

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

長谷川 伸作¹⁾, 井上 仁²⁾, 陶山 昭彦³⁾

北海道立衛生研究所¹⁾, 鳥取大学総合メディア基盤センター²⁾, 放射線影響研究所³⁾

感染症流行の早期検知と予防には感染症発生動向調査事業で収集された情報の効果的な利用が不可欠である。著者らはインターネットを通じて情報還元できるデータベースシステムを開発した。遠隔地ユーザーの要求に従って検索された結果から、患者発生の数値データだけでなく、視覚化された地図グラフや棒グラフの自動的な表示・提供が可能となった。また、流行の警報・注意報発令の提供も試みた。流行の時間的・位置的推移をインターネットのホームページ上にアニメーションとして表示するシステムを作成した。本システムは感染症診断や予防業務に有用なシステムツールであり、情報作成のために要する膨大な人手と作業時間を軽減すると考える。

Development of the infectious disease reporting system which incorporated early detection and warning/warning official announcement function of an infectious disease

HASEGAWA Shinsaku¹⁾, INOUE Masashi²⁾, SUYAMA Akihiko³⁾,

Hokkaido Institute of Public Health¹⁾, Information Media center Tottori University²⁾,
Radiation Effects Research Foundation³⁾

Infectious disease surveillance schemes have been established to detect the infectious disease outbreak in the early stages, to identify the causative viral strains and to rapidly assess the related morbidity and mortality. We have developed a computer system which can present the infectious disease surveillance data by using internet technology. The feature on this system is to visualize the transition of the state of infection as animation. The system facilitates us to catch the situation of infectious disease.

1. はじめに

感染症発生動向調査における感染症患者発生情報は、LGWAN(統合行政ネットワーク、地方公共団体を相互に接続する行政専用のネットワーク)/WISH(構成労働省行政総合情報システム)を通じて全国および都道府県別・保健所別数値データとして定期的に還元されている¹⁻⁵⁾。しかし、現在のところ、都道府県別・保健所別の小区域単位のデータ還元は極めて限定されていて、感染症患者が発生している地域の流行状況と近接区域・他府県との比較や流行波及の時系列的な分析などが困難な状況にある^{1,3-6)}。1999年4月に施行された感染症法では、感染症の予防と蔓延防止を謳っており、2003年11月には一部改正され^{2,7)}、緊急時における感染症対策の強化がなされ、感染症情報のスムーズな収集と迅速な活用が重要課題となっている^{1,3-6,8-13)}。

著者らは、インターネットとデータベースを組み合わせた感染症情報の即時還元システムの構築を進めている

⁸⁻¹⁴⁾。感染症の流行状況を時間的・空間的に分かり易く提供するためには、表形式による数値データだけでなく、棒グラフや地図等のグラフィカルな形でのデータの視覚化が効果的である。しかしながら、短いインターバルで更新されるデータについて、そのつど各地域ごとの画像データを事前にかつ網羅的に作成することは非常に困難なことである。今回、著者らは、遠隔地から閲覧可能で、入力された条件(必要な地域単位、期間)に応じて検索した結果をリアルタイムでグラフとして、また動的に地図アニメーションとして作成・提供するシステムを開発したので報告する。また、流行予測の提示方法についても検討した¹⁴⁻¹⁸⁾。

2. 資料

本システムが提供している全国都道府県別・北海道の二次保健医療圏別の1981年から現在までのインフルエンザ・小児科定点把握の5類感染症のうち、13感染症の定点当り報告数を用いた^{3,4,6,8)}。

3. システム構成

Linux プラットフォーム (Red-hat Linux 6.2 Japanese version, Redht Japan, Tokyo) 上にシステムを構築した。ハードウェアの仕様は CPU Pentium150MHz, メモリ 64Mバイト, ハードディスク4Gバイト, ネットワークアダプタ 10Mbps である。図1に示すように Web サーバソフトは Apache (Apache 1.3, <http://www.apatch.org/>) を, DBMS(database management system)には MySQL (MySQL 3.23, <http://www.mysql.com/>) を用いた。また, Apache と MySQL は PHP (PHP4 , <http://www.php.net/>) を用いて作成したサーバサイトスクリプトで連携させた。ホームページ上のフォームから入力されるユーザーからのリクエストは Apache を経由して PHP に渡され, PHP が条件に従ってデータベースからデータを検索し, 検索結果は HTML ファイルに組み立てられ, 最終的にホームページとして表示される (図2)¹⁴⁻¹⁸⁾。

