

図1 : alive cluster の模式図

また、集積の有意性に関しては、一般的な  $p < 0.05$  のような基準ではなく、前向きなサーベイランス研究のための recurrence interval (RI) をもちいる。これは「この集積度合いは、 $x$  日以上に一度しか起こらないくらいまれだ」ということを表す指標であり、日毎のデータを解析する場合には、 $p = 0.0027$  がちょうど 365 日 (1 年) に 1 度を表し、 $p = 0.0054$  が半年に一度に対応している。

この方法を実際に米国 Massachusetts 州のサーベイランスデータに適用し、解析を行ってみる。さらに、cylindrical scan 法との比較もおこない、その違いを観察する。

### C. 研究成果

実際の米国 Massachusetts 州東部のサーベイランスデータで解析を行った。このデータは Harvard Vanguard Medical Associate によって利用されているデータで、zip-code ごとにまとめられた電子的な医療記録として毎日集計されているもので

ある。ここでは 2005 年 8 月の呼吸器疾患 (respiratory) の発生について、flexible scan 法と cylindrical scan 法によって解析を行った。

解析に利用したデータ、パラメータは以下のとおりである。

#### データ :

- 2005 年 8 月における respiratory の発生
- Massachusetts 州東部のうち、 $m = 385$  の zip-code area

#### 解析 :

- 解析モデル : Poisson モデル
- 2005 年 8 月 7 日から 30 日まで毎日解析
- scan する window の平面における最大長 :  $K = 20$  area
- scan する window の最大時間 (Maximum temporal length) :  $T = 7$  日
- Monte Carlo シミュレーションの回数 : 999
- 有意と判断する recurrence interval : 6 ヶ月以上 (すなわち  $p < 0.0054$ )

なお、期待観測数は同地域における過去 1 年分以上のデータを用い、性別、年齢以外にも季節、月、曜日などの影響も調整されたものを利用している。この解析によって、8 月 12 日～15 日の解析において有意な集積が検出された (図 2)。

### D. 考察

まず 8 月 12 日において、cylindrical scan 法、flexible scan 法とも  $RI = 2.7$  年 ( $p = 0.001$ ) の集積が検出された。cylindrical scan 法においては 18 地区からなる地域で 8 月 11 日～12 日の 2 日間に集積が同定された。一方、flexible scan 法では 12 地区からなる地域が同定され、微妙に

同定された地域が異なっていた (11 地区は共通)。同定された地域の relative risk (RR) も flexible scan 法の方が高かった。

8 月 13 日、14 日において、cylindrical scan 法は 12 日と同じ地域を同定したが、それらの RI は短く有意とはならなかった。一方、flexible scan 法では 13 地区からなる有意な集積地域が同定された。

8 月 15 日ではそれぞれ有意な集積地域が同定されたが、その集積の時間が異なった (cylindrical scan 法では 5 日間、flexible scan 法では 6 日間)。このとき flexible scan 法では集積地域がまた少し変化したが cylindrical scan 法では集積地域の変化の様子は観察されなかった。

## E. 結論

今回提案する flexible scan 法は、平面状における検定同様、SaTScan での解析では同定できないような非円状の地域をより精確に同定できることが観察された。しかし、flexible scan 法はその計算時間の問題から同定できる地域の大きさ (含まれるエリアの数) に制限がある。そのため、flexible scan 法は小さな地域もしくは中程度の大きさの地域での集積性の検出に適している。しかしながら、この地域の大きさの制限は、望ましくないような大きすぎるクラスターや広がりすぎたクラスターを同定してしまうという問題点を防ぐ役割も果たしている。

ある突発的な事象の発生を早期に発見する early detection においては、同定地域の精確さよりも、いかに時間をおかず同定できるかが重要である。一方、事象が発生した直後からの様子を追うモニタリングにおいては、同定された地域の精確さは重要になる。このとき、cylindrical scan 法では円形のコンパクトな地域を同定することに優れており、flexible scan 法は非円形の地域の同定に優れている。そこで、突発的な事象が起きた直後のごく小さな地域を同定する

に際しては cylindrical scan 法が適しており、それが徐々に大きく広がる様子を同定するには flexible scan 法が適しているといえるだろう。

現時点で、このような地域同定を含む集積性の検定手法としてアプリケーションとして利用可能なものは SaTScan による cylindrical scan 法以外ほとんどない。平面における集積性の検定としては、研究分担者によって flexible scan 法を利用できるアプリケーション FleXScan (Takahashi, Yokoyama & Tango, 2005)が開発されているが、今後ここで検討している space-time flexible scan 法を組み込んだアプリケーションを開発し利用可能にしていくことは、上記のような使い分けをしながら、サーベイランス解析を行ううえで大変重要である。

## 引用文献

- Kulldorff M. Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 2001; 164:61-72.
- Kulldorff M and Information Management Services, Inc. *SaTScan v7.0: Software for the spatial and space-time scan statistics*: 2006.
- Tango T and Takahashi K. A flexibly shaped spatial scan statistic for detecting clusters. *International Journal of Health Geographics*, 2005; 4:11.
- Takahashi K, Yokoyama T and Tango T. *FleXScan: Software for the Flexible Scan Statistic*. 2005.

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- [1] Takahashi K and Tango T. An

extended power of cluster detection tests.

*Statistics in Medicine* 2006; 25:841 - 852.

[2] Takahashi K, Kulldorff M, Tango T and Yih K. A flexibly shaped space-time scan statistic for disease outbreak detection and monitoring. (Preparing for Submission)

## 2. 学会発表

[1] 高橋邦彦, 横山徹爾, 丹後俊郎, Kulldorff M. Spatial and space-time scan statistics for disease cluster detection. 日本計量生物学会シンポジウム, 国立保健医療科学院, 2006年5月.

[2] Takahashi K, Kulldorff M, Tango T and Yih K. A flexible space-time scan statistics for disease outbreak detection. *International Biometrics Conference* 2006, Montreal, Canada, 2006年7月.

[3] 高橋邦彦, 丹後俊郎, Kulldorff M. space-time flexible scan 法によるサーベイランスのための集積性の検出. 2006年度統計関連学会連合大会, 東北大学, 2006年9月.

[4] Takahashi K, Kulldorff M, Tango T and Yih K. A Flexible Space-Time Scan Statistic for Disease Outbreak Detection and Monitoring. *Fifth Annual Syndromic Surveillance Conference*, Baltimore, USA, 2006年10月.

