

200840024A

厚生労働科学研究費補助金

健康安全・危機管理対策総合研究事業

地域の社会情報及び地理情報を加味した健康危機情報の分析と支援システムに
関する調査研究

平成20年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 浅見 泰司

平成21(2009)年 4月

目 次

I. 総括研究報告

地域の社会情報及び地理情報を加味した健康危機情報の分析と支援システムに関する調査研究

浅見泰司 . . . 1 - 1

II. 分担研究報告

1. 感染症の流行推移を捉える空間分析手法の開発

浅見泰司 . . . 2 - 1

2. 小学校欠席状況による感染症の地域アウトブレイクの把握

郡山一明 . . . 3 - 1

3. 空間ドキュメント管理システムのユーザビリティ向上と実用化に関する研究

有川正俊 . . . 4 - 1

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 . . . 5 - 1

IV. 研究成果の刊行物・別刷 . . . 6 - 1

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
総括研究報告書

地域の社会情報及び地理情報を加味した健康危機情報の分析と支援システムに関する調査研究

研究代表者 浅見 泰司 東京大学空間情報科学研究センター教授
研究分担者 郡山 一明 救急救命九州研修所教授
研究分担者 有川 正俊 東京大学空間情報科学研究センター准教授

研究要旨

健康危機情報の分析については、インフルエンザ流行の空間的推移を捉えるために、小学校欠席データにもとづいて、流行の方向性に着目した分析をおこなった。流行の時間的変化を把握するにあたって、過去の流行が現時点に及ぼす影響を考慮したモデルを構築し、欠席状況の時間的変化の増減が大きいシーズンでは、地域間の方向性の変化において過去の影響度が小さくなるなどの結果が得られた。また、地形を考慮したクリギング図により、感染症を早期にかつ地域性を明らかにして把握できることを示した。北九州市内の132の小学校欠席状況をクリギング法で空間補間することにより、異常集積が見出された。この集積した場所の小学校の欠席症候は共通しており、同じ感染症がアウトブレイクしていると考えて矛盾がないことが確かめられた。

支援システムについては、誰でもが簡単に、地理空間情報処理を行うためのソフトウェアツールである空間ドキュメント管理システム(SDMS)の実用化に向けて、機能の充実と安定化、およびウェブによる一般公開の準備を行った。具体的には、SDMSの空間アノテーション機能や空間密度分布図の作成機能を実現した。また、ウェブ上の健康危機ニュース情報の自動収集・自動マッピング機能の実現方法を検討した。

A. 研究目的

地域空間情報を的確に収集し、空間的な広がり方に関する分析を的確に行うこと、および、空間的健康危機の原因の検討に利用できるソフトウェアの開発が厚生労働行政上、急務である。そこで本研究では、健康危機情報の分析とソフトウェア開発研究を行う。

地域における健康危機管理では、感染症の流行状況の空間的把握が、広範囲にわたる被害を抑止するための対策上重要である。そこで、健康危機情報の分析では、小学校の欠席状況を用いて、インフルエンザなどの流行推移から空間的特徴を発見するための分析手法の開発をおこなう。健康危機事態のアウトブレイクを把握するシステムとしての小学校欠席率サーベイランスを完成することを目標に

している。

また、ソフトウェア開発に関しては、SDMSの試行版の操作性の向上、集中している地点の簡易表示などの簡便な分析機能の付加を行って、日常的・健康危機発生時双方に利用できる汎用的なシステムを開発する。健康危機発生時には情報収集者に都合の良い書式で情報が得られることが望めないため、非定型書式データに対応できることが重要であり、SDMSはそれを実現している。アノテーション機能、自動情報収集機能の追加などの対応が可能となるよう開発を行う。

B. 研究方法

健康危機情報の分析では、福岡県北九州市を対象地域とし、インフルエンザ流行を分析

するために市内全小学校の毎週の児童欠席数データを用いた。今年度は小学校規模の違いが欠席率に与える影響を考慮し、経験ベイズ地図の方法による「標準化欠席比」を求め、これを分析に用いた。

地域間で生じる流行推移を想定し、各小学校区を地域単位とした隣接グラフにもとづき、流行の推移を定義した。モデル化においては、1) 欠席率が1週間前の時点よりも増加した、2) 1週間前の時点で欠席率の値が隣接しているある地域よりも小さい、という2つの条件を満たす場合に、ある地域から流行の推移が発生したとみなす。その場合に隣接する地域と自らを結んだリンクに対して、自らの地域における欠席率の増加分を重み付けし、それが時間の経過に従って加算して、方向性の強度として更新されていく学習モデルを構築した。

ここで、流行の時間的変化を把握するにあたって、過去の流行が現在に対して及ぼす影響が時間の経過に従って単調減少するものとする。地域間の方向性を把握するために、時間が経過するなかで方向性の強度が大きく変化せず、ほぼ一定に保たれるような条件のもとで、減衰関数のパラメータを決定した。

隣接地域間の方向性の強度を各時点について計算し、強度が比較的高いものについて地図上で表示し、方向性の地域による偏りを調べた。また、それぞれの地域で、方向性を前後の時点で重ね合わせて比較をおこない、前時点の方向の始点および終点が、その後の方向性にどのように影響すると考えられるかといった時間的な関係性を分析した。

また、昨年度までの研究においては、小学校欠席率を1週間毎に集め、それぞれの小学校毎の標準化欠席比を空間補間することで地域における感染症アウトブレイクの空間的把握を試みた。しかし、この方法は地域全体を小学校で区割りしたものであり、地形は考慮されていない。実際には山や海などは生活空間ではないために、ヒト-ヒト感染の拡大場とはなりえない。

そこで、小学校欠席状況クリギング図を「地

形を考慮したクリギング図」に改良し、地域の小学校欠席状況を把握することとした。その上で2006年度の各小学校の実際の欠席理由を調査して、「地形を考慮したクリギング図」との比較を行い、地域における感染症アウトブレイク把握が可能か否かを検討することとした。

支援システムについては、SDMSの利便性と操作性の向上を中心に研究開発を進めた。空間アノテーション機能を精緻化し、一般配布用のSDMSの基本機能として実装した。また、カーネル(密度推定)法濃淡図と、単純濃淡図の2種類の面的な可視化の手段をSDMSの基本機能として導入し、SDMSの可視化機能を強化した。ウェブ上の健康危機ニュース情報の自動収集・自動マッピング機能の検討と実装を行った。SDMSを使って、非定型なニュース情報をインターネットから収集し、ニュース情報の位置を地図として表示する手法を検討し、プロトタイプシステムを開発した。今年度は、特に、国立保健医療科学院の「健康危機管理支援ライブラリーシステム(H-CRISIS)」の「健康危機情報に関するマスコミ発表資料のサービス」を対象にこの枠組みの有効性に関して実証実験を行った。ウェブを通じた、最新版のSDMS3.3β版の実験的配布方法を検討し、実験的に一般配布を始めた。一般配布を通して、ユーザからの要望を聞き、より安定しより便利なツールへと改善していくことを目的としている。

C. 研究結果

健康危機情報の分析では、北九州市の2006年1月から3月、および2007年1月から3月の各週の小学校欠席状況を対象として、分析をおこなった。

過去の流行の影響度を示すパラメータについては、シーズン間で大きな差があり、この結果は、標準化欠席比の時間的変化における相違に対応していると考えられる。

図1は、2007年2月の3期間において発生した方向性のなかで、比較的強度が高いも

のについて図示したものである。シーズンを通してみても、流行の向きを表す矢印の始点にあたる地域を発生源と考え、将来的な流行把握をおこなう上でも、始点の適切な把握が特に重要であるといえる。

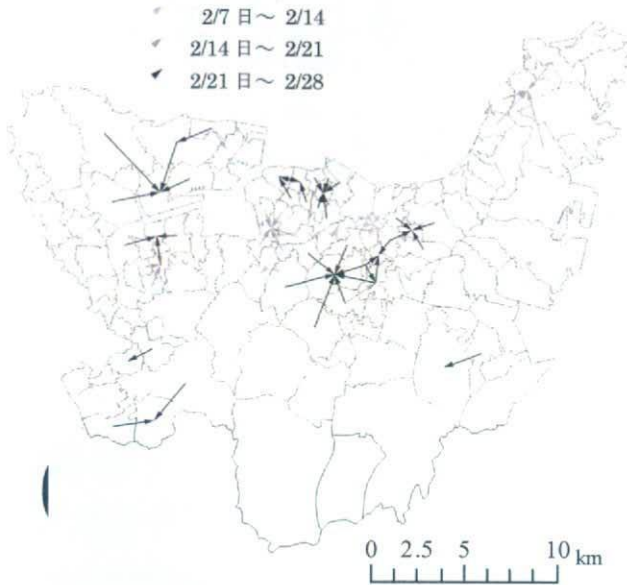


図1 流行方向性の空間分布 (2007年)