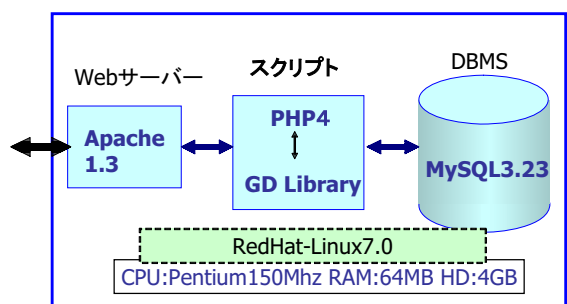


図 1 サーバコンピュータの構成

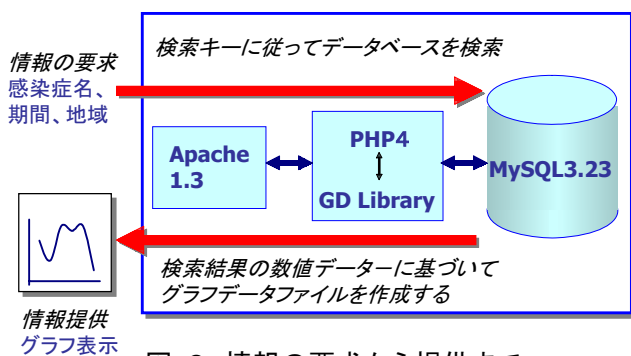


図 2 情報の要求から提供まで

4. グラフィックスの表示 (三次元棒グラフ)

PHP から GD ライブラリ (GD library , <http://www.boutell.com/gd/>) を用い, 動的にイメージデータを作成させた。今回は空間的な流行状況をわかり易く表示するための地図 (マップ) イメージおよび時間的な推移を視覚化した 3 次元棒グラフイメージを作成させた。

イメージデータの形式は, ほとんどのブラウザで表示可能な PNG 形式 (Portable Network Graphics file) を使用した⁹⁻¹³⁾。

■ 時系列データをプロットする

ローカルクライアントからデータを要求する画面 (フォーム) をセットし, 感染症名, 期間 (年), 医療圏等の指示に基づいた患者発生定点当り報告数/週を表示させるようにした。X 軸に 52 週 (1 年間), Y 軸に患者発生定点当り報告数/週, Z 軸に都道府県別または北海道内 21 医療圏別を表示させた (図3)。全国平均・北海道平均も併せて表示した。また, 21 医療圏別では個別の表示も可能なシステムとした。1990 年から現在までの医療圏別・年別に, 患者発生定点当り報告数/週の時系列流行状況が, 棒グラフで示された。都道府県別のデータ (1981 年から現在まで) の表示も行った (図4)^{3-6,8)}。

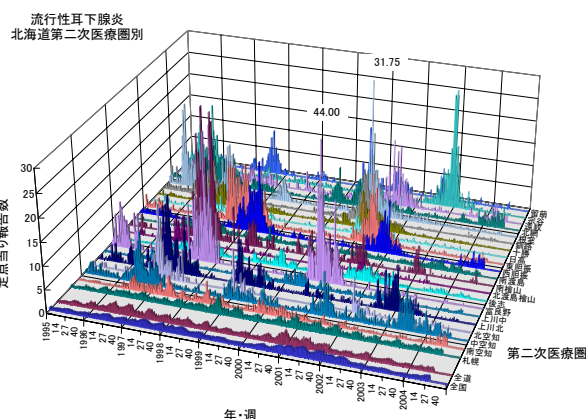


図 3 第二次医療圏別定点当り報告数 (流行性耳下腺炎/北海道内第二次医療圏別)

