

A-013

小児感染症：流行現況の早期検知と流行予測のアルゴリズム

Algorithm for detection of Current State at Early Stage and Forecast of Epidemic for Infant Infectious Diseases

長谷川 伸作†
Shinsaku HASEGAWA井上 仁キ
Masashi INOUE陶山 昭彦§
Akihiko SUYAMA

1. はじめに

全国的な感染症発生動向調査事業は、感染症発生・流行を的確に把握し、速やかな情報の還元と有機的活用、適切な予防措置、まん延の防止を目的に1981年から実施されている。しかしながら、全国また各都道府県別に5-10年程度の短期の数値データの感染症発生数が提供されているにすぎない。長期間のデータの提供には乏しく、しかも流行状況の把握や傾向分析については、目視的な経験則によった観察結果が示されているにすぎない。全都道府県別、地域別のデータによる総合的な評価の取り組みはなされておらず、感染症発生現況の評価や流行予測について、地域相互間の波及・伝播状況とともに捉えることは難しい状況にある[1-4]。

今回、疾病発生・流行状況の資料提供ならびに小児感染症の市中発生動向の把握や感染症流行の早期検知を目的として、感染症発生動向調査の地域別データにおける患者発生の現況把握、流行予測のアルゴリズムについて検討した。

2. アルゴリズム検討の概要

感染症発生動向調査で取り扱う感染症のうち、1981年から現在までのインフルエンザ定点および小児科把握の13感染症を対象に時系列データの解析を実施した。

①データの欠測部分を調整する補完や定点設定の変更・定点医療機関の診療科目の変更・報告基準の変更による不連続性の調整などを実施し、時系列分析可能なデータ系列とした。②基本統計量によるデータの構造解析を行い、データの分布とその位置を捉えた。③時系列解析による傾向変動、季節変動、循環変動、不規則変動等の抽出を行った。これら解析に基づく④各感染症の現況把握および当該週における警報・注意報等のシグナル発令のためのアルゴリズムを設定し、現況把握を行い、またこれらによる1から4週間におけるシグナル提示の検討を行った。⑤流行予測数値(1年程度)の算出について合成分析、類似ベクトルの当てはめ、ARIMA FORECASTで試みた。⑥計測された警報・注意報等のシグナルや流行予測値(期待値)について、後に計測された実測値との比較検討を行った。

3. 方法

3.1 データの準備

感染症発生動向調査[1-4]、1981年から現在までの全都道府県別のインフルエンザ定点および小児科定点把握対象の13感染症[1-5]の定点当り報告数/週を用いた。

† 北海道立衛生研究所

キ 鳥取大学総合メディア基盤センター

§ 放射線影響研究所

①データ欠測値の補完方法、②データの時間軸の調整方法、③統計解析計算のためのデータ修正方法(集計方法の変更などにより、解析に支障が生じるような変化には、変換点を境に一定数の加算もしくは係数の乗算をするなどの調整)などのデータの補完ならび調整方法については、先の方法によった[5-11]。

3.2 時系列プロット(基本データグラフ)の作成

過去から現在までの患者発生動向調査定点当り報告数について、X軸に週、Y軸に患者発生定点当り報告数/週、Z軸に全国・都道府県別・北海道内21医療圏別・保健所別をプロットし、表示させた。

長期に渡る時間経過のうちには、数値データが大きな変化や、流行期の大ピークに惑わされて、少ない領域での値の変化が読み取れなくなる場合などには、Y軸を対数目盛りなどにする表示も行った。

3.3 短期的状況把握のための計測法

以下の状況把握のための計測ならびに基本統計量の計測を行った[6-12]。①好発週の設定、②4週報告数の当該年8週報告数に対する比、③4週報告数の過去5年間報告数(前、当該、後の各4週×5年間)に対する比(CPEG)、④当該週の過去5年間報告数(当該週を含む前5年間)における標準化変量、⑤当該週を含む前5年間報告数の平均値(以上、図1を参照)、⑥当該週を含む前5年間報告数の標準偏差、⑦当該週を含む前5年間報告数のベースライン95(平均値±2シグマの範囲においてほとんど(95%)が含まれるとする値を当該週毎に計測しプロットしたライン)およびその5年間平均値(当該週毎に当該週を含むそれ以前の値の平均値、⑧当該週を含む前5年間報告数のベースライン68(同様に±1シグマのライン)およびその5年間平均値(当該週毎に当該週を含むそれ以前の値の平均値、⑨“当該週報告数”の“当該週を含む前5年間報告数のベースライン68”との乖離、⑩コレログラムおよびパワースペクトルによる周期循環および周期強度の計測。

なお、①の好発期の計測は、各期別(週または月)の中心化移動平均(52週または12月)を計測し、原系列との乖離から移動平均乖離率の期別集計を行った。移動平均乖離率を好発の度合いと捕らえ、各期における移動平均乖離率の過去25年間の平均値が0以上の場合を好発期(好発週・好発月)とした。

3.4 警報・注意報発令アルゴリズム

(1) 現況把握における警報・注意報発令アルゴリズム

当該週の感染症流行の警報および注意報等のシグナル発令は短期的状況把握のための計測法(図1)に基づくアルゴリズム(図2)によって行った[5-7, 10, 11]。

報告数が多く、好発期に限らず年間を通して報告される流行性耳下腺炎、水痘などは、「当該週報告数」が「ベース

ライン68値(前5年間における)」以上の場合で、「当該週の標準化変量(同)」 ≥ 1 または「当該週のCPEG(同)」 ≥ 1 であれば警報、これ以外は注意報とした。「当該週報告数」が「ベースライン68値(同)」未満かつ「ベースライン95値(同)」以上の場合で、「当該週を含む前4週/前8週報告数比」 ≥ 1 であれば上昇傾向とした。インフルエンザ、ヘルパンギーナは、「当該週報告数」が「ベースライン68値(同)」以上を警報、「ベースライン95値(同)」以上を注意報などとし、各感染症により調整した。なお、好発期に大半が報告されるインフルエンザ、手足口病、ヘルパンギーナ等では各々のベースラインを調整した。