## G. 知的所有権の取得状況

なし

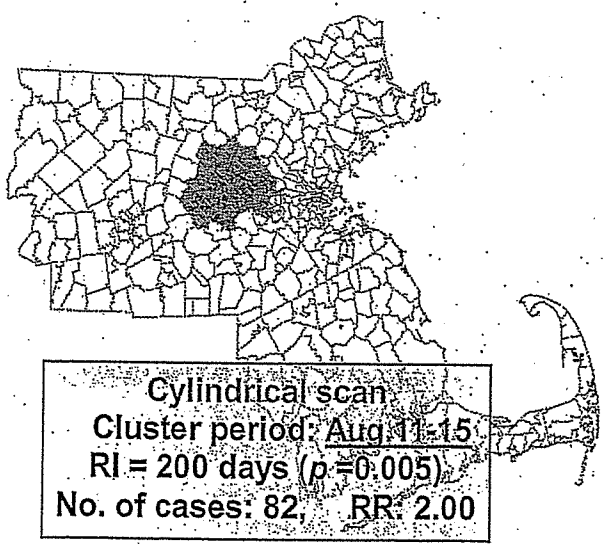
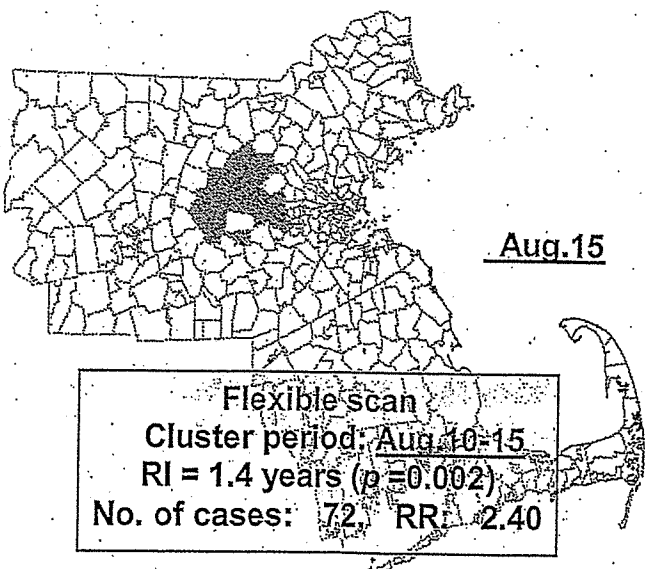
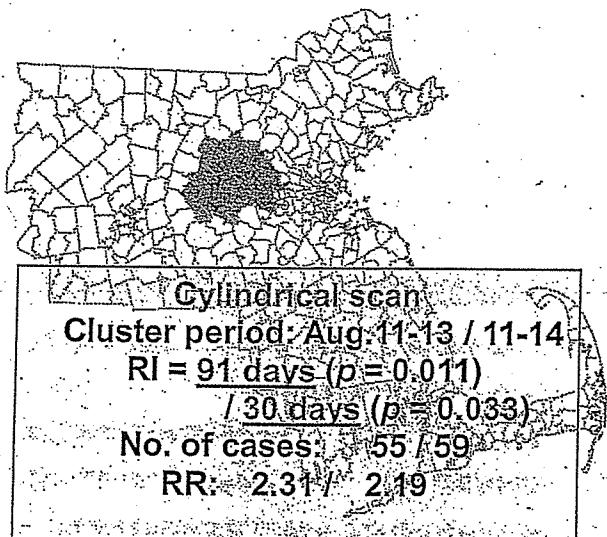
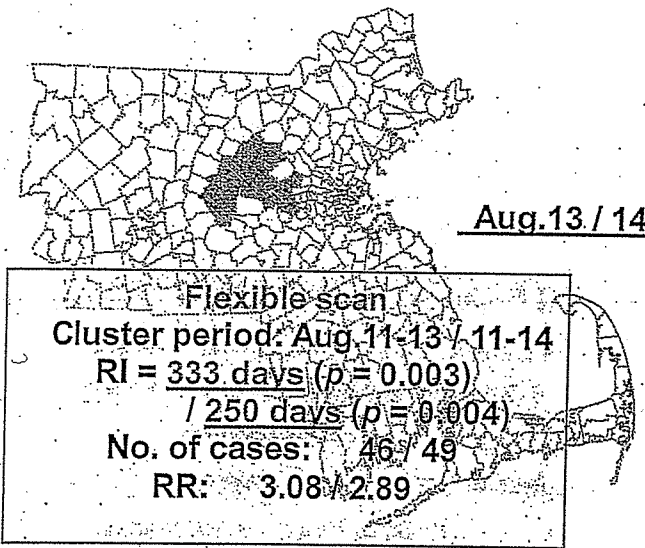
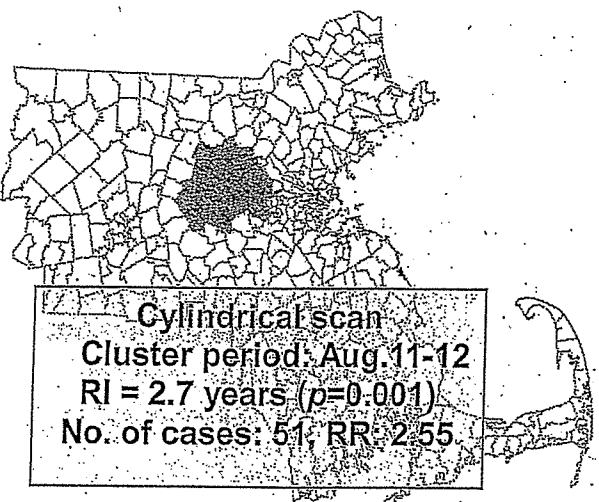
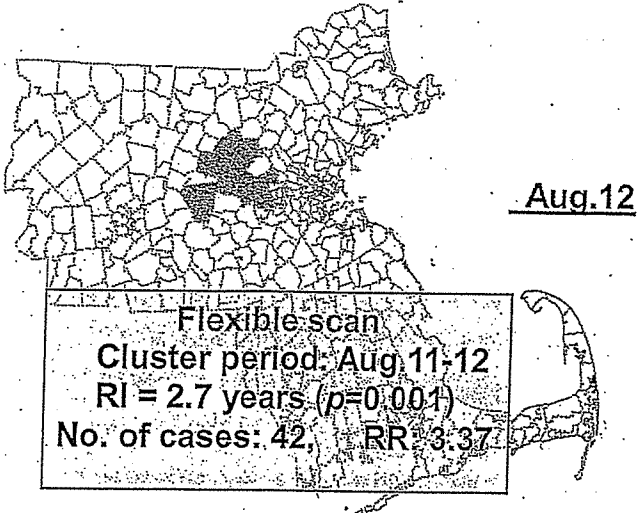


図 2 : Massachusetts 州における Respiratory 発生の集積

厚生労働科学研究費補助金（地域健康危機管理研究事業）  
分担研究報告書

健康危機情報における空間分析方法の開発に関する研究

主任研究者 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手

研究要旨

地域保健行政を支援するための、健康危機情報を用いた空間分析方法を開発するにあたり、心臓疾患による救急車搬送発生地点を用いた、AED（自動体外式除細動器）の適切な設置地点に関する分析をおこなった。地域における装置の需要量、および生存退院率を考慮した AED の最適配置地点を求める方法を開発した。さらに、既存の設置地点の有効活用や、コンビニエンスストアなどの都市施設への装置の併設を視野に入れた場合について検討をおこない、地域の特性を考慮した方法への応用を図った。また、青森県弘前市のデータを用いて、本研究で開発された方法の有効性を実証した。

A. 研究目的

AED（自動体外式除細動器）は、突発的な心停止状態への救急措置に有効とされる医療機器である。その存在が社会的にも注目されつつあるなか、AED の適切な設置地点に関する検討をおこなうにあたって、地域の中で理論的に導かれた設置地点を知っておく必要がある。

本研究では昨年度において、心停止発生地点（需要点）の分布にもとづいた地域全体の装置の需要量を表す密度分布に対して、装置との位置関係で決定される救命確率をもって各配置地点（供給点）周辺で重み付けした「供給効果」を最大化する配置問題を提案した。この方法により本年度は、信頼性の高い位置情報を持った心停止発生地点の実データを用いて、AED の最適配置地点を求め地図上へ図示した。

この方法の特徴としては、心停止発生地点のみをデータとして扱っているが、実際には地域の社会的そして経済的状况などを考慮することが重要である。そこで、方法の応用を図る際に、特に以下の2点について着目した。一つ目として、社会において AED の効果が注目されるにつれ、地域でも装置の設置に向

けた検討が重要であるという認識が浸透しつつあるなか、最近では自治体をはじめ各種団体により、既に AED が設置されている場合が少なくない。さらに二つ目として、AED を使用する人と装置を必要とする人は異なり、特に自宅外で心停止が発生した場合を想定すると、AED の存在のみならずその設置場所についても広く人々に知られている必要がある。

以上をふまえて、方法の実用性という観点から、地域の状況をより反映した問題を設定し、AED の配置方法の応用化について検討をおこなう。

さらに、実際の心停止発生地点をデータとして用いた場合の AED の最適配置地点を示すとともに、救命確率の地理的分布を表した地域情報地図を作製し、本研究で提案される方法の有効性を実証する\*。

B. 研究方法

1) 現状の設置地点を活用した AED 配置

ここでは、現状で必要とされる装置数の一部が既に設置されている状況で、さらに追加される装置の配置地点を得る方法を提案する。

この場合、装置の配置地点が全て未知ではなく、一部が既に与えられている。よって、

既に存在する各設置地点の周辺に生じる救命確率については、再度検討する必要がある。

これまでは、装置の配置地点の候補地が存在しない場合を想定していたために、「供給効果」に関する最適化の際に、配置地点周辺で生じる救命確率が1を超えないように各配置地点間の制約条件を設けていた。ところがここでは、配置地点の一部が所与であるために、当然その中には配置地点間の制約を満たさず、ある配置地点の影響圏内に他の配置地点が存在する状況が有り得る。この場合、「供給効果」が実際よりも過剰に計量されてしまうため、その対処が必要である。そこで、各配置地点が近距離にあったとしても、その付近の救命確率が1を超えないような手続きを踏むことでこれを回避する。具体的には、以下のように各地点における救命確率の補正をおこなえばよい。

