

技術ノート

感染症流行の早期探知のための電子カルテを用いた自動的な症候群サーベイランスの構築

菅原民枝¹ 大日康史¹ 杉浦弘明²
谷口清州¹ 岡部信彦¹

感染症流行を早期に探知することを目的とし電子カルテを用いた「症候群サーベイランス」を自動的に運用するシステムを構築した。サーベイランスの対象は、医療機関受診者のうち、発熱、呼吸器症状、下痢、嘔吐、発疹の有症状者の件数である。2005年5月～2006年9月まで一診療所においてシステムを開発した。2006年10月より同一地域における複数の医療機関で同様のサーベイランスを行い、地域での感染症流行を探知する試みを行っている。2006年10月感染性胃腸炎の流行、2007年3月の遅いインフルエンザ流行、2007年8月末から9月にかけてのエコー30による無菌性髄膜炎の流行を探知した。特に無菌性髄膜炎の流行では、初期症状の嘔吐を捉え、保健所から教育委員会を通じて各学校に手洗い励行の通知がなされた。

■キーワード：電子カルテ、感染症、症候群サーベイランス

Development of Automatic Syndromic Surveillance for Infectious Diseases Using Electronic Medical Record: Sugawara T¹, Ohkusa Y¹, Sugiura H², Taniguchi K¹, Okabe N¹

We developed an automatic syndromic surveillance system from electronic medical records with the purpose of early detection of the outbreak of infectious diseases. This system works by monitoring the number of patients who visit a doctor with fever, respiratory symptoms, diarrhea, vomiting, or rash. At first, we conducted a study at one clinic from May 2005 to September 2006 to develop the prototype.

Then, since October 2006 we have started to extend the system to other medical institutions in the same community in order to detect outbreaks in the community. We found an outbreak of the Noro virus in October 2006, a late influenza outbreak in March 2007, and a meningitis outbreak due to Echo virus type 30 in late August and September 2007. In the case of the meningitis outbreak, the system detected vomiting as the initial sign of meningitis, and the public health center sent a recommendation to schools through the education board that everyone should wash their hands.

Key words: Electronic medical record, Infectious diseases, Syndromic surveillance

1. 緒論

毎年のインフルエンザの流行のみならず、ノロウイルスの流行、はしかの流行など、地域全体で

の感染症対策の重要性が増大し、可能な限り流行の早期対応が必要となってきた。

公衆衛生の早期対応をするためには、早期に患者発生の情報を得ることが重要であるが、現在法

¹ 国立感染症研究所 感染症情報センター

〒162-8640 新宿区戸山1-23-1

² 医療法人医純会すぎうら医院

E-mail: tammy@nih.go.jp

受付日：2006年5月12日

¹ National Institute of Infectious Diseases

1-23-1 Toyama, Shinjyuku-ku, Tokyo, 162-8640, Japan

² Sugiura Clinic

律で行われている感染症サーベイランス（感染症の予防および感染症の患者に対する医療に関する法律に基づく「感染症発生動向調査」）は、リアルタイムで情報収集されておらず、公表までに時間がかかっているため、早期対応に用いるためには、他のサーベイランスを併用することが考えられている。

この感染症流行を早期に探知することができるサーベイランスとして、「症候群サーベイランス」があり、諸外国では運用されている^{1~3)}。症候群サーベイランスは、先に述べた感染症発生動向調査のように医師の診断に基づくサーベイランスではなく、患者の「自覚症状」に着目したサーベイランスである。たとえば「発熱」症状を呈する患者人数を日々観測することで、診断の前に感染症の流行を探知することができる。諸外国では既に実用化されている。

そこで、患者の行動にあわせたサーベイランスが複数考えられている。たとえば、前駆期には市販薬の購入をしたり、学校や職場を欠席したりする。また症状期初期には、医療機関の外来受診をし、重度症状期には救急車の要請、医療機関への入院となる。それぞれのタイミングにおいてサーベイランスを行うことができれば、早期探知と情報共有をすることができ、公衆衛生の介入をすることができる。さらに早いタイミングで介入ができれば、感染の拡大を最小限に抑えることができる。

