

特集号
投稿論文

保健医療分野における情報視覚化

豊田 修一^{†1} 片貝 智恵^{†1} 仁木 登^{†2}

^{†1} 上武大学 ^{†2} 徳島大学

医療機関の電子化が進み、大量の患者データから新たな知見を見出したいというニーズや、大量データの信頼できる解釈・要約の結果を利用したいというニーズが高まってきている。情報視覚化は大量の情報を取り扱う技術の1つであるが、対象となる分野にかかわり合いの深い研究が多い。そこで、①医療情報の多様性と視覚化、②生体情報や診療ガイドラインなどの医療情報の特性、③時間的要約やデータマイニングなどの変換表現、情報検索、④アイコン技術や平行座標などの視覚化技術、について述べ、医療情報の視覚化の概要と今後の課題について示した。さらに、これまでに発表されているいくつかの医療情報視覚化システムと、システム開発の特性についても記述した。

1. はじめに

近年、医療機関ではオーダエントリシステムや電子カルテシステムの導入が進み、機関内での情報の共有化、伝達の効率化に効果をあげている[1]。患者データの共有においては、同一職種間の共有にとどまらず、職種を超えた共有にも大きく貢献している。さらに、大量データから新たな知見を見出したいというニーズや信頼できる解釈・要約の結果を利用したいというニーズも高まってきている。一方、電子化されたデータの量は、人間の認知や管理を超える膨大なものとなっている。

大量の情報を取り扱うときに生じる課題を解決する技術の1つに情報視覚化がある。情報視覚化は多くの属性の大量のデータから、意思決定者に適切な情報を提供できるため、多くの分野でその価値が認められている。情報視覚化は、検索の省力化やパターン検出の容易化を実現し、人間の情報認知を増大させる[2]。検索の省力化は、同時に使用する情報をグループ化することや、小さな領域で大量のデータを表現することで実現する。パターン検出の容易化は、対象情報の要約化や省略化で、パターンを単純化・組織化・抽象化することや選択することで実現する。

このような状況から、保健医療分野における情報視覚化の必要性は高いものになっている[3]。しかしながら、特定の課題を解決することを目的とすることが多く、対象となる分野やデータとのかかわり合いの深い研究となっている。これらの研究は、診療科の分類に代表される医療分野の領域に固有の知識や、対象とする利用者が有する専門知識を前提としていることが多い。このため、異なる課題の解決に結びつけにくい状況にある。

実際に、筆者らが医療情報視覚化の研究開発で接した

多くの医療提供者は、一般的な患者の状態と実際の患者データの間のギャップに直面すると、効率と倫理を両立させながら、関連する知識を駆使してギャップを埋める努力を行っている。このような背景から情報系技術者は、医療情報に関する研究開発において、対象とする課題に関する医療知識に加えて、その周辺の医療知識も整理した上で、その課題に情報技術を結びつける必要がある。そこで、本稿では、保健医療分野の情報視覚化に関する従来研究について筆者らの経験を踏まえたサーベイを行い、保健医療分野での情報視覚化に新たに取り組もうとしている方々にとって、医療知識と情報技術の結びつけの足がかりになることを目的とした。

2. 医療情報と視覚化

情報視覚化の研究は、対象分野との関連性が高いものである。具体的には、対象データ、情報検索・情報変換、視覚化方式が相互に深いかかわり合いを有する。

保健医療分野のデータは、図1に示すように、多種多

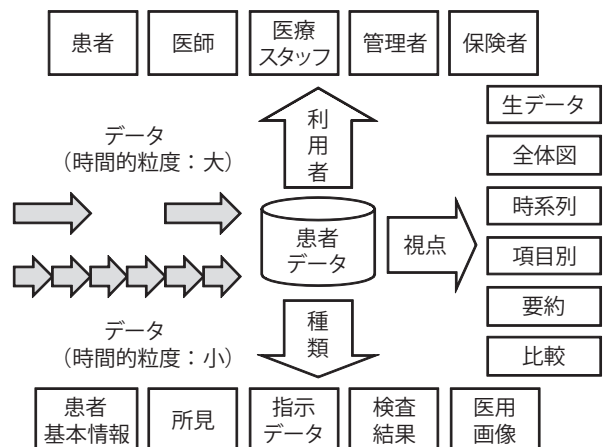


図1 医療情報の多様性

様な側面を有している。データの種類としては、患者基本情報、所見、指示データ、検査結果、医用画像などがある。これらのデータの時間的粒度は大小さまざまである。利用者としては、患者、医師、医療スタッフ（看護師、薬剤師、理学療法士等）、管理者、保険者などがある。利用者は、その目的に応じて必要とする情報を選択・組み合わせる。そして、目的に応じた視点で表現されることを期待している。

また、情報視覚化は、変換表現により利用者の情報選択や状況把握を支援する表現を実現するものと、情報検索における検索対象範囲の選択を、検索結果に満足するまで、対話的に視覚化パラメータを変化させることを支援するものに大別できる。変換表現について考えると、利用者にとって有効なデータ表現は、対象となるデータの特性や構造により異なる。また、情報検索では、データの意味的階層性を利用した検索を支援するものが多い。このため、システム開発者は、有効なデータ表現方式やデータの意味的構造について、専門家との議論などによって理解を深めておく必要がある。

保健医療分野の視覚化方式では多次元のデータを対象にすることになる。この背景としては、多様なデータが存在し、それぞれの値が重要であるだけでなく、値の時系列的变化や、複数のデータの関連性も重要であることなどがある。また、データへのアクセスでは、通常、医師は診療録や検査データなど多くのデータへのアクセスを必要としている。しかしながら、特定の疑問を明らかにするために、診療録の一部分だけを閲覧することもある。このため、対象データの特性に見合った視点から診療録などを表現する機能も重要である。

