

# 小型 GPS と加速度計を利用した位置情報と身体活動量の統合解析

梅崎昌裕、蔣宏偉

東京大学大学院医学系研究科 国際保健学専攻 人類生態学分野

## 1. 要 旨

被験者に小型 GPS (汎地球測位システム) と加速度計を同時に装着してもらうことにより、いつ、どこで、どのくらいの身体活動をおこなったかを記録する方法論を検討した。都市部に居住する住民の協力をえて、小型 GPS を用いた日常生活の移動経路データの収集をおこない、同時に加速度計を用いて日常生活の身体活動レベルのデータを収集した。移動経路と身体活動レベルがそれぞれ時間情報とともに記録されていることに着目し、VBA(Visual Basic for Application)言語を用いたプログラムを開発することで2つのデータを統合した。その結果、個人の行動パターンを時間、位置、身体活動レベルの3つの側面から関連づけて分析することができるデータベースを構築することができた。今後は、このシステムを利用することで都市の土地利用分類ごとの身体活動パタンの特徴を明らかにし、健康増進につながる都市空間創造の基礎データを蓄積することが可能になると考えている。

## 2. 緒言

人間の身体活動パターンは、都市の空間・機能環境によって影響されることが知られている。歩きやすく安全な歩道が整備されている町、魅力的な商店街が軒を連ねる町などに居住する人々と、歩きにくく危険な町、殺伐とした雰囲気のある町に居住する人々とを比較すれば、前者のほうが屋外で体を動かす機会と時間が長くなる可能性が高い(1)。都市計画と健康科学の知見を統合的に生かした「健康都市」の建設は 21 世紀に生きる人類が目指すひとつの目標である。そのためには、「人間」がどのような空間におかれた場合にどのくらいの身体活動を行う傾向にあるのかという基礎データの蓄積が必要である(2)。

GPS (汎地球測位システム) は、地球を周回する衛星との交信によって地球上の任意の場所の位置情報 (たとえば、緯度、経度) を取得するシス

テムである。近年、WAAS などの補正情報を発信する衛星が利用できるようになり、一般的な GPS 機器を用いた単独測位でも 15 メートル以内の精度で位置情報を取得することが可能になった。また、装置の小型化、メモリの高性能化、バッテリー駆動時間の延長により、測量・地図作成以外の分野への展開が検討されている。

健康科学の分野では、小型 GPS を用いて個人の移動経路を経時的に記録することで、活動の空間パターンを分析する試みに注目が集まっている。いくつかの GPS 機器は、位置情報を指定した時間間隔で取得し、自動的に内蔵メモリーに記録する機能を有している。その機能を利用することによって、たとえば、1 人の個人の空間活動パターンを起床から就寝まで追跡することが可能であり、その情報を土地利用図と関連付けて分析することにより、労働時間、在宅時間、公園で過ごす時間、

道路を歩く時間など、個人の健康にかかわる生活時間の推定を行うことができる。また、時間と位置情報から加速度を計算することによって、個人のエネルギー摂取量を推定することも原理的には可能である。

一方、加速度計は垂直方向の加速度を記録することによって個人の身体活動強度指標を収集する装置である。指定した時間幅における身体活動強度指標の最頻値を内蔵メモリーに連続して記録することができるために、1日の身体活動の総量に加えて、1日のなかでの身体活動のタイミングについての情報を収集することができる。加速度計によって収集された情報はGPSが収集した情報と時間を介して統合することが可能であり、それが実現すると、個人が起床してから就寝するまでに、いつ、どこに存在し、そこでどのくらいの身体活動をしたか、すなわちどのような空間におかれた場合にどのくらいの身体活動を行う傾向にあるのかという基礎データを蓄積することができる。

### 3. 目的

本研究は、小型GPSと加速度計のデータを統合的に分析するシステムを開発することによって、人間がどのような空間におかれた場合にどのくらいの身体活動を行う傾向にあるのかという基礎データを蓄積することを目的とする。