本研究は情報収集のタイミングとして、医療機関の外来受診時の患者行動に焦点をあてたサーベイランスを行うために、電子カルテを用いた自動的なサーベイランスシステムを構築した。サーベイランスとは、疾患の発生状況の把握、評価、対応といった一連の行為を指すが、ここでは把握に限定して用いることとする。

日本での症候群サーベイランスは、G8 福岡・宮崎サミットと FIFA ワールドカップの際に短期間ではあるが実施された^{4~6)}。このときは、自動的なシステムではなく、協力医療機関に該当項目を入力してもらう方法で行われた。その後、2004 年から電子カルテを用いての外来受診時によるサーベイランスをめざした基礎的研究⁷⁾が

始まった。これは、医師は通常診療を行うだけで、電子カルテのデータから自動的にサーベイランスを行い、医師に入力を求めない方法である。このことで、常時稼働が可能になり、どのような季節、イベントにも対応できるシステムとなり、入力負荷のない持続可能なサーベイランスの可能性が開かれた。しかしながら、1つの診療所では地域の感染症の流行を迅速に探知することには限界がある。そこで複数の医療機関で実施、さらに公衆衛生行政担当者とも情報共有のできる早期対応のためのツールが期待されている。

2. 研究目的

本研究は、感染症流行の早期探知をするために、電子カルテを用いた症候群サーベイランスを運用し、その評価を目的とした。第1段階目として、1つの診療所において「症状」の検索機能システム、自動的に報告するシステムを確認した。第2段階目として、複数の医療機関で1段階目の運用を開始し、公衆衛生対策としてサーベイランスが用いられたかどうかで、サーベイランスの総合評価を行った。

3. 研究方法

第1段階目は、2005年5月～2006年9月において、15万人都市で内科小児科を標榜するA診療所において基礎研究を行った。同診療所では、電子カルテを導入してから7年経過している。A診療所の電子カルテに「症状」がどのように記載されているのかを探索し、症状をキーワード指定の検索で件数を集計し、自動的に件数を集計するシステムとした。

システムの流れは、図1に示した。症候群サーベイランスに必要な症状データは、医療機関受診者のうち、発熱、呼吸器症状、下痢、嘔吐、発疹の有症者の件数である。従来の紙の診療録においては、2号用紙の所見欄に症状が記載されている。電子カルテにおいても、所見欄に該当するところは、フリーテキストの形式で設定されていた。そこで、バックアップデータより症状記載欄をフルテキスト検索できる機能で、用語の検索を行った。検索では、AND、OR および NOT による条件を

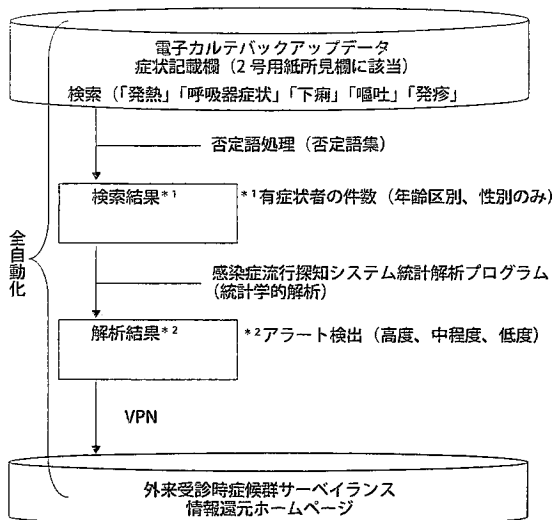


図1 電子カルテを用いた症候群サーベイランスシステム(個別の医療機関)

指定した。また、あらかじめ検索条件を設定しておくことで、指定時刻になると検索することも可能とした。

検索用語は、症状のうち発熱は「熱」、呼吸器症状は「咳」あるいは「呼吸困難」、下痢は「下痢」、嘔吐は「嘔吐」、発疹は「発疹」とし、用語を含んでいる場合を1件とした。

