

# 感染症GIS

佐藤 充 五 関 利 幸 佐 山 哲 也

## 1. 研究の目的

21世紀において人類に危機をもたらす要因の一つに耐性菌や新種の感染症がある。

感染症の伝播メカニズムをGIS(地理情報システム)で解析し、予防医学や公衆衛生との連携を図ることが可能となれば、我が国の経済社会における様々な損失を軽減することができる。

また、感染症の伝播メカニズムを解析することは、空間情報解析の観点からGISの活用分野として最適な領域といえる。

しかしながら、発症に関わる詳細なデータの入手が困難である等の阻害要因により、これまでの確かな解析手法が構築され難い状況があった。

本研究においては、研究機関との共同研究を行うことにより、詳細データによる感染症固有の伝播メカニズム解析を行うことを目的とする。

## 2. 研究の効果

本研究により解析された感染症伝播メカニズムの成果を、予防医学や公衆衛生に反映し、事前に的確なワクチン投与等の予防措置を講ずること等で、社会的な損失の発生を防止することが可能と考えられる。

また、感染症固有の伝播メカニズムを感染症GISとして構築することにより、GIS活用分野の拡大とともに、時系列変化による4次元GIS化を図ることもできる。

さらに、地域を単位とする健康、保健に関するデータ収集・解析・評価のシステム化を合わせて構築することにより、地域保健計画(プライマリー・ヘルスケア)

ア)GISへの発展性も有するものと考えられる。

## 3. 保健医療分野におけるGISの活用事例

保健医療分野におけるGISの活用事例は、専門家の支援ツールとしての活用や、「医療施設の検索サービス」といった我々の身近な情報ツールに至る広範囲な分野で様々な利活用がなされている。

### 1) 地理情報の活用

疾病や健康を取り巻く因果関係は、古来より地理的・空間的な側面を有していることが認識されており、地図や地理情報は、疾病と地理的条件との相関や因果関係を把握する重要なツールとして利用されてきた。

その有用性が世に知られるようになったきっかけは、19世紀英国の医師ジョン・スノー(John Snow)が用いたコレラ地図であった。

1883年にコッホがコレラ菌を発見する以前に、既に、スノーは病原体説と水を媒介とする感染説を主張し、その傍証として特定の井戸のまわりにコレラ死亡者が集中している状況を、地図に表示し、井戸が感染源であることを特定し、井戸の使用を禁止することにより、流行の速やかな終息に貢献したとされている。

近年、環境関係の中で疾病を捉える医学地理学や疾病生態学が研究され、社会や環境面における地理的条件が、疾病の空間的分布と強い相関を有していることが明らかになってきた。

さらに、空間解析に関する統計解析手法の発達に伴い、分析的な医学地理学や空間疫学が発達することにより、地理情報学と医学の分野にまたがる境界領域に

については、地理的や空間的な視点から捉える基本的な方法論が構築されている。

## 2) 汎用型 GIS モジュールの普及

GIS を中心とする地理情報科学のテクノロジーは、多様な地理情報データの整備進捗とあわせて、保健医療分野における空間的な取り組みが、実用的かつ身近なものとなってきている。

現在、保健医療は GIS の主要な応用分野の 1 つとして位置付けられ、保健医療の実務に特化した GIS モジュールの開発や配布が行われ、保健医療分野における GIS 技術の普及に寄与している。

GIS モジュールの事例としては、CDC (米国疾病管理センター) が無償で配布する疫学解析ソフトウェア Epiinfo2000 には、GIS 技術を利用した地図化モジュール Epimap2000 が搭載されている。

また、WHO (世界保健機構) も保健医療計画における GIS 活用の重要性を広く訴えており、世界各国の保健地理情報を統一的に管理する独自の GIS となる Health Mapper を UNICEF と共同で開発し、GIS 活用の普及を図っている。

## 3) 位置情報の活用

### (1) アドレスマッピングの活用

地理情報科学の関連技術の中でも位置情報取得に関する技術は、早くから導入されてきた。

米国では、1960 年代後半から国勢調査データ集計

のために、電子化された住所検索情報 DIME (Dual Independent Map Encoding) が整備され、これを利用した住所照合による患者分布図の自動化が図られてきた。

現在では、多くの先進国において、GIS の住所照合システム (アドレスマッピング) を活用し、患者の住所情報から地図座標を迅速かつ正確に取得できるようになったため、発症状況の特性を踏まえた地理的・空間的な解析に大きな寄与をもたらしている。

