

行動地理学におけるGPS・GISの有用性

—野外実習を通じて—

森本 健弘・村山 祐司
近藤 浩幸*・駒木 伸比古*

- | | |
|---------------------|--------------|
| I はじめに | III 実験の結果と考察 |
| II GPSの利用と実験課題 | III-1 経路認知 |
| II-1 ハンディ型GPS受信機の利用 | III-2 施設探索 |
| II-2 実験課題 | III-3 方角認知 |
| | III-4 距離認知 |
| | IV おわりに |

キーワード：GPS, GIS, 行動地理学, 野外実習

I はじめに

今日、紙地図や地域統計が次々とデジタル化され、私たちユーザは、それをパーソナルコンピュータ（パソコン）に取り込んで、地域分析や主題図の描画などを難なく行えるようになった。たとえば、国勢調査では、都道府県、市区町村から調査区や街区といった微細な小地域レベルまで、多様なスケールでデジタル空間データを利用できる。政府統計の中には、インターネットを通して無料でダウンロードできる地域データも増えている。少し前までは、ユーザ自身が表計算ソフトを用いて数値をパソコンに入力し、紙地図からデジタイザやスキャナーを使ってデジタル地図を作らなければならなかった。根気のいる作業で、データのデジタル化に多大な時間を費やした。

デジタル化は地図や地域統計にとどまらない。個別データ（POS、不動産取引など）や観測データ（気温、降水量など）をはじめ、刻一刻と蓄積される地理情報もデータベース化が図られており、インターネットを通じて非集計データをリアルタイムで入手できる環境が整いつつある。これらのデータには、位置・時間情報が付与されているので、GISに取り込んで即時に時空間分析が可能である（村山、2003）。

ところで、地理学の研究では、上記のような既存統計を利用するだけでなく、フィールドワークでオリジナルな一次データを自ら収集することも多い。このようなオリジナルなデータを、現地で直ちに位置情報を付与してデータベース化できれば、研究の効率化に大いに寄与するに違いない。

今日、空間情報科学関連の技術発展はめざましく、地域調査において、位置情報の付与にはGPS

* 生命環境科学研究科大学院生

(Global Positioning System) が、そして空間データベースの構築とその可視化には GIS (Geographical Information Systems) が活用できる環境が整いつつある。とりわけ近年における GPS の技術革新は急速である。受信機の小型化が進み、持ち運びに便利なハンディ型受信機が普及してきている。さらに低価格化と精度の向上が飛躍的に進んでいる。GPS を用いて位置情報を得るには、地球を周回する GPS 衛星のうち 4 個ないし 3 個からの電波を受信機で受ければよい¹⁾。受信環境や精度の限界はあるが²⁾、いつでも、誰でも、リアルタイムに、無料で位置データを得られるのである。

GPS を使うと、ユーザが必要とする時間間隔で自動的に位置情報を取得できるので、GIS と GPS を組み合わせれば時空間分析に威力を発揮することが期待される。とくに物資の流動を扱う交通地理学や人間の空間的活動に焦点を当てる行動地理学、時間地理学などに貢献することが期待されよう。それらの分野では移動の詳しい空間的・時間的記録が必要とされるものの、実際にそれを取することは容易ではなかった³⁾。GPS を利用すれば、移動を示す詳細なデータを容易に取得することができる可能性がある。

時間地理学を例にその有用性を検討してみよう。従来、空間行動のデータ収集には大変な労力を要した。まず、被験者に外出行動の実態 (場所、時間、移動ルート、目的など) を集計用紙に記入してもらい (第 1 表)。その用紙を回収して研究室に持ち帰り、可視化する。立ち寄った施設の位置 (住所)、そして移動経路を特定し、紙地図に軌跡を落としていく。次にその地図をベースにさまざまな空間解析を試みるのであるが、これがまた多大な時間を要することになる。たとえば、移動距離や移動速度の算出について、キルビメーターで紙地図をなぞった経験を持つ方もおありであろう。2 地点間の最短距離の導出やルート探索などの作業には膨大な時間を必要とする。以上がこれまで行われてきた時間地理学におけるデータ取得と分析の一般的な手順であろう。しかし、GPS と GIS を活用すれば、上述の作業を一気に省力化できる可能性がある。被験者に GPS を携帯してもらい、自動的に立ち寄り地点と移動経路を取得し、GIS を援用して現地でデータベース化と空間的可視化を試みるという方法である。

