

好評発売中!!

月刊新医療別冊

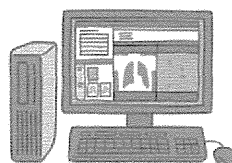
診療所のIT化ガイド

経営を骨太にするIT活用術

2015

◆地域連携、地域包括ケアの声が高まる中、診療所においてITの果たす役割と、今後に求められるものとは何かを、クラウドやモバイル端末の有効活用術も含めて紹介します。

☆事例紹介 ☆コラム
☆製品紹介 ☆用語解説



月刊新医療・編集

定価:
本体 3,400円+税

ISBN
978-4-901276-38-2

お申し込みは

TEL・FAX・Eメールで

URL: <http://www.newmed.co.jp>

E-mail: bo@newmed.co.jp

TEL.03-3545-6177 FAX.03-3545-5258

月刊新医療 (株)エムイー振興協会

技術」を議論する際には考えていただきたい。

病院情報システム・電子カルテシステムの本来の役割とは

さて、冒頭にも書いたが、電子カルテシステムの導入は先端的取り組みから、医療施設の一般的な設備としての普及をみせている。同時にシステム導入は、購買を担当する部署が調達し、システムベンダーがプロジェクト管理を主導することが多くなっている。これはこれで、システム導入・運用に関する1つのモデル形式であることには間違いない。しかし、本当にこれでよいのだろうか。そもそも「電子カルテシステム」への期待は何であっ

ただろうか。読者の皆さんにも考えていただきたい。

筆者は、電子カルテシステムの本来の役割は「医療や医学の課題を解決すること」を支援することだと考えている。医療情報に関する、我が国での学会発表や事例紹介は、「業務の課題」を解決する取り組みが非常に多いように見える。このままで、電子カルテシステムに輝かしい未来はあるのだろうか。IT全般で見ると、昨今は「第3次人工知能ブーム」と言われ、自動運転から自然言語処理まで各領域で人工知能の活用が活発になっっている。医療はいかがであらうか。仮に人工知能が医療の支援をするのであれば、その入り口は病院情報システムではなからう

か。病院情報システムは、コモディティ化した病院の事務機器の1つとして記録の保存を主役とするだけの存在で終わるのか、医療・医学の課題を医療者と共に解決するインテリジェントな存在となるのかは、医療者がその発展にどこまで参画できるかにかかっているのではないだろうか。

※

※

澤 智博(さわともひろ) ●68年北海道生まれ。93年札幌医科大学卒業。米国ハーバード大学麻酔・集中治療科レジデントを経て、01年に米マサチューセッツ工科大学大学院修了。帝京大医学部麻酔科学講座講師などの後、10年から現職。日本麻酔科学会安全委員、JSAPIIMS周術期情報システム専門部会会長、日本医療情報学会理事同 学術委員長。

招請講演

周術期医療におけるビッグデータ活用と データサイエンス

澤 智博*

キーワード▶▶ 周術期医療, ビッグデータ, データサイエンス

はじめに

本稿では、“ビッグデータ”や“データサイエンス”というキーワードを通して、麻酔科医とは何者であるのか、麻酔科学とはどのような領域であるのかを考えていきたい。

1 ビッグデータ? データサイエンス? データサイエンティスト?

“ビッグデータ”という語は、2010年ごろからよく使用されるようになったと考えられているが、わが国で“ビッグデータ”が注目されるようになった契機の一つは2011年3月の東日本大震災である。震災時の人々の動きを大量のデータを使用して、空間上に経時的に可視化することができ“ビッグデータ”は注目を集めることとなった。その後も“ビッグデータ”は国内、そして世界的にもホットトピックスとして扱われている。“ビッグデータ”に対する考え方のポイントは、データの大きさが“ビッグ”であるかどうかという視点においてより、ビッグデータの持つ性質やそれを扱うのに必要な技術の開発に注目が集まっているところにある。

“データサイエンス”は、コンピュータの黎明期である1960年代にはすでに存在していたといわれている。したがって、“データサイエンス”はコンピュータとともに発展してきたと考えられる。“データサイエンス”を端的に表現すると、データ

を、統計学的に、数学的に、プログラミングによって処理することで“data products”，つまりデータの形をした価値ある産物を生み出すことにある。“data products”がもっとも活用されている分野の一つは広告であり、“The best minds of my generation are thinking about how to make people click ads.”といわれているほどである¹⁾。

データサイエンスとともに注目を集めることになったのは“データサイエンティスト”である。特に、2012年10月のハーバードビジネスレビュー誌で“Data Scientist: The Sexiest Job of the 21st Century”²⁾という記事がもとなり、世界の注目が高まった。データを駆使して現状を把握し、企業や組織の方向性を指し示す。データサイエンティストは、現代においてもっとも必要とされる職業である、という雰囲気が高まった。わが国も例外ではなく、いや、むしろ、かなり熱を帯びてデータサイエンティストを“外部”から採用する必要性が論じられ、データサイエンスに近い領域にいた統計学者やコンピュータサイエンティストは我先にデータサイエンティストを名乗り始めたのである。

2 データサイエンティストは期待外れ?

ところが、ビッグデータやデータサイエンスへの期待が変わらず高い状態であるのに対して、データサイエンティストという語への注目は低下してきている。数字やコンピュータだけを扱ってきた人がある日突然にこれまで働いたこともない領域にヘッドハンティングされても役に立たな

* 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

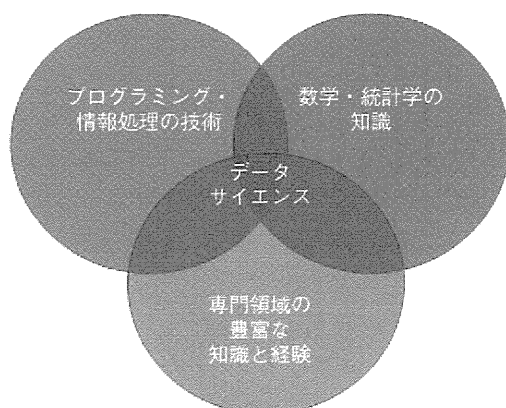


図1 データサイエンスの3要素

〔Drew Conway のベン図より改変引用 (Schutt R, O’Neil C. Doing data science. O’Reilly Media ; 1 版 (2013/10/9))〕

かったのであろうか。そして、数字だけをこね回して現場の実感と乖離した予測を提示しても現場にはピンとこなかったということであろうか。むしろ、期待どおりのパフォーマンスを発揮するデータサイエンティストは存在するのだが、そうではないデータサイエンティストはなぜ発生してしまったのであろうか。図1は、データサイエンスに必要な3要素、つまり、プログラミング・情報処理技術、数学・統計学の知識、専門領域の豊富な知識と経験の関係について図示したものである¹⁾。ここで注目すべきは、専門領域の豊富な知識と経験が必要とされる点である。専門領域によっては、プログラミング技術の習得や数学・統計学の獲得よりも、その領域での知識と経験を培うことのほうがはるかに大変なことがある。それでは、医学はどうであろうか。麻酔科学はいかがであろうか。プログラミング技術と数学・統計学の知識のあるデータサイエンティストがやってきて、ただちに活躍してくれそうだろうか。われわれ麻酔科医が抱えている課題を解決してくれるであろうか。

3 データ、テクノロジー、サイエンス

ここでは、データ、テクノロジー、サイエンスの3つの視点から、周術期医療におけるデータを

どのように取り扱うことができるかを考えていきたい。“データ”の項では、医療を取り巻くデータの変化について、ビッグデータにも触れながらデータの量や性質を中心に概説する。“テクノロジー”の項では、ビッグデータをはじめとする新たな種類のデータを扱う技術の紹介や、データベース解析に必要な考え方について解説する。“サイエンス”の項では、テクノロジーで紹介した市販のハードウェアやソフトウェアとして購入できる枠組みを超えて、コンピュータサイエンスやインフォマティクスといった科学分野において研究されている知見について紹介する。