### (2) GPS の活用

感染症の媒介生物調査や地図の整備されていない地域での疫学調査などにおいては、GPS を活用することにより、対象物の位置座標取得が実施されている。

また、現地調査の困難な地域においては、疾病を媒介する生物の生息地を特定するために、衛星画像に基づく広域的な情報取得も実用化されている。

図 1 は、国立感染症研究所二瓶博士による、GPS の活用事例となる。

(左図の説明) 住血吸虫症を媒介するミヤイリガイの生息状況を監視するために、定点の水田を設け、その 1 筆ごとを GPS で正確に測量し、生息個体数や地理的環境を把握する。

(右図の説明) GPS での計測を基に、ミヤイリガイの個体数の分布図を GIS で作成し、その結果から、地表面の起伏が多く水持ちも良い土壌面に貝が多く生息す

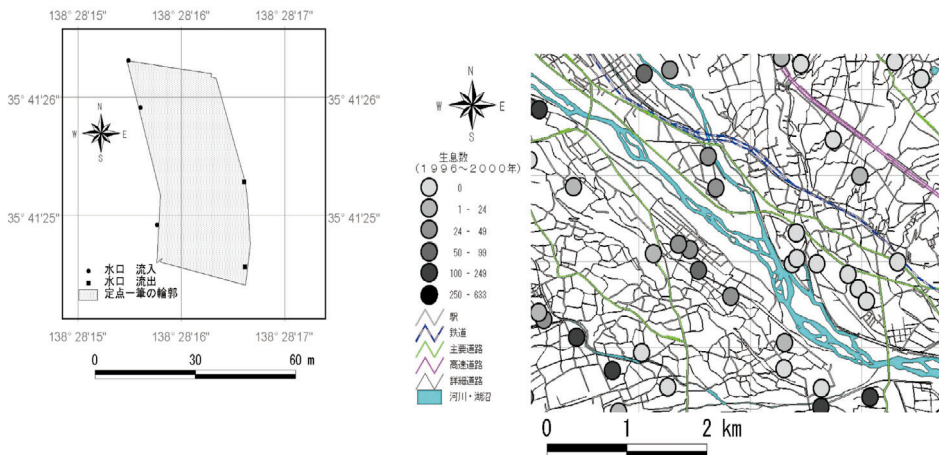


図 1 GPS と GIS を利用した感染症媒介生物のモニタリング

ることが把握でき、今後の監視が必要であることがわかる。

#### 4) GIS 活用の効果

GISの導入効果を整理すると、

- ・地理情報や疾病情報等の必要な情報をデジタルデータ化することにより、情報相互の位置的な接合が可能となるため、様々な事実関係の分析・解析を行うことができる。
- ・画面を通じた対話的な情報検索、計測及びオーバーレイが可能となるため、解析に関する仮説を構築しながらの検証作業が円滑に実現できる。
- ・カーネル法（点分布を密度面に変換する）等のデータ変換機能を用いることにより、高度な空間的可視化が実現でき、誰にも理解しやすいビジュアライゼーション成果が獲得できるため、研究者相互のコミュニケーションレベルを飛躍的に向上させることができる。
- ・データの視覚的確認が重要な手段となる「疾病分布特性の発見的な把握（探索的空間データ分析 Explorative Spatial Data Analysis: ESDA）」が効率的に行えるようになった。

GIS導入による効果に関する分かり易い事例として、中谷博士がGISによるジョン・スノーのコレラ・マップを再現し、GISの解析機能を活用し、スノーの功績を証明し、合わせてGISの有効性を実証している。

（左図の説明）黒い点で示されるコレラ患者分布を表示し、その中心に位置する井戸の名称「ブロードストリート・ポンプ」を画面上で確認できる。

（右図の説明）各住人が最寄りの井戸を利用すると仮定すれば、各井戸の利用圏はボロノイ図で特定できる。

図中の数字は井戸利用圏ごとの患者数であり、ブロードストリート・ポンプの利用圏に患者の大部分（355件）が集中している解析結果となる。

#### 4. 本研究の対象とする感染症

感染症は次の3種類に大別される。

- ・ヒト～ヒト系（ヒトの接触による感染症）\*インフルエンザ、麻疹等
- ・ヒト～もの系（食べ物や水による感染症）\*赤痢、コレラ等
- ・ヒト～動物系（蚊等の動植物が媒介する感染症）\*日本脳炎等

