

麻酔・集中治療と テクノロジー

2012

●編集

名古屋市立大学大学院医学研究科
麻酔・危機管理医学分野 教授

祖父江和哉

京都府立医科大学附属病院
集中治療部 部長

橋本 悟

京都府立医科大学大学院名誉教授
社会医療法人 草津総合病院 参与

田中義文

simulation
intranet
software
database
network

麻酔・集中治療と テクノロジー 2012

●編集

名古屋市立大学大学院医学研究科
麻酔・危機管理医学分野 教授

祖父江和哉

京都府立医科大学附属病院
集中治療部 部長

橋本 悟

京都府立医科大学大学院名誉教授
社会医療法人 草津総合病院 参与

田中義文

序 文

2011年12月3日(土)

この度、名古屋において第29回日本麻酔・集中治療テクノロジー学会を開催する機会をいただき、大変光栄に思っております。会員の皆様に心から感謝申し上げます。

今回のテーマは「光と麻酔・集中治療」としました。光とは、狭義の意味では可視光をさしますが、自然科学では電磁波の一種としてとらえて赤外線や紫外線をも意味します。さらに宗教や哲学の世界では、光は太陽と結びつけられて超越的存在を意味することがありますし、仏教では仏の慈悲の象徴とされます。光と聞くとどこか温かいイメージを誰もが抱くのではないのでしょうか。

私たちの麻酔・集中治療の現場では、光は科学として使用されており、関連機器に光を使用していないものはほとんどないと思われまます。そこで、本学会では光を使用した様々な先進的テクノロジーの現状と未来に迫ってみたいと考えております。

特別講演は、名古屋市立大学大学院医学研究科の片岡洋望先生にお願いしており、消化器内視鏡診断と治療における最新の話題を提供いただきます。ランチオンセミナーは、浜松医科大学・メディカルフォトリクス研究センターの山本清二先生にお話をいただく予定です。山本先生には、麻酔・集中治療領域における光を応用した先進的な研究をご紹介します。お二人の先生からは、光にかかわる興味深いお話が伺えるものと考えております。

また、急遽「追悼シンポジウム paperChart の遺志と未来を考える」を企画いたしました。2011年6月20日に開発者である越川正嗣先生がご急逝されました。心からご冥福をお祈り申し上げます。越川先生を偲びつつ、本学会の重要なテーマのひとつである 麻酔記録の電子化 について、今一度皆様でご討論ください。活発なご討議をどうかよろしくお願い申し上げます。

以上の企画ならびに皆様の一般演題をもちまして、第29回日本麻酔・集中治療テクノロジー学会が麻酔・集中治療関連テクノロジーの 未来 を照らす 光 となれば幸いです。

第29回日本麻酔・集中治療テクノロジー学会

会長 祖父江 和哉

名古屋市立大学大学院医学研究科

麻酔・危機管理医学分野 教授

– MEMO –

目 次

第 29 回日本麻酔・集中治療テクノロジー学会論文集

特別寄稿：

二酸化炭素ポンベ誤用事故 何故まだ繰り返されるのか その経緯 (2).....	1
佐藤 暢 (鳥取大学名誉教授 (医療法人 真誠会 名誉顧問))	

特別講演：

Photonics の技術革新と消化器内視鏡診断，治療の進歩.....	12
片岡洋望 (名古屋市立大学大学院医学研究科 消化器・代謝内科，内視鏡部)	

追悼シンポジウム：

paperChart の遺志と未来を考える 座長のまとめ.....	16
岩瀬良範 (埼玉医科大学 大学病院 麻酔科)	

paperChart の構成と機能.....	18
岩瀬良範 (埼玉医科大学 大学病院 麻酔科)	

paperChart (故越川正嗣氏作) に関する NPO 設立.....	22
菊地博達 (我孫子東邦病院麻酔科)	

paperChart の使用報告 - 導入から維持までの経験 -.....	25
小長谷 光 (東京医科歯科大学大学院歯学総合研究科 口腔機能再建学 麻酔・生体管理学分野)	

自動麻酔記録システム paperChart とポンプの接続，薬物動態シミュレーション実装の歴史.....	37
中尾正和 (広島総合病院麻酔科)	

paperChart の遺志と周術期 IT の未来を考える - 開発者として何が出来るか -.....	41
斎藤智彦 (南岡山医療センター 麻酔科)	

医療機器インターフェースの応用に関する調査の結果.....	49
岩瀬良範 (埼玉医科大学 大学病院 麻酔科)	

追加掲載：当院における麻酔記録システム フリーソフト paperChart の導入.....	52
禰宜田武士 (半田市立半田病院 麻酔科)	

一般講演：

心大血管系の数値流体力学の問題点.....	56
横山博俊 (金沢医療センター 麻酔科)	

脳波計付きヘッドセット Mindset [®] は麻酔業務に使えるか?.....	68
岩瀬良範，松本延幸 (埼玉医科大学 大学病院 麻酔科)	

XML データベース eXist と Cocoon 2 による Server-Side XSLT を用いた Elficat データ解析	72
佐和貞治 (京都府立医科大学麻酔科学教室・集中治療部) 他	
目標 BIS 値が得られるプロポフォール効果部位濃度 esTEC の開発	89
長田 理 (自治医科大学附属さいたま医療センター麻酔科) 他	
学術集会開催に際し情報発信の手段としてソーシャル・ネットワーキング・サービス利用の試み	94
寺井岳三 (大阪労災病院 麻酔科)	
iPad を用いた FileMaker Go による看護師術前訪問データベースの作成	97
吉川武樹 (愛媛大学医学部附属病院 麻酔科 蘇生科) 他	
血液ガスデータを, Web を利用して手術室へ転送するシステム	101
惣谷昌夫 (愛媛大学医学部附属病院 麻酔科 蘇生科) 他	
Excel 上で R を使う	105
増井健一 (防衛医科大学校麻酔学講座)	
汚れた心電図チャートを美しく仕上げる方法	108
田中義文 (草津総合病院 麻酔科) 他	
特別寄稿: 各種現代語訳顛末記	113
諏訪邦夫 (帝京短期大学ライフケア学科臨床工学専攻)	
特別寄稿: 全身麻酔の将来を予測する	127
長田 理 (自治医科大学附属さいたま医療センター 総合医学第 2 講座)	
特別寄稿: NGF と新規鎮痛薬の開発	133
廣瀬宗孝 (草津総合病院 麻酔科 ペインクリニック内科)	
第 28 回日本麻酔・集中治療テクノロジー学会抄録抜粋	142
編集後記	147

特別寄稿：

二酸化炭素ボンベ誤用事故 何故まだ繰り返されるのか その経緯 (2)

佐藤 暢

前回報告までの問題点

新設移転したばかりの神戸市立医療センター中央市民病院で、2011年7月13日の夜に腹部大動脈瘤の切迫破裂で緊急手術を受けた老人が、術後の移送に際して人工呼吸に使う小型酸素ボンベの代りに、誤って同サイズの二酸化炭素ボンベを使って心停止を起し、一旦は蘇生には成功したものの、重態で治療中との報道が同年7月21日にあるから、すでに2年間近くが過ぎようとしています。

当病院は、外部委員3名を含む8名からなる事故調査委員会を設置して、事故の発生状況とその原因を検証するため、同年8月1日と9月2日の2回委員会を開き、その結果は「事故調査委員会報告書 (CO₂ 誤換気事故)」に纏められて9月30日に病院長に提出され、当病院のホームページで「CO₂ 誤換気に関する事故調査委員会からの報告について」と題して同日に公開されました。

それまでに報道された3回のCO₂ 誤吸入事故でも、二酸化炭素のボンベの塗色が酸素の色として親しまれた緑色と同じであった故に誤認にも気が付かず誤用した事情は同じですが、神戸の事故では医療用CO₂ ボンベの接続口はYoke式バルブでガス別特定化されていたのが特徴です。つまり、ボンベとレギュレータとの間は誤接続ができないような対策が採られていたのに誤用事故が起きたことは、新しい事態として注目されます。担当の麻酔科医2名が、緑色のCO₂ ボ

ンベを同じサイズの酸素ボンベと誤認して、それを取ってきて Ambu bag に繋いで吸入させてしまい、患者が急変してからも、同じ手術室に居た医師5名、看護師4名の誰一人としてほぼ1時間にわたりCO₂ ボンベの誤用が原因だと気がつかなかったのはなぜなのでしょう。それは緑色が酸素の色として広く医療現場に浸透しており、緑色のボンベを見て違和感もなく酸素ボンベだと思ったのに、実は緑色のボンベは大変危険なCO₂ ボンベであったのが致命的事故の第一の誘因であったと見るのが常識ではないでしょうか。本邦での特殊事情としてCO₂ ボンベの緑色が医療用酸素の識別色と同じである限り、このような誤認事故はいつまた起っても不思議ではないと感じ、1年前にかなり批判的な論文を本誌に書きました¹⁾。なぜならば「事故調査委員会報告書」には、肝心のボンベの色について“酸素は黒、二酸化炭素は緑”などと具体的な記述はなく、「事故の背景にあると考えられること」にもCO₂ ボンベの緑色が医療用酸素の識別色と同じであるから誤認し易いことに触れておらず、また第1回委員会での討議項目に「O₂ ボンベとCO₂ ボンベの見分けについてのスタッフの認識度」があるのに、その結果についての記載が全く見えないので、ボンベの塗色に触れることをタブー化したような不自然さを感じて納得いかなかったからです。

その後、この事故については、事故の報道直後に東京から現地へ駆けつけて密着取材した朝日新聞の出河雅彦編集委員が、2012年2月3日

鳥取大学名誉教授 (医療法人 真誠会 名誉顧問)、連絡先: satotoru@orange.plala.or.jp
掲載許可: 2013年4月5日。

の Astand (Web-magazine) Asahi Judiciary で書いていますが、このような誤認事故を招いた背景として、医療用ガスの識別色の不統一を指摘しています。ここでの不統一を具体的に言えば、酸素ボンベは黒色であるのに、それ以外の医療機器、医療設備の機材の上で広く使われている酸素の識別色は緑色であり、他方で二酸化炭素ボンベは緑色であるのに医療用二酸化炭素の識別色は橙色であるというように、ボンベの色と麻醉器などの医療機器、医療ガス配管設備などでの医療ガスの識別色とが違う点です。その点、諸外国では医療用ガスボンベの識別色をもとにして医療ガスを使う機器や設備の機材の上での識別色を統一していますので、不統一は本邦だけの特殊な事情なのです。

CO₂ ボンベの緑色が、医療用酸素の識別色として麻醉器などの医療機器、また医療ガス配管や連結ホースなどの医療設備で広く使われている緑色と同じである上に、緑色は工事の安全色、交通信号の進行色、CO₂ を吸って新鮮な酸素を出す森や樹木の色とのイメージからの健康色として社会的にも親しまれているので、ついうっかりと酸素ボンベと誤認しやすいのは当然でしょう。

このようなヒューマン・エラーを避けるためには、現法令に抵触しない範囲で CO₂ ボンベの塗色を工夫して、一目で見分けられるようにする対策を優先して実施することが必要です。このような観点から、本邦でのボンベの色と医療ガスの識別色に関する不統一の経緯を振り返りながら、前回の論文¹⁾以後に認識した関連事項を纏めて報告します。

医療用酸素の色は緑の歴史

本邦で医療におけるガスの識別色で行うことを公式に決めたのは、1976年に日本麻醉学会と日本医科器械学会とが協力して JIS T 7201「麻醉器」の改正を日本工業標準調査会 (JISC) において行ったのが最初です。そこでは酸素は緑、笑気は青などと公式に決めています (表 1)。

表 1 吸入麻醉剤の色分け

吸入麻醉剤の種類	使用色
酸素ガス	緑
笑気ガス	青
ニートール	紫
ハロアセソ	赤
サイクロプロペン	黄赤(だいたいいろ)
空 気	白/黒

表 1. JIS T 7201-1976「麻醉器」の 12 ページから医療ガスと吸入麻醉剤の色分け表を示す。

当時は、揮発性麻醉剤を使う気化器の色分けも医療ガスと一緒に示したが、種類が増えるに従って別系統となり、揮発性麻醉剤の識別色は気化器のみならず、薬剤のビンと薬液別注入装置 (bottle adaptor) にも使われている。

当時は笑気麻醉 (GOE, GOF など) が盛んに行われる一方で、酸素と笑気間の誤用事故を避けるための識別が急務であり、当時日本麻醉学会の麻醉器規格委員長を務めていた私が JISC の委員長も兼ねて麻醉器の JIS を改正しました。その JISC の名簿には、初代委員長であった山村秀夫先生、2 代目を務められた佐藤光男先生を始め、渡部美種、川田繁、浅山健、村山良介先生や、麻醉器の国産、輸入の代表的会社の社長さんらの名前が見られます。当時は米国で麻醉を研修されて帰国されたばかりの麻醉科医が多く、麻醉器も米国製が圧倒的に多かったこともあって、1976 年よりも相当前から麻醉器や配管端末器の上では緑は酸素の色として親しまれてきたので、米国式に緑色を酸素に適用することに反対は全くなかったように記憶します。当時は、医療用 CO₂ については、麻醉器での使用を考えず、識別色を決めませんでした。

ちょうど ISO 32 : Gas cylinders for medical use—Markings for identification of content が、欧州主導で 1977 年に制定される前年のことであり、ISO では酸素が白になりそうなことは知ってはいましたが、日本では評価されませんでした。しかし、酸素以外は ISO に準拠しました (表 2)。そのうちで、後年サイクロプロパンが医薬品から消えたので、本邦ではその橙色を医療用

米国 CGA でもボンベ・バルブのガス別特定接続の規格は全てのボンベを対象としており、医療用ボンベとの区別は塗色によっている点で、医療用の N₂O と CO₂ 大型ボンベに限り A₂ 弁を採用した日本の現状とは違う方向に進んでいます。つまり、ボンベ・バルブのガス別特定接続は全てのボンベについて同様に重要な課題であり、充填設備までを医療用と区別するのが目的ではないからです。

ボンベの色だけは酸素は黒， 炭酸ガスは緑

その後、医療の現場では、緑は酸素を表す色として医療機器、医療設備の上で広く浸透してきましたが、JIS T 7101「医療ガス配管設備」の制定で、配管設備での酸素の色を緑と決めたのは 1993 年です。酸素の緑を医療ガス配管の色のように言う向きもありますが、配管の色そのものは配管工事では重要でも、日常臨床の場で見えるわけではなく、配管端末器や連結ホースなどでは見慣れています。実際にはもっと広く酸素吸入用機器（レギュレタや流量計など）や人工呼吸器、麻酔器などの医療機器や医療配管設備に附属する機材の上で酸素の識別色として長年間使われています。唯一ボンベの色だけが例外で、経産省令・高圧ガス容器保安規則により酸素は黒、CO₂ は緑なのが、ボンベ誤認事故を招く第一の誘因となっています。80 名の ICU 看護師に「酸素ボンベは何色か」を筆記テストした結果、黒の正解は 57.5% に過ぎず、不正解は殆ど緑であったとの報告がありますが²⁾、診療の現場で慌てた時にはつい無意識のうちに緑色ボンベを酸素と間違えることがあっても不思議ではないでしょう。現に、今までに報道された CO₂ ボンベの誤用事故は、4 回とも麻酔前・後の患者移送時に、予期に反して携帯用の小型酸素ボンベの準備がなかった、または空であった時に慌てて起きています。しかも誤認した本人（医師、看護師）が間違いに全く気付いてない点

が特徴です。

この単純な事象を行政やガス業界が直視せず、適切に対応していないのが現状ではないかと、私は大変危惧しています。臨床の現場で急いだ時、慌てた時、疲れた時などに重大事故の誘因となりやすい緑色の CO₂ ボンベの問題を放置したままでは、ボンベのバルブの接続をガス別特定化するなど色々な対策を採ったとしても、緑の同色による誤認というヒューマン・エラー防止の基本的解決にはならないと考えるからです。

医療ガス問題検討委員会での議論は 活かされなかった

この件については、厚生省の意向により（財）医療機器センターにおいて 1993 年 6 月から下記の構成で医療ガス問題検討委員会が発足しています。委員長 佐藤暢、委員 与五澤利夫、新井豊久（以上 3 名は日本麻酔学会）、中島太郎（医療ガス協会）、佐藤雄一（高圧ガス保安協会）、塩川隆喜（日本医用機器工業会）、百村明德（日本医用機器工業会）、谷川廣治（日本医用光学機器工業会）、佐藤進（日本高圧ガスバルブ工業会）、富田文四郎（日本炭酸ガス工業会）の 10 名でした。その議事録が私の手元にはないのは残念ですが、当委員会が済んでから日本麻酔学会準機関誌「麻酔」に私が報告を掲載し³⁾、その後半に医療用炭酸ガスボンベについての問題を論じています。

諸外国のように医療ガスの識別色をボンベにも統一して使うには、高圧ガス保安法の省令である容器保安規則の表示の部分（別紙 1）を改正するか、高圧ガス保安法を改正して医療用ボンベを（航空機備え付けの酸素ボンベは日本でも米国の緑色のよう）適用除外する他ありませんが、現法令内でもボンベ表面の半分以下を、医療ガスの識別色にすることで解決できます。つまり、医療用亜酸化窒素ボンベで、その他のガスに当るねずみ色の上に青色を重ねて成功しているように、“医療用二酸化炭素ボンベでは緑色の

上のバルブ側に近い部分をオレンジ色とする方針を出した。ところが、酸素ポンベの黒色に緑色を一部使う提案は、緑色が炭酸ガスと紛らわしいとして反対された。”との記載が見られます。

その結果は、厚生省にも報告され、実施されることを期待しましたが、医療ガス協会側は、医療用二酸化炭素ポンベの口金をガス別特定化することで、機械的に誤接続をなくすることができるとして、その実施に専念しました。厚生省の通知も、もっぱらポンベのガス別特定接続の徹底に傾注しており、ポンベの誤接続を不可能にすることだけでポンベ誤用事故は根絶されとの安全神話を生んだ感があります。

なお、私は本邦特有の医療ガスポンベの色の問題もいつかは解決しなければならない重要課題であると捉えて、1998年日本医療ガス学会のシンポジウムで講演し⁴⁾、また「医療ガスポンベの識別色について 医療ガス業界への提言」と題して詳しく解説しています⁵⁾。また、2008年8月に福岡県八女市において「酸素と誤り CO₂ 投与 重体患者 2 名死亡」の報道がなされた折には、「またもポンベ誤用事故 失われた 16 年間」と題した時論を書きました⁶⁾。1992年6月に帝京大病院で、「炭酸ガスを吸わされ死亡、医師ら酸素と間違え」の報道があつてから、16年間全く対策が進んでおらず、その時は非特定化接続の緑色 CO₂ ポンベで取り違え事故を起こしたのに、それでもミスに気付かずに次の症例にも再び酸素の代わりに同じ CO₂ ポンベを使って、その結果 2 名とも死亡しています。

医療ガス業界団体はポンベの色での識別を諦めた？

一方で、平成 21 年の日本産業・医療ガス協会 医療ガス部門 (JIMGA MD) (旧日本医療ガス協会) の「医療ガス容器表示基準」改定 1 では、「液化炭酸ガスの容器表面積の全体 (と下線をつけて) 「緑色」と決めていまして。さらにその基準の中で、「取り違え事故防止の基本 医療ガス

は医薬品であるので、ガス名すなわち医薬品の名称は薬事法で規定される医薬品ラベルで確認する。容器の色で、ガス別の種類を識別することは危険であり、取り違え事故を招く恐れがある。その理由として、高圧ガス保安法で規定される容器の色 (強制規格) と、JIS 及び公共標準仕様書において容器に接続する医療ガス配管の色 (任意規格) が異なることによって生じる取り違えのおそれがある。特に酸素について注意が必要である。”としています。強制規格で決められているのは、容器表面積の 1/2 以上であるので、残部を活用して医療用ポンベを識別する手法を、同じ基準の中で医療用液化二酸化炭素ポンベでは“容器の肩部は「青色」、他は「ねずみ色」と採用しながらも、なぜ医療用 CO₂ ポンベでは強制 (法定) 規格の枠を超えてまで表面全体を緑色にして、産業用 CO₂ ポンベと塗色で区別する手段を自ら放棄したのでしょうか。理解できない上に、最後の 1 文では、危険なのは酸素ではなくて、“特に二酸化炭素について注意が必要である。”ではないでしょうか。私には、取り違え事故防止の基本のところ、(強制規格) の重圧に囚われる余り、自己撞着に陥っているとしが思えません。

ガス協会の表示基準によるポンベで起きた緑色ポンベ誤認事故

その翌年に神戸で起きたポンベ誤認による前述の CO₂ ポンベ誤用事故は、この表示基準に拠ったヨーク弁医療用 CO₂ ポンベで起きています。深夜に及んだ緊急手術がやっと済んでほっとした時、予期していた移動用酸素ポンベがなかった、そこで眼に入ったのは緑色のポンベなので、つい酸素と勘違いして持ってきて、誰もが違和感さえ持たずに直接吸入させてしまったという単純な人為的認識ミスです。私は、同年 9 月 30 日に公表された神戸市立医療センター中央市民病院事故調査委員会報告書を読んだ上で、「二酸化炭素ポンベ誤用事故 何故また繰り返される

のか その経緯」¹⁾を書きました。幸いにして「麻酔・集中治療とテクノロジー」誌の編集部から「医療担当者は誰でももっと高圧ガスに関する専門的知識を持ち、常に細心の注意をもってヒューマン・エラーを避けねばならないという不可能な責任を追及するよりも、もっと徹底的にフルプルーフ・フェイルセーフの途を追求すべきであり、その第一歩が医療ガスの識別色の統一であるとする著者の主張に本誌編集部は共感し、参考図を付して解説を深めることにした」と支持されました(引用文献1の35p, 参考図Aの説明下部)。

医療ガスの識別色をボンベにも統一して使うという筋を貫くには、米国のように医療用酸素の緑色を医療用酸素ボンベにも塗らねばなりません。本邦では二酸化炭素のボンベの緑と同色になるので実行は難しいと判断して、酸素ボンベは従来そのままにして、医療用二酸化炭素ボンベの方だけを緑色ボンベの上部約1/3に橙色を塗る方法を採用ことにしたのが今回の提案です。これならば法令内の改善であり、医療用N₂Oボンベの2重塗色と同じ手法です。CO₂の橙(オレンジ)色は、N₂Oの青色と同じく、容器保安規則のボンベ塗色の表で指定された色(別紙1)には含まれてないので、紛らわしいといわれる懸念はありません。

医療用二酸化炭素ボンベを 二重色塗りにと新しく提案

そこで、以前から親交のあった名古屋の医療ガス専門業者(株)エバに相談しますと、早速に鮮やかなオレンジ色が目立つ2色ボンベが送られてきました。この案については、地元の有力ガス業者などとも相談して、ボンベの塗装・検査場や充填作業を見た上で、もっとも実効性が高いと判断して、ガスレビューに寄稿した結果、医療ガス専門の業界紙2012 Gas Medicina (Vol.17, 14-15頁)に特別寄稿「医療用二酸化炭素ボンベの誤認事故防止への緊急提案」と題して掲載さ

れています(別紙2)。

この提案については、寄稿前から公益社会法人日本麻酔科学会 多田事務局長に直接しっかりとお願いしてあります。また、JIMGAの豊田会長には、印刷公表前の段階で提案書をお渡ししましたが、その結果、“貴殿のお考えはごもっともです。当協会としては、現状を踏まえ、学会、業界などの意見を聞きながら、前述の「医療ガス容器表示基準」改定1の内容を検討して参りたい。”との回答を載いています(昨年10月15日付け文書)。ところが、当基準の見直しは大幅に遅れ、未だに着手した形跡すらありません。もともと現行法令内で工夫した便法であり、関連JISにも準拠した対策なので、賛同する業者が自発的に実行する分には、医療用N₂Oボンベの前例もあることですし、問題がないことは各方面に確認済みです。現に(株)エバを始め、賛同する数社は年度が変わると本確的に塗り替えに着手するでしょう。通常は5年毎のボンベ定期検査前にするボンベの塗り替えを先取りして、できるだけ早く新デザインの医療用CO₂ボンベに揃える作業に入る予定と聞いています。ですが、JIMGAの「医療ガス容器表示基準」の見直し・再改定が遅くなるほど、現状のままの全体緑色CO₂ボンベが多く残り、誤認の危険性は長いこと解消されないばかりか、新旧間の混乱による危険も心配され、好ましいことではありません。

医療事故防止の推進は 行政と業界の責任

日本全国で足並みを揃えて新デザインをできるだけ早く徹底して実施するように指導して、同様の事故再発予防に最善を尽くすのは、行政や公益法人の仕事ではないでしょうか。そして、JIMGAは、神戸の事故を防ぎえなかったCO₂ボンベの緑色の問題を放置せず、できるだけ早く「医療ガス容器表示基準」を見直して、医療用CO₂ボンベの緑色による酸素との誤認対策を徹底することは社会的義務でないでしょうか。これまで

のボンベ誤認事故では、文字による表示はすべて見逃された事実があり、これは重い鋼製のボンベ取り扱い上の特質なのではないでしょうか。換言すれば、注射用アンプルのように軽くて小さいものでは、直接手にとって目を近づけて文字を読むことが習慣づけられているのに、重いボンベでは遠方から眼で見て判断する習慣があるので勝手が違うものと思われる。CO₂ ボンベの緑色を見ていない筈はないのに、それが無意識のうちに誤用を招いたことが問題なのです。

色々な対策を積み重ねて万全を期す

今迄に取られてきた色々なCO₂ ボンベ誤用事故防止対策は、いずれも有効なものでしょう。でも、いずれも欠点があります。ガス別特定化は、ボンベのバルブ(充填口=排出口)の接続には有効であっても、今回神戸の事故での Ambu bag に繋ぐような外気圧近くまで減圧した気流に使う柔軟性のある管の接続では、押し込み式のアダプタが一般的で便利に使われており、実用的ではありません。CO₂ ボンベを中(10L)型にして携帯用小型O₂ ボンベと区別する方法は、もともと小型ボンベを付けるように設計されている気腹装置などには不向きですし、改造、買い替えは不経済な話です。理想的と思われる医療ガス配管も、CO₂ の場合ほとんどの気腹器など医療機器はボンベ直結用に造られており、配管圧ではうまく作動しないとか、配管端末器からのホースに繋がる構造になっていないとか、また医療機器の改造の許可を得るのは困難などが重なって実用性に乏しい面があります。それでも、医療ガス配管に接続して使える気腹器が市販されているので、高価なCO₂ 配管工事をしたものの、局方CO₂ の使用量がそんなに多くない施設では、ガス源である40L(30kg)の大型CO₂ ボンベの回転が遅過ぎて効率が悪いと敬遠する向きも見られます。

さらに、ボンベにレギュレータを付けたらそ

のままボンベが空になるまで使うのが一般的な使い方なのに、“使用時のみボンベとレギュレータを接続し、保存時にはボンベからレギュレータを外すことを徹底する”との指導(平成23年7月25日医政総発725第3号、薬食安発0725第1号「酸素ボンベと二酸化炭素ボンベの取り違えに起因する健康被害の防止対策の徹底について」

留意事項2)には、大変困惑を感じました。ボンベにレギュレータを取り付ける作業には、うまく適合してガス漏れが起きないこと、ボンベに充分残量のあることを確認するなど前もって安心して使えるように準備しておくことが求められ、慌てて緊急に取り付けると故障や事故になりやすいので、術前には他の準備に先行して準備・配置しておく方が利便性と安全性が高いからです。そこで、緊急即応性が要求される救急車や移送車に載せる携帯用酸素ボンベは言うに及ばず、気腹器に付けるCO₂ ボンベでも一度確実に取り付けたら使い切るまでは外さないのが常識的ではないかと考えます。高压ガスボンベの取り扱いには常に危険が伴うもので、頻回の取り付け、取り外しは、パッキンなどの機密性と安全性を損ないやすい上に、時間と労力とガスの無駄が多くなる事情も無視できないと思います。特に、配管集合装置(マニホールド)などに取り付けの予備のボンベは、常に所定の位置(使用側の反対側バンク)に取り付けておくだけでなく、バルブを開けておいて常時自動切り換えできるように備える必要があるので、使用時のみの接続が一般的に可能とは理解されないでしょう。

ボンベの緑色による誤認は二重色にして防ぐのが第一歩

かようにボンベの誤用事故防止対策は、それぞれ現場の状況に合わせて適宜色々な安全対策を何重にも積み重ねて万全を期する必要がありますが、緑色のCO₂ ボンベを酸素と誤認するヒューマン・エラーを防ぐには、CO₂ ボンベを

2色塗りにして容易に識別できる工夫が第一であることには異論の余地がないと思います。そして、容器保安規則で決められた緑色の上に医療用CO₂の橙色を約1/3表面積だけ重ねて、医療用酸素の緑色と容易に識別できるようにすることで、現法規内で比較的簡単に解決できます。これを緑色によるCO₂ボンベ誤認事故防止の基礎として、その上に色々な手段・工夫を組み合わせさせて職場の安全性向上を果たそうではありませんか。

引用文献

1. 佐藤 暢：二酸化炭素ボンベ誤用事故 なぜまだ繰り返されるのか その経緯。麻酔・集中治療とテクノロジー 2011 p26-37, 麻酔・集中治療とテクノロジー学会 京都, 2012。
2. 磨田 裕, 大塚将秀：NP-25 それでも酸素ボンベは緑色ですか? 日本集中治療医学会雑誌 15 Suppl. 第35回学術集会抄録集:290, 2008。
3. 佐藤 暢：医療ガス問題, 最近の話題。麻酔 43(9):1406-1411, 1994。
4. 佐藤 暢, 石部裕一：ガス別特定接続とくにバルブの特定化について。Medical Gas 1(1):132-136, 1998。
5. 佐藤 暢：医療ガスボンベの識別色について—医療ガス業界への提言。日本医事新報 No.3891号 76-78, 1998。
6. 佐藤 暢：またもボンベ誤用事故 失われた16年間。日本医事新報 No.4413号 75-78, 2008。

別紙 2

ガスメディケーナ 17巻(2012年10月31日発行)の14~15pに掲載された特別寄稿は発行元((株)ガスレビュー, 大阪)の許可を得てその全文を掲載。

Key Words:

医療用二酸化炭素ボンベ, 高圧ガス保安法, 容器保安規則, 医療ガス識別色, 日本産業・医療ガス協会, 医療ガス容器表示基準, 誤認, 二酸化炭素ボンベ誤用事故, ガス別特定接続

別紙1

容器保安規則 (昭和41年5月25日 通産省令第50号)

最終改正:平成二四年三月二八日経済産業省令第一八号

高圧ガス取締法(昭和二十六年法律第二百四号)に基づき、および同法を実施するため、容器保安規則を次のように制定する。

第四章 容器の表示(表示の方式)

第十条 [法第四十六条第一項](#)の規定により表示をしようとする者(当該容器を譲渡することがあらかじめ明らかな場合における容器の製造又は輸入をした者を除く。)は、次の各号に掲げるところに従って行わなければならない。

一 次の表の上欄に掲げる高圧ガスの種類に応じて、それぞれ同表の下欄に掲げる塗色をその容器の外表面(断熱材で被覆してある容器にあっては、その断熱材の外表面。次号及び第三号において同じ。)の見やすい箇所に、容器の表面積の二分の一以上について行うものとする。ただし、同表中で規定する水素ガスを充てんする容器のうち圧縮水素自動車燃料装置用容器及びその他の種類の高圧ガスを充てんする容器のうち着色加工していないアルミニウム製、アルミニウム合金製及びステンレス鋼製の容器、液化石油ガスを充てんするための容器並びに圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器にあっては、この限りでない。

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かつ色
その他の種類の高圧ガス	ねずみ色

二 容器の外表面に次に掲げる事項を明示するものとする。

イ 充てんすることができる高圧ガスの名称

ロ 充てんすることができる高圧ガスが可燃性ガス及び毒性ガスの場合にあっては、当該高圧ガスの性質を示す文字(可燃性ガスにあっては「燃」、毒性ガスにあっては「毒」)

三 容器の外表面に容器の所有者(当該容器の管理業務を委託している場合にあっては容器の所有者又は当該管理業務受託者)の氏名又は名称、住所及び電話番号(以下この条において「氏名等」という。)を告示で定めるところに従って明示するものとする。ただし、次のイ及びロに掲げる容器にあってはこの限りでない。

犠牲になるばかりでなく、穴に落ちた人も大変傷つきます。このような落とし穴を取り除いて安全な環境で働けるようにすることは、ガス業界の責任でもあると考えて、この際積年の矛盾解決を急ぐよう提案する次第です。

これこそ、当時の厚生省が健政発第410号（昭和63年7月15日）で「機材をガス別に特定、表示し、容易かつ確実に判断することを可能にする」とともに、非互換性を確保すること」を具体化する第一歩です。

高圧ガス保安法の容器保安規則では、ボンベの色は「容器外面の見やすい箇所に、容器の表面積の1/2以上について」液化二酸化炭素では緑色にすると決められていますので、医療用CO₂ボンベと区別するのに残りの半分以下の表面積の色を違えて使うことができます。

ボンベ上部を橙色にする ことで誤認を防ぐ

そこで思いついたのは、医療用CO₂ボンベの色を、緑色の上に医療用二酸化炭素の識別色である橙色を重ねて区別すれば、酸素ボンベは現状のままであっても、それと識別できるのはもちろん、医療

用酸素の緑色ともはっきりと違うし、産業用の液化炭酸ガスボンベとの区別も判然とする方法です。

医療用CO₂ボンベの数は限られていますので、良いデザインさえ業界で採用して貰えば、医療用CO₂ボンベの特徴として比較的容易に普及して、医療用CO₂ボンベの誤用問題を解決できると期待して、綺麗に目立つようなデザインを提案したいと思います（前頁の写真はその例です）。鮮やかな橙（オレンジ）色で、これは変わっている、酸素ではないぞ！と気付くだけで目的は達せられる筈です。

この方法は、医療用重酸化窒素（笑気、N₂O）のボンベで以前から使われていました。

医療用重酸化窒素の識別色は青色ですが、高圧ガス保安法の容器保安規則では、「その他のガス」に含まれる液化重酸化窒素のボンベは鼠（灰）色で、空気、窒素、アルゴン、滅菌用の酸化エチレンなど多くのガスや混合ガスと同じなので、灰色の上に青色を重ねて医療用液化重酸化窒素のボンベを区別してきました。ですから、現法令ですぐにでも実用化できる方法なので

す。

ちなみに、橙色や青色は容器保安規則のボンベ塗色に指定されていないので、紛らわしい色との懸念はありません。

ボンベの識別色の問題について、私は日本医事新報No.3891（1998年11月23日発行、76・78ページ）「医療ガスの識別色について」で詳しく論じました。

また、医療ガス協会（当時）の機関誌「医療／ガス・機器」のNo.325号の12ページには、第152回総務委員会（1999年7月8日）の議事録のなかで、「医療用二酸化炭素容器弁特化（除くヨーク弁）準備委員会の件の最後は「尚、これらの準備をしている際、平成5年の本件に関する資料が見つかり、この中にはすでに気腹器にはヨーク弁付容器での対応が決められ、また医療用二酸化炭素容器にはオレンジ色と緑色のツートンカラーが定められ、且、厚生省から通達されることになつているとの記事があるので、事務局にて当時の事情を調査するよう指示があった。」と記載されています。

現在この調査の結果は不明で、このような厚生省通達があった形跡は見られません。

けだし、医療用二酸化炭素ボンベの容器弁の接続をガス別特定化すれば、機械的に酸素用減圧器と接続できなくなるので、酸素ボンベの代りに二酸化炭素ボンベを誤用する事故は無くなるとの安全神話によって、業界は専ら医療用二酸化炭素容器のバルブのガス別特定化に取り組んで来ましたが、医療用二酸化炭素ボンベをオレンジ色と緑色のツートンカラーに塗る方は、特定のデザインを決めず、1/2以下の範囲で適宜橙色にすれば法令には違反しないので業者の自主性に委ねたために、結局普及しなかったものと推察されます。

もし、当時厚生省から前記の通達があった、医療用二酸化炭素容器がオレンジ色と緑色のツートンカラーになっておれば、（事故当時同じ手術室に居た医師5名、看護師4名のうち）誰もが違和感さえ持たずに、減圧弁・流量計の付いた緑色の医療用二酸化炭素ボンベをとってきて酸素と誤って直接吸入させたという悲惨な事故（2011年7月、神戸）は避けられたと思うと残念でなりません。元々、同じ緑色による誤認というヒューマン・エラーを、ガス別特定接続で機械的に全面排

除できるとした方針に欠陥があったと改めて気付きました。**色での誤認防止は第一歩**

吸入麻酔中の酸欠事故を防ぐためには、麻酔器の内外で10段階ほどの種々な安全機構が働いております。CO₂ボンベの誤用事故を防ぐためにも何重にも安全対策を重ねてフルプルーフ・フェイルセーフを目指すべきで、その第一歩がボンベの塗色を活用して誤認を避けることです。

ボンベの刻印、ラベル表示や添付文書を読んでの確認ガス別特定接続による正しい接続などは、その後に続く安全対策です。とくに、CO₂の直接誤吸入による劇症急性呼吸性酸血症では、患者さんに装着しているバルブオキシメーターに低酸素の警報が出る前に、心停止を来す程非常に早く劇的な変化が全身の細胞で起こると考えられ、絶対に避けねばならない致命的事故なのです。

今回このような医療用二酸化炭素ボンベの塗色の工夫が普及することにより、関係法令の改正を待つことなく、日本中でCO₂の誤吸入による悲惨な事故を根絶できることを折りながらご提案する次第です。（2012年9月10日）

別紙2

特別寄稿

医療用二酸化炭素ボンベの
誤認事故防止への緊急提案

前日本工業標準調査会麻酔器専門委員会、医療ガス配管設備専門委員会、

ISO/TC121国内対策委員会・委員長

鳥取大学名誉教授 佐藤 暢

小型の酸素ボンベは、救急車や医療施設などで患者移送中の酸素吸入に使われるほか、在宅酸素療法での移動用、緊急用など広く日常的に使われている医療に不可欠の高圧ガス容器です。

その塗色は、わが国においては、法令（高圧ガス保安法による経産省令「容器保安規則」）により黒色と決められ、二酸化炭素（液化炭酸ガス、CO₂）のボンベは、緑色と



佐藤名誉教授



上部を橙色にしたサンプル容器

日本だけの特殊事情

決められています。ボンベに充填されているガスの種類を見分けるには、ボンベの色分けが一番に役立つ管なのに、実際にはこの色分けが役に立たず、酸素の代わりに誤ってCO₂を吸わせた事故が繰り返されています。

この種の事故は、CO₂のボンベが手術室で使われるようになった1992年頃から起きるようになり、新聞で報道された重大事故は4回ですが、「Heinrichの法則」を待つまでもなく、ヒヤリ・ハットや未然の事故（インシデント）は相当に多いものと思われれます。なぜならば、ボンベ以外では、同じ緑色が医療用酸素の識別色として病院内では広く浸透しているからです。

医療の現場では、麻酔器、人工呼吸器や流量計、減圧器などの医療機器と医療ガス配管や配管端末器、連結ホースなどの医療設備で、緑色は酸素の識別色として麻酔器や医療ガス配管などのJIS（日本工業規格）で決められ、長年医療用酸素の識別色として親しまれてきた上に、緑色はCO₂を吸って酸素を出す草木や森林のイメージであり、また交通信号や工事現場で安全色としても広く使われているなどから、とっさの場合についっかりして緑色のボンベを酸素と誤認しても気付かず、吸入させてしまうからだと思います。

が、病院内で見慣れた酸素の色と紛らわしいところか、同一なのですから、緑色は酸素と思う人がいても不思議ではない日本だけの特殊事情があります。

全てのボンベは、高圧ガスを充填・再充填して使うために登録して検査する経済産業省管轄の高圧ガス保安法（容器保安規則）の適用を受けませんが、そこでは医療用の区別はありません。

一方で、厚生労働省は、医療機器でも医療設備でもないボンベを、医薬品の容器として一般産業用ボンベから区別しながらも、ボンベの色には医療用と産業用との区別が無いという矛盾が問題なのです。少なくとも、医療用ボンベの塗色や表示は、医師や看護師が診療の現場でついつつかりと誤認することがないように、一見して区別できるような色分けが一番必要だと考えます。

ところが実際には、「医療用ガスボンベのみを医療に使用すること」の規制があっても、肝心の医療用CO₂ボンベの緑色が産業用CO₂ボンベの色と同じですから、ボンベの色は医療用と産業用との区別に役立ちません。

色が医療用酸素の識別色として広く用いられている緑色と同じである事が誤認の誘因となります。私は、米国の病院を訪問する度に緑色の酸素ボンベが使われているのを見て、医療用酸素の緑色が医療用酸素ボンベにも統一して使われているのに共感・安心を覚えながら、日本の現状は歪んでいると痛感してきました。

同じ緑色による落とし穴を除去

ところで、本邦の医師、看護師、薬剤師などの正規のカリキュラムで、酸素ボンベは黒色、二酸化炭素ボンベは緑色と教える聞いたことはありませんが、臨床現場で働く必要から関係者を指導したとしても、殆どの人は念頭から去ってしまい、酸素は緑との認識に馴れて仕舞う人が多いのではありませんか。

この様な現状は、誤認しやすい落とし穴を放置しておいて、そこで日常忙しく働いている人が、疲れたとき、急いだとき、何か予期せぬ異常があったときに、同色で隠されていた穴について落ちてしまうようなものではないでしょうか。担当看護師や医師が思わずぬ穴に落ちると、患者さんが

Photonics の技術革新と消化器内視鏡診断，治療の進歩

片岡洋望

はじめに

消化管の内視鏡は，これまで胃鏡，胃カメラ，ファイバースコープ，電子スコープと発展してきた．最近の Photonics 技術の進歩により high vision 電子内視鏡，画像強調・拡大内視鏡，さらにカプセル内視鏡と著しい発展を遂げ，より安全，低侵襲で質の高い内視鏡診断，治療が可能になりつつある．

電子スコープは光信号を直接観察するファイバースコープとは異なり，半導体素子を通して電子信号として画像を取得することから，電子的に種々の画像処理，画像解析が可能である．生体組織を構成する粘膜上皮，血管，膠原線維，筋組織は，各々異なった光吸収特性，光散乱特性を有することから，内視鏡からの照射光線の波長，内視鏡の対物レンズに入ってくる光線波長を制限することにより微細な粘膜構造，粘膜微小血管の内視鏡画像を飛躍的に向上させる事が可能となった．この技術が狭帯域光観察 (Narrow Band Imaging; NBI) 技術である．NBI 拡大観察の技術は，消化管内視鏡の診断能，とくに癌の範囲診断，深達度診断能を著しく向上させている．

胃と大腸の間に存在する約 6m の小腸は，内視鏡的なアプローチが困難であったことから「暗黒の臓器」とよばれてきた．近年，小腸カプセル内視鏡とダブルバルーン小腸内視鏡などの発展に伴い，小腸の病態が明らかになりつつある．人口の高齢化に伴い虚血性心疾患や脳血栓症の予防目的に抗血小板凝集抑制剤である低用量アスピリンの内服患者が増加しているが，特に腸溶錠における小腸のびらん，潰瘍からの出血が問題となっている．小腸カプセル内視鏡はこのような病態の診断に威力を発揮している．

ポルフィリンなどの腫瘍親和性光感受性物質が腫瘍組織や腫瘍血管に特異的に集積する特性を利用し，光感受性物質の集積した腫瘍組織に特定波長の光線を照射し，腫瘍組織から特異的に励起されてくる光をとらえることにより腫瘍の存在を診断する方法が光線力学的診断法 (photodynamic diagnosis; PDD) で，エネルギーの高い光線照射により活性酸素の惹起で腫瘍細胞のみを選択的に破壊する治療法が光線力学的治療法 (photodynamic diagnosis; PDT) である．腫瘍周囲の正常組織へのダメージが少ない低侵襲性治療として高齢化社会を迎えるわが国で今後より一層の発展が期待されている．本稿では，共同開発中の腫瘍細胞超選択的次世代 PDT を含め，最近の消化器内視鏡技術の進歩と将来展望について紹介する．

1. ターゲットは腫瘍血管，特殊光内視鏡 (Narrow Band Imaging; NBI) 技術による進歩

消化管内視鏡の歴史は，1800 年代後半に初めて実用化に耐えうる胃鏡として Mikulicz らにより開発された硬性胃鏡に始まる．日本においては昭和 30 年代から 40 年代前半にかけて，先端にマイクロフィルムを装填したガストロカメラ，いわゆる初期の胃カメラの開発を経て，今日では high vision 映像が高解像度カラーモニターに映しだされる電子スコープの時代となった．わが国の消化器内視鏡学は，日本の内視鏡機器メーカーが開発する高性能，高品質な内視鏡機器とともに世界を凌駕している．

消化管を含む生体組織は光学的には吸収・散乱媒体であり，特に消化管では粘膜微小血管網内を流れるヘモグロビンの吸収特性の影響を受ける¹⁾．

オリンパス社が開発した狭帯域光 (Narrow

Band Imaging; NBI) 技術は、内視鏡からの白色光にフィルター調整を行い、ヘモグロビンの吸収波長である 415 nm(紫色)と 540 nm(緑色)のみに限定することにより、粘膜表層の微小血管の視認性を向上させた。すなわち 415 nm の紫色の光線は波長が短いため粘膜表層のみにしか到達せず、415 nm の光線は粘膜表層の微小血管内のヘモグロビンに吸収されるため、結果的に微小血管は褐色に描出される。540 nm の緑色光線は粘膜中層まで到達、粘膜内で散乱をおこし、結果的に粘膜深部の太い血管はぼんやりとした緑色に描出される(図 1)。粘膜上皮から発生する消化管の腫瘍性病変は腫瘍血管とよばれる粘膜内微小血管に富むことから、NBI 観察を行うと腫瘍全体が褐色に描出され結果的に小さな腫瘍性病変の視認性の向上につながっている。

NBI 技術と内視鏡拡大観察の併用により、腫瘍血管の微細構造が観察可能となり、NBI 拡大による腫瘍血管所見は、消化管癌の深達度診断に広く応用されるようになった。特に食道癌に対する NBI 内視鏡観察は食道の微小癌の発見に有用で、NBI 拡大による上皮乳頭内ループ状血管 (Intraepithelial papillary capillary: IPCL) 所見は食道癌の深達度診断に有用で消化器内視鏡の臨床現場で急速に普及している(図 2)。

2. 暗黒の臓器、小腸に光を - 小腸カプセル内視鏡

小腸は十二指腸(約 30 cm)、空腸(約 250 cm)、回腸(約 350 cm)からなり、全長は約 6 m に達する。消化吸収の主力を担っているにとどまらず、最近では免疫においても重要な役割をはたしていることが明らかになりつつある。小腸は上部消化管内視鏡、下部消化管内視鏡によっても大部分は観察不可能で、光の届かない「暗黒の臓器」とよばれてきた。イスラエルの Given Imaging 社が世界に先駆けて、軍事ミサイルの誘導技術を医療分野に応用しカプセル小腸内視鏡を開発し、2001 年に欧州、米国で承認販売、わが国では 2007 年に承認販売となり、現在オリンパス社

図 1 Narrow Band Imaging (NBI) のメカニズム

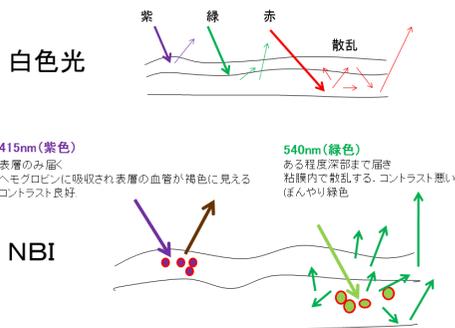
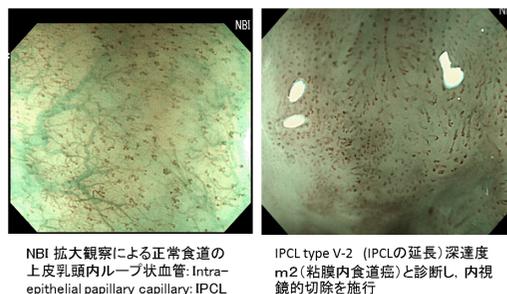


図 2 食道 NBI 所見



NBI 拡大観察による正常食道の上皮乳頭内ループ状血管: Intraepithelial papillary capillary: IPCL

IPCL type V-2 (IPCLの延長)深達度 m2(粘膜内食道癌)と診断し、内視鏡的切除を施行

図 3. カプセル内視鏡



Given Imaging社製 PillCamSBカプセル。長さ26mm、幅11mm。1秒間に2枚の画像撮影を約8時間行うことができる。現在は、第2世代のPillCamSB2に更新されている。

のカプセル内視鏡とともに日本全国に普及しつつある(図 3)。小腸内視鏡検査に比べ、患者の苦痛、負担が少ないこと、検査の人手がかからないことなどが長所としてあげられる一方、送気して管腔を広げて観察することが不可能なこと、したがって見落としの可能性が常に存在すること、生検組織採取や治療ができないこと、ごく

まれに滞留をおこすことなどが欠点となる。

小腸カプセル内視鏡は臨床現場ではおもに小腸からの出血性病変のスクリーニングに使用され威力を発揮している。高齢化に伴い消炎鎮痛剤のNSAIDの使用や、血栓塞栓症予防目的の抗血小板剤の投与による小腸潰瘍，びらんからの出血が最近注目されており²⁾，その診断に有用な機器となっている。2009年に発表された，大腸検査用の PillCam COLON 2 は，両方向にレンズ面を持ち（視野角はほぼ 360 度），カプセル通過速度によって最大 1 秒間に 35 枚の撮影が可能で³⁾，近い将来，検診の便へモグロビン陽性者のスクリーニングは大腸内視鏡ではなく，大腸カプセル内視鏡検査をする時代が到来すると考えられる。

3. レーザーと光感受性物質が拓く内視鏡の未来，光線力学的治療法

光線力学的治療法 (Photodynamic therapy: PDT) とは腫瘍細胞に親和性のある光感受性物質を患者に投与し，光感受性物質が腫瘍細胞に取り込まれ正常組織と腫瘍組織の濃度差が最大になった時に光感受性物質に対する特定波長の光線を照射し，腫瘍細胞選択的に細胞死を誘導する治療法である。PDT の作用メカニズムは，光線照射により励起状態になった光感受性物質が細胞内の三重項酸素を一重項酸素に変換し，この一重項酸素による直接的な腫瘍細胞破壊が PDT の主なメカニズムとされている⁴⁾(図 4)。

本邦では現在，第 1 世代のポルフィマーナトリウム (フォトフリン注) と第 2 世代のタラポルフィンナトリウム (レザフィリン注) が癌治療の保険適用になっている (図 5)。第 1 世代のフォトフリン PDT は，エキシマダイレーザーが大型で高額なこと，また光過敏予防のための遮光期間が約 1ヶ月と長いことからあまりわが国では普及しなかった。第 2 世代のレザフィリン PDT は，エキシマダイレーザーの 1/5 以下の価格でコンパクトな PD レーザーが使用可能で遮光に関しても約 2 週間程度であり，今後の普及が期待さ

図4 PDTの作用機序

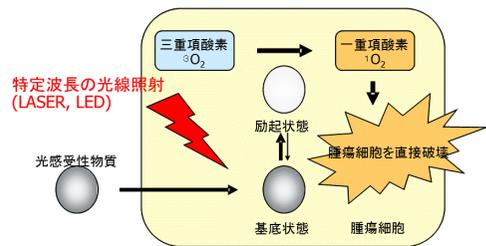


図5. 本邦で保険適用となっている光感受性物質

一般名	ポルフィマーナトリウム	タラポルフィンナトリウム
商品名	フォトフリン注 [Ⓔ]	注射用レザフィリン [Ⓔ]
対象疾患	早期肺癌 (病期 0 期 or 1 期) 表在型食道癌 表在型早期胃癌 子宮頸部初期癌及び異形成	早期肺癌 (病期 0 期 or 1 期)
PDT に使用するレーザー装置	エキシマダイレーザー (145x69x131cm, 600kg, 630nm, 浜松フォトニクス社)	PDレーザー (半導体レーザー) (40x40x21cm, 14kg, 664nm, パナソニック社)
遮光	1ヶ月は直射日光，集中光を避ける (300ルクス以下)	2週間は直射日光を避ける (500ルクス以下)

図6. 糖鎖連結クロリンとレザフィリンの殺細胞効果比較

	IC ₅₀ [?M]			
	Stomach cancer		Colon cancer	
	MKN28	MKN45	HT29	HCT116
レザフィリン	12.7	18.6	25.8	12.9
G-クロリン	0.56	0.48	0.52	0.35

IC₅₀比 22.7 38.8 49.6 36.9

Tanaka M, Kataoka H, et al. Anticancer Res. 2011, 31(3):763-9 より引用，改変。

れる。しかし現時点では肺癌にしか保険適用が無く，食道癌，胃癌，子宮頸癌，その他，脳腫瘍，膀胱癌など多くの癌種への適応拡大が期待される。

PDT の長所としては，重篤な合併症 (出血，穿孔) が少ないこと，正常組織障害が軽微であることがあげられる。短所としては光線過敏症予防

目的の暗所滞在が必要なことや、レーザー発振機器が高額などの点が挙げられるが、第2世代のレザフィリン PDT ではこの短所がかなり克服されてきていると考えられる。腫瘍選択性の高い光感受性物質が開発されれば、より低濃度での治療が可能でしかも腫瘍辺縁の正常細胞へのダメージも少なく、また暗所滞在時間もさらに短縮されると予測され、より腫瘍選択性が高く、体外への排出性にすぐれた新しい光感受性物質の開発が望まれる。

腫瘍細胞が高効率に糖を細胞内に取り込む事象は Warburg 効果⁵⁾として知られ PET 検査に応用されている。究極の生体適合性分子である糖を腫瘍集積性を有す光感受性蛍光物質クロリンに連結させ、高い腫瘍細胞指向性を可能にした糖鎖連結クロリンをわれわれの共同研究者の矢野らが開発し⁶⁾、現在、臨床応用を目指して開発研究を行っている。

胃癌、大腸癌細胞株を用いた検討では第2世代のレザフィリンに比して1/20から1/50の濃度で殺細胞効果を示した⁷⁾(図6)。ヌードマウス移植腫瘍における *in vivo* の PDT 実験においてもレザフィリンに比して糖鎖連結クロリンが有意差をもって腫瘍縮小効果をしめしたことから、今後、臨床応用への開発が望まれる。

まとめ

Photonics の技術革新がもたらした消化器内視鏡診断、治療の進歩につき、最近のトピックスを中心に概説した。飛躍的に進歩する Photonics 技術により、消化器内視鏡診断、治療の分野はさらに飛躍的な発展を遂げる可能性が高いと考えられる。患者さんに苦痛が少なく、見落としの少ない診断法の開発、さらに低侵襲で副作用が少なく、切れ味のよい治療法の開発が望まれる。

謝辞：

本研究遂行の共同研究者である奈良先端科学技術大学院大学 矢野重信教授、獨協医科大学 中村哲也

教授、名古屋市立大学大学院 森田明理教授に陳謝いたします。

本稿は第29回日本麻酔・集中テクノロジー学会(名古屋市 2011.12.3)の特別講演において発表した内容に加筆修正したものです。

引用文献

1. 佐野 寧, 武藤 学, 吉田茂昭. NBI. 消化器内視鏡. Vol. 17, No. 6, 2005, 750-8.
2. Hirata Y, Kataoka H, Shimura T, et al. Incidence of gastrointestinal bleeding in patients with cardiovascular disease: buffered aspirin versus enteric-coated aspirin. *Scand J Gastroenterol.* 46(7-8): 803-9, 2011.
3. Eliakim R, Yassin K, Niv Y, et al. Prospective multicenter performance evaluation of the second-generation colon capsule compared with colonoscopy. *Endoscopy* 41: 1026-31, 2009.
4. Yano S, Hirohara S, Obata M, Hagiya Y, Ogura S, Ikeda A, Kataoka H, Tanaka M, Joh T. Current status and future views in photodynamic therapy. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews.* 12 (1): 46-67, 2011.
5. WARBURG O. On the origin of cancer cells. *Science.* 123(3191): 309-14, 1956.
6. Hirohara S, Obata M, Ogata S, Kajiwara K, Ohtsuki C, Tanihara M, Yano S. Sugar-dependent aggregation of glycoconjugated chlorins and its effect on photocytotoxicity in HeLa cells. *J Photochem Photobiol B.* 3;84(1):56-63, 2006.
7. Tanaka M, Kataoka H, Mabuchi M, Sakuma S, Takahashi S, Tujii R, Akashi H, Ohi H, Yano S, Morita A, Joh T. Anticancer effects of novel photodynamic therapy with glycoconjugated chlorin for gastric and colon cancer. *Anticancer Res.* 31(3):763-9, 2011.

キーワード：

特殊光内視鏡, NBI, 小腸カプセル内視鏡, 光線力学的治療法, PDT

追悼シンポジウム：

paperChart の遺志と未来を考える

座長のまとめ

岩瀬良範

2011年6月20日、本学会員の越川正嗣先生がご急逝されました。謹んでお悔み申し上げます。

1983年の創設以来、本学会では医療機器からのデータ取り込み、いわゆる”data acquisition”は大きなテーマとして討論されてきた。そのなかで、越川先生は初期から現在に至るまで、一貫して麻酔記録の電子化を研究され、その成果を自動麻酔記録ソフト”paperChart”として無償で公開されている。無償ながら、非常に高機能な麻酔記録システムの恩恵は、本学会員に限らず多くの麻酔科医が受けていると思われる。

また、日本麻酔科学会が提供する麻酔台帳システム JSA PIMS への転送機能もあり、麻酔診療関連の IT 化が、ソフトウェアに関しては無償で構築し得ることは、世界的にも珍しくかつ有意義なことである。この素晴らしいレガシーの継続への希望は誰もが願っていることではなからうか？

このことを今年度の祖父江和哉学会長にご相談したところ、シンポジウムの開催をご快諾頂いた。本シンポジウムの目的は、「paperChart を今後も使い続けるためには、そして今後も継続的に発展させるためには、どうしたらよいか？」を討論することである。

シンポジウムは以下のように構成した。

1. paperChart の機能と構成

埼玉医科大学 岩瀬良範

2. 現に使用している施設の先生方からの報告と今後に関する提案

a. 小規模施設からと NPO 法人設立への提案

我孫子東邦病院 菊地博達

埼玉医科大学 大学病院 麻酔科

b. 比較的大きな施設から

東京医科歯科大学歯学部 小長谷光

3. 開発関係者は今後何ができるか？

a. 自動麻酔記録とポンプの接続、 薬物動態シミュレーション実装の歴史

広島総合病院麻酔科 中尾正和

b. 開発全般に関して

南岡山医療センター麻酔科 斎藤智彦

4. 医療機器インターフェースの応用に関する調査の結果

埼玉医科大学 岩瀬良範

5. JSAPIMS との連携により実現する周術期 IT 化の可能性

帝京大学 澤智博

(以上敬称略)

シンポジウム開催に先立ち、会場一同で越川正嗣先生に黙祷を捧げた。

当日は、熱心な発表と討論が行われたが、特筆すべき点が二つある。一つは、エンジニアでもある越川先生のご息様が来場されたことである。前夜の懇親会からシンポジウムに至るまで、越川先生の残されたレガシーの大きさをご実感・ご理解されたことと思われる。

もう一つは、学会当日には海外出張のため参加困難だった小長谷先生が、IT と時差を利用してリアルタイムの発表と討論に参加できたことである。

これを実現できた経緯と経過を紹介しておきたい。シンポジウム参加のお願いをした時点で、小長谷先生はデンマークの Aalborg 大学に公務出張の予定があった。冬時間のデンマークと日

本の時差は-8時間で、シンポジウム開催が午後ならば現地は早朝になり、公務には重ならないのではないかと考え、開催時間を学会事務局にご調整頂いた。発表そのものは、ビデオで事前収録したものをを使用することを提案した。テレビ会議には Skype を使い、小長谷先生と岩瀬で事前に数回の練習を国内で行い、その結果、音質や解像度は十分実用に耐えることを確認した。最悪の事態に備えて、音声だけは国際電話で確保することも確認した。

シンポジウム前日の同時刻に、Aalborg 大学と会場間で最終確認を行った。この際、祖父江会長にご準備頂いたパソコンの Wimax 設定を岩瀬が壊してしまい、コングレ(株)スタッフ様のモバイル WiFi ルーターでデンマークと通信することになってしまった。前日の最終確認では、Skype セッションが何度か自然切断されたが、本番では一度も切断することなく、小長谷先生には常時会場のプレゼンテーション画面と音声、会場には必要に応じて小長谷先生のお顔と音声伝送された。実際に行ってみて、簡単なことではなかったが、このような参加方法も実証できたことに感銘を覚える。

シンポジウムの発表と討論を通じて、paperChart は非常に高機能で信頼性が高く、実用性に富んだシステムであることが報告され、また、関連の企業はインターフェース利用については協力的立場をとって下さることが確認された。

今後の具体的な活動方針を話し合うには至らなかったが、現在も斎藤智彦先生を中心にインターネット上で情報交換が続けられている。

本稿をまとめている 2012 年 7 月は、すでに越川先生の 1 周忌が過ぎている。しかし、全国の各施設で paperChart は現在も動き続けている。

その確実な動作は、先生の遺志そのものではないかと思うのは筆者だけではないと思う。

合掌。

故 越川正嗣先生 (1953-2011)

ABSTRACT

Memorial symposium: paperChart. A great legacy of Dr. Masatsugu Echikawa for an automated anesthesia recording system. : A coordinator's review.

