

特集：公衆衛生における情報活用の現状と展望—第25回公衆衛生情報研究協議会より—

< 総説 >

健康危機情報の可視化と危機対応

金谷泰宏^{1, 3)}, 高橋邦彦^{1, 2)}, 眞屋朋和³⁾, 市川学³⁾¹⁾ 国立保健医療科学院健康危機管理研究部²⁾ 国立保健医療科学院政策技術評価研究部³⁾ 東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻

An information visualization approach to response health risk

Yasuhiro KANATANI^{1, 3)}, Kunihiro TAKAHASHI^{1, 2)}, Tomokazu MAYA³⁾, Manabu ICHIKAWA³⁾¹⁾ Department of Health Crisis Management, National Institute of Public Health²⁾ Department of Health Policy and Technology Assessment, National Institute of Public Health³⁾ Department of Computational Intelligence and Systems, Tokyo Institute of Technology

抄録

公衆衛生分野における健康危機情報の可視化は、感染症対策をはじめ環境汚染対策として、疾病地図という形で発展してきた。しかしながら、大規模災害のように健康被害が広範囲に及ぶような事態における地理情報の活用については、これまで検討されてこなかった。一方、情報技術の進歩に伴い、地理情報システム（GIS:Geographic Information System）は都市計画の分野から、広く保健医療の分野まで活用の幅が広がってきた。本項においては、GISを用いた健康被害の可視化への取組の事例について報告するとともに、GISによって可視化された情報を分析、評価するためのシミュレーション技術について紹介する。

キーワード：健康危機，可視化，大規模災害，地理情報システム

Abstract

In the field of public health, visualization of health risk has been used in the disease mapping for preventing infection and environmental pollution. However, utilization of geographic information system (GIS) has not been taken for large-scale disasters that have an influence on the health of residents in wide area. According to the progress of information technology, GIS has been generalized in the field not only urban design but also health services. In this paper, we show cases about visualization of health hazard by using GIS and introduce simulation methods to analyze and evaluate the visualized health crisis information by GIS.

keywords: Health risk, visualization, large-scale disaster, geographic information system

(accepted for publication, 1st August 2012)

連絡先：金谷泰宏

〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

2-3-6, Minami, Wako-shi, Saitama 351-0197, Japan

Tel: 048-458-6178

Fax: 048-468-7983

E-mail: ykanatani@nipb.go.jp

[平成24年8月1日受理]

I. 緒言

健康危機情報の可視化は、1831年にジョン・スノー医師がロンドンのコレラの流行と汚染された井戸との関係を地図上で明らかにしたことによるが、様々な情報を地図上に書き込む必要があることから迅速性、正確性の面において、情報技術の進展を待つ事となる [1]。1970年代に入り、地理的位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表現することで、高度な分析や迅速な判断を可能にする地理情報システム（GIS: Geographic Information System）が開発された [2]。しかしながら、開発の初期段階においては、GISの活用は国勢調査を対象としたものに限定され、保健医療分野への応用については1990年に入ってからとなる。わが国においては、阪神・淡路大震災を契機に平成7年に「地理情報システム関係省庁連絡会議」が設置され、GISの整備と相互利用の環境づくり等について政府一体となって推進されることとなった。この流れを受けて、厚生省（当時）は、1995年に保健医療施設、福祉施設等の施設サービスに関する情報、疾病の発生状況等、厚生行政に関わる様々な情報を地図上に位置づけることを視野に、「GISを活用した情報基盤整備」に着手した。本項においては、特に大規模災害時における健康危機情報の可視化と危機対応について事例を踏まえ紹介する。

