

総説

「健康な街／不健康な街」を視る

— GISを用いた小地域における地理的健康格差の視覚化—

中谷友樹*1

要約 GIS（地理情報システム）に代表される地理情報処理環境は、空間統計学、地図学的手法、地理情報の統合を通して、健康リスクの地理的な「見える化」を支援する。本稿では、健康の地理的格差を視覚化する2つのアプローチを解説する。第1に、リスクの地域差をリスク人口の地域差と同時に評価しながら健康格差の大きさを視る方法として、地理的に「ならず」統計的平滑化、カルトグラムとして知られる人口規模に応じて空間を「ゆがませる」地図学の変換を統合した疾病地図の有用性を考える。第2に、近隣地区程度の「街」の類型である社会地区類型（ジオデモグラフィクス）を用い疫学・社会調査の資料を「まとめ」た指標値を、社会地区類型の分布に「あてはめ」て推定される分布図を通して、これまでよりも微細な地区単位で生じる健康格差と政策上の課題をみる方法論を整理する。

キーワード：GIS（地理情報システム）、社会地区類型（ジオデモグラフィクス）、空間疫学、疾病地図、地理的視覚化

（日循予防誌 46：38－55，2011）

I. 序 論

John Snowの古典的な業績¹⁾を嚆矢とする疫学的なリスク評価を目的とした空間分布解析は、今日、空間疫学と呼ばれる研究領域を形成するに至り、疾病リスクの空間的集積や分布傾向を特定する技法群など、数多くの洗練された空間統計分析の技法が提案されてきた^{2,3)}。同時に、地理情報の生成・管理・分析・視覚化の統合化された環境を提供する汎用的な情報システムである地理情報システム（Geographic Information System: GIS）が、社会基盤としての多様な地理情報の整備とともに普及し^{4,5)}、これが空間疫学研究を効率的に遂行する情報処理のプラットフォームとして活用されるようになった^{6,7)}。こうした地理情報処理の発展は、空間的な分析技法と分析に必要な地理情報の統合を通して、健康リスクの地理的な「見える化」を

促す役割を担っている⁸⁾。すなわち、統計表にみる指標値の羅列からは見出し難い詳細な地理的な健康格差を洗い出し、公衆衛生上の是正すべき課題の確認や対策に関連する地理的な要因といった情報を、分かりやすい形式で提示する役割である。本稿では、健康の地理的格差—「健康な街」と「不健康な街」—を、これを生み出す社会的な背景の情報とも関連づけながら「見える化」する2つのアプローチとして、(1) 地理的な人口分布を評価しながら健康の地理的格差を視覚化する現代的な疾病地図の方法論と(2) 居住地域の社会特性に基づいて健康格差の要約をはかる社会地区類型（ジオデモグラフィクス）を介した分布推定の方法論を整理し、現在の日本で利用可能な地理情報の利用を通して、それらの有用性を検討する。

ところで、健康格差は古くから社会階層の次元とともに、地理的次元を伴って議論されてきた⁹⁾。こうした議論において長い伝統を有する英国社会においては、居住地の違いで確認される医療資源の配分やその結果としての健康の格差を指し示す

*1 立命館大学文学部地理学教室

〒603-8341 京都市北区小松原北町58

立命館大学歴史都市防災研究センター GIS室)

受付日 2010年9月7日・受理日 2010年12月16日

「郵便番号くじ」Postcode lottery」という表現が、しばしばジャーナリスティックな表現として用いられる。郵便番号は詳細な居住地を指し示す符号であるが、2つの意味において地理的な参照を果たしており、それぞれがここで問題とする2つのアプローチと関連している。

第1に、郵便番号は地理的な位置、すなわち地図上の座標や郵便番号区の範囲を参照する。このような地理的な位置に基づいて疫学指標の広がりや地図化したものが疾病地図であり、人口動態統計など公的な資料の利用を前提に、空間疫学の中心的な方法論の一角をなしている^{2,3,6)}。II章では、疾病地図解析において、有意な情報を抽出する現代的な方法論として、地理的に「ならず」統計的方法と、健康の社会的格差にも敏感な疾病地図の「ゆがみ」を得る地図学的方法の併用に基づいた、新しい疾病地図の有用性を議論する。

第2に、郵便番号は、それが指し示す住所地名を通して当該の地区がどのような社会的性格を有しているのかを参照する記号でもある。例えば、田園調布・成城などの住所地名は、その地理的位置のみならず、富裕な住宅地としての社会的性格をも参照することがしばしばである。このような微細な「街」の社会的性格を簡潔に把握する社会科学的方法論として、居住者の人口構成・社会経済的屬性の構成を類型化する社会地区分析¹⁰⁾がある。この社会地区の類型（ジオデモグラフィクス Geodemographics）¹¹⁾に基づいた疫学指標の整理・分析によって、いわば社会空間上の疾病地図を考えることが可能となる。社会地区は「街」と実感できる近隣スケールにおいて、社会経済的な次元を簡潔に要約するばかりでなく、1部の調査地からサンプリングされる疫学調査資料から、健康水準の面的な分布を推計する新しい方法をも導く。III章は、このような社会地区類型を用いて疫学（社会）調査資料を「まとめる」有用性、および社会地区類型の地理的分布に分析結果を「あてはめ」て、これまでになく微細な地理的健康格差を地図化する可能性とその意義を整理する。

II. 健康格差の地図

1. 地理的に「ならず」：空間的経験ベイズによる平滑化

市区町村などの比較的小規模な地理的単位を用いた疾病地図の作成は、健康の地理的な格差を把握し、その背景の理解や対応を議論するための基礎的な情報をもたらす。地理的単位に基づいた数多くの統計を管理し視覚化する作業は、近年のGISの発達により容易なものとなった。GISは、地理的な参照づけを持つ情報（地理情報）のデータベースの1種でもあり、地図学原理に基づいた地理情報の視覚化は、GISの重要な機能の1つである。

地表面に広がる空間を2次元平面に投影した分布図が最も一般的な地図学的表現ではあるが、図1(a)はGISの3次元表示の機能を用いて鳥瞰図的に、各地区のSMRの大きさを「標高」として表現した疾病地図である。なお、SMRの値が大きいほど濃くなるように描かれている。ここに示すSMRは、2003-2007年の期間に集計された全死因に基づく男性死亡の市区町村別SMRであり、『平成15年～平成19年人口動態保健所・市区町村別統計』（厚生労働省大臣官房統計情報部）より得た。2次元の統計地図に一般的に利用される階級区分図（コロプレスマップ）では、階級区分によって地域指標の地域差が単純化される。これに対し、地域指標値を高さ方向に表現した立体的な分布表現では、階級区分に頼らずに地域指標値の高低を把握できる。

しかし、市区町村のような小地域では、死亡数あるいは罹患数などのイベント発生数が少なくなり、死亡率・罹患率などの地理的指標は統計的に著しく不安定化することも多い。図1で地図化されている5年分の全死因死亡数であっても、大都市圏外の人口規模の小さな地区などに、死亡数の少なさに起因したSMR値の大きな変動が認められ、必ずしもSMRの分布傾向が判読しやすい訳ではない。

この少数問題 small number problem と呼ばれる小地域統計の問題は、SMRが地区の相対的な死亡リスクを予測した指標である点に着目して、次のようなシグナル・ノイズモデルを考えると分か

りやすい^{6,8)}。

観測される SMR の地域差 =
 真の相対死亡リスクの地域差 (シグナル)
 + 統計的な誤差による地域差 (ノイズ)

この問題に対して、様々なアプローチが取り得るが⁹⁾、現在において広く利用される分析手法は、

空間的な平滑化によってノイズを除去し、シグナルの分布推定を得る方法である。すなわち、地区別の SMR などの指標値を、その近傍の指標値を参照して補正する、地理的に「ならず」アプローチであり、その簡便な手法として広く利用されてきた方法が経験ベイズ法である。

