医療におけるOR

開原成允

1. はじめに

医療におけるオペレーションズ・リサーチの応用の必要性が叫ばれるようになったのは，日本では比較的新しいことである．その声は少しずつ滲透はしているものの，まだ医療の世界では決して大きな声になっていないし，日本においてはオペレーションズ・リサーチが医療の世界で有効に利用された例はまれである．これに比べ，外国においては地味ではあるが，すでに20年以上にわたる長い実績をもっているところもある．

本稿においては，医療におけるオペレーションズ・リサーチの必要性や困難性を，日本の医療環境を想定しつつ考察してみたい．これまで行なわれた研究のすべてを review することは紙数の関係で不可能であるし，また筆者の力の及ぶところでもない．その意味ではこれは1つの不完全な私見にすぎないものであるが，末尾の文献を参照しつつ読むことによりこれまでの医療におけるオペレーションズ・リサーチの傾向が少しでも明らかになれば筆者の幸とするところである．

2. なぜオペレーションズ・リサーチが必要か

最近医療の世界で，オペレーションズ・リサーチが興味をもたれるようになった背景はなんであろうか．

オペレーションズ・リサーチの考え方を偶然知った「医療」がこれを応用してみようと考えるようになったのか，または，なんらかの必然性があったのだろうか．答は当然のことながら必然性があって興味をもたれてきたと考えられる．その理由は，最近の医療における「計画性」の概念の普及である．

戦前には，医療は計画的に提供されるものとはほとんど考えられていなかった．医療は医師と患者の任意の個人的関係によって実施されるものであった．なんらかの計画的なアプローチがあったのは一般国民に大きな被害を与える可能性のある伝染病のような疾患の対策に対してのみであった．

しかし，戦後は医療への一般の考え方は大きく変わった．「医療」を受けるのは国民の権利であり，それを提供するのは国または地方自治体の責務と考えられるに至り，これを達成するためには計画的に医療を行なう必要が生じた．しかし，医療は経済，社会，科学技術等が，総合化された複雑なシステムであるから，この解決のためには interdisciplinary なシステムズ・アプローチが注目されるのは当然のことであったのである．

医療におけるオペレーションズ・リサーチは以

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

上のような背景をもっているから，その研究内容や手法はそれぞれの国の医療制度に影響される面も大きい．事実，イギリスのように医療がいわば国営化されている国においては，国または地方レベルでの医療計画が最も大きな関心事であった．

これに対し，米国においては，医療も原則的には price mechanism に支配されているので，病院の経営という立場から，病院のオペレーションズ・リサーチが最も中心的な研究課題であった．

こうした中で，日本の医療におけるオペレーションズ・リサーチが，なにをめざして行なわれるべきかは大きな問題である．こうした点は，第4節において再び論ずる予定であるが，医療の世界は目的関数をなににするかが明確に定め難いことが時に見られるので，よく注意しなければならない点と思われる．

なお，オペレーションズ・リサーチの概念の取り方によっては，こうした医療計画の領域外にもいくつかの研究領域が考えられる．こうした分野については，次節で述べることにする．

3. 医療におけるオペレーションズ・リサーチ

本節ではこれまでに医療に関係して行なわれたオペレーションズ・リサーチにはどのようなものがあるかを概説してみたい．オペレーションズ・リサーチを眺める時，方法論的に分類して眺めることも可能であるし，また対象別に分類して眺めることもできる．ここでは，医療の応用分野別に分類してみていくことにする．

i) 病院

病院はそれ自体でほぼ完結した医療供給の単位であるとともに，医療の中に含まれるほとんどすべての要素と問題を含んでいる．また「manageable」という意味でも最適の単位であり，ここにオペレーションズ・リサーチの研究が集中して行なわれたことも充分うなずけるものがある．

病院には，機能的に他の領域と対比しうる部分と病院独特の機能と考えられる部分とがある．前者に属するのは，たとえば，薬局，給食室，中央材料室等であり，これに対し，患者の予約，特殊医療部門のスケジューリング，看護婦業務のローテーション，医療の質の評価および管理等は後者に属する．

前者の問題に関しては，他の分野の研究がそのまま利用できるため，多くの研究が進み最近の病院への電算機の導入と相俟ってその成果が実用化されている場合も多くみられる．特に薬剤や中央材料部の在庫管理等はその例である．