II. GISの災害時における活用と課題

GISの活用については、阪神・淡路大震災を契機に、被災地の刻々変化する災害情報の収集、指揮支援のための災害情報管理の手段としてGISの活用が検討された。災害時におけるGISの活用については、災害のライフサイクルと同様に、各時期において処理する内容も変化するとされている [3]。具体的には、混乱期（被災直後から数日）、初動期（混乱期後から数週間）、復旧前期（初動期後から数ヶ月）、復旧後期（復旧前期から数年）、平常時（復旧完了後）に分けられる。混乱期においてGISに求められる情報としては、「人員、救助支援、避難所の割振り」が、初動期においては、「家屋、道路、ライフラインの被災状況、ボランティアなどの支援体制、復旧計画策定の支援」が、復旧前期においては、「ライフラインや道路の復旧状況のモニタと復旧計画策定支援」が、復旧後期においては、「災害分析による再開発計画の立案支援」が、平常時においては、「住民の移動情報の把握、道路や公共施設の維持管理の支援」が想定されている。一方、総務省におけるGISの導入状況に関する調査では、個別型（特定の業務に特化した機能を有するGISを指す）の導入率は都道府県が100%、市町村が46%超と共に高い比率となっている。一方で、統合型（個別型に対し、背景図・位置情報を統合・共有したGISを指す）は、都道府県が29%超、市町村が

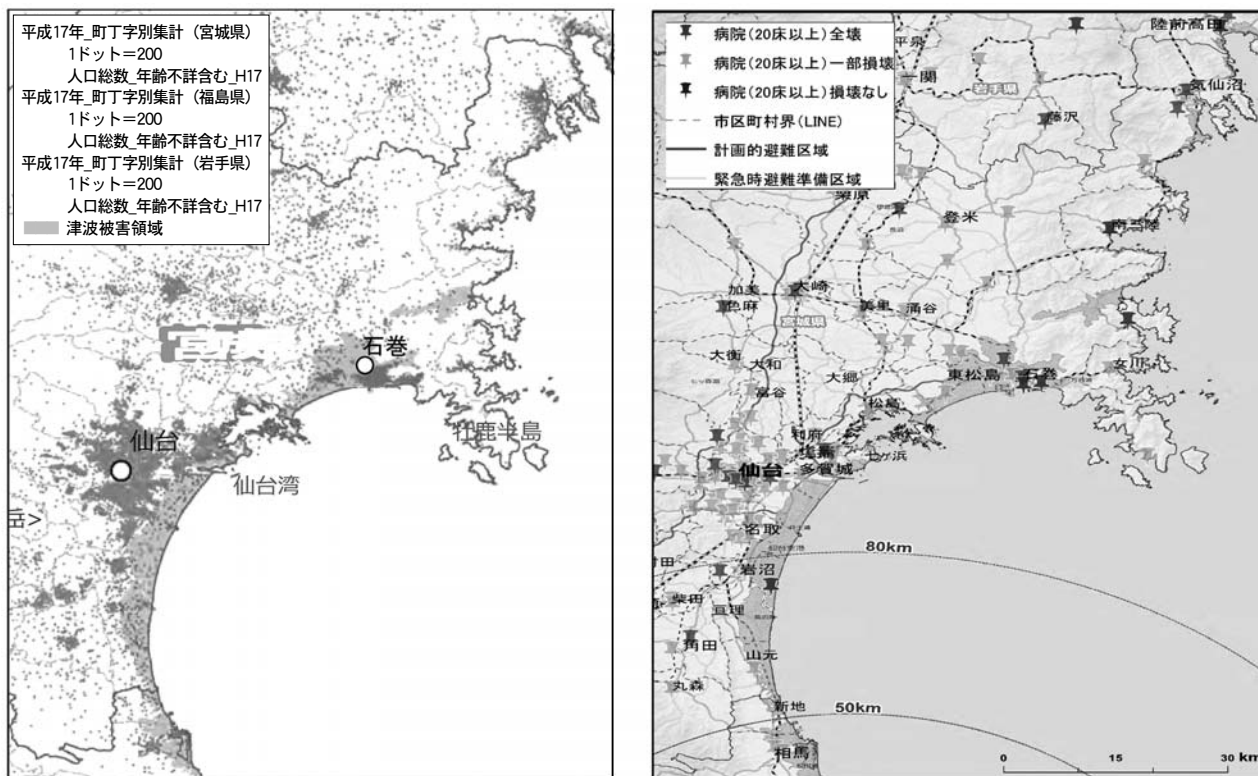


図1 宮城県における被災状況

12%超と、共に低い割合となっている。この理由として、統合型は、全庁的にデータ連携ができるという利点があるが、地図利用・情報共有の効果が見えにくいことが、自治体での導入が進まない理由とされている [4]。さらに、民間事業者に対するアンケート調査の中で、公的機関における位置情報開示の制限、位置情報の精度が確保されない、GISに関わる人材の育成・確保が困難であると指摘されている。このような背景もあり、東日本大震災以前においては、災害時に使える形としてのGISの活用は極めて限定的であった。