地域 i の SMR 値 smr_i は、地域 i の総死亡数 o_i の期待死亡数 e_i に対する比として定義され、この値

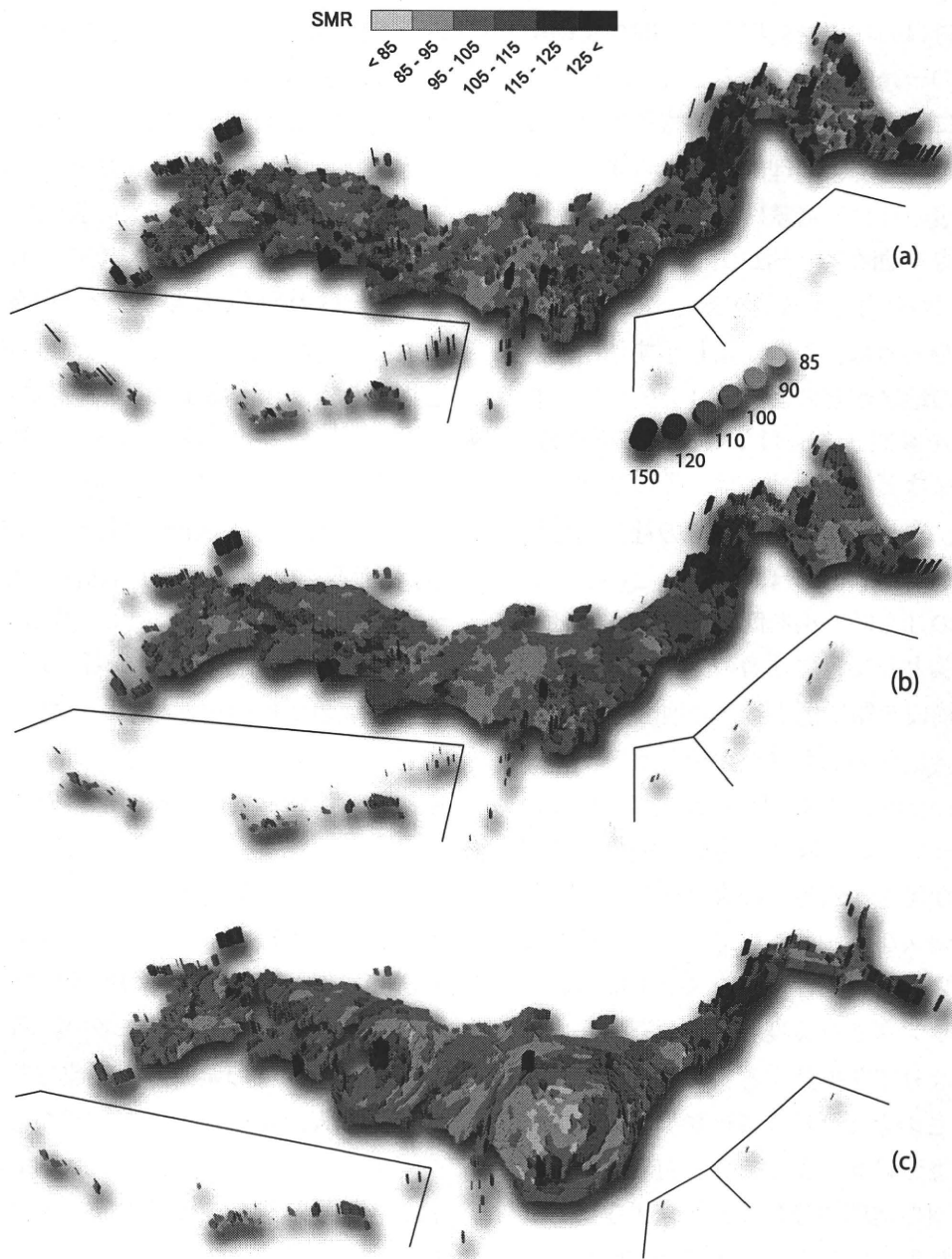


図1 空間的平滑化とカルトグラムによる疾病地図 (全死因男性 2003-2007年)
 高さは SMR の水準に対応する (SMR=85 を標高 0 としている)
 (a) 市区町村別標準化死亡比 (SMR) 報告値
 (b) 空間的経験ベイズ法による SMR 補正值
 (c) カルトグラムによる SMR 補正值

は地区 i の相対死亡リスクに関する素朴な推定値である。

$$smr_i = o_i / e_i \times 100$$

ここで地区 i の人口規模が小さければ、期待死亡数 e_i は大きく、多少の o_i の違いでは smr_i は大きく変化しないため、安定した推定値が得られる。逆に、期待死亡数が少ない場合には、わずかな o_i の変動によって、 smr_i は大きく変動するため、観測される SMR 値は統計的な信頼性に欠ける。その場合、もし事前にその地区の SMR 水準がどの程度であるのかが分かっていたら、それに近づけるように補正すればよい。

経験ベイズ法については既に多くの解説があるため^{3,6)}、ここでは最も広く利用されている Poisson-Gamma モデルに基づいた経験ベイズ法¹²⁾による結果のみを示すと、次のような式によって地区 i の SMR 値は補正される。

$$smr_i^{EB} = \frac{o_i + \beta}{e_i + \alpha} \times 100$$

ここで α と β は、適当な正の値をとる係数（ハイパー・パラメーター）である。この補正式によって、地区 i で観測された SMR 値 ($o_i / e_i \times 100$) は、全てある標準 SMR 値 ($\beta / \alpha \times 100$) に近づくように修正が施される。ただし、地区 i の人口規模が小さく、期待・観察死亡数がともに小さいほど、この補正の程度は大きくなる。逆に、期待・観察死亡数がそれぞれ α と β より十分大きいほどに人口規模のある地区では、SMR 補正値は観察された SMR 値とほとんど変わらない値となる。すなわち、人口規模が小さく、信頼性の乏しい SMR 値は標準 SMR 値に近づけるように補正され、逆に人口規模が十分に大きく、信頼性の高い SMR が観測されている地区では、不要な補正は施されない。

この補正に必要なハイパー・パラメーターは、対象地区群のデータ全体から経験的に推計され、標準 SMR 値 ($\beta / \alpha \times 100$) はこの対象地区群全体の平均 SMR に一致する。実際の死亡リスクには、共通する社会・経済的な要因に基づいて地理的に連続した分布を呈することが多いと考えられるが、これを反映するためには、社会経済的な類似性が

みとめられる地区群毎にハイパー・パラメーターを推計すればよい。例えば、厚生労働省では2次医療圏ごとにハイパー・パラメーターを推定し、市区町村別 SMR 値を補正している¹³⁾。ただし、この方法では2次医療圏の境界付近で補正値の差が生じやすくなり、補正された SMR 値に不自然な地理的な不連続性を生みだしてしまう可能性がある。また、2次医療圏に含まれる市区町村の数には大きな変動があり、5以下の市区町村から構成されている場合も多く（2000年前後では全体の20%程度）、ハイパー・パラメーターの経験的推定の信頼性が低くなる問題も指摘しうる。

こうした排他的な地区グループを先験的に考慮せず、補正する地区ごとに当該地区を中心とする近傍領域を定義し、ハイパー・パラメーターの推定と SMR 値の補正を繰り返す方法が、空間的经验ベイズ法（ローカル経験ベイズ法）である^{6,14)}。この方法は、移動する「窓 window」領域ごとに補正を繰り返していく移動平均の特殊な形態とみなすこともできる。

空間的经验ベイズ法は、アリゾナ州立大学の GeoDa Center によって公開されている探索的空間データ解析のためのソフトウェア GeoDa¹⁵⁾ や、汎用の統計分析環境である R のパッケージ spdep¹⁶⁾ によって容易に計算できる。とくに GeoDa はメニュー選択を通して、近傍領域を定義する地理情報処理や推計結果の視覚的確認、データの入出力が容易である¹⁸⁾。

なお、経験ベイズ法は、簡便で有用な空間的平滑化の技法であり、ルーティンの業務での利用に適しているが、個別の地区で観測される SMR の水準の特異性を厳密に評価するには、必ずしも向いてはいない点に留意する必要もある。現在では、より厳密な統計学的推測を可能とするフルベイズの階層モデルが、空間疫学の主要な技法の1つとして広く利用されるようになったが¹⁹⁾、計算集約的な方法であり、実務的な利用上の難しさも課題として残されている。また、フルベイズによる方法も、異常な高死亡率あるいは低死亡率のような特異な水準値の検出についてみると、特異度は高いものの感度は低い「保守的 conservative」な推定量を与えることが知られている²⁰⁾。そのため、

移動する様々な大きさの窓を通して異常なリスク水準値を持つ空間クラスターの検出に特化したスキャン統計量^{3,21)}のような地理的集積性の分析手法とベイズ統計学に依拠した疾病地図の平滑化は、相互に補完的に役割を果たし、両者を併用するアプローチも有用である^{8,22)}。ここでは、個々の地点の死亡率の特異性ではなく、空間的な平滑化によって明らかにされる死亡の地理的な分布傾向に着目する。

図1(b)は、平均的な2次医療圏とほぼ同サイズとなるように、各地区から10次の最近隣地区から近傍領域を構成することで、空間的経験ベイズ補正を行った結果を示している。図1(a)と比べると、SMRの分布は地理的にならされ、全体的にSMR値を標高とする地勢の全体的な傾向がより明確になっている。とくに、「盆地」あるいは「低地」として描かれる低死亡率の地域が長野県付近の日

本列島中央部に、大きな「丘陵」として描かれる高死亡率の地域が東北地方北部に広がる、地理的なコントラストが目立つ。

2. 地理的に「ゆがめる」： カルトグラムによる疾病地図

図1(b)にみられるようなGISを利用して描かれた現代的な疾病地図は、地理的に参照された疫学指標に適切な統計的加工を施すことで、データに内在しているシグナルを効率的に取り出すことを可能としている。しかし、地図の読図は人間の視覚的な認知に基づくものであり、地図上に描かれる分布の理解においては、統計的な指標値の問題とは別に、地図に表現された図形的な情報そのものの影響にも配慮する必要がある²³⁾。とくに、面積が大きな地区の地図学的表現に視覚的に読み取れる分布パターンが大きく左右されがちだが、面積の大きな地区は概して人口密度が低く信頼性

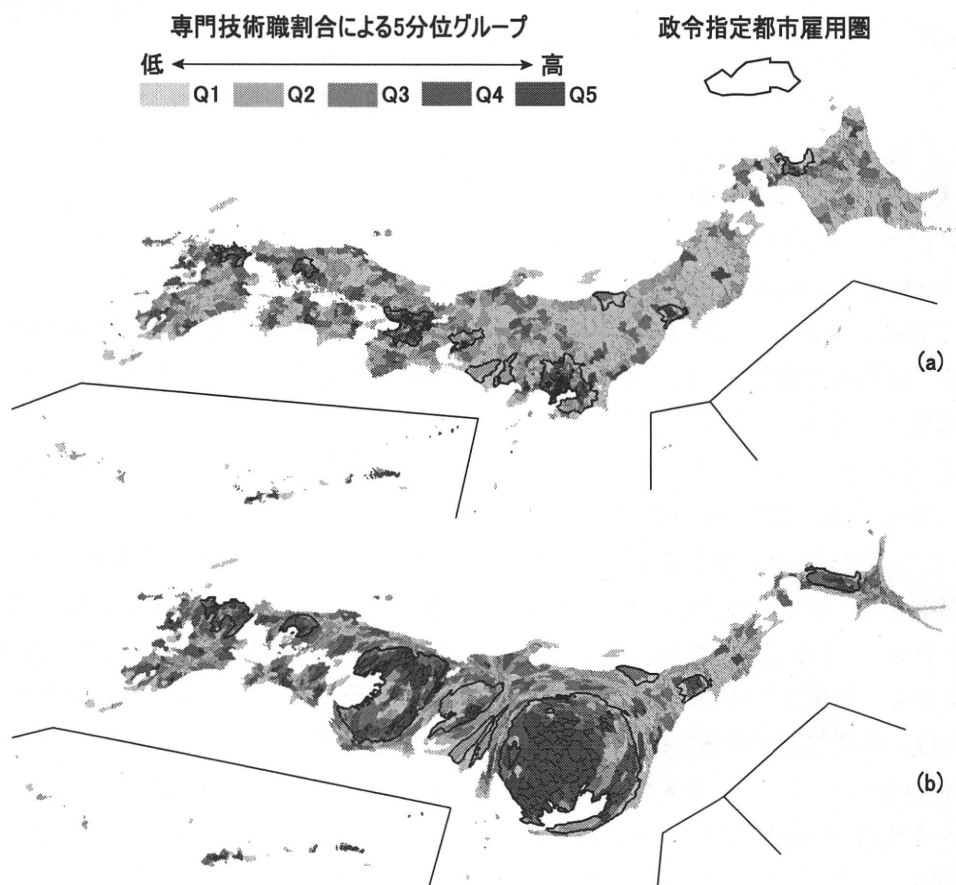


図2 大都市圏と専門技術職業従事者割合の市区町村別分布(2005年)
 統計および都市雇用圏の定義は2005年国勢調査に基づくが、図1と対応するように2007年末時点の市区町村を単位として分布図を作成した。
 (a) 通常の地図投影法による分布図
 (b) カルトグラムによる分布図