また、地形を考慮したクリギング図の分析については、2006年1月17日の地形を考慮しないクリギング図(図2)と、地形を考慮したクリギング図(図3)を示す。

地形を考慮しないクリギング図では、欠席状況の異常なスポットは広くまとまって示された(図2)。これに比べて地形を考慮したクリギング図ではスポットは区分されて示された。区分されたスポット毎に欠席理由が異なっていることが分かった(図2と3の赤丸部分)。

また、北九州市の定点観測においては2005年11月に感染性腸炎がアウトブレイクしていたが、小学校欠席状況を「地形を考慮したクリギング図」に変換したところ、11月15日の時点で異常な集積が複数の地域にわたる集積が認められ、地域アウトブレイクのきざしが生じていることが示唆された(図4)。このきざしは1週間後の11月22日にはさらに明確になっていた(図5)。小学校欠席理

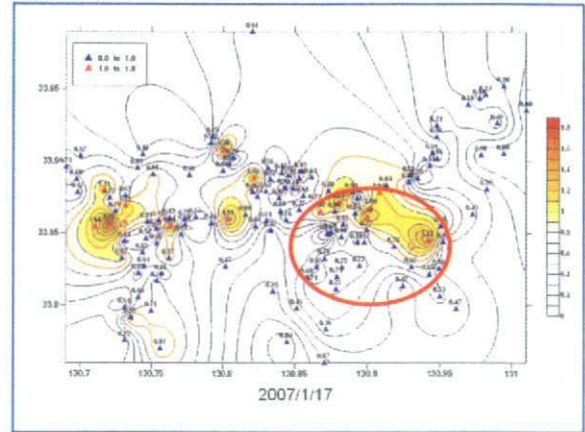


図2 地形を考慮しないクリギング図

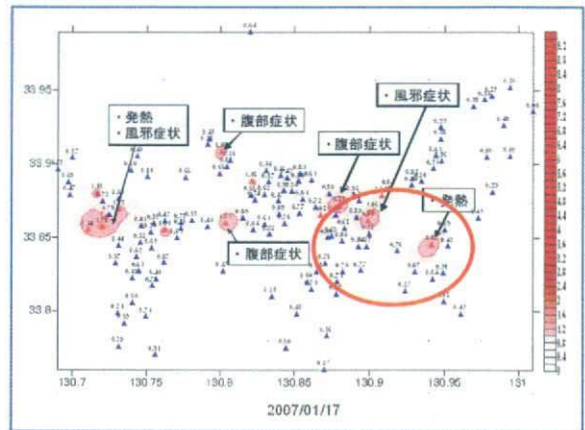


図3 地形を考慮したクリギング図

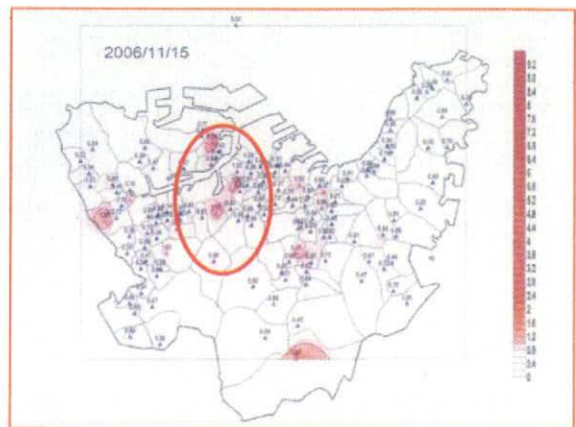


図4 11月15日(赤丸は胃腸症状)

由調査では、この集積に一致する小学校では「胃腸症状」による欠席者数が平常より高くなっており、感染性腸炎のアウトブレイクと考えると矛盾はなかった。

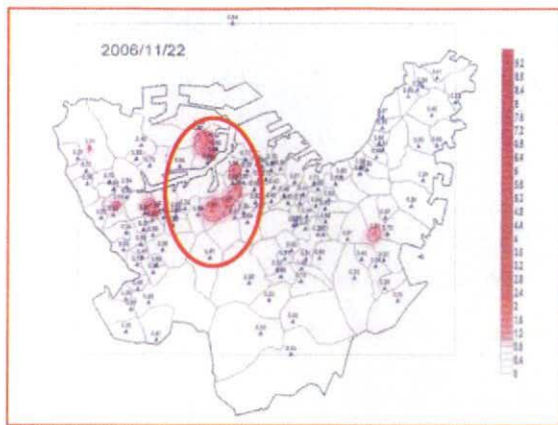


図5 11月22日 (赤丸は胃腸症状)

支援システムについては、空間アノテーション機能(図6)を使うことにより、デジタルドキュメントに自然に属性値の記述を行え、空間分布の属性値のデータを負担無く準備できる利用者環境を実現できた。空間密度分布の簡易的可視化機能としてのカーネル法濃淡図(図7)は、位置における多重度の値を正確に面として表現するのに適しているが、計算コストがかかるために表示には時間がかかる。一方、単純濃淡図(図8)はそれぞれの点からの減衰率だけで面を構成するために瞬時に表示させることが可能であるが、サンプル点の間の値が不適切になる場合もある。これらの可視化機能は、空間アノテーション機能とも連携しており、ユーザ定義の属性値の可視化機能は実現されている。今後は、さまざまな性質の連続面の表現が可能になるように、より高度な可視化手法あるいは補間手法を導入する必要がある。

ウェブ上の健康危機ニュース情報の自動収集・自動マッピング機能の実現方法を検討し、実際にウェブからニュース情報を自動収集する実証実験を行った。国立保健医療科学院の「健康危機管理支援ライブラリーシステム(H-CRISIS)」の「健康危機情報に関するマスコミ発表資料のサービス」のウェブページに集中して集まってくる健康危機ニュース群の地図化の自動化を試みた(図9)。このウェブページ自体はニュースのソースであるウェブページをURLを使って指しているので、

もう1段階以上深く、つまり木構造を辿り、より深い段階での情報収集を行う必要があり、その辿ったURLが指している(各地方組織が発信している)デジタルドキュメントは、