Ⅲ. 東日本大震災におけるGISの活用

東日本大震災は、1都9県が災害救助法の適応を受けるなど、被害が広範囲に及んだことから、本格的なGISの活用が求められ、様々な研究グループが、GISを用いた保健医療情報を提供している。具体的には、混乱～初期期では、「避難所情報、医療機関情報」が、復旧前期では、「保健師派遣情報、被災者受入れ情報」が、復旧後期では、「仮設住宅における保健指導支援に関する情報」が、GISを用いて可視化された。図1は、公表データに基づき津波による浸水範囲、人口分布、医療機関の被害状況をArcInfo, ArcGIS Geostatistical Analyst, ArcGISデータコレクション(ESRI)を用いてマッピングしたものであるが、宮城県石巻市の人口密集地域が津波による被害を受けていることが分かる。合わせて、医療機関の被災状況図を参照した場合、石巻医療圏内の医療機関に被害が集中していることが読み取れる。結果として、宮城県内の避難所が石巻市に集中することとなったが、GISを用いたアセスメントは、中長期

的な支援計画を立てる上でも極めて有効であった(図2)。一方で、時々刻々と変化する情報をインターネット上で発信し、様々な情報を組み合わせることで、新たな地図情報を作ることを「マッシュアップ(動的重ね合わせ)」と呼ばれる。国立保健医療科学院においては、「震災対応にあたる保健医療系行政官のための情報共有実験サイト」を立ち上げ、避難所情報、医療機関情報を組み込んだ被災地施設マップ(図3)を提供した。



図3 震災対応にあたる保健医療系行政官のための情報共有実験サイト(被災地施設マップ)

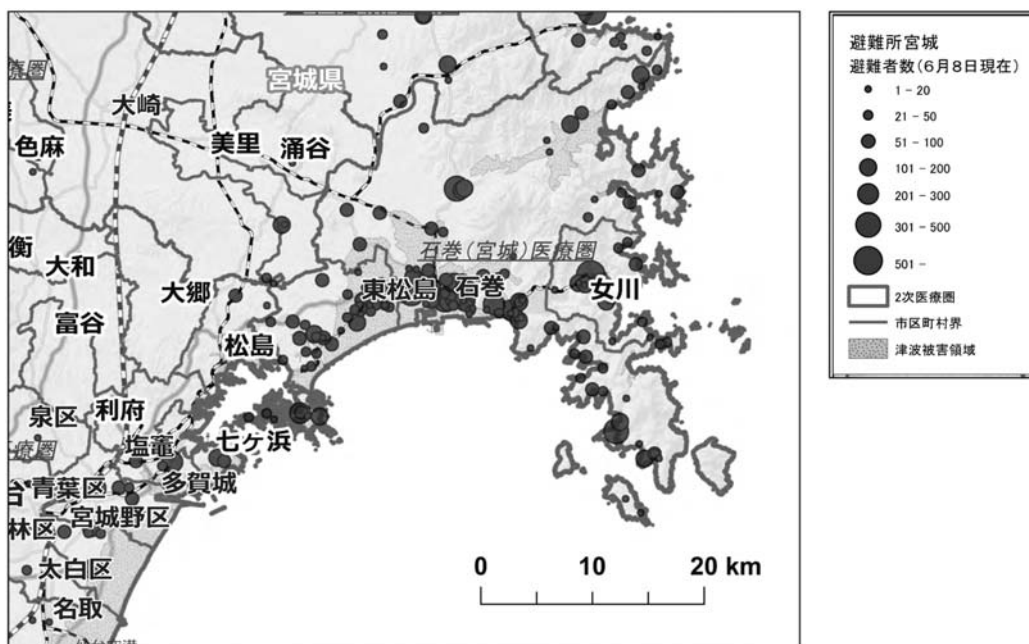


図2 宮城県における避難所の分布状況

IV. GISの緊急時住民対策への活用

東日本大震災は、津波被害と原子力発電所事故を含む複合災害であったが、とりわけ、福島第一原子力発電所における事故においては、住民を放射性物質の曝露から退避させるにあたり、放射性物質による汚染状況に応じた避難計