以上のように、情報視覚化では、各段階で領域の専門家と議論しながら、専門知識をシステムに組み込むことになる。そして、完成したシステムは情報視覚化に関する技術と専門領域の知識が深く融合したものとなる。

3. 医療情報の特性

本章では、生体情報、診療プロセスのデータ、診療ガイドライン、クリニカルパス、時間的粒度について述べ、保健医療データの多様な側面を示す。

3.1 生体情報

生体情報は直接的な医療情報であり、機能的情報、形態的情報、病因的情報に分けられる。機能的情報は、遺伝子ゲノムレベルから細胞、臓器、個体に至る情報で、

生化学検査の数値結果や心電図波形などによって得られる[38]。形態的情報は、臓器レベルの情報で、細胞組織病理検体やX線写真などの画像によって得られる。病因的情報は、ウイルスや細菌、遺伝子多型などの病態情報である[4]。これらの情報は、検体検査と生体検査によって得ることができる。検体検査は、患者の身体から採取できる血液、尿、便、喀痰などの検査材料を対象とした検査である。医療機関の臨床検査部門では、検体検査を迅速に行うために、複数の自動分析装置を統合的に管理する部門システムが動作している[5]。これらの検査結果を統合的に視覚化する研究も進んでいる[6]。生体検査は、患者の身体を直接的に調べる検査であり、X線撮影、コンピュータ断層撮影(CT)、磁気共鳴画像(MRI)、内視鏡、超音波、心電図、核医学などの方法がある。

3.2 診療プロセスのデータ

診療プロセスは、患者に対する診療行為の流れを表し、診断過程と治療過程に分けられる。診断過程では、主訴、病歴、家族状況、職業、心理的背景、社会的背景などについて問診する。その後、視診、触診、打診、聴診などの診察を行い、鑑別疾患を考え各種検査を行い診断を確定する。治療過程では、確定した診断に基づき治療方針を決定し、治療を行う。

診療プロセスのデータを見ると、内容や時間的粒度の多様性、データ相互関係の複雑さなどがみえてくる。これらの分析には、多くのデータと時間を必要とする。診療プロセスの代表的データに、処方や検査などの指示データがある。指示データには、繰り返し記述されている項目があり、項目ごとに異なる多様な繰り返しパターンやトレンドを理解する必要がある。このため、医師には、継続期間を理解するために指示内容を辿る負担や、過去の実施時期を特定するために指示内容を見つける負担などが生じる。このような負担は、慢性疾患患者の診療において、特に高いものとなっている。

LifeLines[7]は、メディカルイベントを対象にして、時間粒度の粗い個人履歴の視覚化を試みた。SAKURA-Viewer[8]は、患者単位の指示履歴での意味的な冗長性をなくした表現を提案し、その内容の把握の支援を試みた研究である。TimeLine[9]は、電子カルテシステムや放射線画像システムなどのデータを再構成して、問題指向の時系列表示を実現した研究である。Similan[10]では、電子カルテシステム等のデータを対象に、診療イベントの経過を視覚化し、類似パターンを検索する新しい試みがされている。

診療プロセスのデータの視覚化の今後の課題としては、慢性疾患の治療をはじめとして医療介護の多様なサービスを提供されている高齢者の医療介護データに関する情報視覚化がある。たとえば、医療介護のサービス提供者・患者・家族がサービス提供の必要性や実施状況を共有するためには、それらの情報の視覚化が有効である。また、患者や家族へ医療・介護の基本的知識や医療介護サービスの内容を的確に知らせる情報サービスも有効と考える。このような情報サービスに有効な情報連携の基礎的研究には、文献[11]などがある。

3.3 診療ガイドラインとクリニカルパス

診療ガイドラインは、Minds 診療ガイドライン作成の手引きによれば「医療者と患者が特定の臨床状況で適切な決断を下せるよう支援する目的で、体系的な方法に則って作成された文書」である[12]。医療者は、診療ガイドラインを、科学的根拠に基づく一般的な治療方法を知る源としてや、臨床現場の意思決定における判断材料の1つとして利用することができる[13]。国内でも、疾患別に数多くの診療ガイドラインが公表されている[14]。

そして、施設ごとの治療経過に従って、診療ガイドライン等に基づいた診療内容や達成目標等を診療計画として明示したものが、クリニカルパスである。クリニカルパスは、良質な医療を効率的、かつ安全、適正に提供するための手段として利用されている。クリニカルパスは、疾患を治すために必要な治療・検査・ケアなどをタテ軸に、時間をヨコ軸にした診療スケジュール表である。クリニカルパスの導入により、診療過程の標準化や患者へのインフォームド・コンセントの実施支援などによる医療の質の向上が期待される。

診療ガイドラインの電子化を目的とした専用言語の研究には、オントロジー[39]をベースにしたGLIF3[15]やAsbru[16]がある。AsbruView[17]は、専用言語で記述されたガイドラインを視覚化する研究である。DeGeL[18]は、ガイドラインの電子化を視覚的に支援するツールの研究である。KDOM[19]では、マッピング用のオントロジーを構築して、電子カルテシステムとの連携を実現している。また、CareCruiser[20]では、診療ガイドラインを利用した診療において、ガイドラインと実際の診療行為の差異の視覚化を試みている。診療ガイドライン電子化に関する研究の比較は、文献[21]などにある。また、クリニカルパスを電子化に関する研究も1990年代末から進められている[22]。