しかし、ここで検索用語には否定語が含まれていることに留意しなければならない。サーベイランスでは、医療機関受診者のうち症状の有症者数を集計する必要がある。しかし「嘔吐」という用語だけでは、症状がある場合でも、症状がない否定語の場合でも「嘔吐」の検索結果が抽出される。たとえば、「嘔吐があった」、「嘔吐はなかった」であるが、これらはいずれも「嘔吐」という用語を検索した結果抽出される。したがって、「嘔吐はなかった」というような否定語の場合は、嘔吐の有症状の集計から排除しなければならない。そこでこの否定語処理を行うために、否定語集を作成した。たとえば、「嘔吐」に否定形が付く場合は、「嘔吐なし」というものが大半であったが、「嘔吐はなかった」、「嘔吐なかった」、「嘔吐もなかった」という否定語があり、また「嘔吐(ー)」のように、括弧が全角、半角である場合や、マイナスが全角、半角などの組み合わせが複数あった。

この否定語集を用いて有症状者を集計する方法

は、「嘔吐」という言葉を検索し、嘔吐否定語集で処理をし、否定語集で取り除かれた「嘔吐」を有症状として集計した。症状の検索データ以外の患者情報は、年齢のみで個人情報および臨床情報は収集していない。また、同一患者のカルテ情報が存在した場合(たとえば同一再診の場合)は、検索するごとに生成した番号を同一番号で採番した。つまり症状を検索する段階で、同じ患者IDであれば、同一な番号となるようにした。このサーベイランスのために生成された番号は暗号化されており、カルテ番号に戻ることは不可能とした。

各症状の有症状者の検索結果が抽出されたら、「感染症流行探知システム統計解析プログラム」を用いてアラートを検出した。この感染症流行探知プログラムは、基礎研究で開発されたプログラムである⁷⁾。過去のデータでベースラインをつくり、季節性、曜日、休日明けか否かを加味した多変量解析で、長期的な傾向から当日の患者数を予測している。この予測値から実測値が大きく上回った場合に、「異常」として探知している。解析結果は3種類のアラートで検出される。1,000回に25回の確率と予測で「低度の異常」、10回の確率で「中程度の異常」、1,000回に1回の確率と予測されたら「高度の異常」と分類した。

ここまでの有症状者の件数(年齢区別、性別のみ)と、アラート検出(高度、中程度、低度)情報を自動的に抽出させた。この件数とアラート検出のみを外部の「外来受診時症候群サーベイランス情報還元ホームページ」に自動送信した。データの送受信はVPNを用い、ホームページに表示された情報の還元はSSLで提供とした。自動送信の起動タイミングは、深夜1時頃にバッチにて送受信した。

2段階目の研究方法は、図2に示すとおり、2006年10月より同一の保健所管轄地域における1病院(約700床)、内科・小児科標榜の6診療所の複数の医療機関でサーベイランスを試行した。ここでは、地域での感染症流行を探知する試みを行っている。それぞれの医療機関で、先の診療所のように有症状者の件数(年齢区別、性別のみ)と、アラート検出(高度、中程度、低度)の有無のみを医療機関外の「外来受診時症候群

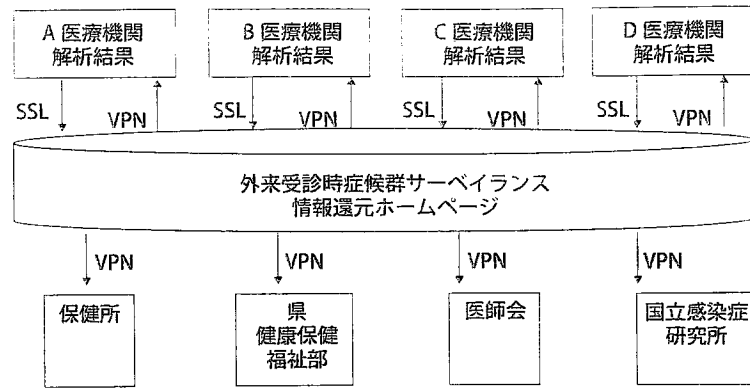


図2 地域での症候群サーベイランスシステム (複数の医療機関と行政機関)