図6 空間アノテーション機能のイメージ

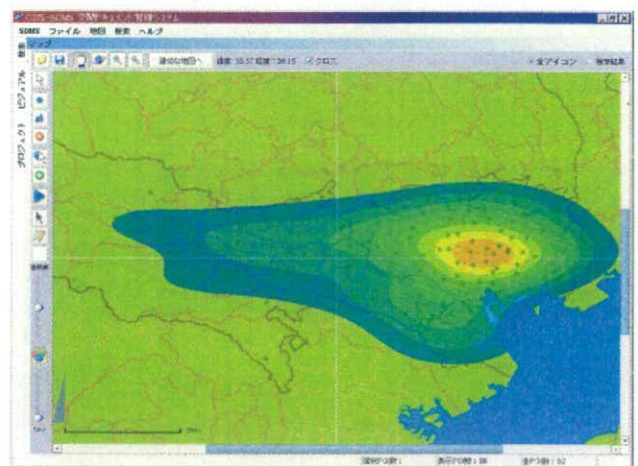


図7 カーネル(密度推定)法濃淡図の例

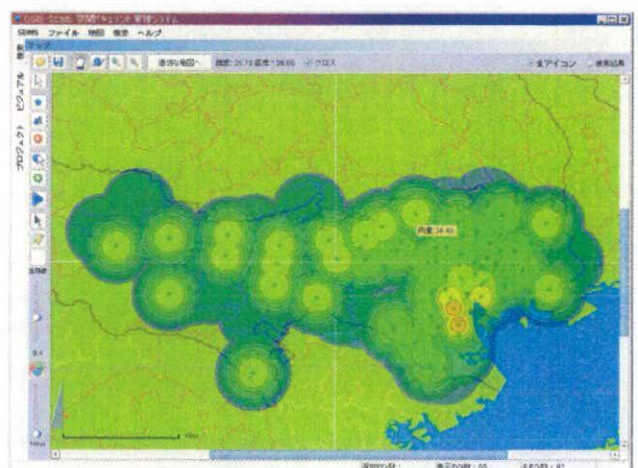


図8 単純濃淡図の例

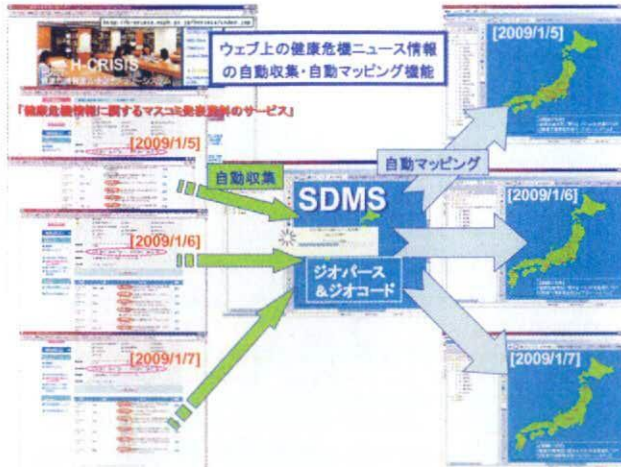


図9 ウェブページの健康危機ニュース群の地図化の自動化のイメージ

その種類も形式も非定型であり一般には自動処理が困難であり、SDMSがこの点からも大変有効であることが分かった。ただ、正確な情報の共有をしたい場合は、簡易な定型ドキュメントで配信の方が効率は良い。今後はこれらのニュース情報の公開はRSSなどを用いて行い、ある程度の定型化を進めることにより、自動収集するニュース情報の品質が上がると考えられる。

SDMS 3.3β版の実験的配布に関しては、多くのユーザが出てきたときに、SDMSの地図サーバはきちんと動作できるというユーザ数のスケーラビリティの問題が懸念されたが、今年度の実験では、地図サーバの性能の限界による不満は出なかった。

D. 考察

健康危機情報の分析では、過去の流行の影響度を決定するパラメータの値について2006年と2007年で比較すると、両者は大きく異なるものとなっている。2006年のシーズンは、2007年と比較して、増減の変化が単調でないことから、流行の変化が比較的激しかったことが推察される。

インフルエンザの流行パターンとして、本来ならば、減衰パラメータは年次によらず安定した値であることが望まれることから、今後は、年次によらない安定したパラメータの設定に関する検討が必要とされる。

さらに、隣接地域間の流行の方向をより適

切に表現するために、欠席比の増分を周辺の各地域で配分するなどの流行モデルの精緻化を図ることが必要であると言える。

また、小学校欠席率の分布図をクリギングと呼ばれる空間補間の方法で作成し、仙台市への提供をおこなっている。図10は、現在公開されている平成21年3月13日時点の欠席状況地図である。

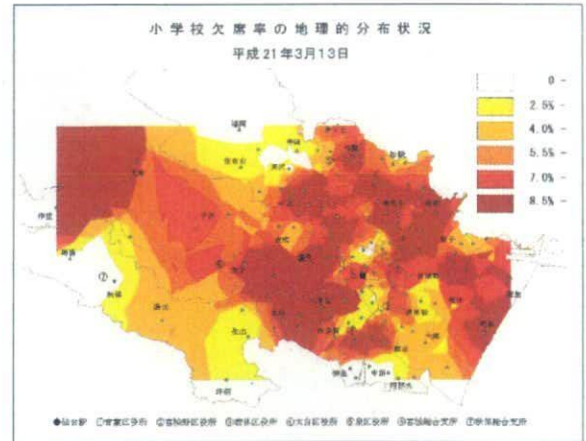


図10 仙台市HPの欠席率状況図(2009年)

感染症の地域アウトブレイクには2つの意味がある。ひとつは、その地域で感染症に罹患した患者数が一定値を超えた場合(量の増加)であり、もうひとつは空間的に拡大している場合である。地域健康危機管理の観点における感染症対策の課題は、感染症のアウトブレイクのきざしを早期に発見して、拡大防止策をとることである。

感染症の初期症状は殆どの場合、発熱、呼吸器症状、消化器症状、中枢神経症状、皮膚症状のほぼ5種類に概括されるため、初期症状から病原体を確定することは困難であり、予め感染症のリストを作成する方法では、アウトブレイクのきざしを把握することには大きな限界がある。きざしを捉えるために必要なのは正確な診断名ではなく、「かもしれない」という疑い段階での迅速性である。そのためには、感染症の原因を把握するのではなく、感染症によって引き起こされる現象をサーベイランスし、地域を可変にして比較・検

定を行い、空間的に異常な集積を把握した段階でクラスター内の医療機関に連絡して患者情報を集めるという2段階の方法を採用することが有用であろう。

われわれは、各小学校の欠席状況をクリギング法によって空間補間することによって、地域内の異常欠席の集積を把握する試みをしてきた。一般に欠席状況に異常集積があることは、集積地域の学童が同一の曝露源に接したか、当該地域にヒト-ヒト伝播を来たす感染症のアウトブレイクが起きているかの2つの場合に限られる。

今回の欠席理由調査では、クリギング化することで示された異常集積は同様の欠席理由になっていることが分かった。異常集積地域には感染症アウトブレイクが起きている可能性が非常に高いと考えられ、少なくともアウトブレイクの「きざし」ととらえて積極的な介入を図るための十分な根拠にはなろう。

ヒト-ヒト伝播は生活空間で伝播するのであるから、山や川は感染拡大には「壁」の役割を果たすはずである。今回、山や川等の「壁」となる地形を考慮したクリギング図を作ることによって、地域において異なる感染症のアウトブレイク状況を把握できた(1月17日)。この結果は、小学校欠席状況を「地形を考慮したクリギング図」化することで、地域内に複数の感染症がアウトブレイクしている場合でも把握できることを示している。

これらの結果は感染症アウトブレイクを空間的な拡大の面からとらえたものである。空間的把握の最大の特徴は、感染症アウトブレイクを対象地域を可変にして把握できることである。実際、今回の方法では定点観測が対応している北九州市全域の広さではなく、校区レベルの広さでの把握を可能としており、感染症の地域アウトブレイクを早期に把握することが可能となると考えられる。

支援システムについては、われわれの本研究の視点は、空間ドキュメント管理システム

(SDMS) という新しい枠組みの理論的な体系化だけではなく、実際に保健所などの現場において、感染症(早期対応)などに有効な実用システムに仕上げ、簡単に、適切に利用できるソフトウェアツール環境を実現することにある。

空間アノテーション機能は、まだ実現したばかりであり、実際に利用された事例が少なく、来年度はそれらを実際に利用してもらい、その有効性を検証する。また、今年度強化した空間分布の可視化機能は、簡単に空間分布を可視化できるために、利用者からは好意的な意見が聞かれた。しかしながら、温度や雨量などの空間密度を表現するための正確な可視化機能はまだ提供しておらず、これらの多様な空間分布にも対応できるように、可視化機能を充実していく必要がある。

ウェブからの自動収集とその意義試験的に開発したニュース情報収集機能は、地理的な空間分布の情報をウェブ上から自動的に収集し、地図上に描画も可能なシステムであり、この利用方法の有用性は大変高いと考えられる。一方、このウェブの自動情報収集機能の妥当性について吟味が必要である。つまり、収集した情報と健康危機情報との関連性について考察をして実用的なシステムであるかどうかの検討が必要であり、今後、実利用を通して、その意義を確認していく予定である。われわれの基本的考え方は、自動情報収集機能の妥当性に関しては、もともとなるデータの信頼性の問題であり、これらに関しては、われわれが開発しているソフトウェアSDMSでは解決できない問題である。しかし、現在の社会システムの一般的発展方向としては、透明性の確保、情報公開へ進むのは明白であり、今後はウェブに出される情報の信頼性はますます上がると考えられる。また、種類も多様性も増すと考えられるので、ウェブの自動情報収集機能の妥当性・重要性が今後ますます明らかになると予想している。

E. 結論

健康危機情報の分析では、過去の流行が現在に及ぼす影響を考慮した学習型の流行モデルにより、福岡県北九州市の2シーズン分の

小学校欠席状況のデータを用いて分析をおこなった。過去の影響度に関しては、シーズン間に差異が認められたことから、各シーズンで隣接地域間の方向性からみた流行の空間的な連続性と欠席状況の時間的変化との関係性が示唆された。

小学校の欠席状況調査によって得られるデータおよび方向性に着目した流行モデルによる空間分析は、インフルエンザ流行の空間的な拡大傾向を捉えるとともに、他の突発的な危機的現象に対しても、流行の潜在的な特徴を把握し、感染症の地域アウトブレイクの把握を行い、早期に地域を限定することにより被害の拡大抑止に寄与することができる。

支援システムについては、来年度は最終年度であり、SDMSの完成度を上げ、実利用に耐えうるものに仕上げる。また、新たに検討・実装する機能として、RSSの枠組みを用いたウェブ上の健康危機ニュース情報の自動収集・自動通知・自動マッピングの機能の実現と実証実験を行う。ウェブの世界では、リアルタイムの情報を通知したり、大量の情報から必要な情報を自動的に選択する枠組みとしてRSSが一般化しつつある。健康危機情報の分野においても同様にRSSをベースとする情報公開や情報収集の枠組みが近い将来一般的になるのは確実であり、これを仮定して、RSSによる健康危機ニュース情報を地図上にマッピングする枠組みを試作し、その有効性と問題点などを整理し、来るべきリアルタイム健康危機ニュース情報管理の枠組みの体系化を試みる。さらに、SDMSの普及を考えて、SDMS自身の操作方法および空間情報処理の基礎の教育として、SDMSを使ったe-learningの教材を整備し、保健医療分野における空間情報システムの利活用の普及をめざす。

F. 研究発表

1. 論文発表

郡山一明, 片岡裕介, 竹中ゆかり, 浅見泰司, 高橋邦彦, 丹後俊郎: 健康危機管理と小学校欠席状況サーベイランス, 保健医療科学, 57(2), pp.130-136, 2008.