Dr. Masatsugu Echikawa (1953-2011) was passed away on 19th June, 2011. All member of Japan Society for Technology in Anesthesia and Intensive Care offered our condolences. He developed and distributed comprehensive automated anesthesia recording system software named "paperChart", by his generous mind with free of charge. "paperChart" is routinely used for daily practice by many anesthesia department in Japan. Excluding budget issue, paperChart has tremendous, reliable and sophisticated function. His death meant that such department would face difficulties continuing system operation. Current memorial symposium was planned to discuss the clue to sustainability and further development of paperChart.

Six speakers discussed paperChart from different aspects, described here.

A special topic at the symposium, a live global discussion using Skype video chat between Japan (Nagoya) and Denmark (University Aalborg) successfully facilitated symposium. This coordination enabled Dr.Kohase's attendance to this symposium.

All speakers expressed their further contribution to paperChart. Dr.Echikawa's last wish will be engraved in our future.

paperChart の構成と機能

岩瀬良範

はじめに

故越川正嗣先生製作の自動麻酔記録ソフト "paperChart" は、単一のプログラムではなく、様々な機能のソフトウェアが連携して、高機能の麻酔記録システムを実現している。本発表は、シンポジウムの導入部として、paperChart の概略の理解を得てから、各シンポジストの発表と討論に繋げることを意図した。

ソフトウェアの構成

paperChart では、各種の生体情報モニターとのインターフェース接続が必須になるが、これについては別項で論じる。

paperChart の機能

何がそんなに凄いのか？

麻酔記録の自動化は、年々普及している。筆者も数社の自動記録システムを使用した。麻酔科医としての使いやすさを評価する立場からは、paperChart を凌ぐシステムは見当たらない。各所に様々な異論はあるが、現在の我々は他のシステムに乗り換える気は毛頭ない。その理由は、「無料だから」では決してない。一言でいえば、麻酔科医が麻酔科医のために考えて実現した「越川先生ならではの咀嚼」された機能が、各所に凝縮されているからである。

a. 麻酔施行医として

我々の施設では、患者の入室時刻が迫ったらチャート本体のソフトともいえる NV.exe を起動して「モニター開始」ボタンを押している。こうすると、患者が入室して病院の手順で認証を完了し、モニターが装着されると同時に麻酔記録

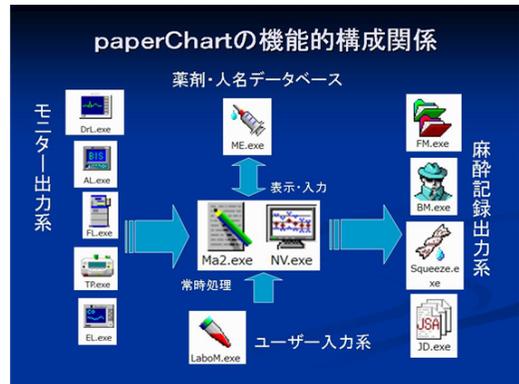


図 1. paperChart のシステムフロー
 が開始される。患者の状況や緊急度によっては、記録に目が向かないこともある。麻酔業務が一段落するまで、手を触れなくてもモニター記録は着実にプロットされる。一段落して、麻酔手技や投薬などの記載を開始する。時刻はマウスのクリックまたはドラッグで、チューブの太さや深さなど共通事項は、ラジオボタンの選択で済む。我々はタッチパネル装備の PC を使っているので、手指の衛生度に問題があるときは、スタイラスによるクリックも可能である。特筆すべきは投薬の入力で、一定の手順は「組み合わせ」として登録し、ワンクリックで体重に合わせた投薬がマウスクリック時点に記載される。投薬量の微調整は当該数値をクリックして編集する。投薬記録の簡単さは、非常に重宝している。

さらに患者の属性は、定時手術の場合は医療秘書が入力した「予定表」ボタンで呼び出す。術式と診断名は、paperChart に内蔵された ICD-10 のデータベースから文字列検索で候補を呼び出し確定する。これも難解な文字が多用され、通常のフロントエンドプロセッサでは検索しにくい医学用語には非常に役立っている。

表 主な paperChart の主な構成ソフト

機能	ファイル名 とアイコン	コメント
1.お手軽セットアップ機能 kick start	 KS.exe	セルモーターではなく、蹴り下げ式のエンジン始動とスクーターのアイコンは、「お手軽だけれどきちんと働く」の意味？無駄なく各種基本設定を行う。
2.麻酔記録メイン画面	 NV.exe	これを起動して麻酔記録を開始する。スタッフがファイル名を覚える必要がある唯一のソフト。
3.メニューファイルを解釈する metaChart	 Ma2.exe	人名、薬剤名、病棟名など施設別の設定を記述して¥ADMに格納されたファイルを解釈して麻酔記録を作成する。ネットワーク自動伝播。
4.薬剤メニュー編集ツール	 ME.exe	薬剤の基本データや組み合わせ投与の設定を行う。ネットワーク自動伝播。
5.データ保守機能 File Manager	 FM.exe	麻酔記録ファイルの閲覧、移動、削除を行う。
6.全室麻酔記録一望 Browse Manager	 BM.exe	現在稼働中の麻酔記録を一望する。
7.JSA 台帳転送	 JD.exe	JSA 麻酔台帳に向けて xml ファイルを作成、受け渡しディレクトリに書き込む。
8.波形表示ツール	 Wv.exe	生体情報モニターの波形を表示する。(対応機種のみ)
9.数値/波形データ破損部分削除ツール	 Squeeze.exe	異常停止した場合のデータ復旧ツール。
10. 検査データ配送 (QuickDeliveryLab)	 Qrl.exe	検査データの自動配送。(対応機種のみ)
11. 検査データ手入力ツール	 LaboM.exe	検査データの手入力。

麻酔中は、自動記録だけでなく、薬物動態のプロットが常時表示されることは、麻酔施行医には、患者の麻酔科学的状況の判断に大きな助けとなるだけでなく、教育にも大きな役割を担っている。

麻酔終了時は、直前の投薬状況と終了時の入力項目が完了すれば、チャートを印刷して終了となる。チャートの原稿は、我々が導入前より使用していたものをテンプレートとして使用している。持続投与薬物の総計量は驚くほど正確である。チャートと同時に印刷される薬物投与サマリーは、そのまま薬剤トレイに添付して手術部薬剤師の処理に使われている。必ずしもスムーズではないが、JSA 台帳への転送機能もある。台帳記録の主要部分、すなわち、使用薬剤、患者属性、各種時刻、スタッフ等がワンクリックで、JSA 台帳に転送され、確定には不足入力項目を追加するのみである。

このように、paperChart による自動麻酔記録の導入は、導入以前の通常業務手順に大きな介入を必要とせず、むしろ、効率化を進展させる結果となった。

b. 麻酔指導医として

paperChart はネットワーク設定がなされていれば、他の手術室の麻酔記録をリアルタイムに参照することが可能で、生体情報のみならず手術の進行状況も通常のチャートと同様に「読む」ことができる。これは、移動時間も無視できない大きな手術部門の場合には重要な機能である。

c. システム管理者として

paperChart の隠れた大きな特徴として、システム管理、特に人名や薬剤のデータベース管理は、各手術室内からも可能なことがある。これは、ぎりぎりの人員で業務を行っているところにはありがたく、ネットワークの軽いシステム管理が可能になっている。

一方、システムの保守やバージョンアップはサーバー機から、各手術室の記録機を遠隔操作して行っている。当施設の場合、自動麻酔記録

システムのネットワークは IT 支援部門から、「他のネットワークと相互乗り入れしないこと」と「ウイルスチェックを頻回に行うこと」を強く指導されており、この点については十分に注意している。

毎週約 100 例分の麻酔チャートが増えていく。当施設の場合、月間平均で 80MB 程度の容量である。これは、消失と漏出を防ぐために FM.exe で厳重にコピーと移動を行っている。

考 察

以上のように paperChart は、高機能で実地臨床にも実用できる麻酔記録ソフトウェアである。その理由は、麻酔科臨床を知り尽くした第一線の麻酔科医であると同時に、卓越したソフトウェア開発能力を有した越川先生が、麻酔科医のために作成したソフトウェアシステムだからであろう。麻酔科医の思考過程に密着した機能と、他のソフトと比べても高い信頼性は、使用施設には福音である。さらに、JSA 台帳と連携すれば業務用データベースが無料で構築できる。これはまさに世界に類を見ないことである。

一方、商用ソフトではないため、サポートのすべては自前で行わなければならない。特に、ネットワークセキュリティは我々のような中級者にも困難をきわめ、どうしても甘い設定に落ち着いてしまう。この点については、完全にアイソレートされたネットワーク環境で使用することで、現在まで問題は生じていない。

本稿を書きながら、自動麻酔記録はいくつかの大きな課題から成り立っていることに気付いた。それは、

1. モニターとのインターフェース、
 2. 表示や入力のためのインターフェース、
 3. 記録機能とネットワーク制御、
- に大別されよう。

どの課題も、信頼性の高いソフトウェアを作成することは決して容易なことではない。越川先生は、卓越したプログラム能力を自動麻酔記

録という課題に、長い時間をかけて取り組まれた。これは、1970年代から始まったマイクロプロセッサの新しい文化の発展とともに成熟してきた世代の人間<初代パソコン世代>だから出来たことだと信じている。

残された我々の責務は、<初代パソコン世代>の多い本学会において、その文化と遺産を無駄にせず、今後も引き継ぐことではなからうか。

ABSTRACT

“ paperChart ”; An automated anesthesia recording software. System overview.

Yoshinori Iwase

Saitama Medical University Hospital,
Moroyama, Saitama 350-0495, Japan

Current presentation consisted of 1. introduction of “ paperChart ” and 2. its tremendous facilities, for further discussion.

1. Introduction of “ paperChart ”

“ paperChart ” is a compressed file name containing entire system software (33 files) in 6

folders. This software included 1). Easy configuration, 2). Main screen and data input of anesthesia record, 3). Data acquiring system, and 4). Database management.

2. The tremendous facilities of “ paperChart ”

“ paperChart ” was able to connect up to 30 monitoring and the other medical devices from 9 manufacturers. The on-line data from medical devices and manual data input such as drug administration were displayed and recorded automatically including network environment. Especially, the sophisticated user-machine interface and high reliability of data acquisition were the most remarkable. Current system could transfer data to JSA-PIMS (Japanese Society of Anesthesiology Patient Information Management System) database system.

Discussion
“ paperChart ” was able to implement comprehensive automated anesthesia recording system free of charge by the past tremendous effort of Dr. Echikawa. Such generous system seemed quite rare. However, he was gone away. We were needed to maintain and develop his great legacy.

paperChart (故越川正嗣氏作) に関する NPO 設立

菊地博達

はじめに

平成 23 年 3 月末をもって埼玉医科大学病院を定年退職となり、千葉県我孫子市にある我孫子東邦病院に就職した。埼玉医科大学には大学病院(毛呂)、総合医学センター(川越市)、国際医療センター(埼玉県日高市)の 3 病院がある。平成 19 年 4 月開院となった国際医療センターの準備に関与し、手術室のモニターは P 社、部門システム(自動麻酔記録システムを含む)は予算の関係より N 社となった。当然開院時には部門システムを稼働するはずであったが、電子カルテは F 社であり、麻酔記録の電子カルテへの貼り付けは出来ないままであった。

大学病院は相変わらず手書きの麻酔記録であり、大学執行部と話し合いで自動麻酔記録システムについて必要であるとの認識は確認されたが、予算的に困難である旨を指摘された。そこで paperChart (故越川正嗣氏作) について話し合いを開始し、予算案を含め提案書を岩瀬良範先生にお願いし、提出してもらい、平成 22 年に了承された。ME 部のバックアップもあり、耐用年限に来ているモニターの更新を含めることとなった。その間、筆者は越川先生とは何度かメールでのご指導を仰ぎ、実務的な段階に入り、筆者に代わり岩瀬先生がメールのやりとりを行った。

就職した我孫子東邦病院は 169 床の医療法人であり、泌尿器科中心の病院で、手術室は一つ、手術室から離れた場所にある体外衝撃波結石破碎室での管理も行っている。就職当初より paperChart (故越川正嗣氏作) の導入を認めてもらい、必要な機器(PC など)の購入を行った。最終的に平成 23 年 7 月から運用開始となった。

我孫子東邦病院麻酔科

導入に際しても問題点

筆者は当初より Mac 派であり、さらにプログラミングには興味が無く、既存のプログラムのユーザーである。RS232C を介して通信ソフトで生態情報の取得を行った程度である。また、Windows 系の PC は電子カルテに関係して使用するのが限界である。従って、paperChart の導入に際し、PC、ディスプレイの選択、一部半田ゴテを用いた接続ケーブルなどの制作などの問題は埼玉医科大学病院の同僚であった岩瀬、今村先生のお力と我孫子東邦病院出入りの株式会社国際情報ネットの SE の力をかりた。導入が 3ヶ月もかかったのは GE の麻酔器に PC を取り付けるホルダーの購入と搬入が遅れたからであった。PC 特に MAC 派に限らず、プログラミングに関与したことがない麻酔科医にとって自力で導入することは不可能である。現在でも筆者はほとんどの拡張子を理解できないし、理解する気もない。PC はこれらを理解すべきものでなく、基本的にそのまま誰でも使用するべきものであるとの信念で使用しており、いじくり回すのは必要と感じている人のみのものであると認識している。

将来の展望

自動麻酔記録システムは麻酔科医が麻酔を安全に提供する際に必要なものである。中小規模の病院では市販の自動麻酔記録システムの導入は予算的に不可能である。未だに導入していない大学病院も少なくない。そこでフリーソフトウェアである paperChart (故越川正嗣氏作) の存在意義がある。

paperChart も多くの麻酔科医が導入使用するためにはインストーラーで PC に取り込み、ダブルクリックで誰でも動かさなければならない。最低限することは周辺機器とのケーブルの接続だけにすべきである。

さらに本システムは生態情報取得の機能であることより、ICU、透析室での使用も望まれる。筆者は透析室での使用も計画し、準備を開始し、次の段階として制作者の越川先生にコンタクトを取る予定にしていた。ご指導を仰ぐ段で訃報に接した。

越川先生訃報後

透析室での導入に際し、手術室とは異なる問題がある。新たな補助プログラムの移植が必要である。補助プログラムは今村先生が作成できるが、paperChart への組み込みをどう解決するかが問題となった。

筆者には理解できない分野であるが、少なくとも paperChart のソースコードの開示が必須であろうこと程度である。

埼玉医科大学病院の岩瀬先生、広島総合病院中尾先生、さらに草津総合病院田中先生にメール、電話をし、今後どうなるのかを相談した。問題は (1) ソースコードの開示とその後の維持、管理 (バージョン管理も含め) を誰がするのか、(2) 補助プログラムの作成は誰がするのか、さらにその組み込みは誰が行うのか、(3) 質問などは誰にすれば良いのか、(4) 本システム導入に際しての、技術的援助は誰に依頼すれば良いのか、(6) その他 (バージョンアップなどの情報提供は誰がするのか、など) などであろう。具体的に行動が現時点でも必要であろう。

諸問題の解決策

1. ソースコードの管理は最低 2 名が必要であろう。
2. バージョンアップ、その情報提示は 1. の責任者が行うべきであろう。

3. 補助プログラムの作成は誰が行っても良い。
4. 補助プログラムの本システムへの組み込みは 1. の方々が行い、責任者が提供する。

5. 質問は有志つまり paperChart のメーリングリストの方々に回答出来る方が行う。

6. 本システム導入に際して必要な事項 (通信プロトコル情報とその承認手続きの援助、PC への本システムインストール、設定など) を援助する業者あるいは有志を推薦する。業者の場合、本システムの管理者の認定が必要であろう。

具体的には以下の二つの選択肢がある。

(1) 有志の会の結成 (全ての問題点を行う) : 個人の善意に依存

(2) NPO を設立して、業務を行う。: インセンティブ制度の導入、ライセンス料の徴収、業者との提携など

(1) 有志の会設立

一番現実的である。しかし麻酔業務との兼ね合いもあり相当個人の善意に依存することになる。希望者をつる必要がある。

(2) NPO 設立

内閣府の HP によると NPO はさまざまな社会貢献活動を行い団体の構成員に対して利益を分配することを目的としない団体の総称である。つまり利益を得ても社会貢献活動に充てることを意味している。これをまとめると (1) 正式の組織 (Formal Organization), (2) 非政府組織 (Non-Governmental), (3) 利益を配分しないこと (Non-profit Distribution), (4) 自己統治 (Self-Governing), (5) 自発的であること (Voluntary) となる。

NPO 設立にはいくつかの活動分野あげられている。paperChart に関する NPO の設立を考慮に入れると、次表のような項目が当てはまり、設立要件は満たされる。

目的:

安全な麻酔を行うために必要な自動麻酔記録システム paperChart (故越川正嗣氏作) およびこれから派生したパソコンソフトを普及させ、さ

表 NPO の活動分野で当てはまる項目

- 1 保健、医療又は福祉の増進を図る活動
- 4 学術、文化、芸術又はスポーツの振興を図る活動
- 12 情報化社会の発展を図る活動
- 13 科学情報の振興を図る活動
- 16 消費者の保護を図る活動

らに発展させることを目的とする。

運営と業務内容：(1) ソースコードの管理，(2) バージョン管理，(3) 新規プログラムの追加・開発・支援，(4) 本システムの普及の援助，(5) 医療機器製作者から通信プロトコール使用許可の取得支援など

ライセンス料(案)：

コアプログラム，補助プログラム(インストーラ，記述内容変更などのためのメニュー画面など)は無料とする。なお，営利企業による導入(LANなどの設置，さらに/あるいは，必要な機器購入などを除き，単にPCに本システムをインストール，調整などをする場合)場合，一施設当たり，1,000円(私費の場合)，あるいは20,000円(施設の予算の場合)とし，本NPOに支払う。得られた果実を本NPOの運営などに充てる。

問題点：

会員を集め，理事，理事長を選出しなければならない。事務担当者は？ 会計担当者は？ 総会開催は，得られた果実に対する予算は？ 一番の問題は事務所をどこに置くか？ などがある。相当数の会員を集めなければならないし，本来の仕事を行うに当たり，無用な事務手続きの仕事量が膨大となり，活動はむしろ停滞する可能性がある。利点として，プログラムの開発などに相当費用がかかるため，それ相当のインセンティブが支給できる。

おわりに

NPO 法人を設立し，あるいは有志の会の力で

本システムの管理，運営，発展に寄与しなければならない。どちらにするかは，多くの方々のお考えによると思う。いずれにせよ，本システムを開発された越川正嗣氏のご遺志を尊重し，利用者にとって利便性があり，より普及させるための組織作りが急務であり，また，あくまでも安全な麻酔を行うための自動麻酔記録システムの維持と発展を目的という原点を尊重すべきであろう。

ABSTRACT

How to keep working with PaperChart .
Hirosato Kikuchi
Department of Anesthesia, Abiko Toho
Hospital, Abiko, Chiba

To keep anesthesia chart is an essential matter for an anesthesiologist. Although an automatic anesthesia chart system is commercially available at present, one of the big problems to employ is economical. Most of them costs more than 10 million yen per OR room. In a small community hospital, it is almost impossible to introduce them. I decided to introduce the system which Dr. Echikawa, anesthesiologist, provide the automatic anesthesia recording system named as the PaperChart as a free soft ware and found to work ideally. All we need for this system is a Window PC, and cables connected to several monitors and syringe pumps. No other money is necessary. Some skill and knowledge about computers may be necessary. I trust that this system should be and may be employed in a medium size of hospital. During the induction, Dr Echikawa has past away suddenly. Then, some problems arise such as who develop it afterward, to whom we should consult, who keep the source code, and who answer for question. To solve these, I would like to propose that one idea must be establishment of NPO by volunteers.

paperChart の使用報告

- 導入から維持までの経験 -

小長谷 光

要旨

東京医科歯科大学歯学部附属病院は、1日1800人程度の外来来院数を有する、歯科・口腔外科の専門病院である。麻酔科管理症例は年間3500例程度におよび、その症例記録の管理に苦慮していた。そこで故越川正嗣先生の御作りになった paperChar をまず麻酔外来に導入し、実績を積んだ後に、手術室・回復室・病棟とその適応を拡大し、様々な問題を解決していった。本稿ではその導入に至る経過を示し、現状における問題点や paperChart の今後の展望について述べる。

はじめに

東京医科歯科大学歯学部附属病院は、安全で質の高い歯科医療の実践、将来を担う歯科医療人の育成、臨床技術の改善と開発への貢献を目指している歯科専門病院である。来院される患者さんの数は全国一で、一日平均約1800人の外来患者さんと年間延べ約19000人の入院患者さんに利用していただいている。これら多くの患者さんに応えるために、高度な医療を提供することはもとより、昨今の歯科医療に対する患者さんのニーズの多様化に対応すべく、多くの専門外来を設け、どのような患者さんも受け入れることができるよう努力している。特に全身疾患を抱える高齢者、他院では治療ができない障害者、口腔外科専門医療、インプラント医療など、全身管理を必要とする場面は少なからずある。私が属している歯科麻酔外来の症例管理数も、歯科特有の鎮静法だけでも年間2000例弱、単にモニタリングする症例だけでも年間800例程度あり、その他口腔外科手術に際しての全身麻酔は年間約900例、歯科治療の全身麻酔は年間約100例あり、麻酔科が管理する症例は3500例程度である。歯科麻酔は歯科の中でも隅の方に小さく申し訳なさそうに存在していたが、平成12年度から平成16年の間に急激にその管理症例を増やし、昨今非常に活気を帯びている診

療科である。来院患者さんの疾病構造の変化は著しく、歯科といえども治療中に心停止、脳卒中や心筋梗塞の発作を起こすこともある。従って歯科処置中であってもバイタルサインをチェックすることはそれなりに意義のあることなのである。

これだけ多くの症例を行うようになると、紙の診療記録を漫然と管理していくと保存や管理に困惑してしまう。当然電子化しなければやっていけなくなったのである。紙の麻酔記録が棚に収納できなくなり、仕方なく段ボールに収納し始めたが、みるみるうちに段ボールが積み重なり、そしてそれが崩れ落ちるような事態に発展した。しかもその中の30%ぐらいは、判読できない文字と記号で書かれたものであって資料としてまったく役に立たないのであるが、それでも5年間分は保存というルールを守らなくてはならなかったのである。そのような状況の中、越川先生のご協力のもと paperChart を私たちの外来に取り入れ、様々な問題を解決していった。そして手術室・病棟とその適応を広げ病院のシステムの中に組み込んでいった。本稿ではその経緯と使用状況について述べたいと思う。

黎明期

医学部附属病院では概算要求が認められ平成14年には日本光電CAPシステムが導入されて

いた．学内に良い見本があったのにもかかわらず、困ったことに歯科ではバイタルサインをデジタル化して保存する意義云々という前に、それがどのようなシステムであるのかを理解してもらえないという辛い状況が続き、何度説明しても病院の中で誰一人としてわかってもらえる人が現れなかった．費用についても莫大な予算が必要であることを説明すると、「将来的に…」ということで話が潰れてしまった．でも私は積み上げられた段ボールを何とかしなければならぬ．崩れた段ボールを積みなおす日々がつづく．

そのような中、私は越川先生のお作りになった paperChart に出会う．おそらく多くのユーザーと同じく、先生にメールを差し上げ、使用の許可をいただくことになるのだが、実はその前にお断りなしでとりあえず使ってみた．どんな塩梅なのか？興味があった．私は昔電気生理をかじっていたので、測定機器からデータのとりこみや、データ解析のプログラムを N88Basic で書いていた経験があり、単に pH メーターや温度計からデータを取るだけでも相当苦労したものである．ちょっとしたことでなかなか測定機器と通信は困難であることを少しは理解していたのであるが、paperChart はあまりにもあっさりバイタルサインデータが飛んできて、みるみるうちにきれいに画面表示される．これこそが生体現象なのだとうっとりした．そしてこれを作った人はすごいと思い、早々にメールをさせていただいた．歯科麻酔に批判的な先生も数多くおいでになるので、もしそうであったらどうしようかと心配し、メールをさせていただくことは図々しいのではないかという思いが頭をよぎったが、それでもメールせずにはいられなかった．すると翌日には次のような内容のメールをいただいた．(図 1)

paperChart を作ると思った理由の説明と先生の心意気を感じるメールをであった．どうぞおやりなさいという先生のお言葉に意を強くした私は、本格的に歯科麻酔外来の 5 つのユニッ

(2008/01/23 13:43), Echikawa Masatsugu wrote:
Subject: paperchartの件につきまして

小長谷先生:
ご連絡ありがとうございます、越川です。

まず、このプログラムはフリーウェアですし、目的は特定の医療器械メーカーがソフトウェアに関する特許を取れないよう、先に当方でいろんなことをやってお知の事実)にして、誰でも(どのメーカーでも)同じようなソフトが作れるようにしてしまおうというものです。したがって、先生方にお使いいただくことは大変ありがたいことと考えておりますし、「許可」などのお気遣いは無用に願います。

むしろ先生方にはいろいろな機会を捉えての社内資料公開運動 (disclosure movement) をめざしてのご発言、ご助力をいただきたいと考えます。いままで、一発で資料くれたのは philips と marquette だけでした。いずれも電話一本で、メールに添付した PDF ファイルが届きました。日本の会社(日本光電とコーリン)には、かなりの交渉の手間を割きました。フクダ電子からは相変わらず資料の公開を拒否されています。

まあ、それはさておき、とりあえず「いじって遊んで」いただければ幸いです。いじった結果、壊れるようなことがありましたらお気軽にご連絡ください。できるだけ「壊しても叩いてもフリーズしないソフト」を心がけております。

神戸海星病院 麻酔科
越川 正嗣

図 1：越川正嗣先生からいただいた初めてのメール
に paperChart を導入してみようと考えた．2008 年のことである．そして disclosure movement に協力するために、様々な会社に働きかけ、paperChart で使える機種を少しでも増やすことに越川先生と一緒に取り組んでいった．

導入のステップ

1) 第 1 段階：スタンドアロンによるテスト

新しいバージョンの paperChart はキックスタート (KS) の機能があり、それにしたがって行けば何ら問題なくスムーズに導入が可能であるが、初期バージョンは dirconf.txt に若干の変更を加える必要があった．日本光電ライフスコープ 7000 シリーズ、日本コーリン BP508、BO608 シリーズでスタンドアロンによるテストをおこなった．端末用は研究室で使われなくなったノート型 (windows 2000、シリアルポートを有しているもの) を用いた．このような古いノート型 PC はシリアルポートを有しているため、paperChart の設定どおりに行えば、すぐに接続が可能である．実際瞬く間に使用可能となった．ただし旧式の日本光電のモニター (今ではあまり存在していない) の場合は conf ホルダー内 Monitor ホルダー内 lifescape.txt 中の parameter 節 ({ } でくくられている部分) 中の SPO₂ 節の始ま

り (SPO₂.....) を SaO₂ (SaO₂.....) と変更することが必要である。コーリン BP シリーズの場合、オムロンコーリンが当初ケーブルの販売をしてくれなかったため、DIN 9 pin オスコネクターを購入し自ら (私の大学院の弟子も巻き込んで) 半田付けケーブルを作成した。これもマニュアル通りで特に問題なくすぐに使用できた。今では paperChart を無視できなくなってきたのか? 社内的な変化があったようで、ケーブルを販売してくれるようである。

2) 第 2 段階

とりあえず臨床で使用するには、プリンターの設定が必要である。スタンドアロンでプリンターを使用するのもよいが、早晚複数台の端末で使用することが見込まれる場合は、ネットワーク下の設定をしたほうが様々便利であることは間違いない。スタンドアロン使用の場合、使いつづけると実行ファイルに齟齬をきたすことがあった (実行ファイルが立ち上がらないなど。もちろん再インストールすれば問題はなかったが)。患者データ保存領域と実行ファイル作業領域は分けた方がよいのではないかと考えている。そのような意味で初めからネットワーク環境を作りデータサーバー機を用意したほうが良いと思う。また一度ネットワーク下での環境を整えてしまえば、その後の拡張は単に台数を増やしていくだけの作業で済む。またブラウザマンによるブラウザ機能を使用するためにはネットワークを構築する必要がある。この便利な機能を使わない手はないと思う。導入初期にトライアルとしてネットワークを組む場合には、有線工事などは不必要で、とりあえず無線ルーターのうちブリッジ接続が可能な機種をいくつか購入すれば、かなり広いエリアで使用可能となり、さらに廉価である。最近では家庭でも無線ネットワークを組まれていると思うが、ほぼその程度の知識で十分に対応可能である。ブリッジ接続もルーターのマニュアルを見れば容易に理解できると思われる。

とはいうものの、実際にはサーバー機のインストールと無線設定は 2 時間ぐらい要した。特にクライアントは旧型のものばかりで、家庭、職場、研究室で使われなくなったものを何とか譲ってもらったものである。無線子機が付随してないものばかりであり、また無線子機も不要となったもの、秋葉原のジャンクショップで買い求めたものなどを使用し、異なる無線の子機を使用することになったため、それぞれのドライバー等が異なり、無線の設定に 2 時間ほど要してしまった。サーバーといってもメーカーの汎用品の端末を使用し、単に共有ホルダーの設定をおこなっただけである。

3) 第 3 段階

ハートモニター以外の機器の接続

ASPECT BIS, テルモシリンジポンプとの接続を試みた。この段階に来れば、paperChart のおおよそ様子がわかってくるので、マニュアル通りやれば特に問題はないはずである。ただし機器によりシリアルケーブルの種類がまちまちで、それを用意するのがやや面倒であった。クロス結線ケーブルかストレート結線かの違い、D-sub 9 pin があるいは 25 pin の違い、オス型、メス型のちがいが微妙にある。ただしテルモ輸液ポンプ (TE131,161,171) は Tp.exe の設定があるのだが、残念ながら今のところ使用できないようである。どうも TE131,161,171 を使用しているユーザーがいなかったようでテスト途中で開発が止まっているようである。

4) 第 4 段階

サーバーにデータを保存する。

これも KS を使用してサーバー機の共有ホルダーにデータを保存する設定を行えば何も問題はないだろう。うまくいかない原因は単純な問題であることが多く (無線ルーターの設定であるとか、無線ルーターの電源が入っていない、ケーブルが抜けていたなどのことが多かった)、初歩的な問題解決方法でほとんど対処可能である。

ネットワークシステムが構築されたときに

paperChart の中でやるべきことは、CONF ホルダーの dirconf.txt の中の file_suffix の設定箇所を確実にしておくことだけである。実際この設定をよく忘れて混乱することがあった。手術室 1 なら file suffix=01; など各々の施設で前もって整合性をとるようにとマニュアル書いてある。またサーバーの共有ホルダーの設定であるが、サーバー機の共有ホルダー（ここにはデータ、並びに A D Mホルダーを入れておく）が各端末から開けるようにしておけばよいはずである。

以上の作業は同様のメーカーの PC であれば、時間はかからないとおもう。

5) 設置場所に困る

このようにある程度セッティングは終わったものの、狭い外来でどのように端末を設置するのがよいかが大きな問題となった。サーバー機の設定スペースはあったが、クライアントノートの置き場所に困った。というのもどうしてもハートモニター、シリンジポンプ、BIS(一部のユニット)とノートとはシリアルケーブルでつながれていなければならない。するとノートをどこにおいたらいいのか? 困ってしまった。何せお金がないのである。特製の架台を注文するわけにもいかない。そこで仕方なくモニターの上において絆創膏で固定するという極めて原始的方法を採用した(図 2)。

またミャンマーに医療援助する目的で廃棄してあった血圧計の架台を廃棄場に探しに行き、それを使用するといった苦肉の策もとった。歯科麻酔外来にはコーリン製、日本光電製のモニターが混在していたため、もともとセントラルモニターがなかったのであるが、症例数の増加に伴いセントラルモニターに代わるものが必要であった。そこで秋葉原のジャンクショップにてポケットマネーで購入した(8000 円ぐらいだが)モニター付きデスクトップマシンと研究室で使用していなかった液晶モニターを用いた paperChart のブラウザマン機能を用いたセントラルモニターを設置しようと考えた。特にブラウザマンを使



図 2：初期の paperChart 端末 1

旧式の日本光電 BSM7000 シリーズの上に実験で使用していた使われなくなったノート型 PC。絆創膏でモニターの上に固定されている。導入初期のもので不安定ながら何とか使用していた。

用するマシンのスペックは windows 2000 が立ち上がるマシンであれば何の問題もない。スタートアップホルダーにブラウザマンのショートカットを入れておけば、PC が立ち上がるたびに勝手にブラウザマンが立ち上がるので、毎朝当番の看護師さんにスタートボタンを押してもらうことでセントラルモニターとして使用していた。

6) 診療科における説明会

このようなシステムを導入するに当たり診療科内に説明を行わなければならない。paperChart の特徴はその使いやすさにあるので、詳細な説明は不要であると思っていたが、スムーズな導入のために、説明会はやっておいてよかったと思っている。説明会を行うに当たり 2 ステージ方式を採用した。

第 1 ステージは上記の第 2 - 3 段階ですでに paperChart を理解し詳しくなっていた若い先生数人を集めて試用してもらうことにした。

- i) 初めは何があってもスタートボタンを押すこと、
- ii) 再開する場合は再開ボタンを押すこと、スタートボタンを押してはならないこと

この二つを初めに説明した。そして次に薬剤

投与の方法を説明し、輸液の投与に伴う記入の仕方などを説明した。これらは一度適当に入力しても訂正が可能であるので、実際に若い先生の目の前でやって見せた。予定表から患者を選ぶ方法や麻酔サマリーの書き方などを教えた。そして1週間ほど使用してもらい、何か不明な点があればそのたびに教えるという方法を採用した。

そこでの質問内容を中心にして、使用マニュアルを作成してみた。しかしながらマニュアルの内容はほぼ第1ステージの内容と変わらないものとなった。

第2ステージでは、30台ほどの学生用のPCを借り、それぞれにpaperChartをインストール(実際はデスクトップにコピー)した。ダミーモニターとして動作試験用モニター(module=DUMB.exe)を設定したpaperChartフォルダーをコピーし、Nv.exeのショートカットを作成し準備を終えた。医局会にて診療科全員に対して、立ち上げ方(NV.exeダブルクリック)、スタートボタンの押し方、再スタートのやり方、予定表の入力の方法、薬剤の投与方法、印刷の方法を実習してもらった。実習者が同時に操作することが出来るため、説明もやりやすい。動作試験用モジュールは、paperChartがどのようなものであるかを説明するのに非常に適したツールである。

7) 施行実施

説明会の翌週には本格運用施行を開始した。一応私自身は常に臨床の場にいるので常時フォローアップをしていたが、実際実用開始されると拍子抜けするほどに何事も起こらなかった。ただ使用していく中、Ma.exeやNV.exeのボタンアサインや薬剤等の変更などマイナー変更・バージョンアップなどをすることがあり、その設定の直後に不具合が生じることがあった。これは設定上のタイプミスなどの初歩的ミスによるもので、致命的障害などは全くなかった。

その他のトラブルは、端末や無線ルーターの電源コンセント抜け、プリンターの用紙切れと

いったような初歩的ミスに終始したとってよい。その後約1年半の間臨床に必要な機能を発揮した。すべて古い機器ではあったが、十分にpaperChart十分に使いこなしたと言ってよいと思う。

8) 術前診察記録および術後の帳票

術前診察記録はpaperChartにはない機能である。この部分を作ってもそれぞれの施設での汎用性がないということもあるだろうが、越川先生はあまりこの部分にはご興味が無かった。電子カルテが導入されている施設はそれで代用できるかもしれない。ただメーカー製自動麻酔記録にはこの部分が搭載されているものがほとんどで、さらに手術予約システムの機能、進行状況モニターなどが付加されているようである。ベンダーに任せるならば、相当額の予算が必要であるし、自前で開発するならば、それなりの技術力があることになる。どこまでやるのかは各施設で状況が異なる。私たちのところはとにかくお金が無かったのである。しかしせっかく端末がネットワーク化され、それらを使用しない手はない。せめて術前診察記録(本院では統一カルテに挟むことになっている)ぐらいは、いつでも閲覧したいというのが、診療内での希望であった。歯学部附属病院は電子カルテを採用していないので、どうしても紙カルテを記入する必要がある。また麻酔外来の1人当たりの作業量とワークフローを考えると、データベースを構築し、キーボード入力する方法を皆に強要することはメリットがなかった。くどいようだがお金がなかったのである。そこで紙カルテを5万円程度の汎用スキャナーを用いてサーバー内に画像として保存し、他の端末からもそれを参照することができる方式を採用した。これにより、コストを下げ、麻酔科の先生の作業量をさほど増やさず、どの端末でも見られるという利便性を獲得することができた。ここで用いたのはXeroxのDocuworksというアプリケーションで、1ライセンス13000円程度である。これはバインダー

機能を有しており、ちょうどカルテと同じような感覚で使用できる。バインダー名を院内の ID 番号とし、これもバーコードリーダー（秋葉原で 1500 円にて買い求めた）にて、統一カルテから読み込ませることにより、エラーなくバインダー名をつけることができる。Docuworks には無料の viewer ソフトがあり、それを各端末にインストールすることで Docuworks で作成されたバインダー内の文書を読みに行くことが可能である。ただしこの場合、サーバーの共有ホルダーに端末からアクセスする必要があるため、ショートカットなどを各端末に作成する必要があるだろう。ただ viewer では検索機能が無いので、windows の検索機能を使用することとなる。本学ではたまたま、Docuworks ライセンスを多量に購入していたことが判明し、そのうちの 10 台分をいただくことができた。Docuworks の検索機能を各端末で使用することができたため、非常に便利である。外来の術前診察記録はこれで十分であり、また他の検査データや診療情報提供書などの資料も一緒にバインダーに保存できる、また paperChart からの印刷データ（麻酔記録、サマリーページなど）も Docuworks 内に専用印刷ドライバーを介し取り込めるので、麻酔記録の複製印刷保存が必要なくなった。これらのことから歯科麻酔外来に保存してあった麻酔記録・各科カルテを統一カルテに移行することができたので、歯科麻酔外来での保存戸棚および段ボールが、見る見る内に片付いていったのであった。

モニター機器更新・手術室外来病棟整備

1) 手術室・外来のモニター新規更新

モニター機器の使用期間がすでに 15 年を超えたこと、また麻酔記録システムも機能的には十分であったが、その見た目のみすぼらしさとセキュリティ（使用者の認証機能）対策を取る必要性を病院側から要求されたことなど諸々の事情から、手術室・麻酔外来の医療機器（おもにモニター機器）の更新をしてもらえることになった。

しかし、一度予算がつくと、モニター機器以外にも様々な手術関連の備品の更新を行わなければならず、すべてを麻酔関連の物品に回すわけにはいかなかった。メーカー製の自動麻酔記録装置の導入も考慮したが、全体の予算から考えるとどうしても導入はあきらめざるを得なかったこと、また paperChart に越川先生のご厚意で個人認証機能を付与することをご了解いただいたことなどから、中央手術室（3 室）、歯科麻酔外来（5 台）、外来回復室（3 台）、歯科病棟（5 台）に paperChart を導入することを決定した。

2) 情報処理委員会との交渉

新しい機器の更新となれば院内の各部署とのすり合わせが必要となる。また歯学系においては、自動麻酔記録装置がどのようなものであるか？という根本のところから説明をしなければならず、一方向ではあっても医療情報システムから患者の基本情報をもらうことになる以上、情報処理委員会ならび診療情報委員会を無視することはできなかつた。特にセキュリティーを強化せよという、病院上層部からの厳命があり、そのための個人認証を行うために、サーバー・クライアントシステムを構築することになったことから、一見大がかりなシステムのように見えたようで、情報処理委員の一部から患者情報の流失の可能性、ぜい弱性および情報流失の疑義をかけられてしまった。確かに患者情報がサーバー内に一括保存されることには変わりなく、いくらローカルネットワークで使用するにしても、あらゆる可能性を考えれば、完全なる情報の保全は難しいものである。paperChart の固有の暗号による患者属性に関する情報の書き出し制限および、新たに追加したセキュリティーシステムにより、他の施設での読み込みが不可能となることなどの機能があることを十分説明したが、容易には納得してもらえなかつた。また HIS 側からの情報の供給はフロッピーディスクで行っていたため、見た目には、あまり高いセキュリティーを持っていないように勘違いされてしま

い、少々困惑した。どのようなシステムでも身内の不適切な運用までは、防ぐことは無理な話であろうと思う。

フロッピーディスクでのやり取りは、ウイルスに対する抵抗性も強く、データ取得後、フロッピーディスク内のファイルの全消去の仕組みを作っておけば、USB 高用量ストレージを使用するよりも安全である。しかし、一度情報が診療情報のネットワーク外に出ることになるため、情報処理委員や診療情報委員会のメンバーにその部分を理解してもらうことに苦渋した。

また情報処理委員会は過去の実績について問うて来たため、J A 広島総合病院では paperChart は電子カルテともリンクしており、その有効性については、多く報告があるということの説明した^{1,2,3,4,5,6}。皆様ご存じのとおり、J A 広島総合病院麻酔科には中尾正和先生という大変ご高名な先生がおられ、PaperChart に関する御報告をなさっている^{1,2}。越川・中尾先生の報告ならびに我々の報告⁷を文献として委員会に提出し、さも自分は中尾先生のことをよく存じ上げている風な言い方で、情報処理委員会や診療情報委員会に paperChart の事を説明してしまったのであった。今まで中尾先生とは一面識もないにも関わらず……。先生には礼を欠くことをしてしまったと反省をしているが、おかげさまをもって無事に委員会を納得させるに至ったのであった。

3) 新規更新における周辺機器・新規工事⁸⁾

a) ネットワーク工事

手術室・麻酔外来・病棟に及ぶネットワーク工事を行った。棟をまたいで医局でも監視したいと考えたので、一部ファイバーでネットワークを結線した。また無線を用いたネットワークの仕様を一部採用した。無線端末の設置は工事の時に同時に行う方が圧倒的に費用は安い。工事費用は主に職人さんの人件費であるからである。無線工事のことについては越川先生のHPの解説詳しいのでここでは述べないが、いろい

ろな使い方があると想定されるので一定の見解はないと思う

b) サーバー

Windows 2003 server を 2 台設置し、一つは完全バックアップ用として常に親サーバーを監視するシステムを構築した。サーバーを設置する目的は、個人指紋認証システム (SecuMAP) を導入するのにどうしても Microsoft Active Directory の仕組みを必要としたからである。我々のところではその他にファイルメーカーサーバーと Docuworks (FujiXerox) を使用することにした。ファイルメーカーサーバーと Docuworks はこのサーバーでなくても良いのだが、予算の関係上とりあえずまとめて使用しているだけの話である。認証機能さえ使用しなければ必須のものではない。単にファイルサーバーとして機能できる比較的堅牢な PC があればよいだけである。

Web server として立ち上げると (windows server の web server 機能やフリーのサーバーソフトでもできる)、Docuworks ファイルは ipad 等のブラウザ機能の付いた携帯端末で閲覧が可能となる。案外拡張性のある便利な機能である。

paperChart には指紋個人認証である SecuMAP に対応したモジュールがあるのだが、この Secumap システム作成した会社が倒産してしまい、現在このアプリケーション自体に著作権がないため、誰でも使える状況になってしまっている。このアプリケーションは頒布していないので、実質的にはそれを使用している施設の責任者の判断で個人的頒布されるものとなっている。

c) 外来整備

i) 特注ラック

予算がついたこともあり、今までのようにハートモニターの上に PC を置くようなことをやめ、いわゆる電子麻酔装置らしく、安全に使用できるように様々整備していった。外来は専用のラックを組み、それにハートモニター、BIS モニター、シリンジポンプ、端末を置けるような専用ラック



図 3：歯科麻酔外来に設置した新しい鎮静用ユニット

画像監視装置とあわせ、歯科ユニットで使いやすく配置した。ハートモニター、PC 端末、シリンジポンプ (TE371)、Aspect BIS、無停電電源装置が一体化して使いやすい。

を特注した (図 3)。

ii) 外来回復室

外来回復室には架台に Dash400 を乗せて使用している。Dash400 の架台は GCX 社製の大変丈夫なものであるので、これにアームをつけノートを設置した。回復室のベッドサイドにおいて使っている。

d) 手術室整備

i) 端末基本構成

手術室内の端末構成ハートモニターは日本光電 9100 シリーズ、ドレーゲル麻酔器 (Julian, Cato, Apollo), Aspect BIS モニター (図 4 左), Edwards Vigileo モニター, テルモシリンジポンプ (TE371 ;1 台,TE 351;2 台) × 3 室 (図 4 右) を基本構成として、それぞれの機器からデータ取得することとした。また血液ガス分析装置 ABL800FLEX からのデータも各部屋、各ユニットに配達できる仕組み (paperChart 側;QDL.exe, Abl.exe が対応する) を取り入れた。ドレーゲル麻酔器, Edwards Vigileo モニター, ABL 血液ガス分析装置からの取り込みについては、越川先生が本病院のために特別に作成していただいたものであるが、少しでも他病院で使っていただければ私どもとしても大変うれしい限りで



図 4：手術室におけるセットアップ

左； 麻酔器 (ドレーゲル CATO) の上に日本光電 BSM9100 シリーズ, BIS モニターを設置した。PC 端末は麻酔器のサイドに設置, ディスプレイは麻酔器にアーム (GCS 社製) で固定した。このアームだけでもかなりの値段である。画像監視装置も一体化したのでかなりの重量になった。

右； シリンジポンプ 3 台 (Terumo 371, 331), Vigileo モニター - を点滴ポールに設置。足元にはポンプ用の AC 電源装置とシリアル TCP/IP 変換デバイス (Netcom 413) を設置してある。

ある。

目指したところは、よく見かけるメーカー製の麻酔記録装置であったので、麻酔器にディスプレイをアームで取り付け、本体を麻酔器内に収納する方式とした。麻酔器上にハートモニター, BIS モニターを取り付けたが、画像監視システムと一体化したため、かなり重量のある麻酔器になってしまった (図 4 左)。越川先生はデスクトップ型端末よりも、ノート型を推奨されていたが、paperChart 以外の他のアプリケーションを使用する場合でも、ノート型で対応できるのではと想像する。長時間バッテリー駆動するノートは、メンテナンスも楽であろうと思われる。ただ何となくアームからディスプレイを出したほうが大画面で見られることや、単に見栄えがよいといったことから、私はこちらの形式を採用してしまった。でももし PC が故障などした場合のことを考えるとノート型の方が圧倒的に楽であろう。この点は趣味の問題であるので、管理者の裁量で決める事柄である。ただデスクトップ型を麻酔器に設置する場合は、それを保持す

るステーやアームを準備することが必要で、これはどの部品を使うかにもよるが、ある程度の予算は確保する必要がある。GCX社製のアームは定価で20万円程度である。

ii) 漏えい電流障害

思いもなかったことに、電気メスが発する微弱電流の漏えいで、USBドライバーのフリーズが生じた。本来手術室内の電源はフローティング電源になっており、壁やその他のものを伝わって他の機器に電流が漏れていくことはないはずなのであるが、老朽化した手術室では、様々なケーブル類の劣化や接続部の劣化等の影響で漏えい電流が発生するようである。特に windows は USB ドライバーが一度ハングアップしてしまうとシステムリセット以外には復活させる方法はない。これについて、私はどうしたらよいかわからなかったの、あらゆる人に聞いてまわった。越川先生にも御相談し、先生御自ら何度か私どもの手術室においていただき、色々相談に乗ってもらうことになった。

その結果3つの解決策をご提示いただいた。1つはすべての医療機器(特に電気メスと麻酔器周り)に絶縁トランスを設置し、完全な絶縁を図る。2つ目は、USBシリアル変換は用いず、一度ハングアップしても自動的に復活するシリアルTCP/IP変換機(場合によっては無線方式)を用いる。3つ目は、すべてのケーブルはきちんと整理して巻き、インシュロック等で固定する。これらのことを行うことで、電気メス使用時もフリーズ等は生じなくなった。ただし微弱の電気漏えいは完全になくなったわけではないようで、ごく稀にネットワークケーブル経由でどこから漏れてくるトラブルを未だに完全に回避できていないのが現状である。USBポートのフリーズに対するソフトウェアにおける対策として、再開ボタンを作成していただいた。これにより、防ぎきれないUSBポートフリーズなどでリセットした場合や、手術室から回復室、病棟と患者さんが移動しても、他のモニターで継続的に記録



図5：シリアル TCP/IP 変換機を使ったネットワーク

シリアル TCP/IP ; Netcom413
 (<http://www.visionsystems.de/produkte/676.html>)
 SWHub; スイッチングハブ
 シリアル TCP/IP (Netcom413)4つのシリアルポートを持つ(他に1ポート,2ポート8ポートのものもある)。ポンプからこの端末まではシリアルケーブルで接続する。TCP/IPでシリアル信号はネットワークを介して端末に送られる。端末にはエミュレーターをインストールしておく、通常のCOMポートとのやりとりでシリアル通信しているように振る舞う。これならば、遠隔にある測定装置もシリアル接続が可能となる。使い方次第では応用が利く。が取れるようになった。

歯科口腔外科の麻酔をする場合は麻酔器も麻酔医も患者さんの頭部より離れなければならない。それを前提にした整備を行うことが必要であった。シリンジポンプは患者さんの足元におく方が我々の手術室では使いやすい。そのために端末とシリアルケーブルでシリンジポンプを結線すると、長いシリアルケーブルをシリンジポンプ台数分だけ用意しなければならず、ケーブルがうっとうしい。そこでシリアルTCP/IP変換サーバーを導入した(図5)。これはシリアル通信をTCP/IPのプロトコルに変換してくれるもので、かなり端折って説明すると、ネットワークを介してシリアル通信ができるというものである。端末上では仮想の通信ポートができていますので、アプリケーションは、さも様々な装置類とシリアルケーブルでつながっているようにふるまう。この方式は日本光電のCAPシステム

ムも採用していると思われる．使ってみると非常に便利なデバイスで，端末と周辺機器が離れてしまう場合の解決方法となるばかりでなく，配線をすっきりさせたい時にも有効であろう．

e) ブラウズマンの使い方

ブラウズマン (BM) は他の部屋でどのような麻酔が行われているか，監視のためのアプリケーションである．これを使えばセントラルモニターとしても使用可能で，このような使い方をしている施設は大変多いと思われる．

しかし，バイタルサイントレンドを表示せず，ボタン類を表示画面領域より離れたところに設置するように設定すれば，情報ステータスマニターとして利用することが出来る．

たとえば，患者名，手術名，出血量，輸液量，輸血量，吸引量，手術開始時間，終了時間，麻酔開始時間，終了時間だけを表示するといったことが可能である (図 6-1)．我々の施設では手術時間，麻酔時間だけの単なる時計表示 (図 6-2)，タイムアウト時の手術名，術者，麻酔医の表示 (図 6-3)，手術中を表す手術室の外のステータスマニターとして使用している．メーカーにこの機能を追加させてカスタマイズしたら，かなりの金額を請求されるのだろうと思うが，構想をあらかじめ立てて，ネットワーク工事をする際，端末を設置できるようにしておけば，あとは自由に設定ができる．ただしここで注意しなければならないのは，ブラウズマンはあくまでもサーバー機のデータを見に行っているのであって，リアルタイム表示をしているのではない．数秒遅れることがあるので，そのつもりで使用すべきである．

f) 術前診察記録

本院の手術室症例の場合は，手術前に担当麻酔医が診察する時間的余裕があるため，術前診察録をデータベース化することを考えた．これはメーカー製の麻酔記録システムにはほぼ標準で装備されているものである．この部分は paperChart にはない機能であるから，先にも述べ

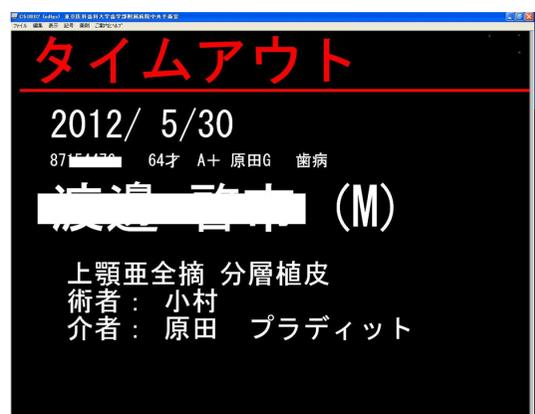


図 6 : ブラウズマン (BM) を使った状況表示

1. 手術内に表示する患者の状況表示．出血量，尿量，輸液量，輸血量等のバランスを表示させたりする．バイタルサイントレンドをオフにすればこのような表示が可能．
2. 単なる時計表示としても可能．ただし秒表示は正確ではない．
3. タイムアウト時に患者名や手術名を表示させている．

たとおり必要ならば各施設で作成しなければならない。電子カルテがそれを包括できればそれでよいし、独自にファイルメーカーなどの汎用のデータベース (DB) ソフトで作成が可能である。ファイルメーカーなどの汎用ソフトを使用した DB の新規作成は外部業者に依頼した場合、費用は比較的安いと思われる。自作が面倒な場合は外部委託も効率的である。汎用ソフトで DB を作り慣れていても、帳票など作成するのは案外手間がかかるからである。

外部委託の場合考えておくべきことは、HIS からのインポート機能、paperChart へのスケジュールエクスポート機能 (paperChart 側は sched.csv で受け取る)、paperChart から薬剤データなどの手術中の情報のインポート機能など、各施設でのポリシーに沿った機能設計を初めに決めておくことをだけを忘れなければ、後はさほど複雑にはならないと思われる。

本院では HIS から手術予約情報をもらい、ファイルメーカーで作成した DB に術前回診記録を入力し、その情報をもとに手術中は paperChart に必要な情報を送る。手術が終了したのち、再び paperChart から使用薬剤などの情報をこの DB にインポートし、コスト表、麻薬処方箋、麻薬施用票、注射処方箋、1 術後回診記録などを作成し印刷して各セクションに術後送付している。電子カルテ移行した場合は、画像ファイルとしてそれぞれを取り込んでもらうことを考えている。本院のものが他院で使えるかどうかかわからないが、使用を希望する施設があれば、新たに DB を作成するための見本として配布することは可能である。このような周辺アプリケーションをお互いに共有できればさらに paperChart の汎用性が高まっていくことが期待できる。

おわりに

現在 paperChart の開発は実質上止まっていると言えるかも知れないが、南岡山医療センター麻酔科斎藤先生らのお力により、少しずついる

いろな取り組みがなされている。それらを突破口にしていけば、少しずつ前に進めていけると確信している。

1) 今後の改善希望点

私が今使用していて、version up をしてほしいと思われる機能をまとめてみたい。

a) Ma.exe(記載事項) の拡張

現在他の端末から実際にデータを収集している端末のチャートを閲覧することができるが、書き込みはすることができない。少なくとも Ma.exe だけは有効にすることができれば、看護記録などと共有して使用することが可能となる。

これについては、斎藤先生の解析を待ちたいと思う。

b) 濃度シミュレーションにおける現時点での薬剤濃度表示

Tip 表示にて任意の時刻における予測濃度表示ができるが、現時点の予測濃度表示があると、麻酔管理には有効であろうと思う。薬剤シミュレーション濃度値がどのような形で存在するのかが分かれば、別の window で表示させることができる可能性があると思う。

c) マルチディスプレイにおける BM.exe の表示

現時点でマルチディスプレイを使用し BM.exe を表示させるとプライマリーモニター内だけに表示される。マウスで移動することは可能であるが、それだと不便なことがある。これについては、様々な方法が考えられるので、解決できるのではないかと思われる。

2) 何故 paperChart なのか?

私が研修医の時に指導医から、麻酔医の仕事は麻酔が開始され手術が始まり、ものを言わぬ患者さんの事を慮ることが仕事であると教えを受けた。その言葉は今でも私の座右の銘である。麻酔医は手術中に患者さんの事を慮ることに全精力を費やすべきであるという考えに基づけば、電子チャートにより、客観的なデータ収集を機械に任せられるという点で電子麻酔記録は麻酔管理にとって大変意義あるものである。特に越

川先生が常に言っておられた、バイタルサインなどの測定データの改変は一切できないという paperChart のポリシーにはデータの客観性の確保という点で強く賛同できる。paperChart はフリーウェアであるからこそ、メーカー製の電子麻酔記録を導入するよりはるかに安いコストで、高い質を得ることができるため、コストがかけられず、麻酔医が足りない中堅の病院において、その機能を発揮できることは言うまでもないことである。しかしながら、コスト面の優位だけでなく、paperChart は少なくとも現時点、メーカー製の電子チャートが持つ機能を凌駕しており、その使いやすさ、画面変更や機能変更・追加などの自由度の高さから考えて、どのような施設でも対応できうるものに仕上がっていると確信するものである。メーカー製のものと同等以上であるというのが私の結論である。特に画面変更・機能追加変更機能(いわゆるカスタマイズと呼ばれる部分)の自由度の高さには本当に感嘆する。paperChart の構造が少しわかってくると、カスタマイズしてそれが機能すると単純に楽しいと思った経験を持つユーザーは多いと思う。遊び心を掻き立てる要素があり、多分 paperChart を使用する多くのユーザーがこの部分に嵌っていくのであろうということは想像に難くない。理屈ではない熱狂的な要素が paperChart にある。このような要素を持つ麻酔記録システムを他に探すことはできない。越川先生が狙っておられたかどうか今はわからないが、作る人、使う人がいるのだというお話をされていたことを思い出す。少なくとも麻酔医自らが開発したという paperChart の出自は今後 OS の改編などがあっても、まだまだこのままでも使えるソフトウェアであることを物語っている。そして容易に自動麻酔記録装置が導入できない中規模から大規模病院において、paperChart はその期待に十分応えてくれるものと確信している。今後ユーザーが日本各地で増えていき、お互いに

フォローできる体制の構築がなされることを期待したい。

この体制をフォローしていくために、いくつかの商業ベースのサポート会社が関心を寄せていると思われる。それらの会社も含めて健全な形で育っていくことを望んでいる。

最期に、私たちの病院は故越川正嗣先生のお力によって飛躍的に機能を向上させた。この点はまだ少し病院内で評価されてもよいと思っている。私は paperChart をおつくりになった先生の功績を忘れずに、今後それを発展させることに力を注ぎたいと思う。本稿が、今後 paperChart の導入をお考えになっている先生方の参考になれば幸いである。

引用文献

1. 杉本由紀, 中尾正和, 松本千香子, 白石成二, 小村智子, 撰主司, 渡邊愛沙, 吉田研一, ラテックスアレルギーによるアナフィラキシーショック症例での電子麻酔記録 PaperChart の有用性, 日本ラテックスアレルギー研究会会誌 12(1) P61-67, 2008.
2. <http://www.hirobyo.jp/services/departments/outpatient/anesthesia/equipment.html>
3.) 越川正嗣, 麻酔記録の電子化に向けて, 西脇市立西脇病院誌 3 号 P50, 2003.
4. 越川正嗣, 多施設対応型の自動麻酔記録ソフトウェアの試作, 麻酔・集中治療とテクノロジー 2002 巻 P75, 2002.
5. 越川正嗣, 自動麻酔記録ソフトウェア: VitalView の製作とフリーソフト公開, 麻酔・集中治療とテクノロジー 2003 巻 Page5-7, 2004.
6. 越川正嗣, 電子化麻酔記録システム paperChart の数値/文字列計算メカニズムについて, 麻酔・集中治療とテクノロジー 2008 巻 P39, 2010.
7. 小長谷光, 脇田亮, 牧野謙三, 真田達夫, 海野雅浩, 30 万円で歯科麻酔外来に導入した自動麻酔記録システム フリーウェア paperChart を利用して, 日本歯科麻酔学会雑誌 36 巻 4 号 P442, 2008.
8. 小長谷光, 脇田亮, 牧野謙三, 近藤永之, 神谷清, 進化する自動麻酔記録システム フリーウェア paperchart と画像監視システム, 日本歯科麻酔学会雑誌 37 巻 4 号, P496, 2009.