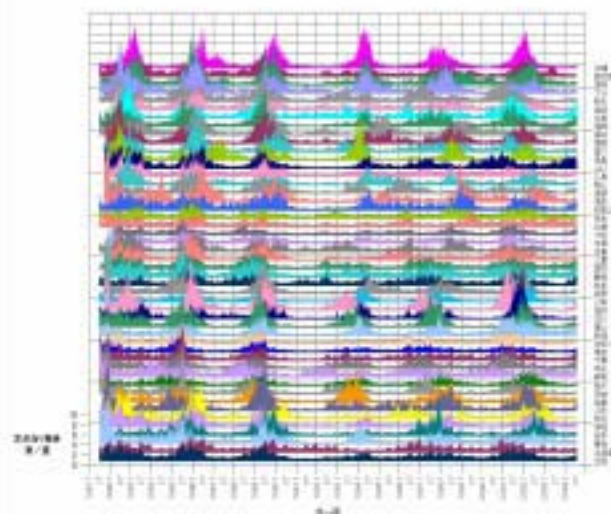


図 4 都道府県別定点当り報告数 (流行性耳下腺炎/全国都道府県別)

■ 全国都道府県別および北海道 21 医療圏別地図グラフ

ローカルクライアントからの感染症名、期間（年および週）等のデータ要求に基づき、患者発生状況を医療圏別地図グラフで表示させた。図 5 に北海道 21 医療圏の地図表示の 1 例を示す。各医療圏別の流行状況は各感染症ごとに設けた表示基準で色分けした。表示基準は当該週の過去 5 年間データにおける CPEG（Current past experience graph）および標準化変量等に基づいて算出した基準値を用いた。要求に応じ、画面には当該週と前 3 週の前合計 4 週の状態が一ページに表示され、4 週間の流行状況の推移が示された。

また、同様にして、都道府県別地図グラフを作成し、週または年集計値を表示させた（図 6）。

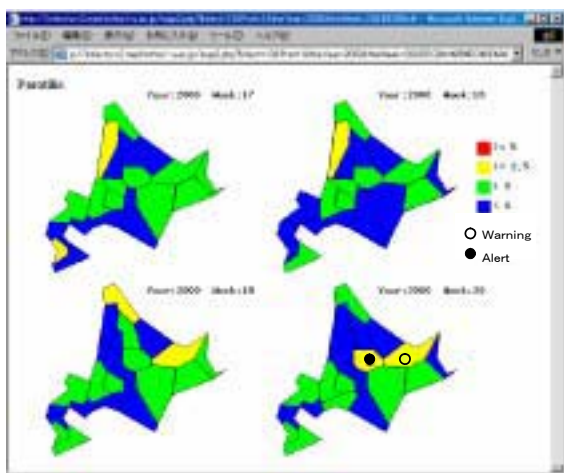


図 5 マップ表示：北海道 21 医療圏別/現況と 1-4 週先の警報，注意報表示（週表示/麻疹）

5. グラフィックスの動的な表示

また、地図上で指定する期間の経時的変化を動画で表示させるためには SVG (Scalable Vector Graphics file) を用いた。SVG で作成されたグラフィックスを表示するには、クライアントが PC に予め SVG Viewer をインストールしておく必要がある。SVG Viewer は Adobe 社のホームページ (<http://www.adobe.co.jp/>) からダウンロード可能である。

北海道 21 医療圏の地図上で指定する期間の経時的変化を動画で表示させた(図 7)。都道府県別地図の動画も搭載した(図 6, 8)。感染症別，地域別，週別，年別，さらに期間別にクライアントの要求に対応して閲覧させた¹⁴⁾¹⁸⁾。