以上を踏まえ、本報告は、行動地理学における GPS・GIS 利用の可能性を探ることを目的としている。とくに人間の移動に関する空間データを取得する際に、GPS・GIS をどのように効果的に活用できるか、実証実験を通じて考察したい。

第 1 表 主婦の午前中における行動の記入例

8 時 15 分	自宅を出発
8 時 15 分～8 時 30 分	徒歩で A 保育所まで移動 (県道を利用)
8 時 30 分～8 時 55 分	A 保育園で園長と会話
8 時 55 分～9 時 20 分	徒歩で保育園から B 図書館に移動 (公園通りを移動)
9 時 20 分～10 時 50 分	B 図書館で読書
10 時 50 分～11 時 05 分	徒歩で B 図書館から C デパートへ移動 (大通りをまっすぐ)
11 時 05 分～11 時 55 分	C デパートで買い物
11 時 55 分～12 時 15 分	徒歩で C デパートから帰宅 (公園を経由し路地裏通りを利用)

II GPSの利用と実験課題

前述の目的を達成するため、人の歩行経路データをGPS受信機で記録し、行動および認知の側面から検討する実験を行った。実験は筑波大学大学院生命環境科学研究科「空間情報科学実験」の一環とし、2003年11月21～23日、東京都世田谷区および大田区の住宅地域にてデータ収集を実施した⁴⁾。

II-1 ハンディ型GPS受信機の利用

GPS受信機の性能と価格には大きな幅がある。本実験ではアンテナ、演算・記憶回路、電源、そして液晶表示部を小型にまとめたハンディ型GPSの一つである、Garmin社製Geko201を用いた。携帯電話程度の大きさで1日分のデータ保存には十分な記憶容量を備え、比較的低価格である⁵⁾。

この受信機では通常のハンディ型受信機と同様にトラックデータとウェイポイントデータを取得できる。トラックデータとは受信機が自動的に間隔をおいて記録するデータであり、受信機を持って移動すればその移動経路に沿った一連の点として取得される。さらに、1回の測位を始めた地点から終わった地点までのトラックデータは1本の線を構成するものとして扱われているため、移動経路を線として識別することができる。一方、ウェイポイントデータとは所持者が特定の地点の位置を記録するために受信機を操作して記録するデータである。これには番号、文字、またはアイコンを付けることができる。こうして人の移動経路を自動的に記録し、かつ特定の事象の位置を記録しておくのである。

II-2 実験課題

1) 課題設定とデータ収集

この実験では都市内における人の空間的行動を経路認知、施設探索、方角認知、および距離認知の側面から検討するために、4つの課題を設定した。被験者は6名の大学院生である。彼らは当日まで調査地域を訪れた経験がなかったので、本実験では非日常的な未知の空間における行動を取り扱ったといえる。

経路認知を対象とする課題では、被験者に東急電鉄田園都市線三軒茶屋駅出口付近を起点として東急電鉄世田谷線豪徳寺駅との間を一人ずつ徒歩で往復させて、その経路を記録した⁶⁾。その際に、(1) 往路では1万分の1地形図を参照しながら歩行するが、復路ではいっさい地図を参照せず記憶に頼って可能な限り同じ経路を帰ってくること、(2) 幹線道路よりも住宅街の中の道路を歩くこと、(3) もし可能なら直線状の経路を避けること、を条件とした。こうして得られた移動記録を、経路の選択、経路の記憶、復路の正確さの個人差、などの観点から比較検討した。なお、各被験者はGPS受信機のナビゲーション機能を使わず、位置情報の記録目的にのみ使用した。

次に施設探索についての課題では上と同じ地点から出発し、指定した地域内で一定時間(90分)以内に行えるだけ多くのコンビニエンスストア(以下ではCVSと表記する)を探索し、歩行経路と到達したCVSの位置を記録した。このデータから探索過程における行動の空間的特性を分析した。

方角認知に関しては、被験者が指定された方角をめざして地図を見ずに1人で一定時間歩いた経路をGPSで記録する作業を、起点と方角を変えて3回行い、方角認知と道路パターン等の環境の関係、および認知の個人差について検討した。最後に距離認知に関しては、一定距離を歩いたと認知するごとにその地点を記録する作業を行った。被験者は引率されて地図を見ずに歩きながら、500mと認識した地点ごとにその位置をウェイポイントとして記録する。この結果から距離認知と環境の関係、および認知の個人差について検討した。