本研究において、各地点における救命確率は、各配置地点の座標 $(x_{2j}, y_{2j})$ と所与の設置地点数 $n_{2g}$ を用いて、

$$g_1(x, y) = \sum_{j=1}^{n_{2g}} \exp\left(-a\left((x-x_{2j})^2 + (y-y_{2j})^2\right)\right) \quad (1)$$

( $a$ : パラメータ,  $n_{2g}$ : 所与の設置地点数)

と表される。

そこで以下のように、

$$g_2(x, y) = \begin{cases} \sum_{j=1}^{n_{2g}} \exp\left(-a\left((x-x_{2j})^2 + (y-y_{2j})^2\right)\right) & \text{if } g_1(x, y) \leq 1 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

とすることで、地域内の補正された各地点の救命確率を得ることができる。

これを図1のように、装置の設置地点が3点与えられている場合の救命確率の密度分布を示す等値線を用いて検証する。救命確率の補正を行った結果、その分布は各設置地点周辺の外側から順に、0.1, 0.2, ...と続き、最も

内側の等値線が0.9で終わっていることから、この補正によりどの地点においても1を超えていない状況が理解される。

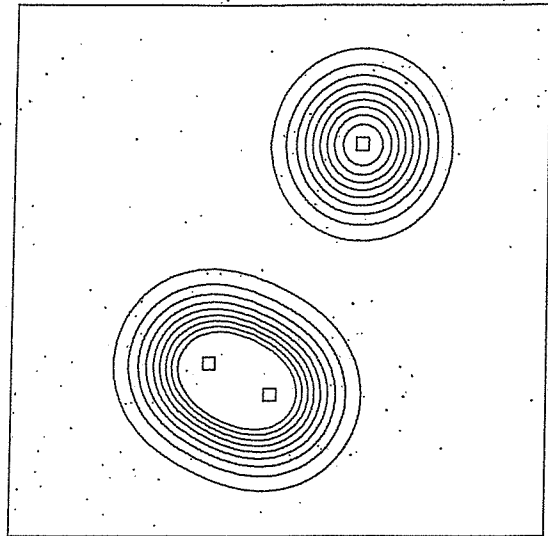


図1 各地点の救命確率

よって、式(2)で得られる救命確率をもって、次に所与の配置地点が生み出す「供給効果」を求める。

まず、各需要点の座標が $(x_{1i}, y_{1i})$ とすると、点分布にもとづく需要量の地域全体の確率密度関数は、

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi h_x h_y n_1} \sum_{i=1}^{n_1} \exp\left(-\frac{(x-x_{1i})^2}{2h_x^2} - \frac{(y-y_{1i})^2}{2h_y^2}\right) \quad (3)$$

とできる。

また、地域全体の「供給効果」は、本研究では以下になる。

$$L_g(x, y) = \iint f(x, y) \cdot g_2(x, y) dx dy \quad (4)$$

式(4)より、所与の配置地点に関する「供給効果」が得られるが、式(2)における救命確率 $g_2(x, y)$ に関する扱いにより、数値積分や、あるいは地域を十分細かいメッシュで分割し、その中心の代表点をもって計算するなどの別の方法をとることとなる。

さらに、需要密度に対する「供給効果」の最大化によって、追加される残りの供給点の

分布を求める。

「供給効果」は、各配置地点の座標 $(x_{2,j}, y_{2,j})$ と所与の設置地点数 $n_{2,r}$ を用いて、以下のようである。

$$L_r(x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{2,n_{2,r}}, y_{2,1}, y_{2,2}, \dots, y_{2,n_{2,r}}) = \frac{1}{n_1 \sqrt{1+2ah_x^2} \sqrt{1+2ah_y^2}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_{2,r}} \exp\left(-\frac{a(x_{1,i}-x_{2,j})^2}{1+2ah_x^2} - \frac{a(y_{1,i}-y_{2,j})^2}{1+2ah_y^2}\right) \quad (5)$$

( $a$ : パラメータ,  $n_{2,r}$ : 追加される供給点数)

これより以降は、各配置地点間の距離の制約をおき、「供給効果」を目的関数とした以下の多変数最大化問題により配置地点の分布が得られる。ただし、制約条件には、追加される配置地点と所与の設置地点との距離についても含むものとする。

$$\text{Maximize } L_r(x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{2,n_{2,r}}, y_{2,1}, y_{2,2}, \dots, y_{2,n_{2,r}}) \quad (6)$$

$$\text{subject to } d_{s,t} = \sqrt{(x_s - x_t)^2 + (y_s - y_t)^2} \geq d_{\min} \quad \forall s, t \quad (7)$$

よって、式(6)で最大化されたときの「供給効果」を $L_{r,\max}$ とおくと、そのときの全体の「供給効果」 $L_{total}$ は、式(4)で得られる所与の各点による「供給効果」とあわせて以下のように求められる。

$$L_{total} = L_g + L_{r,\max} \quad (8)$$

## 2) 併設施設の分布状況に伴う AED 配置

AED を配置する方法の一つとして、既存の施設への装置の併設も現実的な手段としてありうる。そこで、ある程度の施設数を持ち、かつ認知されやすい都市施設を選択し、それらの施設に対して AED を併設する場合の分析をおこなった。

まず、1)と同様に、救命確率に関して別途考慮する必要がある。

ここで、配置地点周辺で生じる救命確率が

1 を超えないような制約条件を設けた場合を考えてみる。確かにこのとき、互いに近い地点の需要が重なることで生じる、需要に対して過剰に供給がなされるというロス回避することができる。ところが、各配置地点間の距離に制約を設けることで、最適配置地点として選択されなかった配置地点の候補地によっては、このロスを上回る量の地域全体の「供給効果」の減少を引き起こすことに注意する必要がある。そのために、たとえ各施設が近距離にあったとしても、その付近の救命確率が1を超えないようという、1)と同様の救命確率の補正をここでもおこない、ロスを考慮したうえで「供給効果」の最適化をおこなう。また、このときには制約条件を付す必要がない。

よって、式(4)の形をそのまま用いて

$$L_d(x, y) = \iint \mathcal{F}(x, y) \cdot g_2(x, y) dx dy \quad (9)$$

とでき、以下の最大化問題を解くことになる。

$$\text{Maximize } L_d(x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{2,n_{2,r}}, y_{2,1}, y_{2,2}, \dots, y_{2,n_{2,r}}) \quad (10)$$

併設の対象として候補に挙げられる複数の施設種類の間では、当然各々の施設数も異なり、さらにコストなどの社会的経済的な条件を考慮すると、全ての施設に併設するのは必ずしも現実的ではない。そのため、同種類の施設のなかでも効果の高いと考えられる同数の施設をそれぞれ選択する場合を仮定し、施設種類間の比較をおこなう方法を提案する。

比較に挙げる施設の種類が $p$ 種類あるとき、それぞれ $q$ ヶ所の施設に1点ずつ併設するときの「供給効果」は、設置数 $q$ の関数とみて $L_1(q), L_2(q), \dots, L_p(q)$ とできる。

よって、施設間の「供給効果」の比較は次のように可能である。

$$\max\{L_1(q), L_2(q), \dots, L_p(q)\} \quad (11)$$



このように「供給効果」が最大となる施設種類が選ばれるとする。

なお、 $p$  番目の施設であるときの  $L_p(q)$  は、式(4)を用いて以下のように定式化される。

$$L_p(q) = \iint \Gamma(x, y) \cdot g_2(x, y) dx dy \quad (12)$$

ただし、 $g_2(x, y)$  は 1) のときと同様に以下のようになる。

$$g_2(x, y) = \sum_{j=1}^q \exp\left(-a\left((x-x_{2,j})^2 + (y-y_{2,j})^2\right)\right) \quad (13)$$