### 4. 方法

東京都のひとつの区で実施されている健康増進事業の参加者40名のうち、28名より調査への協力がえられた。具体的には、日常的な生活をおくる休日と平日のそれぞれ1日ずつ、起床時から就寝まで小型GPSを装着してもらった。

本研究で使用した小型GPSは、Garmin社製のForetrex-101である(図1)。この機器は、本来はトレッキングにおける使用を想定して販売されているので、小型・防水・堅牢であり、腕時計のよ

うに手首に装着することができる。装着することによる身体活動への影響は最小限である。単4乾電池2本で10~15時間連続して稼働する。また、5秒ごとの位置情報を12時間にわたって連続的に記録することのできるメモリーを内蔵している。本研究では位置情報を補正するためWAASを利用し、15メートル以内の測位精度でデータを収集することを想定した。

調査の参加者には、起床と同時に小型GPSの電源を入れ、それを手首、あるいはハンドバッグなどいつも持ち歩くものの外側に装着し、その状態を就寝まで維持するように依頼した。電池が完全に消耗すると自動的に電源が切れ、電源を入れてから電池がなくなるまでに収集されたデータファイルが記録される。小型GPSは、30秒に1回ずつ位置情報を記録するように設定した。

調査の参加者(28名)は、健康増進事業の一環として、連続した2週間にわたって加速度計を装着し、日常的な身体活動量の自己評価をおこなった。使用した加速度計は、Suzuken社製のライフコーダEXで、腰の部分に装着することで垂直方向の加速度を感知し、2分ごとの身体活動強度指標(加速度から推定した指標)の最頻値を内蔵するメモリーに数か月にわたって記録することができる(図2)。

小型GPSによる日常的な位置情報経路の収集と、加速度計による日常的な身体活動強度指標の収集は、2007年1月に行われた。

小型GPSに記録されたファイルには、WGS84(世界測地系)による位置情報(緯度、経度、標高)、時刻、速度などのデータが含まれる。一方、加速度計が収集したファイルには、2分間ごとの身体活動強度指標(0~9)の最頻値、時刻(加速度計強度を記録した2分間の始めと終わり)が記録されている。

2つのファイルを統合するプログラムをマイクロソフト社のVBA(Visual Basic for

Application) 言語で開発した。2つのファイルはともに時刻についての情報を含んでいるので、このプログラムによって、小型 GPS が位置情報を記録した時刻における加速度強度を結合させたファイルをマイクロソフトアクセスのフォーマットで出力することをめざした。

このプログラムの主たる機能は、(1) 小型 GPS と加速度計がそれぞれ記録する全く異なるフォーマットをもつファイルを相互に参照できるような構造に変更すること、(2) 論理矛盾（たとえば、GPS が記録した連続する位置情報がありえないほどに離れているなど）を自動的に除外する機能を有することである。

## 5. 結 果

図3は、参加者が装着した小型 GPS に記録された全ての位置情報を、江東区の土地利用図と重ね合わせたものである。この図は、以下の7つの土地利用区分によって作成されている：(1) 学校・官公庁・病院など、(2) 商業施設、(3) 住宅地、(4) 工業用地、(5) 公園・運動場、(6) 道路、(7) 屋外利用地・鉄道・港湾。30秒に1回の割合で記録された位置情報が、個人が移動する様子などを示している。

図4は、土地利用区分ごとに収集された位置情報の数を集計したものである。記録された数が最も多かったのは、「道路」、続いて「住宅用地」、「工業用地」となっている。

図5は、それぞれの土地利用区分に存在するときに記録された身体活動強度指標の平均と標準偏差である。「公園・運動場」で記録された身体活動指標が最も高く、続いて「商業用地」、「道路」で記録されたものが高かった。この図から判断する限り、調査への参加者は「公園・運動場」において高い強度の身体活動をおこなうことが示唆される。

図6は、土地利用区分ごとに記録された身体活

動強度を合計したものである。すなわち、参加者が全体として、それぞれの土地利用区分ごとに消費した身体活動量とみなすことができる。もっとも身体活動量がおおいは、「道路」であり、「公園・運動場」の5倍近くの身体活動がおこなわれていた。