自動麻酔記録システム paperChart とポンプの接続，薬物動態シミュレーション実装の歴史

中尾正和

はじめに

筆者は，越川先生と自動麻酔記録ソフトへのシリンジポンプ接続，薬物動態シミュレーション

実装にあたっての協同作業をしてきた．追悼シンポジウムにあたり，越川先生との自動麻酔記録システム開発の歴史を紹介したい．



図 1 VitalView の画面 (2005 年頃の術中画面の例)

VitalView

越川先生と筆者との自動麻酔記録ソフト開発での連携は 2003 年頃からで paperChart の前身で

ある VitalView¹⁾ に始まる。

VitalView(図 1) はフィリップス社 (旧ヒューレット・パカード)Merlin と GE 社 Marquette

広島総合病院麻酔科

と複数社のモニターに対応し，モニターのバイタルサイン数値データをシリアルポート経由で取込んで画面表示し，麻酔記録用紙に印刷するシステムであった．

図 1 はブラウン管のイメージに近く黒い画面であるが，画面のみならず各種の設定はテキストファイル形式になっており，ユーザーの好みにより自由に設定変更できる仕様であった．そのため病院ごとに異なる様式の麻酔記録用紙にも対応できた．

当時，一世を風靡していた日本コーリン社（現オムロン コーリン）の麻酔記録用 X-Y プロッターがあった（図 2）．静電吸着させた麻酔記録用紙に同社モニターのバイタルサインをペンプロッターでカタカタと自動描画記録（印字）してくれた．バイタルサインの手書き労力を省力化でき，薬剤投与・コメント等は手書き麻酔記録と同様に自ら記入できるため，利用するための教育がいらぬ実用的なものであった．VitalView はこれを電子化したようなコンセプトであったともいえる．

当院ではオーダーリング端末 PC(Windows 98) の中古を流用し，モニターに挿入する RS232C ボードはフィリップス社の協力によりデモ借用した．心臓外科手術のバイタルサインを取込んでおくフライトレコーダ的役割として利用した．

その後，VitalView のバージョンアップにより，薬剤入力も可能となっていたが，手術支援部門システム OPE-TOM(クオンシステム社) が導入された 2004 年に相乗りして中古 PC 端末 (Window2000) を全部屋に再利用し，麻酔記録システムを LAN 構築とした．また，院内では手書き記録以外に自動麻酔記録も正本の診療録として認定された．

VitalView でのシリンジ ポンプへの対応

当初 VitalView はモニターからの情報のみでポンプのデータは取込めなかった．筆者の Propo-



図 2. Colin BP308 とペンプロッター

XY プロッターは当時の写真がなく，後継機を <http://www.anesth.hama-med.ac.jp/> より修正引用

folFMon でのソースコード^{2,3)} を越川先生と共有し，2005 年 2 月ころからシリンジポンプの情報を自動取り込みし，テルモ TE-371 TCI ディブリフューザー TM の目標濃度，血中/効果部位濃度を麻酔記録へ自動表示できるようにした．

VitalView の機能拡張は，“co-listener”という概念で中間ファイル “Auxin.tmp”へデータ出力し，それをメインのソフトが読み，読み込みが完了するとこの中間ファイルを消去するやりかたであったため，同時に複数の機器データの取り込みはできない限界があった．ちなみに，試作段階ではポンプと PC との接続が不安定であったが，毎回ポートを開いてデータを読みこんだら閉じるという対応で，手術室内でも安定してデータを取りこみができるようになったそうである．

paperChart

2006 年 2 月頃にフィリップス社インテリビューシリーズに対応し，VitalView の機能に加えて波形情報取り込み，他の部屋の麻酔記録の表示機能をもって始まり，2006 年 6 月にテルモポンプの接続もサポートされた．さらに電子カルテ/手術部門との連携機能，静脈麻酔薬のシミュレーション機能追加，データ解析機能など徐々に多彩な能力を与えられてきた．彼の思いは臨床麻酔学会で発表されたものが，全文抄録として掲載されている⁴⁾．

当院ではフィリップス社の MP70 ヘモニター更新され paperChart の動作の確認後，2006 年

7月に VitalView から paperChart に移行して試行を継続した。電子カルテ化に伴い、2007 年から 9 室全部屋での実稼働とし、紙へ印字したものをスキャナーで電子カルテに取込んだ。その後、印字は術後の病棟 / 手術室での確認のために残したが、そのチェック後の修正最終版を正本として PDF ファイル出力し電子カルテに送る運用として紙出力・スキャンを削減して現在に至っている。

paperChart への思い

当初筆者は、麻酔専門医だけで麻酔管理が行われていれば、麻酔記録は自動であることは必須ではないと考えていた。しかし、実際に導入してみると特殊なイベント時には、患者を救うことに集中する必要がある、バイタルサインの記録は不確実となる現実があり、フライトレコーダ的な役割の重要性を実感してきた。さらに新臨床研修制度が始まって一般病院でも多くの研修医が学ぶようになり、自動記録システムでしかも波形記録も保存できることで麻酔の品質管理と研修者へのフィードバックの強力な情報源となっている。また他の部屋の麻酔記録をリアルタイムに表示できる BM.exe の機能は、麻酔管理の透明性をも高めてきている。

paperChart への薬物動態ツール実装

ポンプの情報が自動麻酔記録システム paperChart へ直結で流れるようになると、それまでの筆者のオンラインシミュレーションソフト PropofolFMon は動作できなくなった。ハード的にデジタル信号を 2 分割してソフトの小改修⁵⁾によりオンライン計算を継続してきたが、全部屋での対応には困難があった。広島大学麻酔科の中村隆治 Dr に依頼し、彼が携帯電話での薬物動態シミュレーション⁶⁾の開発に利用した Excel_PKPD をもとに、paperChart の薬剤投与と履歴のテキストファイル(図 3)を自動参照して濃度を計算する

```

/monitor/1187763702/1187769889/
/demographs/
ID==3**940
漢字姓名==Y○N△
性別==男
生年月日==1958/02/05
病名==腰椎椎間板ヘルニア
予定術名 1==髄核(ヘルニア)摘出術
予定術名 2==
身長==170.9
体重==59.9
// <一部省略>
/administrations/
7/ルパバ...BP,μg/kg/min,0.01
!
(2007/08/22-15:23:45)1187763825.18,*,2000.20,P
(2007/08/22-15:23:49)1187763829.0,*,2000.20,P
(2007/08/22-15:23:55)1187763835.18,*,2000.20,P
(2007/08/22-15:32:59)1187764379.0,*,2000.20,P
(2007/08/22-15:35:09)1187764509.1.8,*,2000.20,P
(2007/08/22-15:41:05)1187764865.0,*,2000.20,P
(2007/08/22-15:41:09)1187764869.7.2,*,2000.20,P
(2007/08/22-16:01:17)1187766077.0,*,2000.20,P
(2007/08/22-16:01:20)1187766080.6.1,*,2000.20,P
(2007/08/22-16:07:27)1187766447.0,*,2000.20,P
(2007/08/22-16:07:29)1187766449.7.2,*,2000.20,P
(2007/08/22-16:19:58)1187767198.0,*,2000.20,P
(2007/08/22-16:20:05)1187767205.5.4,*,2000.20,P
(2007/08/22-16:43:22)1187768602.0,*,2000.20,P
データリボン 1%,BP,mg/hr,0.1
    
```

図 3. 患者属性と薬剤投与履歴のテキスト形式ファイル

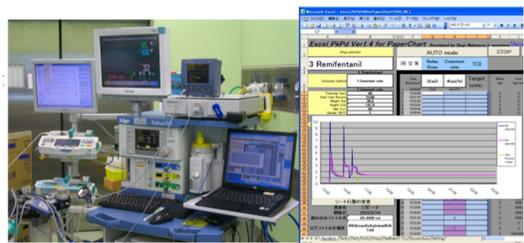


図 4 Excel_PKPD for paperChart と動作風景

Excel_PKPD for paperChart を開発してもらった。電子カルテ端末のエクセルで動かせたため、全部屋で薬物動態シミュレーションが可能となった(図 4)。Excel_PKPD の概念を越川正嗣 Dr に紹介後、2010 に paperChart に実装された。薬物動態モデルが組み込まれた麻酔記録システムとしては我が国の初の快挙であったと思う。2011 年 6 月の遺作版ではさらに、麻酔薬の濃度の予測機能や情報解析機能も実装され、より麻酔科医に使いやすいシステムとなった。

最後に

越川先生の paperChart への思いの表れた 2006/2/23 のメールを引用します。

お世話になります, 越川です。先々週から, 当方で新バージョン (Philips 用) が動いています。その後 GE/Solar, Abbott/i-STAT との通信部分を作り, 現在は Ohmeda/S5 に取り掛かっています。terpump はまだできていません。

<略>

ちなみに VitalView という名前はやめようと思えます。paperChart という名前で始めて, woodChart, brassChart, tinChart ... とバージョンアップして行こうと思います。steelChart にまでたどり着けるのは, いつのことやら。

これまで, できたらうれしいなと思う要望をだすと, 越川先生なりの咀嚼の末, より使いやすい機能, こだわりをもったものが生み出されてきたように思う。生きていれば今後ももっといろいろと素晴らしいものができたのと思うと非常に残念である。この paperChart の火を絶やさずに遺志をひきついでいきたい。

合掌

参考文献

1. 越川正嗣. 自動麻酔記録ソフトウェア: VitalView の製作とフリーソフト公開. In: 尾崎 真, 橋本 悟, 田中 義文, editors. 麻酔・集中治療とテクノロジー 2003, 東京: 克誠堂出版; p. 5-7, 2003.
2. 中尾正和. シリンジポンプのデジタル情報を利用したオンライン静脈麻酔薬プロポフォルシミュレーション. 麻酔. 1997;46:279-83.
3. 中尾正和. PropofolFMon. 静脈麻酔 / TCI ソフトウェアガイドブック. 東京: 克誠堂出版; 2003. p. 114-23.
4. 越川正嗣. 電子麻酔記録ソフトウェアの作り方 (コツと落とし穴). 日本臨床麻酔学会誌. 2011;31(5):755-60.
5. 中尾正和, 松原由紀, 松本千香子, et al. RS232 デジタル信号を 2 分してモニターできるアンプの製作. In: 安本和正, 悟 橋, 田中義文, editors. 麻酔・集中とテクノロジー 2007. 京都: 北斗プリント; 2007. p. 24-6.
6. 中村隆治. 携帯電話機を使った麻酔薬のオフライン血中濃度シミュレーターの開発と評価. In: 重見研司, 悟 橋, 田中義文, editors. 麻酔・集中とテクノロジー 2009. 京都: 北斗プリント; 2007. p. 105-9.

ABSTRACT

Collaboration History for the Development/Improvement of the Anesthesia Information System " paperChart " with late Dr Masatsugu Echikawa.
Masakazu Nakao

The development of anesthesia recording system " paperChart " has started as " VitalView " since 2002. VitalView supported multiple monitors of various manufactures. It had a flexible feature to output on various anesthesia record sheets of any hospitals thanks to the simple editable configuration text file. Dr Echikawa worked with the author for the addition of integrated information of syringe pumps. While " paperChart " is free software, it has a powerful feature even the commercial anesthesia recording systems missed. Pharmacokinetic/ pharmacodynamic model simulation of IV anesthetics was first incorporated in 2010 in collaboration with Dr Nakamura of Hiroshima University and the author.

Key words:

anesthesia recording system, integration of syringe pumps, on-line simulation of IV anesthetics.

*Division of Anesthesia and Pain Control Hiroshima General Hospital
1-3-3 Jigozen, Hatsukaichi City, Hiroshima,
738-8503, Japan
E-mail: masa.nakao@nifty.ne.jp*

paperChart の遺志と周術期 IT の未来を考える

- 開発者として何ができるか -

斎藤智彦

はじめに

paperChart は 故越川正嗣先生が作成された自動麻酔記録ソフトウェアであり、フリーソフトとして公開されている。直感的な操作方法と多くの生体情報モニターをサポートしているため利用者も多い。しかし、ソフトウェアの開発・サポートは、越川先生個人の厚意によって行われていたため、モジュール間の通信方法やデータ形式などシステムに関する情報は公開されていない。

筆者は、本学会や本麻酔科学会のソフトウェア部門で、越川先生と自動麻酔記録について論議する機会があったため、paperChart の設計方針や、モジュール間通信についてのアイデアをお聞きすることができた。勤務先である南岡山医療センターでは 2007 年より自動麻酔記録システムとして paperChart を採用している。

越川先生が逝去され、paperChart の開発およびサポートが無くなった今、生前越川先生にお聞きした情報を元に、今分かっている paperChart の技術情報と、C++プログラムの開発者として今後何ができるかをまとめてみたい。

paperChart の構成

paperChart は Visual C++ 6.0 で記述された Win32 ネイティブアプリケーションである。外部 DLL や OCX は原則不要であり、Windows2000 以降すべてのバージョン Windows で動作する。また 64bit 版 Windows でも WOW64 環境で 32bit アプリケーションとして問題なく動作する。

生体情報モニターとの通信は RS-232C を通じて行われるため、RS-232C ポートを持たない PC

を使用する場合、USB RS-232C 変換アダプターが必要となるが、使用する OS に対応したデバイスドライバーが必要となる。

麻酔記録のメインプログラム NV.exe は画面解像度に依存せず、SVGA(800 × 600) 以上の解像度があれば使用できる。一部のモジュールは XGA(1024 × 768) の解像度を必要とする。メインメモリーは使用する外部モジュールの数にもよるが、基本機能だけであれば 256MB で動作する。

文字列処理は C コードにより独自に記述されており、Microsoft 製のランタイムルーチンは使用していない。独自コードにより高速処理が実現されている反面、日本語は Shift-JIS のみの対応で、国際化文字コードであるユニコード (16bit Unicode) には対応していない。文字処理は、設定ファイルの解析や演算項目の処理に直接関わるため、日本語以外の文字コードでは使用できない。

麻酔記録システムとしての paperChart は単独のプログラムではなく、麻酔記録メインプログラム NV.exe と、外部機器からのデータ取得モジュール、各種ツール群から構成される (表 1)。

外部モジュールは DLL や OCX ではなく、独立した実行ファイル (EXE ファイル) として作成されている。EXE ファイルとすることで、DLL を利用する場合に比べ、メモリー空間を共有しないため、個々のモジュールがダウンしても NV.exe 自体の動作には影響を及ぼさない。また OCX でみられるバージョン間の不整合が生じない。さらに、NV.exe と外部プログラム間で制限される部分が少なく、個別の作成が容易であり、作成するプログラム言語を選ばないなどの利点もある。

表 1. paperChart を構成する実行ファイル

プログラム	内容	パラメータ	メッセージ形式
NV.exe 	麻酔器録本体プログラム	-	-
Ma2.exe 	患者情報(demograph)記入ツール	/std_arg/	テキスト
Sa2.exe 	予定表を参照し demograph 作成するツール	/std_arg/	テキスト
LaboM.exe 	検査データ手入力ツール	/std_arg/	バイナリ
OF.exe 	ファイル一覧からファイルを開く	/std_arg/	テキスト
Wv.exe 	波形表示ツール	/std_arg/ /wna_file/	
monitors*xL.exe 	心電図モニタ・機器 データ収集モジュール	/std_arg/	バイナリ
monitors*TP.exe 	ポンプデータ収集プログラム	/std_arg/	テキスト バイナリ
ED.exe 	設定ファイル編集ツール		
ME.exe 	薬剤メニュー編集ツール		
BM.exe 	Browser Man(実行中の症例データ表示)		
CV.exe 	データ出力ツール(条件指定しデータ抽出)	/wna_file/	
CSV.exe 	CSV 形式データ保存ツール	/wna_file/	
FM.exe 	症例ファイルの複写・移動・削除・ツール		
Squeeze.exe 	数値・波形データ破損部分削除ツール		

一方、メモリー空間を共有しないため、データの送受信にはプロセス間通信を利用する必要がある。具体的には、Win32 API である SendMessage() 関数を使用し、通信するプログラムのウィンドウハンドルに対し、WM_COPYDATA メッセージを送ることでデータを送受信している。

paperChart 症例データファイル

paperChart が作成する症例データファイル

は、0~9, A~Z を使用した 36 進数で表記される。ファイル名は「年: 1 文字 + 月: 1 文字 + 日: 1 文字 + 症例番号: 1 文字 + 識別コード: 2 文字」の計 6 文字で構成される。例として BC3001, C11299 の場合、前者は B=2011 年, C=12 月, 3=3 日, 0=症例 1, 01=識別コード 01 で、後者は C=2012 年, 1=1 月, 1=1 日, 2=症例 3, 99=識別コード 99 を意味する。

ファイルは 1 症例につき 2 種類のデータファ

イルで構成されており、拡張子 wna で表されるバイナリファイルと、拡張子 txt で表されるテキストファイルに分けられる (図 1)。wna ファイルは、波形 (w)、数値データ (n)、アラーム (a) 情報を含むバイナリファイルで、経時的に記録されており、データ取得の度に追記されている。一方、txt ファイルは患者情報、投薬情報、特記事項を含むテキストファイルで、麻酔記録を手入力する度に内容が更新されてゆく。保存時には改変防止のためのチェックサムが計算され保存されている。現在、wna ファイルの内容を解析中であるが、現時点では情報を公開できるほど十分に解析できていない。

paperChart を構成する実行ファイル

paperChart を構成するプログラムは機能別に大きく次の 4 つに分類できる。

1. NV.exe(麻酔記録メインプログラム)
他のモジュールからのデータを処理し表示・保存する paperChart メインプログラム。
2. NV.exe と連携してリアルタイムにデータを収集・送信するプログラム
生体情報モニター用モジュール (IL.exe, LL.exe ...), 患者情報編集 (Ma2.exe), テルモポンプ用モジュール (TP.exe), 検査手入力 (LaboM.exe), ファイルオープン (OF.exe)。
3. NV.exe が作成するデータファイルを利用するプログラム
症例ファイル出力・集計 (BM.exe, CV.exe, CSV.exe, FM.exe)
4. NV.exe が使用する環境を整えるプログラム
起動情報設定用プログラム (Ks.exe)
薬剤, 設定ファイルの情報編集 (ED.exe, ME.exe)
データファイルの修復 (Squeeze.exe)

NV.exe から外部プログラムの起動

麻酔記録メインプログラム NV.exe から外部プログラムを起動するには、設定ファイル

wna ファイルの内容

```
00000000: 4E D5 AB 1B 00 2D 01 00 00 13 88 00 53 45 46 00
00000010: 09 C0 FE 00 0B B8 01 53 51 49 00 02 20 FF 00 00
00000020: 00 02 6C 6F 77 45 4D 47 00 19 20 FE 00 0B C2 1D
00000030: 28 00 21 01 00 00 27 10 00 00 09 00 0F 00 0B B8
00000040: 01 00 02 20 FF 00 00 02 00 19 20 FE 00 0A FE
00000050: AD FC 00 21 01 00 00 3A 98 00 00 09 C0 FE 00 0B
00000060: B8 01 00 02 20 FF 00 00 02 00 19 20 FE 00 0A
00000070: 1B 55 2A 00 21 01 00 00 4E 20 00 00 09 C0 FE 00
00000080: 0B B8 01 00 02 20 FF 00 00 02 00 19 20 FE 00
00000090: 0C 32 9F 51 00 21 01 00 00 61 A8 00 00 09 C0 FE
000000A0: 00 0B B8 01 00 02 20 FF 00 00 02 00 19 20 FE
000000B0: 00 07 A7 C1 9D 00 14 01 00 00 61 A8 03 56 50 43
000000C0: 00 09 E0 00 00 00 00 F4 3F 00 21 01 00 00 75 30
000000D0: 00 00 09 C0 FE 00 0B B8 01 00 02 20 FF 00 00 00
```

txt ファイルの内容

```

/demographs/
  generated_unique_number==748242255
  ID=12345678
  漢字姓名=〇〇 〇〇
  性別=男
  生年月日==S21/10/23
  ...
/remarks/
  麻酔
  |
  (2011/11/30-13:25:45-begin)1b1322627145
  (2011/11/30-18:24:20-end)1e1322645060, 応答+呼吸+握力++
  ...
/administrations/
  020277#n... BP, μg/hr, 1
  |
  (2011/11/30-13:23:29) 1322627009, 10, *, 2000, 20, P
  ...
  03067#s#k#s... BP, mg/hr, 1
  |
  (2011/11/30-13:28:05) 1322627285, 6, -1, 50, 10, B
  フラオ 140, 晶質液, 末梢, D, ml/kg/hr, 1
  |
  (2011/11/30-13:04:15) 1322625855, 400, 0, -1, -1, D
  尿量, 尿量, 尿量, ST, ml, 1

```

図 1. paperChart 症例データファイル

CONF/dircnf.txt ファイルへの記述

```

command
{
  new
  {
    //beginCommandNewDefinition (do not touch this bookmark line)
    module = monitors#dumb.exe /std_arg/ ;
    //endDefinition (do not touch this bookmark line)
    button
    {
      sheet = 記号 薬剤 属性 コメント ;
      left = 2310;
      ... 略
    }
  }

  open
  {
    module = OF.exe /std_arg/ ;
    button
    {
      sheet = 記号 薬剤 属性 コメント ;
      ... 略
    }
  }

  execute
  {
    // 患者情報一般
    module = Ma2.exe /std_arg/ "layout=demographs" ;
    button
    {
      sheet = 記号 薬剤 属性 コメント ;
      ... 略
    }
  }
}

```

図 2. NV.exe から外部プログラムの起動

CONF/dircnf.txt に以下の内容を記述する (図 2)。

```
module = xxx.exe /std_arg/ ;
```

この記述により、NV.exe はプログラム xxx.exe を外部モジュールとして使用し、NV.exe から ShellExecuteEx() 関数で起動される。/std_arg/ は、起動引数として展開されて xxx.exe に渡される。その内容は起動するタイミングや押されるボタンによって異なるが、

```
hwnd=00040492    edit=y    sec=10735
start=1317270836 や、hwnd=0003043a edit=n
```

といった形で展開される。引数の内容は 1) hwnd: NV.exe のウィンドウハンドル、2) start: NV.exe が起動を始めた時刻 (Unix Time)、3) sec: 該当プログラムが起動して (start) からのオフセット秒、4) /wna_file/、/text_file/ はそれぞれ バイナリ、テキストデータファイル名に変換される。5) それ以外の引数は そのまま xxx.exe に渡される。

WM_COPYDATA によるデータ送信

Win32 API で、SendMessage() 関数を使用してプロセス間通信を行うためのメッセージが WM_COPYDATA である。ウィンドウハンドルを指定して WM_COPYDATA メッセージとともにデータを送ることで、メッセージを処理している間は別プロセス上のメモリーを参照できるように Windows が確保してくれる。

書式は、SendMessage(hwnd, Message, wParam, lParam) で、1) hwnd: 送信先ウィンドウハンドル (NV.exe)、2) Message: WM_COPYDATA、3) wParam: 送信元ウィンドウハンドル (起動された外部プログラム)、4) lParam: データ構造体 (CDS) へのポインタとなる。

CDS(Copy Data Structure) は、データを送信するための構造体で、1) DWORD wData 送信するコマンド種別、2) DWORD cbData データ長、3) LPVOID lpData データの先頭アドレス、と規定されている。

paperChart では、生体情報モニターからの

データの他、患者基本情報、手術予定表など外部プログラムと送受信されるデータすべてが WM_COPYDATA で処理されている。この通信フォーマットは公開されていないため、paperChart と通信を行うプログラムを作成するためには、この通信フォーマットを解析する必要がある。

Int.exe の作成

WM_COPYDATA で送られるデータを解析するには、NV.exe と外部モジュールの間で送信されるデータを途中で受信し、同じデータを送信する中間プログラムを介在させれば、データを取得することが可能と考えた。2つのプログラムの仲介をするプログラムとして Int.exe (Intercept, Interrupt から命名) を作成した。開発には Visual C++ 2005 を使用し、外部モジュールに依存しない形式で作成した。

Int.exe は NV.exe から起動され、引数 hwnd を NV.exe から Int.exe 自身のウィンドウハンドルに変更し外部プログラムを起動する。外部プログラムからの WM_COPYDATA メッセージによる送信結果を一旦受け取り、そのデータを同じ方式で NV.exe に送信、得られたデータの解析結果を表示・保存できるようにした。

Int.exe を実行するには CONF/dirconf.txt の記述を変更し、module = xxx.exe [起動パラメータ...]、となっている部分を module = Int.exe [起動パラメータ...] exe=xxx.exe と変更する。NV.exe から起動された Int.exe は、本来実行される外部プログラムを起動時の引数 exe=xxx.exe から取得し、xxx.exe ファイルを ShellExecuteEx() 関数を使用して起動する (図 3、4)。

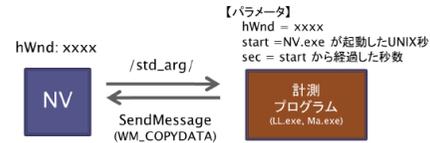
Int.exe によるデータ解析結果

データファイルのうち、txt ファイルに保存される項目を編集する外部モジュール (Ma2.exe、Sa2.exe 等) は、txt ファイルに対応するテキスト

1) 通常時

CONF/dircnf.txt

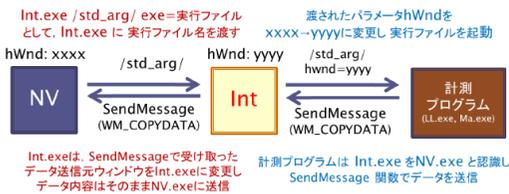
```
module = monitorsVLL.exe /std_arg/ port=COM1:/9600/n/2/8 ;
module = monitorsVTP.exe /std_arg/ geom=0-0 ;
module = Ma2.exe /std_arg/ "layout=demographs" ;
```



2) Int.exe 使用時

CONF/dircnf.txt

```
module = Int.exe /std_arg/ port=COM1:/9600/n/2/8 exe=monitorsVLL.exe ;
module = Int.exe /std_arg/ geom=0-0 exe=monitorsVTP.exe ;
module = Int.exe /std_arg/ "layout=demographs" exe=Ma2.exe ;
```



1) 患者情報編集 Ma2.exe との通信

Ma2.exe は起動されると、NV.exe に対し [コード 22] と demographs 情報を出力するためのファイル名を送信する。NV.exe は指定されたファイルに対し、現在の demographs 内容を出力する。このファイルは処理終了後 Ma2.exe が削除する。

患者情報確定時、Ma2.exe は NV.exe に [コード 21] と demographs テキスト形式で、変更された項目を送信する。NV.exe は送信された情報を患者属性として確定する。

```
/demographs/
ID=7894561230
漢字姓名==漢字 名前
かな姓名==かんじ なまえ
性別==女
生年月日==H01/02/03
身長==165
体重==48
```

図 3. 外部モジュールの起動

2) 生体情報モニター xL.exe との通信

xL.exe は起動後、生体情報モニターからのバイタルデータを取得すると、NV.exe に対し [コード 12] でバイナリデータを送信する。最初の 1 バイトが 01 の場合送信内容はバイタル数値データ、08 の場合送信内容は波形データを意味する。

数値データの場合、a. 起動時刻からの経過ミリ秒、b. 検査項目、c. 単位コード、d. 計測値、の順で項目数だけ繰り返して送信される。経過時間は 4 バイト・ビッグエンディアンで表現される。計測項目名は可変長で、Null で終わる ASCII 文字列。単位コードは 2 バイトで、現在分かっている単位コードを (表 2) に示す。計測値は 4 バイトで、指数部 10 のべき乗 1 バイトと仮数部 3 バイトのビッグエンディアン 16 進数で表現される。例えば 00 00 01 2C = 300, FF 00 00 F5 = 245 × 10⁻¹ = 24.5 となる。

```
0000: 01 00 00 00 00 FF 70 48 61 00 02 00 FE 00 02 E4 : .....pHa.....
0010: FF 50 61 4F 32 00 0F 20 00 00 00 64 FF 50 61 43 : ...Pa02....d.PaC
0020: 4F 32 00 0F 20 00 00 28 FF 42 45 61 00 12 F2 : 02.....d.BEa...
0030: FF 00 00 02 FF 48 43 4F 33 2D 61 00 12 F2 FF 00 : .....HC03-a....
0040: 00 F0 FF 48 74 00 02 20 00 00 00 2D FF 48 62 00 : .....Ht.....Hb.
0050: 08 40 00 00 00 0F FF 46 61 2B 00 12 F2 00 00 00 : @.....Na+....
0060: 87 FF 4B 2B 00 12 F2 FF 00 00 28 FF 43 6C 2D 00 : ...K+.....(Cl-
0070: 12 F2 00 00 00 64 FF 43 61 2B 2B 00 12 F2 FF 00 : .....d.Ca+.....
0080: 00 2B : ..+
```

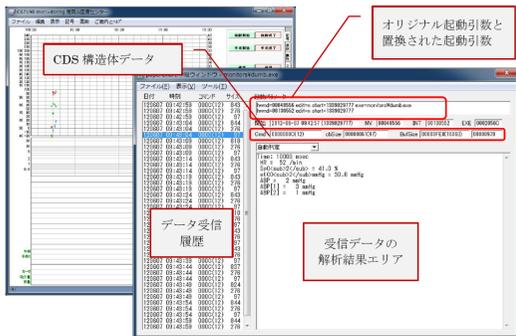


図 4. Int.exe の実行画面

データを、/demographs/、/remarks/、/administrations/ などのカテゴリー名称とともに文字列として送信する。一方 wna ファイルにデータが保存される外部モジュール (xL.exe, LaboM.exe 等) は、独自フォーマットのバイナリデータとして送信する。検査データのバイナリフォーマットはほぼ解析が終了したが、生体情報モニターから送られるバイナリデータのうち、波形データに関しては現在解析中である。

波形データの場合、可変長 Null 文字で終わる ASCII 文字列の検査項目名、起動時刻からの経過ミリ秒が送られた後、波形データが送られているが詳しい形式は不明である。

```

0000: 08 FF 49 49 00 00 00 00 01 00 10 B2 FE 00 00 : ...H.....
0010: 01 05 00 DF 06 C0 FA DF CE C0 32 73 78 78 78 : .....2xxxxx
0020: 41 3C 3C 3C 05 00 00 00 00 37 3C 3C 3C 1B : AK<<<<...7<<<<
0030: 18 18 18 18 BD 97 97 97 97 97 97 97 97 97 DF : .....
0040: D8 DF : .....
0050: D8 DF D8 97 97 97 97 97 97 97 97 97 18 18 : .....
0060: 18 18 3C 3C 3C 3C 54 54 54 54 54 54 6C 6C 6C : <<<<<<TTTTTHH
0070: 6C 54 54 54 54 48 48 48 48 48 30 30 30 30 : ITTTTTHHHHHH0000
0080: 24 24 24 24 24 0C 0C 0C 0C 24 24 24 24 24 3C : $$$$. .$$$$$
0090: 3C 3C 3C 3C 78 78 78 78 78 78 78 78 78 78 : <<<<<<xxxxx<<<<
00A0: 00 00 00 3C 3C 3C 3C 18 18 18 18 18 97 97 : .....
00B0: 97 97 97 97 97 97 DF D8 DF D8 DF D8 DF D8 DF : .....
00C0: D8 DF D8 DF D8 DF D8 DF D8 DF D8 97 97 97 : .....
00D0: 97 97 97 97 18 18 18 18 18 3C 3C 3C 3C 54 : <<<<<<T
00E0: 54 54 54 54 6C 6C 6C 6C 54 54 54 54 48 48 : TTTTTHHHHHHH
00F0: 48 48 48 30 30 30 30 24 24 24 24 24 0C 0C : HHHH0000$$$$$...

```

3) ポンプ用モジュール TP.exe との通信

Ma2.exe の場合と同じ [コード 21] で NV.exe へデータが送信される。Dipurifusor TE-371 の場合、薬剤投与信息は [コード 21] で送信されるが、予測血中濃度はバイタルデータと同様に [コード 12] でバイナリデータとして送信される。薬剤投与信息は txt データファイルの /administrations/ と同じ形式で送信されるが、ポンプで投与が有効な場合ポンプで設定した薬剤情報が使用され、有効でない場合は terpump.txt 内の薬剤情報が使用される。

```

/administrations/
0202?7ルチハ*...BP, μg/kg/min, 0.01
    1322697940.0,* ,2000, 20,P
*ボラス投与したとき
/administrations/
0202?7ルチハ*...BP, μg/kg/min, 0.01
    1322698355.0.5,* ,2000, 20,B
    1322698356.0,* ,2000, 20,P

```

WM_COPYDATA によるデータ送信について今までも述べてきたとおり、SendMessage() 関数により WM_COPYDATA メッセージを送信することで、麻酔記録メインプログラム NV.exe に対しリアルタイムにデータを送信することが可能となる。生体情報モニターの計測データ以外に、Ma2.exe のような患者情報の編集も同じプロトコルを使用している。転送されるデータのコマンドコードとデータ形式が分かれば、外部から NV.exe にデータを送信するプログラムを作成することが可能となる。

起動時に引数として受け取る NV.exe のウィンドウハンドルに対し、必要なデータを CopyDataStruct 構造体にセットして SendMessage() 関数で WM_COPYDATA メッセージを送れば NV.exe と通信可能である。言い換えれば、Win32 API を使用して SendMessage() 関数を呼び出すことができるプログラミング言語であれば、VB.net、C#など C++以外の言語でも外部プログラムを作成することが可能となる。現在確認できているプロトコルは以下のとおり。

現在確認できているプロトコルは以下のとおり。

コード	内容	種別	
12	01	モニターからの数値データ	バイナリ
12	04	モニターからのアラーム情報	バイナリ
12	08	モニターからの波形データ (特定モニターのみ)	バイナリ
21		テキスト(demographs) 情報	テキスト
22		テキスト情報取得のためのファイル名	テキスト
32		NV.exe がオープンするためのファイル名	テキスト

paperChart のソースの問題点

現在、著作権の問題から paperChart のソースコードは公開されておらず、筆者を含む限られたメンバーにのみ提供されている。越川先生が個人的に開発されていたため、ドキュメントの類が存在せず、ソースファイルの構成、データ構造、クラス使用目的、相互関係などが全く不明である。また、ソースコードの一部にはモニター機器メーカーの独自のプロトコルを含む部分があり、メーカー側著作権にも関係するため、外部への公開は慎重になる必要がある。

筆者が確認することができたソースコードの情報を元に問題点を挙げてみたい。

1. 文字列に対する処理は、(char *) が多用されている。また、(char *) を使用した独自の文字列処理ライブラリが使用されており、コンパイルオプションの変更だけでは Unicode に対応できず、Unicode に対応するには根本的な書き換えが必要と思われる。
2. 時刻を処理するために 32bit time_t 構造体を使用している。このため 2038 年以降の日付を

処理することができない。また、Visual Studio 2005 以降では 64bit time_t 構造体が用いられている。データファイル、転送フォーマットいずれも 32bit で処理されているため、現在の 64bit サイズの time_t 構造体への移行は困難である。

3. ウィンドウハンドルなどのデータが 32bit で処理されている。64bit Windows ではウィンドウハンドルは (void *) とポインタ型で処理されており、メモリーへのポインタと合わせ 64bit に対応した処理が必要である。これらがすべて 32bit 整数として処理されているため、64bit ネイティブコードへの書き換えは難しい。
4. 最新版の開発環境 Visual C++ 2010 でコンパイルすると、32bit time_t、文字列処理、for ループ処理など大量のエラーが発生する。

paperChart を維持・保守するには

paperChart は非常に優れたソフトウェアで、新しい Windows が出た現在も、何も変更すること無く安定して動作している。しかし、使用環境によっては入力した薬剤名が表示されないなど若干のバグの存在が明らかになっている。また、今後発売される新しいモニター機器への対応を行う必要がある。

paperChart をユーザが安心して使用するために維持・保守するには、

1. 現在の paperChart が提供するプログラムには手をつけず、新しい OS に対する環境設定などのフォローアップ。
2. ユーティリティ、ツール類に相当するプログラムの作成ならびに更新。
3. NV.exe が作成するデータファイルを利用するプログラムの作成。データファイル (wna) 構造の解析が必要となるが、現在解析を進めている。
4. NV.exe とリアルタイムにデータを送受信するプログラムの作成。

NV.exe とのデータ送信方法、データフォーマットの解析。

これら「ファイル構造」、「データ送信方法」、「送信データフォーマット」の解析ができれば NV.exe 以外のプログラムは構築することが可能であると考えられる。

5. NV.exe 自身の更新
麻酔記録本体である NV.exe を変更すると、操作性など paperChart のバージョン管理として混乱を来す可能性がある。他のモジュールと比べ、圧倒的に複雑に関連するファイルも多いため、バグ修正など最低限のメンテナンスにとどめるべきだと考える。ただし、新しい Windows で動作させるため、最新版の Visual C++ でコンパイルするためのメンテナンスは必要だと思われる。

paperChart のサポート

paperChart をソフトウェアとして維持・保守する他に、現ユーザを把握し情報を共有する仲間を集めることも大切である。どんなに優秀なソフトウェアも、情報を発信し公開する場所と運用に対するサポートがなければ、多くのユーザが利用し続けることは難しい。

現在、筆者を中心に有志でウェブサイト <http://paperchart.net> を開設し、実行ファイルの配布、情報交換を行っている。またメーリングリストの運用も行っているので、興味のある方は是非ご参加いただきたい。

今回、解析した paperChart モジュール間通信プロトコルと、解析用ソフトウェア Int.exe は上記サポートサイトにて公開する予定である。

おわりに

paperChart というすばらしいソフトウェアを作成し公開してくださった故越川正嗣先生のご冥福をお祈りするとともに、心から感謝の意を表したい。また、本稿執筆時点で paperChart の著作権を有しておられる越川祥高氏のご厚意に

より paperChart のソースコードの多くを提供していただいた。この場を借りて、改めて越川祥高氏にお礼を申し上げたい。

paperChart がフリーの自動麻酔記録システムとして、より多くの方に利用され、いつまでもスタンダードであり続けることを願って止まない。今後起こりうるさまざまな問題に対して、微力ながらも尽力してゆきたいと思う。本稿が少しでも多くの方のお役に立てたなら幸いである。

ABSTRACT

What can I do as a developer
to maintain "paperChart" ?
Tomohiko Saito.

"paperChart" is a very useful anesthesia

recording system. It is a free software programmed by Dr. Echikawa. But, he had passed away suddenly in June 2011. So, documents about the technical information of the "paperChart" do not exist at all. In order to maintain the "paperChart", I have made a software named Int.exe. It can analyze the communication between the main program and the external module. By analysis results, I have found most of the communication protocol. Including the currently known issues, I would like to introduce the analysis results.

Key word:

paperChart, anesthesia recording system, communication protocol

*National Hospital Organization
MinamiOkayama Medical Center, Okayama,
701-0304*

医療機器インターフェースの応用に関する調査の結果

岩瀬良範

はじめに

自動麻酔記録は、各種のモニター機器からのデータ受信が大きな柱になる。paperChart に接続可能な医療機器は、マニュアルに記載されているだけでも 9 社 30 種類以上にのぼり、これらは各社のインターフェースの技術仕様をもとに、越川先生が各医療機器とのインターフェースモジュールを製作されたものと思われる。

本学会で研究されたきた "data acquisition" は、この技術仕様をもとに行われたものが多く、その利用については「個々の研究者とメーカーの協力の賜物で、一種の産学連携」といえる。一方、この技術仕様の取り扱いについては、デリケートな側面（使用許諾や責任関係など）が含まれているのも事実で、各社の対応の相違も予想された。

本シンポジウムでは、paperChart が対応している各社に聞き取りおよびアンケート調査を行い、各社のインターフェース技術仕様についての考え方の報告および集計を行った。

対象と方法

paperChart に対応している医療機器（8 社 30 機種、BIS については日本光電回答による）について、以下に示すアンケートを各社の対応部署にご検討頂き、回答を得た。

【アンケート】

医療機器インターフェースのユーザーによる使用に関する質問

1. あくまでも一般論として、ユーザー（あるいは御社機器の製造販売者以外）が、御社の医療機器インターフェースを使用することについての

お立場をお聞かせ下さい。

- 1). 当該機器所属医療機関の有資格者（医師、歯科医師、臨床工学技師など）ならば差し支えない。
- 2). 基本的に資格は制限しないが、製造者責任は負えない。
- 3). 使用許諾に基づいてのみ可とする。
- 4). その他（自由記述）

2. インターフェースの技術仕様（マニュアルや通信プロトコルなど）の公開についての御社のお立場をお聞かせ下さい。（複数回答可）

- 1). 当該機器所属医療機関のユーザーには無償で公開している。
- 2). 求めがあれば、立場を問わず公開している。
その場合、有償 無償
使用許諾 要 不要
- 3). 基本的に公開しない。
- 4). その他（自由記述）

3. 御社の医療機器は、故越川正嗣先生が製作された paperChart に対応しております。これは、御社の技術仕様をもとに越川先生が製作されたもので、御社の技術仕様は paperChart 側からユーザーには公開されておられません。このことも前提に現況を考えたとき、御社の今後の希望するお立場をお聞かせ下さい。（複数回答可）

- 1). 現行のもの（ご生前製作のもの）は、すべて現行のままで差し支えない。
- 2). バージョンアップについて
認める 認めない
- 3). サポートは中止したい。
- 4). その他（自由記述）

表1 アンケート結果

	フィリップス	GE	日本光電	オムロン・コーリン	ドレーゲル	フクダ電子	エトワース	テルモ
1.一般論(1)	1 *	2	1	2,3 *	2 *	3 *	1	1 *
1.一般論(2)	1, 2 *	2	1, 4 *	4 *	2 *	2 *	2	1 *
有償/無償	無償	無償			無償	無償	無償	
使用許諾	要	要			不要	要	要	
2 .paperChartの場合	1, 4 *	1, 2	1, 2 *	1, 2 *	1, 2 *	1, 2 *	2	1, 2 *
バージョンアップ		認める	認める	認める	認める	認める	認める	認める

表2 自由表記

設問	フィリップス	日本光電	オムロン・コーリン	ドレーゲル	フクダ電子	テルモ
1.あくまでも一般論として、ユーザー(あるいは御社機器の製造販売者以外)が、御社の医療機器インターフェースを使用することについてのお立場をお聞かせ下さい。	弊社生体情報モニタの接続インターフェースの使用については、今までと同様に、弊社機器をご購入いただいたお客様であれば特に制限などはございません。		インターフェースの使用にあたり、特に資格が必要なものではございませんが、接続先機器に対しては、動作保証できるものではございません。また、プロトコルについてはご希望いただいた病院様及び出力されたデータを使用してプログラムを開発するシステムベンダー様より弊社指定の機密保持誓約書に署名捺印いただいた上で無償公開しております。	回答は、麻酔器とモニターに限定しております。今後の新製品についても、製造元(ドイツ)からの特別な指示がない限り、リクエストがあれば公開したいと考えています。	基本的に、3) (補注:使用許諾に基づいてのみ可とする)ですが、あくまでもお客様からの要望にお答えする。という姿勢で対応させていただきます。提供責任の観点から使用許諾の確認書作成をお願いしています。	取扱説明書に公開しているため、有資格者の使用は問題ないと考えます。また製品に関しての製造者責任は弊社にあると考えますが、システム全体の責任の所在は難しい問題であり、議論が必要だと感じます。これは医療機器と非医療機器(ソフト)のインターフェースに関する宿命的な課題と考えます。
2. インターフェースの技術仕様(マニュアルや通信プロトコルなど)の公開についての御社のお立場をお聞かせ下さい。	弊社生体情報モニタの接続インターフェースの仕様については、医療関係者で仕様の公開を希望されるお客様には、秘密保持契約を締結の上、無償で公開しております。また、弊社生体情報モニタを購入されていないお客様であっても、ソフトウェア開発ベンダーや、開発に携わられる医療関係者にも、秘密保持契約を締結させていただき、公開させていただきます。参考までになりますが、無償にてご提供している情報以上の、技術的なサポートにつきましては、有償にてご提供させていただきますいております。	ユーザー様の要請によりソフト開発等を外部委託される場合は、当該委託先と秘密保持契約を締結することで無償にて公開しております。	ご要望をいただいた際に、原則として病院様及びプロトコルを使用しデータを受け取るプログラム開発を行うシステムベンダー様に、弊社指定の機密保持誓約書に署名捺印いただいた上で無償公開いたします。立場を問わずに公開することはありません。	当社は、リクエストに応じてインターフェース仕様書を公開するのみです。ハードウェア(PC・ケーブルなど)の製造物責任は負いかねます。現在販売中の製品についてのインターフェース仕様書はこれまで同様、無償で公開します。	基本的に、2) (求めがあれば、立場を問わず公開している)ですが、あくまでもお客様からの要望にお答えする。という姿勢で対応させていただきます。提供責任の観点から使用許諾の確認書作成をお願いしています。情報開示は公開のみ原則、無償提供としています。	取扱説明書に記載し公開しております。
3. 御社の医療機器は、越川正嗣先生が製作された paperChart に対応しております。これは、御社の技術仕様をもとに越川先生が製作されたもので、御社の技術仕様は paperChart 側からユーザーには公開されておりません。このことも前提に現況を考えたとき、御社の今後の希望するお立場をお聞かせ下さい。	現行ご使用いただいているものについては、引き続きご使用いただいで差し支えございません。また、弊社生体情報モニタの出力仕様は、ソフトウェアバージョンにより変わることがございます。バージョンが変わった場合、過去、越川先生とは特に体系だった契約ではなく、日頃よりのコミュニケーションにより情報をご提供させていただいております。	現状はサポートは行っておりません。仕様変更になる場合があります。	弊社製生体情報モニタと接続して現行の paperChart のご使用は特に問題ございませんが、弊社として動作を保証するものではございません。また今後の paperChart のバージョンアップについては弊社として制限をかけることはございませんが、バージョンアップによる接続動作確認作業などはいたしかねます。ことをご了承いただけますようお願いいたします。		越川正嗣先生は、ご自分の利益ではなく利用者の利益のみをお考えになられていたと理解し通信仕様を公開させていただきました。フクダ電子製品をお使いのお客様への提供のみとして通信仕様を公開させていただいており、弊社製品接続目的以外には流用しないとの約束でお渡ししたものです。フクダ電子製品については製造者責任のつとめに対応させていただきますが接続された機器についてはそれぞれの責任において対応をお願いしています。	ただし、製造終了後8年以上経過している品種については、メンテナンスが難しくなるため、安全の観点から、非推奨としていただく事を希望いたします

結 果

表 1 に集計結果を示す。表 1 中の*は、自由記述 (表 2) があることを示す。

考 察

まず、この場を通じてアンケートにご協力頂いた各社と担当者の皆様のご努力に心から御礼申し上げたい。どの担当者様も、個人的には paperChart について非常に好意的な対応を頂いたことを特記したい。もちろん、企業としての立場は別であるが、本アンケートについては比較的寛大な回答が得られた。各社とも基本的には、原則公開または条件付き公開と考えてよいだろう。しかし、技術情報は企業の生命線でもある。使用許諾または秘密保持契約を求めるところも散見されたが、一方で、IT 技術の進歩とともにメーカー側は、サードベンダーの対応に苦慮している様子も見受けられた。我々ユーザーは、責任分界点を意識する必要がある。メーカーの観点からは、paperChart は今後も容認の姿勢と思われた。

資料提供にご協力頂いた方々を以下に示す。
株式会社フィリップスエレクトロニクスジャパンヘルスケア事業部 営業本部モニタリングシステム アプリケーションスペシャリスト

谷口 英樹 様

GEヘルスケア・ジャパン株式会社 LSS 営業部
関東リージョン

三門徹也 様

日本光電工業株式会社 生体情報技術センタ品質
マネージメント部

部長 益田 元 様

オムロンコーリン株式会社 営業本部 営業戦略部
モニターマーケティンググループ

富永 和広 様

ドレーゲル・メディカル ジャパン マーケティング
部 周術期ケアエリアマネージャー

佐藤 謙 様

フクダ電子株式会社 営業本部急性期統括部 急性
期推進部販促課

松永 哲雄 様

エドワーズライフサイエンス株式会社 大宮支店
VCC 関東第一営業部

竹内 岳 様

テルモ株式会社 ホスピタルカンパニー 基盤医療
器

菅村 敦志 様

この中で「2. 機種別通信モジュール」は、現在日本で市販されている 9 社 30 機種の医療機器に対応している。この部分の製作については、越川先生と各社の熱意とご努力の賜物であるが、今後は慎重な取り扱いを要する部分でもあろう。

当院における麻酔記録システム フリーソフト paperChart の導入 —経緯と運用，問題点，今後の展望について—

禰宜田 武士

はじめに

自動麻酔記録装置は以前より存在していたが，近年では単純な麻酔記録のみならず，麻酔情報システムと称されて，手術室部門システムの機能と病院情報システムとの連携を持つようになるまでに発展してきた¹⁾．しかし，そのシステム導入には高額な費用負担を強いられるのが欠点である．

一方，フリーソフトでは米国に Rapid Record という有名なソフトがある^{1,2)}．私は残念ながら使用経験は無いが，文献によると使いやすいものであると記載されている．当院では以前から自動麻酔記録装置を用いていたが，今回，自動麻酔記録システムとして，同様にフリーソフトで知られている paperChart³⁾ を導入した．

導入後 1 年あまりが経過した現在，導入にあたっての経緯と，導入後の問題点，今後の展望について述べる．

導入背景

当院での麻酔記録はオムロンコーリン社のペンプロット式自動麻酔記録装置 AnerecoTM (図 1) と，心臓血管麻酔時は手書きという形の運用方法をとっていた．後に心臓血管麻酔時に使用する生体モニターの更新に伴い，PHILIPS 社のベッドサイド PC システム Anesthesia Record Keeping System (ARKSTM) を導入し，すべて自動麻酔記録ができる環境となった．

その後，当院に 2010 年に電子カルテが導入された．しかし，病院の予算の都合で手術室部門システムの導入は見送られ，電子カルテと手術室の連携は無いものとなった．また，Anereco の老朽化に伴い麻酔記録装置の更新が必要になった．

半田市立半田病院麻酔科



図 1 オムロンコーリン社 ペンプロット式自動麻酔記録装置 AnerecoTM

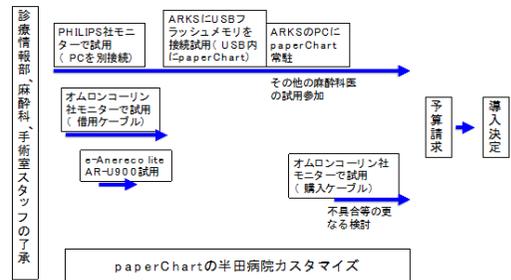


図 2 paperChart の導入準備

しかし，当院の手術室は 9 部屋あり，できればすべての部屋の Anereco を更新することが最善であったが，予算の関係で無理であった．さらに，各科麻酔があるため，麻酔記録の操作も簡便である必要があった．

paperChart の導入

そこで，フリーソフトである paperChart に注目し，導入のための準備をはじめた (図 2)．まず，試験運用をするにあたり，診療情報部，麻酔科，手術室スタッフの了承を得た後，当院用に



図3 当院用にカスタマイズした paperChart

カスタマイズ(図3)し、まずは PHILIPS 社のモニターに接続し、試用した。

カスタマイズに際しては paperChart の作成者である故越川正嗣にもご協力いただいた。また、オムロンコーリン社の好意でオムロンコーリン社の生体モニターに接続するケーブルを一定期間借用出来たのでこれでも試用した。同時期に e-Anereco liteTM AR-U900 (オムロンコーリン社)も試用した。オムロンコーリン社のケーブルの借用が終了した後、しばらくの運用は ARKS に USB フラッシュメモリを取り付け、そこへ paperChart を入れて運用した。後に、ARKS の PC に paperChart を常駐させ、他の麻酔科医も試験運用に参加した。

運用へのめどが少し立ったところでオムロンコーリン社に生体モニターとの接続ケーブルの作成を依頼し、購入した。その後、しばらく、私のみで試験運用を続け、不具合等が生じないかの検討を行った。また、病院側には paperChart のメリット、デメリットを開示し、了承を得た後に予算請求をし、導入決定となった。

paperChart のメリット、デメリットについては主にここにあげるものであろう。フリーソフトであるため、安価に導入可能であること、テキスト形式で設定変更ができるためカスタマイズが比較的容易であること、また、インターフェイスも優れていて、操作しやすいのも特徴であろう。そして何よりフリーズすることが少ないことがあげられよう。デメリットとしてはメーカー品と違い、保障が無いこと、HIS との連携が容易でないことがあげられる。以上をふまえた上で、当院では導入を決断した。

当院における運用法

運用法は、予算の関係上ネットワークを組まず、各部屋独立とした。麻酔記録はプリンタで印刷し、電子カルテへはスキャンして取り込むことにした。患者情報は手入力で麻酔担当医、あるいは看護師が行い、麻酔記録の記入は原則医師が行うことを約束事とした。不明点、トラブルについては 24 時間麻酔科医(主に筆者)が対応することにした。

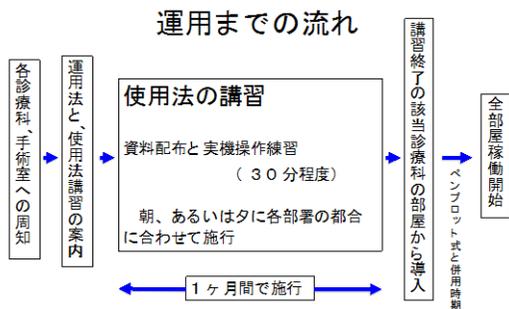


図 4 運用までの流れ
約 2ヶ月ほどで本格運用した。

運用までの流れは図 4 に示す通りである。まず各科医師、手術室スタッフに paperChart を使用することを周知し、運用法と使用法講習の案内をした。

使用法の講習は 30 分程度のものを朝あるいは夕に 1ヶ月間で各部署の都合に合わせて行い、資料を配布し実機にて操作練習した。講習を終了した該当診療科の部屋から導入し、それ以外の部屋は講習終了までペンプロット式記録装置をそのまま使用し併用時期を設けた。

実際の使用例は図 5 にある通りである。症例によっては図に示す通り Aspect BIS モニターや VisileoTM モニターを USB 経由で接続している。

実際に必要とした費用は 9 部屋 + 予備システムでおおよそ電子記録システムを手術室 1 部屋に導入する位であった。

運用後の問題点

運用後の問題点はある程度予測出来ていたが、次のようなものがあった。まず、患者情報入力の不備、麻酔記録の入力を拒否する医師の出現が挙げられる。また麻酔記録をスキャンして電子カルテに記載しているため、電子カルテ上ですぐには閲覧出来ないことも挙げられた。またマニュアルを無視した運用に原因があることが多いのであるが、想定外の記録停止などがあった。

今後の展望、希望

これらの問題点を踏まえつつ今後の展望、希望について述べる。



図 5 実際の使用例

オムロンコーリン社のモニター架台に 608 シリーズの生体モニター、ノート PC、プリンタを設置。場合によっては写真の通り Aspect BIS や VigileoTM モニター (Edwards 社) を USB 経由で接続している。

まず、電子カルテとの連携が挙げられる。

ネットワークの整備には経費がかかるため、予算上なかなか困難であるが、整備することによりサーバーと電子カルテ、PIMS との連携も図れるため、実現したいところである。

また、電子カルテのネットワークドライブを介して患者情報の共有や、麻酔記録の転送が可能らしいので、これに関しては近々実現出来そうである。しかし、現時点では当院の電子カルテは PDF ファイルの添付ができないため、PDF ファイルで麻酔記録を出力しても電子カルテに送ることができず、印刷した記録をスキャンする必要がある。しかし、麻酔記録はネットワー

クドライブを参照することにより、手術直後から電子カルテで閲覧ができるので閲覧までの時間短縮は実現できるであろう。

患者情報は、paperChartの端末を電子カルテのネットワークに加えることにより、ネットワークドライブ上に保存した手術予定のCSVファイルから読み込むことができるため、現在のような手入力より、入力ミスを無くしたり、入力の労力の軽減も図れるであろう。

ネットワークドライブ上にpaperChartを常駐させHISとの連携、管理を行うことも考慮中である。

麻酔記録の不備の根絶は各科麻酔がある以上、外科系医師の意識改革がなされない限り無理と思われるが、折に触れて、啓発していこうと思っている。

また、看護師に今以上の協力を要請することも考えられるが、記録しない医師の出現を助長する可能性があるため慎重にならざるを得ないであろう。

おわりに

以上のように問題点もあるが、paperChartを導入して、現時点で良くなったことを挙げておきたいと思う。

以前の記録よりバイタルサインがより連続で記録されるようになり、麻酔記録としてより完成したものとなった。ペンプロット式のように記録がずれたりせず、見やすい麻酔記録になった。吸入麻酔薬等の使用量が計算されるため、記載漏れが減った。薬剤のシミュレーターが搭載されているため、麻酔施行時に参考にできること

などである。

本稿は日本麻酔科学会第59回学術集会(2012年6月神戸)にて発表した。

参考文献

1. 三條芳光, 上田朋範, 森田耕司ほか: 自動麻酔記録装置から麻酔情報システムへ. 日臨麻会誌 Vol.31 No2: 210-220 2011
2. Abajian M: Rapid Record (<http://www.rapid-record.com/index.htm>)
3. 越川正嗣: paperChart (<http://echikawa.web.fc2.com/>)

ABSTRACT

Anesthesia record system in Handa city hospital, using paperChart: background, employment, a problem, a future view

Takeshi Negita

Department of Anesthesia,
Handa city hospital

We decided to introduce paperChart, an automated anesthesia recording free software system written by Dr Masatsugu Echikawa, as anesthesia record system in our hospital. We use paperChart each of the 9 operating rooms. There were various problems, many had also been improved by introduced paperChart. We want to build a network of paperChart in the near future.