以上の AED の最適配置地点を求める方法による、青森県弘前市の心停止発生地点のデータを用いた実証分析をおこなう。需要点となる心停止発生地点としては、弘前消防事務組合が 2002 年から 2004 年までの 3 年間に扱った内因性心肺停止で、原因疾患が心疾患と推定された 411 例を分析に用いた。

### C. 研究成果

本研究で提案したそれぞれの方法を、青森県弘前市の心停止発生地点のデータに適用し、地域における AED の適切な配置地点を得た。

#### 1) 現状の設置地点を活用した AED 配置

弘前地区消防事務組合が把握している、平成 18 年 4 月 28 日時点での旧弘前市内の AED の設置地点を AED の既設地点とする。図 2 は、地域の南西側の上方の視点から俯瞰した、装置の需要量を表す心停止発生の密度分布の立体図であり、地域の需要密度に対して装置の既設地点の位置を示したものとなる。他に 1 ヶ所が図の対象とする範囲内に入っていないが、後に続く計算上には含まれていることを付記しておく。

なお、図 2 で示した既設地点は、周知を通して一般に使用されることが前提となっていると装置の設置場所といえる。よって、医療施設や各団体などが個別に保有しているものについては含まれないため、実際にはさらに多くの装置が地域に存在すると考えられるが、

ここでは上で述べた 12 ヶ所についてのみ議論の対象とする。

なお、式(4)での既設地点による「供給効果」の計量に際しては、対象地域を 50m 四方のメッシュに分割し、それぞれのメッシュの中心となる代表点から各供給点までの距離を算出することで、救命確率および「供給効果」の計量をおこなった (図 3 左および図 4 左)。

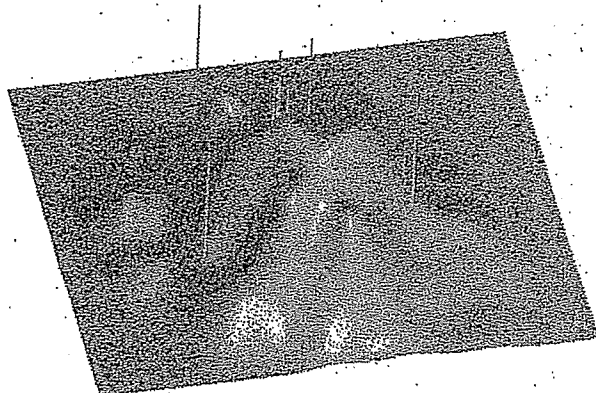


図 2 AED の既設地点

次に式(6)を用いて、AED の設置数を所与とし最適地を求める。式(7)において  $d_{\min}=400\text{m}$  とすることで、追加される AED の最適配置地点が得られる。AED が既に設置されている 12 点の AED の設置地点に、新たに 18 点の最適配置地点を追加した場合の 30 点の AED の設置地点について、式(8)で得られる「供給効果」の密度分布を示す等値線 (間隔は  $5.0 \times 10^{-8}$ ) を図 3 右に、装置による救命確率の密度分布を示す等値線 (間隔は  $2.0 \times 10^{-1}$ ) を図 4 右に示す。参考のために、心停止発生地点の密度分布 (間隔は  $1.0 \times 10^{-8}$ ) についても各図に併せて示した。

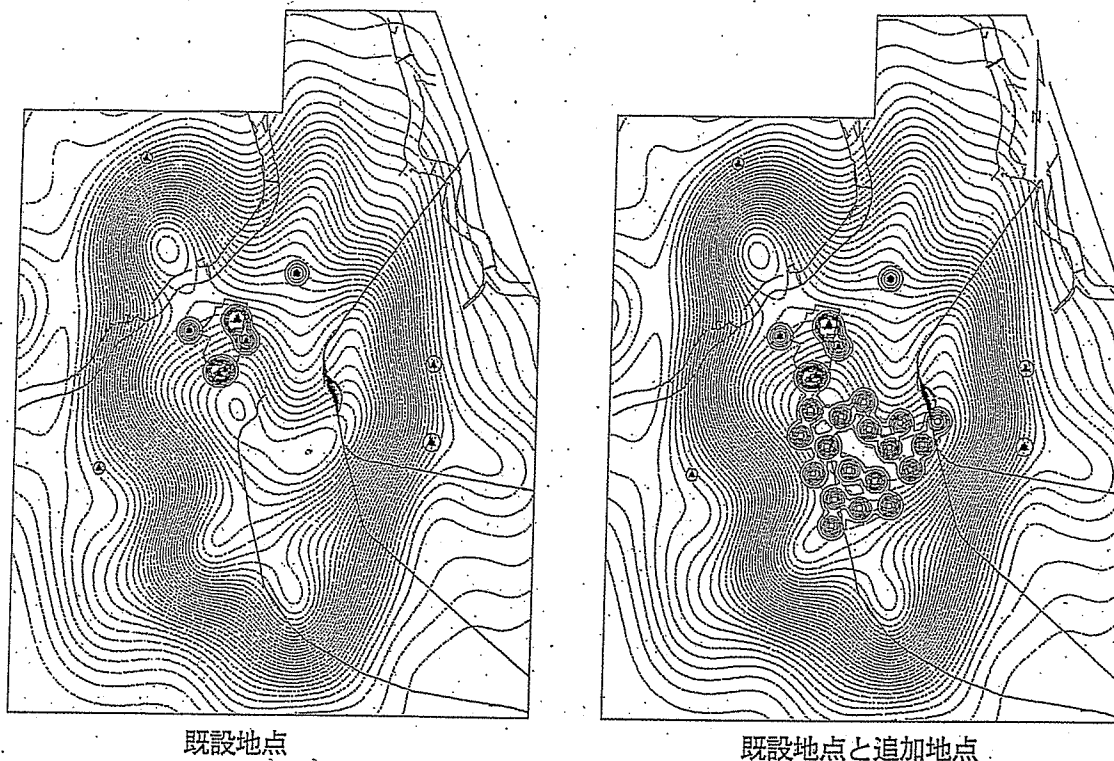


図3 AEDの既設地点および最適配置地点と供給効果の密度分布

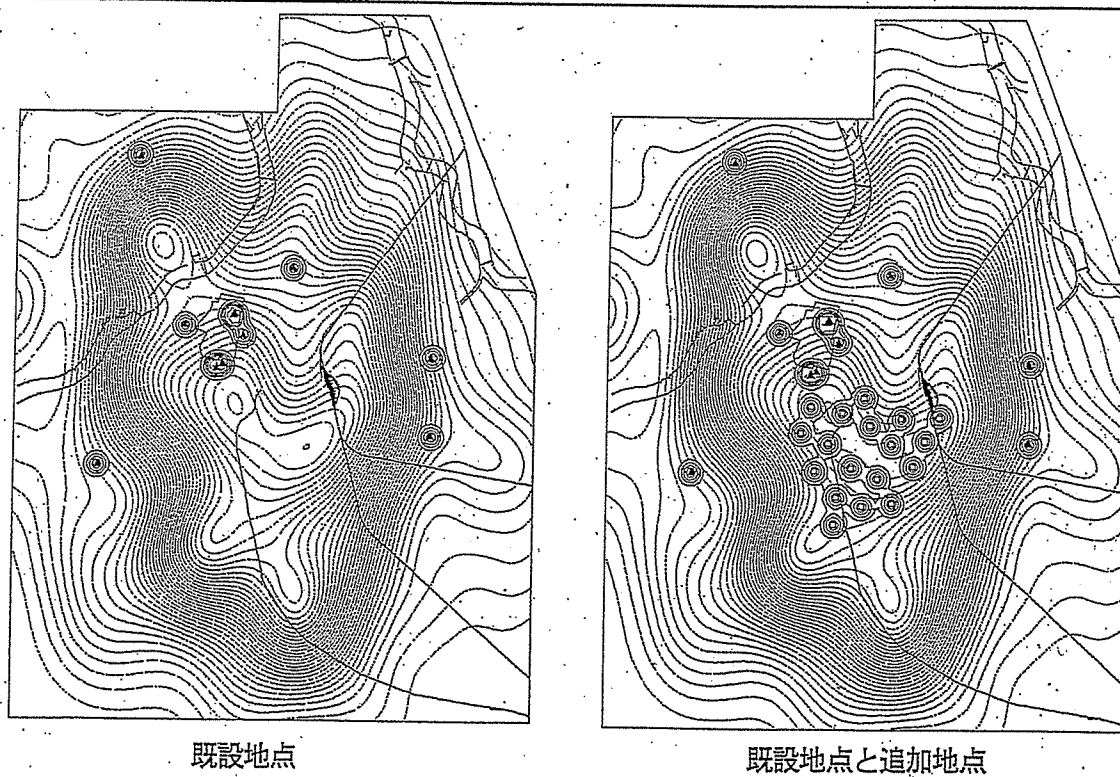


図4 AEDの既設地点および最適配置地点と救命確率の密度分布

(図中の表記については以下の通り。□: AEDの最適配置地点, ▲: AEDの既設地点, および各々の密度(濃線), 需要量密度(淡線)を示す等値線。背景地図として, 河川, 鉄道, 弘前城を表記。)