患者のスケジューリングは外来においては待ち行列理論を使った研究が1940年代から行なわれており[2]，それに伴って予約制の導入等が検討されている例もある．しかし，これが実際に応用されて成果を収め得るか否かは必ずしも疑問であり，これは後述するさまざまの困難な要因に対する認識の甘さが原因している．本特集における，古川教授の論文も，この領域に属する研究の好例である．

Staffing に関しては，特に nurse に関連した米国の研究が多い．nurse は多くの特殊な技術をもった専門職であり，多くの nurse をそれぞれ専門にあった場でその特殊技能を生かせる形で働くように assign することは，大変複雑な問題を提供する．こうした問題に対し，mixed integer quadratic programming の問題として解を求めた例や linear programming の手法を用いた研究等も見られるが[3)~5)]，実際の適応は，必ずしもその解のとおりにはいかない場合も多い．

入退院および占床率も，特に米国において多く

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

研究されている．これは米国の病院が cost/effectivenessをいちじるしく重視する環境にあることにもよる．この問題は，入院という現象がその性格上，必ずしもすべて schedule し得えないということに発生する．病気には必ず救急の疾患があり，これに対処し得ぬ病院は，機能的に片手落ちとなる．

しかし，常に救急患者を想定してベッドを空けておくことは，施設の有効な利用という観点からは無駄が多い．また，入院にはある程度 schedule 可能な入院もある．こうしたことを考慮したうえで，どのような方針でベッドを管理するのがよいかを考えようというのが，この問題である．古くは Newell, Baily の研究，Fetter and Thompson のモデル[6]，Kolesar の研究[7] 等があるので，詳細はそれぞれの論文を参照されたい．

支払制度　これは米国特有の問題であるが，米国においては，多種多様の医療保険制度が併立しており，そのどれを医療機関が採用するかは医療機関の自由意志にまかされている場合もある．したがって，どのような保険制度を採用すると病院にどのような影響を与えるかがオペレーションズ・リサーチの1つの課題になっている[8]．

病院モデル　上記の研究のほとんどはすべてなんらかのモデルを想定して問題の解決を行なっているわけであるが，病院全体を1つの Simulation Modelとして表現しようとする研究もこれまで多く行なわれた．

この中で有名なものは Fetter and Thompson の Model[6]，Baligh and Langhlam の LP Model[9]，Nasta, Beddow and Shapiro の input output Model[10] 等々数多くのものがあるが，紙数の都合で詳細は原著を参照されたい．

最近では，これらを病院の将来計画に実用化しようとの動きもあり，モデル作成用の簡単なコンピュータ言語の開発とも相俟って米国で実用化されているものもでてきている．たとえば，Battelle North West が提唱している PLANTRAN という言語による Hospital Model は病院の将来予測が非常に簡単な言語で記述できる点では説得力があり，かなり受け入れられている．

以上，病院におけるオペレーションズ・リサーチの概要を記したが，これらは米国の研究が主流であり，それは最初述べた米国の医療環境によるものである．したがって米国の研究は日本にあてはまらないと考えるべきであり，日本の病院におけるオペレーションズ・リサーチはむしろこれからの課題と考えられよう．

ii)　地域医療計画

最近の医療に対する考え方は，1つの地域を単位として計画をたてる方向に向かっている．患者の側からみれば医療は決して病院の中で閉じたものではないから，これは当然の方向といえよう[11]．

しかし，実際問題となると，地域は病院よりもさらに1桁上の複雑さがあり，研究は容易ではない．したがって，その中の比較的純粋な1つのテーマをとり出して解決案を提示するという場合がこれまでの研究のほとんどである．

本特集の佐々木論文のように救急車の配置を取り扱った研究，診療所の配置の研究，交通機関と診療圏からアプローチした研究，特殊医療と一般医療の分化の問題等さまざまである．

こうした地域医療計画を最も実用化の域まで進めているのは英国である．たとえば，Naffield Provincial Hospital Trust の例は有名である[12]．

iii)　National Planning

医療を国として計画実施していくことも上記と同様に最近は重要な研究課題になっている．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

しかし，ここでの大きな問題点は，なにを目的として，医療計画を立案すればよいかという点が明確にされていなかったことである．したがって，結論も不明確なものとなりやすい．