図 7 マップ動画イメージ：北海道 21 医療圏別（週表示/麻疹）

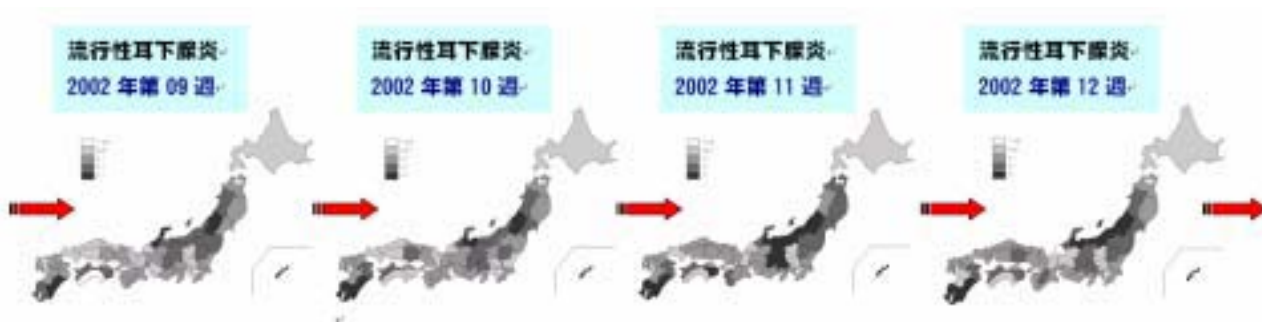


図 6 マップ表示・動画イメージ：全国都道府県別（週表示/流行性耳下腺炎）

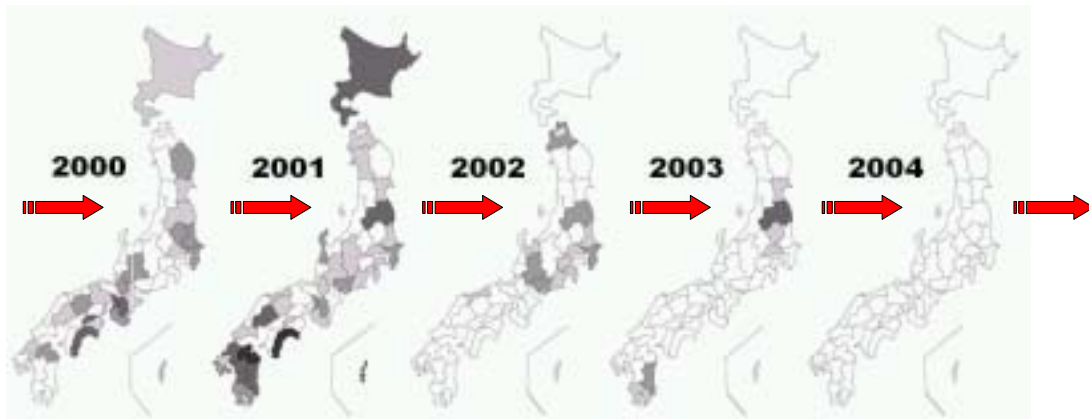


図 8 マップ表示・動画イメージ：全国都道府県別（年表示/麻疹）

6. 注意報警報発令機能

先に設定したアルゴリズム^{9・13,18)}に基づく警報・注意報発令^{5,9)}のための計測は、PHP上にプログラムして実施した。計測結果については、都道府県別・北海道内第二次医療県別の一覧表ならびに地図グラフに付加し、表示させた。

■短期的状況把握のための計測

以下に示す短期的状況把握のための計測方法をプログラムに搭載した。

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)における標準変量、⑤当該週を含む前5年間報告数の平均値(以上、図9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、⑧当該週を含む前5年間報告数のベースライン 68、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”との乖離などである。

前6者は既に報告の方法7-9)に従った。後3者は当該週を含む前5年間データを母集団として取り扱う基本統計量を用いた方法である。⑦「ベースライン 95」は当該週を含む前5年間報告データが平均値±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である。また、⑧「ベースライン 68」は当該週を含む前5年間報告データが平均値±1シグマの範囲において過半数(68%)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である。