著者連絡先

禰宜田武士

〒475-8599 愛知県半田市東洋町2丁目29番地
半田市立半田病院麻酔科

本稿は、編集部が特別に掲載をお願いした。

心大血管系の数値流体力学の問題点

横山博俊

はじめに

心臓・大血管系の流体力学は非常に難解である。大動脈の血流は拍動性であり、また血圧波形・血流波形には直感的に理解できない現象が存在する。例えば、収縮期血圧が末梢へ行くに従い高くなる現象 (peaking)、圧波形の立ち上がりが末梢に行くに従い急峻になる現象 (steepening) を認める。血流にも不思議な現象がある。血流の最高値は収縮期の立ち上がりの途中に認め、その後血圧値が上昇しているのに、血流速度は低下し始め、時には逆流する。これらの現象は工学的な管内流れの研究から進められた数値流体力学では説明することは難しい。血管壁という弾性管が心臓・大血管系の数値流体力学を困難なものにしていると思われる。工学的な数値流体力学では、境界条件が血管壁のような弾性体は想定していない。このため、境界条件として血管壁の物理学的な考察が重要になる。この問題は、これまでとは異なるアプローチが必要であると考えられる。従来の圧波の反射説から離れた考え方をとらねばならない。大動脈における血流シミュレーションプログラムを作成したので、報告する。

計 算

心大血管系の数値流体力学では、流体の計算を行う場合と同程度以上に、弾性管である血管壁の運動の計算に重点を置かなければならない。通常の数値流体力学では、管内流れの解析であっても、管壁は境界条件にすぎない。これに対し、心大血管系では、血管壁は流れの間、大きく運動する移動境界であり、流体粒子の運動を決定する。したがって、心大血管系は、血管壁の運動を精密に計算しなければならない弾性体の運

動学であり、従来の流体力学的な計算と一線を画すると考えなければならない。弾性体と流体の相互に関連する複合運動が、心大血管系の数値流体力学を行う上で、大きな問題になる。

循環動態を流体力学的にシミュレーションする際、流体粒子を設定し、位置、速度、圧力を計算する方法である。心臓血管系は弾性体である心臓・大血管の中における流れを扱っているためである。流体力学でシミュレーションの計算を行う場合は通常、空間をメッシュで区切り、そのメッシュの中で、流速、流れの方向、圧力を計算する。流体の流れる空間をどのようにメッシュで分割するのか、という点が重要な問題となる。流体力学は工学的な流れの研究から発達してきたものであるため、弾性管の中における挙動は十分に研究されているとは言えない。弾性管は流体の挙動に応じて変形する。水路においても、水面は空気と接しており、この水と空気の境界は変動する。この点では工学的な流れにおいても移動する境界が存在するが、心臓・大血管系の流体力学では、弾性管の動きは複雑である。空間をメッシュに分ける方法では、移動境界にあわせて空間を分割するメッシュを再構成しなければならない。メッシュの変形の計算は困難である。このため、計算の中心をメッシュに置くのではなく、流体粒子を中心に考える粒子法を選択した。

数値流体力学の一般的な教科書では、空間をメッシュに分ける方法が記載されている。これに対して、流体粒子を中心に置く方法をラグランジュ法という。ラグランジュ法では流体を微小部分に分け、運動を時間的に追跡する。今回の計算における流体粒子とは、水分子や赤血球を指すのではなく、流体を微小部分に分けたものを指す。

$$\frac{Du}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \text{grad } P + \frac{1}{\rho} \left(\chi + \frac{\mu}{3} \right) \text{grad div } u + \frac{\mu}{\rho} \Delta u + \frac{1}{\rho} F(d) + \mathbf{g} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$\text{Press}(\text{Volume}) = k \left(1 - \frac{\text{Volume}}{\text{Volume}_0} \right)^2 \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$$F(d) = \zeta \frac{d^2 r}{dt^2} \times \left(\frac{1}{\sqrt{d+1}} \right) \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

$$\Phi(\gamma) = \frac{1}{2} \beta \left(\gamma^2 + \frac{2}{3} \alpha \gamma^3 \right) \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

$$\Phi'(\gamma) = \beta(\gamma + \alpha \gamma^2) \dots \dots \dots \textcircled{4}'$$

$$m \frac{d^2 \gamma_n}{dt^2} = \Phi'(\gamma_{n+1}) + \Phi'(\gamma_{n-1}) - 2\Phi'(\gamma_n) \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

$$m \frac{d^2 \gamma_n}{dt^2} = \beta \left\{ \gamma_{n+1} + \gamma_{n-1} - 2\gamma_n + \alpha(\gamma_{n+1}^2 + \gamma_{n-1}^2 - 2\gamma_n^2) \right\} \dots \dots \dots \textcircled{5}'$$

$$T_1 = \frac{R_1^2}{R_0^2 - R_1^2} P \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

$$T_c = \frac{R_1}{R_0 - R_1} P \dots \dots \dots \textcircled{7}$$

①式は流体粒子のナビエ-ストークス方程式で、運動量保存則も微分形式である。ベクトル形式であるため、3次元に対応している。Du/Dtはラグランジュ微分と呼ばれる。流体の時間tにおける位置座標 $x=(x_0,t)$ を独立変数とする時の時間微分は、オイラー法の時間微分 d/dt とは一般には一致しないため、Du/Dtと記述して区別する。gradは勾配であり、 Δ と記述する場合もある。

$$\text{grad } P = \left(\frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial P}{\partial y}, \frac{\partial P}{\partial z} \right) = \nabla P$$

Pは圧力値を表している。 $\chi + \mu/3$ は体積粘性率と粘性率 μ である。uは流体粒子の速度

であり、 $1/\left(\chi + \mu/3\right)\text{grad div } u$ は流体が圧縮性を持つために加えた。 Δ はラプラス演算子であり、 d^2/dt^2 と表記する場合もある。uは流体粒子の運動速度のベクトル表示である。 ρ は密度である。

実際の計算の手順では、まず場に流体粒子を満たす。初期条件では、流体粒子の圧力値は0で、速度も0である。実際の心臓血管系では常に拍動が続いているわけだから、流体粒子の条件はもっと難しいが、計算領域に初めて拍動流が開始されるわけなので、完全に第一回目の心臓拍出と考え、初期条件は全ての領域で流体粒子の速度、圧力ともに0となる仮想条件を採用した。

$$\omega(\mathbf{r}) = \frac{\mathbf{r}_e}{r} - 1 \quad (0 \leq r < r_e) \quad \omega(\mathbf{r}) = 0 \quad (r_e \leq r)$$

$$\langle \mathbf{grad} P \rangle_i = \frac{d}{n^0} \sum_{j \neq i} \left[\frac{P_j - P_i}{|r_j - r_i|^2} (r_j - r_i) \omega(|r_j - r_i|) \right]$$

$$\langle \mathbf{grad} \operatorname{div} \mathbf{u} \rangle_i = \frac{1}{\rho} \left(\chi + \frac{\mu}{3} \right) \sum_{j \neq i} \left[\frac{(\mathbf{u}_j - \mathbf{u}_i) \cdot (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i)}{|r_j - r_i|^2} \frac{(\mathbf{u}_j - \mathbf{u}_i)}{|r_j - r_i|^2} (r_j - r_i) \omega(|r_j - r_i|) \right]$$

$$\langle \nabla \mathbf{u} \rangle_i = \frac{2d}{\lambda n^0} \sum_{j \neq i} [(\mathbf{u}_j - \mathbf{u}_i) \omega(|r_j - r_i|)]$$

$$\lambda = \frac{\sum_{j \neq i} |r_j - r_i|^2 \omega(|r_j - r_i|)}{\sum_{j \neq i} \omega(|r_j - r_i|)}$$

計算は粒子法のため、流体粒子一つ一つに対して座標、速度、圧力値を与えなければならない。流体粒子の計算と同等に重要になるのが、血管壁の運動である。血管壁は伸展したり、収縮したりする弾性体である。かつ、応力によって伸展する割合は、応力が増加する程度が大きくなると伸展する割合は小さくなるという非線形関係にある。通常、物理学的にはバネのような弾性体に対してフックの法則が知られているが、血管壁にはフックの法則は成立しない。自然界に存在する弾性体のほとんどは、加えられた力に対して変形の割合が比例しない、非線形関係のものがほとんどである。心臓・大血管系の循環動態の計算では流体粒子の計算と血管壁の弾性運動の計算の重要性は全くの対等関係にある。血管壁の計算は、応力と伸展の割合が非線形関係にあるため、計算がやや困難となる。

心臓・大血管系の循環動態が難しいのは、流体粒子の計算と血管壁の非線形弾性運動の複合体であることである。しかも、流体粒子の計算においては、通常の計算では非圧縮性と考える計算を行う液体に対して、壁の運動に完全に一

致する波動運動の説明のために圧縮性が必要な点である。このように圧縮性を液体の運動に適応しなければならない物理現象はあまり知られてはいない。そのような運動は心臓・血管系の血液循環と津波ぐらいである。心臓・血管系の血液循環では血管壁の非線形弾性が非常に重要であるのに対し、津波では海水の非線形の圧縮性が問題になる。どちらも、基本的には非線形波動だが、前者は血管壁が膨張した非線形波動であるのに対し、後者は海洋における圧縮された非線形波動である。

まず血管壁の運動を計算する。流体粒子の前提条件に圧縮性を与えているが、この圧縮性は流体粒子の運動の計算では無視できる。血管壁の運動によって、血管内腔を広げなければ、血液を流すことはできない。大動脈は圧力波動の伝搬に従い、血管軸方向と円周方向に伸展する。血管軸方向に伸展した場合、波動の伝搬が伝達していない部分の血管壁は、空間的に静止していなければならない。大動脈弁の空間座標値も拍動によって大きく変動することはないと考えられる。したがって、大動脈の血管軸方向の伸

展は特殊な形態をとらなければならない。壁の伸展に局所的な歪みを与えることなく、血管壁全体に均等な応力分布を示しながら軸方向に伸展させるため、螺旋状に伸展する。このため、大動脈壁の変形の計算は複雑になる。

1：大動脈壁の運動の計算

血管壁の運動の計算が先行し、血管内の流体粒子の運動はそれに準じて計算する過程になる。血管壁の弾性運動による計算を流体粒子の運動の先に行わなければならない。循環動態の流体力学が非常に難しいのは、境界条件の計算が難解なためである。このため、血管壁の弾性変形問題が循環動態における重要な問題になる。

血管壁の弾性応答の特徴として、伸展と応力が比例しない非線形関係が挙げられる。伸びと応力の関係が線形ではない場合、壁の運動の計算が難しくなる。ここでは、非線形の弾性関係を計算が容易な関係に置いて計算した。血管壁は格子から構成する。大動脈の変形は複雑だが、弾性的性質がきちんと計算できるように、計算する格子点を細かい格子群から選択する。選択した格子群は大動脈の螺旋状の変形に対して計算上都合の良いように設定した。これにより、大動脈の変形の計算に対しては柔軟性がある。

大動脈壁の運動は、心臓の運動に引き続いて連続的に発生する。左心室は大動脈に血液を拍出するが、同時に圧力波動を発射する。その際、どのように圧力波動、血液を発射するのかは、重要な問題である。心臓の左心室は特殊な形態をしている。左心室は内側と外側で向きの反対の螺旋状に走る心筋層から構成される。内側は心尖部から大動脈弁側を見ると時計方向回転の螺旋状心筋であり、外側は反時計方向回転の螺旋状心筋から構成されている。外側を外斜走筋、内側を内斜走筋と呼び、その間に平行に走る輪走筋が存在する。左心室には心尖拍動と呼ばれる、心臓の収縮期に伴う心尖部に拍動を感じる現象が認められる。これは左心室の外側の輪状筋の螺旋状収縮によって心尖部が反時計方向に半回

旋することによって生じると考えられる。

これらの筋層の収縮によって、左心室は捻じれずに長軸方向に短縮する。内斜走筋のために左心室の内面は心尖部からみて時計方向に収縮し、それによる壁の変形が大動脈に伝搬し、螺旋状に圧力波動を発射する原動力になると考えられる。大動脈壁は心尖部から大動脈弁を見ると時計方向の螺旋状の伸展運動を生じる。

大動脈壁の運動を計算する場合、まず非常に細かい密度の格子で大動脈壁を構成した。この場合は、方眼紙のように格子を配列した。そのあとで、大動脈壁は斜走する螺旋状伸展を生じるため、計算の都合上、斜走する特別な格子群を選び出した。このように細かい格子群から、計算するために都合の良い特別な格子群を選び出した。

1次元格子モデルにおいて振幅の大きな波動の計算を対象にする場合、注意しなければならない点がある。1次元格子モデルを数理物理モデルと考えるならば、振動の方向を軸方向に限定した場合、格子間の波動による振動によって無限遠の格子の運動が生じてしまう。格子モデルに最初に波動が入力された時点で遠方の格子の座標を移動させなければならない。これでは、無限の速さをもつ波動が1次元格子モデルに存在することになる。数理物理的にこのような現象は生じないため、1次元格子モデルにおける波動の考察には、物理的な厳密さが欠けることになる。物理的に厳密な波動伝搬の考察は3次元格子モデルによってのみ再現可能であり、実際の変形は計算上複雑なものになる。なぜなら、波動の起始部の格子と終了部の格子の座標を移動させることなく、この間の格子の座標を運動させなければならないからである。この場合、この3次元格子モデルでは時計方向もしくは反時計方向の螺旋状の伸展を行わなければならないため、波動は対称性を失う。この螺旋状の伸展は、波動による格子の位置の変動の局所的な歪みを最小限に抑える唯一の運動であると考えら

れる。

実際の左心室-大動脈モデルでは、大動脈弁の位置が大きく変動することはなく、圧力波動がまだ伝搬していない部位の脈管が運動することはない。大動脈の運動も1次元格子モデルでは、正確に説明することはできない。大動脈弁の位置を移動させず、また到達していない部位の脈管の座標を移動させずに大動脈壁を血管軸方向と円周方向の2種類に伸展するために、どのように変形するのか。この場合には3次元の格子モデルが必要であり、血管軸方向と円周方向の2方向に伸展させるために、大動脈を螺旋状に伸展させなければならない。伸展している部分の大動脈壁の軸は大動脈弁の中心と圧力波動が伝搬している最先端部分の波面の中心を結ぶ軸だが、その軸は伸展によって従来の軸を中心とする紡錘形の面を螺旋状に1周する。この螺旋状に回旋する軸を中心に大動脈壁の変形を計算しなければならない。

変形する大動脈壁は圧力波動の伝搬によって、部分により伸展の程度が異なる。この計算では血管壁の伸展の割合を式④とおく。

$$\phi(\gamma) = \frac{1}{2}\beta\left(\gamma^2 + \frac{2}{3}\alpha\gamma^3\right) \dots \dots \textcircled{4}$$

() は壁に加わるポテンシャルエネルギーであり、 γ は伸展の長さである。 β と α は係数である。($\beta > 0$, $\alpha > 0$) したがって、上の式を微分することによって、以下の式④' が得られる。

$$\phi'(\gamma) = \beta(\gamma + \alpha\gamma^2) \dots \dots \textcircled{4}'$$

この式④' は壁に加わる力と伸展の長さの関係

である。 γ が0の場合はフックの法則が成立する。 γ が0ではない場合、壁に加わる力は伸展した長さ γ に比例していない。このような場合、伸展の長さと応力が非線形関係にある。この計算式は実際の血管壁に完全に一致するわけではなく、今回の計算のための数学的仮定である。実際の実験的データから、血管壁の伸展と応力の関係が非線形であることは十分に知られている。上の式から、格子の運動方程式を立てることができる。

$$m \frac{d^2 \gamma_n}{dt^2} = \phi'(\gamma_{n+1}) + \phi'(\gamma_{n-1}) - 2\phi'(\gamma_n)$$

の添え字は、格子の番号を意味する。 $n+1$ は $n+1$ 番目の格子である。この式を展開していく。

$$m \frac{d^2 \gamma_n}{dt^2} = \beta\{\gamma_{n+1} + \gamma_{n-1} - 2\gamma_n + \alpha(\gamma_{n+1}^2 + \gamma_{n-1}^2 - 2\gamma_n^2)\}$$

このような形の方程式を非線形微差分方程式という。差分を微分に置き換え、 n を連続変数 x に置き換える。このようにして、非線形偏微分方程式を作成する。 $n+1$ を n の周りにテーラー展開する。

$$r_{n\pm 1} = r \pm \frac{\partial r}{\partial x} h + \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 r}{\partial x^2} h^2 \pm \frac{1}{3!} \frac{\partial^3 r}{\partial x^3} h^3 + \frac{1}{4!} \frac{\partial^4 r}{\partial x^4} h^4 \pm \dots$$

$\frac{\partial r}{\partial x}$, $\frac{\partial^2 r}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^3 r}{\partial x^3}$, $\frac{\partial^4 r}{\partial x^4}$ 等を差分近似式で置き換える。差分近似式は一種類ではなく、状況に応じて選択していかなければならない。今回の計算では以下の差分近似式を用いている。

$$\begin{aligned} \frac{\partial r}{\partial x} &= \frac{r(x+h, y) - r(x, y)}{h} \\ \frac{\partial^2 r}{\partial x^2} &= \frac{r(x+h, y) - 2r(x, y) + r(x-h, y)}{h^2} \\ \frac{\partial^3 r}{\partial x^3} &= \frac{r(x+2h, y) - 2r(x+h, y) + 2r(x-h, y) - r(x-2h, y)}{h^3} \\ \frac{\partial^4 r}{\partial x^4} &= \frac{r(x+2h, y) - 4r(x-h, y) + 6r(x, y) - 4r(x-h, y) + r(x-2h, y)}{h^4} \end{aligned}$$

以上の関係より、血管壁を1次元非線形格子とみなした計算が可能になり、波動が1次元非線形格子をどのように伝搬するかの計算結果が得られる。得られた値は血管壁の変形の振幅に代入する。

このような伸張と応力の関係が非線形であるような媒質を伝搬する波動を非線形波動と呼んでいる。非線形波動はエネルギーの塊となって、媒質を伝搬するが、波動の伝搬の過程で媒質の伸張と応力の関係が変化すれば、それに応じて波形が変化する。非線形波動は線形ではないため、周波数の集合体という考え方を取ることができない。したがって、圧波の反射説のようにさまざまな周波数成分の波形が異なる速度を持ち、先行した成分が逆行し、遅くやってきた波形と合成されるというような現象は起こらない。Peaking や steepening の説明に圧波の反射という考え方をとらなくても、非線形波動では波動の伝搬の過程で peaking や steepening を認める。実際の生体における peaking や steepening も血管壁の非線形弾性が末梢の血管系に行くに従い変化するために生じると考えるほうが妥当ではないだろうか。

2: 流体粒子の運動の計算

通常の流体力学では流体の計算を行う際に、場に重点を置き、その場において流速や圧力等を計算する。この方法をオイラー法と呼ぶ。この方法では、流体の計算において重要なことは、対象となる計算領域をどのようにメッシュで区切るのかという問題に集約される。しかし、心臓-大血管における流体力学では、血管壁に囲まれた領域が計算の対象である。弾性的な血管壁の運動は単純ではなく、計算領域の場が流れの間、絶え間なく変動する。変形する計算領域に合わせてメッシュを置くことは困難である。したがって、流体粒子を主体にして、計算を行うほうが、実際的であると考えられる。このように流体粒子を主体にする計算法を粒子法と呼び、流体力学的にはラグランジュ法に属する。

粒子法においては、粒子一つ一つに対し、座標値 (x, y, z) と速度のベクトル、圧力値を与えなければならない。今回の計算では、全流体粒子の座標値の履歴をすべて記録し、速度ベクトルは過去の流体粒子の座標値との差によって計算した。大きな静的配列を必要とするが、最近のコンピュータでは可能になった。

粒子法にはいくつかの方法が知られている。特に著名なものは東京大学の越塚教授の MPS 法 (Moving Particle Semi-implicit) と Monaghan らの考案した SPH 法 (Smoothed Particle Hydrodynamics) がある。今回の計算では、流体粒子の移動に越塚教授の MPS 法を一部採用した。一部しか取り入れられないのは、動脈系では圧力波動が血管壁の弾性性質に従って伝搬し、流体粒子としては受動的に与えられるため、MPS 法のように圧力のポアソン方程式を解く過程がないためである。また、MPS 法では流体と構造物との関係も計算するが、構造物も粒子の集合体として設定され、計算する。MPS 法における構造物は、線形の弾性関係を有している。血管壁は非線形の弾性を有しており、特殊な運動を行うため、今回の計算では血管壁は非線形の弾性関係を持つ格子群として設定した。この点は MPS 法とは異なる。

MPS 法とは物理学的な設定が異なる点もある。MPS 法は非圧縮性の流体解析法であるのに対し、今回の計算では、設定上、流体の圧縮性を前提としておかなければならない点がある。液体の圧縮性は実際的には非常に小さく、計算の上では事実上非圧縮性と考えて計算している。それでも、血管内の流体粒子の圧力変動が血管壁の運動に完全に追従するためには、流体の圧縮性の前提条件が必須になる。この物理的に必要な前提条件のため、MPS 法の前提条件と同一にすることはできない。また、MPS 法では壁境界も粒子で構成する。MPS 法では線形の弾性をもつ壁境界粒子を置いて計算を行っている。今回の計算では、壁は粒子ではなく、非線形弾性をも

つ格子を置いている．これは計算上の都合だが，将来的には壁境界粒子の性質を調節することによって，非線形弾性をもつ壁境界粒子を作成する可能性についても検討しなければならない．

$$\omega(\mathbf{r}) = \frac{r_e}{r} - 1 \quad (0 \leq r < r_e)$$

$$\omega(\mathbf{r}) = 0 \quad (r_e \leq r)$$

r_e はこの距離の中にいる流体粒子だけ，粒子間の相互作用の計算を行う． r_e よりも離れている流体粒子との相互作用は計算しない．MPS法では重み関数 $\omega(r)$ を用いることが特徴である．重み関数の計算の際に注意しなければならない点は，流体粒子の密度計算である．流体粒子間の距離が非常に接近しているものが放置されていると，この重み関数値は膨大な数値となり，計算を破綻させる．密度計算を行い，流体粒子の分布を適切にする必要がある．

流体粒子を運動させる力は粘性力と圧力である．また，心臓-大血管系では血管壁の運動が流体粒子に力を及ぼす．動脈の血流は拍動流であり，工学的な流れと異なっている．流れにオンオフがあり，流速が増す部分，流速が減少する部分があり，逆流する部分も認められる．

ここでシェアストレスの問題があげられる．シェアストレスとは，血管壁が血流から受ける力である．工学的な管内流れでは流体粒子は管壁の抵抗を受けながら流れるため，流速は管中心部で最も早く，管壁近くでは最小値を取る．工学的な管内流れでは，管壁は流体粒子の流れに対する抵抗である．しかし，生体の循環系では血管系は拍動により血管軸方向と円周方向に周期的に伸展・収縮を繰り返す．血管壁と流体粒子の間には抵抗があるため，どちらが主体になって運動するかによって，抵抗を受ける側は変化する．工学的な管内流れでは壁は動かず，運動するのは流体粒子だけであるから，当然，壁との間の摩擦抵抗によって流体粒子の速度は低下する．これに対し，循環系では血管壁の運動が流体粒子の運動に先んじていると考えられる時

間帯が存在する．血管壁が収縮期に伸展し，それによって血管内に新たなスペースを作るため，流体粒子は血管壁の運動に誘発されて収縮期に前方方向への力を壁の摩擦によって受けると考えられる．この場合，シェアストレスとは逆の考えをとらなければならない．血管壁が運動し，流体粒子に力を及ぼしているため，血管壁の運動により血流の逆流も説明できる．収縮期と同時に血管壁は伸展を開始し，この伸展運動に同期して血流速度は上昇する．血管壁の伸展速度は低下しつつ，血圧の最高値まで伸展は継続するが，血流速度は血圧の最高値を待たずに減少し始める．流体粒子を運動させるのは血管壁の運動の加速度であるから，血管壁の伸展加速度が負に転じた時点で，血流速度も低下すると考えられる．

血管壁が流体粒子に及ぼす力は，血管壁の運動の加速度に比例し，また血管壁からの距離に反比例すると考えられる．この関係を以下の式としておく．

$$\mathbf{F}(\mathbf{d}) = \zeta \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} \times \left(\frac{1}{\sqrt{d+1}} \right) \cdot \dots \cdot \textcircled{3}$$

式③ $\mathbf{F}(\mathbf{d})$ は管壁から流体粒子に加わる力である．

$\frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}$ は血管壁の伸展の加速度であり， d は流体粒子と血管壁との距離である．距離が大きくなれば，血管壁が流体粒子に及ぼす力は小さくなる． ζ は係数である． ζ の値は実験的には得られていないため，今回の計算では適当な数字を代入している．

3：圧力波動の伝搬

MPS法では圧力のポアソン方程式を立てて，流体粒子の圧力値を陰的に計算する．心臓・大血管系では圧力値は場所によって様々の値を取るのではなく，圧力波の伝搬により決定される．したがって，今回の計算では，圧力値のポアソン方程式を解く部分は存在しない．大動脈壁の弾性的な性質によって圧力波動が伝搬する．流体粒子の圧力値は，大動脈のどの部位に存在す

るかによって決定される。

圧力波動の計算は実質的には、1次元非線形格子で行った。大動脈壁は予め、細かい格子群に分けて設定し、その後、螺旋状に伝搬する波動に合わせて、格子を選択した。選択された格子によって、大動脈を層 (stratum) に分けた。この層内に入っている流体粒子に1次元非線形格子によって計算された圧力値を割り振った。流体粒子の密度計算はこの後に実施されることになる。この計算過程によって、MPS法では必須の圧力のポアソン方程式を解く過程が省略される。MPS法は非圧縮性の流体解析法であり、構造物は応力とひずみの関係を線形のものに限局している。この条件は心臓・大血管系の計算となじまない。将来的にMPS法と非線形波動の計算をより密接にしなければならない。

この圧力波動の伝搬には血管壁内の流体粒子の圧縮性が物理学的な要件として必要とする。液体の圧縮性は非常に小さいため、流体粒子の運動の計算の上で圧縮性が問題になることはないが、圧力波動の伝搬の物理的要件として、血管壁内の流体の圧縮性が必要になる。これは血管壁の運動に血管内の圧力変動が追従するためである。この点は、心臓・大血管系の流体力学を複雑にする。物理的な現象で、液体の圧縮性が問題になる現象には「津波」が知られている。

4: 流体-構造連成問題

循環動態は流体粒子の運動の計算以上に血管壁の運動による変形の問題が大きな比重を占めている。血管壁はただ変形するのではなく、物理的な性質にしたがって複雑な弾性変形をする。このように変形した血管壁に流体粒子を移動させ、血管壁内における密度計算をおこなわなければならない。このような流体粒子と構造物(血管壁)との関係に関する問題を流体-構造連成問題という。

流体粒子と血管壁は互いに別々の関係にあるのではなく、力を及ぼしあっている関係にある。

5: 大動脈の血流

大動脈の血流はどのように流れているのだろうか。層流なのだろうか、あるいは乱流なのだろうか。これらについては詳細に知られているとは言えない。大動脈の血流は拍動性であり、曲がりくねった管内を流れている。管は複雑に枝分かれし、この中をどのように流れているのかは一般的には充分知られていない。3次元管状格子モデルにおける波動伝搬において述べたように、3次元の管状格子を伝搬する波動は螺旋状の波動しか存在しえない。大動脈の血管壁は、螺旋状に伸展と収縮を繰り返している。流体粒子の移動は血管壁の運動による摩擦力を受けているため、螺旋状に回旋しつつ流れると考えられる。

左心室の心筋層は3層構造をしており、輪走筋を挟んで螺旋状に直交する内斜走筋と外斜走筋から構成される。心尖部から大動脈弁側を見て時計状の回旋をする内斜走筋に合わせて、左心室から時計方向の螺旋状回旋方向で血液が拍出されると考えられる。もし、右胸心で内斜走筋の螺旋状回旋の方向が逆ならば、大動脈から反時計方向の螺旋状回旋を行う血液が拍出されると考えられる。曲がりくねった管内を流れる流れの中で、螺旋状の流れのみが層流で流れることを可能にする。したがって、大動脈内の血流は層流であると考えerるほうが妥当ではないだろうか。流れが層流であるのか、乱流であるのかの測定は実際には難しいが、生体内の血流がどのような流れなのかは非常に重要な問題である。

心臓からどのように血液が駆出されるのかは、心臓-大血管系の数値流体力学における初期値問題である。心臓から大動脈へ血液が拍出されると同時に圧脈波も発射される。この初期状態がどのようなものであるかが、大動脈の血流を決定することになる。左心室内面の心筋層の螺旋状配列により、心尖部から大動脈弁をみて時計方向の回旋が生じ、螺旋状に流れる大動脈血流と螺旋状に進行する圧脈波が発射される。今回の計算では、この初期状態は数学的な仮定とし

て取り込んでいる．螺旋状の運動が失われると，大動脈の血流は恐らく乱流となる可能性がある．

結 果

計算の対象となるのは，図 1 に示す大動脈領域で，初期状態と圧波動伝搬状態を示す．大動脈に圧波動が伸展しても，圧波動が伸展していない部分の血管壁は静止状態である．表面に走る格子を通して，血管壁の運動が計算される．図 2 は左心室の心筋の構造を示す．図 3, 4, 5 は 1 次元非線形格子で計算したものである．血管壁の非線形性が一定のものと，血管壁の非線形性が末梢へ行くにつれて，少しずつ上昇するもの，および少しずつ低下するものである．末梢へ行くにつれて弾性の非線形性が増す場合，peaking 現象と steepening 現象を認める．

$$\Phi(\gamma) = \frac{1}{2}\beta\left(\gamma^2 + \frac{2}{3}\alpha\gamma^3\right)$$

上記の式で，末梢へ行くに従い変化する非線形性は α の値で調節した．末梢へ行くにつれて α の値を少しずつ増加させると，peaking と steepening を認めた．

考 察

心大血管系の数値流体力学には，数学的な問題から実験による研究が必要と思われるものまで，非常に多くの問題が存在する．数値流体力学的に一般的とは言えないが，粒子法が有用である．粒子法には MPS 法や SPH 法が知られている．今回の計算では MPS 法を一部取り入れたが，心臓・大血管系の数値流体力学では MPS 法をそのままの形で取り込むことはできなかった．血管壁という弾性変形する管の物理学的な特殊性に依存しているためである．血管壁の運動の計算は容易ではない．弾性が非線形性を有するために，実際的非線形偏微分方程式を数値的に解いていかなければならない点である．壁の歪みが均等になっているかなど，今後さらに研究しなければならない．

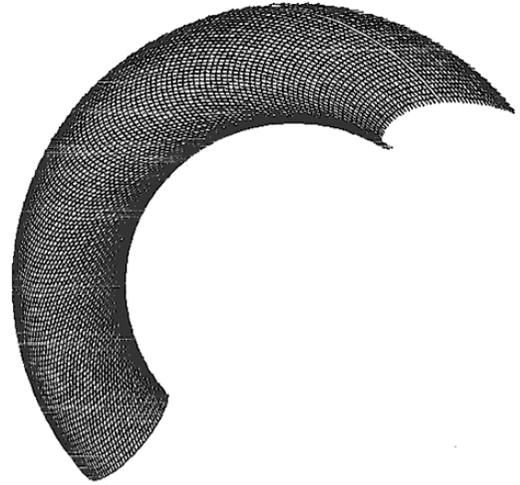


図 1 計算領域の大動脈壁格子 (初期状態)

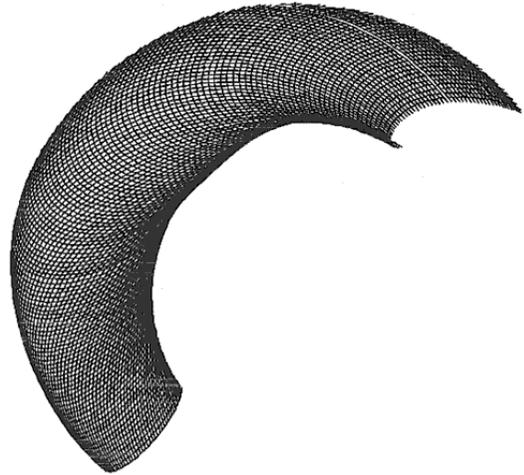


図 1 計算領域大動脈壁格子 (圧波動伝搬状態)

動脈圧波形に認められる peaking 現象と steepening 現象は，直感的には理解しにくい現象である．末梢に動脈圧波が伝播するに従い，拡張期圧と平均血圧は徐々に低下するにもかかわらず，収縮期圧は高くなり (peaking)，圧波形の立ち上がり急峻になる現象 (steepening) を認める．この現象は，圧波の反射説によって説明されている．しかし，末梢から逆行する圧波形と順行性に伝搬する圧波形が合成されるとい説明には，反射部位がどこなのか，など理解しにくい点が多い．血管壁は非線形弾性を有しており，この

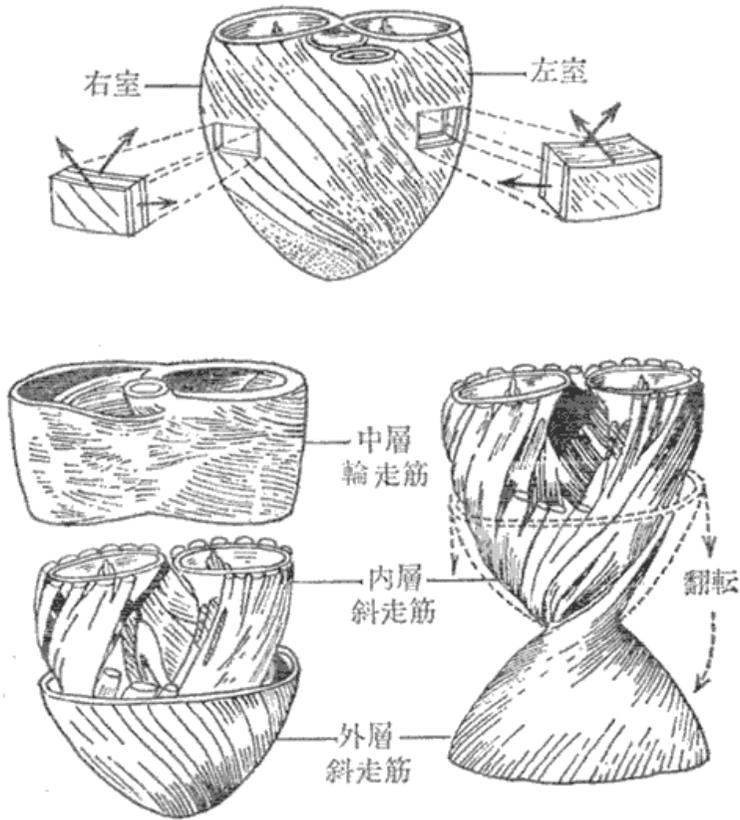


図2 心筋壁の筋繊維構築 (Robb ら, 1942), 新生理学講義 より引用

ような脈管を伝搬する波動は当然，非線形性を有している．非線形波動は順行性に伝搬するだけで，媒質の非線形弾性が変化しなければ，圧波形は形を変えずに末梢へ伝搬する．末梢へ行くに従い非線形性が増加するなら，収縮期圧と立ち上がりが末梢へ行くに従い高く急峻となる．したがって，動脈圧波形の特徴は，動脈系の非線形弾性に由来すると考えるほうが合理的である．末梢へ行くに従い，非線形性が低下する場合は，収縮期圧は低下する．(図3, 4, 5)

粒子法で数値流体力学のプログラムを作成する場合，粒子数が多くなるにつれて，計算時間が飛躍的に長くなる．流体粒子の計算をする場合，他の流体粒子との距離の計算を行い，近くにある流体粒子を選別しなければならないためである．流体粒子の座標値はプログラム全体に

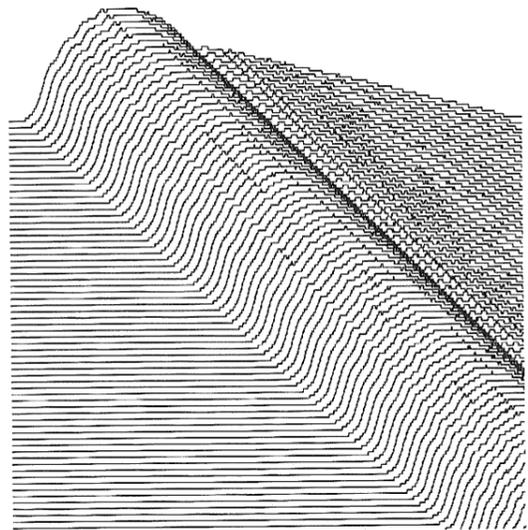


図3 圧波動の伝搬 (非線形弾性は一定)

わたって保持される必要があり、このため大きな静的配列が必要になる。

実際のプログラムは Windows7(64 ビット) 上で、マイクロソフトの VisualC++2010 を使用して作成した。しかし、Windows7 上で科学技術計算プログラムを作成する際には制約がある。それは大きなメモリを実装していても、静的データ領域として使用できるのは 2GB に限られていることである。今回の計算では CPU に Xeon2.27GHz を 2 個、メモリに 48GB を実装しているコンピュータを使用しているが、静的メモリ領域は 2GB に限定される。配列はその都度、動的に確保しなければならない。プログラム全体にわたり数値配列を保持できる静的データ領域の制限は、科学技術計算の制約になる。Linux にはこの制限は存在しない。また、VisualC++には、良いドキュメントが少ない。

動脈圧波動は血管壁の非線形弾性由来する非線形波動だと考えられるが、非線形波動の数値計算は一般的ではない。非線形波動の例として挙げられる津波は海底の地殻変動によって、海底の急速な上昇に起因する圧縮性波動である。津波は振幅の計測より、海中の圧力変動によって感知するほうが容易である。津波では通常は非圧縮性と考えられる海水を圧縮性と考えて計算しなければならない。津波のシミュレーション実験は小さな水槽でも可能である。海水の圧縮性に関する詳細なデータが公開されていないため、液体の非線形圧縮性によって生じる津波の正確なシミュレーション計算は難しい。津波のシミュレーションは仮想の数値を用いて行わなければならない。動脈系は体積が膨張した非線形波動だが、津波は圧縮した非線形波動である。津波は前触れに引き波が生じるが、これは体積的に圧縮された非線形波動であるため、前方の海水を引き込んでいるためである。海水の圧縮性は非常に小さいが、海洋レベルになると無視できなくなる。

心臓大血管系の数値流体力学には多くの問題

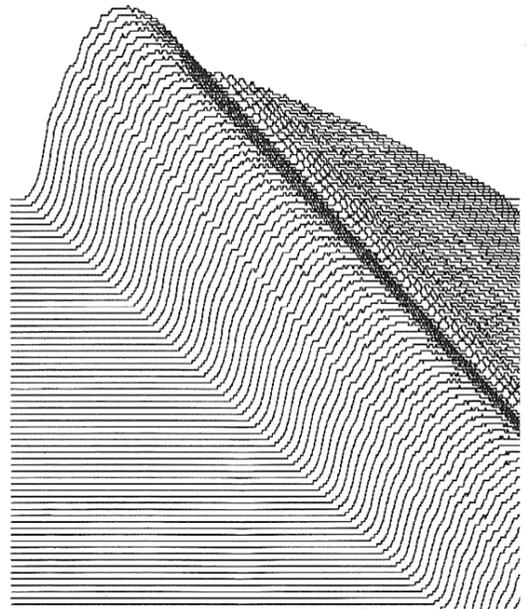


図 4 圧波動の伝搬
(非線形弾性は末梢へ行くに従い強くなる)

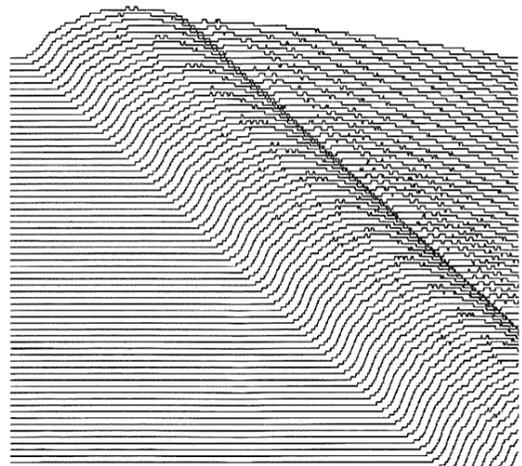


図 5 圧波動の伝搬
(非線形弾性は末梢へ行くに従い弱くなる)

が存在する。物理的に複雑なシステムの解釈や計算には多くの困難が伴う。しかし、心臓の正確な理解は重要である。なぜなら将来、全置換型人工心臓を設計する際、心臓血管系の流体力学についての精密な知識が必要だからである。心臓から螺旋状に血液を拍出したほうが生理的であり、拍動流であるほうが望ましいと私は考

える。この場合、圧脈波も螺旋状に発射しなければならない。心臓内における血流や大動脈内の血流の測定は臨床的に容易ではないが、数学的な問題はコンピュータにより、ある程度数値実験を行うことができる。心臓の数理解物理的な研究は重要であり、さらなる研究が必要である。

参考文献

1. 渡辺慎介：ソリトン物理入門 1985、東京、培風館
2. 坂西明朗ほか：動脈脈波のソリトン模型，物性研究 42：437，1984
3. 越塚誠一：粒子法 2005、東京、丸善
4. 中口 博、本間弘樹：流体力学 (上)(下) 1987、東京、地人書館
5. ラム：流体力学 1,2,3 1988、東京、東京図書
6. 巽友正：流体力学 1982、東京、培風館
7. 鈴木泰三、星猛：新生理学講義 1980、東京、南山堂

ABSTRACT

The problems of the heart and
great vessel system
Hirotooshi Yokoyama

In the numerical fluid dynamics of the heart-great vessel system, I must put stress for the kinetic accounting of the vessel walls which are

a resilience tube in the above with case calculating of the fluid at the same level.

The aorta extends in circumferential direction and the vascular axial direction. The aortic wall of the spot where a pressure pulse wave does not arrive at stands still. It is thought that the space coordinate value of the aortic valve does not fluctuate by a beating. The aortic center axis is to rotate in a spiral and realizes a vascular axial extension.

Systolic pressure increases as the pulse travels away from the heart, whereas diastolic and mean pressure decrease slightly. The aortic vessel walls repeat an extension and contraction in a spiral. The bloodstream begins to decrease in the systolic interval, and sometimes flows backward. Friction by the exercise of aortic wall has an influence on the artery blood flow. The transfer of the fluid particle catches the friction by the exercise of vessel walls, it is thought that fluid particles drift while rotating in a spiral.

The solution of the problem is not easy, but can inspect the mathematical problem by a computer experimentally to some extent. The cardiac mathematical physics is important.

Key word: Numerical fluid dynamics, Numerical simulation, Aortic blood flow, Spiral laminar flow, Cardiovascular system

Kanazawa Medical Center, Division of anesthesia, 1-1 Shimoishibiki, Kanazawa, Ishikawa, 920-8650, Japan

脳波計付きヘッドセット Mindset[®]は麻酔業務に使えるか？

岩瀬良範，松本延幸

はじめに

麻酔科学領域における脳波は、近年の BIS モニターのように麻酔深度や意識状態のモニタリングを目的に急速に普及してきた。脳波そのものの研究もさまざまな分野で発展し、中でも BMI (Brain Machine Interface) 技術の発展はめざましく、意識的な脳波のコントロールでさまざまな機器の制御が可能になってきている。その結果、脳波モニターの機器も、医療機器としてでなければ、従来より手軽に入手できるようになってきた。

一方、視点を我々の日常業務に向けると、全国各所で麻酔科医不足が叫ばれ、超過勤務と疲労に喘いでいる現状がある。多数回の当直や超過勤務は、実績の数値として記録および評価は可能だが、個々の麻酔科医の疲労や集中力の低下を評価する方法は確立していない。

今回我々は、脳波計付きヘッドセット Mindset[®] (のちにヘッドセット機能を省いた Myndset brainband[®]) を、麻酔科医に装着して業務中の脳活動を評価してみた。

機 器

Mindset[®] (NeuroSky, USA) は、Bluetooth (BT と略) によるヘッドセット (ヘッドフォン+マイク) と単極の脳波形 (BT 伝送) で、USB 充電で駆動する。2010 年放映の NHK スペシャル「世界ゲーム革命」の中で市販ゲームの面白さを評価する会社が、ゲーム中の「集中力」や「退屈度」を測定する機器として使用していることを紹介するシーンに興味を持ち、機器名を検索して判明した。本機は、日本でも代理店 (Thknet, 東京) を通じて購入できる。

Mindset[®] は、付属のドライバとソフトウェア "

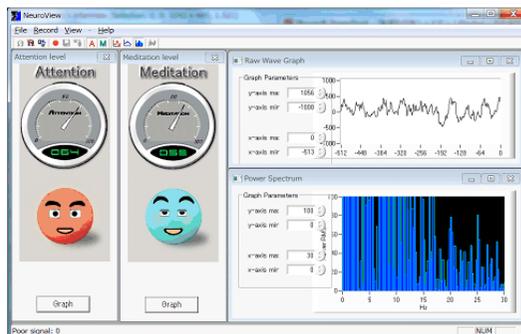


図 1 : MRT 画面

集中度 (Attention:左) と瞑想度 (Meditation:中) のメーター表示、脳波の波形 (上)、パワースペクトラム分析 (下) がリアルタイム表示され、それぞれ PC 上に記録できる。

Brain visualizer ”を Mac または PC にインストールして使用する。Brain Visualizer だけで、脳波の解析結果「集中力 (attention)」と「瞑想度 (meditation)」が表示できる。さらに解析ソフトウェア MRT (Mindset[®] Research Tools) を購入すれば、これらの記録と高度な解析が可能とされる。麻酔科医師の業務中の脳活動の一端が観察できるのではないかと考え、購入して使用してみた。

しかし、実際に使用してみると Mindset[®] はヘッドフォンにより耳がカバーされ、周囲音が聞き取りづらくなり、業務中の装着には不向きであった。同代理店に相談したところ、同様意見が多数寄せられていたため、ヘッドフォン機能を削除して同等の脳波機能を搭載した Myndset brainband[®] が新発売されたとの情報を得て、直ちに MRT (図 1) とともに購入して使用した。

方 法

評価は、1. 脳波計としての精度、2. 業務中の記録、を行った。

1. 脳波計としての精度

脳波波形の相同性と記録の同時性を確認するために、筋弛緩モニターの TOF 刺激波形を BIS Vista (Aspect, USA) と本機で同時記録した。TOF は眼輪筋刺激のために被検者 (I) の眼角部に刺激電極を、次いで BIS 電極を貼付してから Brainband[®] を装着し、それぞれの動作を確認した。

脳波波形は MRT で毎秒 512 ポイントの分解能でデジタル記録可能で、これを BIS と同時に記録を開始し、TOF 刺激周囲の脳波波形を比較した。

2. 業務中の記録

対象は、業務中麻酔科医 2 名 (1 名は筆者, 1 名は装着承諾済み)。Brainband[®] を装着し、伝送を開始した。装着のタイミングは特に指定しなかったが、麻酔業務中の多忙ではない時期をカバーするように心がけて測定を開始した。記録は、MRT を介して CSV ファイルとして PC 上に記録した。測定項目は、集中力 (Attention) と瞑想度 (meditation) で、それぞれのパーセンテージを 1 秒ごとに記録し、60 秒の移動平均を算出した。Attention と meditation の解析アルゴリズムは公開されていないが、画面上にリアルタイムで表示される。また、脳波波形そのものも毎秒 512 ポイントの分解能でデジタル記録した。

結果

1. 脳波計としての精度

TOF 刺激時点の BIS 波形画面 (図 2a) とその時点の MRT 波形データのプロット (図 2b) を示す。BIS 波形のデジタル記録は行わなかったので、詳細な比較検討はできないが、ほぼ同様の TOF 刺激波形が BIS と MRT の双方で記録された。

2. 業務中の記録

業務中、特に疲労蓄積状態 (当直明けや夕刻) が予想される被験者の集中度と瞑想度の経時変



図 2a : TOF 刺激時の BIS 画面

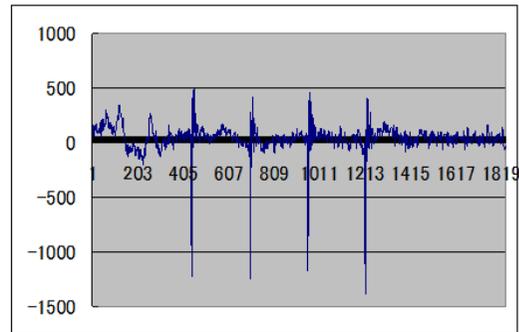


図 2b : brainband からの脳波プロット

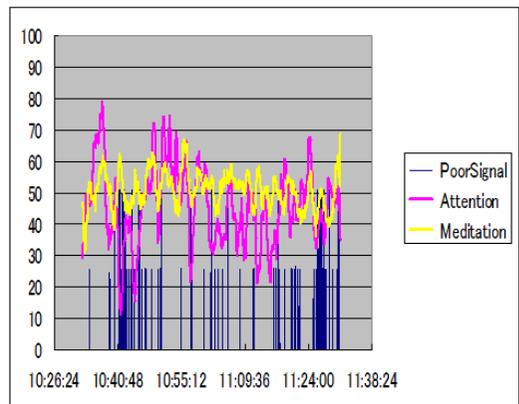


図 3a : 当直翌日午前中の記録

化を示す。被験者 1 (I) の場合、当直翌日午前は時間経過とともに集中度の低下が認められた (図 3a)。同日夕刻には、明らかな眠気に襲われ、周期的かつ相補的な瞑想度の増加と集中度の低下を認め、その時点で被験者はいわゆる「コックリ」状態であった (図 3b)。深夜から朝までの緊急麻酔症例の後に日勤勤務を余儀なくされた被

験者 2 の場合、記録開始直後から集中度の大幅な低下と瞑想度の安定的低下を認め (図 3c)、上級医により居眠りが確認された (この間の安全管理は上級医が行った)。

考 察

1990 年広島市の本学会において、筆者 (I) はマッキントッシュ用脳波形 IBVA と麻酔ガスモニターを用いて麻酔深度モニターの試みを報告したが不調に終わった¹⁾。その理由は、解析系の弱さにあった。後に解析が高精度になり BIS の時代を迎えた。

本機は、IBVA 同様にバイオフィードバックや BMI (Brain Machine Interface) の要素を強く意識して設計されている。BMI とは脳波でパソコンや機器を操作することである。集中度や瞑想度に応じて、様々な機器の操作や調節の可能性が示されている。

一方、脳波的に麻酔業務を考えると、極度の集中力が求められる一方で、長時間勤務や当直等の肉体的疲労とそれに伴う集中力の低下が問題視されている。しかし、それらを客観的に記録・評価する方法は事実上皆無で、単純な勤務および拘束時間などの業務実績に頼らざるを得ないのが現実である。そこで今回我々が注目したのが、比較的手軽に測定および解析が可能な本システムであった。業務中への応用は、自動車の運転や重大機器の操縦中の疲労解析の研究が、徐々に軌道に乗りつつあるのが現状のようである。

本研究を通して、brainband[®] の精度および有用性はかなり期待できると思われた。集中度と瞑想度の解析アルゴリズムは公開されていないが、2 人の被験者の脳活動の低下は見事に描出されたと思われる。波形データの解析法を改良・開発すれば、さらに高精度のモニタリングが可能になるだろう。

本機器は医療機器としては承認されていないので、患者に装着することはできない。しかし、

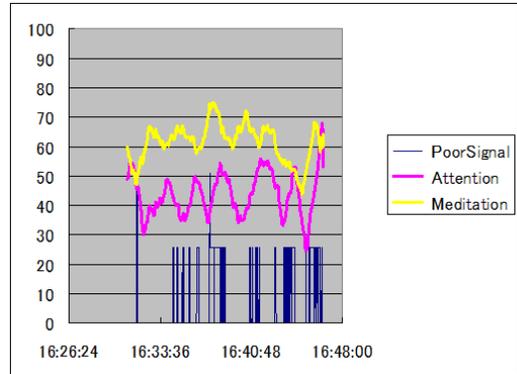


図 3b：当直翌日夕刻の記録

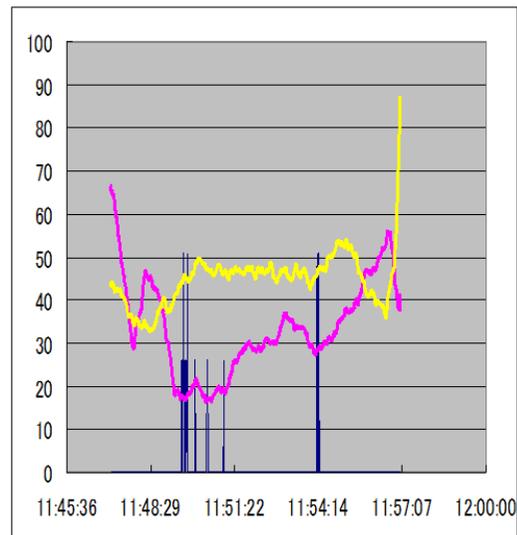


図 3c：居眠り状態の記録例

一方で機器としての手軽さと価格は魅力的である。麻酔深度に関する脳波解析の手法はすでに萩平らによって文献として示されており²⁾、その手法が本機で実現できて医療機器としての承認が得られれば、脳波による麻酔深度モニタリングはさらに普及する可能性がある。

参考文献

1. 岩瀬良範, 崎尾秀彰, 奥田千秋: 麻酔・集中治療とテクノロジー 1992, 脳波と麻酔ガスモニターを用いた「麻酔深度モニタリング」の試み, 58-60, 盛生倫夫他編, 克誠堂出版, 1992
2. Hagihira S, Takashina M, Mori, T, Mashimo

T, Yoshiya I: Practical Issues in bispectral analysis of electroencephalographic signals. *Anesth Analg* 93:966-70, 2001

ABSTRACT

A bluetooth transmitted EEG Mindset[®] and brainband[®]:

An application for awareness and fatigue during anesthetic practice

Yoshinori Iwase and Nobuyuki Matsumoto

Mindset[®] and Brainband[®] (Neurosky, USA) are bluetooth transmitted (SPP) EEG application system for non-medical diagnostic purposes. Current products are mainly used for detection of brain activity such as “ attention ” or “ meditation ”. Authors tried 1) the fidelity of devices, and 2) whether they could detect fatigue of anesthesiologist during anesthetic practice.

[Material and Methods]

1).The fidelity of devices.

Current experiment was executed for author (I) and a colleague. BIS vista (Aspect, USA), a train of four (TOF) nerve stimulator (NS-272: Fisher-Paykel, New Zealand) and brainband[®] were applied. TOF was attached orbicularis oculi muscle with minimal currency (10mA). Simultaneous brain waves triggered by TOF were recorded on BIS vista and brainband[®], respectively.

2). Anesthesiologist’s fatigue.

Brainband[®] was applied for anesthesiologists the day immediately after on duty. “ Attention ” and “ Meditation ” were recorded via MRT (Mindset[®] research tools, Neurosky, USA) every one second. One minute moving average was displayed after recording.

[Results]

1).The fidelity of devices.

Simultaneous EEG were shown in figure 2a and 2b. Similar spike waves by TOF were recorded both BIS and brainband[®].

2). Anesthesiologist’s fatigue.

The trend graphs of “ Attention ” and “ meditation ” were shown in figure 3a, 3b and 3c. Decrease of “ attention ” and increase of “ meditation ” were confirmed with various patterns.

[Discussion]

Non medical use of EEG was getting popular in various fields for biofeedback, brain machine interface and brain function monitoring, etc. As genuine EEG was not obtained from BIS, further verification was not examined in current study. In the practical study, current device system may be useful in detection of anesthesiologist’s fatigue. Such low cost bio-monitoring system may have a wide possibility of various fields include medicine itself.