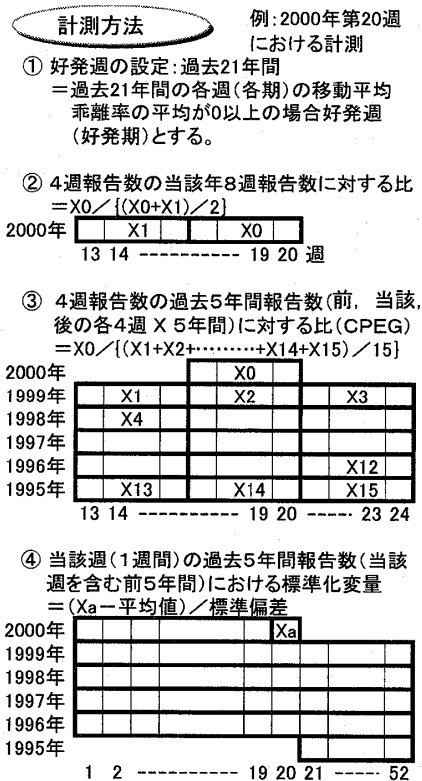


図1 短期的状況把握のための計測法(2000年第20週の場合を例に)

| プログラム1 (インフルエンザなど一部の感染症を除く) | 表示 |
|---|------|
| ■「当該週報告数」が「ベースライン68-前5年間」以上 | |
| ●「当該週の標準化変量(前5年間における)」 ≥ 1 、または「当該週のCPEG(前5年間における)」 ≥ 1 | 警報 |
| ●上記以外 (「当該週報告数」 \geq 「当該週ベースライン68(前5年間における)」) | 注意報 |
| ■「当該週報告数」が「ベースライン68-前5年間」未満、かつ「ベースライン95-前5年間」以上 | |
| ●「当該週を含む前4週/前8週報告数比」 ≥ 1 | 上昇傾向 |

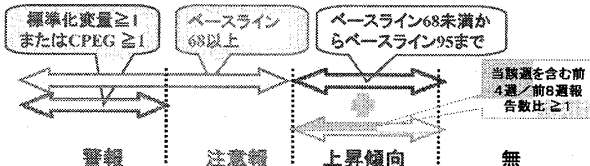


図2 警報・注意報のアルゴリズム(現況把握における)

(2) 1から4週間の警報・注意報発令アルゴリズム

- ① 現況の警報・注意報のシグナルは前出の方法による。
- ② 計測週の現況シグナルがそれら境界域から乖離している場合は次週以降もそのシグナルとし、境界に位置する場合は「4週報告数の当該年8週報告数に対する比」が1以上では同等のまたは上位のシグナルを呈示し、それ未満では下位のシグナルを呈示させた。なお、「同比」は2週間継続するとして対応する。
- ③ 「ベースライン68」以下において、計測週の前の週にシグナル表示がある場合、「4週報告数の当該年8週報告数に対する比」が1.0未満0.8以上で前週よりその比が上昇している場合、もしくは好発期に位置する場合は同等のシグナルを表示した。この場合においても「同比」は2週間継続されるとして対応する。また、「同比」が前週より低下した場合には次週のシグナルの表示をしなかった。

3.5 流行予測値の算出

(1) 合成分析による予測法

EPA法(Economic Planning Agency Method 経済企画庁・米国商務局のCENSUS局法を改善・開発した方法)[12]によりT(Trend 趨勢的傾向要素)・S(Seasonal variation 季節変動要素)・C(Cyclical component 循環変動要素)・I(Irregular variation 不規則変動要素)を計測し、重回帰分析を行う。

- ① 原型列を次のステップにより、T,C,S,Iの要素に分離する。
- ② TとSとを予測する。
- ③ 説明変数(独立変数)を選択する。
- ④ 重回帰分析による予測モデルの検討する(過去のデータで;理論値と実績値の一致を図る)。
- ⑤ T,Sの予測値、選択した説明変数の将来性を、重回帰分析により得た関数式に代入し予測を行う。

合成分析は短期23か月以内の場合、24か月~35か月の場合および36か月以上の場合に分けてプログラムをセットし、対応する。

流行予測値と後に実際に経験する実測値からの乖離の許容範囲は前後20%前後で、一致(正解)したと見なし、また、予測値が実測値の前後30%であり、かつ指し示すベクトル方向が一致した場合には「ほぼ一致」とする。

(2) 類似ベクトルの当てはめによる予測法

類似ベクトルの当てはめによる予測法では、対象が同期的な変動を見せ、また不規則に変動しても、いずれ近似的の類似パターンが繰り返されるものと考えに基づいた(Farmer,1987)[13]。

① 合成分析の理論予測値を利用する(修正予測)。

予測開始点における実測値と合成分析における理論予測値が大きく離れている、また類似の予想を示すベクトルを過去のデータから探し出すことができない場合、類似ベクトルを合成分析の理論予測に求める。予測の始点がかけ離れている場合には、合成分析によって示された理論予測値を予測点における原型列末端(予測点)に等比的または対数的にシフトし、当てはめて接続する。

② 過去のデータから探す。

予測値計測点に隣接するベクトルと類似した様相を示すものを過去のデータから見つけだし、当てはめてモデルを作成する。過去データから探しだした類似ベクトルが予測開始点の原型列末端の発生数と同程度であればその数値を