国内では診療ガイドラインの電子化はあまり進んでい

ない。一方、慢性疾患医療の提供では、診療所の果たす役割は大きい。このため、診療所で、診療方針の決定支援や、患者への説明に使用することを目的に、診療ガイドラインの視覚化システムやその基盤としてのオントロジーの研究が必要であろう。

3.4 時間的粒度

医療情報におけるデータの時間的粒度は、細かいものから粗いものまで多様な粒度が使用されている[23]。疾患の経過による治療の濃密度から考察すると、急性期の患者と慢性期の患者では、医療プロセスにおけるデータの時間的粒度は異なる。

急性期の患者に対するデータの時間的粒度は細かいものであり、“時”、“分”である。病態が安定せず急変の恐れがある重症患者、手術や化学療法などの身体侵襲の大きい治療をしている患者には、患者の身体に起こる小さな変化を見逃さないために、持続的モニタリングにより血圧、心電図波形、動脈血酸素飽和度など高頻度で計測される粒度の細かいデータを必要とする。慢性期の患者に対するデータの時間的粒度は粗いものであり、“日”、“週”、“月”、“年”である。症状の安定している慢性疾患患者、悪性腫瘍などの治療後に定期的な検査と診察を行っている患者などのデータは、低頻度で記録される粒度の粗いものとなる。

4. 変換と検索

本章では、変換技術として時間的要約、検索技術としてデータマイニング技術を述べる。

4.1 時間的要約

時間的要約(Temporal abstraction)は、未加工や前処理された時間指向データから、概念レベルのより高い質的表現を作成することである。時間的要約は、多量の時間指向データを理解しなければならないデータの利用者にとって大きな価値がある。時間指向データを蓄積・要約することで、データの傾向、過程の発展、因果関係の考察等を支援することができる。基本的な時間的要約を表1に示す。図2は、3つの期間を、それぞれ“減少傾向”、“安定状態”、“増加傾向”で時間的要約して表したものである。また、医療における要約メカニズムとしては、時間指向データの周期性や繰り返し傾向から、より高い意味的レベルに要約するメカニズムなどがある。高レベルの時間的要約の例としては、「一定期間連続した減少

表1 基本的な時間的要約

要約の種類	値
状態	高い 低い
傾向	増加 安定 減少
速さ	早い 遅い

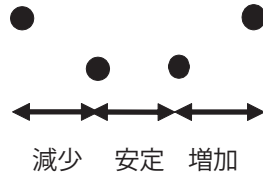


図2 時間的要約の例

傾向に引き続いての一定期間連続した増加傾向が繰り返す場合」の波形データを要約することがある。

医療における時間的要約の研究には、検査結果の経時変化を知的に解釈するシステムなどがある。このため、データの視覚化や知識獲得のための視覚化の研究が行われている。たとえば、糖尿病患者の朝食後血糖値の一定期間の変化の様子を視覚化し解釈する場面などで、時間的要約は有効である。KNAVE[24]は、単一患者の未加工の時系列データ（検査結果等）を対象に、時間的要約、対話的検索・分析の視覚的支援と知識ベース利用や知識ベースの視覚化に関する研究である。VISITORS[25]では、対象を複数患者にするなどの機能拡張をしている。PROTEMPA[26]では、多様な時間的粒度に対応できる時間的要約アルゴリズムが提案されている。また、時間的要約の研究に関するサーベイ論文には、文献[23]などがある。

検査結果の推移の視覚化機能や推移の類似パターンの検索機能の研究は、エビデンススペースの慢性疾患医療に貢献する。今後、このような検査結果の再利用に関する視覚化の研究を進めるためには、検査結果の概念構造（相対的な時間軸や疾病の情報を含む）を記述するための基礎的な研究や、大規模データベースの構築と知識獲得などの研究を進める必要があると考える。

4.2 データマイニング

データマイニング(Data mining)技術は、蓄積したデータから診療や経営に役立つ知識を見出すためのデータ分析技術である。データ分析は、キューブ操作で視点を変化させながら対話的に分析することが多い[27]。図3は、患者の健康全般に関するデータと疾病特有のデータからなるリハビリテーションデータ分析用のデータキューブの一部である。文献[28]を参考にして作成した。年齢、リハビリ内容、ICD-9コードなどの次元で構成される。ICD-9の次元では、＜疾病カテゴリ、疾病グループ、疾病コード＞というような階層性が定義できる。このような階層情報を使用することで、複数レベルの分析が可能になる。

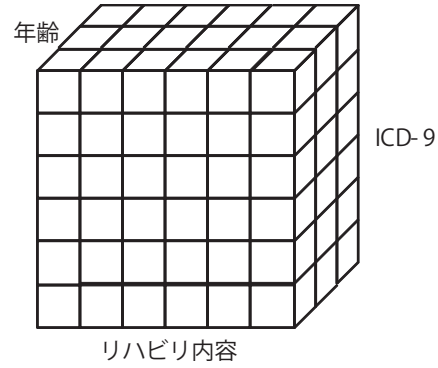


図3 リハビリデータ分析用データキューブの一部 (文献[28]を参考に作成)