Department of anesthesiology, Saitama Medical University hospital Moroyama, Saitama, Japan

XML データベース eXist と Cocoon 2 による Server-Side XSLT を用いた Elficat データ解析

—肺上皮被覆液 (ELF) プロテオーム解析への応用—

佐和貞治，橋本悟，松山広樹，安本寛章，加藤秀哉

はじめに

生体情報を Extensible Markup Language (XML) データベースに蓄積し，必要時に適切なスタイルシート変換を行うことで解析して可視化する技術は，多量の情報から有用な情報を視覚的に引き出す上で強力な支援となり，臨床研究の分野においてもその応用範囲は広いと考える．今回，XML データベース (eXist)，Apache Cocoon 2 XSL サーバによるサーバ・サイド XSL 技術，Scalable Vector Graphics (SVG) 技術を組み合わせて，呼吸上皮を覆う上皮被覆液 (epithelial lining fluid, ELF) に含まれるプロテオームを視覚的にウェブ・ブラウザ上で解析することを試みた．特に，近年のマス・スペクトロメトリ技術の進歩は目覚しく，これを臨床応用して，体液の網羅的なプロテオーム解析を行うことが可能である．

我々は，慶応大学呼吸器内科，カリフォルニア大学サンフランシスコ校，米国コロラド大学との共同研究にて，気管支鏡下に低侵襲で特定領域の ELF を採取できる気管支鏡下マイクロサンプリング (BMS) 法を用いて ELF を採取し，エレクトロスプレー法によるイオン化 (ESI) に，液体クロマトグラフィ (LC)，イオン・トラップ型の質量分析計をダンデムに組み合わせた質量分析法 LC/MS/MS 法による MS/MS イオン・サーチ，ペプチド・マス・フンガプリンティング (PMF) 法，そして安定同位体システイン残基のピオチン化を用いた Isotope Coded Affinity Tags (ICAT) 法を組み合わせ，定量的な ELF

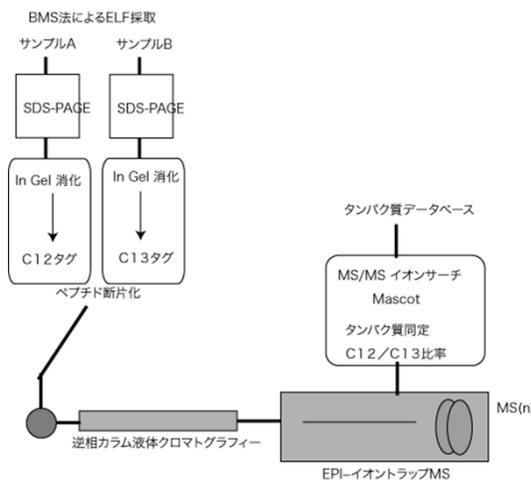


図 1. LS/MS/MS と PMF 法および ICAT 法を用いた肺被覆液の定量的プロテオーム分析

プロテオームの Differential display 分析を施行した (図 1) ．

解析には近年目覚しい勢いで進化するウェブ関連の Java や XML を中心とするソフトウェア技術を組み合わせて，プロテオームの視覚的かつ統合的なデータ解析が可能となるウェブ・サーバ解析アプリケーション Elficat を開発した．

膨大な生体情報を整理し，ウェブ上の関連データベースとリンクさせて分析可能とする技術は，今後，麻酔・集中治療医学研究においても有用である．しかしながら，このような取り組みを具体的に実践するには，様々なウェブ関連のソフトウェア技術に精通しておく必要もある．本稿において，今回用いたソフトウェア技術に関する知識について整理してまとめ，今後の更なる応用につなげる機会としたい．

1) 全体のソフトウェア構成について

質量分析から得られた ELF に含まれるタンパク質のデータを XML 化して、native XML データベースである eXist に保存する。eXist 自体は、Server-Side XSLT を実現する Cocoon 2 を実装しており、Java Servlet Container である Jetty 内で eXist を動作させ、Cocoon 2 の Extensible Server Page (XSP) 機能を用いて、クライアント要求に応じて XML データを eXist より抽出し、Cocoon 2 による複数の XSL 変換を行い、最終的に Scalable Vector Graphics (SVG) 形式に変換し、ウェブ・ブラウザに外部タンパク質データベースや文献情報とのリンク情報を備えた解析結果として表示させる (図 2)。

今回利用した Server-Side XSLT 関連ソフトウェア技術:
 Extensible Markup Language (XML)
 XML Inclusions (XInclude)
 NativeXML データベース (NXD, eXist)
 Extensible Stylesheet Language (XSL)
 Scalable Vector Graphics (SVG)
 Extensible Stylesheet Language Transformations (XSLT, Cocoon 2)
 Extensible Server Page (XSP)
 Servlet container (Jetty)

2) Extensible Markup Language (XML) について

<基本技術解説>

XML は、文書やデータの意味や構造を記述するために「タグ」と呼ばれる特定の文字列で情報の意味や構造、装飾などを埋め込んでいくマーク・アップ言語の一つである。すでに広い範囲でソフトウェア間の通信・情報交換や、様々な種類のデータ保存のためのファイル・フォーマットとして、日常のコンピュータ情報処理に使用されている。ここでは、詳しい説明は必要ないと思うが、ここでは関連する重要なポイントのみを整理しておく。

XML 形式で一つの要素を記述するための基本的な構文は、この要素の開始タグ <要素名 属性="値"> と、終了タグ </要素名> にて、要素で

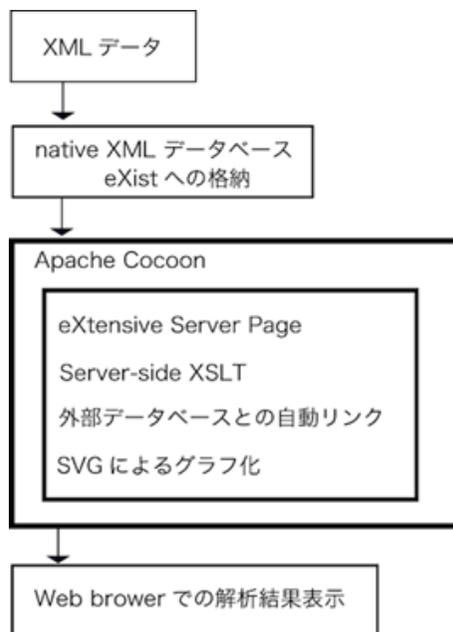


図 2. XML データベースおよび Server-side XSLT, SVG を用いた解析の流れ

ある「内容」としての何らかのテキストを挟んだ構造、

<要素名 属性="値">内容</要素名>

である。

XML 文書は、複数の要素 (element) と属性 (attribute) が集まって構成され、要素は内部に子要素を含むことができ、属性は要素に付随し、属性の内部に子要素を含むことはできない。つまり、一つの要素セットの最小基本単位として、要素名、要素の内容と、必要に応じて、属性名、属性の値が加わる。

XML 文書には正当性に関する 2 つの水準として、整形 XML 文書 (Well-formed XML document) と妥当な XML 文書 (Valid XML document) がある。整形 XML 文書は、上記 XML の構文規則にだけ沿った文章である。この書式は次に述べるスキーマ言語を使わずに手軽に XML を使う整形 XML 文書においても、XML は大量の文書や木構造として表現できるデータを格納するための一般的なテキスト・ファイル構造と

して使われる。一方、妥当な XML 文書は、上述の整形 XML 文書としての条件に加えて、文書の論理的構造を規定する XML Schema, Document Type Definition (DTD) などの規則が附記され、より厳格なデータ構造・定義が求められる構造を持つ。

< 今回の応用 >

今回、定量的質量分析で得られたタンパク質情報をタンパク質名 < protein/name > , 個々のタンパク質に関する 2 つの国際コード < IPI > と < ACC > , 質量分析から得られた数値データ < ms.data > だけに限定した XML 構造に収めた。データは次に示すような XML の基本単位で記述される。

タンパク質情報 XML の単純な基本単位:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
< protein >
  < name > Squamous cell carcinoma
    antigen 1 </name >
  < code > IPI00412407 </code >
  < ms_data > 2.4523 </ms_data >
</protein >
```

ところが厄介なことには同一タンパク質であっても、その名前は略号も含めて複数存在し、またタンパク質インデックス・コードも 歴史的には Swiss Prot もあれば、ヨーロッパ分子生物学会 EBI の推進した International Protein Index (IPI) もある。加えて、同一タンパクに複数のタンパク質インデックス・コードが割り振られていることもあり、一つのタンパク質における XML データとしては、より詳細には複数のタンパク質名、複数のタンパク質インデックス・コード、質量分析からのデータに関する複数のパラメータ値 (信頼度など) が収納できることや、オプション要素に関する将来の拡張性を加えて、次のような XML 構造を取った。

実際のタンパク質 XML データ基本構造:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
< protein >
  < names >
```

```
    < name > Squamous cell carcinoma
      antigen 1 </name >
    < name > SCCA-1 </name >
    < name > Protein T4-A </name >
  </names >
  < IPIs >
    < IPI > IPI00412407 </IPI >
  </IPIs >
  < ACCs >
    < ACC > P29508 </ACC >
  </ACCs >
  < ms.data >
    < xdata > 2.4523 </xdata >
    < params >
      < param.1/>
    </params >
  </ms.data >
  < options >
    < option.1/>
  </options >
</protein >
```

参考までにタンパク質のインデックス・コードには、スイス・バイオインフォマティクス研究所 (SIB, Swiss Institute of Bioinformatics) と欧州バイオインフォマティクス研究所 (EBI, European Bioinformatics Institute) が共同で開発し運営してきたタンパク質のアミノ酸配列の知識ベースである Swiss-Prot での取得ナンバー (accession number) である Swiss-Prot ACC に加えて、2001 年より EBI の国際タンパク・インデックス International Protein Index (IPI)(2011 年 9 月にサポート終了宣言) が存在していた。その為に、過去の論文ではもちろん Swiss-Prot ACC や IPI が混在化している。現在までに、2002 年に、アメリカ合衆国国立衛生研究所 (NIH) から支援を受けているタンパク質情報リソース (PIR, Protein Information Resource) が加わった UniProt コンソーシアムが結成され、Uniprot として統合化が進められている。

3) XML Inclusions (XInclude)

< 基本技術解説 >

XInclude は、ひとつの XML 文書の中へ別の XML 文書 (またはテキスト・ファイル) を取り込

み、複数の XML 文書を一つに統合するといような XML を様々な場面で利用しやすいように開発された言語構文である。そして XInclude 自体も XML に準拠した埋め込み式のマーク・アップ言語である。W3C (World Wide Web Consortium) 勧告として 2004 年 12 月に XML Inclusions Version 1.0 がリリースされ、その後に 2006 年 11 月に 1.0 Second Edition として改定された。

< 今回の応用 >

National Center for Biotechnology Information (NCBI, URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) の Web Application Programming Interface (Web API) 機能 eUtils に含まれる検索ツール ESearch と詳細情報取得機能 EFetch を用いて、関連する国際タンパク質・文献情報データベースへの自動リンクを作成した。ESearch も EFetch も、URL 情報にキー・ワード (検索用語 term) を組み込んでサイトに要求すれば、XML 形式での返答が得られる仕組みであり、この XML 返答文書を XInclude 機能で取り込んで、最終的にはスタイル・シート変換を行って自動リンクを作成した。ESerach と EFetch についての概略を以下にまとめておく。詳細は NCBI の Bookshelf 参照を薦める (E-utilities Quick Start, URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK25500/>)

ESearch: 検索用語 (terms) からデータベースを検索するツールで、返ってくる値はそれぞれ検索したデータベースの ID。言い換えれば、ウェブ・ブラウザで行う Pubmed Search と同じことを、ソフトウェアレベルで命令文を送ることで可能にする Web API である。

EFetch: 指定した ID のデータベース上にある全情報をとってくるためのツールである。

以下に、実際のスタイル・シート内に組み込まれた ESearch を送る命令文と結果の XML 出力を XInclude 機能で取り込むスタイル・シート link.xml の一部分を示す。

ESearch 命令とその XML 出力結果を XInclude 機能で取り込むスタイルシート link.xml:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!-- link.xml, ELFICAT-XML2SVG XLST Ver
3.0, Feb-26-05, by Teiji Sawa, MD, PhD -->
< xsl:stylesheet version="1.0"
xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL
/Transform"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:xi="http://www.w3.org/2001
/XInclude" >
< xsl:output method="xml" indent="yes"
encoding="UTF-8" />

<!-- global parameters which will be changed by
cocoon 2 as client choices: here just defaults-->
< xsl:param name="term" > lung cancer
</xsl:param >
< xsl:param name="IPI" >
IPI </xsl:param >
< xsl:param name="names_comb" > calmodulin
</xsl:param >
< xsl:param name="IPIs_comb" >
IPI </xsl:param >
< xsl:param name="ACC" > ACC
</xsl:param >
< xsl:variable name="newline" >
< xsl:text >
</xsl:text >
</xsl:variable >
<!--alternative names-->
< xsl:variable name="name_cnt" >
< xsl:value-of select="number(substring
($names_comb, 1, 1))" />
</xsl:variable >
< xsl:variable name="names" >
< xsl:value-of select="substring-after
(substring-before($names_comb,
'&quot;;',';'))" />
</xsl:variable >
< xsl:template match="*" />
< protein xmlns:xi="http://www.w3.org
/2001/XInclude"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999
/xlink" name="$term" >
< xsl:variable name="term_mod" >
< xsl:value-of select="translate($term,
' ','+')" />
</xsl:variable >

< url-protein name="$term_mod" >
< pubmed-1 >
< xi:include href="http://eutils.ncbi.nlm.
nih.gov/entrez/eutils/esearch.fcgi?
db=pubmed&term=$term_mod&
```

```

    reldate=7300&amp;datatype=edat&amp;
    retmax=100&amp;usehistory=y" / >
</pubmed-1 >
< pubmed-2 >
  < xi:include href="http://eutils.ncbi.nlm.
    nih.gov/entrez/eutils/efetch.fcgi?
    db=pubmed&amp;term=$term_mod
    +AND+&quot;lung+cancer&quot;&amp;
    reldate=7300&amp;
    datatype=edat&amp;
    retmax=100&amp;usehistory=y" / >
</pubmed-2 >
< pubmed-3 >
  < xi:include href="http://eutils.ncbi.nlm.
    nih.gov/entrez/eutils/efetch.fcgi?
    db=pubmed&amp;term=$term_mod
    +AND+&quot;lung+cancer&quot;&amp;
    reldate=7300&amp;datatype=edat&amp;
    retmax=100&amp;usehistory=y" / >
</pubmed-3 >
< protein >
  < xi:include href="http://eutils.ncbi.nlm.
    nih.gov/entrez/eutils/efetch.fcgi?
    db=protein&amp;term=$term_mod" / >
</protein >
< nucleotide >
  < xi:include href="http://eutils.ncbi.nlm.
    nih.gov/entrez/eutils/efetch.fcgi?
    db=nucleotide&amp;term=$term_mod" / >
</nucleotide >
</url-protein >
</protein >
</xsl:template >
続 く .....

```

注意: 下線部分が XInclude で外部から Web API を利用して XML 文章を取り込む命令部分である .

4) NativeXML データベース (NXD)

< 基本技術解説 >

現在もっとも汎用的に用いられている SQL 言語で問い合わせを行うリレーショナル・データベース (relational database, RDB) に対して, XML 文章をそのままデータ構造として納めて, XML が本来持つ「ツリー構造」,「メタ情報管理」を最大限活用することができるのが XML データベースである . とくに XML の構造をまったく変更することなく格納し, 取り出すことが可能なデータベースについては Native XML データ

ベース (NXD) と呼ばれる . XML データベースの特徴は, XML 文書をそのデータ構造のままに格納・操作を行うことに加えて, XML の仕様がスキーマを必須としておらず Well-formd(整形形式) の形態を認めていることから, データ構造の仕様が完全に決まりきらないで開発を進めたり, 途中でデータ構造が変化することを前提としたシステム構築の可塑性にある . XML データベースの検索方法には, XPath や XQuery などの標準化仕様が用いられるようになってきた . eXist (<http://exist-db.org/exist/index.xml>) は, オープン・ソースな Native XML データベースであり, XPath, XQuery, XSL2.0 に準拠している (図 3) . eXist 1.4 の特徴は, 後にまとめる Sever-Side XSLT を実現する Cocoon 2 サーバが実装されていることである .

< 今回の応用 >

XML 文章化した肺被覆液一サンプルあたりのタンパク質データ (一サンプルあたり 800 種類くらいのタンパク質を含んでいる) を XML データ化して, 一つの XML 文章ファイルとして構成し, それらのファイル群を管理者権限で eXist へアップロードすればデータ登録は完了する (図 4) .

実際のタンパク質 XML データベースでの XML ファイル構造:

```

< ?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ? >
< icat >
  < protein >
    < names > ..... </names >
    .....
  </protein >
  < protein >
    < names > ..... </names >
    .....
  </protein >
  .....
  < protein >
    < names > ..... </names >
    .....
  </protein >
</icat >

```



図 3. native XML データベース eXist のウェブ・サイト画面

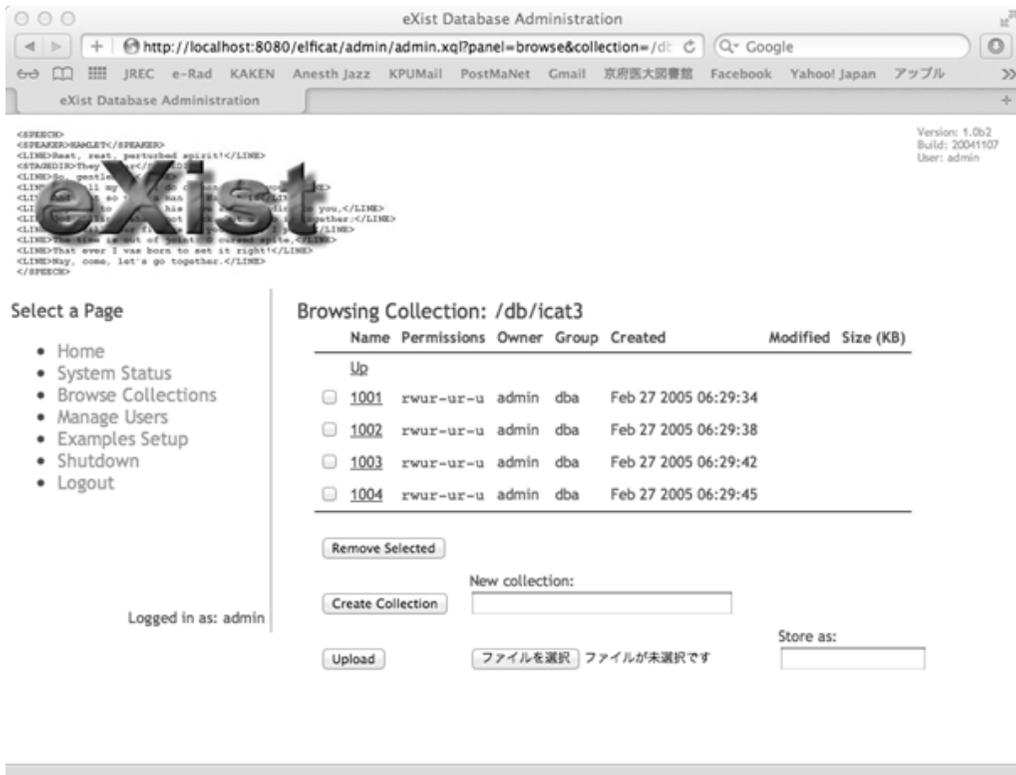


図 4. native XML データベース eXist での XML 文章登録画面

eXist から検索データの取り出しには、eXist に実装されたサーバ・サイド XSL である Cocoon 2 サーバを用いる。取り出し方は、後に解説する Cocoon 2 のサイト・マップに記述されたパイプラインのコンポーネントの一つであるジェネレータからの命令の結果、eXist が指定のファイル（ときに複数）の XML データを出力する。

Cocoon 2 sitemap.xmap に記述される eXist へのジェネレータ命令:

```
< map:generate src="xmldb:exist:///db/[データベース名 icat3]/#1"/>
```

5) Extensible Stylesheet Language (XSL)

< 基本技術解説 >

XSL は、XML によって記述された文書をもとの XML 文書に変換するための簡易言語である。具体的には、ウェブ・サービスとしてデータをウェブ・ブラウザで表示するためには HyperText Markup Language (HTML) に準拠させる必要があるが、HTML がデータ情報に加えて、同時にスタイル情報を混在化させている一方で、XML と XSL の関係は、データ部分とスタイル部分の役割分担となる。XML にデータを保持し、スタイル情報はすべて XSL に記述して、XSL 変換 (XSL transformation, XSLT) を加えて、データを可視化することに利用される。したがって、XSL で記述された文書そのものは「スタイル・シート」と呼ばれるが、実際には、XSL のデザイン部分は W3C による仕様の一つである Cascading Style Sheets (CSS) にさらに別途記述することが可能であるので、XSL は XML データをもとに、必要なデータを抽出し、それに修飾や付加情報を加え、CSS に指示されたデザインを載せてウェブ・ブラウザに表示するということになる。なお、XSL による変換を実行するためのソフトウェア技術を「XSLT プロセッサ」と呼び、Saxon や Xalan など様々なものが知られている。

< 今回の応用 >

eXist に登録された XML 化したタンパク質情報から、必要なものを XML データ形式で要求し、それにサーバ・サイドで XSL を適応させて、さらにデータを抽出・加工し、最後にスタイル・デザイン情報を加えて、HTML 化してウェブ・ブラウザに表示する。ただし今回は、データの表示部分は次にまとめるグラフィックスの XML である Scalable Vector Graphics (SVG) を使い、ウェブ・ページのデザインの部分は CCS などに記述した。次に、タンパク質データの XML 化、それに適応できる XSL ファイルと、XSLT を適応してスタイル変換を行った XML 出力ファイルを簡単な例として示す。例では、XML ファイルに保存されたアルブミンのタンパク質名 (name)、分子量 (mol.weight)、アミノ酸数 (amino.acids) を、XSL で取り出し、新たに日本語のタグ (タンパク名、分子量、アミノ酸数) に変換する XML を排出させている。

XML 例:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
< protein >
< name > albumin </name >
< mol.weight > 66 </mol.weight >
< amino.acids > 583 </amino.acids >
</protein >
```

XSL 例:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
< xsl:stylesheet xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform" version="1.0" >
< xsl:template match="/" >
< タンパク名 >
< xsl:value-of select
="protein/name"/ >
</タンパク名 >
< 分子量 >
< xsl:value-of select
="protein/mol.weight"/ >
</分子量 >
< アミノ酸残基数 >
< xsl:value-of select
="protein/amino.acids"/ >
</アミノ酸残基数 >
</xsl:template >
</xsl:stylesheet >
```

Output 例 :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <
タンパク名> albumin </タンパク名> <分子量>
66 </分子量> <アミノ酸残基数> 583 </アミノ
酸残基数>
```

実際には、クライアントからのリクエストを受けて、Cocoon 2 のサイト・マップに記載された手順でパイプラインが作動し、まずジェネレータ・コンポネントにより eXsit データベースより、以下のような XML データ・ストリームが生成される。このとき、クライアントのリクエストにより複数の検体のタンパク質データ解析が求められた場合には、一つのデータ・ストリームとして、複数の XML データが連続的に出力される。

eXist XML データベースより取り出されるタンパク質 XML 情報:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
< db:results xmlns:db="http://apache.org
/cocoon/xmldb/1.0" query="//protein"
resources="631" >
< db:result id="8" docid="icat-1001.xml" >
  < protein >
    < names >
      < name > Squamous cell carcinoma anti-
gen 1
      </name >
      < name > SCCA-1 </name >
      < name > Protein T4-A </name >
    </names >
    < IPIs >
      < IPI > IPI00412407 </IPI >
    </IPIs >
    < ACCs >
      < ACC > P29508 </ACC >
    </ACCs >
    < ms_data >
      < xdata > 2.4523 </xdata >
      < params >
        < param_1/>
      </params >
    </ms_data >
    < options >
      < option_1/>
    </options >
  </protein >
</db:result >
続く.....
```

次に、複数の検体からの複数の XML データを含むデータ・ストリームから、Server-Side XSLT 処理により、同じタンパク質が同定され、固有のタンパク質の複数検体のデータが統合されて、存在比率、平均値や標準偏差値が算出される。また複数回の XSLT 処理を経て、関連文書ファイルや、NCBI の PubMed や GenBank , EBI のタンパク質データベース等への自動リンク情報が以下のような XSM データ・ストリームへ改編されていく。

Server-Side XSLT 処理により 4 検体分のタンパク質情報を統合化した XML データ:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
< icat xmlns:db="http://apache.org/cocoon
/xmldb/1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.
org/1999/xlink" >
< db:results query="//protein"
resources="1204" sorted_resources="633"
data_num="4" >
  < protein >
    < names >
      < name > Ferritin light chain </name >
      < name > Ferritin L subunit </name >
      < names_combined > 2;Ferritin
L subunit;Ferritin light chain
      </names_combined >
    </names >
    ..... 省略.....
    < ms_data >
      < xdata >
        < groups >
          < group_a >
            < icat-1002 xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLT Cookbook/math" > 5.1588
          </icat-1002 >
          < xdata_freq xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLT Cookbook/math" > 0.5
        </xdata_freq >
          < xdata_avg xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLT Cookbook/math" > 5.159
        </xdata_avg >
          < xdata_sum xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLT Cookbook/math" > 5.159
        </xdata_sum >
          < xdata_sd xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLT Cookbook/math" > NaN
        </xdata_sd >
      </group_a >
```

```

< group_b >
< icat-1003 xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLTCookbook/math" > 1.30
</icat-1003 >
< icat-1004 xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLTCookbook/math" > 2.33
</icat-1004 >
< xdata_freq xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLTCookbook/math" > 1
</xdata_freq >
< xdata_avg xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLTCookbook/math" > 1.815
</xdata_avg >
< xdata_sum xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLTCookbook/math" > 3.63
</xdata_sum >
< xdata_sd xmlns:math="http://www.
ora.com/XSLTCookbook/math" > 0.53
</xdata_sd >
</group_b >
</groups >
</xdata >
..... 省略.....
</protein >

```

6) Scalable Vector Graphics (SVG)

< 基本技術解説 >

Scalable Vector Graphics (SVG) は、W3C でオープン標準として勧告されている XML によって記述されたベクタ・グラフィック言語のことである。XML で記述することで、機能を備えたウェブ・ブラウザ上で閲覧でき、またグラフィックス情報は特殊なソフトウェアを用いることなくテキスト・エディタなどで編集することができる。加えて、表示される描画表示はベクタ・グラフィックであるため、画面表示上で拡大や縮小をしても描写の劣化が起きないという特徴を持つ。

ウェブ・ブラウザとしては、Mozilla Firefox や Apple Safari3.1 以降では SVG の表示は標準実装されている。加えて、市販のグラフィック・アプリケーションである Adobe Illustrator では描画を SVG フォーマットで保存可能であり、また逆に SVG ファイルを取り込んで Illustrator 上で編集可能でもあり、実際にはこれらの SVG Viewer, SVG Editor の機能を備えたソフトウェアを使用して細かい調整を行なっていくことが可能で

ある。

次に例として、SVG を用いて座標軸 (100, 100) の位置に、青く塗りつぶされた円を黒字で描く SVG ファイルを示す。

青い円を描く SVG :

```

< svg xmlns="http://www.w3.org/2000
/svg" version="1.1" >
< circle cx="100" cy="100" r="50"
stroke="black" stroke-width="1"
fill="blue" />
</svg >

```

< 今回の応用 >

ELF の質量分析から得られたおよそサンプル 800 種類の相対的なタンパク質濃度について、XML データから個々のデータを抽出して、複数のサンプルを XSL 再変換でまとめ、加えてタンパクの存在比率、平均値や標準偏差をそれぞれのタンパク毎に XSL 変換過程で計算させる。最後に XSL 再々変換を加えて、座標軸表示に加えて、個々のデータに関連したタンパク質データベースのリンク情報、平均値を座標軸上に小円 Circle としてプロットし、円の半径は存在比率を示し、また標準偏差を直線バーで円の上に重ねて表示させるという SVG グラフィックスに変換することで、ウェブ・ブラウザ上に可視化する。Server-Side XSLT により、最終的に生成される SVG データ・ストリーム:

```

< ?xml version="1.0" encoding="UTF-8"? >
< svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
xmlns:db="http://apache.org/cocoon/xmldb
/1.0"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
height="650" width="800.0" >
..... 省略.....
< rect style="fill: url(#right_to_left);"
height="10.0" width="320"
y="130" x="460" />
< rect height="6.0" width="6.0"
y="155" x="15"
fill="orange" stroke="orange" />
< a target="_blank" xlink:href="./icat_link?
term=&quot;Ferritin light chain&quot;&amp;
IPI=IPI00375676&amp;names_comb=2;

```

```
Ferritin L subunit;Ferritin light chain&quot;
&amp;IPIs.comb=1;
IP100375676&amp;ACC=P02792" >
..... 省略.....
< a target="_blank" link:href="http://srs.ebi.
ac.uk/srsbin/cgi-bin/wgetz?-newId+
[IPI-AllText:IP100375676**] %
26[IPI-NCBI.TaxID:9606]
+-lv+30+-view+SeqSimpleView
+-page+qResult" >
< circle cx="714.6836578518411" cy="153"
r="2.5" fill="green" stroke="#000000"/ >
</a >
< line fill="none" x1="651.5781600385247"
x2="654.3987819284283" y1="153" y2="153"
stroke="red" / >
```

```
stroke="red" / >
< line fill="none" x1="651.5781600385247"
x2="651.5781600385247" y1="149" y2="157"
stroke="red" / >
< line fill="none" x1="654.3987819284283"
x2="657.2194038183319" y1="153" y2="153"
stroke="red" / >
< line fill="none" x1="657.2194038183319"
x2="657.2194038183319" y1="149" y2="157"
stroke="red" / >
..... 省略.....
```

実際の SVG ファイルの一部と、最終的にウェブ・ブラウザ上に表示されたデータ解析結果画像を図 5 に示す。

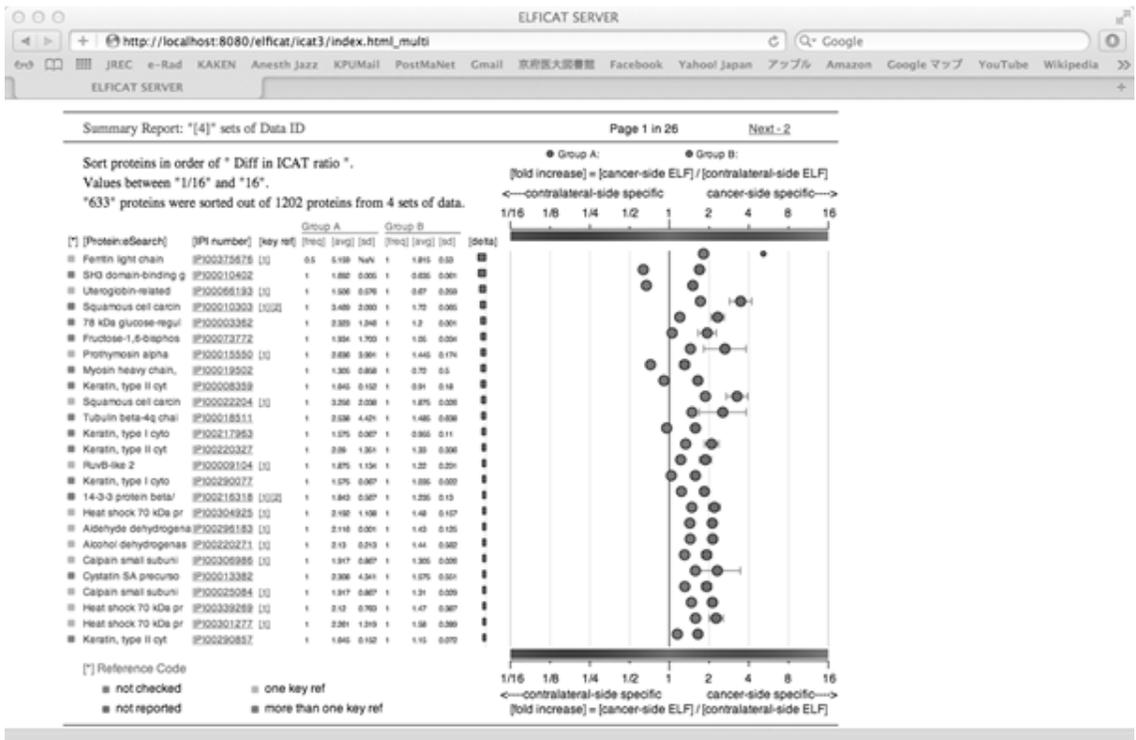


図 5. SVG による解析結果出力画面

7) Server-Side XSLT (Apache Cocoon 2) < 基本技術解説 >

Apache Cocoon 2 の特徴は、簡単には Java で開発されているウェブ・アプリケーション・フレームワークとして、特にサーバ・サイドの XSLT にてウェブ・サイトを構築する点にある。具体的には、様々なコンポーネント処理を連動させて一

連のパイプライン処理として実行させることができる (図 6)。パイプラインの記述は、サイト・マップ (sitemap.xmap) ファイルに統合的に記載する。XML 技術を基盤にし、最終出力は XML, XHTML, PDF, SVG などさまざまな形式での迅速な文書 (コンテンツ) の出版が可能である。Cocoon 2 では以下の 4 つのコンポーネントが主た



図 6. Apache Cocoon 2 ウェブ・サイト画面

るものとして作動することでサービスを提供できるようにになっている (図 7) .

matchers

matchers の用途は、クライアントからの URL などの HTTP リクエスト情報を受けて、正規表現などに基づいて分析し、リクエストに一致するものをみつけて、次の処理に転送をする .

generators

generators は、指定された XML 文書をもとに生成したり、もしくは何らかの情報に基づいて新たに XML 文書を生成したりする . eXist-DB では、matchers で処理されたクライアントからの URL リクエストを受けて、eXist-DB から指定の XML データ構造を取り出し、XML 文章を生成する .

transformers

transformers は、XSLT (XSL Transformations) のスタイル・シート変換に代表されるデータ内容の変換を担う .

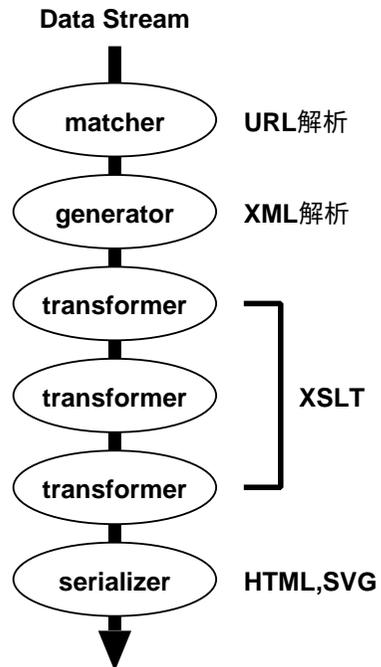


図 7. Cocoon 2 でのコンポーネントを組み合わせたパイプライン処理

serializers

serializer は、一つのデータ・ストリームに対し

て必要な何らかの変更を行ったのちに、その内容をクライアントに配信する。XHTML, HTML, PDF, RTF, SVG, WML, プレーン・テキストなど、多彩な形式へのデータ変換をそれぞれの serializer が担当する。

< 今回の応用 >

次に述べる XSP と Cocoon 2 を通じて生成されたプロテオーム情報の解析ウェブ・サイトを通して、クライアントから送られてくる URL リクエストを matcher が処理して、適正なパイプライン処理へと導く。generator は、eXist にリクエストを転送し、それに基づいて必要なタンパク情報を含む XML ファイルを生成する。transformers は、繰り返し複数の XSL 変換をパイプラインとして繋げ、最終 XSL 変換を通じて SVG スタイルに変換する。最後に serializer が SVG ファイル形式を整えて、XSP に埋め込まれた部分に SVG グラフィクスを含む解析データ結果を返信する。

Cocoon 2 の sitemap.xmap ファイル:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"? >
<!-- sitemap.xmap for http://localhost:8080
/elficat
/icat/sitemap.xmap, ver 3.0, Feb-26-05,
by Teiji Sawa, MD, PhD -->
<map:sitemap xmlns:map="http://apache.org
/cocoon/sitemap/1.0" >
<!-- use the standard components -->
<map:components >
  <map:generators default="file"/>
  <map:transformers default="xslt" >
    <map:transformer name="xinclude"
      src="org.apache.cocoon.transformation.
      XIncludeTransformer"/>
  </map:transformers >
  <map:readers default="resource"/>
  <map:serializers default="html"/>
  <map:selectors default="browser"/>
  <map:matchers default="wildcard"/>
  <map:transformers default="xslt"/>
</map:components >
<map:pipelines >
  <map:pipeline >
..... 省略.....
  <map:match pattern="icat.svg" >
  <map:match pattern="xpath"
```

```
    type="request-parameter" >
  < map:match pattern="id"
    type="request-parameter" >

  < map:generate src="xmldb:exist:///db
/icat3/1/#../1"/>
  < map:act type="request" >
    < map:parameter name="parameters"
      value="true"/>
    < map:parameter name="default.howmany"
      value="25"/>
    < map:parameter name="default.start"
      value="1"/>

  < map:transform src="./stylesheets
/x_sg.xsl" type="xslt" >
    < map:parameter name="sort-by"
      value="sort"/>
    < map:parameter name="max-by"
      value="max"/>
    < map:parameter name="min-by"
      value="min"/>
    < map:parameter name="xpath"
      value="xpath"/>
    < map:parameter name="id"
      value="id"/>
    < map:parameter name="order"
      value="order"/>
  </map:transform >

  <!-- sort first -->
  < map:transform src="./stylesheets
/sg_1.xsl" type="xslt" >
    < map:parameter name="sort-by"
      value="sort"/>
    < map:parameter name="max-by"
      value="max"/>
    < map:parameter name="min-by"
      value="min"/>
    < map:parameter name="xpath"
      value="xpath"/>
    < map:parameter name="id"
      value="id"/>
    < map:parameter name="order"
      value="order"/>
  </map:transform >
  < map:transform type="filter" >
    < map:parameter name="element-name"
      value="result"/>
    < map:parameter name="count"
      value="howmany"/>
    < map:parameter name="blocknr"
      value="start"/>
```

```

</map:transform >
< map:transform src="./stylesheets
/sg_2_svg.xsl" type="xslt" >
  < map:parameter name="sort-by"
value="sort" />
  < map:parameter name="max-by"
value="max" />
  < map:parameter name="min-by"
value="min" />
  < map:parameter name="xpath"
value="xpath" />
  < map:parameter name="blocknr"
value="start" />
  < map:parameter name="howmany"
value="howmany" />
  < map:parameter name="id"
value="id" />
  < map:parameter name="order"
value="order" />
</map:transform >
</map:act >
< map:transform type="encodeURL" />
< map:serialize type="svgxml" />
</map:match >
</map:match >
</map:match >
..... 省略.....

```

8) Extensible Server Pages(XSP)

< 基本技術解説 >

Extensible Server Pages(XSP) は Cocoon 2XML 文書であり、タグに基づいた命令 (ディレクティブ) を含む。簡単には Java Server Pages(JSP) と似ており、HTML タグと Java のロジック・コードを一つのファイルに記述するのが JSP なら、XSP では XML タグと Java のロジック・コードを一つのファイルに記述し、Cocoon 2 の文書生成機構によって変換処理を行う。XSP に含まれる命令は、XSP 組込みの処理タグに加えて、開発者が定義したライブラリ・タグの使用が可能である。

< 今回の応用 >

Cocoon 2 を用いてプロテオーム情報解析ウェブ・サイトを運営する上で、複数の XSP ファイルに記述されて生成されるウェブ画面を通じて、

クライアントは解析オーダを作成し、URL リクエストとして Cocoon 2 サーバに検索リクエストする (図 8)。

Cocoon 2 により提供されるウェブ・サービス画面を生成する Extensible Server Page ファイル (sg.xsp):

```

< ?xml version="1.0" encoding="utf-8"? >
< !- icat.xsp for http://localhost:8080
/elficat/icat/, Feb-26-05,
by Teiji Sawa, MD, PhD ->
< xsp:page xmlns:xsp="http://apache.org/xsp"
xmlns:xdb="http://exist-db.org/xmlldb/1.0"
xmlns:xsp-request="http://apache.org/xsp
/request/2.0"
xmlns:db="http://apache.org/cocoon/xmlldb
/1.0"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999
/xlink" >
< xsp:logic >
private void getAllCollections(Collection
collection, ArrayList collections)
throws XMLDBException {
< !-collections.add(collection.getName());->
String[] childCollections = collection.
listChildCollections();
Collection child;
for(int i = 0; i &lt; childCollections.
length; i++) {
child = collection.getChildCollection
(childCollections[i]);
collections.add(child.getName());
< !-getAllCollections(child,
collections);->
}
}
< /xsp:logic >
< document >
< body >
< !-section- >
< section title="ELFICAT Analysis of a
Single Data Set" >
< h2 > < a href="./index.html" > ELFICAT:
< /a >
Jump to other type analysis pages. < /h2 >
< form name="nav" > < div />
< select name="SelectURL"
onChange="document.
location.href=document.nav.SelectURL.
options[document.nav.SelectURL

```

```

        .selectedIndex].value" >
    < option value="./index.html_single"
        selected="" > A Single Data Set
    </option >
    < option value="./index.html_sum" >
        Multiple Data Sets </option >
    < option value="./index.html_comp" >
        Two Data Sets </option >
    < option value="./index.html_multi" >
        Two Groups Multiple Data Sets
    </option >
    < option value="./index.html" >
        Back to ELFICAT Home </option >
    </select > < div/>
</form >
..... 省略.....
< xsp:logic >
    String value = option.substring(10);
    < xsp:attribute name="value" >
    < xsp:expr > value </xsp:expr >
</xsp:attribute >
    if( id_name != null &amp;&amp;
        id_name.equals(value) ) {
        < xsp:attribute name="selected" >
            </xsp:attribute >
        }
    }
</xsp:logic >
..... 省略.....
< font size="1" > [SVG OUTPUT] </font >
</a >
</tr >
</table > </p >
< p > < object type="image/svg+xml"
    name="omap" width="800" >
< xsp:attribute name="data" > ./icat.
    svg?xpath=//protein&amp;id=
    < xsp:expr > id </xsp:expr > &amp;
    start=< xsp:expr > start </xsp:expr >
    &amp;howmany=< xsp:expr > howmany
    </xsp:expr > &amp;
    sort=< xsp:expr > sort </xsp:expr >
    &amp;
    order=< xsp:expr > order </xsp:expr >
    &amp;
    max=< xsp:expr > max_temp </xsp:expr >
    &amp;
    min=< xsp:expr > min_temp </xsp:expr >
    </xsp:attribute >
< xsp:attribute name="height" > < xsp:expr >
    howmany_samples </xsp:expr >
</xsp:attribute >
</object > </p >

```

```

..... 省略.....
</body >
</document >
</xsp:page >

```

9) Servlet container (Jetty)

< 基本技術解説 >

Jetty はオープン・ソース・プロジェクトとして Java で開発された Java Servlet コンテナ兼ウェブ・サーバである (http://jetty.codehaus.org/jetty/)(図 9) . Java Servlet コンテナとしては、Jakarta Tomcat が有名であるが、Tomcat よりも相当に軽量で軽快で、かつ Tomcat には無い HTTP サーバとしての機能を備えている .

< 今回の応用 >

Jetty に Cocoon 2 を実装した eXist1.4 と、XSP ファイルで構成されるウェブ・ユーザ・インタフェース部分、Cocoon 2 のパイプラインで処理される XSL ファイルのすべてを一つの Apple OS X 用に一つのファイルにパッケージ化し、ワン・クリックですべてインストール可能とした . Java には、Java 1.6.0 を実装する必要がある点と、それに従い Java のホーム JAVA_HOME の環境変数設定のみ、以下のコマンドを通じて、ターミナル・アプリケーションを通じてコマンドラインから設定しておく . ファイルは、ウェブ・サーバ部分は/Library/Java/elficat に展開される . また、起動用のシェル・スクリプトは、/Application/Elficat/elficat.sh として生成される .