1) データ

医療に関するデータには、検体検査の結果のような“数値”であったり、心電図に代表される“波形”，放射線画像のような“画像”，さらに画像は、心エコーや内視鏡のような“カラー動画”，あるいは自動麻酔記録のような毎分・毎秒に生成されるバイタル測定値の時系列データもあり、非常に多種多様であることが特徴である。

データ自体は、人類が文字を扱うようになって以来、またはコンピュータが符号を処理できるようになって以来、存在している。ここ数年で変化してきたのは、データの量が増加してきたことと、種類が多様になってきたことである。ビッグデータを論ずる際の“ビッグ”について、データの量として2020年ごろには35-40ゼタバイト(ZB)になるといわれている。ゼタバイトとは、われわれが通常使用するハードディスクの容量単位であるテラバイト(TB)の1,000倍(ペタバイト:PB)の1,000倍(エクサバイト:EB)の1,000倍である。また、ビッグデータを特徴づける4つのVが提示されている。そのVとは、volume(量), variety(種類), velocity(速度), value(価値)である。これまでに扱うことのなかったデータ量と、これまでに扱うことのなかったデータ種を、これまでより短時間でデータ処理できるようになると、これまでになかった価値を生み出せる可能性がある²⁾と解釈できる³⁾。

医療データにおいて量の増加という視点で注目されるのは、カラー動画である。従来から存在する電子カルテシステムには、検体検査結果に代表

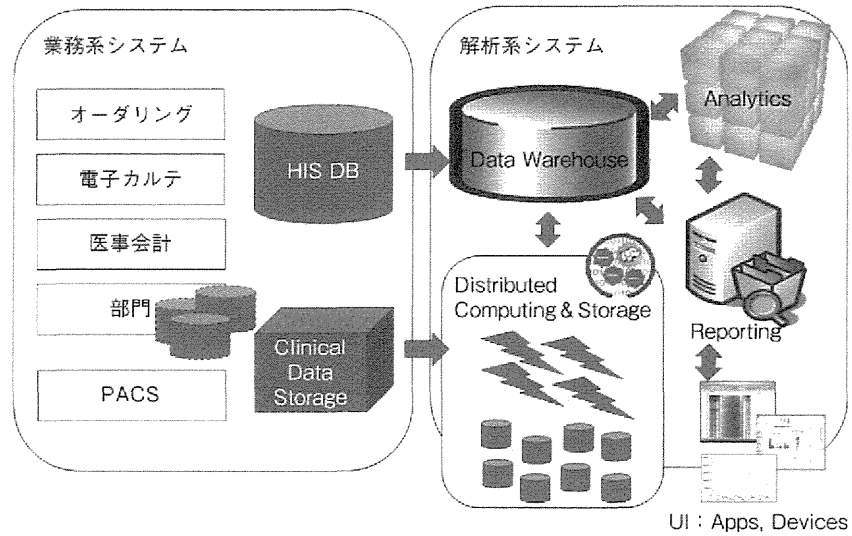


図2 データ処理に適した病院情報システムのアーキテクチャ例

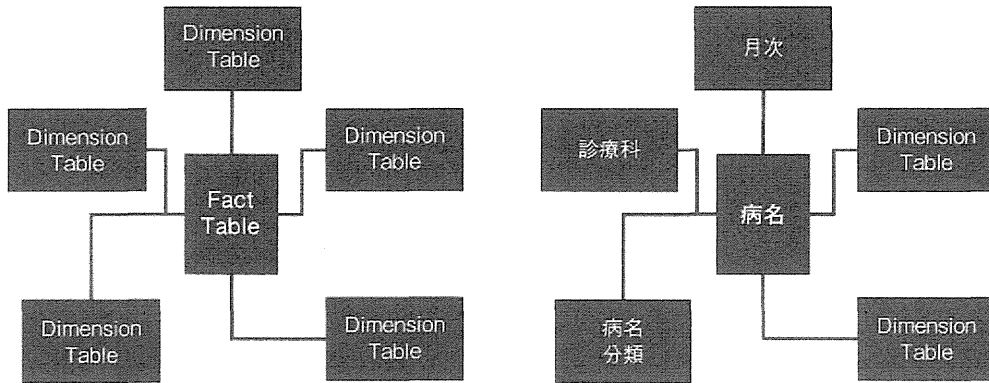


図3 スタースキーマの例

左はスタースキーマの一般的な構造を示す。解析対象となる fact table を中心にして複数の dimension table を関連づけ多次元のデータモデルを表現する。右は、病名データを解析する際のスタースキーマの例である。病名テーブルを中心に、月次、診療科、病名分類といった切り口でデータ解析を可能にする。

される文字や数値のデータが保存されてきた。また、放射線画像の多くは静止画として PACS (picture archiving and communication systems) に保存されてきた。近年は、循環器系検査などに伴うカラーエコー画像や手術映像といった種類の動画が出現し、病院情報システムにおいて他のデータ種と同様に系統的に管理する際に、データ量が課題となってきている。

医療におけるデータの種類の多様化という視点

では、ゲノム関連のデータが挙げられる⁴⁾。これまでの医療では、各種検査によって臓器や組織のレベルでの異常を検出してきた。DNA 配列の測定や遺伝子発現の計測が安価に高速に実施できるようになり、臨床においてもこれらのデータ活用、それに伴うデータ管理の必要性が高まってきている。このようなゲノムデータを活用した医療は、precision medicine と呼ばれ、診療のあり方はもとより、病院情報システムのあり方についても

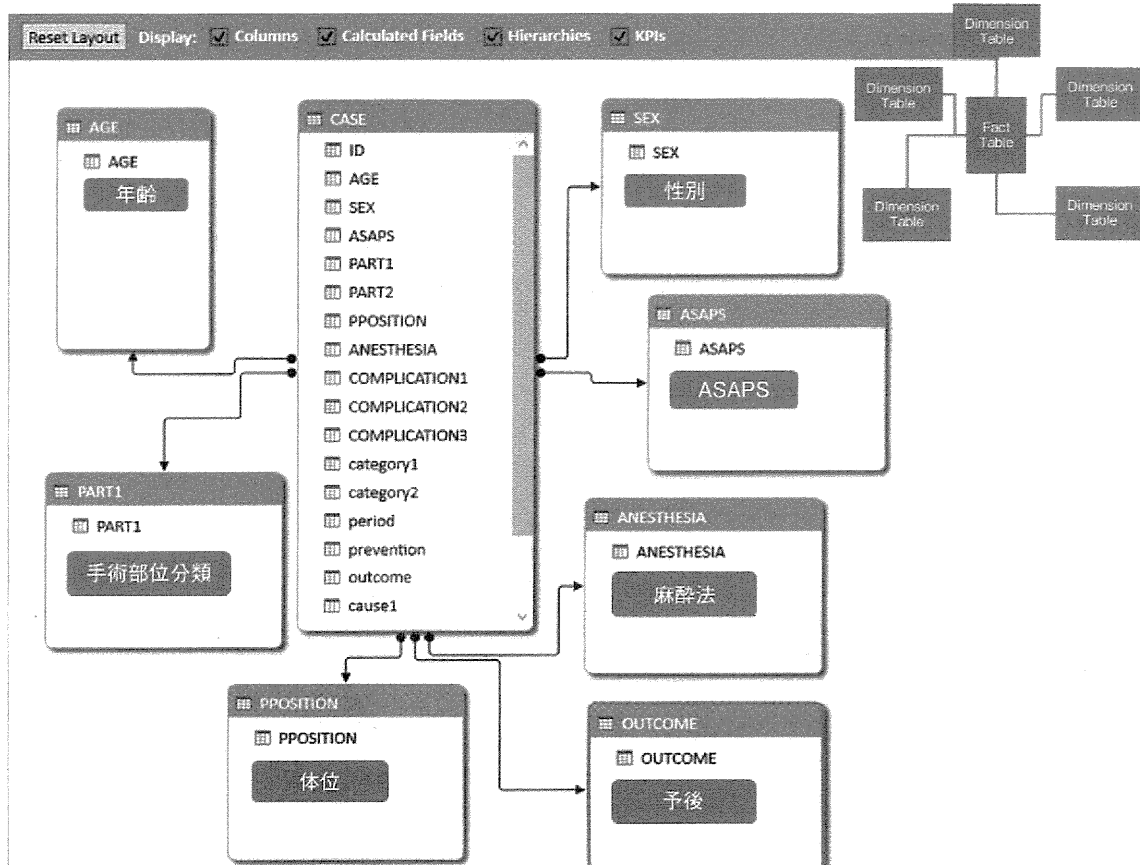


図 4 JSAPIMS データを解析する目的でスタースキーマを構成した例

影響を与えている。

細胞レベルでのデータ活用が可能になる一方で、ライフログのような個人の生活上で発生するデータ、あるいは社会や環境のデータが医療で活用され始めている⁴⁾。このようなデータは、patient-generated health data⁶⁾とも呼ばれ、PHR (personal health records) などの活用とともに consumer ehealth の推進力として期待されている。米国では、medical home、あるいは patient-centered medical home (PCMH) として、さらに周術期医療においては perioperative surgical home⁷⁾ として積極的な取り組みがなされている。