画を短時間で立案する必要に迫られた [5]。避難計画を立案する場合に、公衆衛生上の視点から、40歳未満の者へのヨウ素剤の内服と災害時要援護者への対応について考慮する必要がある。しかしながら、避難区域の設定範囲次第では、新たにヨウ素剤を確保する必要があり、小児については剤形の異なるシロップ剤を確保することとなる。そこで、災害時要援護者を把握するにあたり、住所あるいは地図記

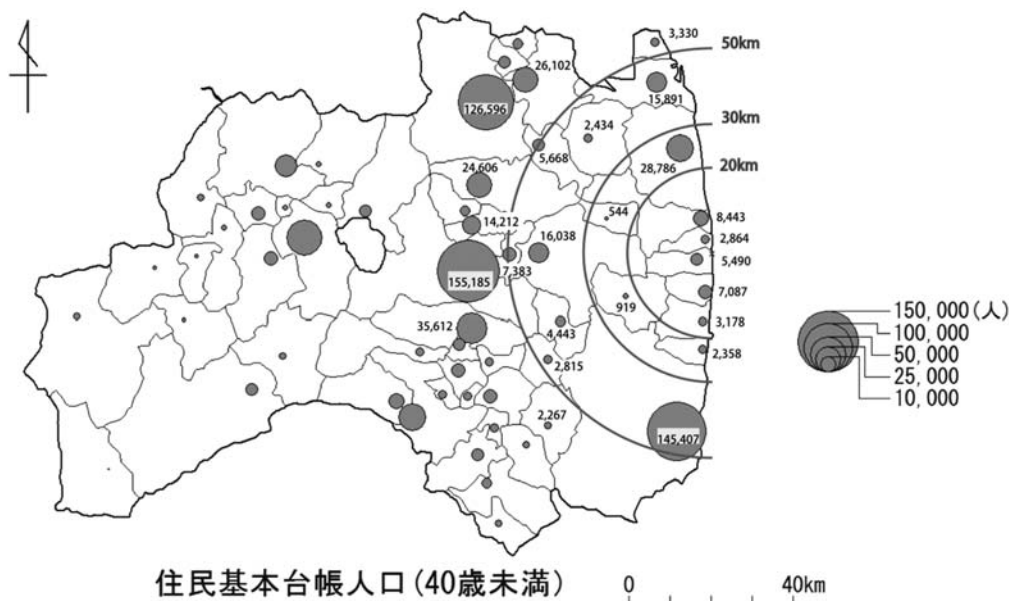


図4 ヨウ素剤の内服を必要とする者の人口分布

日時	公衆衛生面での対応
3月11日 午後7:03	原子力緊急事態宣言
3月11日 午後9:23	避難区域3km圏内に拡大
3月12日 午前5:44	避難区域10km圏内に拡大
3月12日 午後6:25	避難区域20km圏内に拡大
3月13日	放射線サーベイランス開始
3月15日	屋内退避区域からの入院患者の避難開始
3月16日	ヨウ素剤の内服指示
3月18日	健康相談開始
3月21日	入院患者の移送完了