与え、以降もそのベクトルを利用する。なお、発生数に多少がある場合は、上記と同様に等比的または対数的にシフトし、原型列末端に当てはめて接続する。

(3) ARIMA FORECAST による流行予測

時系列の予測には、非定常過程に対する時系列モデルである ARIMA モデル (自己回帰和文移動平均モデル) を利用した。平均値が時間的に変動する場合 (傾向変動が見受けられる場合など) は、平均値揺動を取り除くために時系列の階差をとり、その階差時系列に対して ARMA モデル (自己回帰移動平均モデル、定常的な時系列過程を前提としたモデル) を適用する方法である。

ARIMA_APPROX_FIT によって、適切に差分値化された時系列の自己相関関数から ARIMA モデルの数列の予備予測を行なう。これをもとに、ARIMA_FIT により、パラメータを算出した後、ARIMA_FORECAST により、当てはめられた ARIMA モデルによった予測を行った[14]。

4 結果

4.1 時系列の基本データ表示から患者発生の目視観察を行う

感染症発生動向調査開始の1981年第27週(7月)から現在までの週単位集計の全国および都道府県別、北海道内二次医療圏別、保健所別の患者発生定点当り報告数をグラフにプロットした時系列グラフからは長期的流行の推移、季節変動および循環変動が目視的に観察される。図3に全国・北海道の定点当り報告数(主な感染症/1981年-)の例を、流行性耳下炎全国・都道府県別の例を図4に、また同じく第二次医療圏別の例を図5に示した。これらから目視的に、長期的な流行の推移、季節変動および循環変動が観察された[5-8, 11, 12]。

感染症の個々の時系列プロットの波形は、種々の要因によって影響を受け、季節周期(好発期)、循環変動(数年以上の周期)、長期趨勢を形成していると考えられる。目視では、好発期のはっきりしたインフルエンザ、ヘルパンギー

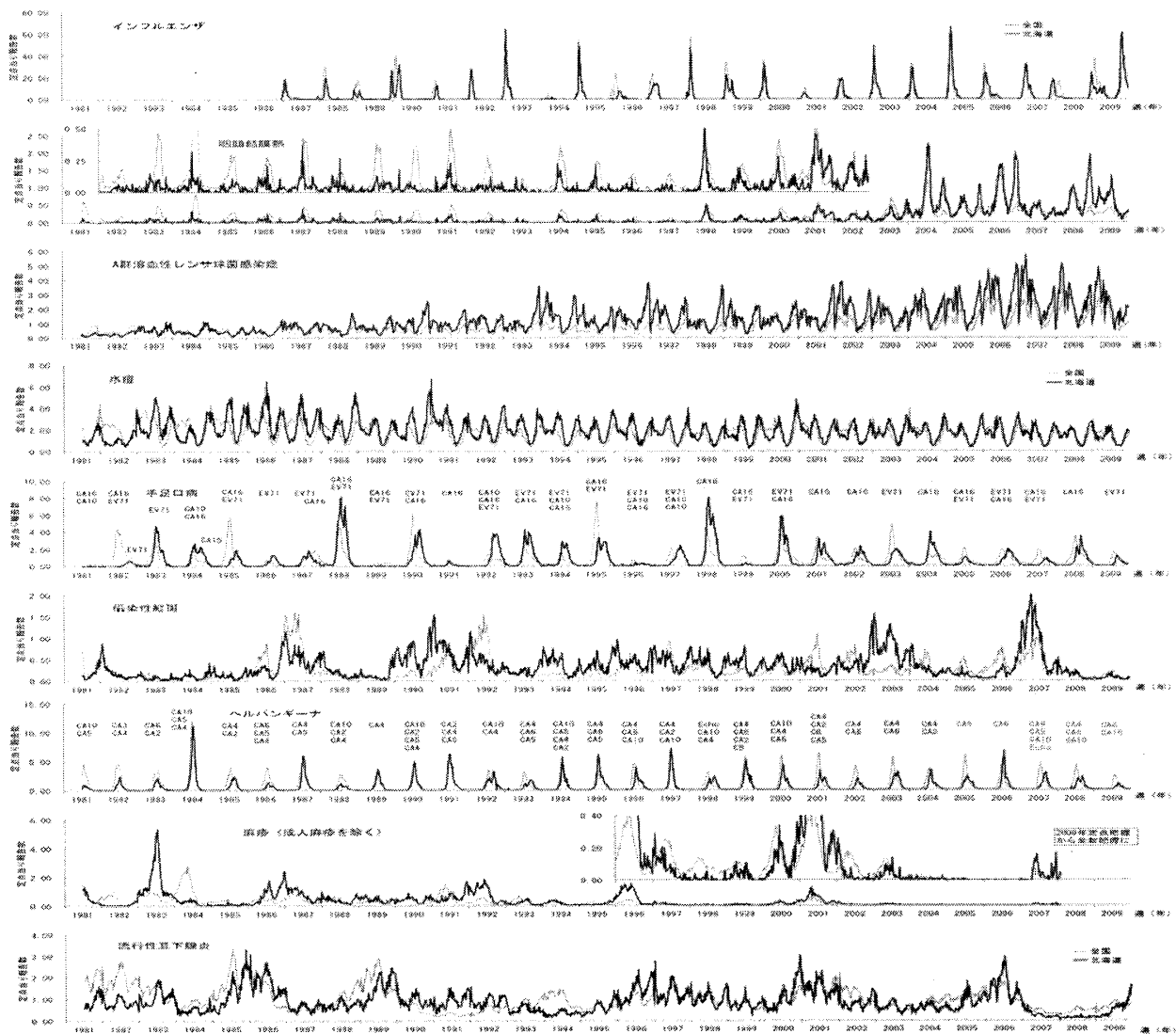


図3 全国・北海道の定点当り報告数(主な感染症/1981-2009年)