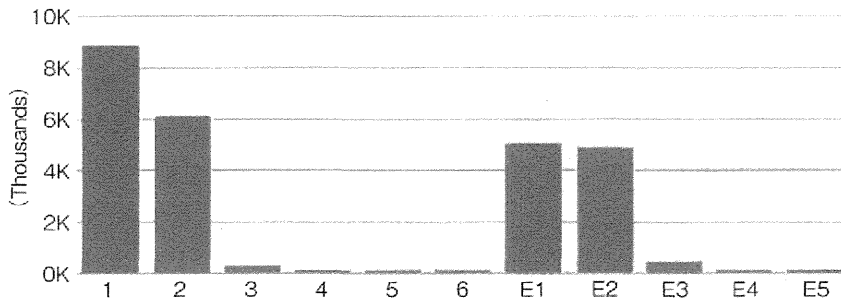
2) テクノロジー

このように量が増加し、種類が多様化する医療のデータをどのように処理すべきか。その方法と手段について議論したい。ここで“テクノロジー”

として紹介する内容は、基本的な機能がハードウェアやソフトウェアの製品として提供されているものである。したがって、どのような製品であるか、どのように使用するかを知ることによって活用の幅が大きく広がるであろう。

電子カルテ、あるいは病院情報システムのデータ分析は、どのようなシステムで実施すべきか。過去には電子カルテシステムのデータベースに保存されているデータに対して、処理プログラムを直接接続させる方式がよいのか、あるいは別途に解析用のデータベースを構築し、その解析用データベースを操作する方式がよいのか、意見が分かれることがあった。今日においては、図2に示すように、業務系システムである電子カルテシステムとは別に、データ処理や解析を目的としたデータベース（データウェアハウス）を構築するのが

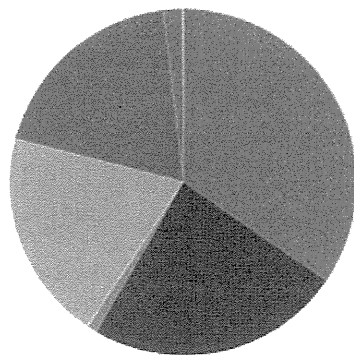
COUNT by ASAPS_



Surgical Proc.

- a Brain
- b Thorax/Mediastinum
- c Cardiovascular
- d Chest/Abdomen
- e Upper Abdomen
- f Lower Abdomen
- g C/S
- h ENT
- k Surface
- m Spine
- n Extremities
- p Exam
- x Others

COUNT by ASAPS_



ASAPS_

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- E1
- E2
- E3
- E4
- E5

AGE CATEGORY

- A 0~1m
- B 1m~1y
- C 1y~5y
- D 5y~18y
- E 18y~65y
- F 65y~85y
- G 85y~

図5 スタースキーマデータベースに BI 製品を適用し ASAPS の分類を可視化した例

主流となっている。

このようなデータ解析を目的として構築したシステムを活用するために、アナリティクス (analytics) という分野が発達してきている。アナリティクスでは、統計学やプログラミングを駆使してデータを加工することにより、意味あるパターンの発見を目指す。また、データ処理により発見したパターンを提示するためにデータの可視化を有効に行う方法や、ツール類も開発されている。特に企業向けに一連の解析技術や製品群は、BI (business intelligence) と称して提供されている。ここでは、アナリティクスで活用されるデータベース技術や BI における可視化技術を通して、周術期データへの適用可能性について検討する。

(a) スタースキーマ (star schema)

リレーショナルデータベースにおいて、一般的

にデータは、項目である“列”と各データを格納する“行”から成る“表”として実装され、複雑なデータは複数の表とそれら表の関係により構築される。電子カルテのデータも例外ではなく、多くのシステムではこのようなりレーショナルデータベースを採用している。リレーショナルデータベースにおいて、表の関係や各表での項目の構造を定義したものをスキーマ (schema) と呼ぶ。スタースキーマ (star schema) は、このようなデータ構造の定義方法の一つであり、特にデータ分析において採用される構造である。図3にスタースキーマの例を示した。図3の左は、スタースキーマの一般的な構造を示している。スタースキーマは、解析対象となる fact table と称する表 (データ) を中心として、複数の解析の切り口として dimension table を準備し fact table に関連づける。

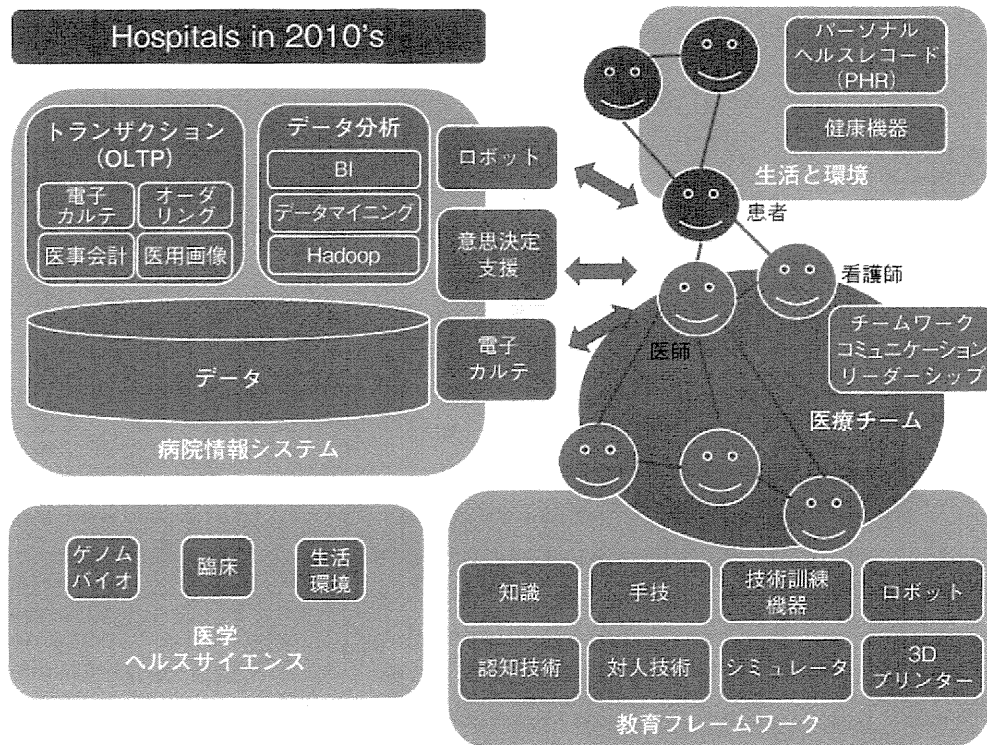


図6 医療現場における病院情報システム、医療チーム、教育フレームワーク、患者の生活と環境の関係についての図示

(澤 智博. 医療におけるビッグデータ活用の最前線. Microsoft. https://www.microsoft.com/ja-jp/business/industry/healthcare/bigdata_wp.aspx より引用)