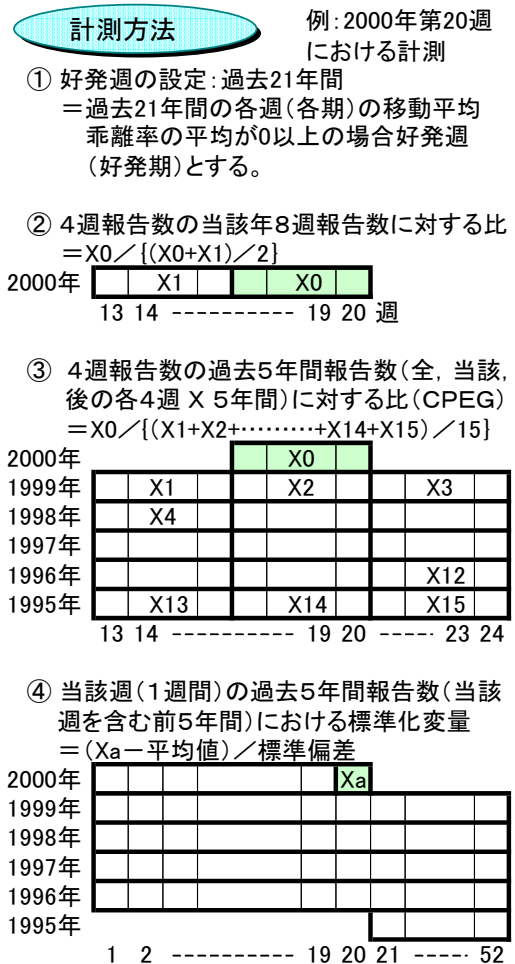


図9 短期的状況把握のための計測法

■ 短期的状況把握のための計測警報・注意報発令アルゴリズム

上記、短期的状況把握のための計測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のためのアルゴリズムを設定した(図10)。

1 から 4 週間程度の予測においては、当該週計測シグナルがそれら境界域から乖離している場合はそのシグナルとし、境界に位置する場合は「②4 週報告数の当該年 8 週報告数に対する比」が 1 以上で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。

警報・注意報発令アルゴリズム(短期予測)

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値(前5年における)」以上	
●「当該週の標準化変量(前5年における)」 ≥ 1 、または「当該週のCPEG(前5年における)」 ≥ 1	警報
●上記以外 (「当該週報告数」 \geq 「当該週のベースライン68値」)	注意報
■「当該週報告数」が「ベースライン68(前5年における)」未満、かつ「ベースライン95(前5年における)」以上	
●「当該週を含む前4週/前8週報告数比」 ≥ 1	上昇傾向

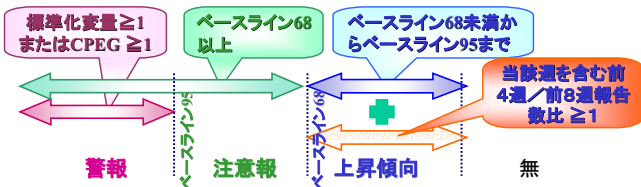


図 10 警報・注意報のアルゴリズム(現況)

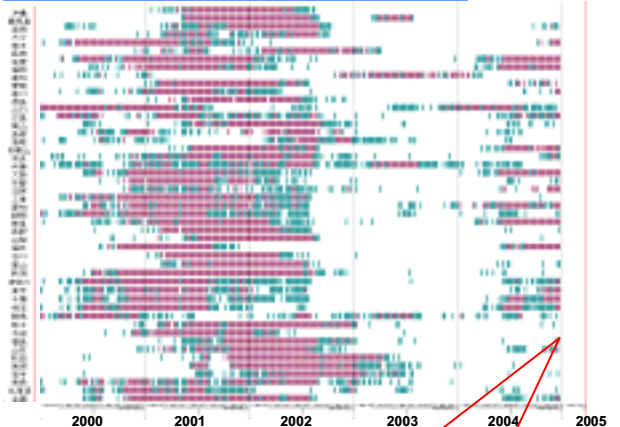
■ 短期流行現況および予測の実際

図9に短期流行予測のためのワークシートを示した。当該週の現況把握と1~4週後までの状況予測を目的としている。各感染症の1~4週間後の予測値(期待値)と実測値との一致率は80%以上であった。



図 11 短期流行予測のためのワークシート(流行性耳下腺炎)

流行現況表示(流行性耳下腺炎 都道府県別) 警報: ■, 注意報: ■



例: 2004年51週の流行現況

図 12 感染症流行現況表示(都道府県別: 短期流行予測, 流行性耳下腺炎の例)