```

export JAVA_HOME=/System/Library/Frameworks
/JavaVM.framework/Versions/1.6.0/Home

```

ターミナル・アプリケーションから、シェル・スクリプト Application/Elficat/elficat.sh を実行することで、Jetty が起動する . あとは、ローカル・マシンにインストールしたのであれば、ウェブ・ブラウザを立ち上げて、URL=http://localhost:8080 を指定すれば、Elficat サーバが立ち上がり、解析が可能となる .

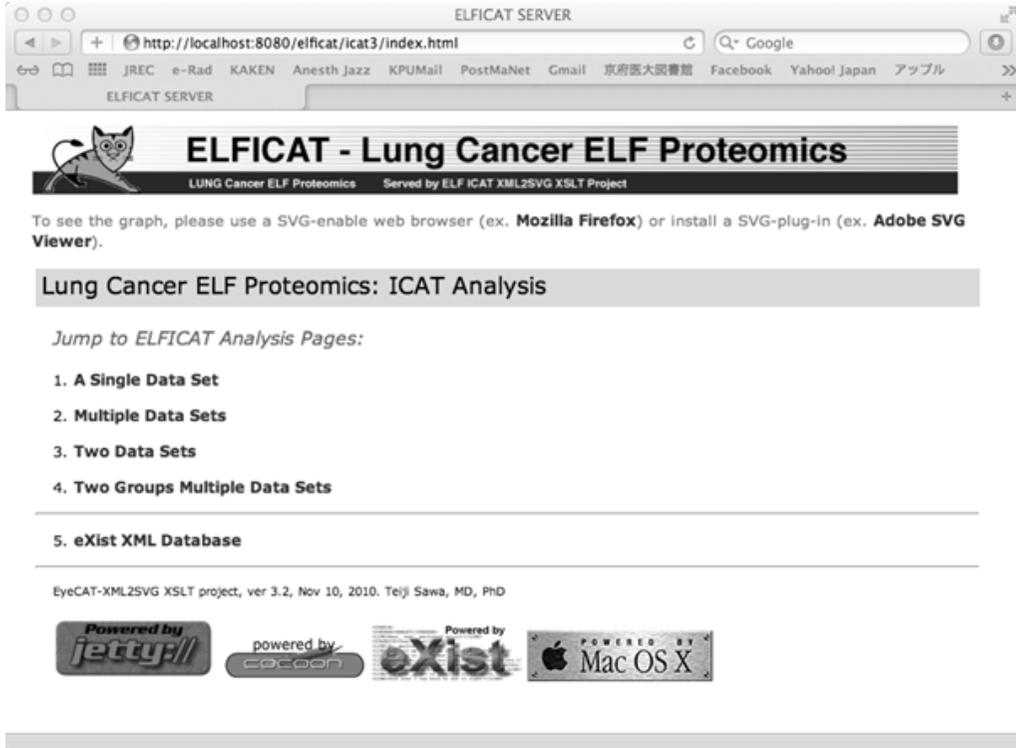


図 8. Cocoon 2 Extensible Server Page (XSP) により生成された肺被覆液 (ELF) プロテオミクス解析サービス画面

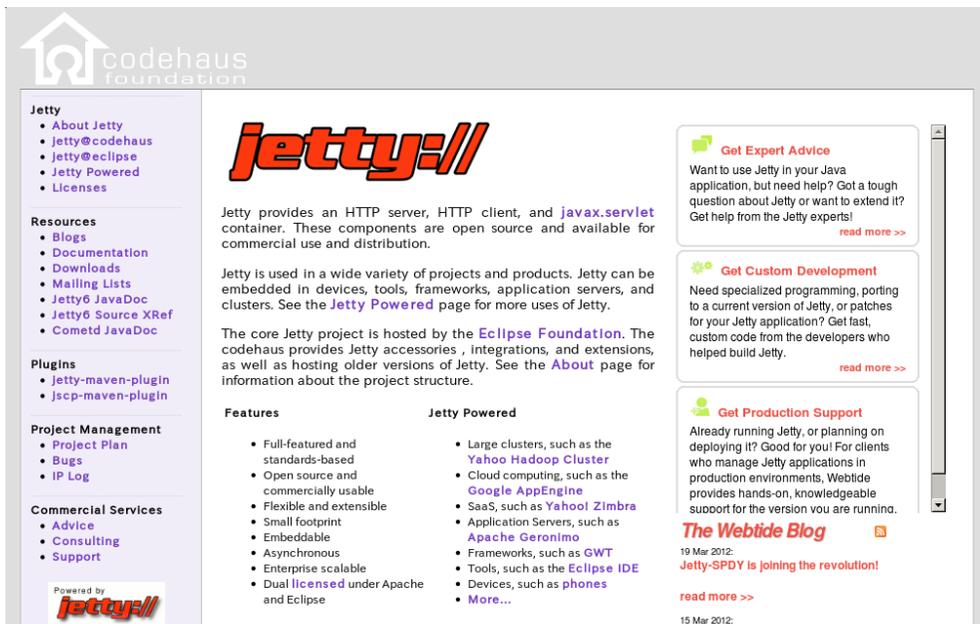


図 9. Java Servlet Container Jetty のウェブ・サイト画面

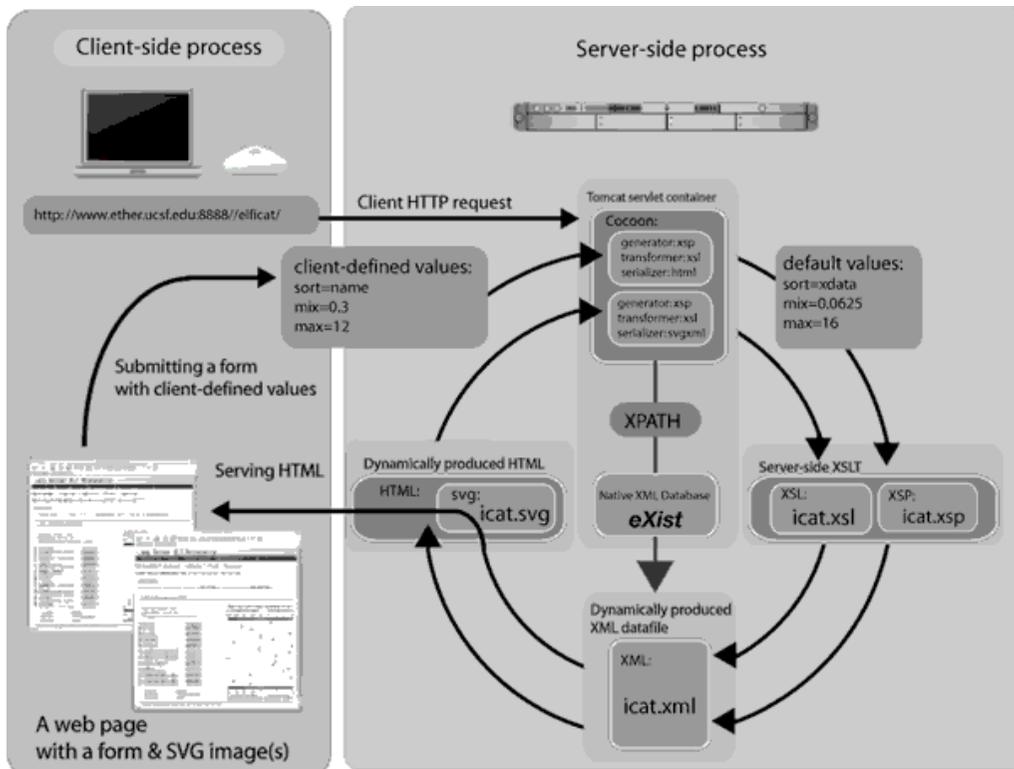


図 10. eXist 及び Cocoon 2 によるプロテオーム解析の総合的な流れ図

10) まとめ

今回、質量分析から得られた肺被覆液に含まれるタンパク質のデータを XML 化して、native XML データベースである eXist、Server-side XSLT を実現する Cocoon 2、Cocoon 2 の Extensible Server Page (XSP) 機能を用いて Java Servlet Container である Jetty で動作させ、クライアント要求に応じて eXist より抽出した XML データを Cocoon 2 のパイプライン処理で複数の XSL 変換を行い、最終的に Scalable Vector Graphics (SVG) 形式に変換し、ウェブブラウザに、他のプロテオーム情報や文献情報とのリンク情報を備えた解析結果として表示させた。図 10 にこれらを総合的にまとめた流れを示す。

かつて大型コンピュータの利用が主流であった時代では、メイン・フレーム・ターミナルというようなコンピュータ利用が一般的であったが、パー

ソナル・コンピュータとソフトウェア技術の発達と共に万人がかつてのメイン・フレーム・コンピュータを手にてきてパーソナル・コンピュータを用いて手元ですべてを処理する時代が訪れた。しかしながら時代の流れは早く、現在では大量データの通信技術の発達とともに、ウェブを通じたクライアント・サービスは、クラウド・サービスに代表されるように再び形を変えてサーバ・クライアントモデルに移行しつつある。ウェブを通じて提供されるサービス構築においても、ネットワークを通じたデータベース連携などにより高度な分析や解析が期待され、高度で複雑なソフトウェア技術への理解が不可欠となっている。本稿では、少しの理解で汎用可能な一部のそれらの技術について我々のこれまでの取り組みを振り返って整理して解説した。大量のデータ分析を外部のデータベースとの連携で行うような処理は、今後、麻酔・集中治療領域においても

求められる．我々の今回の取り組みがこれらの分野でのさらなる実験的な新しい取り組みにつながることを期待して本稿を終える．

参考図書

1. Harold RE, Means WS. XML in a Nutshell. O'Reilly & Associates Inc, Sebastopol, 2001.
2. Fitzgerald M. XML Hacks. O'Reilly & Associates Inc, Sebastopol, 2004.
3. Mangano S. XSLT Cookbook. O'Reilly & Associates Inc, Sebastopol, 2004.
4. Tidwell D. XSLT. O'Reilly & Associates Inc, Sebastopol, 2001.
5. Eisenberg JD. SVG Essentials, O'Reilly & Associates Inc, Sebastopol, 2002.
6. Moczar L, Aston J. Cocoon Developer's Handbook. Developer's Library, Indianapolis, 2003.
7. Brogden B, D'Cruz C, Gaither M. Cocoon 2 Programming. Sybex Inc., San Francisco, 2003.
8. Langham M, Ziegler C. Cocoon: Building XML Applications. New Riders. Indianapolis, 2003.
9. 阪上 徹, 羽生 章洋, 原浩 一郎. Apache Cocoon 2 XML による Web サイト構築とコンテンツ管理. ソフト・リサーチ・センター, 東京 2002.

Development of data analysis software “ Elficat ” by using XML database “ eXist ” and server-side XSLT “ Cocoon 2 ”
 – Application to the proteome analysis of lung epithelial lining fluid –
 Teiji Sawa, Satoru Hashimoto,
 Hiroki Matsuyama, Hiroaki Yasumoto,
 Hideya Katoh
 Department of Anesthesiology, Kyoto
 Prefectural University of Medicine

Storing bioinformatics data in an XML database and visualizing the extracted data by using server-side XML style sheet transformation (XSL) are modern Web-based software technologies that have been mainly developed by Java. In this study, we applied the XML-based software technologies to the analysis of lung epithelial lining fluid proteome. The lung epithelial lining fluid (ELF) was collected by bronchoscopic microsampling (BMS) and the proteome in ELF was analyzed by LC/MS/MS ion search, peptide mass fingerprinting (PMF), and isotope coded affinity tags (ICAT). To visually analyze the proteome data, we developed the proteome analysis software “ Elficat ” by using native XML database “ eXist ”, server-side XSLT “ Cocoon 2 ”, and scalable vector graphics (SVG). We concluded that the XML-based technology we utilized in this study is applicable to various clinical researches in the fields of anesthesiology and critical care medicine.

ABSTRACT

目標 BIS 値が得られるプロポフォール効果部位濃度 esTEC の開発

長田 理 , 畔柳 綾[†] , 尾崎 眞[†]

はじめに

ダイヤルをひねるだけで供給ガス中麻酔薬濃度を連続的に調節できる吸入麻酔薬に比べ、単回投与・持続投与の組み合わせで静脈内に注入される静脈麻酔薬は調節性が劣ることが長年にわたり欠点とされてきた。急速な情報工学の発展により、近年では静脈麻酔薬の体内濃度を予測するリアルタイム薬物動態シミュレーションが臨床応用されるようになった。この結果、静脈麻酔薬の体内濃度（血中濃度・効果部位濃度）を意識した薬物投与が可能になるだけでなく、予測された体内濃度を指定した値となるよう薬物投与をコンピュータ制御する Target-Controlled Infusion (TCI) が開発された。静脈麻酔薬プロポフォールについては商用 TCI ポンプも発売され、血中濃度・効果部位濃度を目標値に変更・維持することが可能となった。この結果、現在では静脈麻酔薬プロポフォールの濃度調節は吸入麻酔と同程度の容易なものとなった。

一方で、薬物濃度の予測に用いられる薬物動態パラメータは母集団分析から得られたものであるため、年齢・身長・体重・性別などいわゆる個体差によるばらつき（個体間変動）や、同一個体であっても体温・体水分量・心拍出量などによる薬物動態のばらつき（個体内変動）を正確に推定することは困難である。このため、実際の臨床現場では麻酔科医はこれらのばらつきを考慮し安全域を確保した薬物投与を実践することが求められ、必要最小限の麻酔薬を投与するために Bispectral Index (BIS) など薬物効果の指標と効果部位濃度との関係を利用して刻々と必要濃度の評価を行っている。希望する鎮静レベ

ルを維持するのに必要な静脈麻酔薬濃度は時々刻々と変化する可能性があるものの、基本的には薬物動態シミュレーションにより計算される効果部位濃度で表現するのが合理的である。この濃度を見いだす能力こそがいわゆる麻酔科医の腕と呼ばれるものである。

既に我々はプロポフォールとフェンタニルを利用した全静脈麻酔において、設定した BIS 値を維持するプロポフォール持続投与と制御システムを開発・報告した^{1,2)}。その後の発展が期待されたものの、複数の医療情報機器が部門システムに接続・統合される現在³⁾では日常的な利用が困難であるため開発は一時中断されていた。そこで本研究では、BIS モニタと TCI ポンプから取り込まれる情報から、設定された BIS 値を得るために当該個体で必要なプロポフォール効果部位濃度 (esTEC: estimated target-effect-site concentration) を麻酔科医に代わって推定するアルゴリズムを開発するとともに、手術部門システム上で動作させることを試みた。

対象と方法

esTEC の定義

全身麻酔の導入前から BIS で表現される鎮静レベルとプロポフォール効果部位濃度の組データ (BIS, ESC_p) を収集し、得られた回帰関数を用いて指定鎮静レベルに必要なと想定されるプロポフォール効果部位濃度を esTEC と名付けた。esTEC は目標とする BIS 値によって異なるため、目標 BIS 値が 45 の esTEC を esTEC₄₅、目標 BIS 濃度が 40 の esTEC を esTEC₄₀ 等と表記することとした。

自治医科大学附属さいたま医療センター総合医学第 2 講座

[†]東京女子医科大学麻酔科学教室

esTEC の特徴として、1) 薬物動態薬力学モデルに従って計算される予測濃度である、2) 薬物相互作用については考慮していないため、薬物相互作用の影響を受ける、という特徴を理解する必要がある。言い換えると、esTEC は「個体ごとに一定」ではなく、生体の置かれた状況や鎮痛薬の併用等によって esTEC は変動するものである。

esTEC を計算するには鎮静レベル (BIS 値) とプロポフォール効果部位濃度の組データ (BIS, ESCp) が全身麻酔導入前から連続的に収集できれば良いため、特別な機器を必要とせず、麻酔部門システムに搭載されたソフトウェアで計算することができる。本研究では BIS 値とプロポフォール効果部位濃度を利用したが、その他の鎮静評価パラメータやプロポフォール以外の鎮静薬を組み合わせについても同様のアルゴリズムで esTEC を求めることが可能である。そのような場合には、esTECp(プロポフォール) や esTECm(ミダゾラム) などと表記することになる。

計算アルゴリズム

BIS 値とプロポフォール効果部位濃度は S 状曲線を描くことから、S 状曲線の代表としてロジスティック関数を利用して目標プロポフォール効果部位濃度を推定することとした。BIS 値とプロポフォール効果部位濃度を 5~10 秒間隔で集計し、保存されたデータを用いて回帰関数をリアルタイムに求め、得られた回帰関数を用いて、目標 BIS 値を得るためのプロポフォール効果部位濃度を esTEC として算出した。この回帰関数を求める際の基本的コンセプトは、BIS 値とプロポフォール濃度のみの関係とすること、濃度区間毎に古い情報は廃棄し新しい情報を組み込むことである。計算手順は次のとおり。

1. プロポフォール投与開始前から BIS を測定する。

すべての症例に対して同一の初期値組 (BIS, ESCp) を設定した

低いプロポフォール濃度時のデータも必要

2. 経時的にデータ (BIS, ESCp) を記録する
プロポフォール投与開始時からデータを収集する
3. S 状曲線による回帰関数をあてはめ、回帰曲線を求める

次式で表されるロジスティック曲線 (変数変換により一次式となる：c の初期値は 30 とし、BIS 値が 30 以下となった場合には BIS の最低値-1 に更新する) を最小自乗法で求める

$$y = 100 - \frac{c}{(1 + e^{(ax+b)})}$$

計算に使用する組 (BIS, ESCp) は 30 組とした

解析における工夫

前述の esTEC 解析アルゴリズムは非常に単純であるが、実際の症例から得られるデータは各種のノイズが含まれるため、様々な工夫を加えることによって判断を誤る危険性を軽減させることが重要である。

単純に最新データを利用して回帰関数を求めると、麻酔導入開始後に記録されるプロポフォール効果部位濃度が低い時点のデータが解析対象から外されてしまい、プロポフォール効果部位濃度の範囲が狭くなることから回帰関数が不安定になってしまうことが問題である。そこで、プロポフォール効果部位濃度を 0~1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、1~2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 以上の濃度帯に分割し、各々の濃度帯ごとに最新データを利用することでプロポフォール解析対象濃度を広範囲なものとする、等の工夫を加えることが重要である。

また、電気メスや体動などノイズが含まれている時間帯の BIS 値は信頼性が低いいため、麻酔科医が BIS を把握する時と同様に esTEC 解析対象から除外することが合理的である。具体的

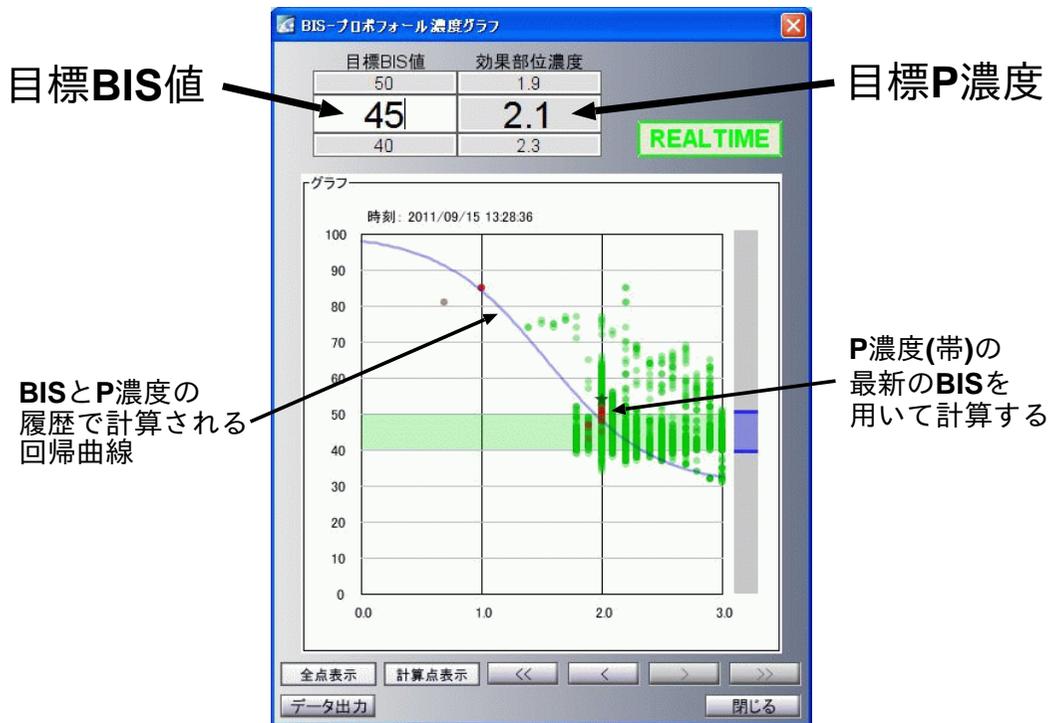


図 1.

には、低 SQI/高 EMG のデータを信頼性の低いデータとして除外する等の方法が利用される。

以上の方法により日本光電社製部門システム GAIA 上で動作する追加ソフトウェアを開発した。更にプロポフォル・レミフェンタニルを用いた全静脈麻酔において維持プロポフォル濃度が esTEC45 近傍 ($|維持プロポフォル濃度 - esTEC45| < 0.1 * esTEC45$) および esTEC40 近傍 ($|維持プロポフォル濃度 - esTEC40| < 0.1 * esTEC40$) で維持された場合の BIS 値の分布を調べることで、esTEC の信頼性についても検討した。

結果

esTEC 計算ソフトの開発

目標 BIS 値が得られるプロポフォル効果部位濃度 esTEC 算出アルゴリズムを、日本光電社製部門システム GAIA 上で動作するソフトウェアとして作成した。本ソフトウェアは生体情報

モニタと同様にデータを収集して計算値を表示するものであるため、生体への影響は一切ない。

動作中の画面を図 1 に示す。収集された全ての組 (BIS, ESCp) がグラフ上にプロットされ、そのうちで esTEC 算出に用いられた最新の組は濃く表示されている。初期値および濃く表示されている点から計算される回帰曲線がグラフ上に表示され、この曲線が指定された目標 BIS 値および ± 5 となる目標プロポフォル効果部位濃度 ($\mu\text{g}/\text{mL}$) がリアルタイムでグラフ上部に表示される。なお、初期値は赤褐色、ノイズが強いため除外された点は灰色で表示されている。

esTEC の信頼性

手術患者 1 症例の麻酔記録から維持プロポフォル濃度が esTEC40 および esTEC45 近傍 (誤差が 10% 以内) である時点を抽出し、BIS 値の分布をヒストグラムで表示した (図 2 及び図 3)。esTEC が適切に計算されていると理想的には BIS 値が 40 ないし 45 となるが、どちらも釣鐘

esTEC₄₅でのBIS値の分布

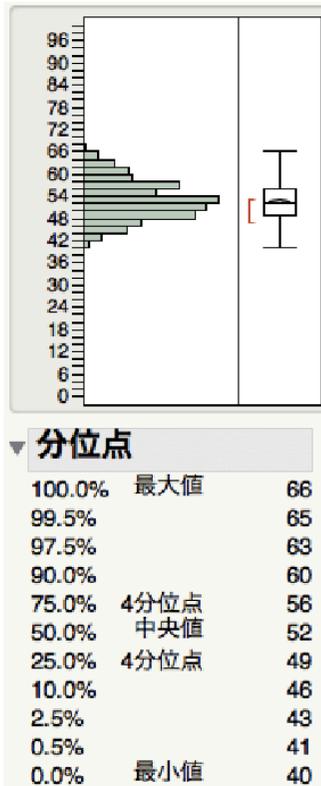


図 2 .

esTEC₄₀でのBIS値の分布

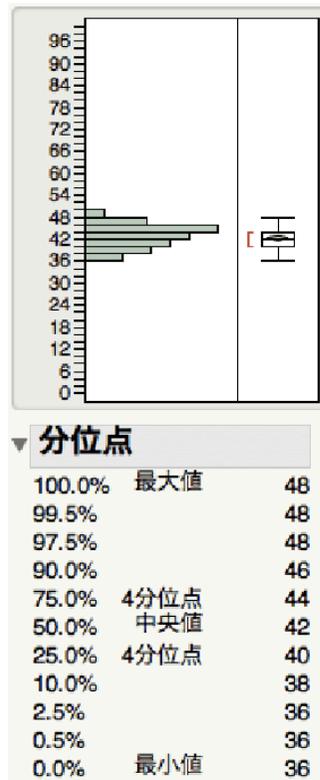


図 3 .

型の分布を示していた。

プロポフォール目標濃度が esTEC₄₅ の場合、中央値が 52 と目標 BIS 値からのずれが大きい。うえ、全体の 10 %程度で BIS 60 となっていた。

一方、プロポフォール目標濃度が esTEC₄₅ の場合には、中央値が 42 とほぼ目標 BIS 値であった。うえ、覚醒の危険性が生じる BIS 60 となる症例はなかった。さらに、プロポフォール目標濃度が esTEC₄₅ の場合に比べて分布幅が小さかった。

考 察

本研究において新たに開発した指定鎮静レベルに必要と想定されるプロポフォール効果部位濃度を表す臨床指標 esTEC は、麻酔部門システ

ムに組み込まれた計算プログラムによって算出することができる。すでに麻酔部門システムが構築されている状況では BIS モニタやシリンジポンプからのデータ出力ポートが既に使用されているため、これらの情報を必要とする専用ハードウェアとの共存が困難である。しかしながら今回採用した麻酔部門システム内にソフトウェアを組み込む形態では、麻酔部門システムと共存が可能である。また、麻酔部門システムの記録を利用することでリアルタイムのみならずオフラインでの解析が可能であるため、過去の麻酔記録から各時点での esTEC を計算することも、臨床現場でリアルタイムな麻酔管理の指標としても利用することができるという優れた特徴を持っている。

今回作成したプログラムは日本光電社製部門システム GAIA 上でリアルタイム/オフラインでの動作することが確認された。得られたデータに関する検証作業はわずか 1 症例が対象であったものの、得られた数値は現場の麻酔科医にとっても受け入れやすい現実的な数値であった。今後は数多くの臨床症例において様々な状況での動作確認を行い、プロポフォル目標濃度が esTEC で維持された場合の BIS 値が設定値 (分布の中央値) となるよう帰関数の予測精度を一層向上させることが課題である。

日常の麻酔管理において esTEC が利用できるようになると、個体差に対応したプロポフォル投与調節を容易に実現することができる。例えば、全身麻酔の導入時など個体差の把握に時間を要する時期においても速やかにかつ手間なく適切なプロポフォル目標濃度が計算・表示されるため、過量投与・過小投与に伴う循環虚脱や再覚醒のリスクが大きく減少するであろう。また、手術・麻酔の経過中の体温上昇/低下や心拍出量の変化など環境変化や併用鎮痛薬の濃度変化によってプロポフォル必要濃度の変化に対しても、鎮静レベルを一定に維持するよう esTEC が変化することでプロポフォル目標濃度を適切に調節することが可能である。

将来的には TCI 目標濃度を求められた esTEC に指定することで、プロポフォル投与の自動調節が可能となる。自動制御を実用的なものとするためには、esTEC を計算するための目標 BIS 値をいくつにすれば良いのかが課題となる。今回行った限定的な検証では、臨床的に用いられている BIS 値が 45 となるような調節では、一時的に BIS 値が 60 を超えることから術中覚醒を来す危険性がある。このため、安全域を考慮して BIS 値が 40 程度を目標 BIS 値としてプロポフォル投与を調節するか、万一 BIS 値が上昇

した場合に素早く対処できるアルゴリズムを自動制御システム内に組み込む必要がある。また、esTEC が安定する麻酔管理に必要な条件を探求することにより、理想の全身麻酔に要求される条件が明らかになるであろう。

我々が以前開発した指定した BIS 値を維持するようプロポフォル投与を自動調節するシステムでは、手術中に利用できるオピオイド鎮痛薬がフェンタニルのみであったため鎮痛薬と鎮静薬の相互作用を考慮する必要性が少なく、鎮痛薬濃度の影響を無視してプロポフォル投与調節を制御していたことが限界であった²⁾。esTEC を用いた客観的な麻酔管理では、併用鎮痛薬の影響を客観的に解析することができるため、バランス麻酔を客観的に評価するツールとして利用可能である。今後の研究により鎮痛薬と鎮静薬の相互作用が定量的に解明されることで、閉鎖制御系による精度の高い自動投与制御システムが近い将来開発されることが期待される。

参考文献

1. Osamu Nagata : A computer-assited system for total intravenous anesthesia (CAS-TIVA) : man-machine interface and clinical practice. State-of-the-Art Technology in Anesthesia and Intensive Care, No. 1168, p155-162, Elsevier Science B.V., Amsterdam, Netherlands, 1998
2. 山縣克之, 長田 理, 岩切裕子, 尾崎 眞 : BIS によるプロポフォル投与制御システムはどこまで実用的か? - 生体腎移植患者の麻酔管理症例の検討 - . 麻酔・集中治療とテクノロジー 2002 . 太田吉夫ほか編 . 東京, 克誠堂出版, 2002 , p19-24
3. 吉田祥子, 長田 理, 嵐 朝子, 成島光洋, 山崎隆史, 尾崎 眞 : 静脈麻酔管理に対応した自動麻酔記録システム . 麻酔・集中治療とテクノロジー 2009 , 重見研司・橋本 悟・田中義文編集, 克誠堂出版, 東京, 2012 , p93-97

学術集会開催に際し情報発信の手段として ソーシャル・ネットワーキング・サービス利用の試み

寺井岳三

はじめに

著者は2011年5月に第41回日本ペインクリニック学会関西支部学術集会の会長を担当した。学術集会の情報発信の手段としてウェブサイトを立てるとともに、ソーシャル・ネットワーキング・サービス (Social Networking Service: SNS) である Twitter と Facebook の利用を試みたので、その有用性について報告する。

方法

2010年5月、学術集会開催1年前にウェブサイトを立てた。開催4ヶ月前の2011年1月、学会会員宛てに開催案内・演題募集のお知らせの葉書を送付するとともに、ウェブサイトのトップページと会長挨拶のページに Twitter と Facebook のアイコンを作成し、アカウントをリンクさせた (図1)。学術集会に関する情報に Twitter につぶやくことで随時発信し、書き込んだツイートは、Facebook のウォールに自動的に書き込まれるように設定した (図2)。

結果

2011年1月から学術集会開催後の2011年6月まで、5ヶ月間で計40回書き込んだ。書き込み内容は、

- ・一般演題募集の案内、応募状況について。
- ・一般演題募集期間終了後、演題の集まりが少なかったため期間延長の案内。
- ・2011年3月11日に発生した東日本大震災をうけて、学術集会を予定通り開催すること。

大阪労災病院麻酔科



図1：学術集会ウェブサイト Twitter と Facebook へのリンクボタンを作成



図2：Twitter に書き込んだツイートは Facebook のウォールと連携

- ・特別講演，教育講演，シンポジウムの演者紹介と講演内容の紹介。
- ・超音波ガイド下神経ブロックハンズオンセミナーの案内と受講申込状況について。
- ・学術集会終了後、学会誌に投稿するための抄録原稿提出の依頼について。

などであった。

日本ペインクリニック学会関西支部の会員数は485名であったが、Twitterのフォロワーは1名で会員ではなかった。Facebookの友達リクエストは6名であった。訪問履歴が残らないので実際に閲覧した人数は不明であった。

当日の参加者は、237名であり、前年の学術集会参加者数とほぼ同じ人数であった。

考 察

学術集会の情報発信の手段として、ウェブサイトを立ち上げることが多いが、サイトを閲覧されない限り情報が伝わらない。メーリングリストやメールマガジンの利用は、学会としてすでに整備されていればよいが、会員のメールアドレスが不明であれば、新たに作成するのは困難である。一方でSNSを利用すれば、会長のつづやきをリアルタイムに伝えることが可能となる。

今回、SNSの中でTwitterとFacebookを利用した。Facebookは個人のウォールで開設したため、幸いにも友達リクエストが少なかったが、友達リクエストが殺到した可能性があったことは反省点である。Facebookページ(旧ファンページ)を用いれば、友達になる必要はなく“いいね!”をクリックした人数からフォローしている人数を把握できるので管理しやすい。

TwitterとFacebookでは、それぞれに長所短所がある(表1)。Facebookは実名登録制であるため匿名のTwitterに比べると情報を発信する会長にとって安心感がある。一方でFacebookの利用者は2011年7月には世界で約7億5千万人を突破しているものの、本邦ではまだFacebookユーザーは500万人と少なく、利用者が1000万人を超えているTwitterには及ばない。パソコン利用による訪問者数の推移では、Facebookは増加しつつあるがTwitterに比べるとまだ少なく、2011年6月ではTwitterの1451万6千人に比べてFacebookは871万7千人である¹⁾(図3)。Twitter利用者の中でFacebookも利用して

表1: Twitter と Facebook の比較

	Twitter	Facebook
登録名	匿名	実名
友達登録	承認不要 一方的	承認必須
つながり	特定の話題に共鳴した人たちが集まるゆるい空間	個人同士での直接的、現実的なコンタクトが基本

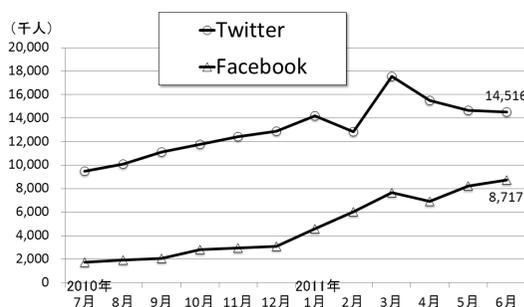


図3: Twitter と Facebook のパソコン利用による訪問者の推移

いる人は36%、逆にFacebook利用者の中でTwitterも利用している人は56%と言われている¹⁾。したがって、TwitterとFacebookを連携させることでより多くの利用者を獲得することが期待できる。

今回の結果からは、SNSを利用している会員がもともと少なく使い方を十分に理解されなかった可能性もあり、実際にどれだけの会員がSNSを利用して閲覧したかは不明であった。SNSは情報発信の手段として大きな価値があると思われるので、著者の希望であるが、今後積極的な利用が望まれる。

まとめ

学術集会の情報発信の手段としてSNS(TwitterとFacebook)の利用を試みた。SNSは有用な情報発信の手段であると思われるので、学術集会の会長はSNSを積極的に利用されることを希望する。TwitterとFacebookの連携を推奨する。

参考文献

1. <http://blogs.itmedia.co.jp/saito/2011/07/mixi-twitter-fa-b950.html>

ABSTRACT

Trial of social networking services as means of communication for the meeting of the society

Takekazu Terai

I had an opportunity to preside the 41th annual meeting of Kansai Branch of the Japan Society of Pain Clinicians in May 2011. I opened a website as a means to send the information regarding the meeting to the members of the society and, furthermore, attempted to use social networking services (SNSs) such as Twitter and Facebook. I report the usefulness of SNSs as means of the communication with the members of the society.

Method:

I opened a website in May 2010, just one year before the meeting. In January 2011, four months before the meeting, I sent a postcard with the information regarding the meeting to the members and opened a Twitter and a Facebook account for the website. I could tweet on Twitter anytime, and since the Twitter and Facebook accounts were linked, my tweet was also published on the Facebook wall.

Result:

I tweeted 40 times in five months from January 2011 to June 2011. There was only one

follower on Twitter, who was not a member of the society. In addition, six people sent friend requests on Facebook.

Discussion:

The members cannot access the information on the website unless they read the website, but they can be updated in real time by following the president's tweets on Twitter or Facebook. Although one can register on Twitter anonymously, Facebook requires one's real name for registration. Therefore, Facebook is reliable because the president can know who has registered. On the other hand, although there were approximately 750 million Facebook users in the world in July 2011, which is a breakthrough, Facebook still has only 5 million users in Japan; it is not as popular as Twitter, which has more than 10 million users in Japan. Therefore, I expected to acquire users by linking the Twitter and Facebook accounts, but the number of members, from approximately 500 members of the Kansai branch of the Society, who really read the real time information on Facebook and Twitter is unknown.

Since SNSs are a useful means of communication, I hope that more presidents of the meeting will use SNSs in future. I recommend publishing tweets from Twitter to Facebook Pages.

Key word:

Social networking service, Facebook, Twitter

*Department of Anesthesiology,
Osaka Rosai Hospital,
1179-3, Nagasone-cho, Kita-ku, Sakai-shi,
Osaka 591-8025*

iPad を用いた FileMaker Go による看護師 術前訪問データベースの作成

吉川 武樹, 惣谷 昌夫

はじめに

現在、愛媛大学医学部附属病院では手術部の看護師が手術前日に患者を訪問し、術前の看護師の評価・患者説明等を行っている。現在は術前訪問用紙(図1)という紙を用いた紙運用で行っている。訪問用紙に、必要な評価項目を、まず電子カルテから転記し、次にそれをもって患者を訪問し患者の評価を行っている。

今回、術前訪問で得られたデータの蓄積を厳密にするため、集めた情報の電子化・データベース化を目指した。また、患者のもとに持ち運びできる携行性の高さや動画や画像のマルチメディアに対応できることから、iPad を用いた FileMaker のデータベースを作成することを着想した。

術前訪問用紙

患者名		病室()		データ:	
科	[アレルギー]	性別:		年齢:	
[手術までの経過]		[既往歴]			
[受け止め方]					
[現病状]					
<input type="checkbox"/> 変わったことない <input type="checkbox"/> 本/日 開始年齢: 才 中止年齢: 才					
身長:	cm	皮膚の状態:	正常	乾燥・滲漣・浮腫・骨突出・跛行	
体重:	kg	体温:	℃	異常・動揺: なし	
問題なし					
オムツ・留置カテーテル・ストーマ					
原拍:	回/分	呼吸状態:	正常	SpO2: %VC PEFV1%:	
不整脈(心電図):		異常なし			
貧血:	有・無	[関節可動域] (手術体位はとれますか? 日常生活動作の自立レベルは?)			
問題なし					
<input type="checkbox"/> 意識レベル <input type="checkbox"/> 見当識障害 <input type="checkbox"/> コミュニケーション障害 <input type="checkbox"/> 麻痺・しびれ <input type="checkbox"/> 視力 <input type="checkbox"/> 聴力			<input type="checkbox"/> 自分の性格: <input type="checkbox"/> 今回の入院および手術について気がかりなこと		
[投薬・関係]	[安全・防衛]	DVT 予防の説明: 未・済			
職業:	<input type="checkbox"/> 感染症 <input type="checkbox"/> 褥瘡	BGM・DVD 準備			
[その他]		[病室・手術部位]			

図 1: 術前訪問用紙

愛媛大学医学部附属病院麻酔科蘇生科

方法

当院の電子カルテネットワーク上の電子カルテ端末に FileMaker サーバを立ち上げ、クライアントとして iPad に FileMaker Go を導入した(図2)。FileMaker Go 上で入力する内容は、これまで使用していた術前訪問用紙をもとに作成した(図3~9)電子カルテより取得できる患者の基本情報等(患者氏名・年齢といった患者の情報だけではなく、現病歴や既往歴等カルテ情報を含めた情報)は訪問の事前に FileMaker サーバにインポートしておいた。手術部看護師が iPad をもち患者の元へ訪れ、残りの必要事項を入力し、データを蓄積していった。

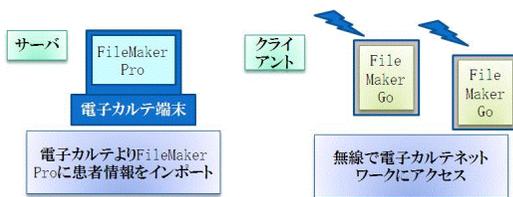


図 2: システム構成図

結果

特に紙とかわらなく運用できた。ただし、複雑な長文を入力するのは iPad のインターフェース上困難を伴うケースがあった。

考察

紙運用から電子媒体運用にすることで、電子カルテより、患者の基本的な情報を転記しなくてよい分は楽になったと考える。それによる転記ミスやもれの防止・時間の短縮につながる。

ソフトウェアキーボードによる iPad の入力インターフェースを考えると、入力はタッチしての選択式に作りこむ方がよりよいと考えられる。立ったまま操作することも考え、極力文字入力は減らしたいところである。

また、立ったままの操作が考えられるので iPad はむきだしではなく、取っ手等持つところがついたカバーをつけるほうが操作面ではよいのかもしれない。

現在、手術部看護師による手術を受ける前の患者説明用の動画を作成しているので、動画や画像を用いたマルチメディアでの患者説明も今後考えている。

今後の課題としては、電子カルテと本データベースの連動、データの二次利用への応用が考えられる。

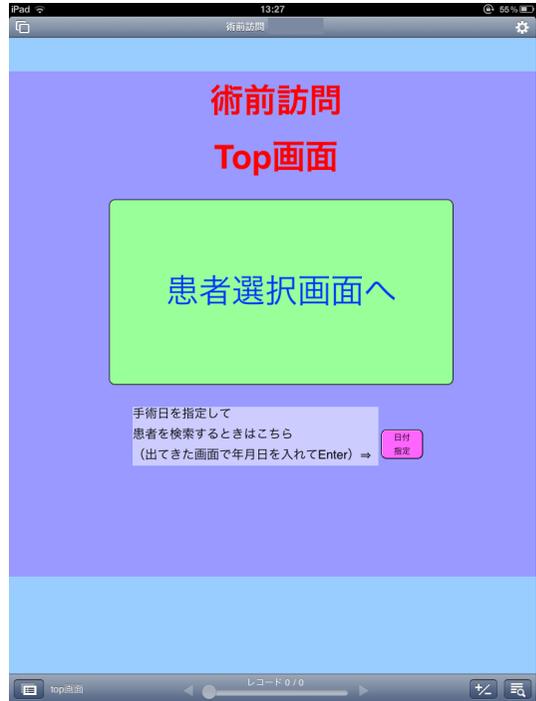


図 4 : Top 画面

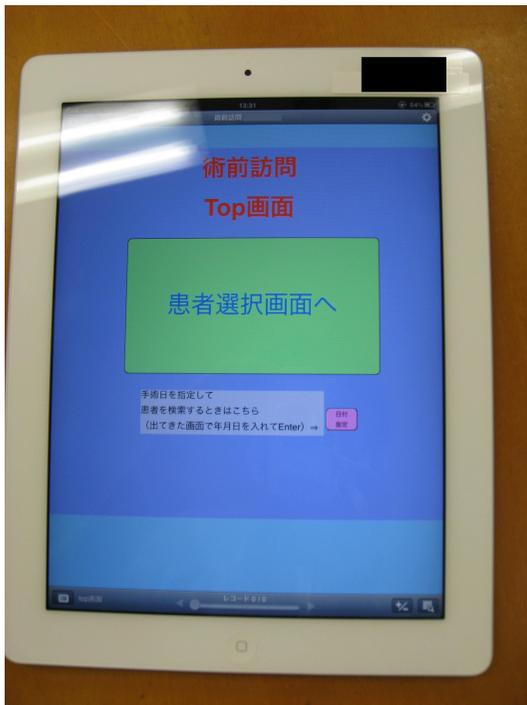


図 3 : iPad での FileMaker Go 実行



図 5 : 患者選択画面

図 6 : 入力画面 1

図 8 : 入力画面 3

図 7 : 入力画面 2

図 9 : 入力画面 4

参考文献

1. 野沢直樹: FileMaker Pro11 スーパーリファレンス for Windows & Macintosh, 2010 , ソーテック社
2. 野沢直樹 , 村上 弘子: iPad 2 Perfect Manual, 2011 , ソーテック社

ABSTRACT

Making FileMaker Go database of preoperative visit of nurse by using iPad
Takeki Yosihkawa , Masao Soutani

Now, in Ehime University Hospital, the nurses of the operation department visits a patient on the day preceding an operation, and is giving evaluation, patient explanation, etc. of a nurse before an operation. Paper employment of posting required evaluation criteria from an electronic medical recoding system first using paper called a visit paper, then visiting a patient with it, and evaluating a patient now is performed. Since it responded to the height of the electronization and database creation of

information, and carrying nature and the multimedia of an animation or a picture which were collected in order to make accumulation of data strict, it hit on an idea of creating the database of FileMaker this time using iPad. The FileMaker server was started to the electronic medical recoding system network of the hospital, and FileMaker Go was introduced into iPad as a client. Preliminarily, from the electronic medical recoding system, the patient's basic information are imported, then nurses visit patients with iPad, and inputted necessary information, and it stored data. It has applied without paper and instead of. However, inputting a complicated long sentence had a case accompanied by the interface top difficulty of iPad. The application to patient explanation by animation and picture multimedia, linkage of an electronic medical recoding system and this database, as a future subject and secondary use of data can be considered.

Key word: iPad, FileMaker, database
Department of Anesthesiology & Resuscitology Ehime University School of Medicine Shit-sukawa, Toon, Ehime, Japan

血液ガスデータを，Webを利用して手術室へ転送するシステム —検体の移動に関する問題点と各種データ転送方法の検討—

惣谷昌夫，吉川武樹*，土手健太郎†，長櫓 巧‡

はじめに

血液ガスのデータは手術室での周術期患者管理に有用である．近年の血液ガス分析器では血液ガス (PO₂, PCO₂, pH) だけでなく電解質，乳酸値，さらにはビリルビン，クレアチニンなどの測定も可能になっているものもある．これらの血液ガスをはじめとする検査結果は速やかに結果をフィードバックしなければならない状況が多く，特に手術室ではそうした要求が強いと思われる．当院でも血液ガス分析器 (ABL-835: RADIOMETER 社製，以下 ABL と略す) を手術部に設置し，運用している．

血液ガス分析装置運用の問題点

当院で使用している血液ガス測定装置は結果の印字まで含めると測定に1検体あたり約100秒を要する．さらに測定結果を印字した後も約50秒は電極，回路の rins のため測定ができない状態となる．当院手術部では最大9列の麻酔科管理手術が行われるが，時間帯によっては検体が同じ時間帯に発生し，前述の測定できない時間のために待ち時間が生じる．麻酔科医が検体を運搬，設定を行う場合は，麻酔業務に支障を生じる可能性があり，外回り看護師に依頼する場合には，看護師の手術補助業務に支障が生じることもある．

問題点改善への道筋

測定装置が1台である以上，各手術室から測定装置へ検体を物理的に移動することは避けられず，その時間をなくすことは不可能である．しかし，検体の測定装置への設定が自動化され

ば，測程毎の電極の rins や定期的に行われる電極の校正など測定できない時間を待つことはなくなる．さらに，測定結果を要求する麻酔科医 (状況によってはその他の医師や臨床工学士) のもとへ自動的に届ける方法があれば測定及び結果印字を待つ時間も必要なくなる．結果を手術室に持ち帰る必要がなければ検体を運搬したスタッフは，手術室へ直ちに帰ることができるし，場合によっては手術室への機材の搬送など，他の仕事へ回ることも可能となる．

1点目の解決策として，ABL-800 シリーズでは FLEX-Q システムと称する検体の自動設定のためのシステムがある．これは専用の検体容器 (safe-PICCO[®]) を使用することで測定装置が校正や rins を行っている状態であっても検体を3つまで受け付け，受け付けた順番に自動的に検体の吸引，測定を行うシステムである．ただし，このシステムは検体容器が最低 700 μ L の検体容量を必要とするため乳幼児などでは使用しにくい．

2点目の解決策として考えられるのが測定装置から出力された結果を麻酔科医 (または当該手術室) へ届けるためのデータ転送システムである．今回の発表と，2012年6月の日本麻酔科学会での発表において我々は今回作成したシステムについて発表した．

方法

ハードウェア

今回作成したソフトウェアのために必要とされ

愛媛大学医学部附属病院 麻酔科蘇生科

*愛媛大学大学院医学研究科 医療情報部

†愛媛大学医学部附属病院 集中治療部

‡愛媛大学大学院医学研究科 生体機能管理学

るハードウェア (PC) 上の要件は RS-232C ポートであり，これと血液ガス測定装置のシリアルポートをクロスケーブルで接続する．ただし，最近の PC には標準では RS-232C ポートがないものもあり，この場合は，USB 経由のシリアルポートアダプタが必要となる．(今回の発表の時点ではアダプタ経由での動作は確認していない．)

ちなみに ABL シリーズにはネットワークポートが装備されているのだが，当院では中央検査部へのデータ転送を想定してネットワークポートが占有されていたためこのような仕様とした．
OS

システムは UNIX 上で動作する．今回は，Vine Linux 6.0 を OS として使用し，データの転送 (参照) と保存のために apache 2.0，postfix 2.3，postgresql 9.0 をインストールした．これらのソフトウェアはすべてフリーソフトであり，広く使用されていると思われるので，インストールや基本的な設定の方法等は他の情報源に譲ることにする．設定上の注意点として患者に関する情報 (検査値) をやりとりする今回のソフトウェアは電子カルテのネットワークを使用することを想定しているが，このような閉じたネットワークでは正しく設定された DNS が存在しない場合や，各クライアントの名前が正しく設定されておらず逆引きができなかったりすることも多い．その場合に，直接 IP アドレスによるメール受信の設定を行う必要がある等の理由から，サーバ機能の実装やクライアントの設定に関して，ある程度の知識が必要である．

自作ソフトウェア

今回 2 種類のソフトウェアを perl で作成した．まず第 1 に測定装置のデータを取り込み，保存するソフトウェアである．RS-232C ポートに対して ABL が送ってくるデータはテキストデータで，行頭に挿入された識別子により患者情報，手動で入力された情報 (酸素濃度など)，測定されたデータを識別できる．サンプル ID が必ず最初に送られてくるので，受信データを 1 行毎にループで

ABL Data display file:///Users/mansel_dumm/Documents/UpToDate/...

Found 2 data.

Full Data	sampling time	Room	FI02	pH	PCO2	PO2	SO2	ABE	Hb	Hct	Na	K	Ca	Glu	Lac	臨床データ
Full Data	2011/11/25 15:06:00	8	100.0	7.419	39.5	336	100.0	1.1	10.4	32.1	132	3.9	1.10	79	26	臨床データ
Full Data	2011/11/25 14:26:00	8	100.0	7.406	41.0	173	99.7	1.0	9.2	28.6	130	4.0	1.02	54	30	臨床データ

図 1a Web 経由リスト表示

RADIOMETER ABL 800 FLEX

2011/11/25 15:06:00

サンプル sample No. 3260

患者情報

Patient ID	8
FI02	100.0 %
T	37.0 Cel
サンプルタイプ	動脈血

血液ガス

pH	7.419
pCO2	39.5 mmHg
pO2	336 mmHg

T-stat

pH(T)	7.419
pCO2(T)	39.5 mmHg
pO2(T)	336 mmHg

Acid-Base Balance

ABE	1.1
HCO3-	7.419
pCO2	25.1
tCO2	59.0 Vol%
SBE	1.1 mmol/L
AnionGap.K	4.8 mmol/L

Oximetry

tHb	10.4 g/dL
sO2	100.0 %
FO2Hb	97.8 %
FCOHb	1.4 %
MetHb	0.8 %

Electrolyte

Na	132 mmol/L
K	3.9 mmol/L
Cl	106 mmol/L
Ca	1.10 mmol/L

代謝項目

Glu	79 mg/dL
Lac	26 mg/dL

Condition of Oxygenation

tO2	15.1 Vol%
-----	-----------

図 1b 紙出力様式に準拠した Web 出力

処理し，最初に取得したサンプル ID をキーとして登録したデータベースのデータを ABL からのデータ受信の度に更新する仕様とした．これは測定条件等によって測定・送信するデータの項目の数が異なることがあるためである．なお，初期

型ではこのデータベースをテキストデータベースとして作成したが、処理速度の問題や参照ソフトがデータ読み出しを簡潔に行う必要があり、後期型で PostgreSQL データベースに変更した。さらに改良版では、データの最後に送られてくるフッタの行を認識した時点でその時のサンプルIDで登録されたデータを読み出して、部屋番号に基づいたメールアドレスへのメールを作成、送信する機能を追加した。

第二のソフトウェアは、Web ブラウザから呼び出される CGI プログラムである。ブラウザから呼び出すことによりデータベースに登録されている全データをリスト表示する。また、呼び出し時にオプションをつけることにより部屋番号や日付でデータを限定して表示できるようにした。

例：http://192.168.1.101/cgi-bin/disp.cgi?room=8&day=2

「部屋番号 8 のデータを直近 2 日間分表示」

さらに、このリスト表示のみでは項目が横に並ぶために表示できる項目数に制限があることと、リスト表示そのものが 2 行目以降のデータを読む時に見づらかった。そこで、リストの各データからリンクを張り、指定データの全項目を通常印字されるフォーマットと同じに表示できる CGI ソフトも追加した。

運用

safePICCO[®]と上記ソフトウェアとの運用により、校正の時間帯も含めて、待ち時間無しに検体をセットし、結果を待たずに業務に戻れるようになった。

結果

結果の参照 1

Web 経由でのデータ参照の図を示す。(図 1-a,b) 基本的なパラメータについてはリスト表示のみでも十分であり、経時的な変化を見ることが出来る。ただし、記録を書く上ではその他のデータも必要になるので、紙での出力に準拠し

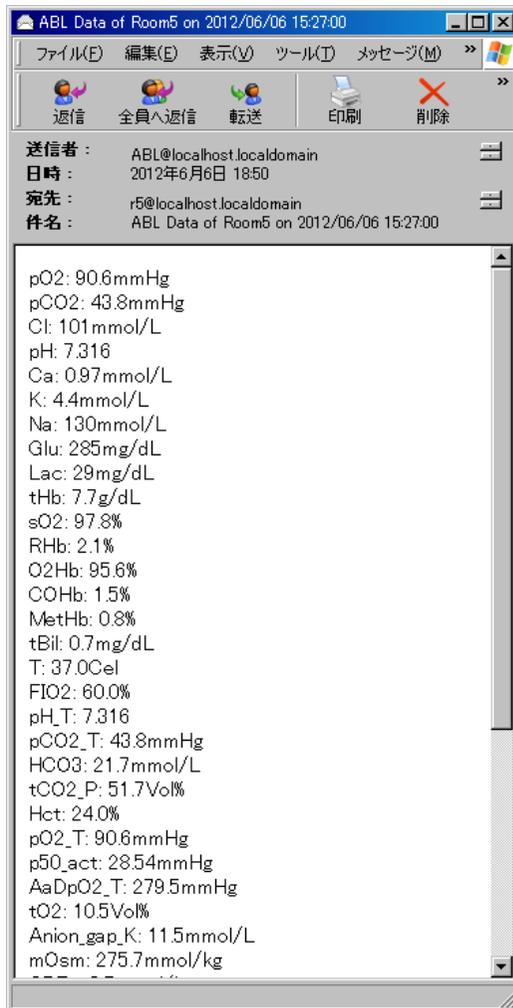


図 2 メールでのデータ参照画面

た書式の Web 出力も用意した。

結果の参照 2

メールでのデータ参照の画面 (Outlook Express[®]での画面) を示す。(図 2) メールメッセージが独立したウィンドウで表示されるので、サンプル毎にメールを送るようにして、紙での出力に近い書式でメール本体を構成している。

サンプルの取り扱いに関する問題点

今回のシステムの運用においてもっとも問題と考えられる点はサンプルと患者の関連付である。患者 ID とサンプルを関連づける方法はいくつか考えられる。第一は、血液ガス測定装置に

サンプルをセットする時に、患者 ID を入力する方法である。これは、手入力によるかバーコード入力で可能である。ただし、入力ミスが起こらないようにするために当院では患者 ID カードに描かれたバーコードを読み込ませる入力が必要で、そのためには患者 ID カードを血液ガス測定装置の場所へ移動させなければならない。この ID カードは常に患者とともにあることを原則とするべきであって、患者から離れた場所へ移動させることは問題がある。第二は採血時(サンプル発生時)に採血容器と患者 ID を関連づけておく方法である。今回用いた safePICCO には、容器特有のバーコードラベルが貼付されているので、これを用いれば可能となる。しかしこの方法を実現するためには、患者 ID と採血容器の ID を関連づけた状態で保存して参照できるようにするシステムが必要である。また、患者 ID とサンプルを関連づける方法をとった場合、当該 ID の患者がどの手術室に入室しているかを判定するシステムも必要となり、電子カルテ(当院で

は電子カルテシステムの手術部門システム)を参照する必要が生じる。今回は第三の方法として入室している部屋番号とサンプルを関連づけることとした。部屋番号であれば当院では 12 室までしかないので入力にミスが起こる可能性はほとんどなくなると考えたためである。このやり方の問題点は、サンプルが患者と直接関連づけられておらず、これを関連づけるためには結局電子カルテを参照しなくてはならないという点である。このことは、血液ガス分析のコストを算定する場合などに問題となるであろう。

まとめ

血液ガスの測定結果を Web 経由で参照、またはメールによって受信・参照するシステムを構築した。どちらが有用であるかは今後検討する必要がある。また、システムが患者を判別する方法もいくつか考えられ、ヒューマンエラーやシステムを構築するテクニカルな問題に関して検討を必要とすると考えられる。

Excel 上で R を使う

増井 健一

はじめに

医学データでは多重比較検定を行うことが多い。Bonferroni 法は、どのような統計量に対しても利用可能であり便利であるが、非常に保守的な検定方法であり、比較する群が多いほどエラーが大きくなりやすい。エラーを減らすには n を増やさなければならないが、データの収集のことを考えれば、なるべく少ない n で効率的に差を検出できることが望ましい。R を用いれば、Bonferroni と同様、統計量に関わらず多重比較検定ができ、かつ検出力がより高い Holm 法および BH 法を利用することができる。

R は統計解析向けプログラミング言語である (<http://cran.md.tsukuba.ac.jp/>)。フリーソフトウェアでありながら世界中の統計の専門家がアップデートを続けているため信頼性が高く、比較的新しい検定方法の利用も可能である。しかし一方で、プログラミング言語であるがため、解析データ入力のユーザインターフェースが整っているとは言い難く、また検定をするためには R の関数名を調べたりする必要があり、フリーソフトであり自由度が高い反面、ユーザフレンドリーとは言えない。そこで、多重比較検定を例にとり、Excel 上で R を手軽に使えるようにプログラムを作成した。

Excel 上で R を利用する方法

R がインストールされたフォルダの中の bin フォルダの中にある rscript.exe は、コマンドプロンプト上で実行することで、Excel など他のソフトウェアから R のコードを実行することが可能となる。コマンドプロンプト上では

```
rscript.exe inputfile
```

防衛医科大学校麻酔学講座

の形式で、inputfile として指定されたテキストファイル内に書かれた R 言語のコードを実行する。

R はクリップボード上のデータを利用できるので、Excel の visual basic for application (VBA) を用いて、

- (1) 解析データをクリップボードにコピーし、
- (2) rscript.exe をコマンドプロンプト上で実行すれば、Excel から R の実行が可能となる。R の計算結果はテキストファイル経由で Excel のワークシートに結果を入力することができる。したがって、統計解析を行いたいデータを入力した Excel のワークシートに、そのデータの解析結果を記述し保存できる。また、解析結果のグラフを Excel ではなく他のソフトウェアで描きたいときにも、そのソフトウェアに合わせた形式の表を Excel のマクロで作成できるため、作業環境に応じたグラフ化が容易である。

プログラム

1. データをクリップボードに貼る

Excel VBA で Excel ワークシート上のデータをクリップボードに貼る。

```
Sheet1.Range(" A1:B20 ").Select  
Selection.Copy
```

Sheet1 の場所で、データがあるエクセルワークシートを指定する。ワークシートで変更した名前を使って Sheets(" Multiple Comparison ") のように指定することもできる。"A1:B20" のところでは、ワークシート上のデータの位置を指定する。

2. Rscript.exe の実行 Excel VBA からコマンドプロンプトの bat ファイルを実行する方法で、Rscript.exe を実行する。

```
Dim oShell As Object
Set oShell = CreateObject(
    "WScript.Shell")
oShell.Run "%ComSpec% /c
    C:\Program Files\R\R-2.13.1
    \bin\rscript.exe_
    C:\Statistics\MultComp.bat", 0, True
```

このコードでは、oShell.Run という命令により MultComp.bat を実行する。oShell.Run の 3 番目の引数では、Shell でのコマンドの実行が終了するまで、VBA 上での次の命令 (oShell.Run の次の命令) の実行を止めておくか、それとも、Shell でのコマンドの実行に平行して VBA の実行を進めるかどうかを指定する。前者を選択する場合 True とする。今回のプログラムでは、R が出力する解析結果を利用するため、True としておく。

MultComp.bat には Rscript を実行するためのコードを記載する。

```
Path %path%;C:\Program Files\R
    \R-2.13.1\bin
Call RScript.exe C:\Statistics
    \MultComp.txt
```

2 行目の RScript.exe C:\Statistics\MultComp.txt という命令で、MultComp.txt に記載した R のコードを実行する。↗

"1"	"2"		"3"	
"2"	0.0813731726747968	NA		NA
"3"	0.693306146359774	1		NA
"4"	1		0.0117034942393146	0.118761595377298

見やすさのため各値の間隔を広くしてあるが、実際には各値の間にはスペースではなく tab が一つのみ挟みこまれている。

```
data <- read.table("clipboard")
group <- as.vector(data.matrix
    (data)[,1])
value <- as.vector(data.matrix
    (data)[,2])
result1 <- pairwise.t.test(value,
    group, p.adj = "bonf")
result2 <- pairwise.t.test(value,
    group, p.adj = "holm")
result3 <- pairwise.t.test(value,
    group, p.adj = "BH")
setwd("C:/Statistics")
write.table (result1$p.value,
    "Bonferroni.txt",sep="\t")
write.table (result2$p.value,
    "Holm.txt",sep="\t")
write.table (result3$p.value,
    "BH.txt",sep="\t")
```

1 行目はクリップボードのデータを data に格納する命令。4 行目の result1 <- pairwise.t.test(value, group, p.adj = "bonf") という命令は、bonferroni 法による多重比較検定の結果。8 行目の write.table (result1\$p.value,"Bonferroni.txt",sep="\t") で、Bonferroni 法による解析結果を、C:\Statistics フォルダ内に作成した Bonferroni.txt というテキストファイルに出力する。7 行目は 8 行目以下の出力ファイルの場所を指定している (\ではなく/になっているのは誤植ではない)。出力されたテキストファイルは以下のような形式である。

結果の取得

Excel VBA で、RScript.exe により出力されたテキストファイルを Excel に読み込む。

```
Open "C:\Statistics\Bonferroni.txt"  
For Input As #1  
Do  
    Line Input #1, buf  
    ...  
Loop until ...  
Close #1
```

考 察

Excel に入力したデータを R で扱うには、RExcel を使う方法がある。頻度高く使うのであれば、今回のようにプログラムを打つよりは良いかもしれない。しかし、1 年に数回しか使わないとなると、迷わず使えるユーザインターフェースが望ましい。今回のプログラムは、構築には少し時間があるが、一回作ってしまえば、R という信頼性の高い統計解析ソフトウェアを容易に使えるので、有用であると考えられる。なお、RExcel を実際に少し使ってみたところ、この文章を書

いている 2011 年 10 月現在ではバグ fix が十分ではないようであった。RExcel は Excel VBA で作成されているが、残念ながら、この記事を書いている時点ではそのコードをユーザが見ることはできず、修正することはできない。

R Commander を使って Excel のデータを利用する方法もある。この方法では、解析結果は R Commander 上に R コンソール上 (R を起動したときに立ち上がるウィンドウ) と同様に結果が表示される。したがって、R の出力を読めないと使いにくい。この点でも、Excel に解析結果がわかりやすく出力されるようにプログラムをしてしまえば、その後は R の出力形式により解析結果が読めなくても R を簡単に利用できるようになる。

上記以外にも、Excel への出力形式を普段使っているグラフ作成ソフトウェアに合わせておけば、グラフを作成する時間を節約できる。

結 語

Excel 上で R を使うプログラムを作成した。比較的新しい解析を、信頼性のある解析ソフトウェア R を利用して実行することができた。

汚れた心電図チャートを美しく仕上げる方法

田中義文，野土信司，山崎康夫，仲宗根ありさ

はじめに

心電図など重要な資料が書かれている本のコピーをするとき、本の綴じ目がコピー - ガラス面に密着できず、すき間の部分に光が洩れ入り、濃く複写される。このコピー - を修正する場合、濃い部分を分割して明るさ調節すると不自然な濃淡で島模様が残る。そこで、背景色の濃淡に応じて一定の輝度になるように明るさ調節するプログラムを作成したので報告する。

方法と結果

心電図原画を図1に示す。心電図はWPW症候群患者で心房細動を併発している症例である。通常は房室結節 (AVN) 伝導が遅延するために副

伝導路優位になり幅の広いQRS波になるが、頻脈になると、AVN伝導になり Purkinje を介するQRS幅の狭い心電図が観測される。この貴重な心電図を図書館でコピー - を依頼すると、図1の左端に示すように綴じ目の部分が黒く複写された。

無償の作図ソフトに Tgif という2次元ドロ - ソフトがある。その機能のひとつに有る特定の色を検出して、それに該当する領域を別の色に変換できるソフトが備えられている。この機能を利用し、灰色を白色に変換した。結果を図2に示す。一応左端の濃い部分は修正されているが、心電図信号や、グラフの柵目もはげ落ちたように細くなり、仕上りは悪くなった。

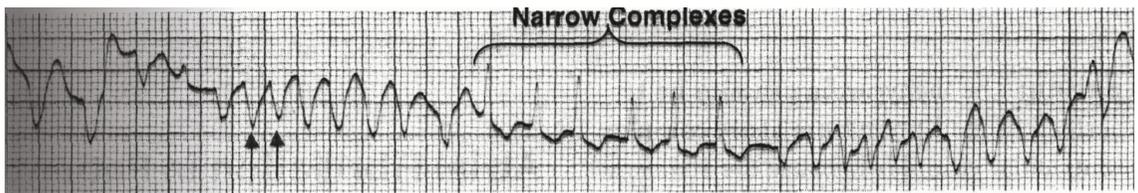


図1 めずらしい心電図のコピー画面

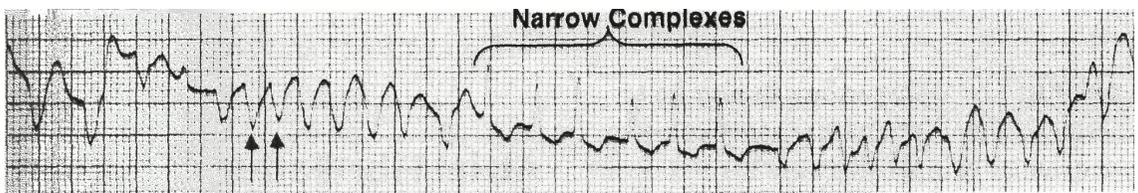


図2 tgifによるピクセル単位での色補正結果

プログラム言語 Python-Tkinter¹⁾ は画像位置をピクセル単位で色を修正するメソッド get と put がそなえられている。これを利用すれば背景色に応じて輝度調節が可能である。背景輝度

修正プログラムを以下に示す。

```

for ix in range(xs,xend):
    BR,BG,BB=p.get(ix,y.get())
    for iy in range(0,320):
        R,G,B=p.get(ix,iy)
        R=R*CR/BR

```

```

if R >255:
    R=255
G=G*CG/BG
if G >255:
    G=255
B=B*CB/BB
if B >255:
    B=255
c1='#%02x%02x%02x' % (R,G,B)
p.put(c1,to=(ix,iy))
    
```

p は画像イメージ領域である。x-y 座標の変数を ix, iy にして、x 座標の開始位置 xs より終了位置 xend までの領域について for loop を作成、y 領域については画像サイズより 0 から 320 までの for loop にした。暗い背景色の座標は (ix,0) になり、その値を BR, BG, BB にする。また、明るい背景色を CR, CG, CB をピンク終了ボタンで設定し、修正するピクセル B, R, G についてそれぞれ C/B 倍に輝度調節して新しく書き込む。

操作画面を図 3 に示す。上左よりプログラム終了、ファイル入力、ファイル出力、X, Y はスキャン座標、ピンク開始は操作開始座標、終了は操作終了座標、黄色は操作実行ボタン、Progress は実行経過を棒グラフで示す。赤カーソルは開始もしくは終了座標を指定する。

操作結果を図 4、修正結果画面を図 5 に示す。

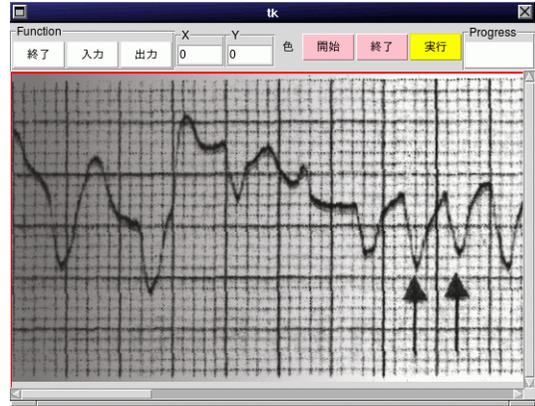


図 3 Python-Tk による操作画面



図 4 背景輝度修正結果

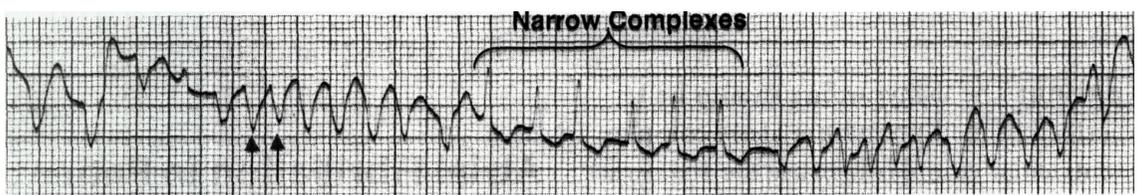


図 5 新しく作成した投稿用原図

考 察

画像の濃淡を修正するプログラムは一般に tgif, gimp, xv などを使用される。方法としては輝度、コントラスト、その他さまざまな修正が可能である。しかし、これらのプログラムでは画像全体、もしくは画像のある部分領域での修正であって、本例のように濃い部分から薄い部分へと漸

的に変化する場合には、明るさに応じて連続的に輝度修正ができる機能はない。そのために自作の修正プログラムを作成した。

幸い、Python-Tk にはピクセル単位で画像要素 (R, G, B) を検出、書き込みができる get および put 命令があり、心電図チャートの上端の空白部分の明るさを目的とする明るさに戻し、そ

れ以外の部分については輝度を強くするプログラムで修正することができたので、一応成功と言える。しかし、この修正プログラムで業者に製本を依頼すると、図6に示すように作図され、プロフェッショナルのレターリング技術の高さに仰天させられた。その図を見ると、背景のグラフ目盛については新しく作成し、心電図信号の熱ペン表示については一定の幅で描かれている。

心電図信号のみを新しくトレースし直し、背景のグラフを張り合わせている。心電図診断に差し支えない程度であれば、ここまでの変更は可能であると改めて知った。

本プログラムは画像がカールして歪んだ波形の位置修正などにも応用できるため、全プログラムソースを公開する。

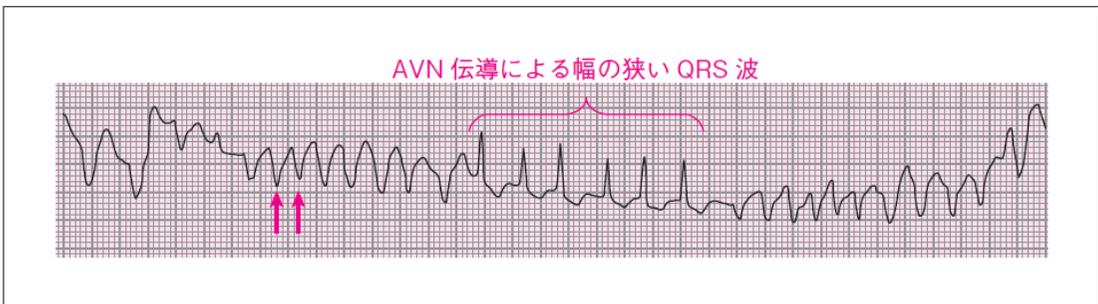


図19 副伝導路と房室結節の伝導が交代するWPW頻脈

WPW症候群での心房細動は心室への伝導が副伝導路とAVNとが競合する。通常はAVNの遅延のために副伝導路が優位になり、幅の広いQRS波が現れるが、図に示すようにAVN伝導になることもある。矢印は副伝導とAVN伝導とのフュージョン波形である。R-R間隔が不整であるから AAVRTやOAVRTではない。

図6 新しく作成した投稿用原図²⁾

参考文献

1. Python GUI 使用法 (Tkinter) <http://pro1/nsa/gijutu/python/man-gui/man-gui.php>
2. 田中義文: 成立ちから理解する心電図波形, 秀潤社, 2012.

Appendix (全ソースプログラム)

```
#!/usr/bin/env python
# -*- coding: euc-jp -*-
from Tkinter import *
from tkFont import *
from tkFileDialog import *
import ImageTk
import tkMessageBox

def quit():
    print 'さよなら'
    sys.exit()
```

```
def fr():
    global p
    filename = askopenfilename(
        title='Open As?')
    if filename != "":
        p=PhotoImage(file=filename)
        ctag=c.create_image(0,0,
            anchor=NW,image=p)
        # 図をカーソル群の下に表示
        c.tag_lower(ctag)
    else:
        print u"入力エラー"
    return

def fw():
    filename = asksaveasfilename(
        title='Save As?')
    if filename != "":
        p.write(filename)
```

```

root=Tk()
# ファンクションボタン
win1=Frame(root)
win1.pack(fill=BOTH,expand=1)
# 終了ボタン
f1=LabelFrame(win1,text='Function')
f1.pack(side=LEFT)
f1b1 = Button(f1,text=u' 終了',
    bg='white',command=quit)
f1b1.pack(side=LEFT)
f1b2 = Button(f1,text=u' 入力',
    bg='white',command=fr)
f1b2.pack(side=LEFT)
f1b3 = Button(f1,text=u' 出力',
    bg='white',command=fw)
f1b3.pack(side=LEFT)

# X Entry 移動
def rtx(event):
    data=c.coords('t1')
    x1,y1,x2,y2=data
    oldx=(x1+x2)/2.0
    oldy= (y1+y2)/2.0
    dx=float(x.get())-oldx
    c.move('t1',dx,0)
    lcm()

# Y Entry 移動
def rty(event):
    data=c.coords('t2')
    x1,y1,x2,y2=data
    oldx=(x1+x2)/2.0
    oldy= (y1+y2)/2.0
    dy=float(y.get())-oldy
    c.move('t2',0,dy)
    lcm()

# カ - ソル X 軸表示
l1=LabelFrame(win1,text='X')
l1.pack(side=LEFT)
x = Entry(l1,width=6)
x.pack()
x.insert(END,0)
x.bind('<Return>',rtx)

# カ - ソル Y 軸表示
l2=LabelFrame(win1,text='Y')
l2.pack(side=LEFT)
y = Entry(l2,width=6)
y.pack()
y.insert(END,0)
y.bind('<Return>',rty)

# 背景修正開始点設定
def cols():
    global xs
    xs=int(x.get())
    lcm()

def lcm():
    r,g,b=p.get(x.get(),y.get())
    color='#%02x%02x%02x' % (r,g,b)
    lc.configure(background=color)

# 色ラベル
lc=Label(win1,text=u' 色 ',padx=4)
lc.pack(side=LEFT)

# 開始ボタン
b2 = Button(win1,text=u' 開始',
    bg='pink',command=cols)
b2.pack(side=LEFT)

# 背景修正終了点設定
def cole():
    global CR,CG,CB
    global xs
    xe=int(x.get())
    ye=int(y.get())
    if xs > xe :
        tkMessageBox.showinfo('showinfo',
            u''' 開始点が終了点より大きい。
            再設定して下さい!''')
    xy=(xe,ye)
    CR,CG,CB=p.get(xe,ye)
    lcm()

b3 = Button(win1,text=u' 終了',
    bg='pink',command=cole)
b3.pack(side=LEFT)

# 背景色修正
def colp():
    global CR,CG,CC
    global xs
    xend=int(x.get())
    for ix in range(xs,xend):
        BR,BG,BB=p.get(ix,y.get())
        for iy in range(0,320):
            R,G,B=p.get(ix,iy)
            R=R*CR/BR
            if R >255:
                R=255
            G=G*CG/BG

```

```

if G >255:
    G=255
B=B*CB/BB
if B >255:
    B=255
c1=' #%02x%02x%02x' % (R,G,B)
p.put(c1,to=(ix,iy))
c2x=int(ix*1.0/xend*70+0.5)
c2.create_line(0,13,c2x,13,width=20,
    fill='red')
c2.update()

b4 = Button(win1,text=u' 実行',bg='yellow',
    command=colp)
b4.pack(side=LEFT)

f2=LabelFrame(win1,text='Progress')
f2.pack(side=LEFT)
c2=Canvas(f2,width=70,height=26,bg='white')
c2.pack()

# キャンバス
win2=Frame(root)
win2.pack(fill=BOTH,expand=1)

# キャンバス作成
# 画像変数初期設定
p=PhotoImage()
# 開始点初期設定
xs=0
c = Canvas(win2,width=500, height=330,
    scrollregion=(0,0,2000,330),
    confine='true')
c.grid(column=0, row=0, sticky=N+E+S+W)
win2.grid_columnconfigure(0,weight=1)
win2.grid_rowconfigure(0,weight=1)

# Y 軸 スクロールバー作成
vsb=Scrollbar(win2,orient="vertical",
    command=c.yview, width=10)
c["yscrollcommand"]=vsb.set
vsb.grid(column=1, row=0, sticky=N+S)

# X 軸 スクロールバー作成
hsb=Scrollbar(win2,orient="horizontal",
    command=c.xview, width=10)
c["xscrollcommand"]=hsb.set
hsb.grid(column=0, row=1, sticky=E+W)

id=c.create_line(0,0,0,400,fill="red",
    width=3,tags="t1")
id=c.create_line(0,0,2000,0,fill="red",
    width=3,tags="t2")

```