サーベイランス情報還元ホームページ」に送信した。

ホームページのコンテンツは、2種類設定した。図3に示すとおり、左側に「個別の医療機関の状況の参照」とし、右側に「地域での流行状況の参照」とした。ホームページ左側部分の個別の医療機関の状況は、検索された症状（否定語を排除したもの）ごとの件数表示と感染症流行探知システム統計解析プログラムでのアラート検出状況を日別に示している。「異常」を認めたら「アラート(警告)」が「低度の異常」であれば灰色、「中程度の異常」であれば黄色、「高度の異常」を認めたら赤色で示すようにした。症状の件数とアラート検出結果は、グラフ表示で2カ月表示、6カ月表示、全期間表示が参照でき、CSVでデータをダウンロードすることもできた。

ホームページ右側部分は、複数の医療機関の症状ごとの異常探知の解析結果を地域の情報として集計した結果を「一致度」として日別に示している。ここでの一致度とは、地域単位での感染症流行状況を示しており、グラフによって視覚化している。一致度のグラフは、0から100までの目盛りで、参加している医療機関でのアラート(警告)が点数化されている。例えば、すべての医療機関で同日に高い異常のアラートが探知されれば、棒グラフが100になり、半数の医療機関で高い異常のアラートが探知されれば、棒グラフが50になる。中程度、あるいは低い異常であれば低く、2/3あるいは1/3で点数化しており、自動的に計算しグラフ化している。これにより、地域において、該当症状が過去に比べて、増加していることを示し、視覚的にグラフがのびていれ

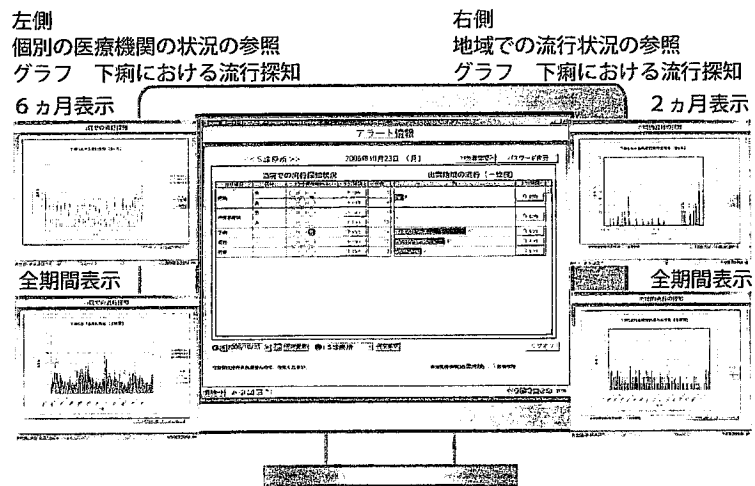


図3 外来受診時症候群サーベイランス情報還元ホームページ

ば、該当症状が地域で「いつもより増えている」と理解することができるようにした。一斉度についても過去のものも参照でき、CSVでデータをダウンロードすることもできることとした。

この右側部分の地域の情報のみ、この地域を所管している保健所、県（健康福祉部薬事衛生課）、医師会が参照できるとし、地域の情報として情報提供できるようにした。

本研究の情報は、症状ごとの件数と異常探知のアラート検出結果のみで、個人情報や臨床情報は全く含まない。本研究は感染症研究所ヒトを対象とする医学研究倫理審査委員会の承認を得ている（平成17年3月30日付、受付番号57「電子カルテ遠隔検索システムを用いた症候群および疾患別リアルタイム・サーベイランスシステム構築のための基礎的研究」）。また、疫学研究倫理指針では、観察研究で人体から採取された試料を用いず、既存資料等のみを用いる場合は、研究対象者からインフォームド・コンセントを受けることを必ずしも要しない、とされており、本研究は、既存の資料（カルテ）からのみの情報収集であり、これに該当する。