## 6. 考 察

本研究では、個人の位置情報と身体活動強度を統合的に分析するプログラムを開発し、都市居住者の日常生活における行動パターンを時間、位置、身体活動レベルの3つの側面から関連づけて分析した。その結果、都市住民は、「公園・運動場」にいるときに高い強度の身体活動を行うこと、身体活動の総量は「道路」において最も大きいことが示唆された。

この結果は、都市住民が意識的に体を動かす場所としての「公園と運動場」の重要性と、意識しない身体活動の場としての「道路」の重要性を示すものである。より歩きやすい道路、より歩きやすくなる道路の整備が、都市住民の身体活動を容易にし、より健康な都市の実現に結びつく可能性がある。

ただし、研究の過程でいくつかの方法論的問題点も明らかになった。ひとつは、GPS の収集する位置情報の精度に由来するものである。本研究では WAAS 補正情報を用いることで、15メートル以内の誤差で位置情報を収集することを想定した。この誤差は、カーナビゲーションなど日常的な GPS 利用の場面では十分に小さい。しかしながら、本研究のように土地利用図と重ね合わせて分析する場合には、ある土地利用区分で取得された位置情報が、隣接する土地利用区分で取得されたものとして誤分類される可能性がある。

しかも、都市環境においては、GPS 衛星からの電波がビルなどの建造物に反射することで大きな測定誤差をうみだすこと、天井が遮蔽された地下

道などでは GPS 信号を受信できないことが知られており、そのことによる分析誤差の拡大も大きな問題である。

このような解決すべき問題があるにしても、個人の行動パターンを時間、位置、身体活動レベルの 3 つの側面から関連づけて分析することが可能になったことは、本研究で目的とした健康的な都市計画のための基礎データ収集にとどまらず、さまざまな分野での新しい展開を可能とする。そのなかには、個人の時間的・空間的活動パターンとのかかわりが強い感染症のリスク評価を個人ベースで行うこと、農薬などの化学物質への曝露量を個人ベースで評価することなど、健康科学の広範な課題が含まれるだろう。

本研究で検討した方法が可能になった背景には、GPS 機器の小型化・高性能化・低価格化、バッテリーの性能向上、メモリーの高性能化・低価格化など、工学的な技術の発展が大きく貢献している。これまで重要にもかかわらず技術的に不可能であった研究分野を、工学技術の応用によって切り開く事例を示したことに、本研究の本質的な意味があると考えている。

## 7. 図 (次ページを参照)

## 8. 引用文献

### 文 献

1. 李延秀、浅見泰司、片岡裕介、川久保清、森克美、梅崎昌裕、山内太郎、高木廣文、下光輝一、井上茂、春名由一郎、砂川博史 (2005) 居住地の環境が日常身体活動に及ぼす影響に関する調査研究. 2005 年度 CSIS 共同研究報告書 (東京大学空間情報科学研究センター)
2. Rodriguez, D. A., Brown, A. L., and Troped, P.J. (2005) Portable global positioning units to complement accelerometry-based physical activity monitors. *Medicine & Science in*



図1. Garmin社 Foretrex 101 (小型GPS)  
(写真の出典: Garmin社ホームページ)



図2. Suzuken 社生活習慣記録機ライフコーダEX (加速時計)  
(写真の出典: Suzuken 社ホームページ)