これにより fact table を中心に多次元のデータ構造を表現することが可能になる。図3の右は、病名データを解析する際のスタースキーマの例を示した。病名データ(表)を中心に据え、“月次”“診療科”“病名分類”といった dimension table を関連づける。これにより、月次の病名の推移、あるいは診療科ごとの病名のリスト、さらには診療科ごとの病名を月次で解析することが可能となる⁸⁾。

(b) JSAPIMS データベースとアナリティクス

JSAPIMS は、日本麻酔科学会における偶発症例調査事業を支援する目的で日本麻酔科学会が独自に製作し配布しているオープンソースソフトウェアである。JSAPIMS においてもデータの管理はリレーショナルデータベースにて実装されている。ここでは、JSAPIMS のデータベースに対しスタースキーマを適用することで偶発症例データを解析し、また BI を適用することでデータを可視

化する可能性を検討する。

JSAPIMS のデータベース構造は、オープンソースであるがゆえに誰しも入手可能である。各症例ごとのデータ項目は、年齢区分、性別、ASAPS、手術部位分類、体位、麻酔法などの症例の属性情報から構成されている(図4)。また、症例ごとに偶発症の有無や転帰に関する項目も存在する。このようなデータの表を“CASE”とする。例えば、“CASE”を、手術部位分類、ASAPS、麻酔法などの切り口で解析したいと考えた場合、“CASE”を fact table とし、解析の切り口である手術部位分類やASA PS を dimension table として fact table に関連づけることでスタースキーマができあがる。このように構成したスタースキーマデータベースの解析結果について BI 製品を適用することでデータを可視化したのが図5である。図5から、特定の手術部位分類に関する ASAPS

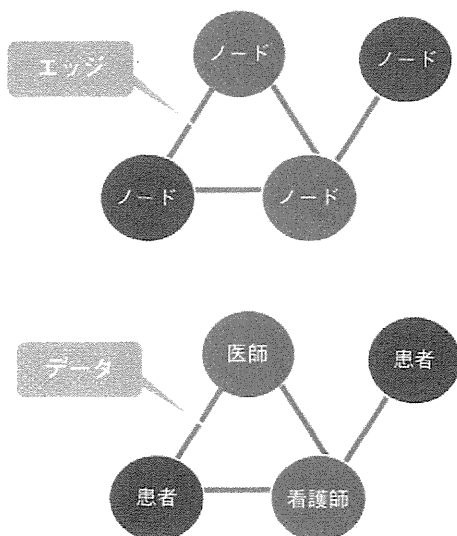


図7 グラフ(上段)とグラフの例(下段)
 グラフは、ノードとそれらを接続するエッジより成る(上段)。オーダリングデータを分析すると、医師、看護師、患者をノードとしたグラフを構築することができる。

の分布が示されている。このようにアナリティクスやBIは、症例登録データベースや電子カルテにおいて構造化されたデータに適用することで解析内容を分かりやすく可視化することが期待されている。

3) サイエンス

図6は、2010年代の医療現場において、病院情報システム、医療チーム、教育フレームワーク、患者の生活と環境について図示したものである⁸⁾。各項目の関係のほかに、左下には医学・医療の知識体系が存在することを示した。医療者は、電子カルテシステムなどを通じて病院情報システムを活用する。医療者の思考や行為は、病院情報システムに記録され、ほかの医療者と共有される。一方で、それぞれの医療者は、医学知識を習得し、医療スキルを磨くために教育が必要である。今日では、個別の学習を支援するため、あるいは効率・効果を向上するためにシミュレーションをはじめとした教育フレームワークが存在する。患者は、その生活や環境において、例えば服薬記録や行動記録を電子的に管理することがあり、その代表がPHR (personal health records) で

ある。また、近年の健康機器は生成したデータをネットワークを介してPHRのようなデータ管理システムに送信することが可能になっている。臨床現場では、このような患者が管理するデータの活用も欠かせなくなっている。

このように医療現場には不可欠になっている病院情報システムであるが、システムをデータ記録装置としてのみ使用するのではなく、医療施設のアクティビティ、つまり活動状況をモニタリングする設備としてとらえることが可能である。例えば、従来の医療施設の統計資料は、先週、先月、去年といった過去に関する平均在院患者数であったり、病床稼働率などの静的で固定的な数値データであった。病院情報システムに記録されるオーダー状況やアクセス状況をリアルタイムに把握することにより、その医療施設の稼働状況を即時に把握することができる可能性がある。これは、麻酔科医が患者の状態を生体モニターを用いて観察し管理するのと同様の考え方で、医療施設の状態を病院情報システムをモニタリング装置に見立てて活用するのである。このような病院情報システムの活用法において、データ解析に役立つのがデータマイニング、特にクラスタリング解析である。クラスタリング解析とは、データを分類する際に用いる解析手法であり、分類に関する事前の情報を必要としない点に特徴がある。未知のデータをクラスタリング解析することで対象データの状況に応じてクラスタリングアルゴリズムが至適な数のグループにデータを分類するのである。筆者は、病院情報システムに毎時入力されるオーダー数、文字数、アクセス数の経時データをクラスタリング解析することにより、医療施設の活動状況について類似の状態、例えば、平日、休日、連休、土曜日、休日明け平日のように分類できることを示した⁹⁾。

病院情報システムのデータ解析において適用が試みられている方法の一つにグラフ理論やネットワーク解析がある。グラフとは、図7に示したように複数のノード間をエッジで結合したものを指す。この考え方を病院情報システムのデータに適用すると、患者、医師、看護師などをノードと見なし、患者と医療者は、オーダー、実施、カルテ

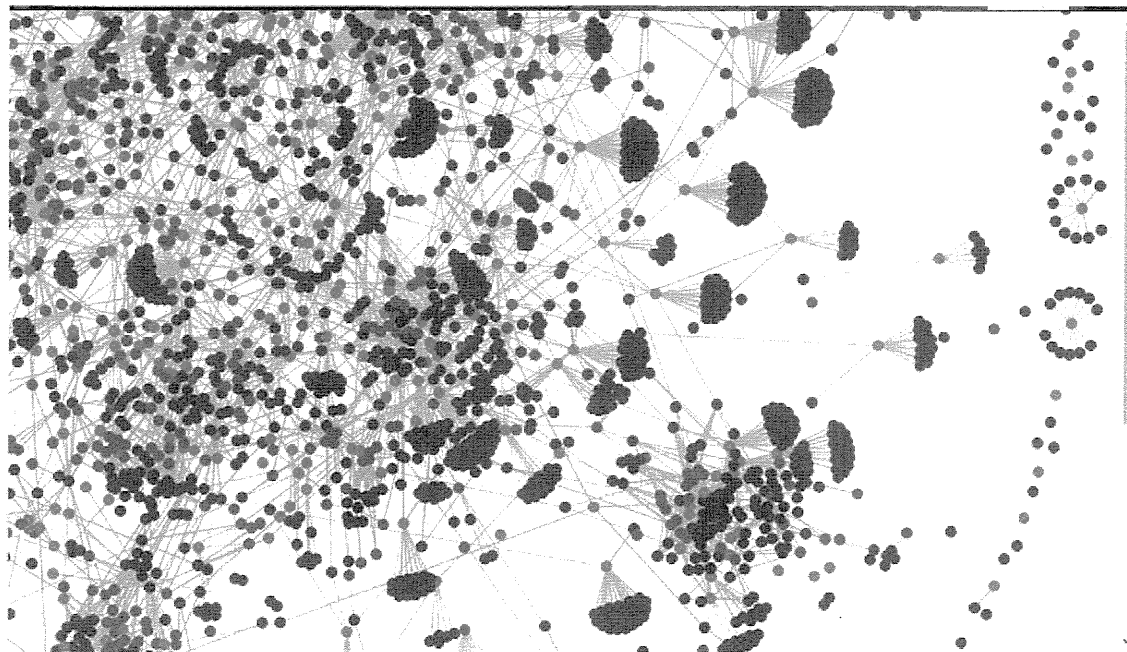


図8 ある一日の患者，医師，看護師のネットワークの状態を可視化したグラフ

記録などのデータというエッジによってつながっていると考えることができる。グラフ理論やネットワーク解析を活用することにより人的ネットワークを可視化し、負荷の集中やネットワークの状態を分析することが可能となる。図8は、ある一日の患者，医師，看護師のネットワークの状態を可視化したものである⁸⁾。