しかし，最近では，Vienna 郊外の Laxenburg に居をおく，国際応用システム研究所（International Institute of Applied Systems Analysis -IIASA)においても，こうした問題は関心をもたれており，Biomedical project の中でマクロレベルの Health Care Model を作っていこうという試みも提唱されている[13]．

また，ソ連，カナダ，オーストリア等においてもかかる試みがみられる．

iv） 集団検診

集団検診は，集団に対して一定期間内に能率よく検診を行なわなければならないという点において，医療の中では，他と異なった側面をもっている．また，この集団検診のもつ要請は，オペレーションズ・リサーチの研究テーマとしてもよく適合している．

最も典型的な研究は，待ち行列を利用した resource allocation の研究であるが，最近は，こうした研究から一歩進めて，もっと本質的に集団検診そのものの医学的な評価を行なおうとする研究もみられるようになった．

本特集の福富氏の研究はこうした方向でのすぐれた研究といえる．今後医療におけるオペレーションズ・リサーチはこのように医学の本質に迫るような課題を積極的に取り込むことによってユニークな領域が開けてくるものと思われる．

v） Medical decision making

医療担当者は，多くの場面で意思決定を迫られる．これは診断，検査の決定，治療方針の決定，予後の判定，治療効果の判定等々である．こうした意思決定のプロセスも，1つのオペレーションズ・リサーチの重要な領域と考えるならば，ここにも実り豊かな対象が存在し，事実多くの研究がこのプロセスに対して行なわれてきた．

こうしたMedical decision making の問題は，計量診断，治療学という1つの体系を形作るまでになっていることは，よく知られている．また，こうした領域に対しては，すでに成書[14]も存在するので，ここでは特に述べることはしない．

vi） 医学研究

モデルの手法の応用という観点からオペレーションズ・リサーチをとらえるならば，モデリング手法は医学研究にも多く用いられ成功を収めている．

それは，生理学的な生体のモデル[15]から，1つの疾患の地域内の流行を扱う疫学モデルまで，多岐にわたっている．また，最近では，ある種の疾患，特に内分泌疾患を制御論的な立場のモデルによって解析する試みも成功を収めている．こうしたものは，それぞれが手法的に医学的にも興味があるものであるが，本来の意味でのオペレーションズ・リサーチとはややはなれるので，それぞれ原著を参照されたい．

vii） 医療情報システム[16]

オペレーションズ・リサーチの実際への応用という観点から，医療情報システムの普及はOR研究者にとっても関心のあるところであろう．

現在，その速度は必ずしも速くないが，医療機関にもコンピュータシステムが少しずつ普及しつつある．

こうしたシステムは医療機関の中における定量的なデータの扱いを助け，オペレーションズ・リサーチに必要なデータを提供するうえで重要な役割をになうことになるものと思われる．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

4. 医療におけるオペレーションズ・リサーチの困難性

前節で，医療におけるオペレーションズ・リサーチを概観したが，こうした研究は，研究としている間は問題ないが，implementとしては決して容易なものではない．これは特に日本においていちじるしいものと思われる．

これは，これまでもこうした領域の研究者によって幾度も指摘されているが，たとえば，Stimson and Stimson の Operations Research in Hospitals という本[1]から，その困難であるとしている項目を列挙してみると

Omission of Some Problems Deemed Important by Administrators

Tendency to View the Hospital as a Separable System

Tendency to View the Hospital as a Mechanistic System

Omission of the Medical Staff from Hospital Studies

Omission of the Patient from Hospital Studies

Failure to Foresee Dysfunctional Consequences of Introducing Computer-Based Technology in the Hospital

Failure to Assess the Complexities Involved in Applying Computer-Based Technology in the Hospital

Lack of Attention to Model Building and to the Way Data for Models Are Generated

Omission of Variables That Are Difficult to Quantify

Influence of the Academic Setting on University-Based Operations Research in Hospitals

Failure to Include Detailed Information on the Costs and Benefits of Proposed Changes