■ 長期流行予測のための計測

長期流行予測のための計測値として、各感染症流行の過去 24 年間における長期趨勢変動, 季節変動周期, 循環変動周期, 年間発生(流行)パターンおよび過去流行年などを先に報告の方法により計測した(11,12,15,18)。計測結果一覧を図 13 に示した。

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

*1. 患者発生定点点当り報告数 1981年7月~2000年12月のデータによる。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(表1, 2, 3)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 13 年間発生パターン(好発期・通年・毎年・流行年発生等)

■ 長期的状況把握のための計測警報・注意報発令アルゴリズム

上記項目の計測により算出された周期および周期波の大きさを組み合わせて設定したアルゴリズムによった(図14)⁹⁻¹⁴⁾。

警報・注意報発令アルゴリズム(長期予測)		
プログラム11	流行構成要素	疾病名
■ 季節的な発生に限られる(ベースラインは0に近い)		
● 毎年発生	好発期(季節変動周期)	インフルエンザ、咽頭結膜熱、手足口病、ヘルペスギーナ
● 数年毎の発生	循環変動周期+好発期(季節変動周期)	
■ 通年発生(ベースライン68)		
● 季節的な発生なし	ベースライン95 or 直近5年間の平均値	突発性発疹
● 毎年季節的な発生	ベースライン68+好発期(季節変動周期)	A群溶血性レンサ球菌咽頭炎、感染性胃腸炎、水痘
● 数年毎の発生	ベースライン68+循環変動周期+好発期(季節変動周期)	伝染性紅斑、流行性耳下腺炎、流行性角結膜炎

好発期の算出: 移動平均乖離率の期別集計
 循環変動周期の算出: コレログラム・パワースペクトルによる周期の波形と強度の算出
 ベースラインの算出: 基本統計量、直近の5年間正規分布の2シグマまたは平均値(中央値)

図 14 警報・注意報のアルゴリズム(長期予測)

■ 長期流行予測の実際

上記計測結果から、1~5年先の流行年・月の有無およびその規模を表示させた(図15)。年または季節周期が規則的に繰り返す感染症では、後の発生実勢と一致し、80~100%の一致をみた(都道府県レベル)。なお、道内21医療圏別のうち定点数が5以下の地域では73%以上に留まる。また、非流行年が不規則に出現する、または報告がまれな感染症においては的中率が低く、流行予測は不可能と考えられた。

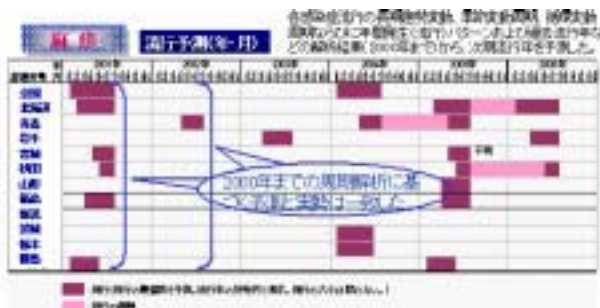


図 15 長期流行予測の表示(イメージ)

7. 結語

著者らはインターネットとデータベースを組み合わせた感染症情報即時還元システムの構築を進めている。今回、感染症発生動向調査で収集された患者発生データを用

いて、クライアントサイドが必要に応じた部分の時系列解析を行える簡易なソフトの構築を試みた。

信頼性のあるデータの収集、欠損データの補完法、データの分布とその位置を捉える基本統計解析、傾向変動、季節変動、循環変動などの時系列データの構造解析などの方法をプログラムした。これらデータ解析に基づく各感染症の過去・現況把握の方法および流行予測法についてのプログラムも装備した。

実践的には、小児科およびインフルエンザ定点把握の13感染症について、全都道府県別(1981年から現在まで)患者報告数データも搭載し、提供するソフトへの入力で最終結果を導けるようにセットした。

地域クライアントが必要に応じ、自由な独自の情報を作成することが可能となり、地域の感染症の患者発生状況の時系列、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。また、先に開発したアルゴリズムに基づく警報・注意報発令のシグナルの呈示が、クライアントサイドで可能となった。