本研究においては、我が国で最も多く発症している「ヒト～ヒト系」を対象に、感染症発症者の日常行動における接触を視点とした伝播メカニズムを解析する方法を構築する。

#### 5. 感染症伝播メカニズム解析へのアプローチ

感染症伝播のメカニズム解析について以下にその手順を解説する。

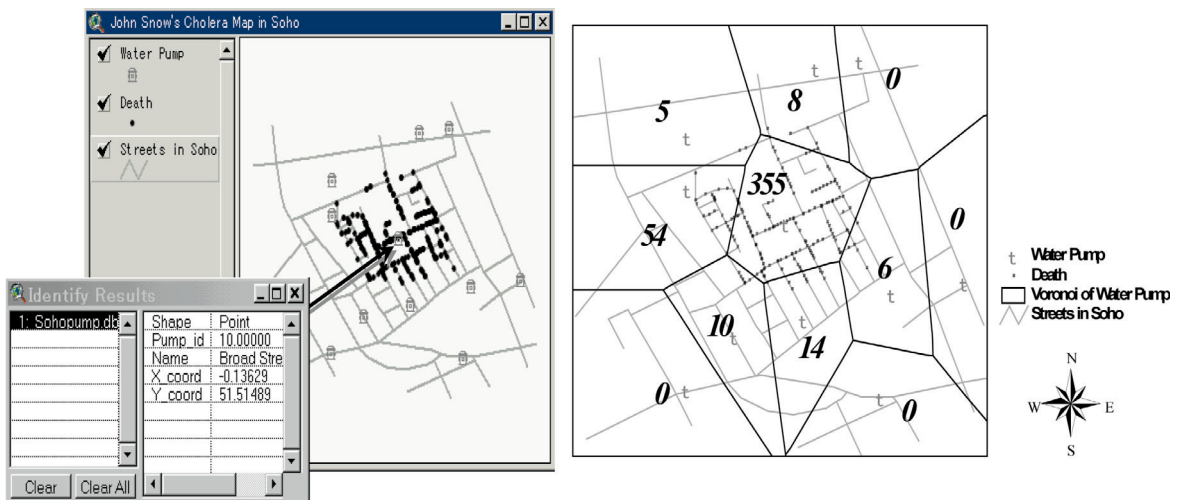


図2 GISによる疾病分布解析例（ジョン・スノーのコレラ・マップ）

なお、本手順は2001年3月に特許出願しており、2001年10月に開催された「地理情報システム学会」において概要を発表していることを付記する。

#### 1) 感染症発症状況の時系列データの整理

GISの得意な空間データの整理機能を活用し、感染症発症者の位置及び時系列の変化を分析する。

感染症の発症状況を時系列データとして表示し、集計単位は以下のように設定する。

- ・1次区域単位：日常生活圏の最小行政単位である町丁目や学校区等。
- ・2次区域単位：市町村単位。
- ・3次区域単位：都道府県単位。

我が国における公表データは、保健所単位で集約した週別発症数のみとなることから、発症者個々の位置情報が特定されていないため、時系列における「発症者の位置的な変化=伝播」を把握することが不可能な状況となっている。

したがって、プライバシー保護の観点から個人情報秘匿された発症者個々の位置情報の入手が大きな課題となっている。

#### 2) 感染症の伝播経路解析

発症状況を時系列に分析することにより、各感染症固有の伝播パターンを抽出することによる伝播経路解析が可能となる。

伝播経路解析における課題は、現代社会の特徴となる人々の行動における長トリップ化が指摘できる。

つまり、比較的閉鎖性が高い地域においては、一定の伝播経路解析が可能となるが、解析対象地域内に空港・新幹線駅等が含まれる場合には、伝播パターンが特異点として抽出されるため、時系列における伝播パターンの検証を行う必要がある。

#### 3) 伝播経路解析を基にした伝播メカニズム解析

解析された各感染症固有の伝播経路について、伝播速度及び発症密度に着目した伝播メカニズム解析を実施する。

とくに、バイパス等の交通環境整備による時間距離の短縮化により、従来の日常生活圏を超えた感染症の伝播経路が発生する場合もあるため、伝播速度に関する検証を複眼的に実施する必要性が高い。