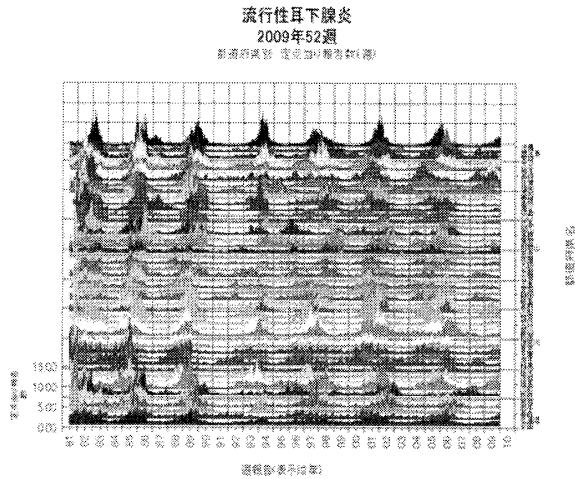


図4 都道府県別定点当たり報告数(流行性耳下腺炎/全国都道府県別)

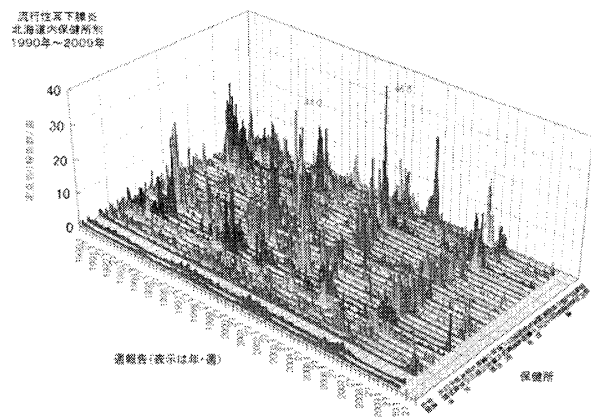


図5 第二次医療圏別定点当たり報告数(流行性耳下腺炎/北海道内保健所別)

ナなどの感染症では、地方(都道府県)におけるその波形は報告数の多少はあるものの、全国平均に同期して推移しているのがみられる。一方、他の多くの感染症は、地方地域での流行の波形は近隣からの影響を大いに受けて、個々に異なる様相を呈する。伝染性紅斑、風しん、麻しん、流行性耳下腺炎では、必ずしも流行波形は同調しないで、づれたり、その規模を異にする。第二次医療圏・保健所間ではさらに複雑な様相を示した。そのため、今回の観察は都道府県までのレベルに止め、それ以下の単位での評価は控えた。

4.2 状況把握のための計測結果

(1) 年間発生パターン

各感染症は地域(都道府県別・第二次医療圏・保健所別)で様々な年間の発生パターンが示された。全国および北海道別の定点当たり報告数の25年間時系列データにおけるベースライン(通常報告される報告数の最低線)の高低、移動平均乖離率の期別集計による好発期から年間発生状況を表1に示した。年間発生状況から、①インフルエンザ、咽頭結膜熱、手足口病、風しん、ヘルパンギーナ、麻しん、急性出血性結膜炎は、好発期が鮮明で、好発期以外での発生

は殆ど認められない、季節変動が明瞭な感染症、②A群溶血性レンサ球菌咽頭炎、感染性胃腸炎、水痘、伝染性紅斑(北海道)、流行性耳下腺炎、流行性角結膜炎は、季節変動は認められるが、好発時期以外にも報告があり、通年発生でベースラインが高い感染症、③突発性発疹、百日咳は報告数が少ないまたは報告数の変動が少なく、一定の報告数を示すなどの感染症などに分別された。

麻しん、風しんでは、近年、都道府県別、第二次医療圏、保健所別ともに、ほとんど発生が見られないとするベースラインは低かった(なお、2008年以降は全数把握へ変更のため07年までの計測による)。流行性耳下腺炎の都道府県別(図4)ではベースラインが高く、好発期は観察されるが一年間をとおして発生がみられた。しかし、個別の地域の保健所では定点数が少なくなり、そこでは全く報告がない期間が存在したり、好発期以外での発生も補足・観察されることとなり、地域による様々な状況が観察された(図5)。

「4週報告数の当該年8週報告数に対する比」からは、直近の過去8週間程度における報告数の増減が、「CPEG」からは過去5年間当該12週間における報告数の多少が「標準化変量」からは過去5年間の報告数の平均との多少が計測された。

表1 好発期(月) 全国・北海道年間発生パターン

| 感染症名 | 地域 | 年間発生パターン | | 好発期(月) | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----|-----------|------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|--|--|--|
| | | ベースラインの高低 | 通年発生 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | |
| 1. インフルエンザ | 全国 | 低 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. 咽頭結膜熱 | 全国 | 低 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. A群溶血性レンサ球菌咽頭炎 | 全国 | 高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. 感染性胃腸炎 | 全国 | 高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. 水痘 | 全国 | 高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. 手足口病 | 全国 | 高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. 伝染性紅斑 | 全国 | 低→高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. 突発性発疹 | 全国 | 低→高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. 百日咳 | 全国 | 高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10. 風疹 | 全国 | 低 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11. ヘルパンギーナ | 全国 | 低 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. 麻疹 | 全国 | 低 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13. 流行性耳下腺炎 | 全国 | 高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14. 急性出血性結膜炎 | 全国 | 高→低 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15. 流行性角結膜炎 | 全国 | 高 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |