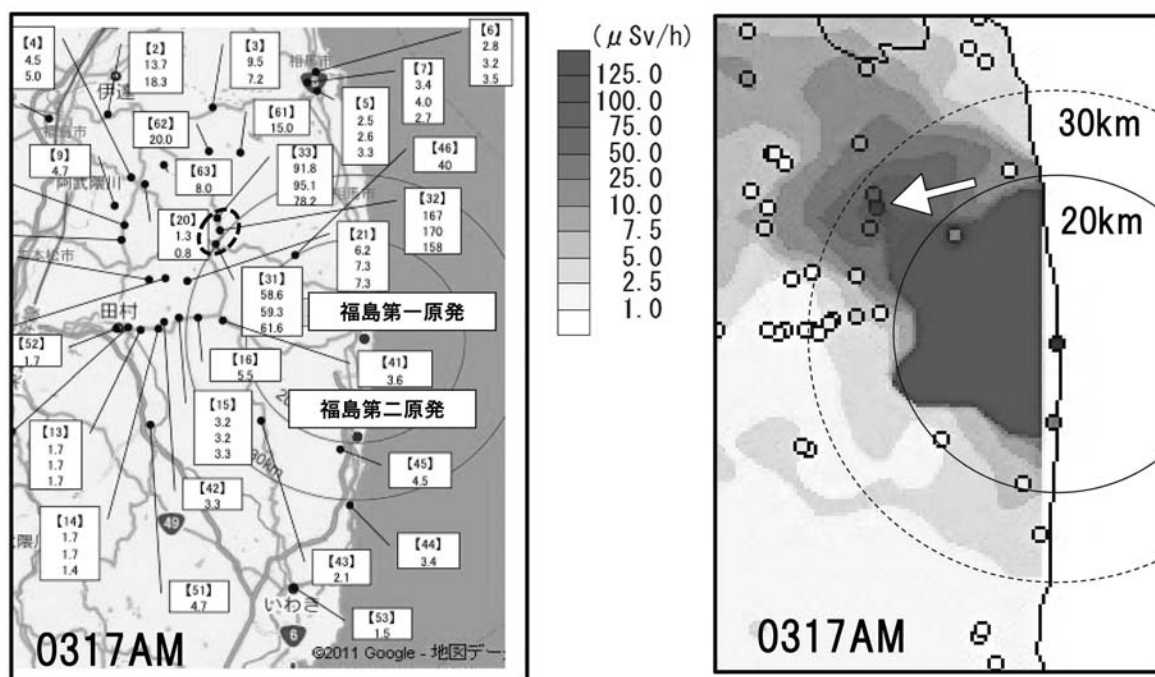
図5 GISの緊急時住民対策への活用

号を頼りに地図から読み取ることは、人為的なリスト漏れも否定できない。このような課題に対して、GISの活用は、地図上に人口データ、医療機関データ等を読み込ませることで、迅速に対策を検討することが可能となる。図4は、40歳未満の対象者を各市町村の人口重心にマッピングしたものであるが、避難範囲が仮に30kmから50kmに拡大された場合、約20万人分のヨウ素剤が必要となることが予測できる。図5は、原子力緊急事態宣言が発せられた平成23年3月11日から21日までの公衆衛生上の対応について時系列でまとめたものであるが、GISを活用することで、放射能の影響を受ける恐れのある住民の分散状況及び要援護の対象となる医療機関の種別毎の配置状況を漏れなく表示することが可能となる。とりわけ、原子炉から半径20km以遠では、人口密集地域が含まれることから、避難範囲の拡大に備えた被災者の収容施設、避難経路、放射能除染スクリーニングのためのサーベイメーターの確保等が想定される。このような課題に対して、GISの活用は、住民対策をよりの確に、かつ、計画的に実施することが可能となる。

V. 放射性物質による汚染範囲のGISによる可視化

図6に、文部科学省が平成23年3月17日に報告した「福島第一原子力発電所の20km以遠のモニタリング結果」を示すが、地図情報でありながら、数値の表示だけでは汚染範囲を把握することは困難である。図6中のスポット31から33において50~170 μ Sv/hと他の地域と比較して高い空間線量が確認できるが、視覚的には空間線量分布図への変

換が求められる。そこで、我々は、これら公表されたスポットデータを逆距離加重法 (IDW:Inverse Distance Weighted) を用いて空間分布推定を行った。IDWとは、処理する各スポットの近傍にあるポイントの値を平均することで、より正確にそのスポットの値を推定する方法である。推定するスポットの中心にポイントが近いほど、平均化処理への影響、すなわち加重が大きくなると言われている。マップの作成に際しては、ArcInfo (ESRI), Geostatistical Analyst (ESRI), 及び無料のGISソフトウェア「MANDARA」を使用し、空間分布推定を行うことで、空間線量率を等高線として表現した。この操作によって得られた空間線量分布図によると、平成23年3月17日の時点で汚染が、後日、計画的避難区域に指定される地域に広がっていることが示唆される。また、同様の手法で、3月17日及び3月22日の空間線量分布図を描いた場合、時期によって空間線量は変化しており、3月17日の時点では汚染が栃木県の一部にかかっている。その後の3月22日の段階では線量が低下しており、おそらく半減期の短い I^{131} によるものであると考えられた(図7)。このように、GISは、各スポットのデータの表示に限らず、数値データをさらに演算処理することで更に利用価値が高まる。具体的には、この空間線量分布図については、東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質に係る除染等の措置等に係る事項について検討することを目的として設置された環境省の「環境回復検討会」の中で、当該マップと土地利用図を重ね合わせることで、土地利用区別、線量区別面積を集計できるのではないかと提案されている。



