

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870174

研究課題名(和文) ABMを用いた医師分布に関するGISシミュレーションと必要医師数予測

研究課題名(英文) ABM using GIS of Physician distribution for physician supply estimation

研究代表者

豊川 智之 (Toyokawa, Satoshi)

東京大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：40345046

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、医師の行動特性に着目したAgent Based Modelingによるシミュレーションモデルを構築し、将来必要医師数の推定を試みた。北海道の現状のデータを用いた観察研究より北海道出身者で強い関連がみられた。県内出身者と県外出身者とわけて、それぞれの医師(診療所)対人口の観察値を設定した。感度分析として県内出身者の割合について0%、10%、20%、50%、とした感度分析を行い、Gini係数および診療所対人口ではわずかな改善が見られなかった。以上の結果から地元枠の拡大など、県内出身者の採用はマクロ的な指標においては大きな改善を得られないことが予想された。

研究成果の概要(英文)：The study build a simulation model using agent based modeling (ABM) according to physician behavior owing their clinic to contribute the estimation of physician supply. Our observational study in Hokkaido, the most northern part of Japan, indicated the physician who born in the prefecture work more in place where few people live than ones come from other prefecture. We built the simulation of physician and clinic distribution of Hokkaido. We simulate their distribution under the different proportion for the sensitivity analysis of the birth place of medical students. There were small differences in Gini coefficients and Population per physician of the results from the sensitivity analysis (0%, 10%, 20%, 50%). This simulation study showed the health policy for physician supply according to the birthplace in the entrance examinations to the medical school has limited improvement.

研究分野：公衆衛生学

キーワード：公衆衛生学 保健医療政策学 医師供給

1. 研究開始当初の背景

従来の必要医師数推定は回帰モデルを基本として将来予測をおこなう。そのためその予測は現在の状態からの線形的な予測に限定されてしまう。しかし少子高齢化をはじめ、都市への人口移動といった人口学的要因や、診療科選択、診療所開設地の選択、これらに影響を与える既存の医師・診療所分布による制限は、経験のない大きな社会変化であり、線形的な予測を行うには不利な条件である。

2. 研究の目的

本研究は、医師の行動特性に着目した Agent Based Modeling (ABM) によるシミュレーションモデルを構築し、将来必要医師数の推定を試みた。現在の医師分布や、あるいは仮想的な医療政策的要因を設定することにより引き起こされる医師分布の変化をシミュレーションを用いて評価することで、医科及び歯科医師の将来の必要需給数に関する保健医療政策的研究を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究で採用した ABM は、複雑系のシミュレーションのひとつである。本研究を遂行するにあたりまず、1) 文献学的研究：Geographic Information System (GIS) データベースを用いた ABM によるシミュレーションについて文献レビューを行った。また、2) 医師の行動特性として用いる診療所設置の判断基準について明らかにした。次に 3) ABM シミュレーションの基本モデルを作成した。この基本モデルの作成には、GIS との連携可能なオブジェクト指向型プログラミング Java を用いた。3) を発展させ、4) GIS 上の ABM を作成し、5) 医師の行動特性に関する探索的研究として地理

情報の収集をおこなった。GIS 上の地理情報データのためのメッシュデータを収集または作成した。各医師の分布や診療科、性、年齢などのデータについては公開されている市販のメッシュデータを用いた。最後に 6) 現在医師及び人口分布情報に基づいた地理的分布の将来予測と保健医療政策的提言を行った。

4. 研究成果

1) 文献学的調査

ABM は複雑系のシミュレーションのひとつであり、多数の自律的に行動する個体（エージェント）から構成されるシステムである。ABM は個人の行為を明示的に扱うことができる特徴があり、ABM は、1) エージェントが活動する環境、2) エージェントの目的や意思決定過程を含むエージェント自身、3) エージェントの行為とエージェント間の相互作用という 3 要素で特徴付けられる。環境というパラメータを GIS 環境と結びつけることができるため、近年これを基礎とした研究が活発化している。代表的なものとして、スウェーデンの地理学者ヘーゲルストランドは、農業におけるイノベーションの普及過程の共通性を見出し、この拡散現象のシミュレーションモデルを作成した。ヘーゲルストランドは、GIS 上で地理的空間をセルに分けてモデル化した。そして、その中で農家を個体（エージェント）として各セルに配した。このモデル化する地理的なシステムのフレームワークは、本研究でも踏襲する。

他方、ミクロ単位でのシミュレーションとして代表的なものが Schelling による人種の居住分離モデルがある。シェリングのシミュレーションでは、ミクロな意思決定主体が、マクロ的な圧力が無くても居住分離という集