の乏しい指標値が描かれやすい。事実、図1(b)では、高・低死亡率の地域として確認される東北・中部地方の一画は、面積は大きいものの、いずれも大都市圏外の人口密度が相対的に低い地域である。

その一方、人口密度が高く社会的なすみ分けが多様になされている大都市部では、地理的単位の面積は小さくなり、広範囲にわたる地理的範囲全体を地図化する、大都市圏内部の健康格差の詳細は判読しえないことがしばしばである。この結果として、通常のGISによって描かれる測量された空間を基盤とする疾病地図は、社会的に多様な大都市部の人口集団の中で生じている地理的な健康格差を視るのに必ずしも適してはいない。

この問題は次のような模式的な読図モデルを通して理解され得よう。なお、 $A \propto B$ はAがBに比例することを示す比例記号である。

疾病地図から読み取れる SMR の地域差 \propto
地区の面積で重みをつけた SMR の地域差

かかる問題に対しては、カルトグラムと呼ばれる地図学的な表現が、人口分布の偏りに配慮した疾病地図の読図を可能とする点で有用である^{6,8)}。カルトグラムとは、広義には一定の空間的位置関係を保持しながら、地図上に描かれる幾何学的表現を意図的にゆがめ、特定の量や特性を強調する技法一般を指す。多くの場合には、面積を人口規模などの量を反映する形でゆがめる面積値カルトグラム value by area cartogram を意味することが多い²⁴⁾。とくに人口規模に比例して面積を構成するカルトグラムは、理想的には全ての地区において人口規模と面積の比である人口密度が一定となるため、等人口密度図 isodemographic map とも呼ばれ、これによって、次のような読図上の認知的な転換を促す作図が可能となる。

疾病地図から読み取れる SMR の地域差 \propto
地区の人口密度で重みをつけた SMR の地域差

等人口密度図としてのカルトグラムは、疫学・公衆衛生において早くから利用されてきた²⁴⁾。初

期には、感染症などの集積傾向がリスク人口の偏在によるものか否かの判別が問題とされてきたが²⁵⁻²⁶⁾、より近年には健康の地理的な格差の大きさを、リスク集団の偏在を踏まえて理解する有効な手法として理解されるようになった²⁷⁾。カルトグラムは地図投影法の一形態として定式化された後、多くのカルトグラム描画を自動化するアルゴリズムが提案されてきた²⁸⁾。原理的には、各地理的単位の面積が人口に比例する条件とともに、各地理的単位間の位置関係や幾何学的形態が局所的に保持される滑らかな変換であるほど、カルトグラムの可読性は高まる。これまで提案されてきたアルゴリズムには、それぞれの長所・短所があるが²⁷⁻²⁸⁾、Gastner and Newman による拡散アナロジーに基づいたアルゴリズムは²⁹⁾、計算原理の明快さと、カルトグラムの作成に要する計算時間の短さ、得られる結果の可読性の調整において優れており、現在最も普及したカルトグラムのアルゴリズムである。図1(c)には、Gastner and Newman のアルゴリズムを用い、期待死亡数に比例する面積となるように市区町村の大きさを歪めたカルトグラムを基図とし、各地区の SMR ベイズ補正値を描き直したものである。この図では、平面次元の面積が人口規模(期待死亡数)に、高さが SMR 値(標高ゼロを SMR=85)に比例するサイズで描かれている。この点をふまえると、以下のような式を通して、立体的な地図上で確認される「山」あるいは「丘陵」の体積が、当該地域の SMR が 85 の水準であった場合に避けられた死亡の絶対数(超過死亡の絶対的規模)に相当することが分かる³⁰⁾。

$$\begin{aligned} \text{プリズムの体積} &= \text{面積} \times \text{高さ} \\ &= (\text{期待死亡数}) \times (\text{SMR}_i - 85) \\ &\quad \times I(\text{SMR}_i > 85) \\ &= (\text{SMR}=85 \text{ を基準とした超過死亡数}) \end{aligned}$$

ただし、 I は指標変数であり以下のように定義される。

$$I(\text{SMR}_i > 85) = \begin{cases} 1 & \text{SMR}_i > 85 \\ 0 & \text{SMR}_i < 85 \end{cases}$$

図1(c)においては、東京と大阪のような大都市は大きく拡大され、その内部に潜んでいた人口集団間の大きな健康格差が姿を現す。この分布の理解を補足するために作成した図2には、日本の大都市圏として、2007年末時点での政令指定都市を中心都市に含む都市雇用圏³¹⁾の範囲と、社会経済的な特性を示すために専門技術職(従事者)割合の分布を示してある。同図では、市区町村を専門

技術職割合の高低に応じて、人口規模がほぼ同程度となる5つの地区群に分けた、人口5分位グループを利用した。専門技術職は、総じて所得・教育水準の高い上層ホワイトカラー層を代表する職業カテゴリであり、その割合が高い地域は大都市部に多い。さらに大都市圏の内部では、所謂「山の手」的な居住域で、専門技術職割合が高くなるような社会経済的な居住地域の分化³²⁾がみられる。

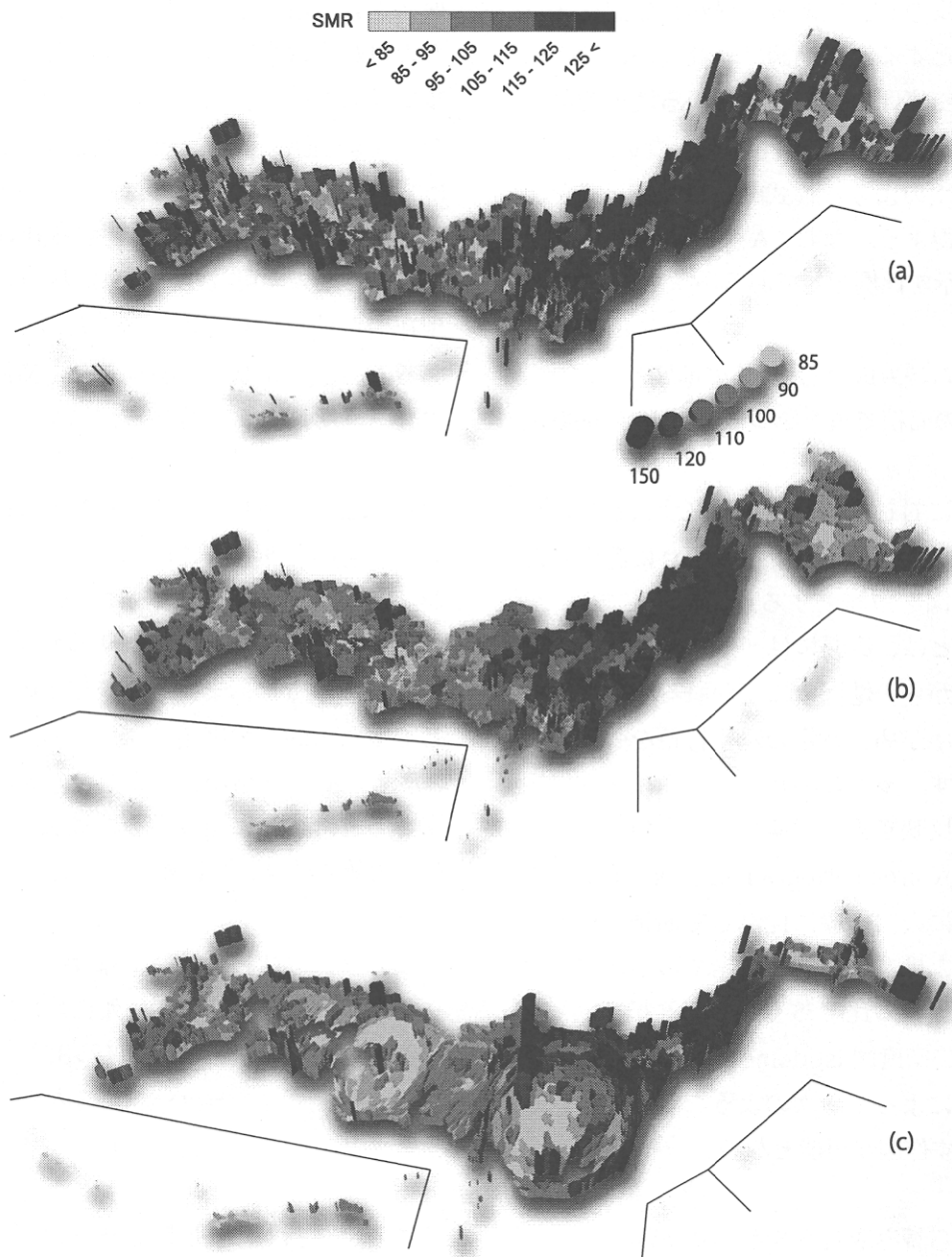


図3 空間的平滑化とカルトグラムによる疾病地図(脳血管疾患患者男性 2003-2007年)
 高さはSMRの水準に対応する(SMR=85を標高0としている)
 (a) 市区町村別標準化死亡比(SMR)報告値
 (b) 空間的経験ベイズ法によるSMR補正值
 (c) カルトグラムによるSMR補正值

通常の地図投影法（ランベルト正角円錐図法）による疾病地図（図1(b)）では全く判読しえないが、カルトグラム（図1(c)）による疾病地図では大都市圏内部のインナーシティ部に、黒い大きな「山」、すなわち高死亡リスクであり超過死亡数の多い地区群が浮かび上がる。例えば東京大都市圏の内部に着目すると、東京都区部の東側から北側へと延びる高SMR領域である。この領域と東京の西側の郊外へは、白く描かれた低SMR領域の「盆地」が大きく広がり、「健康な山の手」と「不健康な下町」のコントラスト、すなわち社会経済的な居住者構成の違い³²⁾に対応した健康水準の際だった地理的格差が明瞭である。同様な傾向は、京阪神大都市圏においても観察され、大阪市のインナーシティ部に観察される高い死亡率の「山」と、これを郊外部の低死亡率「低地」が取り囲んでいる。とくに、カルトグラムにおいては面積が人口規模に比例していることを勘案すると、健康水準の低い（SMRが高い）人口集団と健康水準の高い（SMRが低い）人口集団のどちらに着目しても、大都市圏内部に人口規模の大きな集積が存在しており、この健康の地理的格差を解消する重要性を確認できる。