このように情報学分野やコンピュータサイエンスにおける知見を医療データに適用することにより、質の改善や安全管理の方法について従来にはなかった方法を生み出すことができる可能性がある。

■おわりに

本稿では、ビッグデータやデータサイエンスで議論されている事項を踏まえ、周術期医療におけるデータについて解説し、それらデータ処理についてテクノロジーとサイエンスの視点から検討を試みた。医学や医療の課題、あるいは周術期の課題を理解し、解決するのは麻酔科医の重要な役割であり、その手段の一つとしてビッグデータ分野で開発された手法や、データサイエンス分野で活用

されている手法を習得し、課題解決に取り組まれてはいかがであろうか。

引用文献

- 1) Schutt R, O'neil C. Doing data science. Sebastopol, CA, USA : O'Reilly & Associates Inc ; 2013.
- 2) Davenport TH, Patil DJ. Data scientist : the sexiest Job of the 21st century. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2012/10/data-scientist-the-sexiest-job-of-the-21st-century/2012/10>
- 3) 澤 智博. ビッグデータ活用の“特効薬”はあるのか? ITPro. 日経コンピュータ. <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130704/489370/2013/07/09>.
- 4) Sawa T. Leveraging devices, data and discovery for smarter healthcare in Japan. Health Inform Res 2011 ; 17 (3) : 184-9.
- 5) Toward Precision Medicine. Institute of Medicine. Washington, DC, USA : The National Academies Press : 2011.
- 6) Patient-generated health data. HealthIT. gov. <http://www.healthit.gov/policy-researchers->

- implementers/patient-generated-health-data
- 7) Perioperative surgical home. American Society of Anesthesiologists.
<https://www.asahq.org/psh>
- 8) 澤 智博. 医療におけるビッグデータ活用の最前線. Microsoft. https://www.microsoft.com/ja-jp/business/industry/healthcare/bigdata_wp.aspx
- 9) 水谷晃三, 阿部和弘, 桜沢公太, 澤 智博. 電子カルテシステムのアクセス数, 入力文字数, オーダー数を変数とした病院活動指標と可視化. 第 33 回医療情報学連合大会論文集, 2013.
-

IT化で進展する
手術室の動向

手術室へのIT導入における 現況と課題

澤 智博

帝京大学医療情報システム研究センター教授



要旨：手術室は、高度な技術と人材が集積することで機械工学や電子工学の医療応用を牽引してきた。ITにおいても同様の期待が寄せられる。本稿では、「買い物」としてのシステム導入に警鐘を鳴らし、IT化の原点を踏まえて手術室のIT導入とそ

の先のイノベーションについて考察する。

手術室は、病院施設の中でも非常に高額な医療機器が集積し、非常に多様な医療専門職（外科系医師、麻酔科医、看護師、臨床工学士、薬剤師、等）が密に連携して医療を実践する場である。自ずとその空間の単価、使用時間の単価は高額になり、常に効率化が求められる場でもある。

買い物自慢を見直す時期か

また、患者に手術侵襲を加える、あるいは、秒単位で劇的な効果が出現する麻酔薬や血管作動薬を投与するなど、患者への医療内容がダイレクトであるため、その効果も大きい分、不具合が生じた際の影響も大きくなる。そのため医療安全に関する意識が高く、安全対策や教育への取り組みも他の医療分野に先駆け

で行われてきた歴史がある。同時に、最新の医療機器や新たな治療法の開発の場となり、医療界を前進させてきたのも手術室である。

このような華々しい一面を持つ手術室であるが、近年の傾向の1つに「買い物自慢」がある。我が国で最先端の手術支援ロボットを導入した、あるいは、我が国で最も大規模なIT設備を導入した、の類の事例である。「導入」を「購入」に置き換えても文章が成立するところが、買い物自慢を印象付けている。

議論が巻き起こる。高価な技術を不適切に使用することは、がん治療の費用の適正化を妨げる主要原因と考えられている。これは、米国 Institute of Medicine (IOM) でがん治療の適正化を推進する会議である「Appropriate Use of Advanced Technologies for Radiation and Surgery」からの抜粋である。今こそ「買い物自慢」にまつわる課題を冷静に検討する時に来ているのではないだろうか。

手術室は残された楽園か

また、患者に手術侵襲を加える、あるいは、秒単位で劇的な効果が出現する麻酔薬や血管作動薬を投与するなど、患者への医療内容がダイレクトであるため、その効果も大きい分、不具合が生じた際の影響も大きくなる。そのため医療安全に関する意識が高く、安全対策や教育への取り組みも他の医療分野に先駆け

最新の、あるいは、最先端の医療機器や治療方法は、常に過去のものより優れているのか。高額な医療機器やシステムは、安価なものより優れているのか。

「患者も、医師も、その両方が、『最新で最高の』と銘打った新技術を手に入れようと探し求めている。新しい治療のアウトカムを十分に吟味せず、医療費の増大が起こると必ず

手術室は、病院の中でも主に外科医と麻酔科医が仕事場としており、他の領域から見るとブラックボックス的側面がある。もちろん、手術室で働く立場からはそのようなことはないのだが、その専門性ゆえに他領域の医療者からは理解が難しい、あるいは、実感に乏しい面がある。これは、手術室に関連する企業についても同様である。

◆Summary

Why are information technologies expected to improve operating rooms? - Current problems and perspectives
Operation rooms have lead the application and development of mechanical engineering and electric engineering in medicine with the accumulation of advanced technologies and highly skilled healthcare providers. It is expected that information technology is applied in the ORs in the same way. In this article, the author critically discuss the methods of system implementation as "shopping". Innovation in healthcare leveraged by IT is explored by considering the basis of information technology.

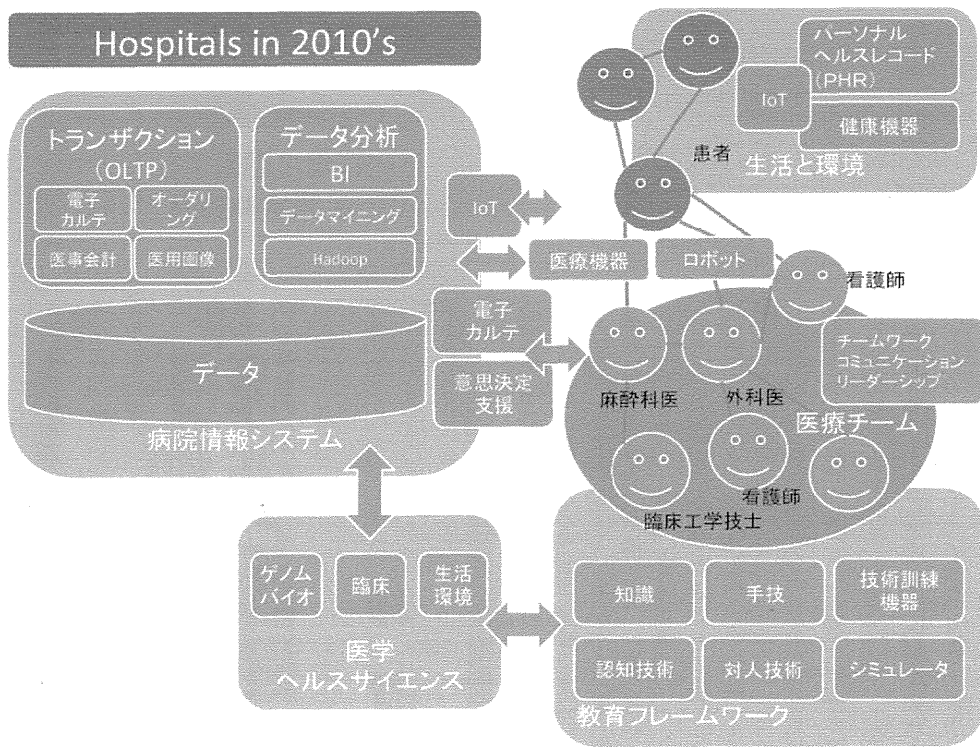


図1 医療施設における患者・医療者・情報システム・医療機器の関係（参照文献3より改変）

手術室関連の企業は、手術室での利用に特化した医療機器の製造・販売を手掛けてきたものが多い。逆に、一般のIT企業にとつては、他の医療領域に比べて手術室は敷居が高いと考えられる。高度な衛生を求められる手術室への入室をとつてみてみてもさうである。