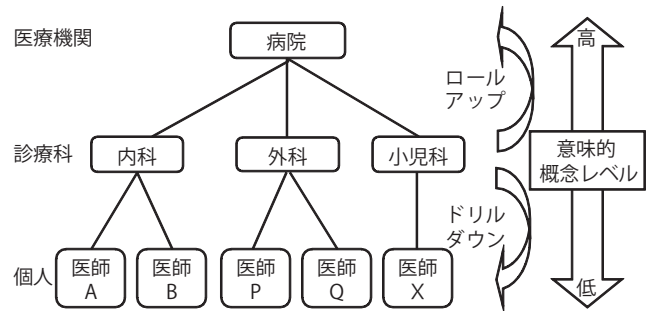


図4 コンセプト・ハイアラキーの例 (部門)

コンセプト・ハイアラキーは、分析対象属性に対して、低レベル概念から高レベル概念へのマッピングの列を定義したものである。図4は、部門を3レベルで表現したコンセプト・ハイアラキーである。コンセプト・ハイアラキーに沿って概念の階層を上下移動することで、ユーザはさまざまな視点からデータを見ることができる。

データマイニングで医療分野のデータを分析する場合は、次のようなデータの特性に注意する必要がある[37]。①データは個人情報であり、匿名化などの配慮が必要になることが多い、②分析の視点から見るとデータ項目に欠損が生じている（医療データの特徴でもある）、③ノイズデータ、冗長な記述、一貫性のない記述の除去が難しい。

5. 情報視覚化

本章では、グラフィック要素への変換の基礎、多次元データを視覚化する技術であるアイコン技術や平行座標、さらに、情報視覚化において重要な機能である複数視点からの視覚化についても述べる。

5.1 グラフィック要素への変換

情報視覚化では、データをグラフィック要素にマッピ

ング(Visual mapping)することになる。重要な概念の属性を正確に認識できるグラフィック要素にマッピングする必要がある。このマッピングでは、物理的空間の構造や、人間が認知できるグラフィック特性の構造などを定義することになる。

グラフィック特性としては、形、長さ、面積、ボリューム、位置、色、濃淡、模様などがある。表現したいそれぞれのデータの性質により、適切なグラフィック特性を選択する必要がある。たとえば、色の知覚は、我々が日常生活で持つ各色のイメージとシステムが発したいメッセージを一致させ、属性の認知を容易にする。具体的には、赤色は危険なイメージがあるため実施注意に、セピア色は古いイメージがあるため採用中止にマッピングすることが考えられる。しかしながら、色の知覚は文化や言語に依存することに注意を要する[29]。

また、アイコン技術(Icon technique)は、幾何学的図形を使用して、多次元のデータを表現する技術である。具体的には幾何学図形の向き、サイズ、形状、色などを変化させて表現する。アイコン技術の代表的なものに、レーダーチャートやチャーフの顔(図5)がある[30]。チャーフの顔は、多変量データの表現にあたり、その属性を目や口などの顔の特徴に対応付けて表している。

5.2 平行座標

平行座標(Parallel coordinates)は、多次元データを平行な座標軸を利用して2次元で表現する方式である。各変数に1つの座標軸を対応させ、隣り合う座標軸上の点を結び折れ線を形成し、変数間の関係を折れ線のパターンとして表現する[31]。

平行座標のデータ表現においては、隣り合う2変数間の関係は直接的に表現でき、離れた変数間の関係は直接的に表現できない。つまり、属性の配置順序がデータ間の関係を表現する上で大きな影響を持っている。言い換えると、属性の順序に依存した情報表現である。また、平行座標では、表現の複雑さは変数(属性)の数に比例



図5 チャーフの顔の例

し、変数数が増加しても視覚的困難(障害)が発生しにくい特性を有する[32]。

平行座標を実装する場合は、対話的な操作機能として属性の順序を入れ替える機能などが必要となる。医療分野での応用では、検査結果などを表示するにあたって、表示データの時間的粒度を変更する方式や、データの表示範囲を動的に変更する方式などが研究されている。

5.3 複数視点

情報視覚化では、1つの対象を複数視点(Multiple views)から表現することで、利用者の理解を促進する試みがよくなされる。複数視点からの視覚化では、どのような視点を選択し、どのようにその視点から表現するかが重要である。これらの決定においては、視点間の相互作用の効果も期待できる。複数視点からの視覚化は、対象とする情報に多様性や補完性が見られるときに有効である。多様性は、情報の属性、抽象化のレベル、ジャンル等に見られる。多様性が見られる対象を単一視点で表現すると、概念を構成する最大公約数的な視点になり、個々のニーズに対しての最適化はできない。補完性は、複数視点で表現することで、視点間の複雑な関係の理解を促進する。対象を複数視点から表現し視覚的に比較を行うことで、視点間の隠された関係を示すことができる[33]。

患者データを複数の視点から表現する研究には、QCIS[34]がある。この研究では、患者データを発生源指向、時間指向、概念指向の3つの視点から表現することを試みている。また、VisuExplore[35]では、慢性疾患患者のデータを複数の視点から表現している。この研究では、時間指向のデータのグラフ表示等を実現し対話的操作の提供も試みている。

6. システム

本章では、医療情報の視覚化に関する筆者らの文献研究等から、対話的検索研究2件とデータ表示研究2件について概説する。対話的検索研究としては、診療過程を対象にした文献[36]の研究(以下VisDRGと記す)と、VISITORSについて記述する。データ表示研究としては、SAKURA-Viewerと、AsbruViewについて記述する。

6.1 VisDRG

VisDRGは、診療プロセス分析のための対話的視覚化技術である。診療プロセス分析は、複雑で大量の診療

行為記録を対象にする複雑な分析である。VisDRGでは、患者、診療行為項目、経過日数の3軸からなるデータキューブを構成する。分析対象としたい患者群や診療行為項目群をキューブ操作で変化させながら、診療プロセスのパターンや量的データを1次元グラフや2次元マトリックスに表示するインタラクティブな情報視覚化方式を実現している。VisDRGは、特定の患者や診療行為項目の詳細な表示や選択を可能にする。さらに、診療プロセスの全体の傾向や差異の表現もできる。

