

先駆的高度医療機器の評価に関する研究（その2）

シミュレーション分析

01404420	東京大学	*並木 誠	NAMIKI Makoto
01302170	政策研究大学院大学	刀根 薫	TONE Kaoru
01002750	政策研究大学院大学	大山達雄	OYAMA Tatsuo
	国立がんセンター研究所	石川光一	ISHIKAWA Koichi
	医療経済研究機構	竹本智明	TAKEMOTO Tomoharu

1 はじめに

高度医療機器の配置に関する評価を、より詳細に現象を再現して観察するため、シミュレーションを行い分析する。患者の発生、移動状況、機器の利用状況の統計的な推定、また、それらのパラメータを利用したシミュレーションによって、患者の待ち行列の時系列的現象的な変化を調査し、高度医療機器の評価分析を別の側面から補完するのがこの研究の目的である。具体的に対象となる高度医療機器は、磁気共鳴画像診断処理装置（以下MRIと略す）である。MRIを必要とした患者がある地域で発生したとき、処理能力の高い隣接の地域への患者の移動はどのようになるのか、また、処理能力の低い地域にMRIを増設した場合患者の動きはどうなるのか、処理能力を上げるためにMRIを増設する場合どのような点に注意したらよいのか、等を（その1）の数理計画モデルによる分析や（その3）の効率性分析とは別の角度から、実際に得られたデータをもとにシミュレーションを行い解析する。

一般に高度医療機器MRIは高価なものであり（一台あたり数億円）、試験的に設置してみるというようなことが困難である。そのような意味でもこの研究の価値は高いものと考えられる。

コンピュータ上で実際にシミュレーションを行うわけであるが、使用するシミュレーション言語は、Pritzker CorporationのVisualSLAM [2]という言語である。Visual SLAM上では通常、シミュレーションの対象となるシステムはネットワークモデルとしてあらわされる。

シミュレーションの対象となるモデル地域として埼玉県及び埼玉県内の2次保健医療圏である中央地区を選んだ。表1や表2に示すように、埼玉県は9

つの2次医療圏からなり、中央地区は14の市町村（1次保健医療圏）からなっている。

表1: 埼玉県2次保健医療圏

2次保健医療圏名	東部	西部第一	比企	児玉	利根
	中央	西部第二	秩父	大里	

表2: 中央地区内の1次保健医療圏

1次保健医療圏名	川口市	浦和市	大宮市	鴻巣市
	上尾市	与野市	蕨市	戸田市
	鳩ヶ谷市	桶川市	北本市	伊奈市
	吹上町	川里村		

2 ネットワークモデルのパラメータの推定

この節では、埼玉県の2次保健医療圏及び中央地区をネットワークモデル化するために、各種パラメータを統計データ「医療施設（静態・動態）調査・病院報告（平成5年）」[1]に基づいて推定する。発表では詳しく述べるが、ここでは結果のみを表に示してあらわしておく。

まず、推定しなければならないパラメータは次の3つである。

- MRIの処理能力
- 患者の発生率
- 患者の医療圏間の移動率

MRIの処理能力に関しては表3のような結果を得た。続いて、患者の発生率については、患者の移動の医療圏間の移動も考慮した考察の結果のみを表4に示す。この節の最後に埼玉県2次保健医療圏間の患者の流出入に関する結果を表5に示す。

表 3: MRI 処理能力

全国平均	埼玉県平均	全国回帰分析	北海道・群馬・東京を 除く回帰分析
43.1人/週	45.2人/週	46.7人/週	39.9人/週

表 4: 患者の発生率

全国平均	低移動率 21 都道府県 回帰分析	低移動率 21 都道府県 回帰分析 (北海道を除く)	高移動率 26 都道府県 回帰分析
0.53人/ (1週1,000人)	0.65人/ (1週1,000人)	0.50人/ (1週1,000人)	0.52人/ (1週1,000人)

表 5: 患者の発生率

2次医療圏名	流出率 (発生患者に 対する割合)	流入比 (流入患者に 対する割合)
東部	25.5%	10.0%
中央	22.0%	36.0%
西部第一	23.2%	30.0%
西部第二	25.6%	4.0%
比企	29.2%	6.0%
秩父	20.8%	2.0%
児玉	38.1%	2.0%
大里	23.8%	4.0%
利根	35.0%	6.9%
全体	***	159(人/週)

3 埼玉県 2 次保健医療圏及び中央地区の ネットワークモデル化

この節では、埼玉県 2 次保健医療圏の MRI シミュレーションを行う。まず、第一段階として前節で求めたパラメータをもとに Visual SLAM によりプログラミングを行い、各医療圏の待ち行列が時間とともにどのように変化していくのかを観察した。その結果、2 次保健医療圏比企地区を除き、患者の待ち行列が線形に変化し、やがて発散するであろう傾向にあることがわかった。実際の医療の現場ではこのように待ち行列が発散するような可能性は極めて少ないと考えられるので、モデルが現実を反映していないと考えられる。何らかのモデルの改善が必要である。

そこで、患者の流出入に関して次のような患者による意思決定（或いは医師の合理的な判断）による医療機関の選択メカニズムを導入する必要があると考える。つまり、ある医療圏での患者の待ち行列の長さが一定の範囲を超えた場合、高確率で他の都道府県の医療機関に流出していくという次のようなメカニズムを導入する。

発生した各患者は個々に待ち時間の上限というものを与えられる。要するに、「これ以上は MRI 診療を待つことが出来ない」という時間である。さらに、待ち時間の上限には個人差があるだろうから、発生した患者についての待ち時間の上限は以下のような分布をとると仮定する。

- 発生患者の 10% が 1 日—1 週間まで待てる人
- 発生患者の 40% が 1 週間—4 週間まで待てる人

- 発生患者の 40% が 4 週間—8 週間まで待てる人
- 発生患者の 5% が 8 週間—12 週間まで待てる人
- 発生患者の 5% が 1 2 週間以上待てる人

この割合や区間の区分についての客観的な根拠はない。裏付けるデータがないからである。実際はどうなっているのか、患者や医師への意識調査などを行ってある程度類推できる形にしたいところだ。このような患者の移動に制限を加えることによって医療圏の患者の待ち行列の発散を防ぐことができる。さらにシミュレーションを続け、MRI が不足している医療圏の特定や、不足している医療圏への増設シミュレーションを（その 1）の最適化モデル分析等をもとに行っている。結果は発表で示す。

4 今後の課題

今後の課題と称して、今後このような高度医療機器配置に関する研究がどのようになされていくべきか、いくつか箇条書きで提言をしている。ここでは省略するが発表で示す。

参考文献

- [1] “医療施設（静態・動態）調査・病院報告”，厚生省大臣官房統計情報部編集，1993.
- [2] “Visual SLAM によるシステムシミュレーション”，森戸晋，相澤りえ子，貝原俊也著，構造計画研究所発行，共立出版発売，1998.