このため手術室でのITソリューションの提供は、自ずと寡占状態になりがちである。必ずしも洗練されたとは言えない情報システムに驚くべき値札が付けられているのに唖然とすることがよくある。購入する医療者の側にも課題があり、適正価格を見極めるには経験が少なく、あるいは、医療機器の購入で経験してきたように、ベンダーのセールスストーリーの後は、カタログと見積書を入手して購入する、という、物品購入の手順を踏んでしまうことが多いのである。

その象徴となる言葉に、「システム一式」がある。病院情報システムでもかつては魔法の呪文であったが、目の肥えたユーザーが増えていく現在では見ることは少なくなってきた。だが、手術室は「システム一式」が通用する、残された楽園でもある。

医療IT化の原点に立ち返ると

「医療情報システムは、適切に設計され、実装され、使用されれば、医療提供の方法を正の方向に変革させる力があると広く信じられている。しかし、システム設計や実装が不適切であれば、既に複雑な医療に対して、さらにもう一層の複雑性を加えることになる。結果として、例えば、画面表示の不備やデータ欠落による、投薬量の誤り、重大な所見の見落とし、治療の遅れ等といった、意図しない有害な結果に至ることになる」——これは、2012年に「Health IT and Patient Safety」というタイトルで刊行されたIOMの報告書にある記述である。

情報システムは、購入しただけではダメであり、望ましい方向に作用させるためには、ワークフローを含めた十分な設計から始まり、継続的な改善が求められるのである。

例えば、血液製剤のバーコードソリューションを考えてみたい。使用予定の血液製剤に貼付されているバーコードを病院情報システムに接続されたリーダーで読み取ると、照合結果が表示される。通常は、照合結果が「○」であるので安心して輸血するのだが、この際に、何と何を照合しているのか考えたことがあるだろうか。

仮に、血液製剤の血液型と電子カルテに保存されている患者の血液型のみをシステムが照合していたとすると、結果は大雑把には「○」であるが（血液型の確認、という意味で）、輸血業務という視点では危険なシステムになってしまう。

「システム一式」を分解する

「システム」とは、必ず複数の要素から構成される。病院情報システムの場合、ハードウェア、ソフトウェア、医療機器類、端末類、その他のデバイス類、等々から成り立っている。「オリジナルのシステムです」という触れ込みの場合でも、「オリジナル」部分はごく一部であったり、市場から調達できる製品を構成する「手法がオリジナル」であることもある。検討対象の「システム一式」は、どのような要素から構成され、何がオリジナルで、どこに優位性があるのか、十分に吟味する必要がある。

例えば、「手術映像システム一式」を考慮してみる。映像システムの場合、映像を生成するカメラ、映像信号を切り替えるスイッチャ、データ通信のネットワーク、それらをコントロールする制御装置、映像信号をデータ化するエンコーダー、映像データファイルの編集ソフトウェア、それら映像データを蓄積管理するストレージ等のサーバ群、等から成る。

一口に「最先端のオリジナル映像システムです」といっても、ハードウェアであるカメラが最先端なのか、エンコーダーが最先端なのか、個別に検討が必要なのである。また、映像システムではデータ容量が大きくなるため、数十TB規模の大型ストレージを準備する傾向にあるが、サイロ化した遊休ストレージは無駄な投資となるため、病院情報システム全体のストレージの視点での検討も工夫の一つになる。

何をIT化するのか

図1は、現代医療で必要とされる要素をデフォルメして描画したものである。手術室において患者との接点は、従来からの外科医、麻酔科医、看護師等の医療者の他に、医療機器やロボットの存在が大きな位置を占めるようになってきた。そして、これら医療機器やロボットは、単独の存在として使用されるのが現状であるが、将来的には情報システムとインターフェイスを持つことが一般的になるであろう。

また、患者についての情報を参照したり、患者に関する記録には、紙よりも情報システ

ムが一般的となりつつあり、特に生体情報システムのような秒単位のデータ出力を正確に短時間で記録するにはコンピュータは不可欠な存在である。

一方で、多くの自動麻酔記録に見られるようなデータを記録するだけのシステムは、その存在は他の手段で代替が可能であり、システムが大きな価値を生み出しているとは言い難い。患者と医療者と手術診療を結び位置関係とワークフローの中で、何をIT化すると最大の価値を生み出す可能性があるのか、という視点が最も重要であろう。

手術室は医療のフロンティア

システム化の方向性が適切であれば、手術室は現在も医療のフロンティア⁴と言える。パルスオキシメーター（酸素飽和度計）や人工心肺装置といった、医療を大きく変革させてきた医療機器は、手術室が発祥であったり、開発の中心舞台であったものも多い。前述したが、医療内容が短時間にダイレクトに患者に影響し、その効果もすぐさま観察できる医療の場として手術室は特殊な領域である。

また、1名の患者に対し密度が高く多数の医療者が接することや、環境の再現性が高い点でも手術室は貴重な存在である。これまで機械工学や電子工学の医療への応用で、手術室はその成功に貢献してきた。情報学分野でも同じような期待が寄せられている。

例えば、生体モニタリングデータのストリーミングデータ解析は、意識はしていないかもしれないが、その処理を担っているのは麻酔科

医である。トレンドの中で異常を検知し適切に介入する、というタスクは、麻酔科医のコアスキルである。これを適切にIT化することができれば、医療分野はもちろん、介護・福祉分野におけるバイタルデータのトレンド解析から介入へのIT化に寄与できる可能性がある。

IoT (Internet of Things)、ビッグデータ、ウェアラブルなどのさまざまな新概念が誕生する情報学領域において、手術室は医療のイノベーションに貢献することが期待されている。それには、単なる「買い物」を終わりにし、自ら考え参加することが第一歩となる。

参考文献

- 1 National Cancer Policy Forum. Appropriate Use of Advanced Technologies for Radiation and Surgery. Institute of Medicine. <http://www.iom.edu/activities/disease/nccp/2015jul20.aspx> (accessed March, 2015)
- 2 Health IT and Patient Safety: Building Safer Systems for Better Care. National Academy of Sciences, 2012. <https://www.micsoft.com/ja-jp/business/industry/healthcare/bigdata.wp.aspx> (accessed March, 2015)
- 3 Zapol WM. Life at the frontier: the third annual John W. Severinghaus lecture on translational science. *Anesthesiology*. 2011 Apr;114(4):771-81.