郡山一明: 第4章 戦略的危機管理, 佐藤元(編)『新型インフルエンザ: 健康危機管理の理論と実際』東海大学出版会, pp. 34-45.

浅見泰司, 有川正俊, 白石陽, 相良毅: 健康危機管理のための空間ドキュメント管理システム, 保健医療科学, 57(2), pp. 137-145, 2008.

2. 学会発表

Morishige Ota, Masatoshi Arikawa, Hideo Makino, Koichi Kubota, Atsuyuki Okabe (2008) The Research Initiative on a Curriculum for Geographic Information Technology in Japan, The 6th ASIA Symposium on Geographic Information System From Computer and Engineering View (ASGIS'2008), Niigata, pp. 5-12.

Hideki Kaji and Masatoshi Arikawa (2008) Personal Location Based Services on Place-enhanced Blog, ACM International Conference on Multimedia, Vancouver, Canada.

Ken'ichi Tsuruoka and Masatoshi Arikawa (2008) User-Generated Audio Tours with Synchronized Maps on Mobile Media Players, Asia GIS Conference 2008, Busan, Korea.

Masatoshi Arikawa and Hideki Kaji (2008) Location-aware Personal Life Content Aggregators on Place-enhanced Blogs, 8th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS 2008), Shanghai, China.

白石陽, 有川正俊, 浅見泰司 (2008) 「SDMS: 空間ドキュメントの地図化と管理のためのユーザ中心型ツール」, 日本地球惑星科学連合2008年大会.

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし

謝辞

東京大学空間情報科学研究センターの研究用空間データ利用を伴う共同研究（研究番号114）として、以下のデータを利用した。

（株）ゼンリン提供：ZmapTownII (shape版) 福岡県 データセット

本研究を遂行するにあたり、アドレスマッチングのエンジン部分を本システム向けに改良を加えて利用させていただいた相良毅氏に感謝する。また、相良毅氏には、空間ドキュメント管理システムの設計の際に多くの有意

義なアドバイスとコメントをいただいた。アドレスマッチング処理の一部では、国土交通省 国土計画局 国土情報整備室が提供している「街区レベル位置参照情報」を利用させていただいている。背景地図は、国土交通省 国土地理院が提供している「数値地図 25000 (空間データ基盤)」を利用させていただいている。ソフトウェア配布に関しては、国立保健医療科学院 健康危機管理支援ライブラリーシステム (H-CRISIS) に支援いただいている。記して謝意を表したい。

感染症の流行推移を捉える空間分析手法の開発

研究代表者 浅見 泰司 東京大学空間情報科学研究センター教授
研究協力者 片岡 裕介 東京大学空間情報科学研究センター助教

研究要旨

地域における健康危機管理では、感染症の流行状況の空間的把握が、広範囲にわたる被害を抑止するための対策上重要である。本研究では、インフルエンザの流行推移から、方向性を発見するための空間分析をおこなった。流行の時間的変化を把握するにあたって、過去の流行状況が現在に与える影響を考慮した流行モデルを用いて、2006年と2007年の福岡県北九州市における、小学校欠席状況を対象とした分析をおこなった。過去の影響度に関しては、シーズン間に差異が認められたことから、隣接地域間の方向性からみた流行の空間的な連続性と、欠席状況の時間的変化との関係性が示唆された。

A. 研究目的

地域における健康危機管理において、感染症の流行状況を空間的に把握することは、広範囲にわたる被害を抑止するための対策上重要である。本研究では、例年国内各地で発生するインフルエンザを対象として、その空間的な流行推移を対象とした分析をおこなう。

インフルエンザは、流行が周期的に現れる感染症であり、国内においては、毎年11月下旬から12月上旬頃に始まり、翌年の1~3月頃に患者数が増加、4~5月にかけて減少していくという流行のパターンを示す。その個人や社会に与える影響の重大性から、インフルエンザは「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」により、感染症発生動向調査における定点把握疾患に定められている。ただ、同調査に対しては、定点の設置基準を満たしていない地域が存在するといった指摘が従来なされており（橋本ほか1999；村上ほか1999, 2003）、この状況への対処として、片岡ほか（2006）ではインフルエンザ定点報告数の母集団となる人口を推定する方法を提案している。

インフルエンザの流行を扱った研究については、Cliff et al.（1986）による空間的な側

面に着目した流行分析から、Viboud et al.（2003）の気象学的手法を用いた流行予測に至るまで、その分析アプローチは多岐にわたる。日本を対象としたものとして、中谷（1994）では空間的相互作用を考慮した理論疫学モデルによる分析がなされ、鈴木ほか（2003）では、GIS（地理情報システム）を用いた患者情報や小中学校の休校情報の解析が行われた。

本研究では、小学校の児童欠席状況を用いて、インフルエンザの流行推移から空間的特徴を発見するための分析手法の開発をおこなうことにより、地域の危機的状況の早期発見や対応支援に資することを目的としている。

今年度は、前年度のインフルエンザの流行分析にもとづき、隣接地域間の流行方向性を発見する方法の検討をおこなった*。

B. 研究方法

本研究では、インフルエンザ流行を分析するにあたり、福岡県北九州市を対象地域とし、市内全小学校の毎週の児童欠席数データを用いる。小学校の欠席数が空間分析データとして妥当である理由としては、小学校の在校生数という欠席者数に対する母集団が明確であ

るため、欠席率を尺度として他の小学校との状況比較が可能であることがあげられる。つまり、インフルエンザ流行期には、欠席率が地域の流行状況をよく反映している。さらに、流行の早期発見を念頭においた際に、迅速に収集できる可能性が高いことなども利点である。

昨年度においては、単純に各時点の欠席者数を全校生徒数で除した欠席率にもとづいて、流行分析をおこなったが、今年度は小学校規模の違いが欠席率に与える影響を考慮し、経験ベイズ地図の方法による、「標準化欠席比」を求め、これを分析に用いた。「標準化欠席率」としては、2006年の1月から12月までの、各週の欠席率の平均値を用いた。なお、計算においては、空間データ解析ソフトウェアである「GeoDa」を使用した。

流行の過程を厳密に把握するために、各地域における欠席率変化と地域間の影響に着目したインフルエンザの流行モデルを検討する。ここでは、地域間で生じる流行推移を想定し、他地域から受ける影響を考えるにあたって、各小学校区を地域単位とした隣接グラフを作成した(図1)。

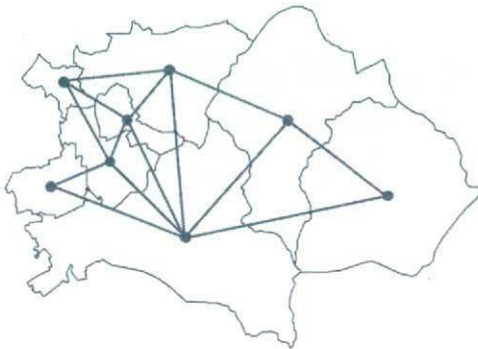


図1 各地域と隣接グラフ

次に、隣接グラフにもとづき、地域間で生じる流行の推移を定義する。モデル化では、直感的な流行の理解に即して、1) 欠席率が1週間前の時点よりも増加した、2) 1週間前の時点で、欠席率の値が隣接しているある地域よりも小さい、という条件を満たす場合に、ある地域から流行の推移が発生したとみなす。