#### 4) 感染症の伝播予測指標の構築及び感染症サーベイランスGISの運用

伝播速度及び発症密度データの体系化により、各感

染症固有の発症パターンを数値化し、伝播予測指標を構築する。

伝播指標から、対象感染症及び地域類型別伝播速度・発症密度を選択し、感染症サーベイランスGISを運用し、感染症の発症予測データを取得する。

## 6. 共同研究の実施

### 1) 共同研究の背景と目的

現代社会において大きな脅威となる新興・再興感染症の出現により、平成11年度に「感染症新法」が施行され、感染症の発生、拡大に対する事前対応の確立を目的とした「感染症サーベランス事業」が厚生労働省を中心に立ち上げられている。

この様な背景を踏まえ、新潟大学医学部公衆衛生学研究室と新潟県を研究フィールドとした共同研究を実施し、インフルエンザなど比較的都市部において人の日常行動により伝播する感染症を対象に、その発生状況の把握と予防対策を効果的に支援する「感染症GIS」を構築し、感染症対策における適正な運用と効果的な定着を図ることを目的とする。

### 2) 共同研究の概要

#### (1) 実施項目

感染症情報のデータベースシステムの構築

感染症サーベランスデータを定期的に収集、整理する仕組みを検討し、GISによる分析が可能なデータベースシステムを構築する。

感染症の発症予測システムの構築

感染症の伝播経路の実態を把握し、人口、交通等の社会的条件との因果関係を解析し、伝播メカニズムの解明を行う。

更に、解明された伝播メカニズムをもとに、感染症の伝播予測指標を設定し、感染症の発症予測シミュレーションが可能なシステムを構築する。

感染症情報の公開システムの構築

地域住民等に対し、感染症サーベランスデータや発症予測結果などを公開するインターネットGISを構築する。

#### (2) 実施期間

平成12年度～平成14年度の3ヶ年。

#### (3) 対象区域

新潟県全域とする。

但し、次の事項について考慮する。

- ・行政情報については、厚生労働省所管の県内約50カ所のサーベランス定点データを対象とする。
- ・民間情報については、新潟市内数カ所の開業医保有のデータを対象とする。
- ・伝播経路を解析する上で必要な隣接県の近隣サーベランス定点データを含める。

#### (4) 平成12年度実施概要

全体計画の第一フェーズとして、GIS活用の可能性を確認することを目標に、インフルエンザ・水痘症感染状況を定点別、時系列別に把握するためのシステムを構築した。

構築したシステムの主な機能は次の通りである。

- ・感染症の定点観測データ（約100カ所）取り込み機能
- ・感染症の定点観測データ表示機能
- ・等値線（コンター）描画機能
- ・週毎の時系列変化状況（アニメーション）表示機能

#### (5) 平成13年度実施概要

全体計画における中間フェーズとして位置づけ、インフルエンザ対策を中心に、定期的なサーベランス定点データの取得・加工処理を行い、人口密度など感染症の伝播動向と関連性が高い社会的指標との相関分析を行う。

併せて、インフルエンザの発症多発時期における実証実験（民間医療現場におけるGIS活用、インターネットによる情報公開）を行い、最終フェーズのシステム完成に向けての課題を把握する。

#### (6) 中間成果

平成12年度及び13年度共同研究の実施により、インフルエンザにおける伝播メカニズムの一端を解析することができた。

とくに、これまで明確になっていなかったインフルエンザの病原菌型による伝播パターンの差異が解析されたという成果は、平成14年1月に米国で開催された「日米呼吸器学会」で、新潟大鈴木教授により発表