※ ※

澤 智博 (さわ・ともひろ) ● 68年北海道生まれ。93年札幌医科大学。米国ハーバード大麻酔・集中治療科レジデントを経て、01年に米マサチューセッツ工科大学大学院修了。帝京大医学部麻酔科学講座講師などの後、10年から現職。日本麻酔科学会JSAPIMS周術期情報システム専門部会委員、日本医療情報学会理事。

The Japanese Surgical Reimbursement System Fails to Reflect Resource Utilization

International Journal of Health Services

2015, Vol. 45(4) 801–809

© The Author(s) 2015

Reprints and permissions:

sagepub.com/journalsPermissions.nav

DOI: 10.1177/0020731415585989

joh.sagepub.com



Yoshinori Nakata^{1,2}, Yuichi Watanabe¹,
Hiroshi Otake³, Toshihito Nakamura⁴,
Giichiro Oiso⁵, and Tomohiro Sawa²

Abstract

The goal of this study was to examine the current Japanese surgical payment system from the viewpoint of resource utilization. We collected data from surgical records in Teikyo University's electronic medical record system from April 1 through September 30, 2013. We defined the decision-making unit as a surgeon with the highest academic rank in the surgery. Inputs were defined as: 1) the number of medical doctors who assisted surgery and 2) the time of operation from skin incision to closure. An output was defined as the surgical fee. We calculated each surgeon's efficiency score using the output-oriented Banker-Charnes-Cooper model of data envelopment analysis. We compared the efficiency scores of each surgical specialty using the Kruskal–Wallis and Steel methods. We analyzed 2,825 surgical procedures performed by 103 surgeons. The difference in efficiency scores was significant ($P = 0.0001$). The thoracic surgeons were the most efficient and were more efficient than plastic, obstetric and gynecologic, urologic, otorhinolaryngologic, orthopedic, general, and emergency surgeons ($P < 0.05$). We demonstrated that surgeons' efficiency in operating rooms was significantly different among surgical specialties. This suggests that the Japanese surgical reimbursement scales fails to reflect resource utilization.

¹Teikyo University Graduate School of Public Health, Tokyo, Japan

²Teikyo University Medical Information and System Research Center, Tokyo, Japan

³Department of Anesthesia, Showa University School of Medicine, Tokyo, Japan

⁴Department of Health Policy for Aged Society, Chiba University Hospital, Chiba, Japan

⁵Hamamatsu University School of Medicine, Hamamatsu, Japan

Corresponding Author:

Yoshinori Nakata, Teikyo University Graduate School of Public Health 2-11-1 Kaga, Itabashi-ku, Tokyo 1738605, Japan.

Email: ynakata@med.teikyo-u.ac.jp

Keywords

efficiency, data envelopment analysis, surgical reimbursement system

Japan has maintained a universal health insurance system for more than half a century. Most healthcare providers are reimbursed on a fee-for-service basis according to a fee schedule that sets prices uniformly at the national level. The same fee schedule is enforced for all plans and almost all health care providers.¹ The current fee-for-service reimbursement system does not formally define which cost components are covered by the surgical fee. This lack of detail gives surgeons and physicians the impression that the reimbursement system is unfair. In fact, it is uncertain whether the prices are appropriate or not.²

Data envelopment analysis (DEA) is a measure of efficiency that takes account of multiple inputs and multiple outputs. It can be applied to evaluating outputs while controlling multiple inputs (ie, resources). For example, surgery should be reimbursed at a high rate if it utilizes a large amount of inputs. On the other hand, surgery that utilizes a small amount of inputs should be reimbursed at a low rate. By comparing the efficiency scores that are calculated from DEA, we can evaluate the fairness of the reimbursement scale in terms of resource utilization. Although there has been an attempt to establish a fair surgical reimbursement scale by cost and markup methods,³ there has never been any study that evaluated the Japanese reimbursement system by applying DEA.

It is essential to judge accurately whether the evaluation of surgeons' activity in the published fee scale is appropriate. The purpose of this study is to examine the current surgical reimbursement system in Japan from the viewpoint of resource utilization by using actual data.

Methods

The Teikyo University Institutional Review Board approved our study (TU12-030). Anonymity of the data was strictly maintained by de-identification by the research team.

Data

Teikyo University Hospital is located in metropolitan Tokyo, Japan, serving a population of approximately 1 million. It has 1,152 beds and a surgical volume of approximately 9,000 cases annually. It has 13 surgical specialty departments. We collected data from surgical records in the Teikyo University Hospital electronic medical record system. One of the authors (Y.N.) looked up in person all the surgical procedures performed from April 1 through September 30, 2013, in the main operating rooms of Teikyo University Hospital and extracted the necessary information from the electronic medical record system.

Exclusion criteria for surgery were as follows. First, surgical procedures performed under local anesthesia by surgeons were excluded to equalize resource utilization. Oral, dermatologic, and ophthalmologic surgical procedures were excluded because most of their cases were minor surgeries performed under local anesthesia without anesthesiologists' involvement, and those under general anesthesia do not represent the activity of their surgeons. Second, surgical procedures were excluded if the patients died within one month after surgery, to maintain the quality of surgery. Third, surgical procedures that were not reimbursed under the current surgical payment system were excluded. For example, experimental surgical procedures using the da Vinci Surgical System were not covered by the surgical reimbursement system in 2013 and thus were excluded from our analysis. Fourth, the surgical procedures were excluded if their records were incomplete for any reason.

Analysis Framework

We employed the output-oriented Banker-Charnes-Cooper model of DEA, which was particularly relevant because of its ability to employ multiple inputs and outputs and because it does not require an a priori specification of a function.⁴ In this analysis, we focused on surgeons' activity and clinical decisions. A decision-making unit (DMU) is defined as the entity that is responsible for converting inputs into outputs in DEA.⁵ In this study, we defined the DMU as a surgeon with the highest academic rank who scrubbed in the surgery. All the inputs and outputs are under the control of a DMU. Inputs were defined as: 1) the number of medical doctors who assisted surgery and 2) the time of surgical operation from skin incision to skin closure (surgical time).

The output was defined as the surgical fee for each surgery. These are classified as K000–K915 in the Japanese surgical fee schedule and called "K codes." Each surgical procedure is assigned to a K code that corresponds with surgical fees.⁶ The fee is identical regardless of who performs surgery (ie, a senior surgeon or a surgical trainee, as long as the individual has medical licensure), how many assistants are used, or how long it takes to complete surgery. Additional reimbursements for expensive surgical devices, such as auto-suture devices or imaging navigation devices, were excluded. Other fees for blood transfusion, medications, special insurance medical materials, and anesthesia were also excluded. The monetary values of surgical fees were originally expressed in Japanese yen and were converted to US dollars at \$1 = 100 yen to facilitate understanding by international readers.

We added all the inputs and outputs of the surgical procedures for each DMU during the study period and calculated his/her efficiency scores using DEA-Solver-Pro Software (Saitech, Inc., Tokyo, Japan).⁷ The efficiency scores all lie between 0 and 1, and the most efficient surgeons are given the score of 1. All the surgeons in the sample are given an efficiency score.⁸

All the surgeons analyzed were employees of Teikyo University and salaried according to their rank and experience without any monetary incentives to increase surgical volume or efficiency. They belong to one of the following 10 surgical specialty departments: thoracic surgery, cardiovascular surgery, neurosurgery, obstetrics and gynecology, plastic surgery, orthopedics, general surgery, urology, emergency surgery, or otorhinolaryngology. We compiled their efficiency scores in their surgical specialties and calculated their medians, ranges, and 25–75 percentiles. We excluded from our analysis the surgeons who performed fewer than four cases during the 6-month study period.

Statistical Analysis

We used Excel Statistics 2008 Software (SSRI Co., Ltd., Tokyo, Japan) for our statistical analysis. We compared the efficiency scores of each surgical specialty using the Kruskal–Wallis one-way analysis of variance by ranks. By making the most efficient surgical specialty department as a control group, nonparametric multiple comparison tests were performed using the Steel method. A $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results

We analyzed 2,825 surgical procedures performed by 103 surgeons (DMUs) during the study period. The demographic data of each surgical specialty are shown in Table 1. The average number of medical doctors who assisted surgery was 1.75 per case. The mean surgical time was 147 min/case, and the mean surgical fee per surgery was \$3,676.

The efficiency scores of each surgical specialty are shown in Figure 1. The difference in efficiency scores was statistically significant ($P = 0.0001$). The surgeons at the thoracic surgical department were the most efficient. Three out of four thoracic surgeons were given the efficiency score of 1. Using the Steel method, we conducted multiple comparisons by making thoracic surgeons a control group. The thoracic surgeons were significantly more efficient than plastic ($P = 0.0461$), obstetric and gynecologic ($P = 0.0461$), otorhinolaryngologic ($P = 0.0372$), urologic ($P = 0.0167$), orthopedic ($P = 0.0090$), emergency ($P = 0.0077$), and general surgeons ($P = 0.0060$).