図3は、死亡率の地理的偏在が著しい脳血管疾患のSMRについて、カルトグラムによる分布図を同様な方法で作成したものである。大きな超過死亡の「丘陵」が東北地方に明確にみられるばかりでなく、全死因で確認されるものと同様な社会経

済的な格差の反映を示唆する死亡リスクの地理的格差が、再び大都市圏内部に確認される。

社会経済的な水準に対応した地理的な健康格差の大きさを大都市圏域の内外において比較するために、図4に専門技術職割合に応じた人口5分位階級別のSMR値を、性別圏域別に示した。図4(a)にみられるように、全死因SMRにおいては、専門技術職割合が高くなるほどSMR値が低下する勾配が明瞭に観察され、その程度は大都市圏内においてより大きい。図4(b)に示す脳血管疾患SMRの場合、大都市圏内外の格差とともに、やはり大都市圏内部においてSMR値の勾配がより明確であり、かつその程度も大きい状況を観察できる。この結果からは、社会格差としての健康の地理的格差が、大都市圏内部においてより明確であり、大都市圏の内外において健康水準の地理的格差を生じる社会経済的要因が異なっている可能性を示唆している。さらに、大都市圏内外の人口がほぼ同じであることを勘案すると、図1(b)のような通常の疾病地図では、社会格差を反映した健康の地理的格差が過小評価されていると考えることも可能である。

以上の事例にみるように、疫学指標の地理的分布を描く疾病地図を意味あるものとするためには、分布情報のシグナルを適切に抽出する空間統計学的手法とともに、認知すべきシグナルを適切に図像として表現する地図学の変換も重要である。Sui

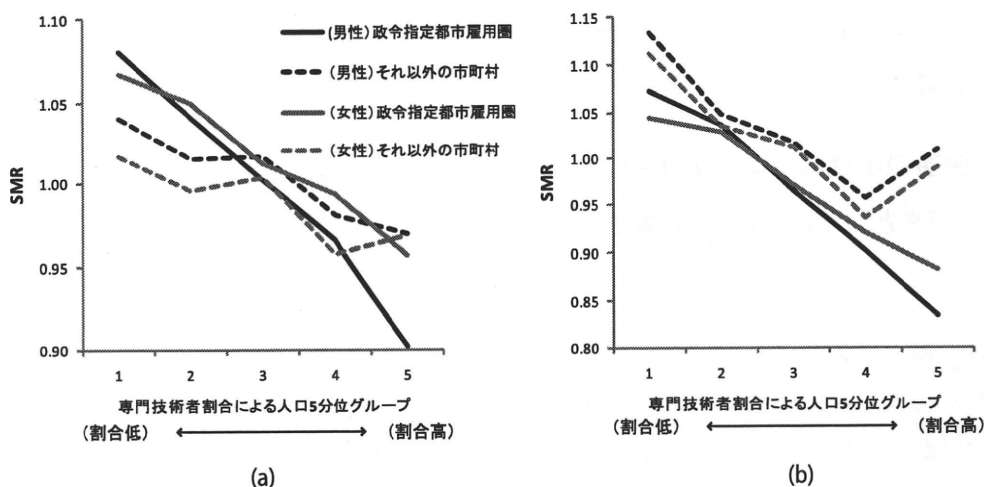


図4 専門技術職割合と標準化死亡比の関連性
(a) 全死因 (2003-2007年)
(b) 脳血管疾患 (2003-2007年)

and Holt は、公衆衛生におけるカルトグラム利用の意義を検討するにあたり、地図を意味づける3つの地図学的視点を確認した³³⁾。すなわち、(1) 地図をコミュニケーションのための図像とみて、地図学的表現を通じた情報伝達を問題とする認知論的視点、(2) 地図を現実世界の理解を助ける分析的モデルと考える分析的視点、(3) 地図が社会的な意図や価値づけをもって構築される面を吟味する批判的視点、である。彼らは、大学生を対象としたカルトグラムの認知論的評価を試みた。その結果、通常地図を前提としてみたカルトグラムに関する認知的評価は概して低いが、カルトグラムの基本的理念の解説を得ることで、極めて肯定的な図像表現として評価されることを確かめている。分析的にはカルトグラムによる変換によって実質的に異なる地理学的パターンが検出されることは、図1・3の事例からも明らかであろう。さらには、カルトグラムの作成を通して、あらゆる地図が特定の論点を議論するために意図的に構築されるものであり、素朴な現実の写像ではない批判的な観点の重要性が喚起されている。

ここで提示したように、通常地図投影法を利用した伝統的な疾病地図を批判的に吟味するならば、それは大都市圏に潜む健康の社会的格差を「見にくい」ものにし、日本社会における健康の社会的格差を過小評価する一因ともみなしうる。カルトグラムを利用した疾病地図は、リスク人口の規模を考慮して健康の地理的格差を全体の中に位置づけ、さらには社会経済的な格差と健康の地理的格差を結びつける点において、合理的な視覚的情報提示の手段と考えられる。

III. 健康の地理的プロファイル

1. 地理的に「まとめる」：「街」の社会地区類型指標

人口動態統計資料のように、地域統計として提供される疫学指標の多くは、都道府県ないし市区町村といった行政体を地理的単位とする。既にみたように、市区町村別に用意される多様な社会統計の資料を、疾病地図と重ね合わせることで、大都市部では「山の手」と「下町」のような社会経済的な区分との対応をみることができ³⁴⁾。しか

し、市区町村は必ずしも同質的な地理的単位とは限らず、社会経済的な人々の住み分けは市区町村より小さな空間スケールで、より鮮明となっている場合もある³²⁾。こうしたより微細な社会的住み分けに対応した健康の地理的格差を捉えるために、疫学（社会）調査資料においてサンプルを町丁・字のような、微細な小地域単位で集計する分析が考えられる。

現代の地理情報処理環境によって、こうした小地域単位での分析は、これまでになく実用的な段階に達している。1995年以降、国勢調査資料は町丁字等単位に基づいて、居住者の人口・社会経済的構成に関する詳細な統計表を小地域統計として公開するようになり、また住所の文字列情報を地理座標に自動的に変換し、町丁・字等のコードと対応づけるアドレスマッチングの技術が、日本でも2000年以降、広く利用可能となってきたためである^{5,35)}。しかし、町丁・字の数は全国で20万程度あるのに対し、通常疫学（社会）調査の対象となるのは、そのわずか1部に過ぎないため、通常疾病地図のアプローチを用いて面的な健康水準の地域差を把握することは難しい。そこで、居住者の社会経済的な同質性に着目した社会地区類型をいわば「街」の典型例として用意し、これを通して小地域間の健康格差を視る方法が考えられる。

ここでの社会地区類型とは、年齢、世帯人員、職業、住宅などの分布構成にみる居住者の特性が同質的な地区群をまとめた、近隣地区単位のカテゴリカルなグループであり、「どのような人々が住んでいる街か」を参照する情報である。街路を単位とした貧困—富裕の水準をカテゴリ化した、Charles Boothによる19世紀末のロンドン貧困地図が、社会地区類型研究の嚆矢とされる³⁶⁾。都市内部の空間的な居住者構成に着目した社会科学的な研究は、シカゴ学派の都市社会学による生態学的な空間的競合と遷移のアナロジー論を経て、都市内の社会的住み分けの基本的次元をめぐって国勢調査資料の分析を行う社会地区分析へと移行した。さらには小地域の指標群から住み分けの次元を潜在変数として抽出する因子分析を用いた因子生態分析へと、その方法論的な発達を遂げた³⁷⁾。そ

の結果、地区類型の作成を伴う居住者特性の数量的分析事例は、多変量解析を利用した都市社会学・都市地理学の研究報告として豊富な蓄積をみた^{10,32)}。

だが、因子生態分析で中心的に議論された住み分けの社会次元の抽出という抽象的な学術的関心とは別に、Boothの貧困地図で利用されたような具体的な社会地区類型の分布は、都市政策的な課題の把握に有用な、分かりやすい近隣地区単位の社会的状況の把握を可能とする。この点に着目して、英国のLiverpool市では先駆的に社会地区類型を、都市政策を支援する補助的情報として作成した¹¹⁾。Scott-Samuelはこの類型を利用して、乳児死亡や予防接種の接種率などの保健計画に関連した指標の地理的な格差を確認している³⁸⁾。さらに、マーケティング活動において、居住地によって消費性向などのライフスタイルが典型的に異なることから、社会地区類型は同質的な顧客グループを層化(セグメンテーション)し、層別に対応した商品構成や特定の層に絞り込んだ販売促進などのマーケティング戦略支援に有効であることが確認され、CACI社のACORN (A Classification of

Residential Neighbourhoods)など英国ではジオデモグラフィクスと総称される社会地区類型のデータ製品が、1970年代後半から相次いで公開されるようになった¹¹⁾。ジオデモグラフィクス製品は、欧米では10社以上のデータ製品が市場に供されており、日本でも欧米資本の企業体と連携して開発された、Mosaic Japan (Actonwins株式会社)、Cameo Japan (Eurodirect社)、Chomonix (株式会社JPS)などの製品が流通している。

ジオデモグラフィクスは、大規模データへのクラスター分析の適用によって構築されるが、流通するマーケティング用データ製品では、居住者の消費性向・ライフスタイルの識別が重視され、企業が独自に利用可能な副次的資料を参照しながら、社会地区類型の構成がチューニングされる。しかし、利用されている指標群の多くは、居住者の世帯・職業・住宅の構成など、社会地区分析・因子生態分析で利用されてきた指標と共通しており、結果として伝統的な都市社会学的な地区区分とも一定の整合性をもった汎用的な地理的指標になっているものと考えられる。