図6は、1次元グラフを利用して患者群を選択し、2次元マトリックスに、入院経過日数に沿って診療行為の実施状況をパターン表示したものである[36]。

6.2 VISITORS

VISITORSは、複数患者の臨床検査結果データを対象とした対話的視覚化技術である。未加工データと時間的要約データを利用して患者の長期間データの意味的解釈を時間的・統計的な分析・検索により支援する。視覚化技術としては、平行座標を採用し、複数患者のデータを同時に表示できる(TACs: Temporal Association Charts)を提案している。軸と軸を結ぶ折れ線には、幅や色を利用して変化をつけることで、多様な関係の表現を実現している。

図7は、複数の患者の血液検査の結果(血液学的検査3項目と肝機能検査2項目)を表示したTACsの画面サンプルである[25]。生データでの表示項目と要約処理を施しての表示項目が混在している。

6.3 SAKURA-Viewer

SAKURA-Viewerは、患者ごとの処方データなどの履歴の追跡を容易にする視覚化機構である。長期間・大量の指示履歴から指示データの多様性や継続性の迅速な把握に貢献する。SAKURA-Viewerは、コンセプト・ハイアラーキを利用して、概念的な低レベルの属性で構築した内容重視の視点と概念的な高レベルの属性で構築した時間重視の視点を生成し、指示履歴を表形

式で表現している。これにより、量的に大きな比重を占める定期処方や定期検査の記述量を削減でき、慢性疾患患者の指示履歴の表示に特に有効な機構である。また、SAKURA-Viewerは、データの表示単位にボタンオブジェクトを採用し、データ入力支援機能を実現している。さらに、実施注意項目を赤色で、採用中止項目をセピア色で表示するなどして、色属性による認知の支援を採用している。

図8は、処方データの履歴を、テキストベースの表現とSAKURA-Viewerでの表現とを比較したものである[8]。

6.4 AsbruView

AsbruViewは、Asbru言語で記述された診療ガイドラ

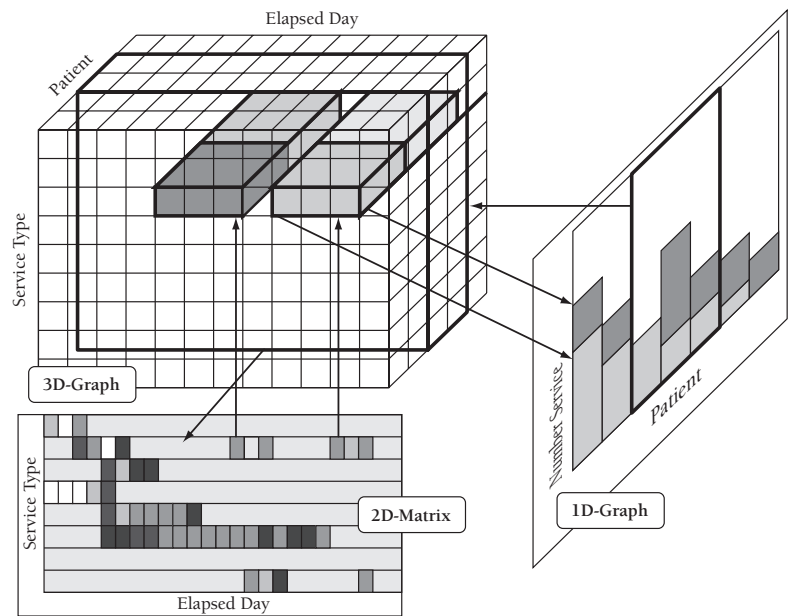


図6 VisDRGの視覚化方式の概略(文献[36]のFig.1を許可を得て引用 © HIMSS)

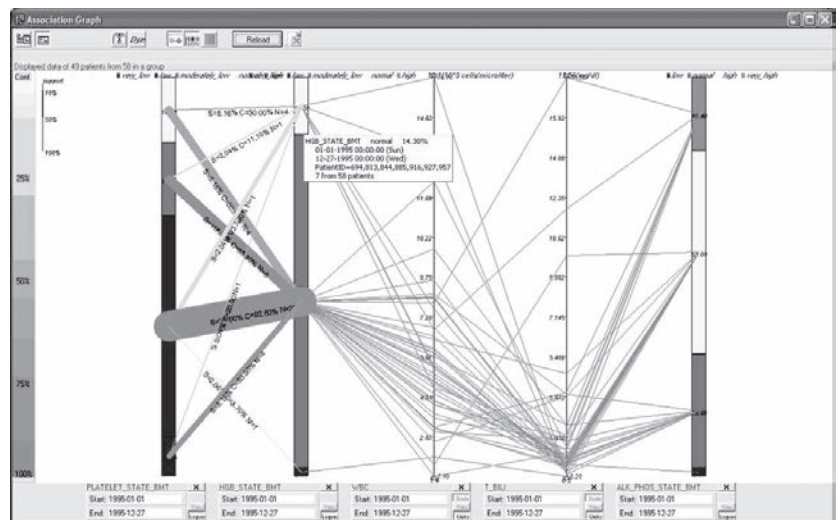


図7 VISITORSの視覚化サンプル(文献[25]のFig.2を許可を得て引用 © Schattauer)