## 2) 併設施設の分布状況に伴う AED 配置

AED を併設する都市施設として、コンビニエンスストアと郵便局を分析の対象とした。平成 18 年 4 月時点での、弘前市内で営業しているコンビニエンスストア各社の店舗、および郵便局について扱うものとする。位置情報の取得に際しては、東京大学空間情報科学研究センターのアドレスマッチングサービスを利用し、ホームページ上の住所表記を位置情報へ変換した。

まず、コンビニエンスストア、郵便局ともに、弘前市内の 50 ヶ所に立地していることがわかった。立地点の一部については地図の範囲外に存在しているために、地図上では確認できないものもあるが、以降の分析における計算では 50 ヶ所全ての立地点が含まれている。

式(10)を用いて、コンビニエンスストアと郵便局のそれぞれについて、併設施設の立地点にもとづいた AED の最適配置地点を求め、まずそれぞれの施設に 20 台の AED を配置すると仮定し、施設が立地する 50 地点のなかから、「供給効果」を最大化するときの組み合わせとなる 20 地点を、AED の最適配置地点としてそれぞれ選択した。ここで「供給効果」の計量に際しては、地域を 50m 四方の細かいメッシュに分割したうえで、その中心点までの距離を用いている。

図 6、7 は、20 地点に AED を設置する場合の最適配置地点を示している。同じく、「供給効果」の密度分布を示す等値線（間隔は  $5.0 \times 10^{-8}$ ）を図 6 に、また、装置による救命確率の密度分布を示す等値線（間隔は  $2.0 \times 10^{-1}$ ）を図 7 に表す。また、参考のために需要量密度の等値線（間隔は  $1.0 \times 10^{-9}$ ）についても併せて示している。最適配置地点の分布の特徴としては、郵便局の 20 地点の方が、コンビニエンスストアの場合と比較して、やや広範囲に配置地点が得られていることがいえる。

各設置数と式(12)で得られる「供給効果」

との関係を図 5 に示す。これより、供給効果が高い地点から順に AED の設置を行った場合には、コンビニエンスストアに設置した方がより適切であるとの結果が得られる。これは逆に言えば、コンビニエンスストアの方が、元来は人口や活動量でみると不均質な地域の需要量に対応した立地状況となっているとも説明でき、その点で「公平性」についても要求される郵便局とは幾分事情が異なるという、通常理解と一致するものと捉えられる。

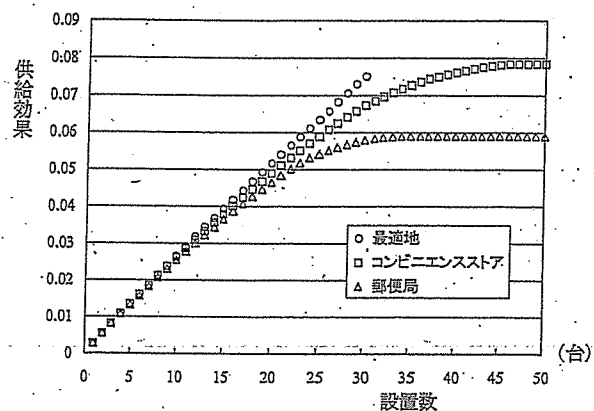


図 5 設置数に伴う供給効果の比較

## D. 考察

### 1) 現状の設置地点を活用した AED 配置

図 2 より既設地点の分布は、一方では弘前城付近にある程度集中して数台設置されており、また他方では地域の広い範囲にわたって 1 台ずつ設置されている状況が伺える。また、設置されている場所の詳細をみると、何らかの施設内に設置されている場合が多く、施設の利用者を対象としていると思われる。

図 2 では、前章でも扱った潜在的な需要量を表す等値線についても示しているが、等値線で「山」の頂点に相当する需要量のピーク付近で既設地点が非常に少ないことがわかる。