本システムは感染症診断や予防業務の医療関連従事者ならびに研究者に有用なシステムツールであり、イメージファイルの作成のために要する膨大な作業と時間を軽減すると考えられた。なお、平成18-19年度科学研究費およびシーズ発掘試験(科学技術振興機構)研究費の投入により、週毎に報告されるデータの逐次入力への対応およびアクセス・閲覧速度の向上のために、データおよび情報発信サーバのリニューアルを行い、システムの増強を図る。

参考文献

- 1) 長谷川伸作. “感染症”. 公衆衛生学(村松 幸ら編). 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2005, 76-87
- 2) 総合行政ネットワーク「L G W A N」(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/shiryoku/C-1-1_youkou_20051117.pdf
- 3) 長谷川伸作, 谷口清洲, 松永泰子, 井上 栄. 感染症発生動向(感染症サーベイランス)情報の解析—全国および北海道, 1981-1997年—. 北海道立衛生研究所報. **48**, 23-40(1998)
- 4) 長谷川伸作, 陶山昭彦, 谷口清洲, 松永泰子, 井上

- 栄. 感染症発生動向(感染症サーベイランス)情報の解析—北海道, 1998 年概況—. 北海道立衛生研究所報. **49**, 21-30(1999)
- 5) 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)
- 6) 岡部 信彦. 感染症法とその改正 1)ウイルス. **54**(2), 249-254(2004)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 長谷川伸作, 陶山昭彦, 高井一岳, 井上 仁, 他. 感染症発生動向調査—流行警報・注意報発令モデルの検討—. 医療情報学連合大会論文集. **20**, 610-611 (2000)
- 10) 長谷川伸作, 陶山昭彦, 谷口清洲, 松永泰子, 井上 栄, 田村正秀. 感染症発生動向調査情報の迅速還元—データベース構築と流行予測—. 情報科学技術研究集会予稿集(科学技術振興事業団). **36**, 139-144 (1999)
- 11) 長谷川伸作, 陶山昭彦, 高井一岳, 井上 仁. 感染症流行予測:警報および注意報発令システムの検討—感染症発生動向調査事業還元データの活用—. 情報科学技術研究集会予稿集(科学技術振興事業団). **37**, 89-94(2000)
- 12) 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会予稿集(科学技術振興事業団). **38**, 109-11(2001)
- 13) 陶山昭彦, 高井一岳, 長谷川伸作, 井上 仁. 感染症発生動向調査の即時双方向利用基盤の検討. 医療情報学連合大会論文集. **19**, 864-865 (1999)
- 14) 井上 仁, 長谷川伸作, 陶山昭彦. 感染症発生動向調査の地方次事態における情報還元サービスシステム構築の検討—Linux の MySQL と PHP+GD 型による動的グラフ作成技法の紹介—. 第 16 回日本コンピュータサイエンス学会学術集会要旨集, 東京(2001)
- 15) 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)
- 16) 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)
- 17) 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)
- 18) 長谷川伸作. 感染症の現状と感染症法の考え方, 感染症発生動向調査情報の迅速還元, 感染症発生動向調査データベース構築と流行予測. 「公衆衛生情報に関する調査研究—感染症発生動向調査(サーベイランス)情報の解析・還元—」(陶山昭彦, 長谷川伸作編, 鳥取大学医学部, 北海道立衛生研究所)(2004)

【キーワード】 感染症発生動向調査, 感染症, インターネット, SVG (Scalable Vector Graphics), データベースシステム, ウェブアプリケーション

【Key words】 epidemiological surveillance, infectious diseases, Internet, Scalable Vector Graphics, database system, web application

連絡先

〒060-0819 札幌市北区北 19 条西 12 丁目
 Tel: 011-747-2719 FAX: 011-736-9476
 E-mail: hasegawa@iph.pref.hokkaido.jp
 Kita-19, Nishi12, Kita-ku, Sapporo, 060-0819 Japan
 Phone: +81-11-747-2719 Fax: +81-11-736-9476
 E-mail: hasegawa@iph.pref.hokkaido.jp