*1. 発生発生率と期別報告数(1981年7月～2004年のデータによる。ただし、インフルエンザは1987年1月からのデータによる。各計測方法については報告文(6)を参照。
 *2. 1980年代の状況を表示。
 *3. 1990年代の状況を表示。
 *4. 近年報告数少なく、また流行も殆どなくなり、状況を表すことが、1980年代の状況を表す。全国(黒)好発期、北海道(斜線)発生の場合の好発期以外の期間

(2) 感染症流行の長期趨勢と周期変動

各感染症流行の長期趨勢変動、季節変動周期、循環変動周期を算出し、加えて年間発生(流行)パターンなどの解析結果をまとめ表2に示した。通常用いられる基本統計量に加え、循環変動(周期)など、客観的に隠れた周期をも観察することができた。

各感染症は長期趨勢および周期特性から以下の様に区分された。①毎年流行し、季節周期(好発期)が一定期間に限られる感染症(インフルエンザ、咽頭結膜熱、手足口病[ただし、非流行年有り]、ヘルパンギーナ)。②季節周期は認められるが、通年報告がみられる感染症(A群溶血性レンサ球菌咽頭炎、感染性胃腸炎、水痘、伝染性紅斑、流行性耳下腺炎[季節周期は弱い]、流行性角結膜炎)。③数年毎に流行ピークがみられる[季節周期あり]感染症(風しん、手足口病、麻しん、急性出血性結膜炎)。④報告数が一定ま

たはまれな感染症(突発性発疹、百日咳)。そして、手足口病、風しん、麻疹等では、流行期間・流行周期が異なるまたは大きくずれるなどして、全国ならびに都道府県間で違いがみられた。

4.3 警報・注意報の発令(現況把握)

状況把握のための計測(図6)をもとに、当該週の感染症流行の警報および注意報等のシグナル発令は図2に示すアルゴリズムにより実施した。

流行現況の計測には図7に示すワークシートを用いた。当該週の報告数入力により、自動的に計算され、その結果は図8に示す流行現況表示一覧(全国・都道府県、第二次医療圏および保健所別)で示された。

表2 感染症流行の長期趨勢と変動周期

| 感染症名 | 地域 | 長期趨勢(増減) | 季節変動周期・管理変動周期(半年・1年・数年周期と[その規模]*2) | 年間発生(流行)パターン(過年・毎年・流行年発生、好発期発生)*2 |
|------------------|-----------|----------|---|--|
| 1. インフルエンザ | 全国 北海道 | なし なし | 1年周期+2,3年周期[大] 1年周期+2,3年周期[大] | 毎年・好発期のみ 毎年・好発期のみ |
| 2. 咽頭結核熱 | 全国 北海道 | 漸増 漸増 | 1年周期 1年周期+3,4年周期[大] | 毎年・好発期のみ 毎年・好発期のみ |
| 3. A群溶血性レンサ球菌咽頭炎 | 全国 北海道 | 漸増 漸増 | 1年周期, 二峰性 1年周期, 三峰性 | 過年+好発期 過年+好発期 |
| 4. 感染性胃腸炎 | 全国 北海道 | 漸増 漸増 | 1年周期 1年周期 | 過年+好発期 過年+好発期 |
| 5. 水痘 | 全国 北海道 | 漸減 漸減 | 1年周期, 二峰性(弱い) 半年周期, 二峰性明顯 | 過年+好発期 過年+好発期 |
| 6. 手足口病 | 全国 北海道 | なし 漸増 | 1年周期+5年周期[大] 1年周期+5年周期[大] | 流行年・好発期 流行年・好発期 |
| 7. 伝染性紅斑 | 全国 北海道 | なし 漸増 | 1年周期+5年周期[大] 1年周期+5年周期[大] | 過年+好発期 過年+好発期 |
| 8. 突発性発疹 | 全国 北海道 | 漸減 なし | 1年周期(極小) 1年周期+4,5年周期[大], 近年? 周期計測できず。 | 過年+好発期(波は低い) 過年+好発期(波は低い) |
| 9. 百日咳 | 全国 北海道 | 漸減 漸減 | 1年周期+4,5年周期[大], 近年? 周期計測できず。 | 過年+好発期(92年以前)/以降少 過年+好発期(92年以前)/以降少 |
| 10. 風疹 | 全国 北海道 | 漸減 漸減 | 1年周期+5年周期[大] 1年周期+4,5年周期[大] | 流行年・好発期 流行年・好発期 |
| 11. ヘルパンギーナ | 全国 北海道 | 漸減 なし | 1年周期 1年周期+3,4年 | 毎年・好発期のみ 毎年・好発期のみ |
| 12. 麻疹(成人麻疹を除く) | 全国 北海道 | 漸減 漸減 | 1年周期+3,4年(or7年)周期[大] 3,4年周期(1年周期計測されず) | 近年 流行年・好発期 近年 流行年・好発期 |
| 13. 流行性耳下腺炎 | 全国 北海道 | 漸減 なし | 4年周期, 季節周期計測されず。 半年周期+4年周期[大] | 過年+好発期(波は低い) 過年+好発期(波は低い) |
| 14. 急性出血性結膜炎 | 全国 北海道 | 漸減 漸減 | 周期計測できず。 周期計測できず。 | 流行年・好発期 流行年・好発期 |
| 15. 流行性角結膜炎 | 全国 北海道 | 漸減 漸減 | 1年周期 1年周期+3,4年周期[大] | 過年+好発期(波は低い) 過年+好発期(波は低い) |

*1. 患者発生定数報告数 1981年7月~2004年のデータによる。ただし、インフルエンザは1987年1月からのデータによる。長期趨勢および周期解析結果(参考文献5)から総合的に判定し、記載した。
*2. . : and, + : 前事項に後事項が加わった状態。