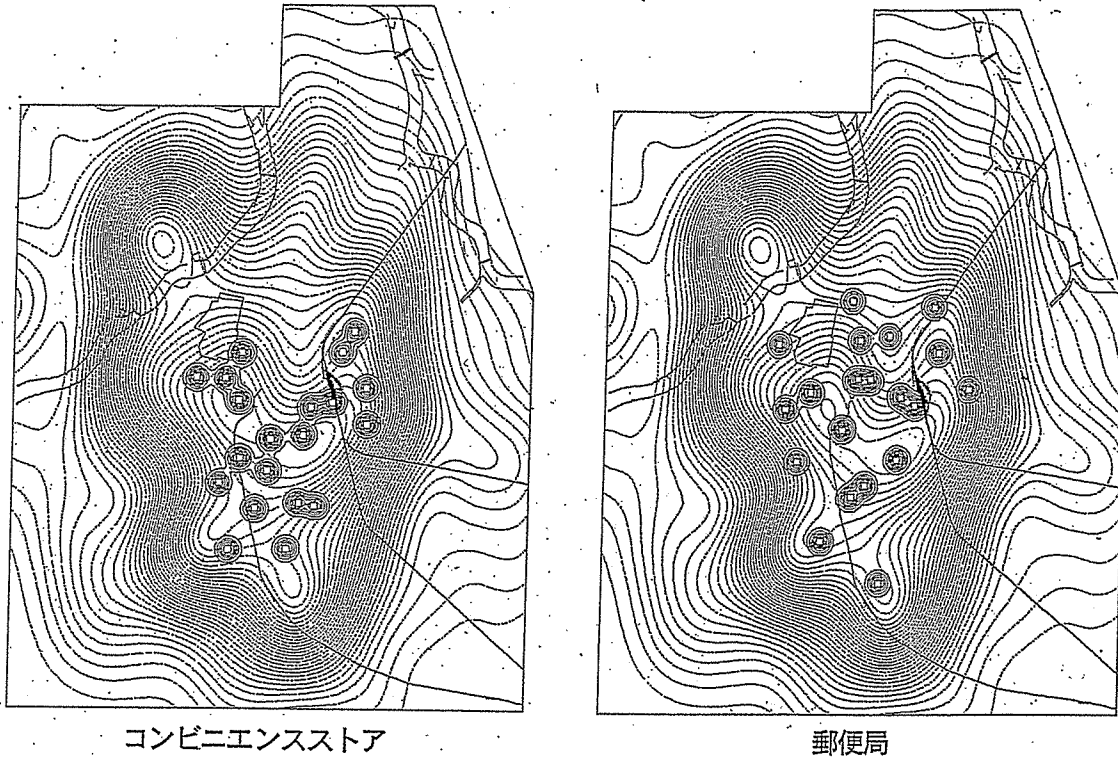


図6 AEDの併設施設立地点と供給効果の密度分布の比較

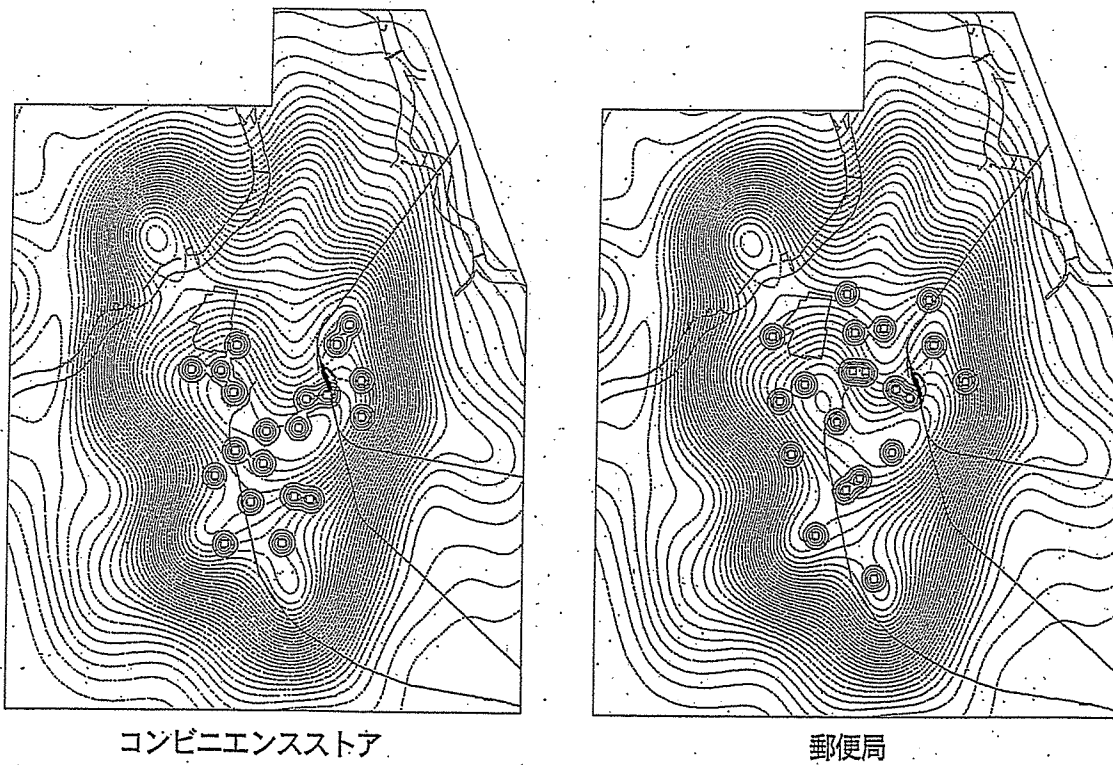


図7 AEDの併設施設立地点と救命確率の密度分布の比較

(図中の表記については以下の通り. □: AEDの設置地点, および各々の密度(濃線), 需要量密度(淡線)を示す等値線. 背景地図として, 河川, 鉄道, 弘前城を表記.)

需要量との関係からみた既設地点の分布の特徴としては、市の中心部からみて地域の需要量が急激に低下した場所や、あるいは需要量が高い市街地の中心部にあってもそのなかでは相対的に低いとされる場所に多く設置されているといえる。また、駅や住宅地付近には設置されていない。既設地点のなかで中心部に設置されているものについては、弘前城内およびその付近に集中しており、これはイベントに集う市民や訪れる観光客を想定したものであろうが、実際にはこの場所で心停止が発生する頻度は高いとは言えない。

装置の既設地点と追加された最適配置地点の分布様態には大きな差異が認められる。既設地点の方は先述の通り、需要密度が大きく低下する市街地の周縁部にも分布する傾向があるが、最適配置地点については、前章の結果と同様に市の中心部に集中する傾向がある。図3の「供給効果」に関する等値線を見ると明らかなように、需要密度の低い場所のAEDの既設地点による「供給効果」は、中心部の設置地点と比較して著しく低い。

また、図4の救命確率の密度分布より、弘前城に設置されている数地点の装置については互いに近接して位置しているものがあり、それらについては救命確率の補正が適用されている。これらの設置地点は、他の装置の影響圏にあることで「供給効果」のロスが生じていることに加え、需要量が特に高い場所でもないことから、実際の設置の効果については期待されるほど大きいものではないと思われる。

なお、医療福祉施設などのように、需要の高い市街地から離れて立地しているとはいえ、心停止が発生する頻度が高く、設置が検討されるべき施設が現実には存在する。その一方で本研究の主題であるように、地域全体として装置を有効に機能させるためには、地域内の需要量の変化を考慮した配置地点の検討が肝要である。ただ、医療施設などでの装置の

設置は、各施設の個別的な対策であると理解している。つまり、施設の周辺で生じた心停止に貢献することが前提ではないという意味では、議論の対象外として考えられる。つまり本研究によって得られる結果は、危険性の高い施設にAEDを設置することについて否定するものではないとしたい。

## 2) 併設施設の分布状況に伴うAED配置

コンビニエンスストアと郵便局の立地分布を比較すると、コンビニエンスストアの方が市の中心部に立地するものが若干多い印象を持つものの、両者の分布は類似した様相を示しているといえる。公共施設である郵便局の立地は、地域の広範囲に居住している住民に配慮したものであると理解されるが、弘前市においてはコンビニエンスストアの立地についても、目立った集積や特徴的な地理的分布のバラツキが無いと言える。

図6では、コンビニエンスストアと郵便局の両者ともに、各配置地点周辺の「供給効果」に大きな差がなく、同程度に高い値であることがわかる。さらに、等値線が救命確率と同じくほぼ同心円上に表れていることから、それぞれにおいて「供給効果」の高い20地点は、需要量がほぼ同等に高い地域に分布していることがいえる。

図7の救命確率の密度分布を見てみると、救命確率がほぼ1である場所、つまり装置の配置地点が互いに近接しているために効果にロスが生じている場所は、両者ともにそれほど多くない。この点については、1)の現状のAEDの既設地点の場合と対照的であり、併設施設の設定を有意義なものとしている。

また、両者に共通して言えることであるが、市街地の外に立地していた施設は、20地点を選択したときにはほぼ全て除かれている。コンビニエンスストアと郵便局の場合には、設置した施設で心停止が発生するというよりも、むしろその周辺で発生したときの対処として

の役割が大きいと考える。そのときには併設施設の周辺が、人の行動が活発である、あるいは住宅地であるといった装置の需要が高い地域である状況が望まれるであろう。

図5では、地域内のどの場所に設置しても良いとされる状況でのAEDの最適配置地点の場合との比較のため、連続平面上での「供給効果」の変化についても併せて示している。

ここで、「供給効果」の値が1をとるときは、地域における需要量の全てをカバーできる状況を意味する。このことから、例えば30地点で見てみたときに、前章で得られた最適配置地点からコンビニエンスストアに設置することで、1割程度の「供給効果」の減少が生じるという結果を得る。ただ、併設施設の条件として認知度の高さが挙げられていることから、この数字をどのように判断するかは別途議論の余地があると言えよう。

## E. 結論

本研究で提案された方法を用いることで、より地域の状況を加味したAEDの最適配置地点が得られることが可能になった。

実データを用いた適用事例においては、弘前市の現状のAEDの設置場所と最適配置地点との分布様態に乖離が認められた。つまり、最適配置地点が、概して需要量の高い地域の中心部に集中する傾向がみえる一方で、現状の装置の設置場所については、地域の需要に対応した状況にあるとは言えない結果が得られた。また、AEDの併設を視野に入れた場合を検討し、特にコンビニエンスストアと郵便局について比較をおこなった。その結果、併設施設の分布状況から見たときに、両者ともに現状の設置場所と比較しても設置地点として有効であることが確認できたが、特にコンビニエンスストアを併設施設としたときには、AEDの設置地点としてより効果的であると判断できる結論が導かれた。

従来の限られた施設以外にも設置が検討さ

れる状況にあるなか、適切な配置地点についての議論は一層重要性を増すことが予想される。現実には、すべての最適地にAEDを配置することは非常に困難ではあるが、問題の重要性からも現状の配置状況の適切性は常に問われるものである。そのためには、何よりも理論的な最適配置地点、およびその効果については厳密に示されている必要があろう。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

[1] 片岡裕介, 浅見泰司, 浅利靖, 郡山一明 (2006): 「需要密度に対する供給効果を最大化するAEDの最適配置地点」, GIS—理論と応用, 14(2), pp.1-9.

### 2. 学会発表

[1] 片岡裕介, 浅見泰司 (2006): 「空間分布の少数の母点による最大密度被覆法とその応用」, 2006年度日本計量生物学会シンポジウム, 5月.