团的（マクロ的）秩序が生み出される自己組織化という現象を再現したことで評価されている。本シミュレーションは、人口と医師の配分により開業するだけの条件に満足するかどうかを基本としており、シェリングのシミュレーションを参考にするものである。

シミュレーションを用いた分析は、1) ミクロデータ推計、2) シミュレーションの構築と実施、3) 再集計・分析のステップを踏む。本研究でもこのステップを踏襲し、第1ステップでは、対象とするすべての個人・世帯のミクロデータ推計を行う。本研究では、この文献学的研究とGISによる現在の状況の解析が該当する。第2ステップでは政策評価を実施するためにシナリオに基づいたシミュレーションが実行される。最後のステップでは、クロス表の作成やデータの視覚化を行い、シナリオに基づいた政策実施時の全体的な影響を推し計る。本研究では条件を変えてシミュレーションを繰り返し行い、観察された結果から帰納的結論を得ようとするものである。

2) 医師の診療所開設に関するパラメータ調査

必要な情報は医師に対する面接調査と文献学的調査により入手することができた。具体的には近隣の競争診療所、収入、物件の存在、スタッフの雇用、専門性と技術力、直近の勤務先や周辺医療機関との共同や紹介などがあることがわかった。

3) 基本モデルの構築

Repast 上で仮想的な空間を作り出し、その中で医師が診療所を開業するシミュレーションモデルを作成した。まず、正方形の空間とする基本モデルを作成した。任意の大きさの正方形の空間を設定し、そこに人口を配置す

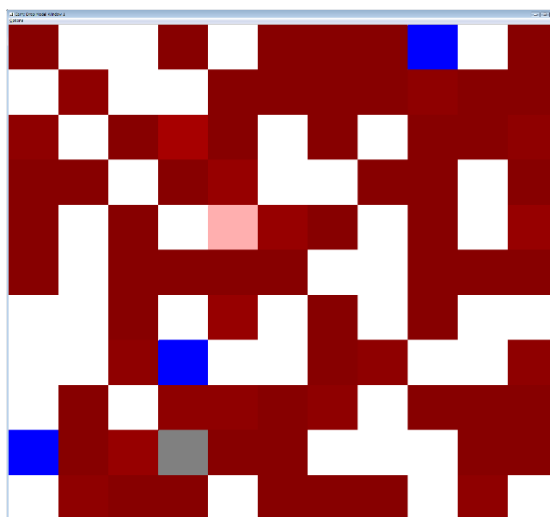


図 基本モデルのイメージ

る。人口配置は(1) 任意の人口数のランダム

図基本モデルマップ(10×10セル) 配置、(2) 中央を頂点とし、辺縁人口を0とする

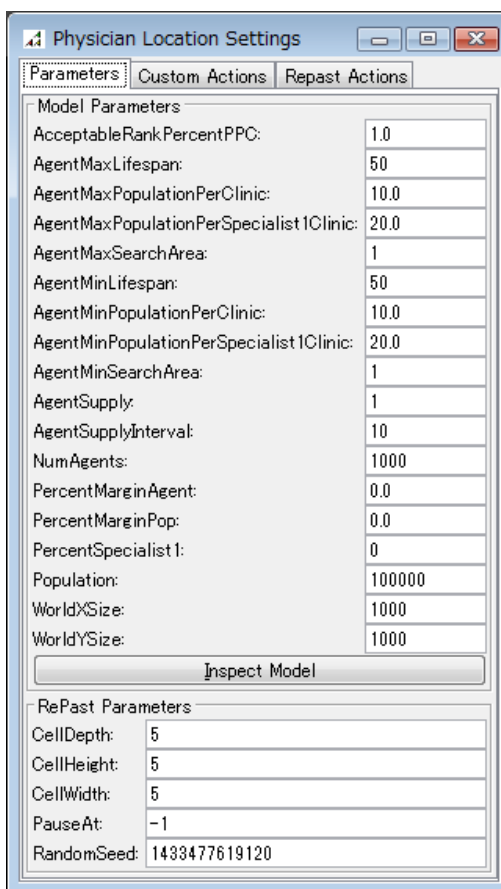


図 パラメータ設定画面のイメージ

四角錐形配置、(3)周辺を最多とし頂点を0とする逆四角錐形配置を選択できるようにした。

シミュレーションでは医師は仮想空間上でランダムに移動し、自分のいるセルが希望値以上であった場合に診療所を作成する。開設選択のパラメータとして、周辺のセルを見渡せる能力を持たせることを可能とした。その場合は、どの範囲まで見渡せるかを選択できるようにした。また周辺のセルの中で最も良いセルを選ぶという相対的基準を含めるようにした。医師が見えている範囲内で上位90%であれば選択するという基準を追加できるようにした。ことなる閾値を持つ医師を2種類設定できるようにしてシミュレーション空間上で競争できるようにした。例えば相対的基準を有する医師や、閾値が低い者医師などを設定できるようにした。医師特性として、寿命、供給数と供給頻度を設定可能にした。医師供給のアウトカム指標として、医師当り人口の平均値、人口のカバー率、ジニ係数を算出するようにした。作成したABMモデルは、3ファイルからなる。