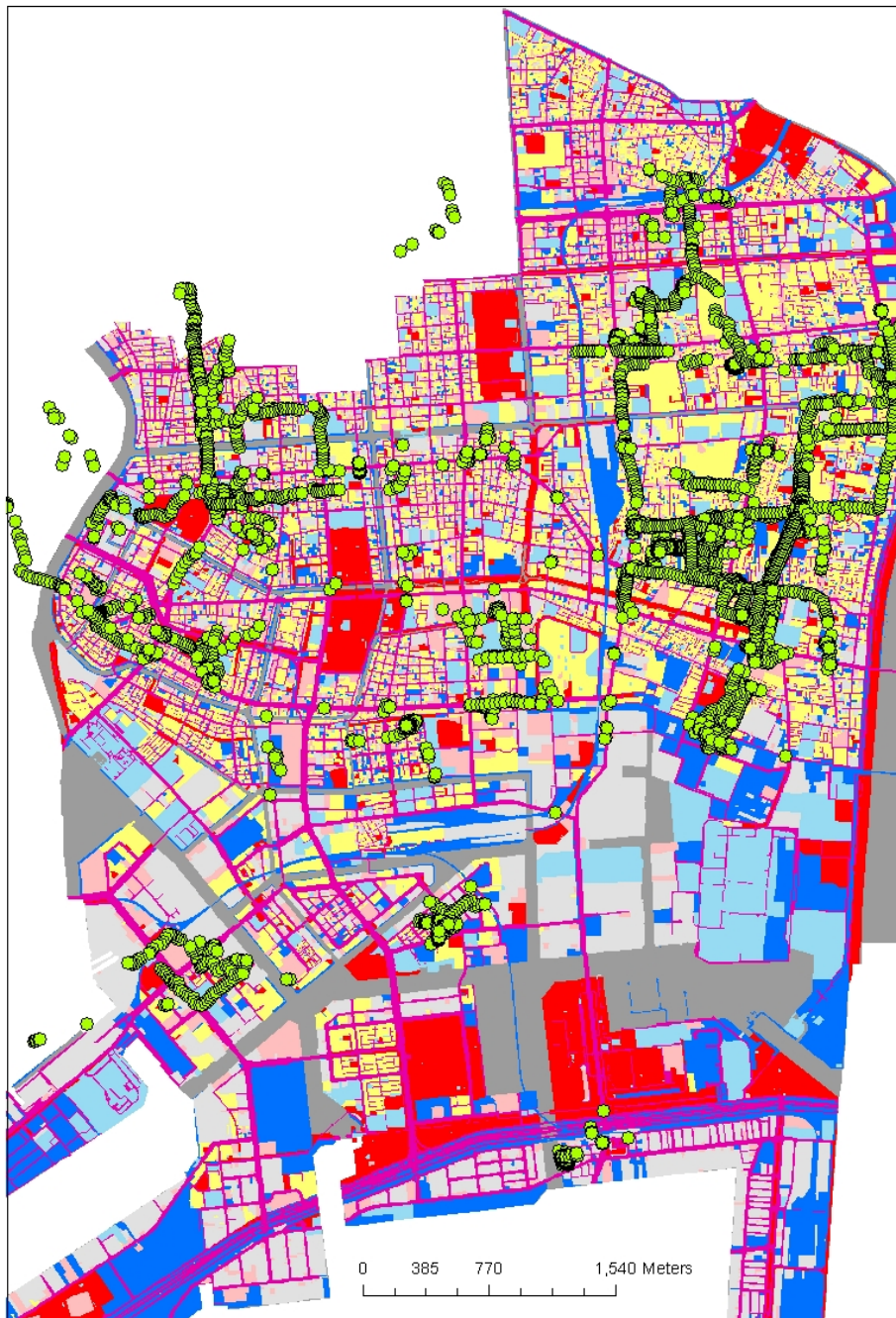


図3. 小型GPSで記録された個人の空間的活動パターン

主題図の色は以下の土地利用区分を表している【水色：学校・官公庁・病院など、ピンク：商業施設、黄色：住宅地、灰色：工業用地、赤：公園・運動場、紫：道路、青：屋外利用地・鉄道・港湾】