[2] 片岡裕介, 浅見泰司, 浅利靖, 郡山一明 (2006): 「地域の需要に対応したAED配置に関する研究」, 東京大学空間情報科学研究センター第9回年次シンポジウム, 10月.

## G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし

## 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丹後俊郎部長、東京大学空間情報科学研究センター丸山祐造助教授および東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻貞広幸雄助教授より貴重なコメントを頂いた。また、弘前消防事務組合には救急車による搬送データを提供して頂いた。

位置情報の取得に際しては、東京大学空間情報科学研究センターが提供するアドレスマッチングサービスを用いた。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(研究番号75)として、以下のデータを利用した。(株)ゼンリン提供: ZmapTownII 青森県弘前市記して謝意を表す。

参考文献

- American Heart Association (2000) Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care: International consensus on science, *Circulation*.
- Alsalloum, O.I. and Rand, G.K. (2006) Extensions to emergency vehicle location models., *Computers & Operations Research*, 33, 2725-2743.
- Bowman, A. and Azzelini, A. (1997) *Applied Smoothing Techniques for Data Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- Brotcorne, L., Gilbert Laporte, G. and Semet, F. (2003) Ambulance location and relocation models., *European Journal of Operational Research*, 147, 451-463.
- Church R.L. and ReVelle C.S. (1974) The maximal covering location problem., *Papers of the Regional Science Association*, 32, 101-118.
- Crocco, T.J., Sayre, M.R., Liu, T., Davis, S.M., Cannon, C. and Potluri, J (2004) Mathematical Determination of External Defibrillators Needed at Mass Gatherings., *Prehospital Emergency Care*, 8, 292-297.
- Malcom, G.E., Thomipson, T.M. and Coule, P.L. (2004) The Location and Incidence of Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Georgia. *Prehospital Emergency Care*, 8, 10-14.
- Sheather, S.J. and Jones, M.C. (1991) A reliable data-based bandwidth selection method for kernel density estimation. *Journal of the Royal Statistical Society series B*, 53, 683-690.
- Silverman, B.W. (1986) *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. London: Chapman and Hall.
- Simonoff, J.S. (1996) *Smoothing Methods in Statistics*. New York: Springer-Verlag

---

\*本研究は、協力研究者である浅利靖氏、および分担研究者である郡山一明氏との共同研究である。

平成 18 年度厚生労働科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）  
「地理及び社会状況を加味した地域分析方法の開発に関する研究」

健康危機管理における地域サーベイランスとその可能性

分担研究者 郡山一明

研究分担と研究協力者

- |                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| (1) 小学校欠席率による疾病発生状況の把握        | 竹中ゆかり              |
| (2) 理想的 AED 配置地点の有効性の検証       | 浅利 靖               |
| (3) 土壌からの抗菌物質産生菌の単離及び薬剤耐性菌の分布 | 谷口初美 福田<br>和正 池野貴子 |

研究要旨

小学校欠席率は地域の感染症アウトブレイクを見出すモニタリングシステムとして大きな可能性があることを示した。カーネル法によって導き出された AED の最適配置地点を検証した。心停止は人口密度や年齢分布に影響されと推測されるが、小さな地域の人口密度や年齢分布を把握することは困難であり、地域毎に過去の発生確率密度分布を検討し AED の配置地点を算出することは有効であると考えられた。環境細菌叢と地理的、社会的要因には関連が見られることが分かった。

A. 研究目的

(1) 小学校欠席率による疾病発生状況の把握

地域の健康危機を早期に把握するためには、日常的なモニタリングが必要である。我々は過去 2 年間、北九州市の 133 小学校の欠席率を検討した結果インフルエンザ流行期には定点値と欠席率が非常によく相関すること、クリギング法による空間補間を行う事で拡大状況を把握できる可能性を示した。今年度はこれをさらに詳細に検討した。具体的には欠損となっていたデータの補充を行った。そのうえで、定点観測値との相関を検討した。また、学級閉鎖状況、イ

ンフルエンザ等罹患児童数との相関状況も検討した。

(2) 理想的 AED 配置地点の有効性の検証

AED の配備地点は、駅などの集客施設を中心にすすめられているが、日々、救急外来に搬送される心肺停止 (CPA) は住宅街などで多く発生し、従来から言われている配備地点での心停止発生頻度は決して高くない。そこで心停止発生頻度に即した AED の理想的な配置地点を検討するため、本年度は、平成 17 年の 8 ヶ月間に新たに発生した心停止事例を使用し、その 30 ヶ所が有効性であるかを検証し、昨年度から検討してきた理想



的な AED 配置地点の算出方法の妥当性を確認した。

(3) 土壌からの抗菌物質産生菌の単離および薬剤耐性菌の分布

昨年までに薬剤耐性菌の土壌における分布状況を調べてきた。今年度は、土壌中の細菌の種類、その相対的割合を培養に依存しない遺伝子工学的手法で解析し、叢(フローラ)として土壌細菌環境を評価を行った

## B 研究方法

(1) 北九州市内小学校に再調査を実施した。

2005 年の欠損データの部分、及びインフルエンザ流行初期であると考えられた 1 月 13 日のデータを集積した。このデータから欠席率の近似曲線を作成し、定点観測値と比較した。

(2) 平成 17 年 1 月から 8 月の 8 ヶ月間に、弘前消防事務組合が搬送した内因性 CPA 104 例の発生地点と AED 適切配置地点との関係を検討した。人の歩行速度を 80m/min として、3 分以内に往復できる半径 120m (A 円) 中と、小走りに相当する徒歩の倍の速度で走ったとき 3 分以内に往復できる半径 240m (B 円) 中の発生点を比較した。さらに、平成 18 年 5 月現在、弘前市が配備している AED12 台についても、同様に検討した。

(3) 検査材料としていずれも北九州市の異なる 3 地点のサンプルを用いた。動物園の 19 箇所から採取した土壌、北九州市洞海湾の 7 箇所の底泥、産業医大病院地下ピット内の汚泥 4 サンプルを用いた。

方法は、各サンプルより DNA を抽出し、16S rRNA 遺伝子の 580bp を PCR 法で増幅し、約 90 クローンの塩基配列を決定した。BLAST search で相同性を検索し、

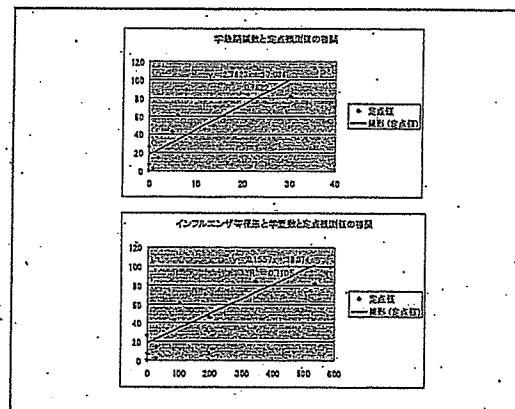
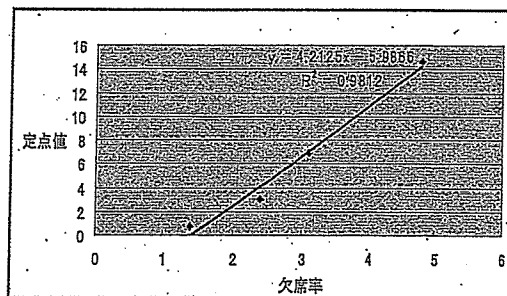
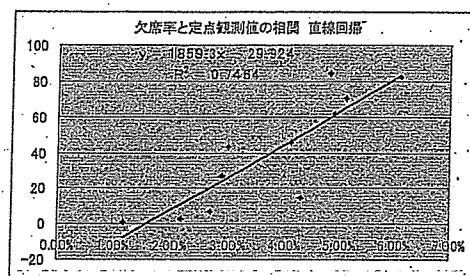
細菌の種類、その割合を算出した。