赤が濃いセルほど人口が多いことを示す。青色は診療所を持たない医師エージェント、診療所を設置するとピンク色になり、寿命が近いとグレーに代わる。

4) 応用モデルの構築

最終年度では、北海道の人口モデルを初年度に作成した基本モデル上に反映させた応用モデルを作成した。初年度作成した基本モデルは、医師と人口の分布から診療所を設置するABMにそったシミュレーションで、基本モデルを拡張する形で同様に Repast を用いて作

成した。大きな変更があったのは、CarryDropSpaceの人口配置に関するコードを北海道を再現するコードを設定した。応用モデルにおける人口分布は地理情報システムソフトウェア ArcGIS 上で、人口メッシュデータを用いて 2km のグリッドを作成し、各グリッド内人口を計算した。2km を選択した理由は、人口メッシュデータが 1km であったことと、Repast の計算処理の限界(1km グリッドでは分析処理可能なセル数の上限を超えた)からである。2km グリッド内の人口を Join 機能を用いて計算後、データ表をエクスポートした。各 XY 座標を数値に転換してセル位置情報に置換した。

5) 医師の行動特性に関する探索的研究

応用モデル上の医師の行動特性を規定するための分析を行った。医療へのアクセスを規定する医師の診療地選択には地域の人口が関与することが指摘されている。医療へのアクセスの主な指標である人口対医師数は、医師の個人特性との関連を検討することができない。そこで本分析では GIS を用いて各医師の位置情報から周辺地域人口と医師数、医師当り人口を求め、個人特性が診療地選択に及ぼす影響について検討した。

民間のマーケットリサーチ企業が所有する医師データベースを用いて、2014年3月時点で北海道に診療している医師を対象とした。診療先施設郵便番号を位置座標に変換し、ArcGIS上の人口分布のメッシュデータから各医師の診療地を中央として500mの等距離内(バッファ)内の人口を得た。これを従属変数、医師の性、年齢(50歳以上)、道内出身か否か、道内大学出身者か否かを独立変数とする

多重回帰分析を勤務医・開業医別に行った。項目に欠損のある者は除外した。

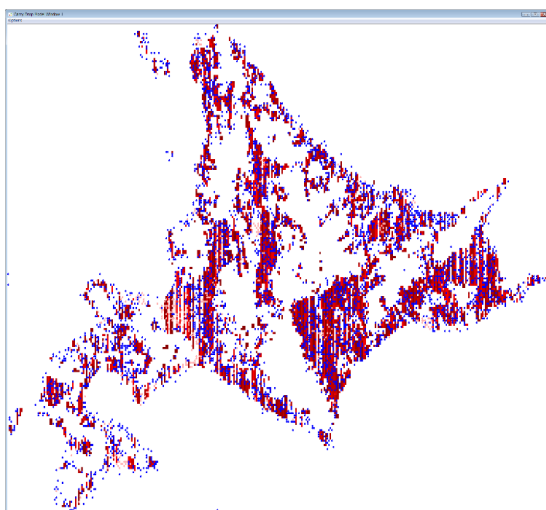


図 応用モデルのイメージ

人口を従属変数とする多重回帰モデルでは、開業医では女性、道内大学出身は、医師の周囲の人口が多い地域で診療している傾向があった(偏回帰係数、p 値; 女性: 5658、 $p < 0.001$; 道内大学出身: 3046、 $p < 0.001$)、勤務医では女性、道内大学出身者、道外出身、50 歳未満は医師の周囲の人口が多い地域で診療している傾向があった(偏回帰係数、p 値; 女性: 1737、 $p < 0.001$; 道内大学出身: 1312、 $p < 0.001$; 50 歳未満: -1250 、 $p < 0.001$; 道内出身: -922 、 $p < 0.006$)。開業医では、女性の場合に、周囲の人口が多い地域で開業していた。勤務医では女性、道内大学出身者、50 歳未満の者が、周囲の人口が多い地域で診療しており、人口密度の少ない地域で診療している医師は男性、道内出身者、より高齢であることが示唆された。