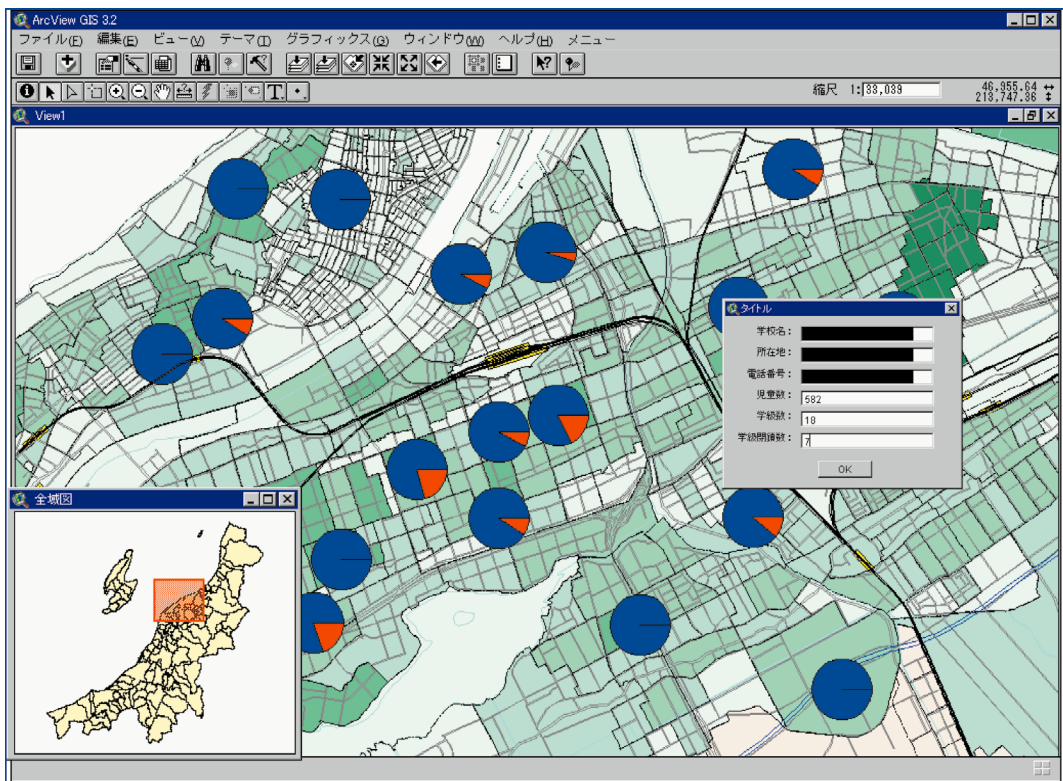


図3 インフルエンザB型の伝播結果



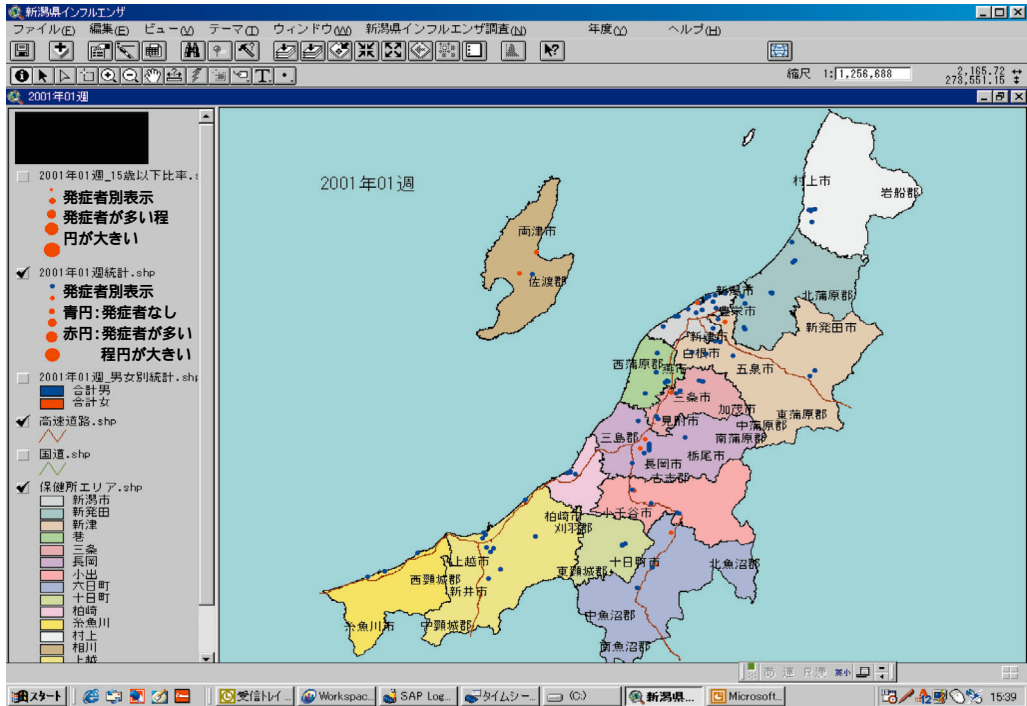


図4 インフルエンザの時系列伝播（第1週）

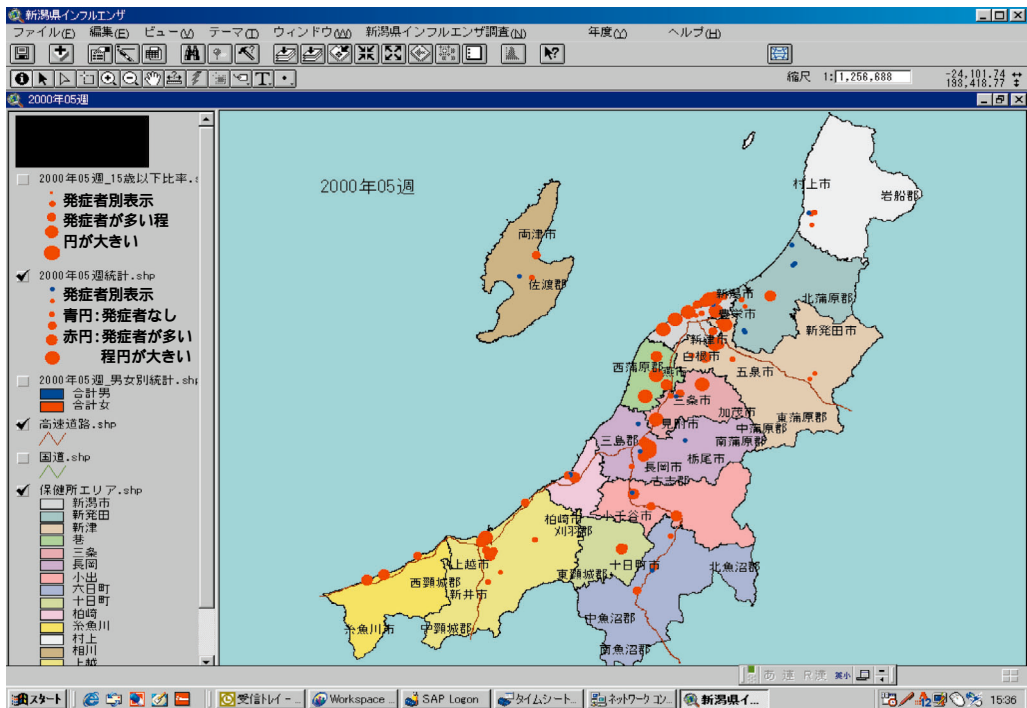


図5 インフルエンザの時系列伝播（第5週）

され、大きな反響を呼んだ。

また、閉鎖的な地域空間においては、交通路に沿った伝播パターンを抽出し、沿道の学校閉鎖が発症時系列が規則性を有しているという伝播経路解析結果を獲得することができた。

#### インフルエンザ病原菌型による伝播パターン

新潟市内の開業医と連携した解析においては、インフルエンザA型が広く拡散的に伝播して行くのに対して、B型は局地的な狭い地域において伝播している事実が解明できた。

#### インフルエンザ伝播経路分析

平野部では速やかに全域に伝播するが、周囲が山地の閉鎖的な空間では交通路に沿って伝播することが解明された。

#### 参考文献

- 1) 中谷友樹(1997): 疾病・健康水準の空間分析．総合都市研究 63, 27-43.
- 2) 二瓶直子・小林睦夫(2000): 地理情報システムを利用した感染症分布の解析．感染症 30, 129-140.
- 3) de Lepper, M. J. C., Sholten, H. J. and Stern, R. M. eds.

(1995): The Added Value of Geographical Information Systems in Public and Environmental Health. Kluwer.

- 4) Gatrell, A. and Loytonen, M. ed.(1998): GIS and Health. Taylor and Francis, London.
- 5) Hay, S., Randolph, S. E., and Rogers, D. J. eds.(2000): Remote Sensing and Geographical Information Systems in Epidemiology. Academic Press.
- 6) Mead, S. M. and Earickson, R. J.(2000): Medical Geography Second Edition. The Guilford Press.
- 7) Openshaw, S., Charlton, M. E., Wymer, C. and Craft, A. W.(1987): A mark 1 geographical analysis machine for the automated analysis of point data set. International Journal of Geographical Information Systems 1, 359-77.

#### 関連 URL

- 1) WHO Healthmap  
<http://www.who.int/emc/healthmap/healthmap.html>
- 2) CDC Epiinfo2000  
<http://www.cdc.gov/epiinfo/index.htm>

(株式会社パスコ)