

図7 欠席者数の理論値と観測値の相関係数の頻度分布

ンがよく類似していると言える。その一方で適合度が低いグループについては、全校生徒数が非常に少ない小学校が3校含まれていることから、欠席者が不安定に推移しがちな小規模校において、モデルによる結果の信頼性が低いことが確認できる。

全体的な傾向として、適合度が低いものについては、欠席者数が急激に増加した時期に両者の乖離が大きくなる傾向がみられ、この理由としては、影響のある小学校を20校程度に限定して計算したことに加えて、データの無い市外の小学校の影響を十分に捉えきれなかったことがあげられる。ただ、理論値は概して観測値を下回る傾向が示されていることから、先述の通り既に回復して欠席する必要のなかった児童が、学級閉鎖により欠席者数として集計されている事情による影響が疑われ、そのような状況で閉鎖学級数が急激に増加した期間において

は、モデルによる理論値との乖離が生じ、適合度が低くなるという結果を導いたことも考え得る。

## 6. おわりに

本研究では、地域内と地域外の流行状況を考慮した感染症の流行過程を記述するモデルを構築し、新型インフルエンザを対象として小学校の児童欠席状況データを用いた時空間分析をおこなった。分析の結果として、各校区における校区内と校区外の影響の関係性や両者の地理的分布、そして校区間の移動量の増加に伴って感染への影響は同程度の割合で増加することなどが示された。

本研究のモデルでは、各地域の感染者数から感染リスクを推定するというアプローチをとっており、それらのパラメータに関して特定の感染症を想定した設定をおこなっていない。言うまでもなく、流行推移の精確な把握において疾病の特性を加味することは重要ではあるが、現実には毎年流行していた季節性のインフルエンザであっても、1人の感染者から平均して何人に感染が発生するかを示す基本再生産数<sup>11)</sup>などの適切な設定は困難である。そのため、本研究で対象とした新型インフルエンザのような特に動態が明らかではない感染症をはじめとして、情報が少ない未知の健康危機の流行把握に有効性の高いモデルとなっている。