英国ではジオデモグラフィクスのデータ製品を

表1 Mosaic Japanの11グループ解説

記号	グループ名	グループ解説
A	大都市のエリート志向	40歳代以下の比較的若い世代が中心で、かなりの高収入を得ており、高額納税者の部類に入る人たちも多い地域
B	入社数年の若手社員	20代、30代を中心とした小さな子供のいる家庭が多い、大都市の郊外や小都市にある現代的なマンション、新興住宅地域
C	大学とその周辺	比較的小規模な都市で、親元を離れて学ぶ学生たちで成り立つ、いわば地方の学園都市と呼ばれる地域
D	下町地域	20年以上の長きに渡って住み続ける住人が多く、60歳以上の高齢者が多い典型的な中小都市の下町地域
E	地方都市	若い家族と中高年の家族がバランスよく混じり合い、所得レベルの異なる人たちが共存する日本の平均的な地域
F	会社役員・高級住宅地	大手企業に勤め、出世街道を突っ走ってきた人たち、ある程度の社会的な地位を手にした人たちが住む地域
G	勤労者世帯	30代、40代の若い夫婦が中心で、子育てに備えて新興住宅地の一戸建てやマンションに越してきた人たちが住む地域
H	公団居住者	大都市の自治体等が低所得者向けに開発した、中・高層アパートが集まった大規模な団地を中心とする地域
I	職住近接・工場町	産業の中心が製造業である小規模の都市で、近隣の工場に勤務する熟練労働者が多く住む地域
J	農村及びその周辺地域	農業従事者が多く住み、都市の周辺部、あるいは地方都市からそれほど遠くない地域
K	過疎地域	農村部の風土が最も色濃く残り、都会から離れた、ところによっては外界から閉ざされているといっても過言ではない地域

出典:アクトンウィンズ株式会社の資料(<http://www.awkk.jp/mosaic/example.html>)

利用して、食中毒³⁹⁾や検診データの解析⁴⁰⁾、性感染症の罹患⁴¹⁾、がん検診への参加⁴²⁾といった指標において、社会地区類型間に明確な差がみられると報告されてきた。日本においては、全国の町丁字を居住者特性に基づいて分類したジオデモグラフィクス製品であるMosaic Japanの社会地区類型を用いて、日本版総合的社会調査(JGSS)のマイクロデータ(個票)を集計し、健康格差をみた事例がある⁴³⁾。JGSSは、大阪商業大学JGSS研究センター(以前は比較地域研究所)が2次利用のためのマイクロデータ公開を前提に、日本に居住する20-89歳人口を対象として定期的実施している代表的な総合的社会調査である。JGSS累積データ2000-2003では合計1430の調査地点(基本単位区)を利用しており、この調査地点の住所情報から、住所文字列の自動処理によって、各調査地点の属する町丁・字のMosaic Japanコードを特定し、そのコードをマイクロデータに付加した。Mosaic Japanの社会地区類型には、大分類である11分類のグループと、これをさらに細分した50分類のタイプが主に利用できる。表1は11グループの解説である。

JGSSの調査票は疫学的な分析を目的に設計されていないため、当該資料に含まれる健康に関連した設問は少ない。ここで示す健康関連の設問は、2000-2003年度の全期間で利用可能な主観的健康

感、および2002-3年度の調査において利用された「定期的に行う運動の頻度」である。分析に際して、主観的健康感では自分を不健康と感じている場合に1、それ以外の場合を0と置き換えた2値変数(以下、「主観的不健康感」変数)を、運動習慣については週に1回以上の定期的な運動をすると回答した場合を1、それ以下の頻度でしか運動をしていない場合を0と置き換えた2値変数(以下、「定期的な運動」変数)を再定義し、利用した。

図5(a)は「主観的不健康感」を被説明変数に、年齢を制御変数、社会地区類型のカテゴリ変数および等価世帯所得を説明変数としたロジスティック回帰分析により、自身を不健康と感じる割合のオッズ比を社会地区類型別に示したものである。図5(b)には、同じ分析の結果から得られる等価世帯所得との関連性を示してある。主観的(不)健康感、社会地区類型間で有意な差異が認められ、この傾向は、等価世帯所得を個人レベルで調整しても認められた。図6は、同様にして、「定期的な運動」を被説明変数とし、個人の性・年齢を制御して、社会地区類型と等価世帯所得の効果を同時に考慮したロジスティック回帰モデルの結果を示している。

主観的健康感の水準は、平均的な所得水準の最も高いF類型「高級住宅地」の居住者で最も優れ、同類型では定期的な運動が行われている程度も顕

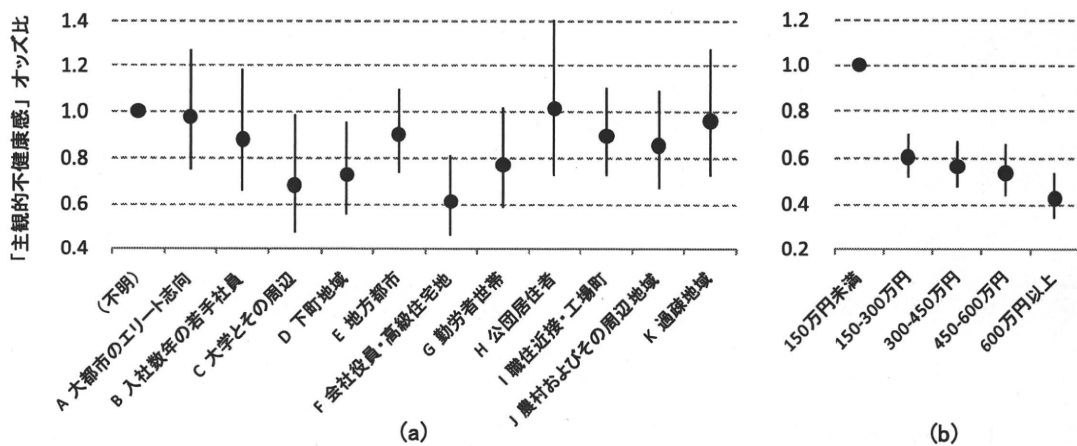


図5 「主観的不健康感」オッズ比

(a) 社会地区類型 (Mosaic Japan グループ) 別 (参照カテゴリは社会地区類型不明群)

(b) 等価世帯所得グループ別 (参照カテゴリは150万円未満)

縦軸は「主観的不健康感」のオッズ比を示し、値が大きいくほど自身を不健康と感じる割合が高いことを示す。縦に伸びる棒は95%信頼区間を示す。

著に高い。一方で、平均的な所得水準の最も低いH類型「公団居住者」やJ類型「農村地域」、K類型「過疎地域」などでは、主観的健康感も運動習慣の水準も低い。この結果は、個人の社会経済的地位の高さと同時に、居住地域の社会経済的特性に応じて、健康感や運動習慣が規定されている関連性を示している。それは、健康感や運動習慣を通じた身体活動の水準の地域差を理解し、介入する問題を考えるにあたって、個人・世帯に属性に起因する健康格差である構成効果 compositional effect と、居住する地区の特性・環境に起因する文脈効果 contextual effect の両面を考える必要性⁹⁾を、改めて確認できる結果でもある。

個人の所得水準は、有料運動施設の利用可能性といった経済的制約や、健康維持に関連する情報への接触機会の格差を反映しているかもしれない。地域の環境としては、F類型のような「運動習慣のある街」は、既に指摘されてきたような、活動機会の多さや歩行に適した道路ネットワークなどの物理的環境においても、運動に適しているのかもしれない^{44,45)}。同時に、健康に関連する規範意識の高さや、住民間の豊かなネットワークが、地域レベルでの運動機会を高めている可能性もある。JGSSのような総合的社会調査では、他人への信頼感や組織参加などの質問項目があり、地区類型を通して、規範意識の高さや住民間の豊かなネット

ワークといったいわゆるソーシャル・キャピタル関連の指標⁴⁶⁾などを健康指標と関連づける分析も可能である^{43,47)}。例えば、ボランティアな社会参加の程度が高いほど、地区類型の主観的健康感の水準が高くなる強い相関関係が確認されている⁴³⁾。一方で、運動習慣などに反映されるライフスタイルに基づいて、居住地が選択されている場合もあり、個人と環境要因の相互作用を含め、健康と居住する地区との関連性については、今後のさらなる検討が必要である。

2. 地理的に「あてはめる」： ソーシャル・マーケティングの地図

図7は、ファミリーツリーと呼ばれる社会地区類型をその類似性に基づいて配置したものである¹⁵⁾。ここでは社会地区類型は50のタイプに細分化されている。各タイプはJGSSデータによるサンプルサイズに応じた大きさの円で示され、JGSSデータから得られた主観的不健康感の水準の指標に応じて濃淡がつけられている。これは1種のカルトグラムであり、いわば社会空間における疾病地図である。指標は、主観的に不健康と感じたサンプル数を、SMRと同様に年齢効果を間接調整して求めた期待値で割ることにより定義した、主観的不健康感標準化比である。結果として、この標準化比が高いほど、年齢の効果を調整した上で、不健康と感じる人の割合が高いことを意味する。タイ

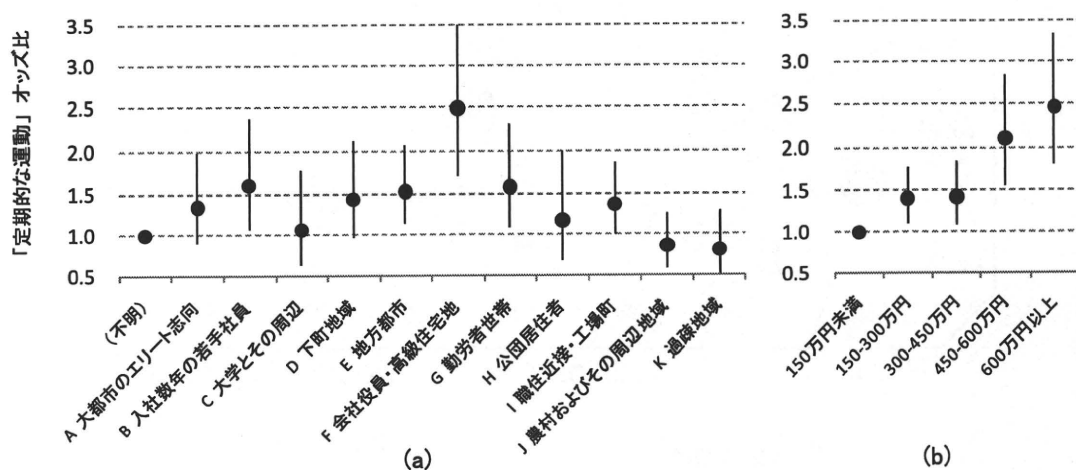


図6 「定期的な運動」オッズ比

(a) 社会地区類型 (Mosaic Japan グループ) 別 (参照カテゴリは社会地区類型不明群)

(b) 等価世帯所得グループ別 (参照カテゴリは150万円未満)