Discussion

We demonstrated that surgeons' efficiency scores in operating rooms vary significantly among surgical specialties. This suggests that the Japanese surgical reimbursement scales could be unfair in terms of resource utilization; surgeries that utilize a large amount of resources are not reimbursed accordingly. This is the first study that evaluated the Japanese surgical reimbursement system

Table 1. Demographic Data.^a

Specialty	Decision-making units	Cases	Assistants/case	Time/case (min)	Fee/case (US Dollars)
Thoracic surgery	4	124	1.37	102	6,828
Cardiovascular surgery	5	215	1.65	249	8,670
Neurosurgery	5	128	1.61	185	7,307
Obstetrics/gynecology	8	338	1.98	103	2,996
Plastic surgery	8	168	1.38	142	2,607
Urology	8	217	1.54	124	2,152
Otorhinolaryngology	9	221	1.21	126	2,551
Orthopedics	22	544	2.11	108	2,631
General surgery	19	497	1.81	211	3,910
Emergency surgery	15	373	1.76	130	2,366
Total and mean	103	2,825	1.75	147	3,676

^aCharacteristics of each surgical specialty. Assistants/case, time/case, and fee/case are expressed in mean.

using DEA. The current system for the reimbursement of surgical fees in Japan is extremely vague, providing only total prices, adjusted to cover costs for each surgery with no explanation of component costs.² This is different from physician fees in the United States, which are reimbursed according to a resource-based relative value scale.⁹ The surgical fees must be for surgeons' activity and their clinical decisions, and the capital investment or other staff cost should be reimbursed separately.

Each surgical specialty contains some heterogeneous surgeons, as can be seen from the wide variation of efficiency scores within the same surgical specialty. For example, a neurosurgeon who performs intravascular procedures and head trauma surgery was 40–50% less efficient than a neurosurgeon who performs only elective open craniotomy. Each surgeon performs only 5–10 types of surgical procedures, and his/her efficiency score depends on the type of surgery in which he/she specializes. It was impossible to categorize the surgeons into their subspecialties because of the small sample sizes. However, on average, thoracic surgeons were more efficient than any other surgeons.

We focused on surgeons' activity and their clinical decisions because they influence the total efficiency of operating rooms more than any other factor; surgeons control most of the human and capital resources. We did not study the total efficiency or capital investments in the operating room (surgical microscope, laparoscopic instruments, etc.). They are not under the control of individual surgeons, and their prices were determined by vendors and hospital administrators. Moreover, during the operating room time, the longest time portion is usually surgery, not induction of anesthesia, prepping and draping,

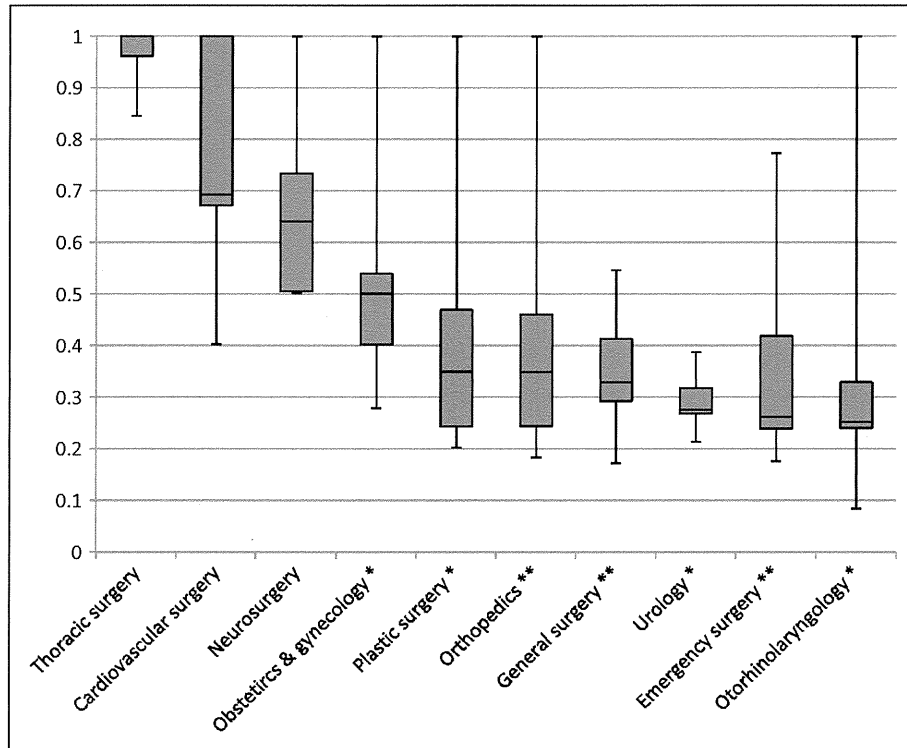


Figure 1. Box-plot of distribution of efficiency scores by surgical specialty. Medians, ranges and 25–75 percentiles are shown.

*Indicates the specialty is significantly different from thoracic surgery ($P < 0.05$).

**Indicates the specialty is significantly different from thoracic surgery ($P < 0.01$).

or turnover time. The cost of 1 min of operating room time varies widely depending on accounting methods.¹⁰ Evaluating surgeons' efficiency is the most critical in diagnosing and improving the total efficiency of operating rooms.

We did not take technical difficulty of surgery into consideration in our analysis. For surgeons' activity and clinical decisions, although surgical time and the number of staff are objective measurements, technical difficulty is not.² The problem of technical difficulty regarding a patient's condition requires an adjustment by patient or patient group, which made inter-specialty comparison impossible. However, the technical difficulty of patients' conditions is not under the control of surgeons. Moreover, the technical difficulty is expected to correlate positively with surgical time because the higher the technical difficulty, the longer the surgery. It is acceptable to eliminate 1 pair of factors that are strongly positively correlated with each other.¹¹

There are some limitations in our study. First, this is a study conducted in a single, large teaching hospital in Tokyo, Japan. Our surgeons may not represent all the surgeons in Japan. However, this is the first study to evaluate the Japanese surgical reimbursement system using actual data by DEA. Second, we evaluated the relative, not absolute, values of efficiency using DEA. These relative values will change as the production possibility frontier changes. From this research, we know that there is an inequity in the Japanese surgical fee schedule, but we do not know whether we should increase surgical fees for less efficient surgeons, or decrease fees for highly efficient surgeons. Third, the medical doctors who assist surgery are usually surgical trainees in teaching hospitals and could be considered an output, not an input. However, we focused on the reimbursement system, not on the postgraduate medical educational system, and expected it appropriate to make assistants an input.

In conclusion, we demonstrated by DEA that the Japanese surgical reimbursement system fails to reflect resource utilization.

Declaration of Conflicting Interests

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The authors disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: This work was supported by Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) KAKENHI Grant No. 25670337 to Dr Yoshinori Nakata.

References

1. Ikegami N, Yoo BK, Hashimoto H, et al. Japanese universal health coverage: evolution, achievements, and challenges. *Lancet*. 2011;378:1106–1114.
2. Hayashida K, Imanaka Y. Inequity in the price of physician activity across surgical procedures. *Health Policy*. 2005;74:24–38.
3. Japanese Joint Committee of Social Insurance by the Multidisciplinary Group of Surgical Associations (GAIHOREN). *Proposal About Surgical Payment System by GAIHOREN*. 8th ed. (Shujutsu Shinryou Houshuu ni kansuru Gaihoren Shian) [in Japanese] 2012:Chapter 1.
4. Farrell MJ. The measurement of productive efficiency. *J R Stat Soc Series A (General)*. 1957;120:253–281.
5. Thanassoulis E, Portela MCS, Despic O. Data envelopment analysis: the mathematical programming approach to efficiency analysis. In: Fried HO, Lovell CAK, Schmidt SS, eds. *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*. New York, NY: Oxford University Press; 2008:251–420.
6. Social Insurance Institute (Shakaihoken Kenkyusho). *Interpretation of Medical Reimbursement Scales, April 2012 (Ikatensuhyou no Kaishaku)* [in Japanese] 2012:622–780.