危機対応という観点からは小学校欠席者数は、医

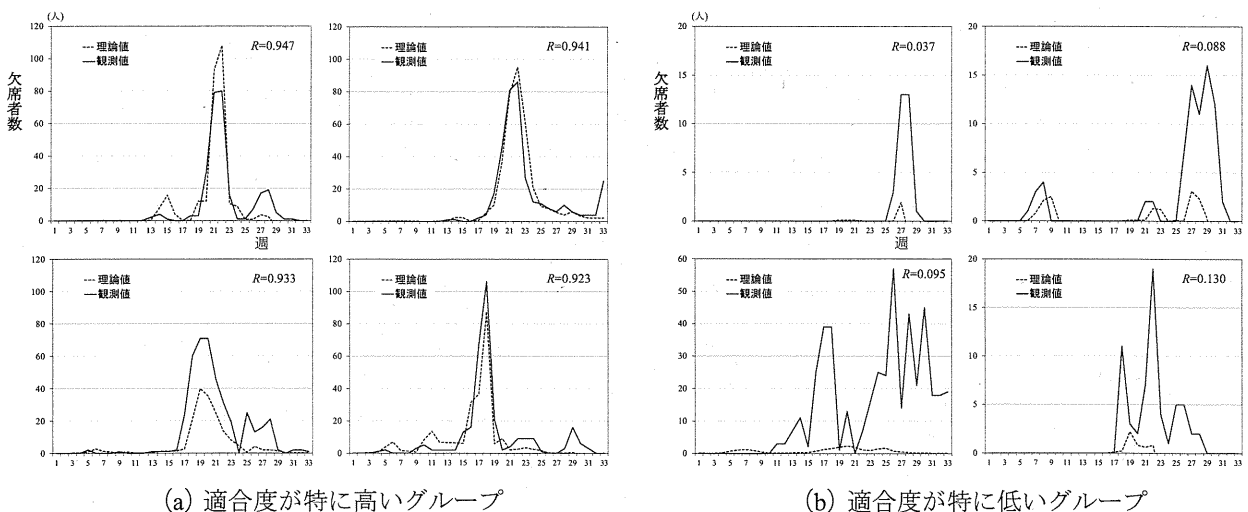


図8 欠席者数の理論値と観測値による流行曲線の比較

療機関による診断とは異なり欠席理由を限定しない形式が一般的であり、インフルエンザに限らず全ての病欠を集計する性質の調査であることから、状況が不明瞭な健康危機にも対応可能な柔軟性がある。さらには、流行状況の視覚化といった有意義な情報の伝達なども視野に入れた、緊急時での空間情報としての有効活用の可能性も期待できる。ただ、流行している事象が単一ではなく、複数の事象が時を同じくして発生している場合には、当然ながら個々の欠席者がいずれの事象によるものかの判別が要求されることにも留意しておかねばならない。

本研究の課題としては、以下の点があげられる。第一に、本研究で対象とした新型インフルエンザのような新興感染症の場合とは異なり、地域で既に免疫をもっている人たちの存在が無視できない場合には、感受性人口が既知の母集団で容易に代替できないため、新たに対処が必要となる。第二に、分析に用いられた欠席者数に関して、小学校における学級閉鎖等の措置は、欠席児童が多数にのぼる通常の場合に加えて、危険性が高い感染症の流行拡大を抑止することを目的として、流行初期に実施される場合も有り得ることである。その場合は当然ながら、各小学校の欠席状況が地域の流行状況を反映しておらず注意を要する。

今後の研究の方向性としては、複数年度の小学校欠席状況データを用いることで、感染症流行においてどのような空間的要因が影響しているのかについて考察することがあげられる。

## 謝辞

本研究をおこなうにあたり、国立保健医療科学院技術評価部高橋邦彦主任研究官より貴重なコメントを頂戴した。本研究は、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)「健康危機事象の早期探知システムの開発・普及に関する研究」(代表:浅見泰司)の支援を受けた。また、仙台市衛生研究所より欠席状況調査のデータを、仙台市都市整備局より仙台都市圏パーソントリップ調査のデータを提供いただいた。ならびに、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

う共同研究として、「ZmapTownII (shape版) 宮城県データセット」を利用した。最後に、複数の匿名の査読者より多くの有益な御指摘を頂戴した。

記して謝意を表する。

## 注

- 1) 神垣太郎, 押谷仁 (2009) 新型インフルエンザ流行時における学校閉鎖に関する基本的考え方. < [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/influtaisaku/syousai/\\_icsFiles/afiedfile/2009/09/28/1285232\\_3.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/influtaisaku/syousai/_icsFiles/afiedfile/2009/09/28/1285232_3.pdf)>.
- 2) 高橋ほか (2009) では、新型インフルエンザの潜伏期は1~7日(中央値3~4日)、感染可能期間は症状発症1日から症状発症後5~7日程度(小児では10日程度)とされている。
- 3) 太田ほか (2009) によれば、本研究で使用した欠席者数を全校生徒数で除した欠席率と、仙台市の感染症発生動向調査における1医療機関当たりのインフルエンザ罹患者数との間に、強い正の相関が認められることが確認されている。
- 4) 厳密に言えば、初期の感受性人口として、インフルエンザ以外の理由による欠席者数を全校生徒数から除いたものを用いるべきではあるが、インフルエンザ以外の欠席者数の収集が困難であることから、分析においては全校生徒数を用いた。
- 5) 中ゾーンの大部分は、国勢調査の町丁・字等境界データに対して階層関係の上位にあるため、町丁・字等境界データにもとづいて中ゾーンの空間データを作成した。人口が少ない周縁部の一部地域において、実際の中ゾーンと境界が一致せず隣接する他のゾーンへ統合したものが一部存在するが、本分析に影響する程度のもではない。
- 6) 125校の中には分校1校を含む。
- 7) 当期間の調査実施回数は全32回であるが、その他に学校が休日の2日分についても、前後の調査日のデータの平均値を用いることで、全34回分のデータとして分析に用いている。また、調査回数の中には祝日に重なったため、前後の

日に調査日を振り替えたものが1回分ある。週2回の頻度については、例年の調査現場における負担などを考慮したものであり、可能な限り祝日を避けるために火曜日と金曜日が調査日とされている。