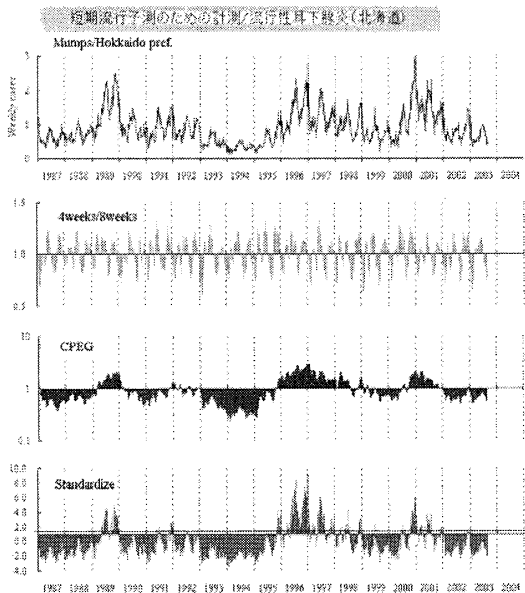


図6 状況把握のための計測

4.4 短期的流行予測(1~4週間)

当該週の現況把握をもとに1~4週後までの状況予測のアルゴリズムに基づいて計測した結果を表3に示した。流行性耳下腺炎の1~4週間後の流行予測値(期待値)と実測値との一致率は、1~3週目の予測において警報または注意報のどちらかの表示がされる場合で約80%、警報は警報・注意報は注意報と同じレベルの表示を示す完全一致の場合では約70%であった。4週目の予測では10%程度低下した。

麻疹、風疹、流行性耳下腺炎、水痘、手足口病、ヘルパンギーナ等で検証した。ただし、麻疹、風疹、などでは、近年、報告がまれとなり、またそれらの周期循環性に欠けてきたことから、定点設置数が少ない地域においては計測が不可能と考えられた。

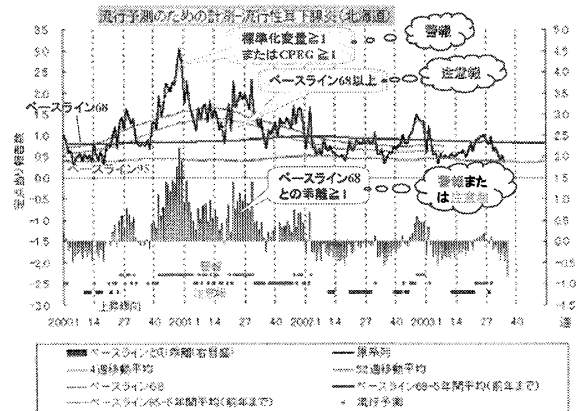


図7 流行現況(警報・注意報)表示のためのワークシート(北海道, 流行性耳下腺炎)

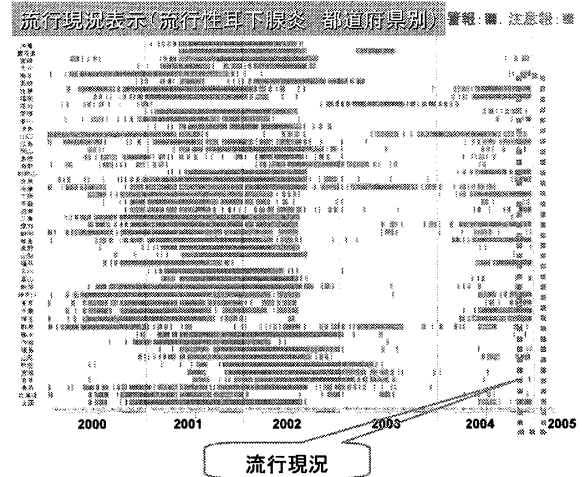


図8 感染症流行現況表示(都道府県別, 流行性耳下腺炎)