Failure to Recognize Limitations on the Power of the Administrator

Neglect of the Literature on Implementation

等である．

これは，すべて日本にもあてはまると思われるが日本で特に問題と思われることは，医療における management の目標と概念がまだ確立していないことによるように思われる．日本の公的医療機関が，米国のように利潤を第一義として運営されていないことは明らかであるが，それではなにを目標として運営されているかということは必ずしも明確ではない．患者によりよい医療を提供することが目標であるとしてもできるだけ多くの患者に医療を提供するのか少数の患者に対してできるだけ高度の医療を提供するのかが明確でない場合もある．また仮にこれらが明確になったとしても，日本の医療機関は，自ら種々の因子を control していく権限が与えられている場合は少なく，実際上現状を変更することが不可能な場合も多い．

わずかに，新しい医療機関を作ったり，配置したりする場合に比較的純粋に，オペレーションズ・リサーチの結果を利用することが可能なのが現状のように思われる．

医療におけるオペレーションズ・リサーチは，医療側からみれば，いかにしてよりよい医療を提供するかという方法を研究する Health Services Research の一環であると考えられる．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

日本においては，この Health Services Research の育成が今後の最も重要な課題であり，この発展がなければ，オペレーションズ・リサーチは医療の世界では単に方法論の遊びに終わるおそれがあるように思う．

参考文献

1) D. H. Stimson and R. H. Stimson : *Operation research in hospitals. diagnosis and prognosis*, Hospital Research and Educational Trust 1972 (Chicago)

2) N. T. J. Bailey : *A study of queues and appointment systems in hospital out=patient departments with special reference to waiting times*, J. Roy. Statist. Soc. B-14 : 185, 1952

3) C. D. Flagle, W. H. Huggins and R. H. Roy : *Operations research and systems engineering*, Johns Hopkins Press (Baltimore), 1960

4) R. J. Connor, et al. : *Effective use of nursing resources*, A Research Report Hospitals 35 : (May 1), 30, 1961

5) J. P. Young and H. Wolfe : *Staffing the nursing unit*, Nursing Research 14 : 236, 1965.

6) R. B. Fetter and J. B. Thompson : *The simulation of hospital systems*, Operations Research 13 : 689, 1965

7) P. Kolesar : *A markovian model for hospital admisssion scheduling*, Management Science 16 : 384, 1970

8) J. P. Newhouse : *Toward a theory of nonprofit institutions : an economic model of a hospital*, Amer. Economic Review 60 : 64, 1970

9) H. H. Baligh and D. J. Laughhumm : *An economic and linear model of the hospital*, Health Services Research 4 : 293, 1969

10) M. D. Nasta, J. K. Beddow and R. A. Shapiro : *A deterministic input output model to fascilitate management of a hospital system*, J. of the Operations Research Society of Japan 15 : 19, 1972

11) A. Sheldon, F. Baker and C. P. McLaughlin : *Systems and Medical Care*, MIT Press (Cambridge) 1970

12) Nuffield Provincial Hospitals Trust : *Studies in the functions and design of hospitals*, Oxford University Press (London), 1962

13) N. T. J. Bailey and M. Thompson : *Systems aspects of health planning*, North Holland Publishing Co. (Amsterdam), 1975

14) 高橋晄正編：「計量診断学」東京大学出版会 1971

15) W. B. Blesser (池田謙一訳) : *A systems approach to biomedicine* 東京大学出版会 1975

16) 開原成允：「医療における情報処理」情報処理 16 : 101, 1975

執筆者紹介

かいはら・しげこと　東京大学医学部付属病院電算機企画室

論文誌投稿論文の採択状況〔英文論文〕

50. 12. 20 現在

次の6篇を含む論文11篇が採択されており，この他22篇が審査中または訂正依頼中です．

Two-Machine Scheduling under Required Precedence and Jobs : Tadashi Kurisu

Transient Behaviour of the Mean Waiting Time and its Exact Forms in M/M/1 : Masao Mori

Traffic Queue Caused by a Single Interruption : Takayoshi Ohmi

An Algorithm for Finding an Optimal "Independent Assignment" : Masao Iri, Nobuaki Tomizawa

An Optimizing Method in System Reliability with Failure-Modes by Implicit Enumeration Algorithm : Mitsuo Gen

An Assignment Problem on a Network : Toshihide Ibaraki, Hiroaki Ishi, Hisashi Mine

採択ずみの論文はきたる2月と5月に発行される予定の Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol. 19, No. 1, 2 に掲載される予定です．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．