そこで、上記の1)および2)の条件が満たされたときに、隣接する地域と自らを結んだリンクに対して、自らの地域における欠席率の増加分を重み付けし、それが時間の経過に従って加算され、更新されていく学習モデルを構築した。

ここで、流行の時間的変化を把握するにあたって、過去の流行が現在に対して及ぼす影響が、時間の経過に従って単調減少するものとする。そのとき、ある時点 T から現時点 T までの経過時間 $t=T-T$ に依存した、減衰関数 $w(t)$ に従うと考える。

このとき、地域 i における時刻 t の欠席率を $m_{i,t}$ とし、時刻 T における地域 j から地域 i への流行方向性の強度を $W_{j \rightarrow i, T}$ で表すと、以下のようなになる。

$$W_{j \rightarrow i, T} = \sum_t \Delta m_{i,t} \cdot w(t)$$

$$\Delta m_{i,t} = \begin{cases} m_{i,t} - m_{i,t-1}, & \text{if } m_{i,t} > m_{i,t-1} \text{ and } m_{j,t-1} > m_{i,t-1} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

(1)

次に、過去の流行が現在に対する影響度を表す減衰関数 $w(t)$ について考える。ここでは、 $w(t)$ は以下のような単調減衰関数で表されるものとする。

$$w(t) = \exp(-\alpha t^2) \quad (\alpha > 0)$$

(2)

地域間の方向性を把握するために、式(2)における減衰パラメータ α を決定する必要がある。

例として、 α の値が0に限りなく近い場合、過去の影響度は経過時間により減少することなく増分が加算され、時間の経過に伴って、式(1)の $W_{j \rightarrow i, T}$ は単調に増加してしまう。その一方で、 α の値が十分大きい場合には、過去の影響が反映されず、現時点の流行のみが考慮されることとなる。

そのために、時間が経過するなかで方向性の強度が大きく変化せず、ほぼ一定に保たれるような条件のもとで、式(2)のパラメータ α を決定した。具体的な方法としては、流行の

シーズンが終わる時期から遡って一定期間に含まれる、隣接地域間の方向性の地域全体量について、各時点での分散が最小となるように α を求めた。

そこで、式(1)を用いて、 $W_{j \rightarrow i, T}$ を隣接地域間の方向性の強度として各時点について計算し、強度が比較的高いものについて地図上で表示し、方向性の地域による偏りを調べた。また、それぞれの地域で、方向性を前後の時点で重ね合わせて比較をおこない、前時点の方向の始点および終点が、その後の方向性にどのように影響すると考えられるか、といった時間的な関係性を分析した。

C. 研究結果

北九州市の2006年1月から3月、および2007年1月から3月の各週の小学校欠席状況を対象として、分析をおこなった。

図2は、2006年および2007年の1月から3月にかけての、市内全小学校の標準化欠席比の平均値の時間的変化を示したものである。「第2週」とは、年始から数えて2週目を意味し、小学校の3学期が開始して初めての調査日がある週に相当する。

図2によると、2006年の流行期では、時間の経過に伴う欠席比の増減の変化が激しい一方で、2007年では、欠席比が流行のピーク時まで単調に増加し、その後単調に減少するという一般的な流行曲線に似た傾向があることがわかる。

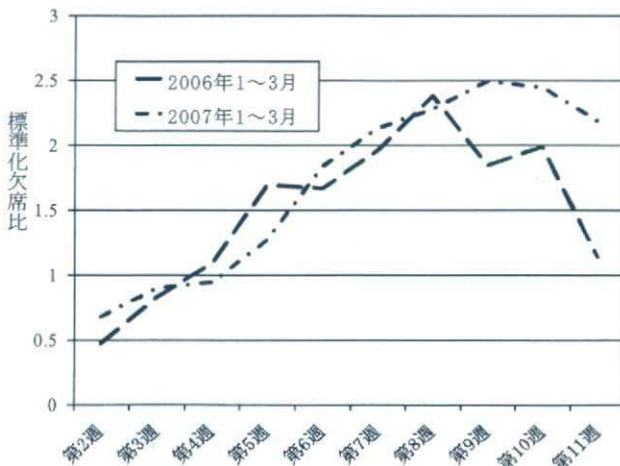


図2 標準化欠席比の時系列的変化

次に、方向性について過去の現在に対する影響度のパラメータを決定した。

図3および図4に、それぞれのシーズンにおいて、減衰パラメータの値と、方向性の全体的変化を一定化する際の各時点の分散値との関係を、用いたデータ数ごとに図3および図4に示した。ただし、図中の n は用いたデータ数を表す。

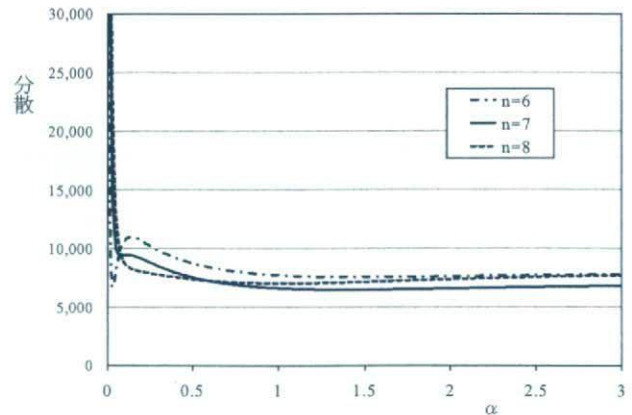


図3 方向性の時点間の分散 (2006年)

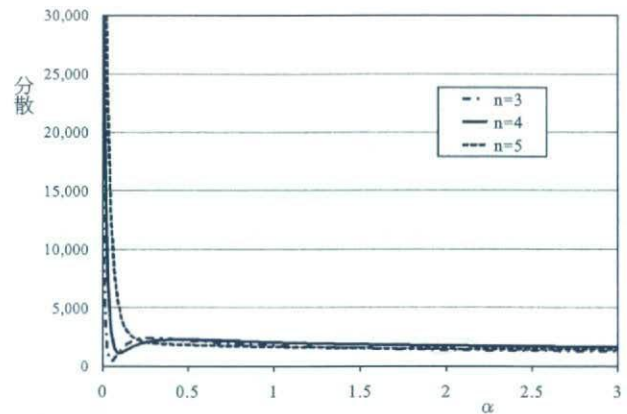


図4 方向性の時点間の分散 (2007年)

上の両方の図では、データの数が少ない状況であるほど、パラメータの値が0付近で、分散の極小値が得られる傾向がある点が共通している。特に2006年の方では、現実的な値の範囲内で極小値が2つ存在する場面があることが確認された。

結果として、方向性の時間的変化が最も一定に近づくとき、分散の最小値をとる際の減衰パラメータの値は、2006年においては、 $\alpha = 1.41$ に、また2007年においては、

$\alpha = 0.08$ と求めた。つまり、過去の流行の影響度を示すパラメータについては、シーズン間で大きな差があり、この結果は図2での標準化欠席比の時間的変化における相違に対応していると考えられる。

また、各時点の流行方向性の空間分布を図示し、前後の分布状況と重ね合わせることで、方向性の連続性について調べた。

図5は、2007年2月の「7日～14日」、「14日～21日」、「21日～28日」の3期間において発生した方向性のなかで、比較的強度が高いものについて図示したものである。

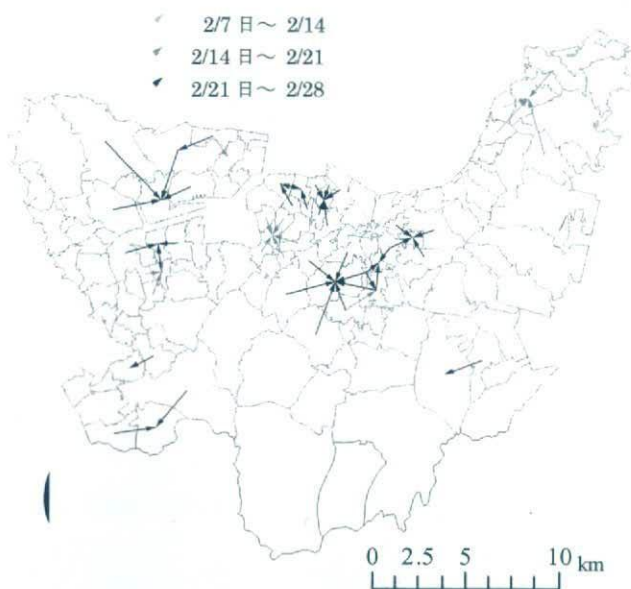


図5 流行方向性の空間分布 (2007年)