縦軸は「定期的な運動」のオッズ比を示し、値が大きいくほど定期的な運動(1週間1回以上の運動)習慣を持つ割合が高いことを示す。縦に伸びる棒は95%信頼区間を示す。

プによってはサンプル数が著しく少ないため、ファミリーツリーを1種の2次元座標空間と考え、各社会地区類型で、最近隣の10類型を近傍とする空間的経験ベイズ補正を実施し、指標の平滑化を行った。その結果、G類型「勤労者世帯」、H類型「公団居住者」、I類型「職住近接・工場町」にまたがる地区類型で、主観的不健康感の高い、社会空間上での集積がみとれる。

なお、ファミリーツリーは、類似した社会地区類型を結ぶ最小全域木と呼ばれる手法を参照してデザインされたもので、各社会地区類型の座標は厳密に尺度化されたものではない。ただし、MDS(多次元尺度構成法)による尺度化に基づいて、これまでもしばしばなされてきた地域の社会的類似性に基づく仮想の地図化⁵⁰⁾と基本的には対応する。

図8は、「同じ社会地区類型に居住する人々は、主観的不健康感に関する傾向が共通する」(同じ社

会地区類型では同じ主観的不健康感標準化比を有する)との仮定に基づき、東京および大阪を中心とする都市圏の中心部付近について、各社会地区類型の分布に従い、主観的不健康感標準化比の分布を推定した結果である。濃い灰色で描かれている主観的不健康感の高い社会地区類型は、行政区界をまたいで東京の東部から北部、あるいは大阪市の都心を取り囲むリング状のインナーシティ的地域に集積している傾向がみとれる。これら主観的不健康感の高い地区の集積は、高いSMRの地理的集積がみられた地域を中心にみられる。ただし、不健康感の高い地区類型と低い地区類型は、地理的に複雑に混交した状態で分布しており、狭い地理的空間の中で、微細な健康感の格差が生じている状況が推測される。

Abbasらは、公衆衛生のための社会地区類型データ(ジオデモグラフィクス)の利用可能性として、

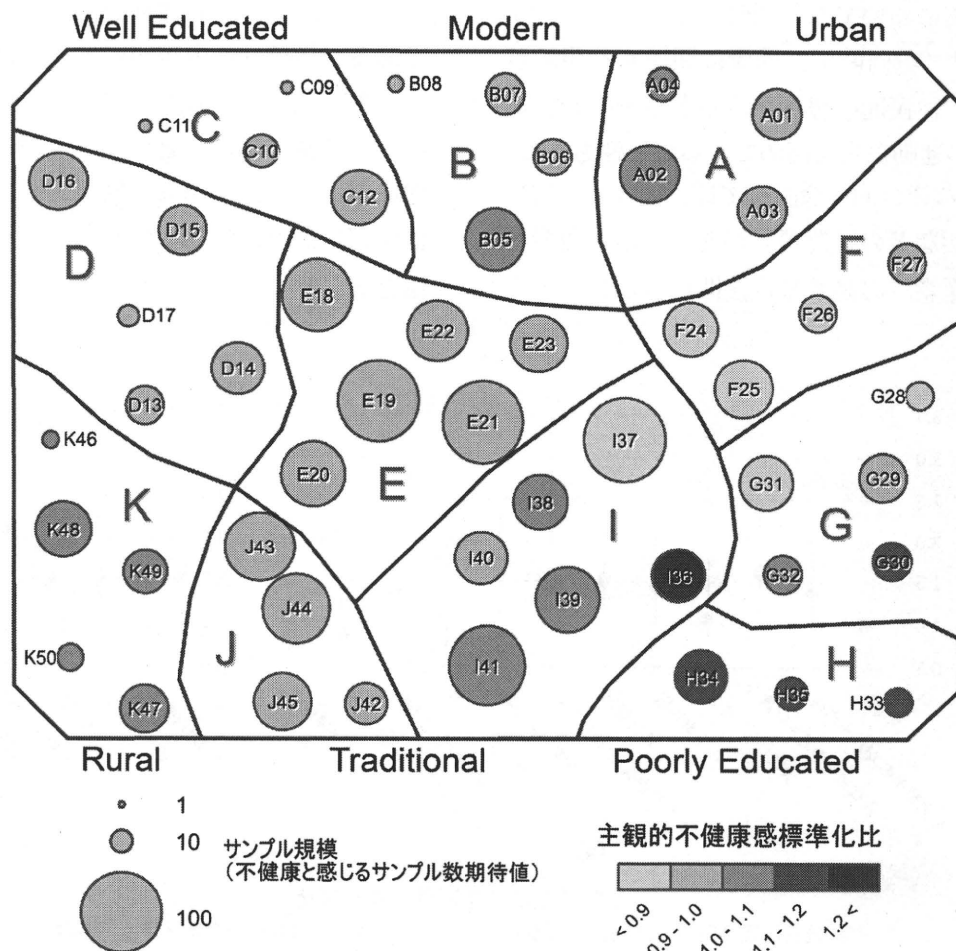


図7 Mosaic Japan の社会地区類型(タイプ)の類似性に基づいた主観的不健康感の地図

次の6点を提示している⁵¹⁾。(1)人口集団のプロファイリング、(2)ソーシャル・マーケティングとコミュニケーション、(3)健康格差の計測、(4)類似した地区間比較のためのベンチマークの作成、(5)データリンケージとデータ共有の支援、(6)付加的な知見を得るための基盤、である。この中で、(1)から(4)の視点は、社会地区類型という「まとめり」を通して、指標値を整理する利用法をとりあげている。とくにソーシャル・マーケティングの視点においては、図7・8の地図にみられるように、社会地区類型を単位として整理された情報が、簡単に地理的な分布に変換できる点は重要である。例えば、身体活動をめぐる現状と課題、効果的な支援の方法を、社会地区の類型に応じて整理しておけば、介入を行う行政部門担当者は、管轄区域内の社会地区類型別の分布をみて、各地区に対応した身体活動支援をはかる、といった利用が可能となる。

また、大規模な疫学(社会)調査であっても、通常は分布図を描くような網羅的な調査地点を有するケースは少ないが、社会地区類型に基づいた分析と地図化によって、たとえ調査地以外においても地区の健康政策上の課題が何かを間接的に把握できることになる。ここでは、「同じような社会

地区類型は同じような公衆衛生上の課題をかかえている」との仮定が前提であり、より本格的な運用には、公衆衛生・疫学研究に照らした社会地区類型による識別の妥当性や異なる分類体系・集計スケール間の比較⁵²⁾、公的な社会地区類型の開発による利用促進⁴³⁾を、今後の課題として指摘できる。

Abbasらの(5)および(6)の視点は、社会地区類型を利用した情報の交換と蓄積を問題にしている。個人情報保護の観点から、疫学調査資料の個票において、住所情報を持つデータの公開は一般に困難であるが、住所の代わりに小地域の社会地区類型の情報を付加することで、個人情報を保護しつつ、居住する地区の社会経済的構成などの具体的な状況に参照できるデータの公開方法が提案できる。また、社会地区類型を単位として分析した結果の蓄積を通じて、社会地区類型と関連する様々な情報が互いに接合され、それぞれの調査項目を互いに補完したり、今後の調査設計に利用することも可能となる。単独の疫学調査や統計資料で補足できる調査項目には限界があるため、社会地区類型を鍵とした複数の資料のデータリンケージは、資源としての調査資料の利用可能性を高める付加価値をもたらす点において重要である。

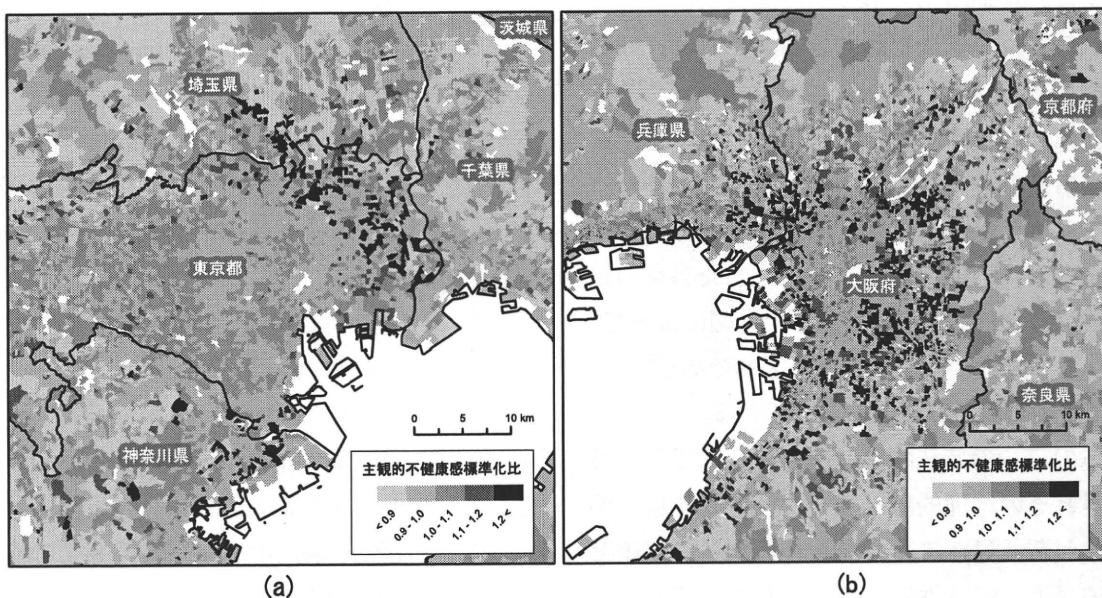


図8 Mosaic Japan の社会地区類型(タイプ)に基づいた主観的不健康感の分布推定
(空白はデータなし)
(a) 東京都区部周辺、(b) 大阪市周辺

IV. 結 語

本稿では、地理情報と疫学調査資料とを結びつけ、健康の地理的な格差の詳細を整理し、地理的に文脈づけられた公衆衛生上の課題を「見える化」する二つの方法を整理した。その基本的な論点は以下のように整理できる。

1. 空間疫学と疾病地図

地理的に「ならず」空間平滑化の統計学的手法と、人口分布に基づいて空間を「ゆがませる」地図学の変換を組み合わせることで、広域的に分布する健康指標からリスク人口の違いとあわせ健康格差の大きさを「見える化」できる。提案された方法を利用し、日本の死亡リスクの地域格差を再検討するならば、従来の死亡の地図は、大都市圏に潜む健康の社会的格差を見えにくいものとし、健康の社会的格差を過小評価する一因ともみなしうる。この空間的平滑化とカルトグラムを利用した新しい疾病地図は、人口の集中する大都市圏内に潜む健康の格差の大きさを全国の中で位置づけ、健康の地理的格差の実態と、解消すべき格差を改めて見直すことを可能にする。