- 8) 調査日の間隔に休日を含む期間と含まない期間が存在することから、本来は児童の接触機会の差異による影響についても考慮することが望ましい。本研究においては、図1の欠席者数の時間的推移から、一方の期間が他方と比較して異なる特徴が特に見出せなかったこともあり、間隔日数の違いによる影響を重視したデータの補正をおこなった。
- 9) 計算にあたってはMATLAB Optimization Toolboxを使用し、最適化計算のアルゴリズムはtrust-region reflective法で、解の変位が既定の許容誤差( $1.0 \times 10^{-6}$ )より小さくなった時点で計算が終了される。なお、初期値はそれぞれ、 $\alpha_i (i=1, 2, \dots, 125)$ は0.01,  $\beta_i (i=1, 2, \dots, 125)$ は0.0001,  $\gamma$ および $\varepsilon$ は0.5,  $\delta$ は0.1,  $S_{\text{out}}(0)$ は100000,  $I_{\text{out}}(t) (t=1, 2, \dots, 33)$ は10とした。
- 10) 初期値をはじめとして1回目と同じ条件下でおこなった2回目の計算の結果、再計算された全パラメータにおいて1回目で得られた推定値とほぼ同じ値が得られている。
- 11) 基本再生産数 $R_0$ は(2)式の $\beta$ および $\gamma$ を用いて、 $R_0 = \beta/\gamma$ で表される(ギセック, 2006)。

## 参考文献

稲葉寿(2008)『感染症の数理モデル』, 培風館。  
太田博, 矢崎さくら, 嶋崎順子, 吉田菊喜(2009) 学童欠席率を用いたインフルエンザ流行状況の迅速な把握について(平成21年度)。「仙台市衛生研究所報」, **39**, 45-56。  
尾身茂(2009) 新型インフルエンザ—公衆衛生学的観点から—。「日本公衆衛生雑誌」, **56**(7), 439-445。  
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。

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(2008) 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。  
高橋亮太, 関なおみ, 梅田珠実(2009) 我が国の新型インフルエンザの発生に係る対応と課題。「保健医療科学」, **58**(3), 201-206。

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。

ギセック, J.著, 山本太郎, 門司和彦訳(2006)『感染症疫学—感染性の計測・数学モデル・流行の構造』, 昭和堂。

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

Mao, L. and Ling Bian, L. (2010) Spatial-temporal transmission of influenza and its health risks in an urbanized area. *Computers, Environment and Urban Systems*, **34**, 204-215.

Iwatsuki-Horimoto, K., Horimoto T., Tamura D., Kiso M., Kawakami E., Hatakeyama S., Ebihara Y., Koibuchi T., Fujii T., Takahashi K., Shimojima M., Sakai-Tagawa Y., Ito M., Sakabe S., Iwasa A., Takahashi K., Ishii T., Gorai T., Tsuji K., Iwamoto A. and Kawaoka Y. (2011) Sero-prevalence of pandemic 2009 (H1N1) influenza A virus among schoolchildren and their parents in Tokyo, Japan. *Clinical and Vaccine Immunology*, **18**(5), 860-866.

Nakaya, T., Nakase, K and Osaka, K. (2005) Spatio-temporal modelling of the HIV Epidemic in Japan based on the national HIV/AIDS surveillance. *Journal of Geographical Systems*, **7**, 313-336.

Ohkusa, Y. and Sugawara, T. (2007) Application of an individual-based model with real data for transportation mode and location to pandemic influenza. *Journal of Infection and Chemotherapy*, **13**, 380-389.

Smallman-Raynor M., Johnson N. and Cliff A.D. (2002) The spatial anatomy of an epidemic: influenza in London and the county boroughs of England and Wales, 1918-1919. *Transactions of the Institute of British Geographers*, **27**(4), 452-470.

Viboud, C., Børnstad, O.N., Smith, D.L., Simonsen,

L., Miller, M.A. and Grenfell, B.T. (2006) Synchrony, Waves, and Spatial Hierarchies in the Spread of Influenza. *Science*, **312**(5772), 447-451.

(2012年1月26日原稿受理, 2012年8月29日採用決定, 2012年11月9日デジタルライブラリ掲載)