そこで、図5で示した期間のなかでも「21日～28日」の方向性について、方向性の数に関する累積頻度 (実線) と、各区分において流行の始点となる地域が、前の時点でも始点であった割合 (破線) の変化を、強度が大きいものから順に図6に示した。

図6より、強度の高い方向性においては、前時点での方向の始点から、同じく発生する傾向が強いことがわかる。

シーズンを通してみても、ある地域間に生じた方向性が、時間の経過とともに強まっていく、一方方向的な流行拡大の傾向が強くとともに、流行の始点となる地域から、その直後に別の地域へと向かう、多方向的な流

行拡大が存在している。つまり、流行の向きを表す矢印の始点にあたる地域を発生源と考えると、将来的な流行把握をおこなう上でも、始点への注意は重要であるといえる。

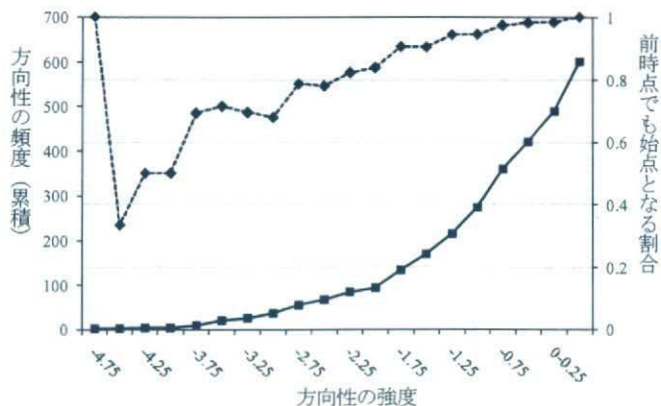


図6 流行方向における始点の連続性

D. 考察

過去の流行の影響度を決定するパラメータの値について、2006年と2007年で比較すると、両者は大きく異なるものとなっている。具体的に述べると2006年では、1週間前の流行については、その0.24の割合に相当する強度が現時点に与える影響とされる。その一方で、2007年においては、1週間前の流行の0.92の強度が影響することとなり、2006年の場合と比較すると、過去の流行が現在に大きく影響するという結果となる。

パラメータの値が小さいときには、過去の影響が小さいことから、地域全体で見たときの流行方向性では、時間的変化に規則性を見出すことが困難となる。図2のように単純な欠席比の変化を見ても、前述の通り2006年のシーズンは、2007年と比較して、増減の変化が単調でないことから、流行の変化が比較的激しかったことが推察される。

ただ、インフルエンザの流行をシーズン単位で大きく捉えると、その流行時期は大体的な場合に、各シーズンに1回であると考えられる。このような流行の典型的な特徴から、本来ならば、減衰パラメータは年次によらず安定した値であることが望まれることから、今後は、年次によらない安定したパラメータの設定に関する検討が必要とされる。

本研究で用いた、1週間間隔のデータで見ると限りでは、方向性に時間的および空間的な連続性という観点からは、明確な流行経路を見出すことは困難であった。ただ、流行の始点に着目すると、次の時点でも流行の始点となりやすい傾向があり、流行の発生源としての重要性も考慮して、方向性のより効果的な表現についても検討の余地がある。

現状の流行モデルにおいては、1) 周囲の隣接地域が多いほど、周辺地域からの方向性が単純に増加しやすい、2) 周辺地域からの方向性の強度が同一となる、という課題があげられる。そのため今後は、隣接地域間の流行の方向をより適切に表現するために、欠席比の増分を周辺の各地域で配分するなどの、流行モデルの精緻化を図ることが必要であると言える。これにより、全体として流行拡大をよりの確に捉えることが可能になると考えられる。

また、他地域を対象とした分析として、同じく小学校欠席状況調査を実施している、宮城県仙台市を扱う予定である。

仙台市では昨年度に引き続き、インフルエンザ流行期において、市内全小学校の毎週2回の欠席状況調査が実施されている。本研究では、小学校欠席率の分布図をクリギングと呼ばれる空間補間の方法で作成し、仙台市への提供をおこなっている。

図7は、現在公開されている最新の、平成21年3月13日時点の欠席状況地図である。

現在公開されている欠席率分布図では、欠席率として、単純に各小学校の欠席者数を在籍生徒数で除した値が用いられている。ただ、本研究の流行モデルで述べたように、在籍生徒数の少ない小学校においては、偶然に極端な欠席者数となった場合に、欠席率の値が不安定となる。そこで今年度は、以前の単純な欠席率で分布図を作成するとともに、今後に向けて、経験ベイズ地図の方法により補正された、標準化死亡比を計算した。これにより、規模の小さい小学校において、偶然による欠席率の急激な変化が抑制されたことが確認された。規模の小さい小学校の学区の多くは、市の周縁部の広域にまたがることから、補正

を用いた欠席率状況地図は、視覚的にも大きく改善される。

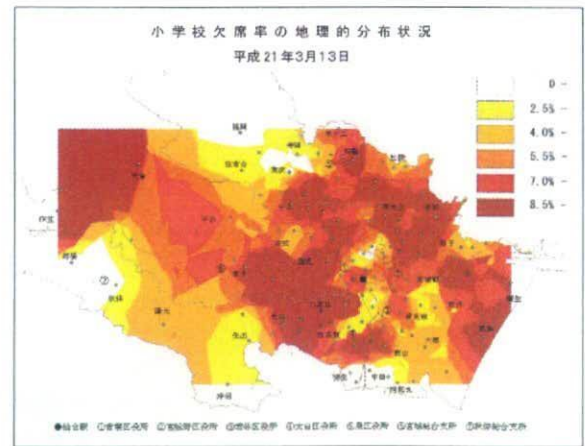


図7 仙台市HPの欠席率状況図(2009年)

また、インフルエンザなどの流行の傾向を、小学校の欠席状況からより迅速かつ適切に把握するには、可能な限り毎日に近いデータが収集できることが理想的である。仙台市の場合では、週あたり2回のデータを用いた分析が可能となるため、今年度と比較しても、より詳細な拡大傾向が捉えられると考えられる。

E. 結論

インフルエンザなどの感染症を始めとする健康危機の拡大抑止のためには、現象の空間的側面に着目した分析方法の開発が有効である。

過去の流行が現在に及ぼす影響を考慮した、学習型の流行モデルにより、福岡県北九州市の2シーズン分の小学校欠席状況のデータを用いて分析をおこなったところ、過去の影響度に関しては、シーズン間に差異が認められたことから、各シーズンで隣接地域間の方向性からみた流行の空間的な連続性と、欠席状況の時間的変化との関係性が示唆された。

小学校の欠席状況調査によって得られるデータ、および方向性に着目した流行モデルによる空間分析は、インフルエンザ流行の空間的な拡大傾向を捉えるとともに、他の突発的な危機的現象に対しても、流行の潜在的な特徴を把握し、被害の拡大抑止に寄与することができる。

F. 研究発表

1. 論文発表

郡山一明, 片岡裕介, 竹中ゆかり, 浅見泰司, 高橋邦彦, 丹後俊郎: 健康危機管理と小学校欠席状況サーベイランス, 保健医療科学 57(2), pp.130-136, 2008

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし

※本研究は、研究班の分担研究者である郡山一明氏との共同研究である。

謝辞

東京大学空間情報科学研究センターの研究用空間データ利用を伴う共同研究(研究番号114)として、以下のデータを利用した。

(株)ゼンリン提供: ZmapTownII (shape 版) 福岡県 データセット
記して謝意を表す。

参考文献

片岡裕介, 浅見泰司, 多田有希, 小坂健(2006) 地域間比較のためのリスク人口の推定方法—インフルエンザ定点報告数に関する分析—, GIS—理論と応用, 14(2), 11-18.
鈴木宏・坂井貴胤・齋藤玲子・古俣修・佐藤

勇(2003) GIS(地理情報システム)によるインフルエンザ感染症の疫学解析。「インフルエンザ」, 14(1), 35-41.

中谷友樹(1994), インフルエンザの時・空間的流行モデル—1988~1989年におけるわが国の流行を事例として—, 人文地理, 46, 254-273.

橋本修二・村上義孝・谷口清洲・永井正規(1999) 感染症発生動向調査における全国年間罹患数推計のための定点設計. 日本公衆衛生雑誌, 46, 1068-1077.

村上義孝・橋本修二・谷口清洲・永井正規(1999) 感染症発生動向調査における定点配置の現状評価. 日本公衆衛生雑誌, 46, 1060-1068.