6) 現在医師及び人口分布情報に基づいた地理的分布の将来予測と保健医療政策的提言
この結果より得られる保健医療政策的エビ

デンスは北海道出身者が北海道内大学出身者など他の要因より強い関連がみられたことである。この点に関する現在の医師供給対策におけるアプローチに、入学時あるいは入学後の奨学金における地元枠がある。そこで応用モデルで設定できる 2 つの医師群を県内出身者と県外出身者とわけて、それぞれの医師(診療所) 対人口の観察値を設定した。感度分析として県内出身者を 0%、10%、20%、50%、とした場合の、診療所分布の Gini 係数と診療所対人口(シミュレーション値) を得た。Gini 係数および診療所対人口ではわずかな改善しか見られなかった。以上の結果から地元枠の拡大など、県内出身者の採用はマクロ的な指標においては大きな改善を得られないことが予想された。医師当り人口を制限した場合のシミュレーションでは、医師分布が均等になることが本分析の基本モデルから示されたことや、診療部位に制限のある歯科医師の分布が内科医師に比べて地域に拡散する傾向が見られている。そのため、医師供給の改善には医師の診療にかかわる行動選択の制約などが考えられる。また地元枠の設定は医学部学生の質の低下も指摘されており、医師供給の改善には大きく有効であるとは考えにくい。

表 応用モデルによる地元枠拡大効果の推定

地元枠	ジニ係数	診療所対人口
0%	0.46	3.6
10%	0.48	3.5
20%	0.48	3.5
50%	0.50	3.4

5 . 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計 5 件)

Touyama M, Touyama J, Ochiai Y, Toyokawa S, Kobayashi Y, Long-term survival of

children with cerebral palsy in Okinawa, Japan, *Developmental Medicine & Child Neurology*, 査読有, 55(5), 2013, 459-463
Kaneto C, Toyokawa S, Miyoshi Y, Suyama Y, Kobayashi Y, Association between long-term weight change in adulthood and incident diabetes mellitus among Japanese workers: MY Health Up Study, *Diabetes Research and Clinical Practice*, 査読有, 102(2), 2013, 138-146
Noguchi S, Toyokawa S, Miyoshi Y, Suyama Y, Inoue K, Kobayashi Y, Five-year follow-up study of the association between periodontal disease and myocardial infarction among Japanese male workers: MY Health Up Study, *J Public Health*, 査読有, Oct7, 2014, 1-7
Zaitzu M, Toyokawa S, Tonooka A, Nakamura F, Takeuchi T, Homma Y, Kobayashi Y: Sex differences in bladder cancer pathology and survival: analysis of a population-based cancer registry, *Cancer Medicine*, 査読有 doi: 10.1002/cam4.379, 2014.
Maeda E, Ishihara O, Saito H, Kuwahara A, Toyokawa S, Kobayashi Y: Age-specific cost and public funding of a live birth following assisted reproductive treatment in Japan. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research* 40(5): 1338-1344, 2014.
〔学会発表〕(計 11 件)
豊川智之, 井上まり子, 小林廉毅, 2013, 首都圏在住の就労者における就労要因の医療へのアクセスへの障壁について: J-SHINE データを用いて, 第 86 回日本産業衛生学会抄録集 (2013 年 5 月) 松山,

549

豊川智之, 兼任千恵, 小林廉毅, 2013, 歯科医療へのアクセスにおける所得の影響についてプロペンシティブスコアを用いた分析, 第 72 回日本公衆衛生学会抄録集 (2013 年 10 月) 三重, 196

太箸俊宏, 豊川智之, 中村文明, 小林廉毅, 2013, 理学療法士および作業療法士の地理的分布および高齢者人口との相関の経年変化. 第 72 回日本公衆衛生学会抄録集 (2013 年 10 月) 三重, 206

森岡典子, 豊川智之, 小林廉毅, 2013, 都道府県別に見た看護職員の地理的分布の推移, 第 72 回日本公衆衛生学会抄録集 (2013 年 10 月) 三重, 540

豊川智之, 医師供給と医療へのアクセスに関する公衆衛生学的研究, 日本公衆衛生学会 (2014 年 11 月 6 日) 宇都宮

〔図書〕(計 2 件)

横山和仁, 青木きよ子編, 豊川智之 他著, 金子書房, “データ解析法” 心理測定を生かした看護研究, 2013, 69-102

Peedicayil J, Grayson D, Avramopoulos D 編, ELSEVIER Uddin M, Bustamante A, Toyokawa S 他著, ELSEVIER, *Epigenetic Epidemiology of Psychiatric Disorders*, 2014, 103-127

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

〔その他〕

<http://publichealth.m.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

豊川 智之 (TOYOKAWA, Satoshi)
東京大学・大学院医学系研究科・准教授
研究者番号: 40345046