2. 社会地区類型の公衆衛生学的利用

健康に関連した地理的な社会特性を簡易に要約する方法として、町丁・字のような近隣地区程度の「街」の類型である社会地区類型（ジオデモグラフィクス）を利用して疫学的な調査資料を「まとめる」アプローチが提起できる。これは、同じような健康政策上の課題を持つ人口集団を「街」の類型に応じて識別することを可能とするとともに、健康格差の地理的な文脈性を評価する社会疫学的なマイクロデータの分析にも有用である。さらには、「街」の類型に基づいて整理された各種の指標を、類型の分布に「あてはめ」た地図によって、疫学（社会）調査における調査地区外であっても、健康政策上の課題を間接的に把握できる。

これらの二つの方法論は、地理的空間で生じる健康格差とその地理的広がりを、社会的背景と関連づけながら「見える化」し、社会全体の格差との関係や「街」の特性にも配慮した政策的対応の可能性にも貢献しうる新しい地理的アプローチとして、今後の精緻化や妥当性の検証を通し、活用

の広がりが期待される。

Acknowledgement

日本版 General Social Surveys (JGSS) は、大阪商業大学比較地域研究所が、文部科学省から学術フロンティア推進拠点としての指定を受けて(1999-2003年度)、東京大学社会科学研究所と共同で実施している研究プロジェクトである(研究代表: 谷岡一郎・仁田道夫、代表幹事: 佐藤博樹・岩井紀子、事務局長: 大澤美苗)。東京大学社会科学研究所附属日本社会研究情報センター SSJ データアーカイブがデータの作成と配布を行っている。

本研究の遂行には、科学研究費基盤研究(B)(20300297)「マイクロデータを用いた健康水準の地理的格差に関する実証的解析」(代表: 中谷友樹)および厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業)「健康づくり支援環境の効果的な整備施策および政策目標の設定に関する研究」(代表: 下光輝一)を利用した。

(本論文の要旨は第46回日本循環器病予防学会・日本循環器管理研究協議会総会: シンポジウム「循環器病と地理空間の関連: GISと空間疫学の応用」において発表された。)

文 献

- 1) Snow J. On the mode of communication of cholera. 2nd ed. London: J. Churchill, 1855. Reprinted in snow on cholera. New York: The Commonwealth Fund 1936.
- 2) Elliott P, Wartenberg D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. Environmental Health Perspectives 2004; 112: 998-1006.
- 3) 丹後俊郎, 横山徹爾, 高橋邦彦. 空間疫学への招待. 東京: 朝倉書店, 2007.
- 4) Longley P, Goodchild MF, Maguire D et al. (eds.) Geographical information systems and science. Chichester: Wiley 2005.
- 5) 柴崎亮介, 村山祐司編. 社会基盤・環境のためのGIS. 東京: 朝倉書店, 2009.
- 6) 中谷友樹, 谷村晋, 二瓶直子ほか編著. 保健医療のためのGIS. 東京: 古今書院, 2004.

- 7) Beale L, Abellan JJ, Hodgson S, et al. Methodologic issues and approaches to spatial epidemiology. *Environ Health Perspect* 2008; 116:1105-1110.
- 8) 中谷友樹. 空間疫学と地理情報システム. 保健医療科学 2008; 57(2): 99-106.
- 9) Kawachi I, Berkman, LF. *Neighbourhoods and health*, New York: Oxford University Press 2003.
- 10) Knox P. Steven P. *Urban social geography: an introduction*, fourth edition, Essex: Pearson Education, 2000. 川口太郎, 神谷浩夫, 高野誠二 訳. 新版 都市社会地理学. 東京: 古今書院 2005.
- 11) Harris R, Sleight P, Webber R. *Geodemographics, GIS and neighbourhood targeting*, Chichester: Wiley 2005.
- 12) Clayton DG, Kaldor J. Empirical Bayes estimates of age-standardized relative risks for use in disease mapping. *Biometrics* 1983; 43: 671-681.
- 13) 平子哲夫, 佐伯則英, 中田 正. 人口動態市区町村別統計へのベイズ統計の応用について (1) 標準化死亡比への応用. 厚生 の 指標 1999; 46(10): 3-11.
- 14) Marshall RJ. Mapping disease and mortality rates using empirical Bayes estimators. *Applied Statistics* 1991; 40: 283-294.
- 15) Anselin L, Syabri I, Kho Y. *GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis*. *Geographical Analysis* 2006; 38 (1): 5-22.
- 16) Bivand R, Pebesma E, Gómez-Rubio V. *Applied Spatial Data Analysis with R*. New York: Springer, 2008.
- 17) 谷村晋. 地理空間データ分析. 東京: 共立出版 2010.
- 18) 中谷友樹. 空間クラスター検出のための GIS ツール CrimeStat, GeoDa, SaTScan. 岡部篤行, 村山祐司 編. GIS で空間分析. 東京: 古今書院 2006; 183-220.
- 19) Lawson A. *Bayesian Disease Mapping: Hierarchical Modeling in Spatial Epidemiology*. London: Chapman & Hall 2008.
- 20) Richardson S, Thomson A, Best NG et al. Interpreting posterior relative risk estimates in disease mapping studies. *Environmental Health Perspectives* 2004; 112: 1016-25.
- 21) Kulldorff M. A spatial scan statistic. *Communications in Statistics - Theory and Methods* 1997; 26: 1481-1496.
- 22) 高橋邦彦, 横山徹爾, 丹後俊郎. 疾病地図から疾病集積性へ. 保健医療科学 2008; 57(2): 86-92.
- 23) MacEachren AM. *How maps work: presentation, visualization, and design*, New York: The Guilford Press 1995.
- 24) Dorling D. *Area cartograms: their use and creation*. *Concepts and Techniques in Modern Geography* 59. Norwich: Environmental Publications 1996.
- 25) Dean AG. Population based spot maps: an epidemiologic technique. *American Journal of Public Health* 1976; 66: 988-989.
- 26) Selvin S, Merrill DW, Schulman J. et al. Transformations of maps to investigate clusters of disease. *Social Science and Medicine* 1988; 26: 215-21.
- 27) Dorling D. *A new social atlas of Britain*. Chichester: Wiley 1995.
- 28) Tobler W. Thirty five years of computer cartograms. *Annals of the Association of American Geographers* 2004; 94(1): 58-73
- 29) Gastner M, Newman MEJ. Diffusion-based method for producing density-equalizing maps. *Proceedings of the National Academy of Science* 2004; 101(20): 7499-7504.
- 30) Nakaya T. 'Geo-morphology' of population health in Japan: Looking through the cartogram lens. *Environment and Planning A* 2010; 42: 2807-2808.
- 31) 金本良嗣, 徳岡一幸. 日本の都市圏設定基準. 応用地域学研究 2002; 7; 1-15.
- 32) 倉沢進, 浅川達 編. 新編 東京圏の社会地図 1975 - 90. 東京: 古今書院 2009.
- 33) Sui DZ, Holt JB. Visualizing and analyzing public-health data using value-by-area cartograms: toward a new synthetic framework. *Cartographica* 2008; 43(1): 3-20.

- 34) Nakaya T. An information statistical approach to the modifiable areal unit problem in incidence rate maps, *Environment and Planning A* 2000; 32: 91-109.
- 35) 高橋重雄, 井上孝, 三條和博, 高橋朋一. 事例で学ぶ GIS と地域分析. 東京: 古今書院 2005.
- 36) Booth C. *Life and Labour of the People in London* Volume 1, London: Macmillan 1902.
- 37) 森川 洋. 都市社会地理研究の進展—社会地区分析から因子生態研究へ. *人文地理* 1975; 27: 638-666.
- 38) Scott-Samuel A. Social area analysis in community medicine. *British Journal of Preventive and Social Medicine* 1977; 31: 199-204.
- 39) Brown PJ, Hirschfield A, Batey PWJ. Applications of geodemographic methods in the analysis of health condition incidence data. *Papers in Regional Science* 1991; 70(3): 329-44.
- 40) Openshaw S, Blake M. Geodemographic segmentation systems for screening health data. *Journal of Epidemiology and Community Health* 1995; 49(Suppl 2): S34-S38.
- 41) Sheringham J, Sowden S, Stafford M et al. Monitoring inequalities in the National Chlamydia Screening Programme in England: added value of ACORN, a commercial geodemographic classification tool, *Sexual Health* 2009; 6: 57-62.
- 42) Nnoaham KE, Frater A, Roderick P et al. Do geodemographic typologies explain variations in uptake in colorectal cancer screening? An assessment using routine screening data in the south of England. *Journal of Public Health* 2010; 21: 1-10.
- 43) 中谷友樹, 埴淵知哉. 社会調査のマイクロデータとジオデモグラフィックスのデータリンケージ—JGSS 累積データ 2000-2003 に基づく主観的健康感の小地域解析への適用—, *JGSS 研究論文集* 2009; 9: 23-36.
- 44) Inoue S, Murase N, Shimomitsu T et al. Association of physical activity and neighborhood environment among Japanese adults. *Preventive Medicine* 2009; 48: 321-325.
- 45) Pearce J, Witten K. *Geographies of obesity. Environmental understandings of the obesity epidemic.* Surrey: Ashgate 2010.
- 45) Kawachi I, Subramanian SV, Kim D. (eds.) *Social capital and health.* New York: Springer 2008. 藤澤由和, 高尾総司, 濱野強 訳. ソーシャル・キャピタルと健康. 東京: 日本評論社 2008.
- 47) 埴淵知哉, 花岡和聖, 村中亮夫, 中谷友樹. 社会調査のマイクロデータと地理的マクロデータの結合—JGSS-2008 を用いた健康と社会関係資本の分析を事例に—, *日本版 General Social Surveys 研究論文集* 2010; 10: 87-98.
- 48) Powell J, Tapp A, Sparks E. Social marketing in action—geodemographics, alcoholic liver disease and heavy episodic drinking in Great Britain. *International Journal of Nonprofit and Voluntary Sector Marketing* 2007; 12: 177-187.
- 49) Dedman D, Jones A, Tocque K et al. Social marketing: geodemographics in action. *Synthesis* 2006; 6. Liverpool: North West Public Health Observatory. Available at: www.nwph.net/nwpho/Publications/Synthesis_6_Socialmarketing.pdf
- 50) Gatrell A. *Distance and space: a geographical perspective.* Oxford: Clarendon 1983.
- 51) Abbas J, Ojo A, Orange S. Geodemographics - a tool for health intelligence? *Public Health* 2009; 123: e35-e39.
- 52) Petersen J, Gibin M, Longley P et al. Geodemographics as a tool for targeting neighbourhoods in public health campaigns. *J Geogr Syst*, 2010 (forthcoming)

ABSTRACT**Mapping healthy/ unhealthy towns:
GIS-based geo-visualisation of health inequalities at small areal levels****Tomoki Nakaya***¹¹ Department of Geography, Ritsumeikan University

GIS related geo-based technologies facilitate geographic visualisation of health risks through integration of spatial statistics, cartographic methodologies and various geographic information. This paper aims to briefly summarise two distinctive approaches of such health geo-visualisation. Firstly, we argue a combined way utilising spatial statistical smoothing and cartographic distortion for comprehending health inequalities in terms of variations of relative risk as well as at-risk population sizes. It enables us to evaluate the importance of health inequalities reflecting residential socio-economic divides within populated areas. Secondly, geodemographics, a dataset of social-area classification of small areal units, provides a new insight to recognise health inequalities among neighbourhoods. Health related indices obtained from an epidemiological/social survey can be summarised by relatively homogenous social-area categories in a easy-to-understand manner. Mapping the indices based on distribution of social-area category enables us to overview geographic variations in population health at such a small areal level.