## C 研究成果

(1) 小学校欠席率による疾病発生状況の把握

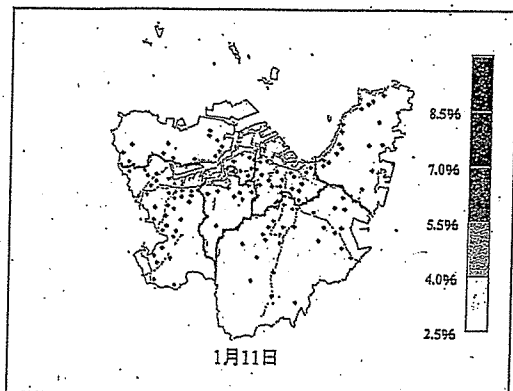
1 インフルエンザ流行期の小学校欠席率は、定点観測値とよく相関し、その相関係数は学校保健法によって収集されているインフルエンザ等罹患者数よりも高い。

市内平均欠席率 2.5% ⇒ 定点値で 16.6 の病勢

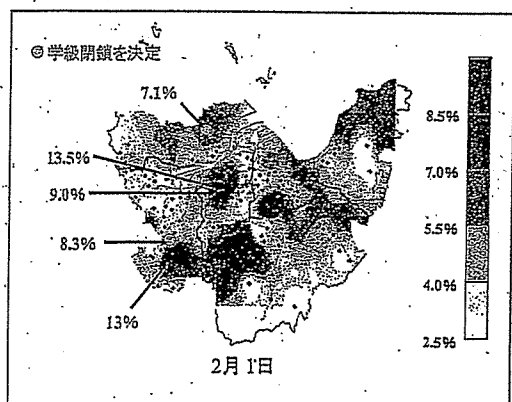


2 クリギング法でインフルエンザによる欠席状況を空間補間することが可能である。

インフルエンザ流行期間中の欠席率上昇は1月11日に小倉北区から始まった。感染発生状況を示していると考えられる。



3 学級閉鎖は地域拡大防止には約にたっていない。学級閉鎖を実施している地域と、学校欠席率には一致しない。学級閉鎖は学級欠席率によって決定しており、学校欠席率とは無関係だからと考えられる。



(2)理想的 AED 配置地点の有効性の検証

1 AED 最適配置地点の A 円中には、内因性 CPA 104 例のうち、7 例 67% が含まれていた。B 円には、12 例 11.5% が含

まれていた。

2 弘前市が配備した AED 12 台の A 円中では 1 例 0.96% が発生し、B 円中では 2 例 1.9% が発生していた。

(3)土壌からの抗菌物質産生菌の単離および薬剤耐性菌の分布

全菌数は 107~109cells/g で、いずれの土壌においても同程度であった。地下ピットの 3 箇所の汚泥において、107 オーダーで少ない傾向が見られた。いずれでも非病原性の *Pseudomonas*, *Clostridium* 属菌の検出頻度が高かった。経気道感染する病原体としては *Mycobacterium*, *Legionella* 属菌が、動物園土壌で各々 2, 1 箇所、地下ピット汚泥からは 1 箇所検出されたが、洞海湾底泥からは検出されなかった。動物園土壌では、地下、海底にくらべ、ヒト、動物由来細菌が多く検出された。地下ピット内では硝化細菌 (*Nitrospira* 属) が検出されたことが特徴的であった。洞海湾底泥では硫酸還元菌、イオウ酸化細菌の割合が多かった。

#### D 考察

(1)小学校欠席率による疾病発生状況の把握

小学校欠席率を空間的補間技法を用いて地域病勢等高線図を作成することで、感染症サーベイランスでは見出せない地域内の感染症発生状況を把握することが可能であった。本方法は、新型インフルエンザ等新興感染症の発生が懸念される現代において、感染の予兆を把握する症候群サーベイランスとしても、また地域の拡大状況を把握する方法としても極めて有効であると考えられる。

(2)理想的 AED 配置地点の有効性の検証

走って取りに行くと 3 分以内に往復できる範囲には、CPA 104 例中 12 例が含まれていたこと、および、市が設定した公共施設の AED 12 台では同じ範囲内に 2 例の心停止の発生がみられたことを比較すると、今回の最適 AED 配備地点は、従来の公共施設配備 AED よりも実際の心停止事例を救命できる可能性は高かった。最適配備地点での救命の可能性は 104 例中の 12 例 11.5% と高くはないが、青森県弘前市は、人口 18.8 万人、面積 523.6 km<sup>2</sup> で、この地域の中で CPA は散在していることを考慮すると、12 例の救命のチャンスには意義があると思われる。弘前市では春の桜祭りで弘前城の桜見物に毎年約 250 万人の人が集まり、昨年よりここに 10 台の AED を市が配備している。しかし、過去 5 年間の延べ 1250 万人中での心停止発生は 1 例であった。心停止は人口密度や年齢分布に影響されと推測されるが、小さな地域の人口密度や年齢分布を把握することは困難であり、地域毎に過去の発生確率密度分布を検討し AED の配置地点を算出することは有効であり、今回の東京大学空間情報科学研究センター浅見らのグループによる AED 最適配備地点の算出は今後日本中の各地域において行われるべきであると思えた。

### (3) 土壌からの抗菌物質産生菌の単離および薬剤耐性菌の分布

ヒト、動物の生活圏である動物園土壌では、当然のことながらヒト動物由来細菌が多く検出され、地下ピット内では硝化細菌、海底ではイオウサイクルに関係する細菌が多く検出された。強毒性の病原細菌として報告されている細菌が 1% 以上生息するケースは殆ど無いという結果であった。地下ピット内で 1 箇所、*Mycobacterium avium*, *Legionella pneumophila* が約 1% ずつ検出されたの

はまれなケースであった。

海底の底泥においても、ヒトの生活廃水が流入するところで、ヒト・動物由来菌の検出頻度が高くなる傾向が見られ、環境細菌叢と地理的、社会的要因との関連が見られることが分かった。

## E 結論

(1) 小学校欠席率による疾病発生状況の把握

- ・ 小学校欠席率は地域の疾病早期把握のモニタリングシステムとし有用である。

(2) 理想的 AED 配置地点の有効性の検証

- ・ AED は公共施設に多く配備されているが、地域毎に過去の心停止例の発生確率密度分布を検討し救命確率の高い最適配置地点を算出することは、さらに今後の心停止からの救命率を向上させるのに役立つと思われる。

(3) 土壌からの抗菌物質産生菌の単離および薬剤耐性菌の分布

- ・ 環境細菌叢と地理的、社会的要因との関連が見られることが分かった。

## F 研究発表

### F. 1 論文発表

1. 北九州洞海湾の汚泥の細菌叢調査：福田和正、市原剛志、上田直子、郡山一明、小川みどり、谷口初美：産医大学雑誌

2. 産業医大病院地下ピット工事に伴う細菌感染症予防のための汚泥の細菌叢検査

福田和正、市原剛志、郡山一明、谷口初美：産医大学雑誌（投稿中）

F. 2 学会発表

ホール／平成18年10月)

1. 浅利靖、片岡裕介、浅見泰司、郡山一明、田村有人、大川浩文：アドレスマッチングシステムとカーネル法を使用した青森県弘前市における AED 最適配置地点の検討。5月11日 日本臨床救急医学会総会、平成18年5月11日、盛岡

6. 「動物展示施設における感染症対策としての網羅的な土壌細菌叢の調査」  
第55回 九州地区獣医師大会・平成18年度日本獣医師三学会  
(熊本県 メルパルク熊本／平成18年10月)

G 知的財産権の出願・登録状況  
特になし

2. 大川浩文、片岡裕介、浅見泰司、矢口慎也、郡山一明、浅利靖：アドレスマッチングシステムと心停止発生確率密度分布から推定した青森県弘前市における AED 最適配置地点の有効性の検証。日本救急医学会総会、平成18年10月30日、福岡

3. 「動物展示施設における感染症対策～動物の死因に関する細菌学的調査～」  
第59回 日本細菌学会九州支部総会・  
第43回 日本ウイルス学会九州支部総会  
(福岡県 久留米大学筑水会館／平成18年9月)

4. Infection control at zoo: bacterial investigation about the cause of death and soil with molecular method.  
第12回 日本野生動物医学会大会・岐阜大学21世紀COEプログラム国際シンポジウム (岐阜県 ぱ・る・るプラザ岐阜／平成18年9月)

5. An Evaluation of Environmental Bacterial Flora: 「-soil bacterial flora at zoo -」  
The 26th UOEH and the 7th IIES International Symposium  
(福岡県 産業医科大学ラマツィーニ