村上義孝・橋本修二・谷口清洲・小坂健・瀧上博司・永井正規(2003) 感染症法施行後における感染症発生動向調査の定点配置状況. 日本公衆衛生雑誌, 50, 732-738.

Cliff, A.D., Haggett, P. and Ord, J.K. (1986) *Spatial Aspects of influenza epidemics*, London: Pion

Viboud, C., Boëlle, P.Y., Carrat, F., Valleron, A.J. and Flahault, A. (2003) Prediction of the Spread of Influenza Epidemics by the Method of Analogues. *American Journal of Epidemiology*, 158, 996-1006.

GeoDa (Geo Data Analysis Software) ダウンロードサイト(2009年3月時点): <http://geodacenter.asu.edu/software/downloads>

小学校欠席状況による感染症の地域アウトブレイクの把握

研究分担者 郡山 一明 救急救命九州研修所教授

研究要旨

小学校欠席状況をクリギングにより地図化することで、感染症の地域アウトブレイクを把握することを試みた。地形を考慮したクリギング地図によると、異常に集積性が高い地域の小学校において欠席理由が一致していた。小学校欠席状況のサーベイランスにより、「地形を考慮したクリギング」で地図化することで、感染症の地域アウトブレイクの把握が可能である。

A. 研究目的

我々は、昨年度までの研究において、小学校欠席率を1週間毎に集め、それぞれの小学校毎の標準化欠席比（O/E比）を空間補間することで、地域における感染症アウトブレイクの空間的把握を試み、一定の成果が得られることを報告してきた。

この方法では対象地域における地形の影響は考慮されていない。実際には山や海などは生活空間ではないために、ヒト-ヒト感染の拡大場とはなりえない。つまり、山や海はヒト-ヒト感染をきたす感染症拡大にとって「壁」として働くと考えられる。校区図のような単なる区割り図では、これら地形的な「壁」の存在については考慮されない。地域における感染症アウトブレイクを、より詳細に把握するためには、地形図と生活空間とのマッチングを行って「壁」を再現した「地形を考慮したクリギング図」を作製することが有効であろう。

そこで、昨年度まで実施してきた小学校欠席状況クリギング図を「地形を考慮したクリギング図」に改良し、地域の小学校欠席状況を把握することとした。その上で2006年度の各小学校の実際の欠席理由を調査して、「地形を考慮したクリギング図」との比較を行い、地域における感染症アウトブレイク把握が可能か否かを検討することとした。

B. 研究方法

2-1) 地形を考慮したクリギング図（地形図と生活空間とのマッチング）

小学校の標準化欠席比の空間補間においては、三次元の座標を設定した。すなわち、x軸上に小学校の経度、y軸上に小学校の緯度、z軸上に標準化欠席比を入力し、「Surfer 8」を使用してクリギングをおこなっている。

地形図において山および海となる領域は生活空間となりえないため、山と海に対して座標100点を設定し、そのz軸の値として「-0.01」を入力した。

2-2) 欠席理由調査

2006年度の学校保健健康調査簿を使い2006年度の1月の調査日における欠席者の欠席理由を調査した。欠席理由は健康調査簿で規定されている項目に基づき、「風邪症状」、「発熱」、「下痢症状」、「発疹」、「その他」の5症候に分けた。それぞれの学校の5月、6月の8日間の欠席者における欠席理由をコントロールとして比較した。比較にはt検定を用いて $t < 0.05$ を有意とした。なお、学校保健調査簿は個人名が特定できないように、各学校において名簿欄をすべて切りとった状態としたうえで教育委員会を通じて提供を受けた。

C. 研究結果

(1) 地形の考慮について

2006年、1月17日の地形を考慮しないク

リギング図 (図 1) と、地形を考慮したクリギング図 (図 2) を示す。

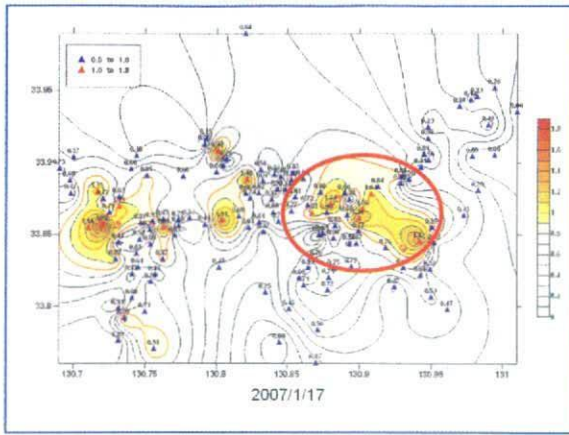


図 1 地形を考慮しないクリギング図

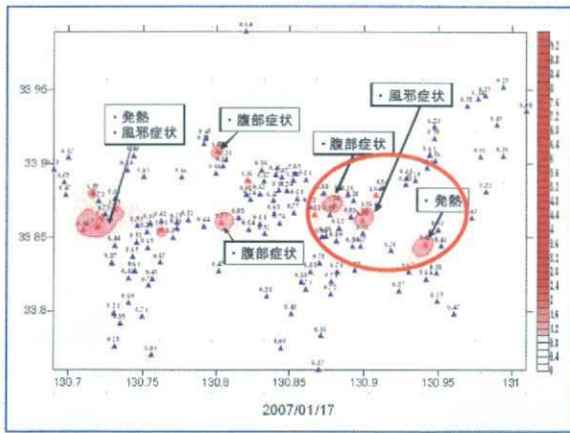


図 2 地形を考慮したクリギング図

地形を考慮しないクリギング図では、欠席状況の異常なスポットは広くまとまって示された (図 1)。これに比べて地形を考慮したクリギング図ではスポットは区分されて示された。区分されたスポット毎に欠席理由が異なっていることが分かった (図 1 と 2 の赤丸部分)。

また 1 月 17 日に北九州市西部で認められた欠席状況が高いスポットは、その後、経時的に拡大して 1 月 31 日には北九州全域に及ぶが、従来の「地形を考慮しないクリギング図」(図 3) で示された異常状況は、「地形を考慮したクリギング図」(図 4) では、その範囲が縮小・限定されて表示された。

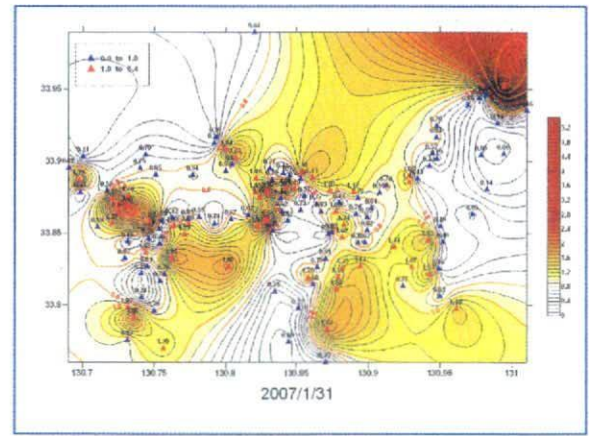


図 3 地形を考慮しないクリギング図

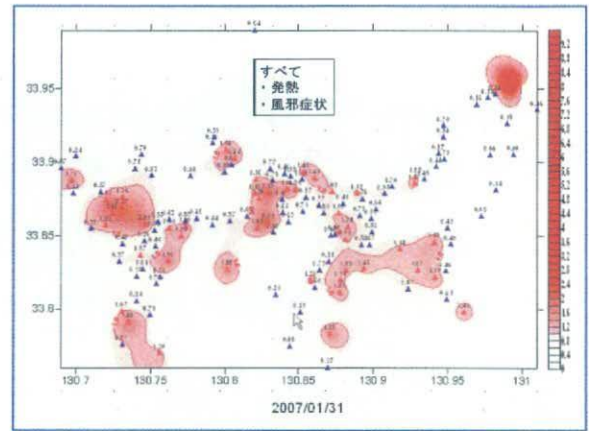


図 4 地形を考慮したクリギング図

(2) 感染症の地域アウトブレイクの把握について

北九州市の定点観測においては 2005 年 11 月に感染性腸炎がアウトブレイクしていたが、小学校欠席状況を「地形を考慮したクリギング図」に変換したところ、11 月 15 日の時点で異常な集積が複数の地域にわたる集積が認められ、地域アウトブレイクのきざしが生じていることが示唆された (図 5)。このきざしは 1 週間後の 11 月 22 日にはさらに明確になっていた (図 6)。小学校欠席理由調査では、この集積に一致する小学校では「胃腸症状」による欠席者数が平常より高くなっており、感染性腸炎のアウトブレイクと考えて矛盾はなかった。