福島第一原子力発電所の20km以遠のモニタリング結果について(文部科学省 3月17日)より引用

図6 空間線量率ポイントデータに基づく空間線量分布マップの作成

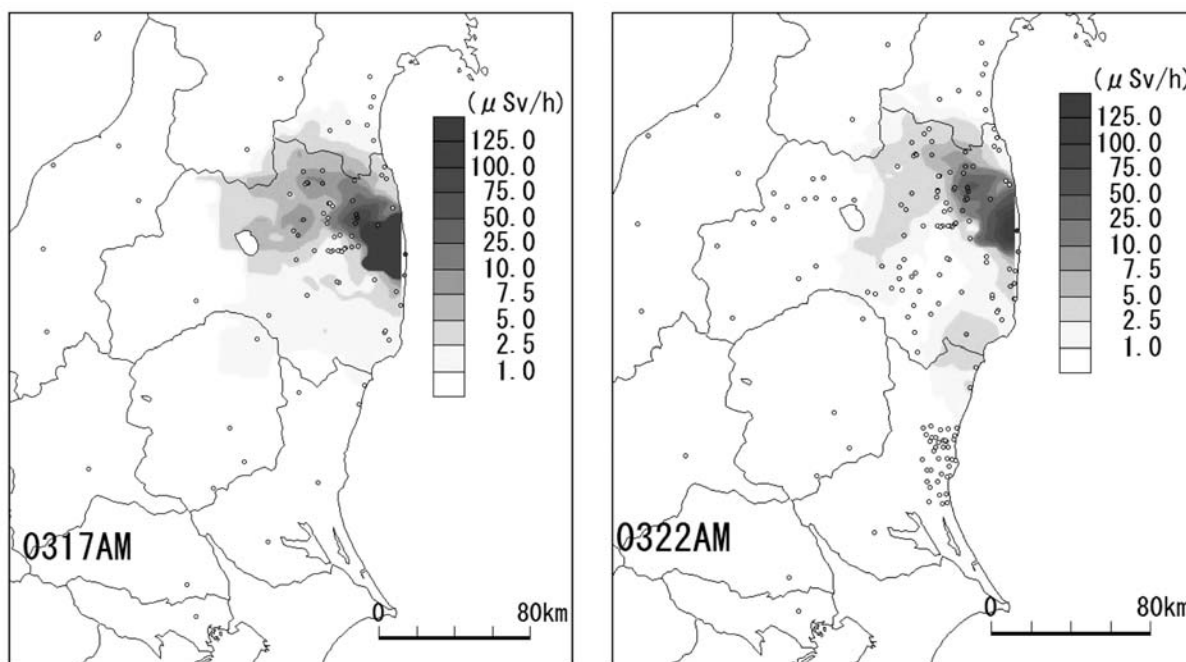


図7 空間線量率ポイントデータに基づく空間線量分布マップの作成

VI. シミュレーションへのGISの応用

近年, 社会政策の予測, 評価に向けたシミュレーションモデルの研究開発が進められている. 古典的な数的手法を用いたモデルに限らず, エージェントと呼ばれる意思決定主体を利用したエージェントベースモデリングシミュレーション (ABMS: Agent Based Modeling Simulation) を利用したモデルが数多く構築されるようになってきた [6-8]. とりわけ, 都市で起こりうる社会現象を対象とした都市シミュレーションとしてABMSを利用したモデルが構築され, 様々な用途に用いられている [9]. ABMSを利用したモデルでは, 現実社会から得られる地理情報や統計情報等の都市情報を利用して仮想都市を構築する. その上で, 現実の都市で生活する人間をエージェントとして捉え, 仮想の都市の中で, 一定の定義に従って意思決定が行えるようにモデルを設計する. 例えば, 災害時の住民避難行動のシミュレーションモデルの場合, 住民の避難行動を表現するために, 道路情報が反映された仮想都市が構築され, その都市の中でエージェントが避難をするための意思決定を行うことで, 都市における避難行動を表現する. すなわち, 都市シミュレーションの分野においてABMSを利用したモデルを構築する場合は, モデルの対象となる現実の都市情報が反映された仮想都市 (都市シミュレーション環境) とその仮想都市上に社会現象を表現することが求められる. 都市シミュレーションの分野におけるABMSを活用したモデルの多くは, GISとセル・オートマトン (格子状のセルと単純な規則による離散的計算モデル) を併用す