4.5 流行予測数値(1年程度)の算出

流行予測数値(1年程度)の算出には合成分析、類似ベクトルの当てはめ、ARIMA FORECASTにより算出した。

(1) 合成分析による流行予測

合成分析によって計測された流行予測値が、後に実際に経験する実測値との乖離が許容される範囲(実測値の前後

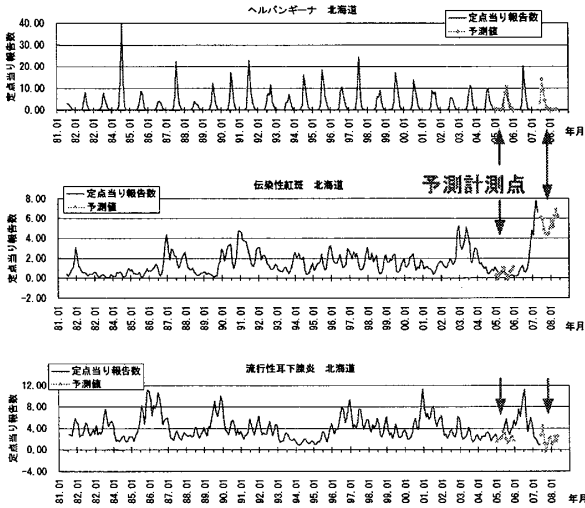


図 1 1 ARIMA FORCAST による流行予測

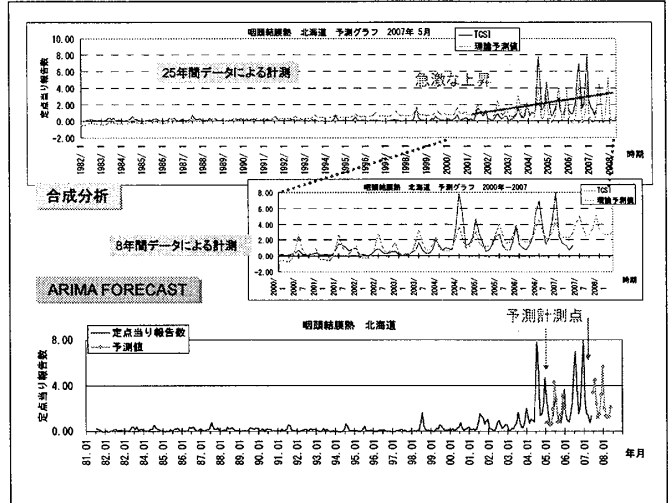


図 1 2 合成分析・ARIMA FORCAST による流行予測

表 4 流行予測：予測値算出の評価結果一覧

| 感染症名 | 予測解析の適合 | | | | | | 原系列の状態 |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|--------------------|----------------------------------|--|
| | 合成分析1) | | | 類似ベクトル当てはめ 過去データから探してはめて予 修正予測2) | | ARIMA FORECAST による予測 3) | |
| | 計測期間 25年間5) | 7年間6) | 4年間6) | 計測期間 25年間 | 計測期間 25年間 | 計測期間 25年間 | |
| 全国・北海道 | 1982年1月 -2007年5 | 2000年1月 -2007年5 | 2004年1月 -2007年5 | 1982年1月 -2007年5 | 1982年1月 -2007年5 | 1982年1月 -2007年5 | |
| 1 インフルエンザ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 2 咽頭結膜熱 | × | △ | △ | ○ | ○ | ○ | 1999年以降レベルアップ5) |
| 3 A群溶血性レン サ球菌咽頭炎 | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 上昇傾向 上昇傾向 |
| 4 感染性胃腸炎 | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 999年以降レベルアップ5) 1999年以降レベルアップ5) 上昇傾向 |
| 5 水痘 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 6 手足口病 | ○ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | 上昇傾向 |
| 7 伝染性紅斑 | △ | △ | × | ○ | ○ | ○ | 上昇傾向 急激な上昇 |
| 8 突発性発疹 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 1999年以降レベルアップ5) 1999年以降レベルアップ5) |
| 9 百日せき | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 近年穏 近年穏 近年穏 |
| 10 風しん | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 近年穏 近年穏 |
| 11 ヘルパンギーナ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 12 麻しん | △ | × | × | ○ | ○ | ○ | 近年穏 近年穏 |
| 13 流行性耳下腺炎 | × | × | × | ○ | ○ | ○ | |

- 1) 要因分析による循環ならびに季節変動を、また傾向分析による将来の方向を明らかにし、合わせて解析する。
- 2) 合成分析によって示された理論予測値を予測点における原型別末端(予測点)に等比的にシフトして、当てはめて接続する。
- 3) 原型別末端(予測点)付近に存在するベクトル(数値ならびに方向等の状況)に類似した変化を示すベクトルを過去のデータから探し出し、当てはめを行なう。
- 4) ARIMA FORECASTによる予測。
- 5) 感染症発生動向調査1981年7月から開始された。正確性の点から開始時6か月を除外し、1982年1月からのデータで計測した。
- 6) 1999年4月から感染症法に基づき集計がなされるようになったこと、また定点の見直しが行なわれたため、報告数が急激にシフトしたり、上昇に転じた感染症がある。これら変更時点に対応し、期間を短くして計測した。

(3) ARIMA FORCAST による予測

ARIMA FORCAST では、百日せき(全国)および麻しん以外の11種の小児感染症で、利用可能と考えられた。なお、前2者についても、予測値算出までには至らなかったが、流行時を示すシグナルとしての利用が考えられた。

図1にARIMA FORCASTによるヘルパンギーナ、伝染性紅斑、流行性耳下腺炎の流行予測値算出例を示した。予測値と実測値のフィットは前後20%以内に収まっていることが認められた。また図2に咽頭結膜熱において、合成分析・ARIMA FORCASTによる流行予測値の算出を比較したものを示した。両者ともに良好な結果が示された。

(4) 流行予測解析の適合

流行予測数値(1年程度)の算出には合成分析、類似ベ

クトルの当てはめ、ARIMA FORCASTによって算出された流行予測値と後に示された実測値から、全国集計および北海道集計における解析予測方法の適否について検討した。その結果を表4に示した。

インフルエンザ、ヘルパンギーナ、手足口病、水痘などの報告数が多く、1年周期の流行ピークをはっきり示す感染症では、3つの方法すべてで、良いフィットをみせた。それらに対して、報告数の少ない百日せき、風しん、麻しん等では計測不可能な場合が認められた。

25年間の合成分析では、インフルエンザ、手足口病(全国)、ヘルパンギーナが利用可能であった。なお、A群レンサ球菌咽頭炎、感染性胃腸炎、手足口病(北海道)、突発性発疹、百日せきは7年間の合成分析でフィットがみられた。

合成分析の利用が困難であった咽頭結膜熱、伝染性紅斑、流行性耳下腺炎に対しては、類似ベクトルの利用が可能であった。

ARIMA FORCAST では、百日せき（全国）および麻疹以外で、利用可能と考えられた。なお、前2者についても、予測値算出までには至らなかったが、流行時を示すシグナルとしての利用が考えられた。

なお、類似ベクトルの当てはめによる予測は、合成分析で対応可能な場合もしくは発生報告数が少なく計測開始時点において示されているベクトルの特徴が明らかでない場合には実施しなかった。ARIMA FORCAST は、今回取り扱った多くの感染症で利用可能であったが、ARIMA モデルの数列の予備予測、ARIMA FIT によるパラメーターの算出を個々の感染症および地域ごとに実施しなければならない煩雑を伴った。これらのことから、予測には、合成分析ならびに類似ベクトルの利用が可能な場合には、それらを実施し、次の手段として ARIMA FORCAST を採用するのが得策と考えられた。