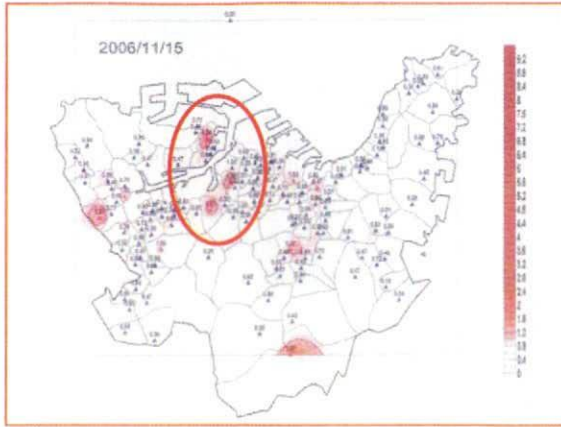


図5 11月15日 (赤丸は胃腸症状)

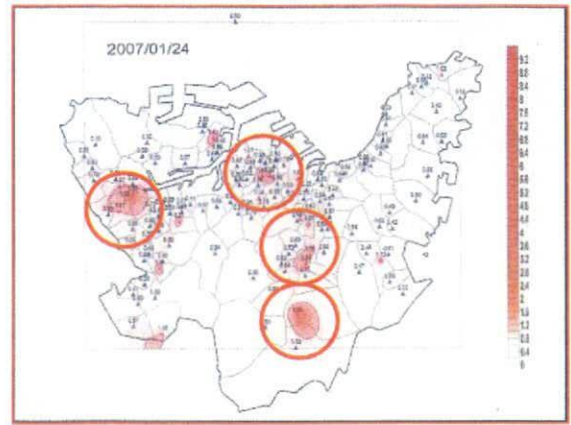


図8 1月24日 (赤丸は風邪, 発熱症状)

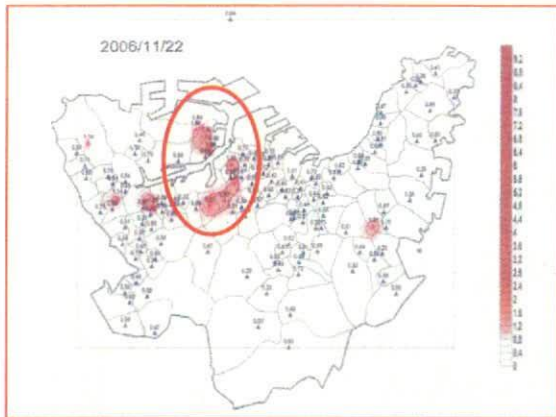


図6 11月22日 (赤丸は胃腸症状)

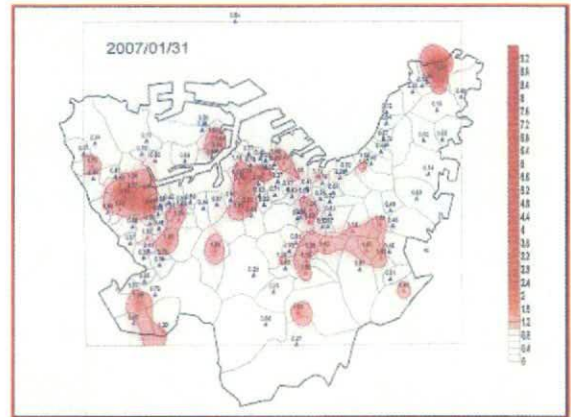


図9 1月31日 すべて風邪, 発熱症状

さらに、2006年1月17日には風邪様症状と発熱による欠席者が高い小学校の集積が市内西部に認められ(図7)、その後、急速に市内に拡大していった(図8、図9)。

1月17日で示された赤丸以外の異常集積の欠席理由は、平常に比べて胃腸症状が有意に高かった。特に青丸では胃腸症状による欠席が集積していた。

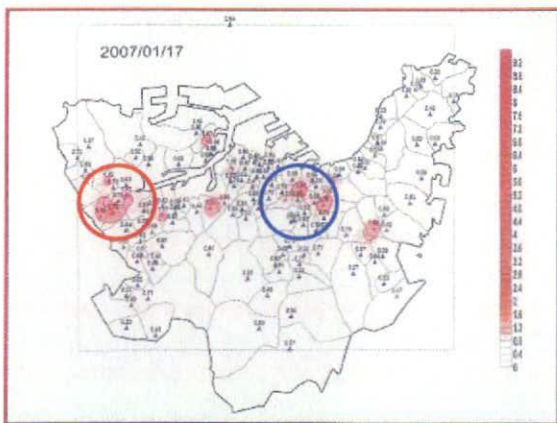


図7 1月17日
(赤丸は風邪・発熱症状, 青丸は胃腸症状)

D. 考察

感染症の地域アウトブレイクには2つの意味がある。ひとつは、その地域で感染症に罹患した患者数が一定値を超えた場合(量の増加)であり、もうひとつは空間的に拡大している場合である。地域健康危機管理の観点における感染症対策の課題は、感染症のアウトブレイクのきざしを早期に発見して、拡大防止策をとることである。したがって、本来、その地域には存在しないはずの感染症であれば、1例が発生した場合でも、その地域におけるアウトブレイクのきざしとして把握すべきであり、この場合にはあらかじめ感染症の

リストを作成しておき、医療機関を受診した患者の動向を把握する「量」に着目した方法が有効であろう。実際、この方法を用いているのが定点観測である。

一方、感染症の初期症状は殆どの場合、発熱、呼吸器症状、消化器症状、中枢神経症状、皮膚症状のほぼ5種類に概括されるため、初期症状から病原体を確定することは困難であり、予め感染症のリストを作成する方法では、アウトブレイクのきざしを把握することには大きな限界がある。きざしを捉えるために必要なのは「である」という正確な診断名ではなく、「かもしれない」という疑い段階での迅速性である。そのためには、感染症の原因を把握するのではなく、感染症によって引き起こされる現象をサーベイランスし、地域を柔軟にとらえて比較・検定を行い、空間的に異常な集積を把握した段階でクラスター内の医療機関に連絡して患者情報を集めるという2段階の方法を採用することが有用であろう。

我々は、各小学校の欠席状況をクリギング法によって空間補間することによって、地域内の異常欠席の集積を把握する試みをしてきた。一般に欠席状況に異常集積があることは、集積地域の学童が同一の曝露源に接したか、当該地域にヒト-ヒト伝播を来たす感染症のアウトブレイクが起きているかの2つの場合に限られる。

今回の欠席理由調査では、クリギングにより地図化することで示された異常集積の地域では同様の欠席理由になっていることが分かった。異常集積地域には感染症アウトブレイクが起きている可能性が非常に高いと考えられ、少なくともアウトブレイクの「きざし」ととらえて積極的な介入を図るための十分な根拠にはなろう。

ヒト-ヒト伝播は生活空間で伝搬するのであるから、山や川は感染拡大には「壁」の役割を果たすはずである。

今回、山や川等の「壁」となる地形を考慮したクリギング図を作ることで、地域において異なる感染症がアウトブレイク状況を把握できた(1月17日)。この結果は、小学校欠席状況を「地形を考慮したクリギング図」にすることで、地域内に複数の感染症がアウトブレイクしている場合でも把握できることを示している。

これらの結果は感染症アウトブレイクを空間的な拡大の面からとらえたものである。本方法の最大の特徴は、感染症アウトブレイクの対象地域を「県や市、町」といった事前に定められた地域内の「発生量」として把握するのではなく、「発生状況」が異常な範囲を可変にすることで拡大状況を把握できることである。実際、今回の方法では定点観測が対応している北九州市全域の広さではなく、校区レベルを最小単位として、その拡大状況の把握を可能としており、感染症の地域アウトブレイクを早期に把握することが可能となると考えられる。

E. 結論

小学校欠席状況による感染症の地域アウトブレイクの把握は可能である。

特にインフルエンザと同等の拡大性を持つ感染症では、早期に地域を限定して把握ができる。

F. 研究発表

1. 論文発表

郡山一明, 片岡裕介, 竹中ゆかり, 浅見泰司, 高橋邦彦, 丹後俊郎: 健康危機管理と小学校欠席状況サーベイランス, 保健医療科学 57(2), 130-136, 2008

郡山一明, 第4章 戦略的危機管理: 原因が未確定の段階からの対応, 新型インフルエンザ 健康危機管理の理論と実際, 佐藤 元編集, 東海大学出版会, 34-45.