4. 研究結果

第1段階目の過去のデータにおける有症状検索は、発熱13,201件、呼吸器症状15,325件、下痢4,082件、嘔吐4,504件、発疹583件であった。

第2段階目の2006年10月より同一の保健所管轄地域における複数医療機関でのサーベイランス試行では、2007年10月までの間に、以下に示す3つの感染症流行が確認された。

2006年10月の中旬には、下痢と嘔吐の流行がみられた。2006年の当該保健所地区の発生動向調査では、45週（11月6日～12日）、46週（11月13日～19日）に感染性胃腸炎の流行のピークが確認されていた。感染性胃腸炎は、毎年1月から2月にかけて流行があるが、2006年10月から11月にかけて、例年に比べて感染性胃腸炎の流行の立ち上がりがあった。その情報を症候群サーベイランスで得ることができた。この時点では本システムを稼働したばかりで、この情報は、当該保健所では共有されていなかった。

2007年3月では、発熱の流行がみられた。2007年の当該保健所地区の発生動向調査では、11週（3月12日～18日）、12週（3月19日～25日）にインフルエンザの流行のピークが確認されていた。当該保健所は、本システムによって例年に比べて発熱が増加していることから、医療機関に問い合わせをし、インフルエンザ流行を確認することができた。インフルエンザは、年によって流行が立ち上がる時期が異なり、2007年はインフルエンザ流行が遅かった。そこで、発生動向調査によるサーベイランスデータが保健所に上がってくる前に、当該保健所は本システムから情報を得ることができた。また、医療機関としてもこのままインフルエンザ流行がないかもしれないと思われたが、本システムから情報を得ることができ、訪問診察の予定を早めに変更する、待合室にインフルエンザ流行の案内を出す、看護師・事務スタッフの出勤シフトを強化させる、抗インフルエンザ薬剤やインフルエンザ迅速診断検査の調達をする、近隣の薬局に情報提供をするなど、明日の診療に備える体制が実施された。

2007年8月には、嘔吐の流行がみられた。下痢の流行は同時にみられなかった。その後病原体検査により8月末から9月にかけてのエコー30による無菌性髄膜炎の流行であることがわかった。2007年の当該保健所地区の発生動向調査では、36週（9月3日～9日）、37週（9月10日～16日）に無菌性髄膜炎の流行のピークが確認されていた。当該保健所は、本システムによって例年に比べて下痢を伴わない嘔吐が増加していることから、初期症状の嘔吐を捉えたとし、保健所から教育委員会を通じて各学校に手洗い励行の通知がなされ、医師会にも情報を提供することができた。いずれのケースでも、発生動向調査のサーベイランスよりも、早い段階で公衆衛生担当者、および臨床の医師は情報を得ることができた。

5. 考察

日本における最初の本格的な症候群サーベイランスは、2002年のFIFAワールドカップの際に行われた。協力医療機関での入院時に、WEB入力形式で行われた。症候群サーベイランス実施に

よる緊張感が得られたが、サーベイランスのための入力負担が大きく、開催期間前後の2週間のみの運用にとどまった。

本研究では、症候群サーベイランスの入力負担を軽減させる解決策として、電子カルテを用いて、自動的にサーベイランスを報告することを考えた。電子カルテを用いた方法は、入力負担が全くなく、しかもデータ取得の迅速性が伴い、データの正確性も向上した。症候群サーベイランスの電子カルテを用いた方法は、WEB入力形式よりも、実用性が高いと思われた。

また、本研究のシステムにより、公衆衛生担当者に早期に対応するための情報収集をするきっかけを与えることができた。本システムでは、例年と比べて特定の症状が多いときに、異常として探知するものの、その原因がどのような感染症、あるいはそれ以外の理由によるものかを特定化することはできない。むしろ、本システムは、公衆衛生担当者が、集団発生か個別散発かどうかを判断するために、病態、年齢や居住地などの詳細な情報収集、あるいは病原体特定のための検体採取、といった公衆衛生対応をとるきっかけを提供する。ひいては、早期の対策の実施、感染拡大の防止につながると期待される。