インを視覚化する機構である。診療計画を不可分な規模まで分解して、グラフィカルなオブジェクトの形、サイズ、色などを変化させて、値の変化を表現している。AsbruView は、プラン間の関係(Topological View)と時間情報(Temporal View)の2つの視点から表現する。プラン間の関係は、時間軸なしで、陸上競技のトラックの考え方を利用して表現している。ゲートや信号の概念も採用している。時間情報は、時間軸に基づいて、アイコン技術(グリフ)を利用して表現している。プランの正確な時間情報や状態を記述している。

図9は、AsbruView のサンプル画面である。画面上部にはTopological Viewが、画面下部にはTemporal Viewが表示されている[17]。

7. システム開発の特徴

本稿では、筆者らの経験に基づいて、保健医療現場という特殊環境における情報視覚化に関する有効な視点を導入した。それらの視点は、企業におけるデータ処理プロセスと保健医療におけるその比較を通して効果的に整理することができる。本章では、筆者らが得たプラクティスに関する知見としてその比較検討結果を述べる。

7.1 企業向けシステムとの相違

本節では、医療におけるデータ処理プロセスと企業におけるデータ処理プロセスの相違について述べる。医療のデータ処理プロセスでは、輪の中心に患者の治療に関するデータがある。データは、輪の周りの医療専門職(医師、医療スタッフ)と組織から生成され、種類は多様である[28]。その処理プロセスは患者の状態や環境に応じてさまざまな形態となる。一方、企業のデータ処理プロセスでは、多くの場合、典型的な一連のパターンが存在する。たとえば、製造業での原料から製品完成のプロセスにおいて、それぞれの段階での処理プロセスと生じるデータには標準的なものが定まっている。つまり、医療におけるデータ処理プロセスは、企業の場合と比較して、変動する要素が多い特徴がある。

また、企業の売上動向等の分析において

は、分析対象項目にコンセプト・ハイアラキを構成するなどしてデータマイニング技術を適用することで、大きな成果を上げている。しかしながら、医療分野においては、分析対象項目に対して図4のような明確なコンセプトハイアラキを構築することが、データの複雑な構造から困難なことが多く、データ分析の障害の1つになっている。

7.2 利用者要求

医療情報を視覚化するにあたって、利用者インタビューなどから得た利用者要求についていくつか述べる。

時系列性: 医療情報は時間情報が重要な役割を果たす時系列情報である。情報を表現するにあたっては、単一のデータ属性の時間的推移を表現するだけでなく、データ相互間の関連性の表現も表現できることが求められる。

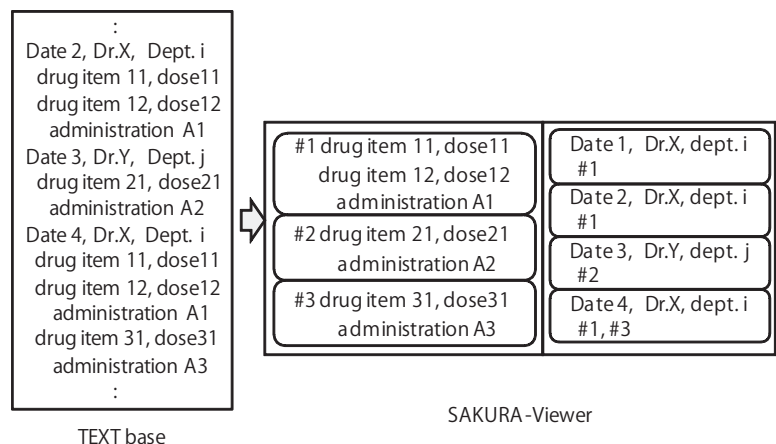


図8 SAKURA-Viewerの視覚化方式の概略(文献[8]のFig.4をもとに作成)

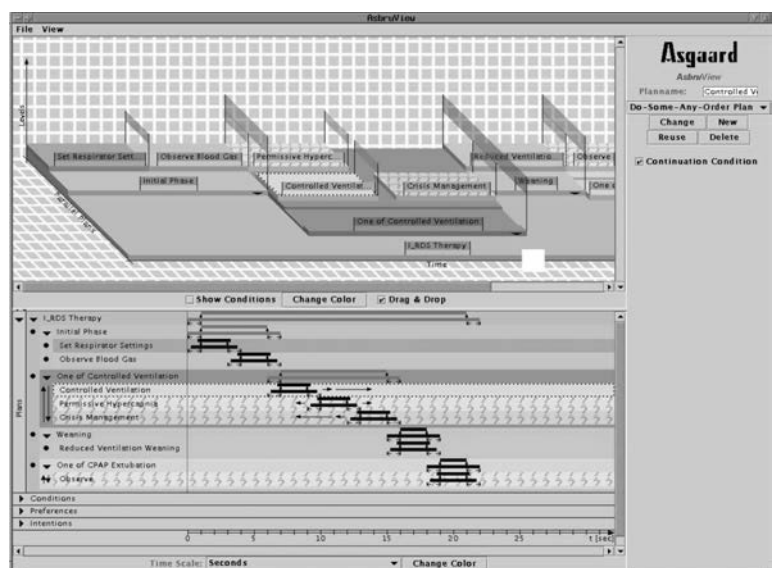


図9 AsbruViewの視覚化サンプル(文献[17]のFig.10を許可を得て引用 © ELSEVIER)

柔軟性：目的に応じて、視覚化対象データの種類・範囲の変化への柔軟な対応が必要である。たとえば、有効な意味を保持できる時間粒度の範囲はデータ属性により異なるため、視覚化においては柔軟な粒度の選択が必要とされる。