```

def mvx(event):
    data=c.coords('t1')
    x1,y1,x2,y2=data
    oldx=(x1+x2)/2.0
    oldy= (y1+y2)/2.0
    dx=event.x-oldx; dy=event.y-oldy
    c.move('t1',dx,0)
    # X 軸表示更新
    x.delete(0,END)
    x.insert(END,event.x)
    lcm()

def mvy(event):
    data=c.coords('t2')
    x1,y1,x2,y2=data
    oldx=(x1+x2)/2.0
    oldy= (y1+y2)/2.0
    dx=event.x-oldx; dy=event.y-oldy
    c.move('t2',0,dy)
    # Y 軸表示更新
    y.delete(0,END)
    y.insert(END,event.y)
    lcm()

c.tag_bind('t1','<Button-1>',mvx)
c.tag_bind('t1','<B1-Motion>',mvx, '+')
c.tag_bind('t2','<Button-1>',mvy)
c.tag_bind('t2','<B1-Motion>',mvy, '+')

def key(event):
    if event.keysym=="Down":
        c.move('t2',0,1)
    elif event.keysym=="Next":
        c.move('t2',0,10)
    elif event.keysym=="Up":
        c.move('t2',0,-1)
    elif event.keysym=="Prior":
        c.move('t2',0,-10)
    elif event.keysym=="Right":
        c.move('t1',1,0)
    elif event.keysym=="End":
        c.move('t1',10,0)
    elif event.keysym=="Left":
        c.move('t1',-1,0)
    elif event.keysym=="Home":
        c.move('t1',-10,0)

root.bind('<Key>',key)