他方で、法に基づく感染症発生動向調査では、定点医療機関が診断名の患者数を報告しているが、診断から公表までにおよそ7~10日かかるため、早期対応は難しい。その点が、症候群サーベイランスの有用性の高さであると思われる。

地域での感染症流行を探知する試みにおいて、同一日に患者が複数の医療機関へ受診した場合は判断できていない。そのため地域でみると二重集計をしていることが考えられるが、症候群サーベイランスでは、患者数の正確性は重要ではないと考える。そのような同一日での受診者が、一定の割合であったとすると、それはベースラインに組み込まれることになり、異常を探知するサーベイランスに大きな影響を与えることはないと思われた。

症候群サーベイランスは、基礎研究においても、その後の複数医療機関での稼働においても、自動的に毎日サーベイランスが行われ、データが更新

された。今後も、季節やイベントにおいて期間を限定した運用ではなく、常時稼働できることが確認された。

キーワード検索の精度は本システムにおいて根幹である。キーワード検索は、電子カルテに症状の記載がされていないと抽出できないが、記載があるものについては、症状の表現をもれなく捉え、また否定語を適切に排除するための整備・点検が不可欠である。実際の運用では年数回を目処に、キーワード検索の結果を目視的に、従来のアルゴリズムでは排除できない否定語や検索対象にしない表現の有無を確認し、その結果をアルゴリズムの改訂に反映させている。

最後に、本研究のシステムの総合評価として、一般性があるかどうかの検討を行った。電子カルテでの症状記載欄は、多くはフリーテキストで入力されており、本研究で開発した検索用語で有症状者を集計する手法は、どのような電子カルテにおいても適用は可能であると示唆された。また、医師による記載が異なる場合でも、症状のキーワードがあることによって、抽出は可能であると思われた。中には、非常に頻度の少ない用語の使い方がある場合もあるが、大部分を検索することができれば、ベースラインをとることができるため、頻度の少ない用語はノイズとなるので異常な患者数増加の探知には影響しないと考えられた。しかしながら、より正確にデータを抽出するためには、記載の表現方法にばらつきがなく、標準化された用語であるテンプレートを採用することで、検索がしやすく集計がしやすくなると考えられた。一方でテンプレートの使用は診療スタイルの変更を強制することになるので、その実施に際しては医療現場との十分な協議と理解が必要であると考えられた。

また、電子カルテは様々な製品があるが、本研究のような症候群サーベイランスは、どのような電子カルテの製品でも、原理的には同じような作業ができると考えられた。症候群サーベイランスは、病名や検査名を利用しないので、用語の標準化に該当する部分ではなく、フリーテキストである症状記載欄を検索するためである。

また症候群サーベイランスによる症例報告の網

羅性は、地域の感染症流行は、1つの医療機関だけで探知できることではないため、複数の医療機関での実施が望ましいと思われた。また、サーベイランスの精度は、感染症発生动向調査に比べると、感度が高いサーベイランスのため、特異度を高めることは困難であるが、報告の速度が速いのが特徴である。現在は、電子カルテのバックアップデータを利用しているため、バックアップの時間や頻度にサーベイランスの時間と頻度も依存して稼働させているが、このバックアップのタイミングがリアルタイムで行うことができれば、サーベイランスも早いタイミングで実行することが可能となると思われた。

しかしながら、本研究による症候群サーベイランスを普及させるためには、電子カルテの普及率の問題点がある。地域での感染症流行を把握するためには、複数の医療機関で同時にサーベイランスを実施し、情報を共有することが望ましいが、現在電子カルテを利用している医療機関は、2005年実施の医療施設調査で電子カルテシステムの導入状況を見ると、「医療機関全体として導入している」病院は470施設(5.2%)、一般診療所は6,169施設(6.3%)となっている。3年前と比較すると、病院4%ポイント増加し、診療所3.7%ポイント増加しているものの、サーベイランスの実施可能な体制はまだまだ整っていない。