Key Words : *GIS (geographic information system), social-area (geodemographics), spatial epidemiology, disease mapping, geo-visualisation*

Received Sep. 7, 2010. • Accepted Dec. 16, 2010.

(JJCDP 46:38-55, 2011)

Sociodemographic Determinants of Pedometer-Determined Physical Activity Among Japanese Adults

Shigeru Inoue, MD, PhD, Yumiko Ohya, PhD, Yuko Odagiri, MD, PhD, Tomoko Takamiya, MD, PhD, Kenichi Suijo, MEd, Masamitsu Kamada, MEd, Shinpei Okada, MEd, Catrine Tudor-Locke, PhD, and Teruichi Shimomitsu, MD, PhD

Background: Although previous studies have reported physical activity and its sociodemographic determinants using self-report measures, there have been few studies using pedometers.

Purpose: To ascertain pedometer-determined physical activity and its sociodemographic determinants among community residents living in four Japanese cities.

Methods: A cross-sectional mail survey was conducted from February 2007 to January 2008 with a sample of 4000 residents (aged 20–69 years and 50% male) who were randomly selected from the registry of residential addresses. Complete responses for both questionnaire and pedometer were obtained from 790 residents (48.3 ± 13.7 years, 46.7% male). Associations of 11 sociodemographic variables with steps per day were examined using multiple logistic regression analyses. Data were analyzed in 2010.

Results: Men averaged 8763 ± 3497 steps/day and women averaged 8242 ± 3277 steps/day. Further, 29.0% of men and 27.8% of women walked $\geq 10,000$ steps/day. City of residence, good self-rated health, low educational attainment, and not owning a car were associated with taking $\geq 10,000$ steps/day in men, whereas employed status and dog ownership were associated with walking $\geq 10,000$ steps/day in women.

Conclusions: The results contribute to understanding of step-defined physical activity and its sociodemographic determinants. A diversity of step counts by sociodemographic variables clarifies specific populations among Japanese who are in need of intervention to promote physical activity.

(Am J Prev Med 2011;40(5):566–571) © 2011 American Journal of Preventive Medicine

Introduction

Physical activity promotion is one of the priorities for chronic disease prevention.^{1,2} To develop effective intervention strategies, solid evidence of physical activity patterns among specific population groups is needed. Previous studies have reported the association between sociodemographic variables and physical activity.^{3–7} However, most of these studies (1) were conducted in Western countries and (2) used

self-reported physical activity, with a few exceptions.^{8,9} Thus, the generalizability of findings to countries of a different culture, such as Japan, is unclear.

Further, there remains the potential for information bias from self-reported physical activity.¹⁰ Step-counting devices provide an objective output and are becoming widespread as intervention tools.^{11,12} Therefore, data related to step-defined physical activity are increasingly important.

Thus, the objectives of the present study are to (1) report step-defined physical activity levels and (2) examine sociodemographic characteristics of people who achieve $\geq 10,000$ steps/day¹³ using a randomly selected community sample from four Japanese cities.

Methods

Participants and Data Collection

This cross-sectional study was a part of larger project¹⁴ to investigate physical activity environment. Data were collected from February to March 2007 and from December 2007 to January 2008.

From the Department of Preventive Medicine and Public Health, Tokyo Medical University (Inoue, Ohya, Odagiri, Takamiya, Suijo, Shimomitsu), Tokyo; Physical Education and Medicine Research Center Unnan (Kamada), Unnan, Shimane; Physical Education and Medicine Research Foundation (Okada), Tomi, Nagano, Japan; and Walking Behavior Laboratory, Pennington Biomedical Research Center (Tudor-Locke), Baton Rouge, Louisiana

Address correspondence to: Shigeru Inoue, MD, PhD, Department of Preventive Medicine and Public Health, Tokyo Medical University, 6-1-1, Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160-8402, Japan. E-mail: inoue@tokyo-med.ac.jp.

0749-3797/\$17.00

doi: 10.1016/j.amepre.2010.12.023

Four thousand residents (aged 20–69 years, 50% male) living in four Japanese cities (Koganei, Tsukuba, Shizuoka, and Kagoshima) were randomly selected from the registry of residential addresses, stratified by gender, age, and city of residence. Locations, areas, and population sizes of four cities are indicated in Appendix A (available online at www.ajpm-online.net). Koganei lies approximately at the center of Tokyo. Tsukuba is located 50 km northeast of Tokyo within commuting distance from Tokyo. Shizuoka and Kagoshima are the prefectural capitals in mid- and west Japan.

The study was conducted by mail. At first, participants were asked about sociodemographic characteristics and subsequently invited to wear an accelerometer. If participants consented to join, the accelerometer was mailed out. Of the targeted 4000 residents, 1508 responded to the questionnaire (37.7%). Of these, 886 offered to wear the accelerometer, but valid accelerometer data were obtained from 790 participants (overall response rate: 19.8%). All participants provided signed informed consent. The current study received prior approval from the Tokyo Medical University Ethics Committee. Further details of the survey were reported in a previous article.¹⁴

Assessment of Step Counts

Participants were asked to wear an accelerometer (Suzuken Life-corder Ex 4 second version, Nagoya, Japan) for 7 consecutive days. This device has a step-counting function with a 35-day memory. Acceleration signals were used only for calculation of device use (wearing and nonwearing time). Previous studies^{15,16} have validated the step-counting feature of this device. The step data were systematically processed according to the following rules: (1) non-wear time was defined as no acceleration signal for ≥ 30 consecutive minutes; (2) a recorded day was deemed valid if it was worn at least 10 hours that day^{17,18}; and (3) to be included in the analysis the participant had to have 3 or more valid days of data.¹⁸ Finally, mean steps/day were calculated based on steps of valid days.

Sociodemographic Variables

Gender, age, and city of residence were obtained from the registry of residential addresses. Information on height, weight, self-rated health, education, employment, marital status, child (defined as junior high school students or younger; aged ≤ 15 years) in household, household motor vehicle, and dog ownership were obtained by questionnaire. BMI was calculated from self-reported weight and height.

Statistical Analyses

Multiple logistic regression analyses were conducted to examine the relationships between sociodemographic variables and steps/day. Steps/day were recoded into three categories, sedentary to low active (Se/LA), < 7500 steps/day; somewhat active (SA), 7500–9999 steps/day; and active to highly active (A/HA), $\geq 10,000$ steps/day.¹³ All 11 sociodemographic variables were included in the model. Cities of residence were included in the model as dummy variables. Following the analyses of the overall sample, stratified analyses by gender were conducted. The odds of higher step counts (SA and A/HA) compared with Se/LA by 11 sociodemographic attributes were calculated. Significance was considered to be $p < 0.05$. Analyses were conducted in 2010 using SPSS, version 17.0.

Results

Men accounted for 46.7% of participants. Mean age was 48.3 ± 13.7 years overall. Mean steps/day were 8763 ± 3497 steps/day in men and 8242 ± 3277 steps/day in women. The prevalence of taking $\geq 10,000$ steps/day was 29.0% in men and 27.8% in women. Further information about participants' characteristics is shown in Appendix B (available online at www.ajpm-online.net).

In multivariate analyses (Table 1), city of residence (Tsukuba or Koganei); good self-rated health; being employed; not having a household motor vehicle; and dog ownership were related to either SA or A/HA or both SA and A/HA. ORs (95% CI) of A/HA, that is, engaging in $\geq 10,000$ steps/day (vs Se/LA) were 1.80 (1.04, 3.12) for Tsukuba residents and 2.03 (1.17, 3.52) for Koganei residents compared with Kagoshima residents; 1.70 (1.18, 2.43) for people with good self-rated health; 1.67 (1.06, 2.63) for employed; 2.40 (1.28, 4.49) for nonowners of motor vehicles; and 1.77 (1.13, 2.76) for dog owners. According to stratified analyses by gender; city of residence (Tsukuba, Koganei, or Shizuoka); good self-rated health; lower educational attainment; and having no household motor vehicle were associated with more steps/day in men. High step-defined activity was associated with good self-rated health, being employed, and dog ownership in women.

Discussion

The present study showed the step-defined physical activity level of residents in four Japanese cities and its association with sociodemographic variables. Most previous studies conducted in Western countries have been based on self-report. Thus, the findings of the current study add new evidence from two perspectives. First, the present study was conducted in Japan and therefore extends understanding of physical activity determinants to include a distinct culture. Second, objective step data were collected. Step-defined physical activity is relevant to health promotion applications because of the potential of step counter to be widely used as an intervention tool.

Participants in the current study appear to be more active compared with national surveys in Japan¹⁹ and the U.S.²⁰ Japanese survey¹⁹ in 2007 reported that men and women took 7321 steps/day and 6267 steps/day, respectively. Differences in sampling and response rates may explain some of this discrepancy. The current sample did not include older adults (aged ≥ 70 years) and was primarily living in urban settings. In the 2005–2006 National Health and Nutrition Examination Survey²⁰ of the U.S., accelerometer-determined physical activity data treated to approximate pedome-