root.mainloop()

```

特別寄稿： 各種現代語訳顛末記

諏訪邦夫

はじめに

しばらく前から、日本の作品の電子テキストが乏しいことを気にしています。『青空文庫』の仕事は偉大ですが、作品が明治以降に限られており、それ以前のものほとんど見当たりません。『北越雪譜』は30年近く愛読してきたのに、電子テキストがなく自分で電子テキスト化して公開しようかと考え始めました。さいわいに、長野電波技術研究所が電子版を製作して下さって、電子的に読めるようになり、それを読んでいるうちに現代語訳が欲しくなりました。インターネットに「現代語訳を」という注文が載っていたのも理由です。探してみると、書籍はあるものの入手は極端に困難で、全訳版は結局読む機会がありません。それでは自分で行って電子テキストを公開しようと考えはじめました。

『北越雪譜』の現代語訳を開始したのは2011年春からで、夏の終わりに完成して公開しました。この仕事が大変に楽しかったので、それだけで止めるのが惜しくなり、自分の愛読書をあたって『蘭学事始』と『菅笠日記』はすぐみつかりました。次の『西洋紀聞』は詳しくは知りませんが、有名な作品なので読んでみて感嘆して、4つ目に選びました。『西洋紀聞』という名作に遭遇した好運に感謝しています。

1. 鈴木牧之 北越雪譜 訳者序文

『北越雪譜』は越後の商人で文人の鈴木牧之が、雪国の生活の苦しさの一部は楽しさを存分に記述して江戸末期の天保年間に発表したもので、民俗学的にも重要とされる作品だそうです。

私が最初に遭遇したのは40代半ばで、友人の新潟大学下地恒毅氏から教えて頂き、さらに書籍を頂戴しました。それ以来愛読書として、繰り返し読み続けてきました。気に入った理由は、事実を客観的に記述し「お説教」の要素が少なく、いわば科学者のアプローチだからでしょう。『北越雪譜：現代語訳』への道

そんな愛読書を、現代語訳するに至る気持ちと事情を説明します。

しばらく前から、いろいろな領域で電子ファイルに接触するようになりました。1996年まで東京大学に勤務していましたが、以後勤務が変わってオフィスが狭くなり、書籍や論文を以前のように手元に置けなくなり、さらに定年になると、そもそも同じオフィスに毎日通わなくなりました。東京大学勤務時代の資料は大幅に処分せざるをえず、実際に随分減らしました。

ありがたいことにパソコンにはごく初期からなじみ、電子情報は自然な気持ちで使っています。東大を止める頃から情報が電子的に入手できる度合いが強くなり、しかもパソコンが急速に強力になってきました。15年後の2011年現在、書籍・文献に限ればパソコンの容量は無限に近く、手元におく情報はもっぱら電子情報になっています。最近、『医学の古典をインターネットで読もう』という本を出版しました(2011年1月中外医学社)。

過去10年間に読んだ時点では従来通りに図書館経由で資料を入手しましたが、書籍としてまとめる時に検討すると、ほぼすべての論文がインターネットで入手できるのを発見して、急きょタイトルを変更したものです。

電子情報に関して、外国語特に英語情報は本

当に豊かですが、日本語のものは見劣りします。それでも文学系統のものは、私の要求水準が低い故もあって不満は少ないのですが、医学・科学系のものが極端に少ないと感じます。この点は、ヨーロッパ系のものが、ギリシャ・ローマ時代からルネッサンスを経てほとんどすべて、外国語文献の英訳の形で読めるのと大きな差です。「日本の医学・科学系の電子情報が欲しい」という気持ちが強くなっています。

本書は科学書ではありませんが、日本の作品の中では科学の要素をたっぷり含んだエッセイ乃至ドキュメンタリです。岩波文庫など入手しやすい形で出版されておりがたいとはいえ、できれば電子ファイルが欲しいと感じ、自分で電子化することも考えました。

さいわいに、長野電波技術研究所の電子版発表 (<http://www.i-apple.jp/hokuetsu/1/>) のお蔭で、私自身が電子化する必要はなくなりました。多数の小さいファイルを、少し手間をかけてダウンロードして自分のパソコン内で整理しました。

作品をくりかえし読み、インターネットのコメントを眺めて、現代語訳が欲しくなりました。私自身は、小倉百人一首・方丈記・徒然草・奥の細道などに十分なじみ、このレベルの古文は特に難解とも感じませんが、でも詳しく読んでみるとわからない単語もあります。電子版は、印刷体についている振り仮名がなく、その点もやや不便を感じる要因です。

私は文章をたくさん書いており、著作や翻訳の経験もあります。それで現代語訳を思い立ちました。調べてみると、現代語訳が一応あり、抄訳ものや第一部のほぼ完全訳もあります。ただし書籍全体の訳などほぼすべて古書で、図書館にはみあたりません。つまり、入手しやすいスタイルでは存在しません。そこで、自分の能力で現代語訳して電子的に公開することにしました。印刷体の書籍と異なり、電子媒体なら入手しやすい故です。

思い立った理由の一つが以下の点です。前に述べたように、この北越雪譜には科学の要素があります。著者は科学者ではありませんが、その感覚・感情やアプローチに科学的なものを感じます。ところが、現在までの訳者はすべて文系の専門家の方々が担当しています。そんな意味で、理系の私に従来と違う寄与ができそうという、少々勝手な思い上がった自負も含まれています。書籍版はすべて縦書きですが、私は横書きを採用しました。

行って見て、作業の楽しさを実感しました。何しろ、超レベルの名作である本書に手を加えるのですから、誤解を顧みずに傲慢な言い方をすれば、源氏物語を現代語訳した与謝野晶子女史や谷崎潤一郎氏と類似の仕事で、楽しくないはずがありません。「大変だったでしょう」と言われますが、むしろ何と贅沢な仕事に手を付けたという気分です。

本文に付した訳者のコメントについて

本書の2巻には、百樹山東京山氏が大量のコメントを書き加えています。これには、牧之執筆分の分量過少を補う意識もあったようですが、それにしても比較的自由に書いています。それをまねて、訳者として訳註やコメントをつけることにしました。量はずっと少ないけれども、意識では特に遠慮せず自由に書いています。責任の所在を明確にする意図で、その項目には[諏訪邦夫訳]という注釈を加えています。

絵の掲載について

絵の掲載に至る事情を説明します。当初、絵を含めることを一応断念しました。理由はいくつかあります。

- 1) 絵を掲載するには、ファイル形態に絵を載せられるものを選ぶ必要があります。私自身はパソコン上で文章を書くことには慣れていますが、絵や図を含む電子情報を作成した経験は特に豊かとは言えません。
- 2) 絵を含めるなら、そちらを完璧につくり上げる必要があります。その点に自信がありません

でした。牧之の原本の著作権は切れていても、印刷体の書籍から絵を転載するには著作権に関する疑義も生まれます。

3) 絵を含めるとファイルサイズが大きくなり、ダウンロードやメールへの添付がむずかしくなる懸念があります。

嬉しいことに、文章中心の電子版を完成してホームページを開いた後の調査で、原本が電子化されているのを知りました。早稲田大学図書館古典籍データベース (<http://www.wul.waseda.ac.jp/kotenseki/>) と国立国会図書館のデジタルライブラリーに掲載され、「著作権はない」と明記されています。つまり、ここから採取すれば著作権問題は解決済みです。それだけでなく、従来の文庫版や新書版では記憶のない絵があり、しかも原寸大の大きな絵は文庫や新書と違う迫力です。それなら、絵の掲載は努力で解決します。そこでこの資料を利用して、絵つきの版を作成しました。

一応行ったところ、古いだけに絵が黄色ないし茶色に変色して濃淡が乏しく、そのままでは見難く読者が楽しめそうには思えません。A4の横幅に納めるべく、縮小せざるを得ない点も一因です。それで、当初は予定しなかったパソコン処理を加えました。原画はもちろんカラーではありませんが、スキャン画像は一応カラーになっています。そのカラーを止め、すべて単色グレイに変換して明暗と濃淡を工夫し、一部は中間色のない二値の絵に変換しました。サイズの縮小は残念ですが、その割に見やすくなったと自分では評価していますがいかがでしょうか。

絵をつけてみて、そもそも私自身が本作品に惹かれたきっかけが雪の結晶図だった点、江戸時代の本書評価も「絵本だから歓迎」とされた点に気づきました。絵がアピールするのは、現代のマンガ隆盛からも納得できることで、識字率の高い社会でも起こることです。PDF ファイルは、嬉しいことにメール添付の可能な 3.5MB に納まりました。

使用した底本

現代語訳に使用した底本は、以下の通りです。

- 1) 上記 長野電波技術研究所の電子版
- 2) 岩波文庫版：私が使っているのは、1991 年刊行のもの。
- 3) 行註 北越雪譜 監修 宮 栄二位 1985, 野島出版, 新潟市。

2 には少し、3 にはやや多く注釈がついていますが、それらを一応は参照したものの、取り込んだのはわずかです。

- 4) 現代語訳が終りに近づいた時点で、友人(慈恵会医科大学三尾寧氏)所蔵の大きな書籍 2 冊(辺見 じゅん(文), 北井 一夫(写真):探訪北越雪譜の世界および宮栄二監修 図説北越雪譜事典, 1982 年, 角川書店, 東京)を拝借し、詳しく拝見して楽しみました。お蔭で認識を改めた箇所もあります。

- 5) 上記 早稲田大学図書館の原著の電子情報：絵の採取に利用させて頂きました。

電子版と書籍の各関係者、それに三尾氏に御礼申し上げます。

原書にないものとして、元号のリスト・度量衡のリスト・地図を加えました。いずれも、本書に関係するものに限定しています。

クリエイティブコモンズとして発表

この現代語訳はクリエイティブコモンズの条件で発表します。つまり、厳密な著作権(翻訳権)を主張しません。自由に転載し、切り刻んで利用して下さいです。一部に[諏訪邦夫訳]と書いたのは、訳註やコメントに対する自分の責任を明らかにする意図です。訳文自体に特別な主張はなく、北越雪譜という作品を広めるのが希望で、使用は自由です。ただし、勝手な商品化だけはお断りします。

本現代語訳は下のホームページに公開しました。

(http://book.geocities.jp/kunio_suwa/)

元来、この『北越雪譜：現代語訳』公開用に作成したのですが、入力しながら発表機会の

なかった他の作品も掲載する予定でいます。あるいは、自作も載せるかも知れません。久方ぶりにホームページ製作の工夫、そこへアクセスして頂ける期待など、いろいろな気分を味わい楽しんでいます。数多くの方が本書になじみ、さらには原文にも接して下さるように期待します。

2011年夏

附1

元号のリスト簡略版

本書に登場する元号と、他に私が他の事柄との関係で知って有名と考える元号だけ抜き出して注釈を書きました。元号は歴史の学習には不便で不合理と考えています。特に江戸時代以前は参照する事件が少なく、元号の数が多くイメージがありません。

元号	使用年	備考
大化 たいか	645~649	大化の改新
大宝 たいほう	701~703	大宝律令
和銅 わどう	708~714	和同開珎
養老 ようろう	717~723	養老律令
天平 てんぴょう	729~748	天平文化

平安遷都：
 平安時代の約300年間に90代
 延暦 えんりやく 782~805 延暦寺
 寛平 かんぴょう 889~897 本書で新撰字鏡を参照
 昌泰 しょうたい 898~900 本書で新撰字鏡を参照
 延喜 えんぎ 901~922 延喜式
 承平 じょうへい 931~937 承平天慶の乱
 天慶 てんぎょう 938~946 (平将門、藤原純友の乱)
 保元 ほうげん 1156~1158 保元の乱
 平治 へいじ 1159 平治の乱
 鎌倉開府：
 140年ほどで45代
 建久 けんきゅう 1190~1198
 本書に縮みで登場。1192年が建久三壬子。
 弘長 こうちょう 1261~1263
 本書に親鸞上人に関して登場
 文永 ぶんえい 1264~1274 文永の役
 弘安 こうあん 1278~1287 弘安の役
 室町開府：
 240年に40代だが南北朝の問題で厄介
 建武 けんむ 1334~1335 建武の親政
 文安 ぶんあん 1444~1448
 本書に下学集(国語辞書)のことが登場
 応仁 おうにん 1467~1468 応仁の乱
 明応 めいおう 1492~1500
 本書に節用集のことが登場

元号	使用年	備考
天正 てんしょう	1573~1591	天正大判
文禄 ぶんろく	1592~1595	文禄の役
関ヶ原の合戦、江戸開府： 260年間に35代ほど		
慶長 けいちょう	1596~1614	慶長大判
元和 げんな	1615~1623	大坂夏の陣
寛永 かんえい	1624~1643	寛永通宝・寛永寺・寛永御前試合・寛永三馬術
慶安 けいあん	1648~1651	慶安の変(由井正雪らの幕府転覆計画)
明暦 めいれき	1655~1657	明暦の江戸の大火
寛文 かんぶん	1661~1672	本書で雪中の火を記述された年と
元禄 げんろく	1688~1703	元禄時代
宝永 ほうえい	1704~1710	富士山宝永山生成。本書に江戸風俗を説明。
正徳 しょうとく	1711~1715	本書に、江戸の風俗を禁止したと説明。
享保 きょうほ	1716~1735	享保の改革
天明 てんめい	1781~1788	天明の大飢饉、浅間山の噴火。本書にも登場。
寛政 かんせい	1789~1800	寛政の改革
享和 きょうわ	1801~1803	本書で新撰字鏡を村田春海が版木にしたと。
文化 ぶんか	1804~1817	文化文政時代
文政 ぶんせい	1818~1829	
天保 てんぼう	1830~1843	天保の改革、本書出版
嘉永 かえい	1848~1853	ペリー来航
安政 あんせい	1854~1859	安政の大獄
慶応 けいおう	1865~1867	大政奉還
明治以降		
明治 めいじ	1868~1912	
大正 たいしょう	1912~1926	
昭和 しょうわ	1926~1989	
平成 へいせい	1989~	

附2

本文中にも一部書き込みました。
 度量衡のリスト：長さの換算(曲尺)

尺貫法(曲尺)	メートル法
1里=36町	3.93 km(ほぼ4km)
1町=60間	109.09 m(ほぼ110m)
1丈=10尺	3.03 m
1間=6尺	1.818 m
1尺=10寸	0.303 m
1寸=10分	3.030 cm
1分=10厘	3.030 mm
1厘=10毛	0.303 mm
1毛	30.3 μm

この他に、鯨尺という少し大きいものがあります。織物関係で使用します。

【度】面積・広さの換算 (尺貫法)

尺貫法	メートル法
1 町=10 段	0.992 ha 1 ヘクタールに非常に近い
1 段 (反)=10 畝	9.917 アール
1 畝=30 坪	0.9917 1 アールにほぼ等しい = 10m 四方
1 坪=10 合	3.3 m ² 6 尺四方ともいう

【量】体積・容積 大きさの換算 (尺貫法)

尺貫法	メートル法
1 石=10 斗	180.39 l
1 斗=10 升	18.039 l
1 升=10 合	1.8039 l
1 合=10 勺	1.8039 dl

【衡】質量, 重さの換算 (尺貫法)

尺貫法	メートル法
千貫=1000 貫	3.75 t 15/4 t
1 貫=1000 匁	3.75 kg 15/4 kg
1 斤=160 匁	0.6 kg b 3/5 kg
1 匁=10 分	3.75 g*

* 現代でも, 金 (キン:gold) の換算には稀れに使うようです。

附 3

地図: 本書の概略の関係。
一部, 場所が同定できたものを書き込みました。
地図の源はその下に書いてあるものを使用して
少し変更を加えました。テキストヴァージョン
には載っていません。

2. 杉田玄白 蘭学事始 訳者あとがき

本作品「蘭学事始」は大変に有名な作品ですが、どのくらい読まれているのでしょうか。私自身は読みたいと思いながら、電子ファイルがないので詳しくは読まないままで放置していました。

私自身は、古典は何でも電子ファイルで読む習慣になっています。これなら自由にコメントが加えられ、場所はとらず写す時も自由に写せます。

青空文庫でこの作品は「作業中」のリストに入っていて、未公開のままになっています。記録はないので感覚的に言うだけですが、おそらく数年間同じ状態ではないでしょうか。青空文庫は、厳密な校正を要求しているのでそれも仕方がないのでしょうか。

ないものねだりをして仕方がないので、とりあえず印刷体の本で久方ぶりに読んでみました。読むのは楽です。何と言っても分量が少なく、岩波文庫で本文は 60 頁しかありません。

あらためて読んで、「こういう作品があってありがたい」という気持ちを新たにしました。「解体新書」自体は、歴史上の事件ではあるものの、わざわざ読もうとは思いません。しかし、本書のお蔭で解体新書から 44 年間で蘭学が発展した道筋がよくわかります。それだけでなく、江戸の風俗や医学医療の問題も生々しく味わえます。そんな意味で、この作品を残してくれた杉田玄白に感謝し、なるほど文章を残すというのはそういう意義が大きいと痛感しました。著者杉田玄白が、オランダの書籍の翻訳出版が法に触れるのではないかとおそれている点に今回はじめて気づきました。今まで気づかなかったのは、そこまで丁寧に読まなかった故でしょう。

本書が名文か否かが議論になっているといいです。しかし「名文か否か」などは問題にするにあたらないでしょう。オランダ語の書籍の翻訳という考え方が極端に乏しかった時点、実は禁止されていた面もあり、その禁令がとけたのは幸運でしたが、はじめてその仕事に挑戦を決断する場面、苦闘する描写が感動的で、杉田玄白という人はかなりの語り上手と感じます。

読んでいるうちに、北越雪譜で味わった現代語訳の楽しさをここでも味わいたいという気持ちになりました。調べると現代語訳はいくつもあるようですが、いずれも入手が容易ではありません。現役で販売はされておらず、すべて古書です。もっとも、ありがたいことに北越雪譜の場合と違って、図書館でみつけやすいと感じました。

原典と現代語訳の出版物

原典でみつけたのは、岩波文庫と講談社学芸文庫、それに酒井シズ女史の対訳の原文です。岩波版は原文が 60 頁に対して、緒方富雄氏の校注がたっぷり 63 頁あり、さらに年表・タイト

ルへの考察・大槻玄沢の序文・復刻にさいしての福沢諭吉の序文・記念碑などの記述が加わって、全部で126頁に及び、実に丁寧な解説ぶりに感心しました。緒方先生は学生時代に講義で教わり、英独仏の三カ国語はもちろん、ギリシャ語やラテン語まで詳しく、「すごい物知り」と感心していましたが、本書の解説を拝見してただの物知りではなくて丁寧に調査や執筆を加えている点で先生に対する認識を新たにしました。

酒井シズ女史のものは対訳形式で、原文には筆記体の活字を使用し、現代語訳は明朝体と、明確に区別しています。対訳の他に、用語の解説といくつかの区切りへの解説が載っています。他に、原文を細かく分けて小見出しをつけているのが特徴で、このやり方は私も真似させていただきました。ただし、剽窃にならないようにタイトル自体は自分で工夫しました。

次に、現代語訳ではなくて翻案と言えそうな作品を二つ紹介します。一つは、菊池寛の作品でもう一つは長尾剛氏の作品です。菊池寛の作品は、青空文庫にあって電子的に読める唯一のもので、さすがに大文豪の作品だけあって、読みやすく分量は原作のほぼ半分と少ないのに原作の面影を見事に伝えています。玄白が良沢の前に出ると気おされる気がする点を強調しているのは、作者の解釈でしょう。

長尾剛氏の作品は一応「現代語訳」と謳っていますが、私は翻案に分類します。菊池作品とは逆に自由に言葉を補い、原文にはない会話まで大量に盛り込んで、素晴らしく楽しい読み物で、原作の比較的生意気な雰囲気や完全な打ち破っています。21世紀の日本社会の用語を使用した表現ですが、それでも82歳の玄白に合わせて、横町のご隠居の口調なのも愉快です。電子版がないので分量を正確には評価できませんが、原典より大幅に増えて二倍にもなっているのではないのでしょうか。菊池寛の作品と同様、優秀な著述家が自由に解釈して記述したらこういう素晴らしいものができるという実例で、菊

池版にならって「長尾剛著」とするのが妥当だと感じます。

正直なところ、今回の私の作業全体で、この長尾作品に出くわしたのが自分としては最大の収穫という気分です。一つだけ残念なのは、この見事な作品がどのくらい読まれているのか、私には推測できません。2004年出版なのにすでに品切れか絶版で、古書扱いになっています。私は幸運にも図書館で入手して読めましたが……。日本の著作権法の扱いでは、本書が青空文庫に載るのは100年後でしょう。著作権というもの何とも不合理で、作品をムダにすると感じます。長尾氏と出版社が話し合って電子公開して下さったら、多数の読者を得られるでしょうに。

蘭学事始との縁

私は1937年生まれで、本書の一部を1949年に中学1年生の国語の教科書で習いました。「初めての文語文」と国語の先生がおっしゃったのを記憶しています。

「小塚原で腑分けをみたりし翌日、良沢が宅に集まり……」と始まる文章で、60年以上前のことを記憶しているのは、教科書の威力です。上巻の終わりで、解体新書の翻訳を開始する部分に「フルヘッヘンド」という単語が出てきます。鼻と関係して「堆」とか「うずたかし」を意味すると推理するところで、印象的な場面で記憶に残っていました。ところが、いろいろな解説によると、この語は肝腎の解体新書には存在しないのだそうで、著者杉田玄白の記憶違いか、少なくとも翻訳の改訂で消滅したと結論されているようです。

同じ教科書で芥川龍之介の「蜜柑」も習っており、こちらは明確に覚えており、珠玉の名作ですからその後も何度も読んでいます。まったく忘れていたのが、志賀直哉の「かくれんぼう」で、今回リストを調べて内容も思い出しました。でも、志賀直哉は青空文庫では読めません。

菊池寛の「蘭学事始」を読んだのは、いつの

ことか明確に記憶していませんが、おそらく上記から数年以内でしょう。今回再読して、文学作品の情報の見事さに感心しました。

現代語訳について

蘭学事始は分量がいかに少ないので、北越雪譜に比較すると楽でしかも有名作品だけに楽しみました。文章だけで、絵をつける工夫もありません。長尾剛氏の見事な作品を読んで、到底肩は並べられないと諦めた点も、気分を楽にしてくれました。

原文の公開について

現代語訳を公開後に「原文の電子ファイルも欲しい」というご意見を頂きました。前述のように、青空文庫は作業中で、公開がいつになるか不明です。私の手元には電子ファイルができていたので、一緒に公開を決めました。ご利用下さい。

2011年10月

3. 本居宣長 菅笠日記 訳者あとがき

今回本居宣長の菅笠日記の現代語訳を選んだ理由は、愛読書の一つであり、しかも現代語訳の電子ファイルが存在しないので、それを提供したいと考えた故です。

本居宣長と菅笠日記を知る経緯

最初に、この著者と作品になじむ経緯を述べます。高校時代、国学の4聖人(4大人)の一人として名前だけ覚えました。単なる国文学史の知識で、作品や事績に関しては何も知りません。その後、成人していろいろと知識は増えたものの、本居宣長という人を特によく知る機会はありませんでした。医師の私が、国学や国文学の研究に特別興味を抱く理由もありません。

はっきり変化したのは59歳の時(1996年)です。名古屋での学会の最終日が午前中で終わり、午後松阪へ出かけました。本場のステーキを食するのも目的でしたが、当時は博物館・美術館・文学館・記念館などを訪れる習慣を身につけて、本居宣長記念館を訪れるのも狙いの一つ

でした。実際にこの記念館を訪れて、それまでの認識が大きく変わりました。宣長の学問自体に関しては、私には理解も評価もできませんが、他の点で興味を惹かれました。

第一に、彼の本業が医師(小児科医)で、それで生計をたてていたと知った点で、医薬品を作って広告した資料も残っています。その時まで、宣長はどうやって生計をたてていたのか認識していませんでしたが、「医師だった」と知って納得できました。現代でさえも、研究者が研究自体で生計を維持するのは容易でなくて、たとえば医学研究者には臨床医としての収入で生計を維持する人が圧倒的に多く、私もその一人でした。他の領域の研究者は、大抵の場合は大学に勤めて、教育で生計を維持しています。医師としての宣長の収入が年間100両といえますから、1両10万円として年収1千万円でけっこう高収入とみていいのでしょうか。

第二に感心したのが、彼の関心の広がりで見識の高さ・広さです。日本全体や世界に眼を向け、自身で描いた詳細な日本地図が残り、また世界地図を所有して、世界の中の日本の位置付けを試み、「日本は国のサイズとしては小さいけれども、文化的に小さいわけではない」と述べています。そもそも「日本は国として小さい」と認識していたのも驚きです。

一方、儒教の教えの下らなさを指摘して、「百姓一揆で非のあるのは、農民ではなくて責任を追求さるべきは施政者」だと明確に主張してその点を藩主に上申しています。もっともその一方で、平静な心を維持して冷静な対処の重要性も述べています。

第三が言語感覚です。記念館に展示されていた古今集の(当時の)現代語訳「古今集遠鏡」は20世紀21世紀の現代の目で見ても新しい感覚で、豊かなユーモアを感じました。本文が入手できずメモも乏しかったのを残念に思っていたが、しばらく前にインターネットに公開されて自由に読めて感激を新たにしました。

(<http://www.milord-club.com/Kokin/nori/kan01.htm>).

他にも、研究にカードを使用して論文の骨格を構成していたという現代に通じる工夫にも感心し、自画像を含む絵も見事です。また、賀茂真淵への師事は対面ではごく短期間だったのに、手紙のやりとりで研究指導を受け続けて「日本最初の通信教育」だったとの事実も魅力的です。

要するにこの人は、単なる国学者ではなくて幅の広い学者兼思想家、いわば「知の巨人」で、当時私は「知的プレイボーイ」と呼んだ記録があります。

記念館についても一言述べます。展示がお座なりでなくて内容豊かなのはもちろんですが、特に感心したのが書籍販売です。記念館や文学館を訪れて、ロクでもない土産は売っていても書籍の販売は稀です。ところがここでは本居宣長自身の作品はもちろん、他の方々による評伝や解説が多数販売されていて購入しました。今回使用したのは、その際に購入した「菅笠日記」(下記)で、その後愛読してきました。記念館の展示担当者に、本居宣長への愛情と共感を感じたと記録しています。

当時はなかったと思いますが、現在ではこの記念館が素晴らしいホームページを開いており(<http://www.norinagakinenkan.com/norinaga/norinaga1/menu.html>)、これも充実して内容豊かです。

私の経験に限りますが、記念館や文学館で書籍を販売していたのは、ここ以外では横手市の石坂洋次郎記念館だけです。

本書の内容に関する問題と疑問

1. 宣長は磁石を使っていたか

今回本書を詳細に読んで気づいたのは、方向を常に明確に述べている点で、左右の表現もありますが、東西南北を頻回に記述しています。太陽が出ていればわかるとして、曇りや雨の日も多かったはず。そうすると、「宣長は磁石を持参していたのではないか」という疑問がわ

きました。宣長が科学への関心も深かったことはわかっています。本書の旅は1772年で、伊能忠敬が『方位磁石』を使用して測量を開始する1800年頃よりも30年近くさかのぼります。しかし、磁石自体は随分昔からあり、「本居宣長は使っていない」とは結論できず、案外持参して使っていたのかも知れません。とにかく、方角の参照が多いのです。

2. ガイドブックとしての使用

いろいろなところに、「本書がガイドブックになった」と書いてあります。それは理解できませんが、それにしても飛鳥で御陵を探索する点が詳細で、読者はどうしたのでしょうか。著者自身が言い訳をしていますが、ガイドブックとして実際に使用した感想などがあれば読みたいと感じます。

書籍と電子ファイル

本書に使用した直接の情報つまり書籍と電子ファイルに関して述べます。

1) 尾崎知光 木下泰典編 菅笠日記 和泉書院、大阪、1994(1987初版)

上記の記念館訪問時に購入して愛読しています。詳しい註が、解釈を助けてくれました。現在も販売されているようです。今回の現代語訳の底本です。

2) 菅笠日記の電子ファイル

いくつもあります。上記の記念館のホームページにあり、他に私の知識で下の二種類を加えて計3種類あります。比較は試みていません。
<http://www.lib.nara-wu.ac.jp/nwugdb/k017/html/n01/p002.html>

これは原文(絵)で展示されており、同時にテキストも掲載されています。

http://www2s.biglobe.ne.jp/~Taiju/1772_sugagasa.htm

こちらは通常のテキストです。

3) 現代語訳

現代語訳の書籍が一種類だけあります。

本居 宣長原著 三嶋 健男・宮村 千素著 現代

語訳菅笠日記，和泉書院 1995。

定価は 1,800 円と妥当ですが，現在は入手が極端に困難で，ほぼすべての古書店で「在庫なし，注文すれば入荷を知らせる」となっています。アマゾンだけは古書を提供していますが，価格が 1 万円近くと高価で，アマチュアが手を出すものではありません。

私の場合，図書館に相談したら取り寄せて頂け参照できて幸いでした。内容は詳細で，たんなる現代語訳にとどまらず，詳細な解説も加わり，実際に歩いて確認した経路と道路地図と鉄道も詳しく載っています。場所によっては，宣長が宿泊した施設の意見も聞いています。これだけ内容の優れた本が古書でさえも入手困難とは残念で，途方もない価格というのが販売量の少なさを意味するとも解釈します。実のところ，現代語訳の書籍の入手困難も，現代語訳公開への闘志を掻き立てました。

今回の現代語訳に関して

今回の現代語訳に関して述べます。私自身としては，北越雪譜，蘭学事始に次ぐ三作目で，今回のものも特に難解ではなく，骨折りの度合いは基本的には前の二つと同程度でした。しかし，今までになかった点が二つあります。

一つは和歌です。私自身は和歌・短歌への興味が特別強くはありません。子供のとき，ふつうに小倉百人一首のカルタ取りをしました。特別強くはありませんでしたが，ある程度努力もして十分に楽しみました。他に，中学高校で授業で和歌を少しならいました。

さいわいなことに，50 歳前に犬養孝氏の万葉集のテープを入手して楽しみました。45 分のテープ 10 巻からなる大作で，繰り返し聞きました。丁度ウォークマンの使用の時期に一致していたのも幸運でした。これ自体はもちろん万葉集だけですが，万葉集と限らず短歌の面白さに眼を開いてくれたという印象を抱いています。少し後の 1995 年頃に，大岡信氏の『私の万葉集』（講談社現代新書 5 冊）に遭遇し，まだ全巻

は揃っていなかった頃で揃うのを楽しみに待っていた記憶があります。

もう一つは，皇室・天皇に対する表現が苦手な点です。本書にはその面が濃厚で，当時の時代背景以上に宣長の研究者としての経歴と仕事の内容がそうさせたと推測でき，それ自体は自然です。先に現代語訳した北越雪譜と蘭学事始に，藩の政治と幕政に対する感謝が表明されていますが，それとはレベルが格段に違います。私自身はそんな特殊な感覚をもたず，宣長の書き方に強い違和感を抱きます。それに，読者の気持ちもむしろ私のそれに近く，敬意は否定しなくても関心は薄いと判断します。

今回の現代語訳で行ったこと

今回の現代語訳に際して，気づいた点と行った点を述べます。

- 1) 私の使用した書籍も電子テキストも句読点があいまいで，全部が句点「。」になって，読点「、」がないので，文章の区切れが不明です。したがって，これは自分で判断しました。
- 2) 実はもっと大幅に手を入れています。

原文は単なる古文ではなくて，歌を修め日記風ガイドブック風にする狙いで，修飾語を数多くつけて，リズムを生んでいます。数えた例を挙げると「いと」が 150，文頭の「又」が 120，「ばかり」が 95，文頭の「さて」が 75，「猶」と「なほ」を合わせて 61 などです。こういうものを素直に，そのまま現代文に入れると（もちろん「いと」は「大変」，「非常に」，「ひどく」などと変えて），数が多すぎて読めません。原文では味わいなのですが，現代文では誰でもおかしいと感じるでしょう。

もう一つは仮名が多くて漢字が比較的少ない点，とくに漢字で書くのがふつうの熟語（固有名詞を含む）を仮名交じりで書いています。たとえば「初瀬」を「はつ瀬」と書き「初瀬川」を「はつせ川」と書き「吉野」を「よし野」とか「よしの」と書く類です。

最初は比較的素直に逐語訳しましたが，何と

も不自然で読みにくく、徹底的に書き直しました。ムダな表現を切り捨て、単語を入れ替え、修飾語と被修飾語とを近接させ、なじみの固有名詞は漢字にするなどの手順で、現代風の文章にしました。

個々の文章が長すぎると感じる場合が多いので、自分の流儀で切断し、テーマ毎にパラグラフを変え、場合によっては1行空けました。それによって、原文の味わいは確実に失われましたが、「読みやすく」「内容を把握しやすく」を優先しました。皇室、天皇に対する特殊な表現は、単純な丁寧語の表現にしました。

私は飛鳥は数回訪れていますが、吉野は一度だけでそれも桜の季節ではありません。桜に関する知識も通り一辺です。その他の宣長の歩いた道は、鉄道でしかわかりません。鉄道趣味があって、近鉄大阪線は何度も乗車してはいますが、宣長の歩いた道との関連は意識しておらず、大抵はノンストップの特急で途中駅でなじみな名は八木と室生と名張程度です。

万葉集などの古歌で、作者名のわかるものは加えました。

一応の努力はしましたが、とにかく自分の基礎知識は貧弱です。要するに私はアマチュアです。つまり、本現代語訳は宣長の研究者でも何でもない、一人の医師が好きで訳したというアマチュアの作品です。

前2作と同様

<http://book.geocities.jp/kunio.suwa/>

で公開します。

地図に関して

各旅行日に合わせて地図を加えました。国土地理院のものに、見えにくい文字を書き加えただけですが、一応経路順に示し、本文の地名との関係がわかるものは説明してあります。しかし、自分で実際に歩いているのはごく一部で、大部分は自分では歩いていません。この点は、三嶋・宮村両氏の著書や記念館のホームページの詳細な検討・記述とは比較になりません。

謝辞

この著者と作品に対する眼をひらいてくれた本居宣長記念館(松阪市)に感謝します。ホームページも参考にしました。参考図書(現代語訳)を入手して下さった、吉祥寺図書館(武蔵野市立図書館の分館)と帝京短期大学図書館に感謝します。国土地理院の地図を一部引用しました。

ともあれ、この興味深い作品がさらに読まれる一助となることを期待します。

諏訪邦夫

4. 新井白石 西洋紀聞 訳者序

西洋紀聞自体の素晴らしさ

新井白石著『西洋紀聞』の現代語訳を何とか完成させました。2011年11月に怪我をして以来、まだ完全に回復しておらず、特にスタミナが不足で仕事を丁寧に仕上げる能力が十分ではありません。しかし、自分で満足いくまで……といっていると、今の経過ではずいぶん長かかりそうなので、ここで一応打ち切って完成とします。

今回の最大の収穫は、新井白石という人とその作品を知った点です。

『西洋紀聞』は、屋久島に上陸して布教を試みようとしたイタリアの宣教師ヨハン・シドッチ(シドチ)を尋問して記録したもので、シドッチの入国(上陸)は1708年、尋問は1709年末です。

これまで私が現代語訳した3作品(北越雪譜、蘭学事始、菅笠日記)は、程度の差はありましたが、どれも十分に愛読していました。しかし、今回の『西洋紀聞』は少し違います。以前に簡単に目を通したことはあったようですが、しっかり読んだのは今回が初めてです。

そうして、気に入りました。白石という人が、西洋文明の知識を科学はもちろんその他も一生懸命にとりこもうと心がける一方で、シドッチのいうキリスト教の教義に大真面目に反論して、「キリスト教は仏教の焼き直し、それも下手な

焼き直し」と主張し、おまけに「世界を造るほどの万能の天主デウスが不信心者を洪水で溺れさすなど、矛盾している。そんなに万能なら、全員に信じさせればいいではないか」と指摘しています。

本書は、シドッチからの知見を文章化したものと紹介され私もそう認識して読み始めましたが、実際には他に日本に出入りするオランダ人からの見聞、それに外国人で日本に住み着いた他の人(ジョセフ(岡本三右衛門))の話、他の書物からの知識などを総合した白石の努力と博識の産物です。

作品は1715年に書かれているようですが、作品の性質から刊行はされず、筆写で少しずつ知られ、広まったのは19世紀初頭だそうです。

それにしても、白石という人の「知識をとりこもうとする貪欲さ」に打たれます。シドッチは日本語が少しできましたが白石はヨーロッパ語の知識はなく、結局通訳経由のやりとりでした。岩波版を解説している村岡典嗣氏は、不便だったはずのコミュニケーションが両者間にここまで見事に成立して信頼関係を築いているのもたいしたものだと述べていますが、私もまったく同感です。

白石は、シドッチのことを「実に博聞強記」と感心しています。一方でシドッチの立場から見ると、これほどの大人物の尋問を受け、互いに知り合いになれ点で、彼も幸福だったと羨ましい気持ちを抱きます。約束を破って、牢で働く夫婦に布教活動をしたのが大きなマイナスに働いて、それ以後は待遇が厳しくなり、結果的には寿命まで縮めたようですが、とにかくシドッチの主張は永遠に残ることになりました。名前だけならザヴィエルが有名ですが、しかしキリスト教自体への認識の乏しい私には内容はわかりません。それと比べると、本書に記述されているシドッチの全貌は素晴らしいと感じます。

江戸時代の作品を次々と扱えば、早晚『西洋紀聞』にぶつかるのは必然でしょうが、それに

しても4つ目に本作品に遭遇した好運に感謝しています。

電子ファイルについて

『西洋紀聞』には、公開の電子ファイルがありません。下記に2として紹介した平凡社版は通常の印刷体の他に電子ファイルとしても商品化されており、一応購入して参照しました。しかし、この商品は自分のパソコンにとりこんで処理することを許しません。したがって、今回の仕事に直接は役立ちませんでした。結局、1の岩波文庫版をスキャンしてとりこんでOCRをかけて元のファイルをつくりました。

この岩波文庫版は、特殊な印刷法を採用しています。通常の1行の中に、注釈部分を極く小さい活字で2行に分けて印刷しており、そんな個所が大量にあります。この個所はOCR(optical character recognition: 画像を自動的に文字化する処理法)が全面的に不可能で、手作業で入力する部分が多くなりました。むずかしい漢字も多く、おまけに私自身の視力が年齢の進むにつれて低下し、さらには使用した岩波文庫版の文字がつぶれているという悪条件も加わって見にくくて大変でした。

何とか判読はしたものの、絶対的な自信はもてません。しかし、おかげで入力の際に丁寧に読むことになり、本書を楽しむ基礎として大きな役割を果たしたと慰めています。

原文のテキストをせっかく作成したので、現代語訳に附してそちらも公開します。

参照した書籍

参照した書籍に触れます。基本は岩波文庫です。さいわい、校訂者村岡典嗣氏の著作権も切れていると判断できるので安心して扱えました。他に、下の二書を参照しました。3冊ともすべて古書です。

1) 新井白石(著)、村岡典嗣校訂 西洋紀聞 岩波文庫、東京、1936。

今回の現代語訳を作成する源としました。上

にも書いたように、少し風変りな印刷で一部は字が極端に小さく、それに私の手元のは紙型が古い故か、文字がつぶれている場合もあり、文字の精しい参照に苦労しました。高齢者には向きません。

2) 新井白石(著)、宮崎道生校訂 西洋紀聞 平凡社、東京、1968.

通常の書籍の他に、電子版があります。しかし、「電子版である」というだけで、パソコン内での処理をまったく許さず、その他の点でも「電子版だから便利」という個所が乏しく、せっかく購入したものの役に立たず、私には電子版商品に対する反感だけが残りました。校訂者は最近亡くなった方ですが、この領域で有名な研究者なようです。

3) 新井白石原著、大岡勝義、飯盛宏訳 西洋紀聞(原本現代訳) 教育社新書、東京、1980.

今回の現代語訳で、参考になりました。冒頭に新井白石の紹介・本書『西洋紀聞』の成り立ち、当時の西洋の状況などを紹介する40頁ほどの長い文章が載って、それが特に有用でした。版元では品切れですが、古書として簡単に入手できました。

国名、地名の表記

本書の原典は、私たちの現用とはかなり異なる仮名表記を採用しています。そのままでは読みにくいので、原則として現代風に直しました。ただし、一部望ましいと考えた個所では、そのまま残しています。

原典表記	修正したもの
エウロパ、エウロパ	ヨーロッパ
ヲランデヤ	オランダ
イタアリア	イタリア
フランスヤ	フランス
イスパニヤ	イスパニア*

* スペイン

他に、地名も一部変更しました。

当の宣教師の名を「シドチ」とするか「シドッチ」とするか悩み、結局普及確立の度合いから

後者を採用しました。

岩波文庫版で細字印刷されている部分は、長文の個所では「細字」と断りましたが、それ以外は単にカッコ()で挟みました。()は西暦の年号など他の目的にも使用しましたが、やかましく区別していません。

本書は文語文ですので、もちろん旧仮名遣いで書かれています。当然新仮名遣いに直すよう努力しました。しかし、私自身が旧仮名遣いから完全に脱却はできていない面もあり、それが残っている可能性もあります。お許してください。

「ゐゑを」は、助詞の「を」以外は原則として「いえお」に修正しました。

岩波文庫の原典には、長い附録がついています。そこからも選んで加えることも検討しましたが、結局止めました。その点もお断りします。

本書も、前の作品と同様に私のホームページに公開します。ご利用ください。

<http://book.geocities.jp/kunio-suwa/>

ともあれ、新井白石という素晴らしい学者に遭遇し、その名著『西洋紀聞』の現代語訳を完成させて嬉しく感じています。

2012年3月

追記

1) 5番目の作品がみつからない。

ここまで4作品を現代語訳しました。切りよく5作品にしたいとも考えています。しかし、候補に考えた『養生訓』、『北槎異聞』などは現代語訳がすでに掲示されており、友人から示唆された『舎密開宗』はあまりの大冊で自分の予測される寿命から無理と判断しました。

他に何か行おうべきものを探していますが、「名作で、自分の興味もあって、電子ファイルがない」という三つの条件を満たすものが現時点ではみつかりません。

2) 英訳の可能性

一方で、作品を英訳する可能性を考えています。英語を何とか書く能力はあると考えますし、

それに手を入れてくれそうな友人もいます。夢物語がかもしれませんが。

考 察

今回の現代語訳に関しては、原文の電子ファイル(上記、長野電波技術研究所のもの)の存在が大きな便宜と勇気も与えてくれました。古文を現代文にするソフトウェアがインターネットにあって試用してみましたが、動作速度が極端に遅くしかも翻訳の質が不満足で、結局使用せず通常の手作業で行いました。ただし、旧かなを新仮名にする面などで、パソコンの単語置換がかなり有用でした。

最初のファイルを2011年8月1日に公開し、2012年4月までに約3千件のアクセスがありました。それ以上に嬉しかったのは、友人知人たち数百人に配布でき、しかも「他の方々にも配布してほしい」とお願いできた点です。電子テキストの場合、通常の本と異なり筆者自身が当初から著作権を強くは主張しないと宣言(クリエイティブコモンズと呼ぶ)しており、それが可能で通常の本では不可能な配布法です。本は一部数千円だから、費用の面から贈呈の対象を限定することが避けられません。そんな懸念が、電子ファイルにはありません。メールアドレスの整理の手間だけです。

ネット公開の問題点は収益で、今回は無料公開ですから、訳者の収入はゼロです。特に大きな努力もエネルギーも要せず、しかも「この作品を世の人に知って貰いたい」という気持ちが強かったので実現しました。出版社のように収益を上げることの必要な組織の参加もなく、すべてを自力で行ったから可能です。唯一、ヤフーがホームページを場を提供していて、その費用は広告で対応しています。

行って見て、作業の楽しさを痛感しました。いずれも超レベルの名作に手を入れるのであるから、気分の悪いはずがありません。共通の技術として、以下の点を指摘します。

1) 原文の電子化：最近では、取り込みと OCR

とを同時に行う装置(+ソフトウェア)である ScanSnap が使えて、時間が短縮され、手作業部分が大幅に節約できました。原文がすでに電子化されていれば有利なことは言うまでもありません。

2) 画面に原文と翻訳文を出して参照しながら仕事を進める

この手法は、仕事の能率を著しく向上させます。書籍や論文コピーなど、翻訳に必要な原文を運搬しそれを取り出したり収納したりする必要がありません。必要なのはノートパソコンだけです。最近のパソコンの精細画面のお蔭で、画面を二つに割って原文と訳文とを対比させても不便がありません。

3) パソコン内の辞書使用。英語の場合も有用だ、特に古語や元号の参照にパソコン内の広辞苑が有用でした。一部は、インターネットの情報も利用しました。

4) エディターの使用とテキスト使用(ワードファイルを避ける)

文章の処理には、原則としてエディター(WZエディター)を使用しました。この仕事の最後の段階で図を読み込む必要があり MS-Word を使用せざるを得ませんでした。その際に速度の遅さとマウス使用の要求に強くイライラを感じました。必ずしも慣れの問題と限らず、MS-Word は画面の移動や保存その他の動作も遅くて大きな文章を処理するには向かないと痛感しました。特に、北越雪譜の MS-Word ファイルは 20MB 近くと巨大で、仕方がない面もあります。テキストファイルならたった 0.5MB です。したがって、文章部分はエディターで処理して、最後の絵の組み込みだけに MS-Word のファイルを使用するという今回の手法は妥当と感じました。

5) ファイルリンク

目次ファイルと個々の章のファイルとを「ハイパーテキストにする」、つまり目次の各項目から個々のファイルを一瞬で開ける構造に作る

ことが、こういう大きな作品を仕上げるには必須の技術です。さいわいにこの技術を 1990 年代初頭に知り、その後の修練でマスターしてきて筆者としては幸運でした。

最後に成果の利用を述べます。すべてネットに発表しました。

(http://book.geocities.jp/kunio_suwa/)

いろいろな事情から、すべて PDF ファイルを使用しています。

この他に、筆者の友人知人たち約 300 名にメール添付で送付しました。うち、60 名からお礼・コメントなどの返事を受けています。比率は 20 % 未満で必ずしも高率ではありませんが、書籍に比較して配布の絶対数が多いので、反応

した人数も断然多いようです。

おわりに

日本の作品の電子テキストが乏しいことを気にして、『北越雪譜』、『蘭学事始』、『菅笠日記』、『西洋紀聞』の 4 作品の現代語訳を実行して、その発表の場としてヤフーの無料ホームページを利用して

http://book.geocities.jp/kunio_suwa/

を開設して登録公開しました。その実行に際して、作業の楽しさを痛感しました。特に最初に行った『北越雪譜』は作品に対する愛着で、最後の『西洋紀聞』は著者新井白石の学識と主張に共感して、いずれも満足度の高いものでした。

特別寄稿： 全身麻酔の将来を予測する

長田 理

はじめに

私が麻酔科医になって20年以上が経過した。当時はチオペンタール、サクシニルコリンを用いて全身麻酔を導入し、パンクロニウムにより筋弛緩を得ながら亜酸化窒素とイソフルランにより全身麻酔を維持していた。硬膜外麻酔に用いる局所麻酔薬は、短時間作用性のリドカインと共に心毒性が問題となるブピバカインが主流であった。ところが現在は、当時利用していた麻酔関連薬を用いることは全くなく、術後の嘔気嘔吐(PONV)の少ないプロポフォールとレミフェンタニルを用いた全静脈麻酔による全身麻酔の導入・維持が普及すると共に、完全な筋弛緩の拮抗が可能なロクロニウムを用いて筋弛緩を得ることとなった。硬膜外麻酔に用いる局所麻酔薬は、心毒性が問題とならないロピバカイン/レボピバカインが主流となっている。このように各種生体モニターの発達と共に新しい麻酔薬が開発されて全身麻酔の安全性は大きく進歩しており、今後の麻酔科医療は更に発展することが期待される。そこで本稿では、筆者の独断と偏見で将来の麻酔科医療を予測することとした。

全身麻酔で用いられる薬物とその選択について

我が国でもデスフルランが利用可能となり、セボフルランよりも更に迅速な覚醒が得られるようになった。しかしながら、理想の吸入麻酔薬というものが存在するとすれば、鎮痛と鎮静の作用を兼ね備えているだろう。残念ながら鎮痛と鎮静の作用を持った吸入麻酔薬はまだまだ実用化されていない。特にハロセンから始まるハロゲン化エーテル系の薬物では、芳香臭(非常

に強い刺激臭で気道刺激性が強いものもある)があるうえ、悪性高熱症を引き起こすという潜在的な危険性はいまだ改善の目処が立っていない。また、過去において吸入麻酔薬は鎮痛作用と鎮静作用を兼ね備えた全身麻酔薬と捉えられていたが、近年利用されているセボフルラン/デスフルランでは鎮痛作用は弱い又はほとんどないことから鎮静薬と認識されるようになってきている。呼吸器系から吸収され、供給濃度によって効果を調節できるという優れた特徴を持つものの、鎮静の質に問題がある(興奮性脳波・てんかん波を生じる、覚醒時に一時的に興奮する、術後の嘔気嘔吐の頻度が高い)ことが難点である。これらの問題が解決される吸入麻酔薬としてキセノンが期待されているもの、コストが非常にかかるうえ、残念ながら嘔気嘔吐の問題だけを見ても目立った長所はないと考えられている。しばらくは新しい吸入麻酔薬が開発されることはなさそうである。

静脈麻酔薬の理想型としては、作用発現時間・作用消失時間が共に速やかな薬物候補が現在までに複数開発されている。これらはいずれも蓄積性がほとんどなく長時間投与でも context-sensitive half-time (CSHT) の延長は問題にならないものの、現時点において持続注入で用いられるプロポフォールと比べて副作用に不明な点が多い。残念ながら単回投与だけで呼吸抑制をはじめとする重篤な副作用なく適度な鎮静が得られるわけではないものの、静脈路から投与し続ける間は呼吸抑制がなく確実な鎮静が得られることが期待されている。作用消失時間が非常に早いというメリットを生かすことで、将来の静脈麻酔薬は手術麻酔のみならず検査麻酔へも応用されるであろう。

短時間作用性の鎮静薬/鎮痛薬が利用可能となり、確実な鎮静と十分な鎮痛を手術中に提供することが現実的なものとなったため、全身麻酔の維持は格段に安定することになった。挿管操作による激しい侵襲や手術侵襲が加わっても、現在の麻酔管理では循環動態の変動を観察する機会は激減している。このため、麻酔科医の業務は術中の循環・呼吸状態の看視と対応よりも、術後早期の質の高い覚醒・回復を指向することになる。たとえば悪性高熱を引き起こす脱分極性筋弛緩薬を使用したり、PONVなどの副作用を生じる頻度の高い薬物を敢えて使用する全身麻酔は、合理的な目的がなければ安全性・質の保証の面から許されるものではない。自分の好む麻酔方法ではなく、質の高い麻酔方法を提供することが専門家としての責務であり、当然のことながらその技術に対して経済的な評価が加わることが期待される。

十分な鎮痛と必要最小限の鎮静により、体動を抑制するために筋弛緩薬を必要とする状況が大きく減少している。既に報告されているように、ロクロニウムの必要量は個体差が大きい。ため筋弛緩モニターを利用して投与調節を行うことが推奨されているが、近年はロクロニウムの筋弛緩効果をほぼ完全に拮抗できるスガマデックスが利用できるようになり、ロクロニウムの利用方法が大きく変化する可能性がある。近い将来、薬物動態・薬力学を利用して個体差に対応できるロクロニウム持続投与プロトコルが開発されることで、筋弛緩を必要とする状況が終了するまでロクロニウムの持続投与を行いながら、筋弛緩がなくなったら速やかにスガマデックスで筋弛緩作用をリバースする管理が日常的になるであろう。

全身麻酔での薬物投与方法について

全身麻酔時に使用される薬物は、鎮静・鎮痛・筋弛緩の主作用のみならず、血管拡張による血圧低下、頻脈/徐脈、呼吸抑制など様々な副作用を持っている。このような重篤な副作用を回

避するために、全身麻酔時に使用される薬物は必要最小限の投与に止めるべきとされてきた。麻酔科医はしばしば「呼吸管理・循環管理のプロ」と称されるが、これは全身麻酔中に出現する副作用の管理に長けていることを表現しているに過ぎず、副作用の全くない理想的な全身麻酔薬が出現した際には「呼吸管理・循環管理のプロ」である必要性はない。では将来的に副作用が問題とならない麻酔薬が開発されたとしたら、全身麻酔薬の投与方法、そして麻酔管理の考え方はどのようなものになるのでしょうか？

理想的な鎮痛薬といわれる超短時間作用性オピオイド鎮痛薬レミフェンタニルでは、従来から使用されてきたフェンタニルに比べて高濃度となるよう投与しても投与終了と共に速やかに体内濃度(血中濃度/効果部位濃度)が低下するが、それ以上に着目する必要があるのは大量投与によっても副作用の危険性(重篤度)が増悪するわけではない点である。例えば、以前より指摘されている血圧低下は併用する鎮静薬の影響が強いことが知られているが、レミフェンタニルの投与速度に比例して血圧が変動するわけではない。更にいえば、レミフェンタニルは鎮痛作用を得るために投与しているわけであり、血圧低下という副作用については循環作動薬の投与により対応するのが合理的である。重篤な呼吸抑制(呼吸停止)という副作用については、気道確保による全身麻酔時には問題とならないが、自発呼吸下で使用する場合には絶対に回避しなければならない。このため、自発呼吸下では(推奨されていないため、もし無理に利用するのであれば)レミフェンタニル持続投与速度にはこの副作用を来さないという上限が設定されることになる。

従来の静脈麻酔薬の多くは、反復投与・持続投与により体内への蓄積が生じるため作用時間が延長することが問題であった。この現象を説明するためにCSHTという概念が考案されたが、この言葉を用いれば蓄積性のない「CSHT

が一定の薬物」が理想の静脈麻酔薬に求められる薬物動態学的特徴の一つである。薬物投与終了から効果消失までの時間が短ければ全身麻酔からの覚醒が速やかなものとなるため、できるだけ速やかに代謝・排泄されることも理想の静脈麻酔薬に求められる薬物動態学的特徴となる。前述した超短時間作用性オピオイド鎮痛薬レミフェンタニルはこれら二つの特徴を兼ね備えたものであり、薬物動態学的には理想的な鎮痛作用を担う静脈麻酔薬である。今後は同様の特徴を持つ鎮静作用を担う静脈麻酔薬の出現が期待される。

このような理想の麻酔薬が実用化すると、麻酔管理の考え方は現在の「個体差を考慮して細かく調節する」という「技術が必要で調節を失敗する危険性の高い投与方法」から「誰もが安全に実行できる簡便な投与方法」へと移行するであろう。現在の麻酔科医は、様々なモニターを利用して現在の状態を表す客観的数値（例えば% T1=10, BIS=65 など）を得て、希望する状態（例えば% T1=5, BIS=45 など）となるよう薬物投与を調節している。このような細かな調節を実現するためには、精度の高いモニター機器と共に精密な気化器や TCI ポンプ・持続注入ポンプや薬物動態シミュレータが必要であった。ところが持続投与中は十分な効果が得られるほど大量に投与しても問題が生じない。投与終了後は速やかに効果が消失する（そして他の副作用がない）薬物が利用できるのであれば、全身麻酔中は確実に効果が得られる高用量（EC₉₉ ないし EC₁₀₀ に近い値）を投与することで容易に安全確実な鎮痛が得られる。個体差に応じて必要最小限の薬物投与を行った場合に比べ、一律に高用量を投与する場合は薬物投与量は必然的に多くなるが、調節を失敗する危険性は確実に低下する。麻酔薬の投与調節のように熟練した判断が要求され、調節に失敗することで生じる損害が大きいのであれば、危険性の低い投与方法を選択することは合理的であろう。

一方、従来から使用されてきた比較的作用時間の長いモルヒネ・フェンタニルについては、手術中・全身麻酔中の使用を避けるべきであろう。これらの薬物については術後にも効果が遷延するため、薬物動態シミュレーションなどによる平均的な個体を想定した画一的な投与方法では、EC₅₀ に相当する量を投与した場合に感受性の高い個体において重篤な副作用を来す危険性がある一方で、約半数の個体で効果が不足することも事実である。このため、平均的な個体を想定した画一的な投与方法のみでは、多くの患者で不満が発生せざるを得ない。このような問題を解決するためには、意識が回復してから患者自身が鎮痛効果の過不足を判断し、必要に応じて鎮痛薬の追加投与が容易に可能な対処方法が求められる。このような方法に相当するのが、いわゆる患者自己調節鎮痛法（PCA）である。

オーダーメイド医療は一種のフィードフォワード制御に位置づけられるため、麻酔薬による副作用の発現リスクなど生体が持つ特性に基づいて薬剤・デバイスの選択に利用されるであろう。一方、薬剤の投与量の調節については、手術侵襲や手術操作など生体以外の影響も大きい。ため、反応を評価しながらフィードバック制御を行う方が効果的である。従来の個体差を評価しながらの投与調節はフィードバック制御に該当することから、全身麻酔中はフィードバック制御を用いたオーダーメイド医療を既に実現しているとも考えることも可能である。遺伝子情報を利用して個体差を評価する方法が開発されたとしても、フィードバック制御の対象（たとえば投与量）の調節については単に初期値に影響するだけであり実質的な意義は低いと言わざるを得ない。このような理由から、全身麻酔に関してはオーダーメイド医療のメリットは限定的である。

全身麻酔の安全性について

従来の全身麻酔では、不十分な鎮痛と麻酔薬自体の副作用が諸悪の根源であった。過去の外科学の教科書には「手術に伴い頻脈、高血圧が

出現する」と記載されていたが、これは不十分な鎮痛のため手術侵襲を抑制しきれないことが理由であり、最近の十分な鎮痛を提供する全身麻酔では挿管操作・執刀時にも循環動態が変化しないことは珍しくない。このため、安定した循環動態によって回避できる合併症については、過去に比べて安全性が向上している。

吸入麻酔薬では、セボフルラン、そしてデスフルランが利用できるようになり、それ以前の吸入麻酔薬を使用していた時代に比べて投与終了から覚醒までの時間が確実に短縮している。静脈麻酔薬では、すでにプロポフォールでさえ適切に使用することで投与終了後に速やかに覚醒するが、将来的には更に作用持続時間が短い薬物が開発されることでデスフルランに匹敵する速やかな覚醒が得られるであろう。また、レミフェンタニルの実用化により、術中に十分な鎮痛を確保しても術後は完全に効果が消失するため、術後にまで鎮痛薬の効果・副作用が遷延することを危惧する必要がなくなった。これらの全身麻酔薬の副作用も既に旧来の全身麻酔薬に比べれば格段に改善されているが、「相互作用」として説明される関係（様々な鎮痛方法を併用して十分な鎮痛を確保することで全身麻酔薬の必要量が減少する）により、使用される全身麻酔薬の濃度が低下していることも副作用の減少と覚醒時間の短縮に寄与している。

気道管理は気管チューブを用いた気管挿管から、代替デバイスを用いた挿管しない管理の割合が更に大きく増加するだろう。特に、脳動脈瘤塞栓術や鼓室形成術など手術侵襲が小さいものの不動化を要求される顕微鏡下手術・内視鏡下手術などでも、鎮痛薬・筋弛緩薬の改良により十分な鎮痛と確実な筋弛緩を確保することが容易となった現在では、LMA や更に漏れの少ない i-gel などによる気道確保が日常的になりつつある。気管挿管は手術操作よりも強い侵害刺激といわれているが、代替デバイスの利用が一般的なものとなれば挿管刺激を除去できるた

め、全身麻酔の安全性は更に向上するであろう。

周術期管理について

早期回復・早期社会復帰に向けた術後管理では、意識に影響を及ぼさない局所麻酔薬・鎮痛薬 (NSAIDs) が重要な役割を担い、オピオイドの役割が減少するであろう。また、オピオイド投与は、筋注・皮下注から ivPCA へ、そして経皮的 PCA に移行するであろう。

ivPCA を利用すると個人差に応じた投与が可能となるが、個々の症例で適切なオピオイド使用であるうえに、集団としてとらえると必要最小限のオピオイド投与が可能となる。経皮的オピオイド投与システムは現時点で術後疼痛対策に導入されていないものの、近い将来には臨床使用が可能となろう。経皮的オピオイド投与システムが利用できれば現在主流のポンプを用いた ivPCA が必要なくなるだけでなく、医療従事者の介入を必要としない簡便で安全かつ低コストの術後疼痛管理が実現する。

局所麻酔の利用は、広範囲の侵害刺激遮断が可能な中枢神経への投与から、遮断範囲の狭い選択的神経ブロックへ、さらには手術創部だけの局所に限局した鎮痛へと移行するだろう。現在のところ硬膜外鎮痛法などで利用されている持続的局所麻酔薬投与方法では、反復投与に比較して薬剤の広がりが悪く、鎮痛が十分な状況でも画一的に投与が継続されるため局所麻酔薬の過量投与を招くことが重大な問題である。このため、必要十分な鎮痛効果を確保するためには、硬膜外鎮痛法であっても患者自身が必要時に反復投与する PCA の利用が望ましい。一方で、意識への影響が少なく神経遮断範囲が狭い範囲に限局している局所浸潤ブロックでは、現在利用されている長時間作用性局所麻酔薬よりも更に長時間にわたり鎮痛効果が得られる長時間作用性鎮痛薬ないし薬物投与システムの開発が期待される。このような改良が実現すれば、将来的には硬膜外鎮痛法や選択的神経ブロックなどの

侵襲的手技は用いられなくなるであろう。

術後疼痛管理の一翼を担う NSAIDs については、定期的投与が普及するだろう。諸外国では術後速やかに退院するという事情もあるため、周術期に NSAIDs が定時投与されている。一方我が国では「患者は術後安静が重要で、鎮痛などの処置は医療従事者がおこなう」という文化のためか、患者自身が定期的に鎮痛薬を服用するという習慣が乏しいようである。適切な鎮痛を確保するためには患者自身の積極的な関与が必要であるうえ、早期社会復帰にも効果的であることから、我が国でも諸外国と同様に術後疼痛管理で NSAIDs の使用が普及するであろう。なお NSAIDs の副作用対策として、消化性潰瘍予防薬の投与も必要である。現時点では術後疼痛管理の質を向上するためにチーム医療が推奨されているが、安全で容易な疼痛管理プロトコルが完成すればこのような活動も将来は不要になると予測される。

術中は積極的加温により正常体温を維持することが重要なのは既に周知の事実であるが、今後は周術期における体温管理の重要性が更に認識されることになろう。手術室では見られなかったシバリングが帰室直後に認められると報告を受けることがあるが、よく調べてみると帰室時に寒い部屋で強制的に(配慮なく)更衣を行っていることがしばしば認められる。このような帰室時の更衣など看護行為においても体温保持を優先することで、シバリング発生頻度は低下するだろう。一方で、シバリングの頻度を完全にゼロにすることができないため様々な予防策が検討されているものの、予防策は「発生頻度が高い」「発生による損失が大きい」場合に効果的である。既存の対策により頻度が減少するシバリングを更に予防することは費用対効果を考慮すると得策ではなく、予防を目的に敢えて薬剤を投与する必要はないであろう。

術後数日間にわたり静脈路を確保する慣習が過去のものとなり、覚醒後は速やかに静脈路が

抜去されるであろう。術後回診の際にヘパリン加生理食塩液でロックされた静脈留置針を見かけるが、輸液投与の必要がないのであれば非生理的な静脈路は直ちに抜去すべきである。意識回復・嚥下機能回復・消化管機能回復後は、必要であれば抗生剤の経口投与・水分の経口摂取で対応できる。特に経口摂取については、消化管機能の改善から早期離床が実現できるため、積極的に推進すべきである。

Man is mortal.

現在、そして将来の全身麻酔では、ほとんどといってよいほど高い割合で速やかな覚醒と良好な術後疼痛管理により早期社会復帰を見込むことができるようになった。一方で、旧来の概念「手術後は安静が必要」「少し痛みがあるから大事を取ってベッドで寝ている」では、リハビリが進まず結果として社会復帰が遅れてしまう。ヒトの死は回避できないものであることが受け入れられる成熟した社会となれば、高齢者など意識回復・嚥下機能回復・経口摂取回復が遅れることでクリニカルパスでの回復過程から外れる症例では、手術適応自体が制約されることはやむを得ないであろう。一方で、一時的に出現するが早期発見により対応できる事象/回避可能な事象に対応するための看視の場として ICU が必要なことは明白であるが、積極的な治療を行っても成功率が低い事象に対する治療は通常の診療行為とは切り離して考えるべきである。米国での傾向が示すように、高価な医療機器・薬剤などの資源を投入する ICU での回復困難症例への関与が減少すると共に、ICU の必要性もまた今後減少するであろう。

平素は手術室という狭い世界の中で生活する麻酔科医であるが、医療界全体、そして現在の高齢社会の将来を予測しながら、それに対応できるように人生の選択を繰り返している。10年後、20年後に再び筆者の予測が妥当であったかどうか、検証できる日を楽しみにしている。

連絡先：

〒 330-8503 さいたま市大宮区天沼町 1-847

Phone: 048-647-2111(代表)

E-mail: o-nagata@fa2.so-net.ne.jp

NGF と新規鎮痛薬の開発

廣瀬宗孝

1. はじめに

神経成長因子 (Nerve growth factor; NGF) は, Rita Levi-Montalcini によって約 60 年前に発見されたタンパク質であるが, その後の医学研究におけるテクノロジーの進歩により, アルツハイマー病や難治性疼痛にも関係することが明らかとなり, 現在では, これらの疾患に対する新薬開発のターゲットの 1 つとされている.

1909 年にユダヤ人としてイタリアに生まれた Levi-Montalcini は, 第 2 次世界大戦中も, 神経線維の成長に関する研究を続けていた¹⁾. 戦後, 1946 年に彼女はアメリカ合衆国に移り, ニワトリ胚に移植したマウス肉腫が, 感覚神経と交感神経の成長を来す因子を血行性に分泌することを明らかにした²⁾. さらにこの因子に対する抗血清を出生直後の哺乳動物に注射すると, 交感神経細胞が変性することを示した³⁾. 出生前の感覚神経と交感神経の成長に不可欠なこの因子は, NGF と命名され, マウス顎下線から分離された NGF は 118 個のアミノ酸残基配列を持つことが明らかとなった⁴⁾. NGF の受容体に関する研究も進み, 親和性の高い受容体と, 親和性の低い受容体があることが明らかになり⁵⁾, 後に前者は Tropomyosin receptor kinase (Trk) A, 後者は p75 Neurotrophin receptor (p75NTR) と命名された. NGF を発見した功績により, Rita Levi-Montalcini は 1986 年にノーベル医学生理学賞を受賞した.

その後, 神経成長に関与する因子として, NGF の他に脳由来神経栄養因子 (brain-derived neurotrophic factor, BDNF), ニューロトロフィン-3 (neurotrophin-3, NT-3), ニューロトロフィン-4/5 (NT-4/5) が発見され, まとめて神経栄養因子ファミリーと名付けられた. それぞれの

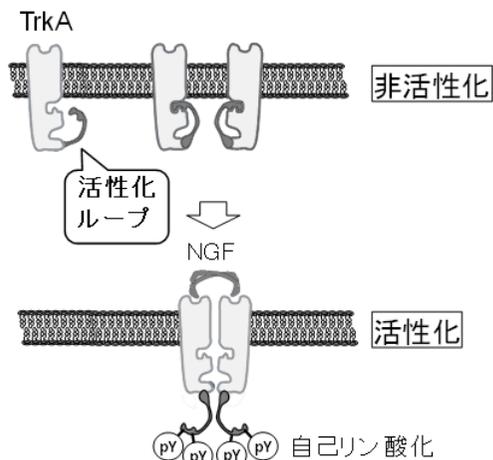


図 1: 神経成長因子 (NGF) による高親和性受容体 TrkA の活性化および自己リン酸化

因子の受容体も, TrkA とアミノ酸配列の相同性が高いため, TrkB と TrkC が加わり, BDNF と NT-4/5 の受容体は TrkB, NT-3 の受容体は TrkC であることが明らかとなった⁶⁾.

現在, NGF の役割は, 出生前の神経成長のみでなく, 成人期における痛みや免疫機能にも, 重要な役割をもつことが明らかになった. また NGF/TrkA 系の活性化がアルツハイマー病の発症を抑制している可能性や⁷⁾, 恋に落ちると血中の NGF 濃度が高くなるとの報告もある⁸⁾. NGF 機能の本質は何であろうか. 本稿では, 神経の成長に必要な NGF が, なぜ成人では痛みに関係するのか, また NGF/TrkA 系をターゲットとする新規鎮痛薬の開発について解説する.

2. NGF による TrkA の活性化

TrkA は, 末梢神経, 中枢神経, 免疫組織, 消化管, 副腎皮質, 前立腺, 子宮, 腎臓, 皮膚など

に発現している^{6,9)}。NGFは細胞膜上のTrkAと結合し、アミノ酸残基のチロシンをリン酸化するチロシンキナーゼ活性をもつ。図1に示すように、非活性化状態のTrkAでは、酵素活性中心に活性化ループがはまり込んでいるため、ATPが入ることができずチロシンキナーゼ活性が抑制されている¹⁰⁾。2量体のNGFが2量体のTrkAに結合すると¹¹⁾、活性化ループが酵素活性中心から外れることにより、TrkAは互いの活性化ループ内のチロシン残基(Y670, Y674, Y675)をATPで自己リン酸化(pY)する¹⁰⁾(図1, 2)。この活性化状態のTrkAは、細胞内の他の基質タンパクをリン酸化し、NGF/TrkA系の細胞内情報伝達系が作動し、情報が核内に伝わる。

とくに末梢の侵害受容ニューロン終末に作用したNGFは、結合した細胞膜上のTrkAと共にエンドソームに取り込まれ、後根神経節にある神経細胞体まで軸索内を逆行性輸送される。そこで下流の細胞内情報伝達系が活性化され、様々なタンパク質が産生される¹²⁾。

3. NGF と痛み

NGFと痛みの関わりには2通りある。1つは、胎児期にNGFによる神経成長作用が欠落すると、痛覚を伝える神経線維が成長しないため、痛覚を感じない無痛症になる。もう1つは、成人期ではNGFが痛みを引き起こす物質となる。

1) 先天性無痛症

感覚神経と交感神経の形成にNGFが必要であることが知られていた1976年に、先天的に痛覚を感じない先天性無痛症患者における血中NGF濃度が測定されたが、疾患の原因究明には至らなかった¹³⁾。

その後、分子生物学の進歩により、痛覚神経と交感神経が欠損している先天性無痛無汗症(遺伝性感覚性自律神経性ニューロパチー4型)の原因は、TrkAの遺伝子変異であることが明らかになった。痛覚を感じないため外傷を繰り返

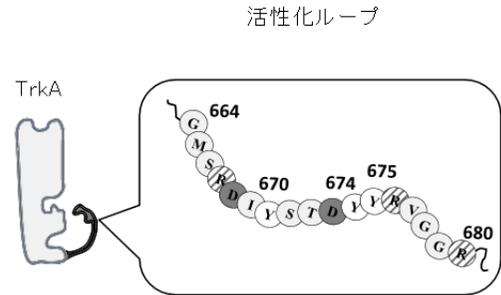


図2: TrkAの活性化ループとそのアミノ酸配列

し、発汗できないため運動すると高体温になる非常に稀な疾患であるが、その原因として、TrkAのチロシンキナーゼ活性が発揮できないことが明らかになった^{14,15)}。また無痛であるが発汗は正常な先天性無痛症(遺伝性感覚性自律神経性ニューロパチー5型)では、NGFの遺伝子変異が報告された¹⁶⁾。これらの疾患は、出生前のNGFの生理作用が欠損した結果である。

2) 成人期におけるNGFによる痛み

出生前から出生直後にかけてNGF作用が抗NGF抗体で抑制されると、感覚神経と交感神経の成長が完全に抑制される。しかし出生後にNGF作用が抑制されても、一部が抑制されるに止まる¹⁷⁾。このことは、出生前と出生後ではNGFの生理作用が異なることを示唆する。

NGFが神経成長作用を持つことから、1980年代後半より中枢神経や末梢神経疾患の治療薬の候補としてNGFが注目され始め、動物にNGFを投与する研究が行われた¹⁸⁾。ところがNGFを成人ラットに投与すると、痛覚過敏が生じることが明らかになり、成人期はNGFが痛みを生じる化学物質の1つであることが知られるようになった¹⁹⁾。ヒトにNGFを静脈内投与した研究では、全身の筋肉痛が生じ、同量を皮下投与した場合は全身の筋肉痛に加えて、投与部位の皮膚に痛覚過敏が生じた。筋肉痛は1週間近く持続し、皮膚の痛覚過敏は数週間持続した²⁰⁾。

このように NGF が痛みを来すことが知られるようになると、そのメカニズムが研究された。身体的な痛みは、侵害受容痛（侵害受容性疼痛）と神経障害痛（神経障害性疼痛）の 2 つに分けられる。侵害受容痛は「組織を実際に、または潜在的に損傷する出来事（侵害刺激）を伝達する受容器（侵害受容器）の活性化により生じる痛み」と定義され、一般的に生理的な痛みと解釈されている²¹⁾。一方、神経障害痛は「体性感覚系に対する損傷や疾患によって、直接的に引き起こされる痛み」と定義され²¹⁾、通常では生じない病的な痛みとされている。どちらの痛みも長期間持続する慢性の痛みに発展することがあり、治療に難渋する。NGF、インターロイキン、腫瘍壊死因子などは、組織の損傷では炎症細胞から分泌され、また神経損傷ではシュワン細胞から分泌されて、これら 2 つの痛みの両方に関与する^{22,23)}。組織の損傷があると、その部位に NGF の発現が増加することが報告されている^{24,25)}。

NGF はどのようにして痛覚過敏を来すのだろうか。炎症細胞から分泌された NGF は、感覚神経末端の細胞膜にある TrkA に作用し、痛みに関する他のタンパク質をリン酸化してコンフォメーションの変化を来し、またそのタンパク質の発現量を増加させる。このようにして、NGF は末梢神経や脊髄内における末梢性感作や中枢性感作を形成し、痛みに対する過敏反応（痛覚過敏）や、通常では痛みを生じない刺激でも痛みを感じる反応（アロディニア）の発症に関与する²⁶⁻²⁸⁾。

3) NGF はなぜ痛みを来すのか

出生前は感覚神経と交感神経の成長に必須な NGF が、出生後は痛みを生じる役割を担うのはなぜだろうか。理由は明らかでないが、組織の損傷で炎症反応が生じると、同時に起こる末梢神経損傷の修復に必要な NGF が、周囲の損傷されていない感覚神経に作用して痛みを生じることで損傷部位を保護し、末梢神経損傷の修

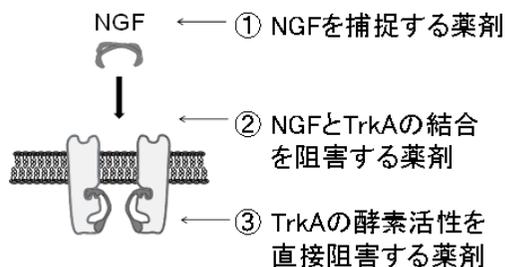


図 3 : NGF/TrkA 系阻害薬の作用部位

復を促進しているのではないだろうか。

一方、自己免疫疾患のように炎症反応が継続して、侵害受容痛が常に存続する状態や、神経障害痛を来す病態に陥ると、NGF は末梢性感作や中枢性感作を来して痛覚過敏やアロディニアを来す原因となってしまう。このような病的状態では、NGF 作用を阻害する鎮痛薬が必要になる。

4. NGF/TrkA 系と鎮痛薬の開発

現代社会において、慢性の腰痛など様々な鎮痛薬を用いても十分な効果が得られない難治性の痛みをもつ割合は、成人の 23 %にも及び、労働力の低下にも繋がるため大きな社会問題となっている²⁹⁾。このような痛みは、今後の超高齢化社会において国家予算の 4 割近くを占めると言われる医療費を、さらに増加させる要因の 1 つと考えられている。そこで新しい鎮痛薬の開発が望まれているが、侵害受容痛と神経障害痛の両方に関与する NGF/TrkA 系は、この新薬開発の重要なターゲットの 1 つである³⁰⁻³²⁾。とくに抗 NGF 抗体はすでに臨床研究が行われ、新しい鎮痛薬として今後の臨床使用が期待されている。また TrkA 活性を阻害する薬剤の開発も行われている。

1) NGF/TrkA 阻害薬の分類

NGF の作用を抑制する薬剤は、次の 3 つに分類される^{33,34)}。① NGF を捕捉する薬剤、② NGF と TrkA の結合を阻害する薬剤、

③ TrkA の酵素活性を直接阻害する薬剤の 3 種類で (図 3), これまで多くの NGF/TrkA 阻害薬が開発されてきた (表 1)³⁵⁻⁵⁰ .

2) 抗 NGF 抗体

最も古くからある NGF/TrkA 阻害薬である . 1990 年代前半に, 侵害受容痛に対する抑制効果が示され³⁵⁾, その後, 侵害受容痛と神経障害痛の様々な動物実験モデルで鎮痛効果が示された . 筆者と共同研究者も, ラット体幹部の広範囲熱傷モデルを用いて, 熱傷部位で産生された NGF が非熱傷部位の足底部に痛覚過敏を来すことを明らかにし, その痛覚過敏が抗 NGF 抗体で抑制されることを報告した⁵¹⁾ .

その後, 抗 NGF 抗体は NGF/TrkA 阻害薬の中で初めてヒトに臨床使用され, 変形性膝関節症と変形性股関節床の痛みに対してアメリカ合衆国で Tanezumab の臨床試験が行われた³⁶⁾ . 2 カ月に 1 度の静脈内投与で, 長期間に亘る鎮痛効果が得られたが, 副作用として知覚過敏, 痛覚鈍麻, 変形性関節症の悪化, 骨壊死が生じる可能性が指摘され, 2010 年に臨床試験は中断した . その後, 変形性関節症の悪化や骨壊死は, 長期間の非ステロイド性消炎鎮痛薬 (NSAID) との併用や, 高用量の Tanezumab の使用が関与していることが明らかとなり, これらの原因を避けることで臨床使用が可能になるかもしれない⁵²⁾ . 今後は, 変形性関節症だけでなく, 慢性腰痛, がん性痛, 間質性膀胱炎や慢性膵炎の痛みに対する鎮痛薬としても期待されている .

3) TrkA 活性阻害薬

TrkA の酵素活性部位は細胞内にあるため (図 1), TrkA 活性阻害薬は細胞内に入る必要がある (図 3) . このため, このような薬剤は小分子であるか, または細胞膜透過性を促進するペプチド (細胞膜透過性ペプチド) を付加する必要がある .

細胞膜透過性ペプチドが最初に報告されたのは, エイズウィルスのタンパク質の中の一部のアミノ酸配列 (Tat: YGRKKRRQRRR) であっ

表 1 NGF/TrkA 阻害薬

① NGF を捕捉する薬剤	<ul style="list-style-type: none"> ・抗 NGF 抗体 (ABT-110, Alpha-D11, AMG403, Fulranumab, Medi-578, muMab911, REGN475, Tanezumab)³⁵⁻³⁷ ・TrkA-IgG³⁸ ・TrkAd5³⁹
② NGF と TrkA の結合を阻害する薬剤	<ul style="list-style-type: none"> ・抗 TrkA 抗体 (MNAC13)⁴⁰ ・ALE0540⁴¹ ・PD90780⁴²
③ TrkA の酵素活性を直接阻害する薬剤	<ul style="list-style-type: none"> ・ARRY-470⁴³, ARRY-872 ・CT-327, CT-335, CT-340 ・IPTRK3⁴⁴⁻⁴⁷, IPTRK4, IPTRK5 ・K252a^{48, 49} ・NMS-P626 ・TrkA antisense oligodeoxynucleotide⁵⁰

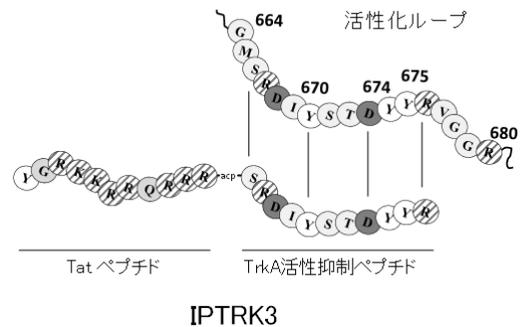


図 4 : TrkA 活性阻害薬 IPTRK3 の構造

た⁵³⁾ . この細胞膜透過性ペプチドの不思議な性質は, 通常では細胞膜を通り抜けることができない DNA, オリゴヌクレオチド, ペプチド, タンパク質などの大分子に, 細胞膜透過性ペプチドを付加すると, これらの物質が細胞膜を通過できるようになることである .

筆者は, この Tat ペプチドに, TrkA 活性抑制ペプチドをリンカー (-アミノカプロン酸 : acp) で結合させたペプチドを作成し, TrkA 活性阻害薬 (IPTRK3) を開発した (図 4)⁴⁴⁾ . TrkA 活性抑制ペプチドは, TrkA の活性化ループのアミノ酸配列と一部が同じであるため, 活性化ループのデコイとなって酵素活性中心部位にはまり込むことで, TrkA 活性を抑制すると考えている . IPTRK3 は, 完全フロイトアジュバントによるラットの侵害受容痛を抑制し⁴⁵⁾, マウスの坐骨神経一部結紮による神経障害痛を抑制し⁴⁶⁾, マウスの下肢に悪性黒色腫を移植したがん性痛を抑制した⁴⁷⁾ .

細胞膜透過性をもつ TrkA 活性阻害剤の特徴

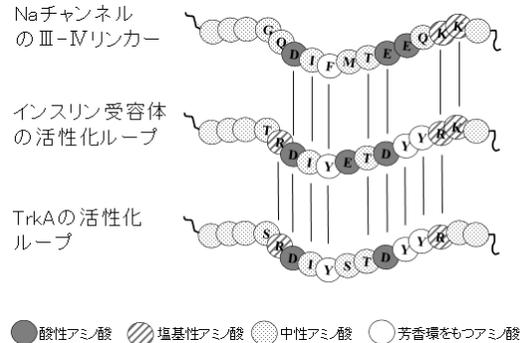
の1つは、中枢神経系にも取り込まれる可能性があることである。しかし中枢神経系でのNGFの枯渇は、アルツハイマー病を来す可能性があり⁵⁴⁾、TrkA 活性阻害薬の重大な欠点となるかも知れない。これまでヒトで応用された細胞膜透過性ペプチドは、虚血再灌流後の心筋障害を抑制する KAI-9803 があるが⁵⁵⁾、このペプチドをラットに静脈内投与した場合、主に血流の豊富な腎臓、肝臓、肺、心臓などに分布し、中枢神経系の脳や脊髄への取り込みは少なかったことが報告された⁵⁶⁾。今後は、TrkA 活性阻害剤の長期投与による中枢神経系への影響を、検討する必要がある。

5. 局所麻酔薬と NGF/TrkA 系

あまり知られていないが、局所麻酔薬は NGF/TrkA 系を抑制する。シャーレに NGF を添加すると神経突起が伸長する細胞培養実験で、40-50 μM のリドカインは NGF 刺激による神経突起伸長を抑制することが報告されている^{57,58)}。

京都大学薬学部の黒田義弘(現、姫路獨協大学薬学部)らは、ナトリウムチャンネル III-IV リンカーにリドカインが結合することを明らかにした⁵⁹⁾。筆者は黒田と共に、このナトリウムチャンネル III-IV リンカーのアミノ酸配列が、インスリン受容体の活性化ループのアミノ酸配列と、TrkA の活性化ループのアミノ酸配列に極めて性質が似ていることを見出し(図 5)^{57,60)}、リドカインは 40 μM 以上でインスリン受容体と TrkA のチロシンキナーゼ活性を共に抑制することを報告した^{57,60,61)}。

リドカイン中毒を来す血中濃度は 5 μg/mL (20 μM) であるため、静脈内投与したリドカインは、TrkA 活性を抑制する濃度に達しない。しかし神経ブロックで局所注射したリドカイン(1%リドカインは約 40 mM)は、神経線維まで拡散して濃度が薄まっても(1%リドカインは拡散して約 100-400 μM 程度で神経に作用する)、



● 酸性アミノ酸 ● 塩基性アミノ酸 ● 中性アミノ酸 ○ 芳香環をもつアミノ酸
 図 5: ナトリウムチャンネル, インスリン受容体, TrkA におけるアミノ酸配列の相同性

TrkA 活性を十分抑制すると考えられる。つまり神経ブロックで使用する局所麻酔薬は、ナトリウムチャンネル阻害作用だけでなく、TrkA 活性を抑制することにより、鎮痛効果を発揮している。

6. まとめ

出生前は感覚神経と交感神経の成長に不可欠な生理作用をもつ NGF が、出生後は痛みを生じる化学物質となる。これはおそらく、組織が損傷を受けた部位の神経再生を促すため、その部位に痛みを起こして局所を保護しているのではないだろうか。

しかし損傷部位の炎症反応が長引いたり、損傷した神経が元通りに再生しないと、病的な痛みを生じる。このようなとき、NGF 作用を抑制する鎮痛薬が効果的であると考えられる。例えば、手術によって末梢神経が損傷されやすい開胸術や乳腺摘出術のあとに生じる開胸術後疼痛症候群や乳腺術後疼痛症候群などの難治性の術後痛に対して、周術期に NGF/TrkA 阻害薬を投与すると、これらの術後痛の発症を予防できる可能性がある。

NGF を発見した Rita Levi-Montalcini は現在(2012年)、イタリアの上院議員で 103 歳を迎えた。NGF にまつわる科学の発展は、偉大な研究者とテクノロジーの発展のおかげである。

参考文献

1. Abbott A. One hundred years of Rita. *Nature* 2009; 458: 564-567.
2. Levi-Montalcini R. Effects of mouse tumor transplantation on the nervous system. *Ann NY Acad Sci* 1952; 55: 330-343.
3. Levi-Montalcini R, Booker B. Destruction of the sympathetic ganglia in mammals by an antiserum to a nerve growth protein. *Proc Natl Acad Sci USA* 1960; 46: 384-391.
4. Angeletti RH, Bradshaw RA. Nerve growth factor from mouse submaxillary gland: amino acid sequence. *Proc Natl Acad Sci USA* 1971; 68: 2417-2420.
5. Landreth GE, Shooter EM. Nerve growth factor receptors on PC12 cells: Ligand-induced conversion from low- to high-affinity states. *Proc Natl Acad Sci USA* 1980; 77: 4751-4755.
6. Shelton DL, Sutherland J, Gripp J, Camerato T, Armanini MP, Phillips HS, Carroll K, Spencer SD, Levinson AD. Human trks: molecular cloning, tissue distribution, and expression of extracellular domain immunoadhesins. *J Neurosci* 1995; 15: 477-491.
7. Matrone C, Barbagallo APM, La Rossa LR, Florenzano F, Ciotti MT, Mercanti D, Chao MV, Calissano P, D'Adamio L. APP is phosphorylated by TrkA and regulates NGF/TrkA signaling. *J Neurosci* 2011; 31: 11756-11761.
8. Emanuele E, Politi P, Bianchi M, Minoretta P, Bertona M, Geroldi D. Raised plasma nerve growth factor levels associated with early-stage romantic love. *Psychoneuroendocrinology* 2006; 31: 288-294.
9. Shibayama E, Koizumi H. Cellular localization of the Trk neurotrophin receptor family in human non-neuronal tissues. *Am J Pathol* 1996; 148: 1807-1818.
10. Cunningham ME, Greene LA. A function-structure model for NGF-activated TRK. *EMBO J* 1998; 17: 7282-7293.
11. Wiesmann C, de Vos AM. Nerve growth factor: structure and function. *Cell Mol Life Sci* 2001; 58: 748-759.
12. Delcroix J-D, Valletta JS, Wu C, Hunt SJ, Kowal AS, Mobley WC. NGF signaling in sensory neurons: evidence that early endosomes carry NGF retrograde signals. *Neuron* 2003; 39: 69-84.
13. Siggers DC. Nerve growth factor and some inherited neurological conditions. *Proc R Soc Med* 1976; 69: 183-184.
14. Indo Y, Tsuruta M, Hayashida Y, Karim MA, Ohta K, Kawano T, Mitsubuchi H, Tonoki H, Awaya Y, Matsuda I. Mutations in the TRKA/NGF receptor gene in patients with congenital insensitivity to pain with anhidrosis. *Nat Genet* 1996; 13: 485-488.
15. Miranda C, Di Virgilio M, Selleri S, Zanotti G, Pagliardini S, Pierotti MA, Greco A. Novel pathogenic mechanisms of congenital insensitivity to pain with anhidrosis genetic disorder unveiled by functional analysis of neurotrophic tyrosine receptor kinase type 1/nerve growth factor receptor mutations. *J Biol Chem* 2002; 277: 6455-6462.
16. Einarsdottir E, Carlsson A, Minde J, Toolanen G, Svensson O, Solders G, Holmgren G, Holmberg D, Holmberg M. A mutation in the nerve growth factor beta gene (NGFB) causes loss of pain perception. *Human Mol Genet* 2004; 8: 799-805.
17. Koltzenburg M. The changing sensitivity in the life of the nociceptor. *Pain* 1999; Suppl. 6; S93-S102.
18. Kromer LF. Nerve growth factor treatment after brain injury prevents neuronal death. *Science* 1987; 235: 214-216.
19. Lewin GR, Ritter AM, Mendell LM. Nerve growth factor induced hyperalgesia in the neonatal and adult rat. *J Neurosci* 1993; 13: 2136-2148.
20. Petty BG, Cornblath DR, Adornato BT, Chaudhry V, Flexner C, Wachsman M, Sincropi D, Burton LE, Peroutka SJ. The effect of systemically administered recombinant human nerve growth factor in healthy human subjects. *Ann Neurol* 1994; 36: 244-246.
21. Loeser JD, Treede RD. The Kyoto protocol of IASP Basic Pain Terminology. *Pain* 2008; 137: 473-477.
22. Thacker MA, Clark AK, Marchand F, McMahon SB. Pathophysiology of peripheral

- eral neuropathic pain: immune cells and molecules. *Anesth Analg* 2007; 105: 838-847.
23. Basbaum AI, Bautista DM, Scherrer G, Julius D. Cellular and molecular mechanisms of pain. *Cell* 2009; 139: 267-284.
 24. Wu C, Boustany L, Liang H, Brennan TJ. Nerve growth factor expression after planar incision in the rat. *Anesthesiology* 2007; 107: 128-135.
 25. Wu C, Erickson MA, Xu J, Wild KD, Brennan TJ. Expression profile of nerve growth factor after muscle incision in the rat. *Anesthesiology* 2009; 110: 140-149.
 26. Woolf CJ, Costigan M. Transcriptional and posttranslational plasticity and the generation of inflammatory pain. *Pro Natl Acad Sci* 1999; 96: 7723-7730.
 27. Zhuang ZY, Xu H, Clapham DE, Ji RR. Phosphatidylinositol 3-Kinase activates ERK in primary sensory neurons and mediates inflammatory heat hyperalgesia through TRPV1 sensitization. *J Neurosci* 2004; 24: 8300-8309.
 28. Ueda H. Peripheral mechanisms of neuropathic pain - involvement of lysophosphatidic acid receptor-mediated demyelination. *Mol Pain* 2008; 4: 11.
 29. 齊藤洋司, 小川節郎, 眞下節, 増田豊, 紺野慎一, 山下敏彦. 慢性疼痛に対する薬物治療を中心とした治療実態調査 日本, 米国, ドイツの比較. *Pharma Medica* 2010; 28: 137-148.
 30. Hefti FF, Rosenthal A, Walicke PA, Wyatt S, Vergara G, Shelton DL, Davies AM. Novel class of pain drugs based on antagonism of NGF. *Trends Pharmacol Sci* 2006; 27: 85-91.
 31. Watson JJ, Allen SJ, Dawbarn D. Targeting nerve growth factor in pain. *Biodrugs* 2008; 22: 349-359.
 32. Xian C, Zhou XF. Treating skeletal pain: limitations of conventional anti-inflammatory drugs, and anti-neurotrophic factor as a possible alternative. *Nat Clin Pract Rheumatol* 2009; 5: 92-98.
 33. Hefti FF, Rosenthal A, Walicke PA, Wyatt S, Vergara G, Shelton DL, Davies AM. Novel class of pain drugs based on antagonism of NGF. *Trends in Pharmacol Sci* 2006; 27: 85-91.
 34. Watson JJ, Allen SJ, Dawbarn D. Targeting nerve growth factor in pain. *Biodrugs* 2008; 22: 349-359.
 35. Urschel BA, Brown PN, Hulsebosch CE. Differential effects on sensory nerve processes and behavioral alterations in the rat after treatment with antibodies to nerve growth factor. *Exp Neurol* 1991; 114: 44-52.
 36. Lane NE, Schnitzer TJ, Birbara CA, Mokhtarani M, Shelton DL, Smith MD, Brown MT. Tanezumab for the treatment of pain from osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med* 2010; 363:1521-1531.
 37. Garber K. Fate of novel painkiller mAbs hangs in balance. *Nat Biotechnol* 2011; 29: 173-174.
 38. McMahon SB, Bennett DL, Priestley JV, Shelton DL. The biological effects of endogenous nerve growth factor on adult sensory neurons revealed by a trkA-IgG fusion molecule. *Nat Med* 1995; 1: 774-780.
 39. Watson JJ, Fahey MS, van der Worm E, Engels F, Nijkamp FP, Stroemer P, McMahon S, Allen SJ, Dawbarn D. TrkAd5; a novel therapeutic agent for treatment of inflammatory pain and asthma. *J Pharmacol Exp Ther* 2006; 316: 1122-1129.
 40. Ugolini G, Marinelli S, Covaceuszach S, Cattaneo A, Pavone F. The function neutralizing anti-TrkA antibody MNAC13 reduces inflammatory and neuropathic pain. *Pro Natl Acad Sci USA* 2007; 104: 2985-2990.
 41. Owolabi JB, Rizkalla G, Tehim A, Ross GM, Riopelle RJ, Kamboj R, Ossipov M, Bian D, Wegert S, Porreca F, Lee DK. Characterization of antiallodynic actions of ALE-0540, a novel nerve growth factor receptor antagonist, in the rat. *J Pharmacol Exp Ther* 1999; 289: 1271-1276.
 42. Colquhoun A, Lawrance GM, Shamovsky IL, Riopelle RJ, Ross GM. Differential activity of the nerve growth factor (NGF) antagonist PD90780 [7-(benzolylamino)-4,9-dihydro-4-methyl-9-oxo-pyrazolo[5,1-b]quinazoline-2-carboxylic acid] suggests altered NGF-p75NTR interactions in the

- presence of TrkA. *J Pharmacol Exp Ther.* 2004; 310: 505-511.
43. Ghilardi JR, Freeman KT, Jimenez-Andrade JM, Mantyh WG, Bloom AP, Kuskowski MA, Mantyh PW. Administration of a tropomyosin receptor kinase inhibitor attenuates sarcoma-induced nerve sprouting, neuroma formation and bone cancer pain. *Mol Pain* 2010; 6: 87.
 44. Hirose M, Takatori M, Kuroda Y, Abe M, Murata E, Isada T, Ueda K, Shigemi K, Shibazaki M, Shimizu F, Hirata M, Fukazawa K, Sakaguchi M, Kageyama K, Tanaka Y. Effect of synthetic cell-penetrating peptide on TrkA activity in PC12 cells. *J Pharmacol Sci* 2008; 106: 107-113.
 45. Ueda K, Hirose M, Murata E, Takatori M, Ueda M, Ikeda H, Shigemi K. Local administration of a synthetic cell-penetrating peptide antagonizing TrkA function suppresses inflammatory pain in rats. *J Pharmacol Sci* 2010; 112: 438-443.
 46. Ma W-Y, Murata E, Ueda K, Kuroda Y, Cao M-H, Abe M, Shigemi K, Hirose M. A synthetic cell-penetrating peptide antagonizing TrkA function suppresses neuropathic pain in mice. *J Pharmacol Sci* 2010; 114: 79-84
 47. Tabata M, Murata E, Ueda K, Kuroda Y, Kato-Kogoe N, Hirose M. Effects of TrkA inhibitory peptide, IPTRK3, on cancer pain in a mouse melanoma model. *J Anesth* 2012 (in press).
 48. Winston JH, Toma H, Shenoy M, He ZJ, Zou L, Xiao SY, Micci MA, Pasricha PJ. Acute pancreatitis results in referred mechanical hypersensitivity and neuropeptide up-regulation that can be suppressed by the protein kinase inhibitor K252a. *J Pain* 2003; 4: 329-337.
 49. Sung B, Lim G, Mao J. Altered expression and uptake activity of spinal glutamate transporters after nerve injury contribute to the pathogenesis of neuropathic pain in rats. *J Neurosci* 2003; 23: 2899-2910.
 50. Summer GJ, Puntillo KA, Miaskowski C, Dina OA, Green PG, Levine JD. TrkA and PKC-epsilon in thermal burn-induced mechanical hyperalgesia in the rat. *J Pain* 2006; 7: 884-891.
 51. Ueda M, Hirose M, Takei N, Ibuki T, Naruse Y, Amaya F, Iбата Y, Tanaka M. Nerve growth factor induces systemic hyperalgesia after thoracic burn injury in the rat. *Neurosci Lett* 2002; 328: 97-100.
 52. [http://www.fda.gov/downloads/AdvisoryCommittees/CommitteesMeetingMaterials/Drugs/ArthritisAdvisoryCommittee/UCM295205.pdf#search='Tanezumab arthritis advisory committee briefing document'](http://www.fda.gov/downloads/AdvisoryCommittees/CommitteesMeetingMaterials/Drugs/ArthritisAdvisoryCommittee/UCM295205.pdf#search='Tanezumab+arthritis+advisory+committee+briefing+document')
 53. Nagahara H, Vocero-Akbani AM, Snyder EL, Ho A, Latham DG, Lissy NA, Becker-Hapak M, Ezhevsky SA, Dowdy SF. Transduction of full-length TAT fusion proteins into mammalian cells: TAT-p27Kip1 induces cell migration. *Nature Med* 1998; 4: 1449-1452.
 54. Calissano P, Matrone C, Amadoro G. Nerve growth factor as a paradigm of neurotrophins related to Alzheimer's disease. *Dev Neurobiol.* 2010; 70: 372-383.
 55. Direct Inhibition of delta-Protein Kinase C Enzyme to Limit Total Infarct Size in Acute Myocardial Infarction (DELTA MI) Investigators, Bates E, Bode C, Costa M, Gibson CM, Granger C, Green C, Grimes K, Harrington R, Huber K, Kleiman N, Mochly-Rosen D, Roe M, Sadowski Z, Solomon S, Widimsky P. Intracoronary KAI-9803 as an adjunct to primary percutaneous coronary intervention for acute ST-segment elevation myocardial infarction. *Circulation* 2008; 117:886-896.
 56. Miyaji Y, Walter S, Chen L, Kurihara A, Ishizuka T, Saito M, Kawai K, Okazaki O. Distribution of KAI-9803, a novel δ -protein kinase C inhibitor, after intravenous administration to rats. *Drug Metab Dispos.* 2011; 39: 1946-1953.
 57. Takatori M, Kuroda Y, Hirose M. Local anesthetics suppress nerve growth factor-mediated neurite outgrowth by inhibition of tyrosine kinase activity of TrkA. *Anesth Analg* 2006; 102: 462-467.
 58. Onizuka S, Shiraiishi S, Tamura R, Yon-

- aha T, Oda N, Kawasaki Y, Syed NI, Shirasaka T, Tsuneyoshi I. Lidocaine treatment during synapse reformation periods permanently inhibits NGF-induced excitation in an identified reconstructed synapse of *Lymnaea stagnalis*. *J Anesth* 2012; 26: 45-53.
59. Kuroda Y, Miyamoto K, Tanaka K, Maeda Y, Ishikawa J, Hinata R, Otaka A, Fujii N, Nakagawa T. Interactions between local anesthetics and Na⁺ channel inactivation gate peptides in phosphatidylserine suspensions as studied by ¹H-NMR spectroscopy. *Chem Pharm Bull* 2000; 48: 1293-1298.
60. Hirose M, Kuroda Y, Sawa S, Nakagawa T, Hirata M, Sakaguchi M, Tanaka Y. Suppression of insulin signaling by a synthetic peptide KIFMK suggests the cytoplasmic linker between DIII-S6 and DIV-S1 as a local anaesthetic binding site on the sodium channel. *Br J Pharmacol* 2004; 142: 222-228.
61. Hirose M, Martyn JAJ, Kuroda Y, Marunaka Y, Tanaka Y. Mechanism of suppression of insulin signaling with lignocaine. *Br J Pharmacol* 2002; 136:76-80.

第 29 回日本麻酔・集中治療テクノロジー学会

プログラム・抄録集

会長： 祖父江和哉（名古屋市立大学大学院医学研究科麻酔・危機管理医学分野 教授）

会期： 2011 年 12 月 3 日（土）

会場： 名古屋市立大学病院 3F 大ホール

〒 467-8601 名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄 1 番地

プログラム

特別講演

9：50～10：40

座長：佐和 貞治（京都府立医科大学麻酔科学教室）

Photonics の技術革新と消化器内視鏡診断，治療の進歩

演者：片岡 望洋（名古屋市立大学大学院医学研究科 消化器・代謝内科学）

ランチョンセミナー

10：40～11：30

座長：坂本 篤裕（日本医科大学麻酔科学講座）

麻酔・集中治療における光の応用

演者：山本 清二（浜松医科大学・メディカルフォトリクス研究センター）

シンポジウム

14：20～16：00

司会：岩瀬 良範（埼玉医科大学病院麻酔科）

1. paperChart の遺志と周術期 IT の未来を考える

演者：岩瀬 良範（埼玉医科大学病院麻酔科）他

2. paperChart（故越川正嗣氏作）に関する NPO 設立

演者：菊地 博達（我孫子東邦病院麻酔科）

3. 自動麻酔記録とポンプの接続，薬物動態シミュレーション実装の歴史

演者：中尾 正和（広島総合病院麻酔科）

4. 開発全般に関して

演者：斎藤 智彦（南岡山医療センター麻酔科）

5. 医療機器インターフェースの応用に関する調査の結果

演者：岩瀬 良範（埼玉医科大学病院麻酔科）

6. JSAPIMS との連携により実現する周術期 IT 化の可能性

演者：澤 智博（帝京大学医学部麻酔科学講座，帝京大学医療情報システム研究センター）

一般演題 セッション 1 9：00～9：50

座長：増井 健一（防衛医科大学校麻酔科学講座）

01 当手術室に於ける部門システムを生かした安全対策

片山 勝之，横山 健，立石 浩二，西迫 良，石原 聡，上村 亮介，友成 雅敏，川名 信

医療法人手稲溪仁会病院 麻酔科・集中治療室

02 心大血管系の数値流体力学の問題点

横山 博俊

金沢医療センター麻酔科

03 脳波計付きヘッドセット Mindset は麻酔業務に使えるか？

岩瀬 良範

埼玉医科大学病院麻酔科

04 XML データベースとサーバーサイド XSL，SVG を用いた

肺上皮被覆液プロテオーム解析

佐和 貞治 1)，橋本 悟 2)，松山 広樹 2)，安本 寛章 1)，加藤 秀哉 1)

1) 京都府立医科大学麻酔科学教室，2) 京都府立医科大学集中治療部

05 目標 BIS 値が得られるプロポフォール効果部位濃度 esTEC の開発

長田 理 1)，畔柳 綾 2)，尾崎 眞 2)

- 1) 自治医科大学附属さいたま医療センター麻酔科, 2) 東京女子医科大学麻酔科学教室

一般演題 セッション 2 12:30~13:20

座長: 長田 理 (自治医科大学附属さいたま医療センター麻酔科)

- 06 学術集会開催に際し情報発信の手段としてソーシャル・ネットワーキング・サービス利用の試み

寺井 岳三

大阪労災病院麻酔科

- 07 Microsoft Excel™ による術式別手術情報自動集計シート

田中 克明, 西川 精宣

大阪市立大学大学院医学研究科 麻酔科学講座

- 08 iPad を用いた FileMaker Go による看護師術前訪問データベースの作成

吉川 武樹, 惣谷 昌夫

愛媛大学医学部附属病院麻酔科蘇生科

- 09 血液ガスデータを Web を利用して手術室へ転送するシステム

惣谷 昌夫 1), 吉川 武樹 1), 土手 健太郎 2), 長櫓 巧 1)

1) 愛媛大学医学部附属病院 麻酔科蘇生科, 2) 愛媛大学医学部附属病院 集中治療部

- 10 生体モニタの時刻に同期した時計の制作

今村 敏克 1), 岩瀬 良範 2), 長坂 浩 1)

1) 明海大学 歯学部 総合臨床医学講座 麻酔学分野, 2) 埼玉医科大学病院麻酔科

一般演題 セッション 3 13:20~14:10

座長: 寺井 岳三 (大阪労災病院麻酔科)

- 11 北越雪譜現代語訳作成と公開の技術面

諏訪 邦

夫帝京短期大学ライフケア学科臨床工学専攻

- 12 手術室での iPad2 の可能性

讃岐 美智義, 河本 昌志

広島大学医学部麻酔・蘇生学

- 13 Excel 上で R を使う

増井 健

一防衛医科大学校麻酔学講座

- 14 汚れた心電図チャートを美しく仕上げる方法

田中 義文

草津総合病院 麻酔科

- 15 印刷用投稿論文の図についての工夫とお願い

田中 義文

草津総合病院 麻酔科

ランチョンセミナー

麻酔・集中治療における光の応用

山本 清二

浜松医科大学・メディカルフォトニクス研究センター

光テクノロジーの発展はめざましく、特にイメージングの領域では、遺伝子操作により蛍光を発する蛋白（蛍光蛋白）を細胞内の特定の部位に発現させることが可能になり、その蛍光を観察することにより生細胞での詳細な細胞内シグナル伝達の評価や分子の追跡が可能になった。しかし、広い意味ではイメージングによる患者のモニターも光の応用ではあるものの、近赤外光を利用したヘモグロビンや色素の測定に利用されている以外は、臨床医療における光テクノロジーの応用は未だに限定されている。今回は、まず探索的研究を念頭においたバイオメディカル領域での光の応用例を示し、光の性質について概説する。続いて、これらのテクノロジーの臨床医療への応用例とその場合の問題点を挙げ、今後の発展性について触れ、意見交換の場としたい。

探索的研究を念頭においた光の応用

我々は、生体内でも細胞レベルの知見を得ようと、共焦点蛍光顕微鏡や新規に開発したファイバー共焦点顕微鏡を用い、ラット脳において生体内蛍光イメージングを行っている。これらにより、脳表と脳深部の細胞内カルシウムイメージングやフリーラジカルのイメージングが可能であり、病態解析や薬効評価に有用である。

探光技術の臨床応用

我々は、白色光による表面形状計測スキャナを用いて、新しい内視鏡手術ナビゲーションを開発した。この技術を利用すれば、非接触で身体の形状を測定することができ、動きの測定にも応用できる。また、浜松医大付属病院・集中治療部との共同研究で、血管内に留置できる光ファイバー内蔵のカテーテルにより吸光・蛍光などの性質を利用し、血中の微量物質を測定する先駆的な研究を行ってきた。光は深部まで到達せず、表面からの計測には適するが、深部へはカテーテルや内視鏡などファイバーを用いる必要がある。しかし、ファイバーは光を弱め、微弱な光（化学発光や蛍光）を測定・評価するには限界がある。さらに、血液中には可視光域に強い吸収度を持つヘモグロビンが存在し、血液中では可視光を用いた測定が大きく制限される。これらクリアすべき問題は多々あるが、ニーズに応じて工夫を凝らすことにより、臨床医学への応用範囲を広めていく必要があり、多くの技術を意欲的に取り入れている麻酔・集中治療領域でのさらなる発展が期待される。

01 当手術室に於ける部門システムを生かした安全対策

片山 勝之、横山 健、立石 浩二、西迫良、石原 聡、上村 亮介、友成 雅敏、川名 信

医療法人手稲溪仁会病院 麻酔科・集中治療室

麻酔管理中は様々なモニタリングによる患者看視が行われているが、必ずしもアラームシステムとして統合されておらず、経験の浅い麻酔医は多数のモニタ情報の中に埋もれがちである。当院では多くのモニタリングデータをオンラインで自動麻酔記録システムに記録出来るように整備してきたが、必ずしも麻酔のリスク軽減に役立たず、反省しなければならぬ事態を数多く経験してきた。これを踏まえて、まず昨年度から全手術室の様々な画像データを記録するシステムを整備し充分な事後検証ができる体制を整えてきた。この記録装置では手術室全体画像、術野画像、エコー画像など1部屋当たり3チャンネルの記録を約20日間保存できるとともに、メタビジョンの画面から時間軸を指定することで該当画像をネットワーク上でも再生することができる。また長期保存を必要とするデータは別途保存が可能である。さらに人工心肺以外の挿管中無呼吸を検知して全手術室に通報するシステムを、部門システム・メタビジョン（フクダ電子、iMD Soft）を利用して実用化しているので報告する。

07 Microsoft Excel™による術式別手術情報自動集計シート

田中 克明、西川 精宣

大阪市立大学大学院医学研究科 麻酔科学講座

麻酔計画の立案に際しては、手術時間や出血量などのデータはとりわけ重要であるが、実際にはこれらのデータは術者の技倆や患者背景に左右されるので把握が容易ではない。そこで、従来は、成書を参考に一般的な予想値、もしくは、当該施設における経験上の値をもとに麻酔計画が立案されてきた。近年は麻酔記録の電子化が普及し、入力値を集計した値を元に麻酔計画を立案することも容易となりつつある。しかしながら、最も普及していると思われる JSA-P IMS においては、術式に一致する症例の一覧を出力することはできても、その一覧に含まれる手術時間や麻酔時間、in/out バランスなどの情報を自動集計することはできない。また、多くの病院情報システムや麻酔記録システムもこの機能を備えていないと思われる。従ってこれらの情報を得るためには JSA-PIMS などのデータベースからデータをエクスポートし、集計する作業が必要となるが大変煩雑である。例えば当院では年間麻酔科管理症例数およそ 4500 件、術式は組み合わせによっては 100 以上に上る。この問題を解決するため、我々は Microsoft Excel™ で自動集計シートを作成し、このシートに JSA-PIMS からエクスポートした症例情報を複写することにより、術式の一部を入力するだけで、当該症例を全てリスト

アップし、病名、術式、術者、助手、手術時間などの情報も同時に表示し、なおかつ手術時間や輸血量などの平均値や最大値を自動的に集計して出力させることを可能とした。本シートの特徴は、エクスポートしたデータを術式毎に分類することが不要なため、作成に要する労力が少なく済むこと、そして最近の普及機種のパフォーマンスであれば、病名入力から集計出力まで数秒しかかからないこと、である。本発表においては、JSA-PIMSからエクスポートしたデータからどのようにして自動集計シートを作成するかを紹介し、今後の応用の可能性について私見を述べる。

10 生体モニタの時刻に同期した時計の制作

今村 敏克 1), 岩瀬 良範 2), 長坂 浩 1)

1) 明海大学 歯学部 総合臨床医学講座 麻酔学分野, 2) 埼玉医科大学病院麻酔科

【緒言】

全身管理中の麻酔記録、看護記録が正確な時刻で記載されていることは、大変重要である。一般的に、生体情報の記録時刻との整合性の観点から、生体モニタの時刻を基準に記録が作成されている。一方、生体モニタの時刻表示は離れたところからは視認困難である。また、視認性の高い別の時計を利用する場合、生体モニタとの時刻の同期が煩雑である。そこで、我々は、生体モニタの時刻に同期した視認性の高い時計を制作し、その有用性を検討した。

【方法】

当院で使用しているオムロンコーリン社製生体モニタ BP-608 Evolution II (BP608) は、およそ 2 秒毎に生体情報を送信している。この生体情報には送信時の BP608 の内部時刻が含まれている。その情報を取得し、時刻同期に利用した。コントローラには、リアルタイムクロックカレンダーモジュール (RTCC) 及び、汎用非同期送受信モジュール (UART) を内蔵した Microchip 社製 16bit マイコン PIC24FJ64GA002 (PIC24F) を使用し、開発環境として、Microchip 社製 MPLAB IDE 及び C30 コンパイラを利用した。

装置は、蛇の目基板上に手配線で製作した。装置電源 ON 時に、UART で BP608 からの生体情報を受信し、時刻パケットを検出、その情報を元に RTCC を設定する。以後、RTCC から得られる時刻情報を元にセブensegment LED に時刻を表示するようにプログラムを制作した。

【結果と考察】

実際に、BP608 に本装置を接続し、問題なく時刻が同期されることを確認した。外回り看護師に使用感を確認したところ、歯科麻酔医から離れた場所での記録作成がスムーズになるなど好評を得た。

11 北越雪譜現代語訳作成と公開の技術面

諏訪 邦夫

帝京短期大学ライフケア学科臨床工学専攻

【序】

『北越雪譜』は、雪の極端に深い土地でその生活面の意義を記述して江戸後期に発表された民俗学的な作品です。

【現代語訳作成の理由】

1840 年前後の発表で、文語文とはいいながら特に難解ではありませんが、詳しく読んでみるとけっこう難しい箇所もあります。現代語訳の書籍もいくつか発表されていますが、品切れ・絶版が極端な高価（原典が千円前後に対して 6 千円）などで、図書館にも少なく情報へのアクセスが困難です。それで、現代語訳版を作成して公開して、読者に提供したいと考えました。

【現代語訳での問題点】

原文が電子化されて公開されていたことが、決断の要素。

【ファイル作成での問題点】

当初は文章部分だけを作成する予定。一応完成してから、絵の著作権が切れている原典の絵が電子化されて公開され、私の努力だけで済むと判明しました。

【公開の結果と問題点】

Yahoo の "geocities" が、ホームページとして一人 50MB 分を提供しています。広告つきで無料なので、これを利用してあります。2011 年 8 月にホームページを開設し、1 か月間で 800 件のアクセスです。ほかに、友人・知人 300 余人にファイルを送りました。

【希望】

著作権は主張しません。なるべく数多くの方がアクセスして、本書に興味を持っていただくよう期待します。

12 手術室での iPad2 の可能性

讃岐 美智義, 河本 昌志
 広島大学医学部麻酔・蘇生学

昨年の本学会では麻酔科診療における iPad の可能性を報告した。今回は、手術室内での使用に関して実験環境での iPad2 使用経験からワークフローを考慮した使い方を提案する。Apple 社の iPad2 は、241.2 × 185.7 × 8.8 と小さく、601g と軽量なことから、バッテリー動作時間が 10 時間と長いことから、携帯使用が想定されている。また、無線 LAN, WEB ブラウザ, プログラミング環境が準備されていることから、独自プログラムの作成が可能である。そこで、手術室患者管理における iPad2 の活用に関してワークフローやインターフェース開発に関する注意点をまとめたので、実例を交えて報告する。

【術中管理】

AIMS への簡易入力と簡易参照, 入力確認およびアラート表示 (発生) 機器として応用可能である。術前診察患者や術後回診患者のリストアップおよび診察内容を AIMS とは別環境・別画面で表示参照できる。ビデオサーバとの接続で、麻酔科医専用の術野画像や医療機器からのビデオ出力を表示参照できる。他室参照機能にも応用可能である。AIMS の別画面表示とすることで使い勝手を向上する。

【チェックリスト】

麻酔の準備や対応すべき事柄についてのチェックリストの搭載やトラブル発生時のトラブルシューティングに活用できる。

【スーパーバイザー】

全体を把握する立場では、手術予定一覧の携帯が必要になるが、リアルタイムに手術ステータス表示や手術室画像と連携することで、業務をサポートできる。チャット機能の応用では各手術室からのハリーコールや担当医への指示伝達が可能である。

【医療情報部対策】

データ流出に関しては iPad をシンクライアントという位置づけで取り扱う必要があるが、手術室内での使用に限定することにより、盗難、紛失などに対するハードルは下がる可能性がある。

手術室内での使用において上記に注意してシステムを構築すれば、iPad2 は、手術室での医療をサポートする強力なツールになる可能性を秘めている。

15 印刷用投稿論文の図についての工夫とお願い

田中 義文
 草津総合病院 麻酔科

ここ数年、本学会誌の印刷原稿は経費節約の目的もあって、小生が一人で印刷用 PDF を作成し、印刷のみ業者をお願いしている。当初は MS Word で行ったが、ページが多くなると図の位置が乱れるなどの不具合が生じ、tex 原稿に変換したところ、安定した印刷用 PDF が作成できるようになった。投稿原稿についても以前は美しいレターリングがほどこされた白黒写真を送っていただいたが、近年は、MS Word で原稿を作成し、e-mail で容易に投稿でき、とても便利な時代になったと感じている。

しかし、投稿原稿が容易に作成できる一方、失礼ながら、その印刷のための配慮に欠ける原稿も見受けられるようになった。というのは学会発表でビジュアル的に美しく、楽しませるスライド原稿が必ずしも印刷原稿として適切であるかどうかという点に疑問を感じ、ここで問題提起したい。

印刷原稿はカラーではなく、白黒印刷である。近年は白黒に濃淡を含めても印刷経費はそれほど上昇しないので、学会運営として可能と判断しているが、カラー印刷は不可能である。投稿原稿を白黒印刷印刷した場合の見栄えについて考慮して作図に工夫をして頂きたい。Word の図形ツールを使用する作図は利用可能であるが、編集の手違いによりツールが移動することも考えられるので、ぜひとも PowerPoint による図の添付をお願いしたい。もっとも苦勞するのは Excel をもちいた図の投稿である。基本形式で図を作成すると、縦に比べて横幅が広く、目盛りが小さく、カラーの折れ線表示となる。これをそのまま印刷原稿にすると、大変見栄えが悪く、まず興味をもって印刷された図を見ることはないであろう。原図の表示したい内容を損なうことなく、如何にカラーの折れ線表示を白黒印刷に対応させるかは、印刷担当である小生の責任でもあり、幾つかの工夫を行って作図している。本学会ではそれらの工夫を提示し、先生方のご批判を受けたい。

編集後記

2011 年末、名古屋での第 29 回日本麻酔・集中治療テクノロジー学会冊子発行が、大変遅れたことをお詫びいたします。本誌は長年にわたって本学会にご尽力いただいた越川正嗣先生の麻酔モニター스코ープ「paperChart」の追悼集を兼ねております。彼のライフワークであったソフトプログラムの性能は大変すばらしく、しかも無償で使用できるため、多くの施設で利用されてきました。それも一重に彼のモニター스코ープに対する思い入れに共感し、本来社外秘密であるモニター스코ープの心臓部とも言える情報通信のアーキテクチャを彼のために情報提供して頂いた賜物であります。Windows XP の時代は終わりに近づき、さらに高性能、安価、軽量の CPU が提供されていく時代に、彼のような逸材が再び表れることを願って止みませんが、なんとか本学会も彼の遺志を継承し、さらなる発展する学会として成長していくことを願っています。

特別寄稿として、佐藤暢鳥取大学名誉教授より二酸化炭素ボンベ誤用事故の続編をいただきました。これは緑色のボンベの着色をオレンジ色に変更さえできればケアレスミスを防ぐことができるのですが、なぜ変更が困難なのか、歴史的経緯を踏まえて解説されています。ぜひ、一読されることを願っています。

例年、100 ページ以上の冊子の発刊を目標に努力しておりますが、原稿が少なく苦労しているのが実状です。学会員のみなさま、そうでない方も発表の有無にかかわらず、気楽に編集長までマイクロソフト Word で記述いただき、メール投稿していただければありがたく存じます。段組み、印刷 PDF 原稿は当方で行います。掲載および印刷費は無料です。

1 ページの報告だと 4~6p 程度になります。すこしまとまった総説だと、6~10p 程度が適当、系統だった内容だとそれ以上のページになります。冊子は全て PDF でウェブ公開しております (<http://www.jsta.net/txt/syoroku.htm>)。それを利用すると、カラーで詳細な図を入手することも可能ですし、また、必要な別冊を独自にカラー印刷することも可能です。

どうぞよろしくお願いいたします。

日本麻酔・集中治療テクノロジー学会事務局
編集長 田中 義文
tanaka@koto.kpu-m.ac.jp
京都府立医科大学麻酔科学教室
〒602-0841
京都市上京区河原町広小路梶井町 465



PENボトル※

※PEN (Polyethylene naphthalate、ポリエチレンナフタレート)

全身吸入麻酔剤

●薬価基準収載

劇薬
処方せん医薬品^{注)}

セボフレン[®] 吸入麻酔液

SEVOFRANE[®] [日本薬局方 セボフルラン] 250mL (PENボトル)

注) 注意-医師等の処方せんにより使用すること

●効能・効果、用法・用量、禁忌を含む使用上の注意等につきましては、製品添付文書をご参照ください。

発売元

abbvie

アッヴィ合同会社
東京都港区三田 3-5-27

【資料請求先】 アッヴィ合同会社

製造販売元

Ⓜ 丸石製薬株式会社

大阪市鶴見区今津中2-4-2

くすり相談室 フリーダイヤル 0120-587-874

abbvie

2013年4月作成

Smart^{*} Infusion System

テルフュージョン[®]輸液ポンプ LM 型 / テルフュージョン[®]シリンジポンプ SS 型

薬剤投与を、スマートに。

煩雑な投与ラインや電源コード、

多くのポンプへの流量設定とその記録

高度化・複雑化する輸液管理の課題を解決するために、

テルモは IT 機能を搭載した新しい輸液システム

“Smart Infusion System”を開発しました。

安全性と使いやすさの融合が

輸液管理のワークフローを、ベッドサイドを、

スマートに変えます。

※ IT 機能を省いたよりシンプルなスタンダードポンプも用意しています。

一般的名称: 汎用輸血ポンプ 販売名: テルフュージョン輸液ポンプ LM 型
医療機器承認番号: 22400BZX00229 特定保守管理医療機器
一般的名称: 注射筒輸液ポンプ 販売名: テルフュージョンシリンジポンプ SS 型
医療機器承認番号: 22400BZX00231 特定保守管理医療機器

製造販売業者 **テルモ株式会社** 〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷2-44-1 <http://www.terumo.co.jp/>

©、TERUMO、テルモ、テルフュージョンはテルモ株式会社の登録商標です。
©テルモ株式会社 2013年2月



POPSCAINE®

長時間作用性局所麻酔剤

劇薬、処方せん医薬品^注

注) 注意—医師等の処方せんにより使用すること

薬価基準収載

ポプスカイン® 0.25%注 25mg/10mL・シリンジ25mg/10mL
・バッグ250mg/100mL

POPSCAINE® 0.25% inj. 25mg/10mL・syringe 25mg/10mL・bag 250mg/100mL

ポプスカイン® 0.5%注 50mg/10mL・シリンジ50mg/10mL

POPSCAINE® 0.5% inj. 50mg/10mL・syringe 50mg/10mL

ポプスカイン® 0.75%注 75mg/10mL・150mg/20mL
・シリンジ75mg/10mL

POPSCAINE® 0.75% inj. 75mg/10mL・150mg/20mL・syringe 75mg/10mL

レボブピバカイン塩酸塩注射剤

●「効能・効果」「用法・用量」「禁忌を含む使用上の注意」「用法・用量に関連する使用上の注意」等の詳細は各製品の添付文書等をご参照ください。

製造販売元

Ⓜ **丸石製薬株式会社**

大阪市鶴見区今津中2-4-2

【資料請求先・製品情報お問い合わせ先】

丸石製薬株式会社 学術情報グループ

〒538-0042 大阪市鶴見区今津中2-4-2

TEL.0120-014-561

2012年11月

麻酔・集中治療とテクノロジー 2012 <検印省略>

2013年10月31日 第1版発行

定価（本体 3,000円＋税）

編集者 祖父江 和 哉

橋 本 悟

田 中 義 文

発行者 田 中 義 文

発 行 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会

発行所 (株)北斗プリント社

〒606-8540 京都市左京区下鴨高木町38-2

電話 (075)791-6125 FAX (075)791-7290

ISBN4-89467-158-1

ISBN4-89467-158-1

C3047 ¥3000E



9784894671584

定価 (本体3,000円+税)



1923047030009

**麻酔・集中治療と
テクノロジー
2012**