そこで、サーベイランス実施の医療機関数が少なくても、医療機関以外の情報源、例えば一般用医薬品サーベイランス⁸⁾、救急車搬送サーベイランス⁹⁾、学校欠席者サーベイランス¹⁰⁾などのサーベイランスと補完することで、地域における症候群サーベイランスの実施体制が考えられる。これらのサーベイランスについては実証実験も始まっているので、稼働の可能性は高い。また電子カルテではなく、医療機関のレセプトコンピュータや調剤薬局のレセプトコンピュータの高い普及率に着目した検査オーダーリングサーベイランス¹⁰⁾、処方せんサーベイランス¹⁰⁾での実証実験も始まっている。電子カルテの普及率の低さを補って、統合的なサーベイランスをすることが考えられる。

6. 結論

電子カルテを利用しての症候群サーベイランスはサーベイランスのための負荷もなく、実用性が高いことが明らかになった。このサーベイランスを用いて、公衆衛生担当者に、早期に感染症の流行探知と情報共有できることが示唆された。

謝辞

本研究は、平成19年度厚生労働科学研究費補助金地域健康危機管理研究事業「地域での健康危機管理情報の早期探知、行政機関も含めた情報共有システムの実証的研究」(主任研究者:国立感染症研究所感染症情報センター 大日康史)の研究成果の一環である。

参考文献

- 1) Henning KJ. What is syndromic surveillance?. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)* 2004; **53** (Suppl): 7-11.
- 2) Siegist DW, Tennyson SL. Technologically-based biodefense, Potomac Institute for Policy Studies, 2003.
- 3) Buehler JW, Berkelman RL, Hartley DM, Peters CJ. Syndromic surveillance and bioterrorism-related epidemics. *Emerg Infect Dis.* 2003; **9**: 1197-1204.
- 4) 松井珠乃, 高橋 央, 大山卓昭, 田中 毅, 加來浩器, 小坂 健, 千々和勝巳, 岩城詩子, 岡部信彦. G8 福岡・宮崎サミット 2000 に伴う症候群サーベイランスの評価. *感染症学誌* 2002; **76**: 161-166.
- 5) 鈴木里和, 大山卓昭, 谷口清洲, 木村幹男, John Kobayashi, 岡部信彦. 2002年 FIFA ワールドカップ開催に伴う感染症・症候群別サーベイランス. *病原微生物検出情報* **24**: 37-38.
- 6) 谷口清洲, 木村幹男, 鈴木里和, 大日康史. 症候群サーベイランスの実施とその評価に関する研究. 平成14年度厚生労働科学研究費補助金新興・再興感染症研究事業「大規模感染症発生時における行政機関, 医療機関等の間の広域連携に関する研究」. 総括・分担研究報告書, 2003.
- 7) 大日康史, 杉浦弘明, 菅原民枝, 谷口清洲, 岡部信彦. 症状における症候群サーベイランスの基礎的研究. *感染症学誌* 2006; **80** (4): 366-375.

20 感染症流行の早期探知のための電子カルテを用いた自動的な症候群サーベイランスの構築

- 8) 菅原民枝, 大日康史, 重松美加, 谷口清州, 村田厚夫, 岡部信彦. OTC (一般用医薬品) を用いての症候群サーベイランスの試み. 感染症学誌 2007; 81 (3): 235-241.
- 9) 大日康史, 川口行彦, 菅原民枝, 奥村 徹, 谷口清州, 岡部信彦. 救急車搬送における症候群サーベイランスのための基礎的研究. 救急医学 2006; 712-720.
- 10) 大日康史. 平成 19 年度厚生労働科学研究費補助金地域健康危機管理研究事業「地域での健康危機管理情報の早期探知, 行政機関も含めた情報共有システムの実証的研究」. 総括・分担研究報告書, 2008.
-