出典：江東区土地利用図（平成13年度）。

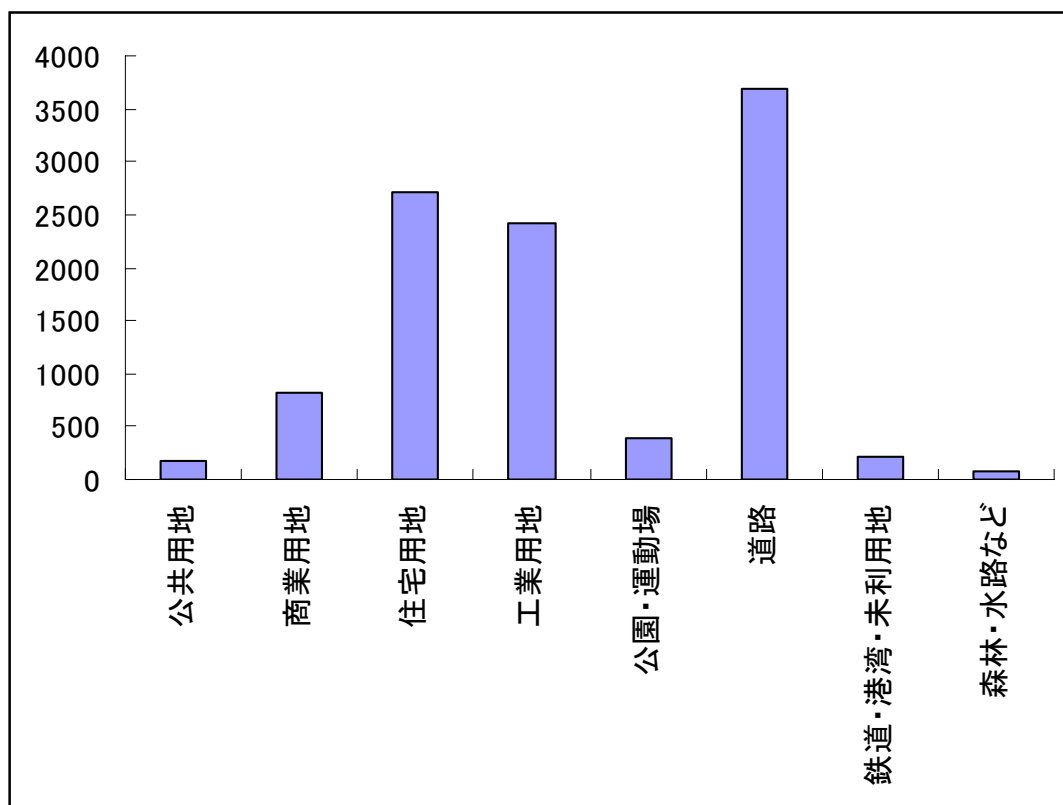


図4. 土地利用区分ごとの位置情報記録数



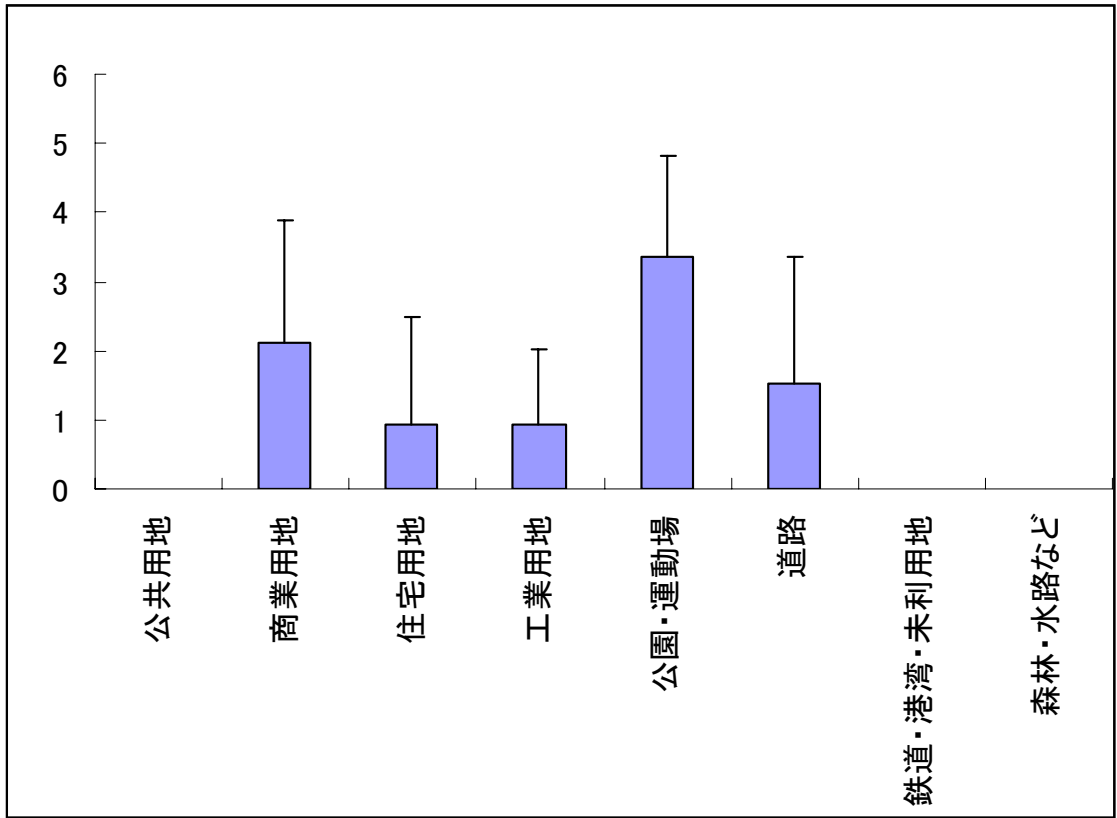