る手法 (セル型) が広く利用されている [10]. この手法では, 現実都市の地図を格子状に区切り, 各格子に都市情報を反映され, エージェントが格子上を移動しながら各格子に反映された情報を利用して意思決定を行うようにモデルが構築されている. とりわけ, セル型モデルは, 現実都市における人や物の移動に重点が置かれた避難, 交通, 回遊行動等に関するモデル構築の分野において極めて有効的な手法と言われてきた. しかし, 人や物の移動に重点が置かれていない感染症流行や電力需要予測等の「人と人」あるいは「人と空間とのインタラクション」に重点が置かれた現象に対するモデルを構築する場合, 生活空間そのものの定義ができない仮想都市を構築するセル型モデルは, 有効的であるとは言いがたい. それにも関わらず, 特に都市シミュレーションの分野では, 未だに多くのモデルがセル型を利用している. これは, GISとセル型モデルとの相性が極めてよいことも一因している.

VII. まとめ

公衆衛生分野における健康危機情報の視覚化は, 感染症, 環境汚染などの健康影響を地域別に比較するための疾病地図の作成という形で, 古くより取り組まれてきた. 一方で, 情報処理技術の進歩に伴い, これまで都市計画に用途が限定されてきたGISが汎用化されたことで, 保健医療分野でのGISの利用が進むこととなった. とりわけ, 健康被害が広範囲に及ぶ大規模災害では, 限られた保健医療に関わる人的, 物的資源を最適に配分する必要性が生じるが, GISを活用することで迅速に最適化を図ることができる等, 保健

医療分野における危機対応能力の向上につながる。とりわけ、放射性物質や化学物質の拡散から、的確かつ円滑に住民避難計画を立案するためにもGISの活用は不可欠である。このような状況を踏まえ、平成24年6月27日に施行された災害対策基本法の一部を改正する法律の中で、災害応急対策責任者の努力義務として、地理空間情報の活用、情報の共有等が追加されることとされた（第51条第2項及び第3項関係）。また、平素からの地域の健康危機対策における脆弱性を分析、評価する上で、GISと連動させたシミュレーションモデルの構築と実施は重要な意味を持つものと考ええる。

引用文献

- [1] Brody H, Rip MR, Vinton-Johansen P, Paneth N, Rachman S. Map-making and myth-making in Broad Street: the London cholera epidemic, 1854. *Lancet*. 2000;356:64-8.
- [2] 岡部篤. 日本における1970・80年代のGIS開発：日本のGISの曙. *地学雑誌*. 2008;117:312-23.
- [3] 角本繁, 亀田弘行, 林晴男. 災害管理地理情報システム (GIS) の構想とシステム開発：阪神・淡路大震災の経験を生かして. *地域安全学会論文報告集*. 1995. p.419-23.
- [4] 佐々木健作, 窪木顕, 池田和人. 自治体におけるGISへの取り組みと今後の展望. *INTEC TECHNICAL JOURNAL*. 2006. p.60-5.
- [5] 金谷泰宏. 放射線災害と医療：福島原発事故では何ができて何ができなかったのか. *MOOK医療科学5*. 東京：医療科学社；2012. p.17-22.
- [6] Joshua ME, Robert A. *Growing artificial societies: Social science from the bottom up*. Washington, DC: Brookings Institution; 1996.
- [7] Nigel G. *Agent-based models*. SAGE Publications; 2008.
- [8] Nigel G, Klaus GT. *Simulation for the social scientist*. open university Press; 1999.
- [9] Paul W, Gudmundur FU. *Introduction to urban simulation: Design and development of operational Models*. In: Hensher DA, Button KJ, Haynes KE, Stopher P, editors. *Handbook of transport geography and spatial systems*. Emerald Group Publishing; 2008. p.203-36.
- [10] 高橋重雄, 井上孝, 三條和博, 高橋朋一. *事例で学ぶGISと地域分析*. 東京：古今書院；2005.