5 おわりに

小児感染症の市中発生動向の掌握や感染症流行の早期検知を目的に、感染症発生動向調査の地域別患者情報データにおける患者発生の現況把握、流行波及の近接区域や他府県との比較ならびに流行予測のアルゴリズムについて検討した。

通常用いられる基本統計量に加え、循環変動（周期）の解析を実施すると、目視では抽出できなかった周期が数値化される。単独の大小周期に加え、別の様々な周期との組み合わせからなっている場合あり、経験則による思い込みを排除し、客観的に隠れた周期をも観察することができると考えられた。これらに基づき流行予測の警報・注意報発令や流行予測値の算出が可能と考えられた。

現況把握のための計測により、地域の感染症の患者発生状況、流行状況、さらに空間的広がりとその推移が視覚化されると考えられた。感染症流行表示のための警報・注意報のアルゴリズムから、感染症別・地域別に流行現況表示や短期の流行予測が可能と考えられ、現況ならびに1~4週間程度の警報・注意報発令のシグナルを呈示させた。

1年間の流行予測値算出を試みた。合成分析、類似ベクトルの当てはめ、ARIMA FORCAST により1年程度の予測値算出も可能と考えられ、流行状況把握に役立つと考えられた。なお、もし予測値の値が実測値とかけ離れてきた時には、その時点で速やかに用いてきた方法での予測をうち切り、他の予測法を採用するなど、常に見守って行く必要がある。

流行の警報・注意報の発令や流行予測値の提示は、感染症の診断や予防業務に有用と考えられた。

時系列解析による予測の有用性は、過去の時系列数値データに頼って、比較的簡単に将来の値を予測することが可能でことである。しかしながら、予測値（点予測値）という将来の値を算出する時に、実際の値（後の実測値）100%と一致することはあり得ない。今回、1年間の数値予測にとどめ、流行予測値と後に実際に経験する実測値からの乖離の許容範囲は前後20~30%で処理した。しかし、今後は、測定の前1時点ではない長期予測区間での信頼性の評価方法の検討とその結果を踏まえての予測値の算出、また流行を

左右する要因を加味した予測を行って行く必要であり、検討して行かなければならない。

本研究は平成18-19年度科学研究費補助金（基盤C課題番号18590599）、平成21-23年度科学研究費補助金（基盤C課題番号21590693）、平成19-20年科学技術振興機構シーズ発掘試験研究費（課題番号01-076）（）ならびに大同生命厚生事業団地域保健福祉研究助成研究費（2003-04年）の助成のもとに実施した。

参考文献

- [1] 長谷川伸作. “感染症”. 公衆衛生学(村松 幸編). 東京, 講談社サイエンティフィック第1版2002, p. 50-58, 第2版(データ更新版)2007, 76-87
- [2] 総合行政ネットワーク「LGWAN」(Local Government Wide Area Network), 総合行政ネットワーク基本要綱. 総合行政ネットワーク運営協議会. 改正平成17年11月17日, http://www.lasdec.nippon-net.ne.jp/lgw/shiryou/C-1-1_youkou_20051117.pdf
- [3] 長谷川伸作. 感染症発生動向調査(サーベイランス)情報の迅速還元. 北海道公衆衛生学雑誌, 12, 62-70(1998)
- [4] 長谷川伸作, 谷口清洲, 松永泰子, 井上 栄. 感染症発生動向調査情報の迅速還元と流行予測. 「情報処理学会論文誌: データベース」. 40, 132-140(1999) (情報処理学会)
- [5] 長谷川伸作. 地域におけるウイルス感染症流行の把握, 小児内科, 37, 22-30(2005)
- [6] 長谷川伸作, 井上 仁, 陶山昭彦. 時系列解析による感染症流行の長期趨勢および周期特性. コンピュータサイエンス. 8, 27-40(2003) / 長谷川伸作, 陶山昭彦, 井上 仁. 時系列解析による感染症流行の長期趨勢および周期特性. 情報科学技術研究集會予稿集(科学技術振興事業団). 38, 109-11(2001)
- [7] 長谷川伸作, 井上 仁, 陶山昭彦. 動的グラフ表示と警報・注意報発令機能を組み込んだ感染症情報提供システムの開発. 情報管理, 46, 383-388(2003)
- [8] 井上 仁, 長谷川伸作, 陶山昭彦. SVG (Scalable Vector Graphics) を用いた感染症の時間的・地理的推移の可視化. Japanese Journal of computer science. 9, 13-17, (2004)
- [9] Masashi Inoue, Shinsaku Hasegawa, Akihiko Suyama, Shunsuke Meshitsuka. Automated graphic image generation system for effective representation of infectious disease surveillance data. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 72(3), 251-256(2003)
- [10] 長谷川伸作, 井上 仁, 陶山昭彦. 感染症流行の早期検知と警報・注意報発令機能を組み込んだ感染症情報提供システムの開発. 情報基礎学研究報告(IPSJ SIG). 85(6), 37-43(2007) / 「デジタル図書館」(ISSN 1345-9198). 31, 39-45(2007) (情報処理学会)
- [11] 長谷川伸作, 井上 仁, 陶山昭彦. 小児感染症: 流行現況・流行予測のアルゴリズムの検討 - 地域におけるウイルス感染症流行の把握 -. データマイニングと統計数理研究 (SIG -DMSM) A603-03, 11-18(2007) (人口知能学会)
- [12] 経済企画庁. EPA 法
- [13] J. D. Farmer and J. J. Sidorowich. Predicting chaotic time series. Phys. Rev. Lett. 59, 845-848 (1992)
- [14] P. J. Brockwell and R. A. Davis. Introduction to time series and forecasting. Springer-Verlag New York, Inc(1996)