操作性：学習に時間を要しない対話的操作性が求められる。たとえば、縮小・拡大表示において、状況に応じた意味的な縮小・拡大を提供するなどの知的処理機能が求められる。

このため、医療スタッフと情報系技術者の知識の共有が、効果的な視覚化の実現には必要となる。

7.3 コミュニケーション

変換表現や情報検索の検討においては、医療専門職と情報系技術者の深い議論が必要になる。この議論は、医療専門職と情報系技術者の知識を融合させ、システムの有効性や完成度を高める重要な役割を担っている。ここでは、情報系技術者が医療専門職とのコミュニケーションを円滑に進めるために理解しておくべきことを2つ挙げる。

第1に、企業は効率・収益の改善を目的として情報技術を導入するが、保健医療では効率の改善と安全・倫理の堅持のバランスを意識しながら情報技術を導入することである。第2に、7.1節でも述べたように、医療分野と企業におけるデータ処理プロセスは大きく異なることである。

このような保健医療の背景を理解した上で、情報系技術者はコミュニケーションを図る必要がある。

8. おわりに

保健医療分野での情報視覚化のニーズは、医療データの構造や関係の複雑さから、今後、ますます高まるであろう。医療の現場では、電子化されたデータが日々大量に発生している。これらのデータの多くは当該患者の治療にのみ使用されるフローのデータとなっている。医療情報の視覚化は、日々発生している電子データをストックのデータとして医療現場で再利用されることを支援するツールになると考えている。

保健医療分野は、情報系技術者にとって“参入障壁の高い”分野と言われている。しかし、情報系技術者としての筆者らの経験では、医療専門職とのコミュニケーションを積極的に進めることで、この障壁は低くなる。医

療専門職と情報系技術者の議論の積み重ねが、ヘルスケア領域の情報化の進展に重要な役割を担っていくことは、今後も変わらないと考えている。また、筆者らは、このサーベイの結果を、介護施設や家族が高齢者の健康状態を把握するための視覚化システムの研究開発に活かしていく予定である。

参考文献

- Weiss, G.: Welcome to the (Almost) Digital Hospital, *IEEE Spectr.*, Vol.39, No.3, pp.44-49 (Mar. 2002).
- Card, S.K., Mackinlay, J.D. and Shneiderman, B.: Information Visualization, in *Readings in Information Visualization Using Vision to Think*. San Mateo, CA: Kaufmann, Morgan., pp.1-34 (1999).
- Chittaro, L.: Information Visualization and its Application to Medicine. *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol.22, pp.81-88 (2001).
- 日本医療情報学会：新版 医療情報 医療情報システム (編), 篠原出版新社 (2009).
- Venkatasubramanian, K.K., Gupta, S.K.S., Jetley, R.P. and Jones, P.L.: Interoperable Medical Devices, *IEEE Pulse*, SEP/OCT 2010, pp.16-27 (2010).
- Bauer, D.T., Guerlain, S. and Brown, P.J.: The Design and Evaluation of a Graphical Display for Laboratory Data, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol.17, No.4, pp.416-424 (2010).
- Plaisant, C., Milash, B., Rose, A., Widoff, S. and Shneiderman, B.: LifeLines: Visualizing Personal Histories, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI' 96)*, pp.221-227 (1996).
- Toyoda, S., Niki, N. and Nishitani, H.: SAKURA-Viewer: Intelligent Order History Viewer Based on Two-Viewpoint Architecture, *IEEE Transactions of Information Technology in Biomedicine*, Vol.11, No.2, pp.141-152 (2007).
- Bui, A.A.T., Aberle, D.R. and Kangarloo, H.: TimeLine: Visualizing Integrated Patient Records, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol.11, No.4, pp.462-473 (2007).
- Wongsuphasawat, K. and Shneiderman, B.: Finding Comparable Temporal Categorical Records: A similarity Measure with an Interactive Visualization, *IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology*, pp.27-34 (2009).
- 田中 譲：知識メディアアーキテクチャとウェブリソースの知識連携, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J93-D, pp.663-674 (2010).
- Minds 診療ガイドライン選定部会：Minds 診療ガイドライン作成の手引き 2007, 医学書院 (2007).
- Institute of Medicine: *Clinical Practice Guidelines: Directions for a New Program*, Washington DC: National Academy Press (1990).
- 日本糖尿病学会：糖尿病治療ガイド 2012-2013, 文光堂 (2012).
- Boxwala, A.A., Peleg, M., Tu, S., Ogunyemi, O., Zeng, Q.T., Wang, D., Patel, V.L., Greenes, R.A. and Shortliffe, E.H.: GLIF3: A Representation Format for Sharable Computer-Interpretable Clinical Practice Guidelines. *Journal of Biomedical Informatics*, Vol.37, pp.164-161 (2004).
- Shahar, Y., Miksch, S. and Johnson, P.D.: The Asgaard Project: A Task-Specific Framework for the Application and Critiquing of Time-Oriented Clinical Guidelines. *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol.14, pp.29-51 (1998).
- Kosara, R. and Miksch, S.: Metaphors of Movement: A Visualization and User Interface for Time-Oriented, Skeletal Plans, *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol.22, pp.111-131 (2001).
- Shahar, Y., Young, O., Shalom, E., Galperin, M., Mayaffit, A., Moskovitch, R. and Hensing, A.: A Framework for a Distributed, Hybrid, Multiple-