図5. 対象者が屋外にいるときの、土地利用区分ごとの身体活動の強度

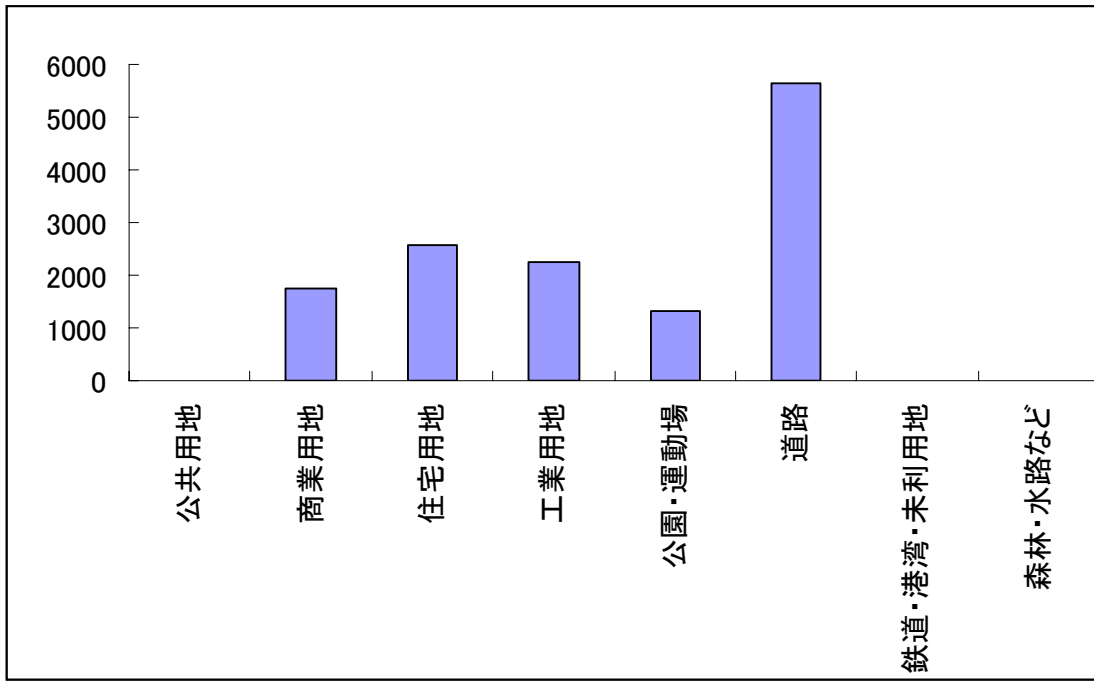


図6. 土地利用区分ごとの身体活動の総量 (加速時計の指標の合計)