- Ontology Clinical-Guideline Library, and Automated Guideline-Support Tools, *Journal of Biomedical Informatics*, Vol.37, pp.325-344 (2004).
- 19) Peleg, M., Keren, S. and Denckamp, Y.: Mapping Computerized Clinical Guidelines on Electronic Medical Records: Knowledge-Data Ontological Mapper (KDOM), *Journal of Biomedical Informatics*, Vol.41, pp.180-201 (2008).
- 20) Gschwandtner, T., Aigner, W., Kaiser, K., Miksch, S. and Seyfang, A.: CareCruiser: Exploring and Visualizing Plans, Events, and Effects Interactively, *IEEE Pacific Visualization Symposium*, pp.43-50 (2011).
- 21) Peleg, M., Tu, S., Bury, J., Ciccarese, P., Fox, J., Greenes, R.A., Hall, R., Johnson, P.D., Jones, N., Kumar, A., Miksch, S., Quaglini, S., Seyfang, A., Shortliffe, E. H. and Stefanelli, M.: Comparing Computer-Interpretable Guideline Models: A Case-Study Approach, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol.10, No.1, pp.52-68 (2003).
- 22) Chu, S. and Cesnik, B.: Improving Clinical Pathway Design: Lessons Learned from a Computerized Prototype, *International Journal of Medical Informatics*, Vol.51, pp.1-11 (1998).
- 23) Stacey, M. and McGregor, C.: Temporal Abstraction in Intelligent Clinical Data Analysis: A Survey, *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol.39, pp.1-24 (2007).
- 24) Shahar, Y. and Cheng, C.: Model-Based Visualization of Abstraction, *Computer Intelligence*, Vol.16, No.2, pp.279-306 (2000).
- 25) Klimov, D., Shahar, Y. and Taieb-Maimon, M.: Intelligent Interactive Visual Exploration of Temporal Associations among Multiple Time-Oriented Patient Records, *Methods of Information in Medicine*, Vol.48, No.3, pp.254-262 (2009).
- 26) Post, A.R. and Harrison Jr, J.H.: PROTEMPA: A Method for Specifying and Identifying Temporal Sequences in Retrospective Data for Patient Selection, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol.14, No.5, pp.674-683 (2007).
- 27) Han, J. and Kamber, M.: *Data Mining: Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann Publishers (2001).
- 28) Parmanto, B. and Scotch, M.: A Framework for Designing a Healthcare Outcome Data Warehouse. *Perspectives in Health Information Management*, Vol.2, pp.1-16 (2005).
- 29) Ware, C.: Color, in *Information Visualization: Perception for Design*. San Mateo, CA: Kaufmann, Morgan, pp.103-149 (2000).
- 30) Starren, J. and Johnson, S.B.: An Object-Oriented Taxonomy of Medical Data Presentations, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol.7, No.1, pp.1-20 (2000).
- 31) Inselberg, A. and Dimsdale, B.: Parallel Coordinates: A Tool for Visualizing Multi-Dimensional Geometry, *IEEE Proceedings of the 1st Conference on Visualization*, Los Alamitos, pp.361-378 (1990).
- 32) Spence, R.: *Representation, Information Visualization: Design and Interaction (Second Edition)*, Pearson Education (2007).
- 33) Baldonado, M.Q.W., Woodruff, A. and Kuchinsky, A.: Guidelines for Using Multiple Views in Information Visualization, *Proceedings of the 5th International Working Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI2000)*, pp.110-119 (2000).
- 34) Zeng, Q., Cimino, J.J. and Zou, K.H.: Providing Concept-Oriented Views for Clinical Data Using a Knowledge-Based System, *Journal of the American Medical Informatics Association*, Vol.9, No.3, pp.294-305 (2002).
- 35) Rind, A., Aigner, W., Miksch, S., Wiltner, S., Pohl, M., Turic, T. and Drexler, F.: Visual Exploration of Time-Oriented Patient Data for Chronic Diseases: Design Study and Evaluation in Information Quality in e-Health, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Vol.7058, pp.301-320 (2011).
- 36) Bitó, Y., Kero, R., Matsuo, H., Shintani, Y. and Silver, M.: Interactively Visualizing Data Warehouses, *Journal of Healthcare Information Management*, Vol.15, No.2 (Summer 2001).
- 37) Cios, K.J. and Moore, G.W.: Uniqueness of Medical Data Mining, *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol.36, pp.1-24 (2002).
- 38) 片貝智恵: 人口呼吸器装着患者における気管吸引方法によるバイタルサインへの影響 第42回日本看護学会論文集(成人看護I), pp.74-77 (2012).
- 39) 溝口理一郎: *オントロジー工学*, オーム社(2005).

豊田 修一 (正会員) toyoda@jobu.ac.jp

上武大学看護学部教授。1980年三洋電機(当時東京三洋電機)入社、文字認識装置、医療情報システムの研究開発に従事。2004年国際医療福祉大助教授、2006年より上武大。工学博士(徳島大)。

片貝 智恵 (非会員) katakai@jobu.ac.jp

上武大学看護学部助教、看護師、保健師。1996年群馬大医学部附属病院入職、臨床における集中治療看護の研究に従事、2008年より上武大。保健学修士(群馬大)。

仁木 登 (非会員) niki@opt.tokushima-u.ac.jp

徳島大学大学院シオテクノサイエンス研究部教授。1977年徳島大学工学部助手、医用画像処理、特に肺がんCADの研究開発に従事。工学博士(京都大)。

投稿受付: 2012年11月5日

採録決定: 2013年4月30日

編集担当: 山名早人(早稲田大学)