2) 室内作業

収集したデータはWindowsXPをOSとするパーソナルコンピュータ（以下ではPCと表記する）に取り込み、ソフトウェア「カシミール3D」を用いて可視化し分析した⁷⁾。カシミール3Dを用いた理由は、使用したGPS受信機からデータを直接読み込みできること、かつ後述するようにデータの可視化と諸指標の計算が容易に可能なことである。

作業手順は次のとおりである。カシミール3Dにあらかじめ国土地理院の数値地図25000地図画像「東京西南部」を読み込ませておく⁸⁾。そうすれば、受信機とPCをケーブルで接続し、カシミール3Dを起動して受信機からデータを読み込むと、データは地図画像と即座に重ね合わされて表示される。このときウェイポイントデータは点として、トラックデータは測位地点を移動の始点から終点まで結んだ「経路」として表示される。

こうした重ね合わせや経路表示の機能のほか、カシミール3Dは移動の特性を示すさまざまな指標を計算する。すなわち経路の全体や一部について移動速度、経過時間、移動距離、方向などを簡単な操作で表示できるし、地図画像上のアニメーションで移動を再現する機能も有する。今回の実験では各被験者のデータを全員で共有し、こうした機能を用いて歩行経路を比較検討した。しかしカシミール3Dには空間分析機能はないため、たとえば環境条件と経路の関係を定量的に分析することは困難である。空間分析にはArcGIS等の汎用GISソフトウェアを用いなければならない。

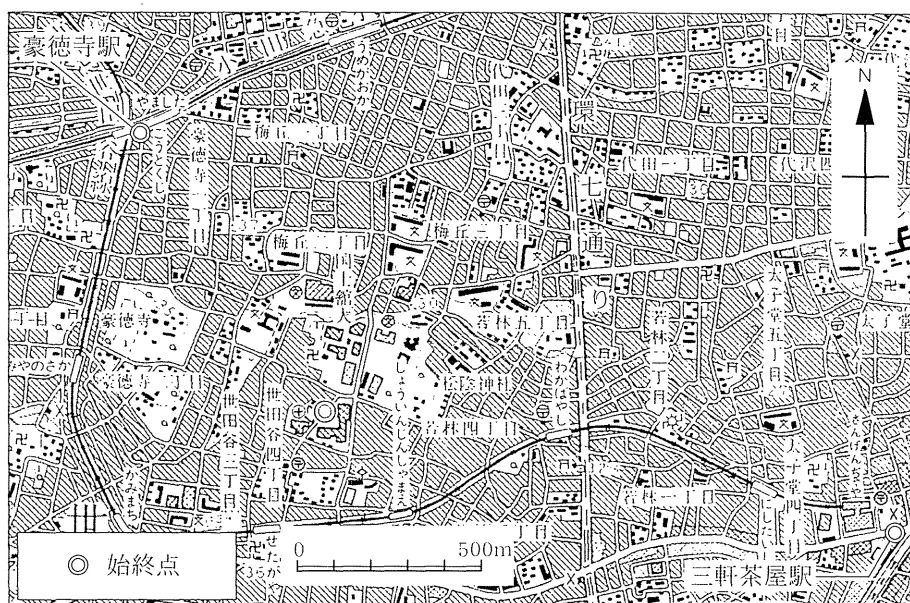
なお経路の検討に先だってデータを修正しなければならない場合があった。測位を開始した瞬間のデータは大きな誤差を持つことがある。このデータは経路や速度の分析に不適切なので削除した。また、歩行の途中で周囲の状況により電波の受信強度が弱まると測位が途切れることがある。この場合、経路データも分断されてしまうので、分断表示された経路を一本につなぎ合わせて分析した。

III 実験の結果と考察

III-1 経路認知

1) 対象地域の概要

本実験の対象地域（第1図）は北を小田急小田原線に、南を東急世田谷線により挟まれている。中央を南北に縦断する幹線道路（環七通り）沿線と三軒茶屋駅周辺に商業施設が立地しているほかは、おおむね低・中層住宅が卓越する。高層建築物は同駅付近にキャロットタワーをはじめとして数件みられる。環七通りを境に東西で土地利用の傾向が異なっており、西側地域では公園・緑地や文教施設が多くみられるため、土地区画が広い傾向がある。それに対し東側地域ではそのほとんど



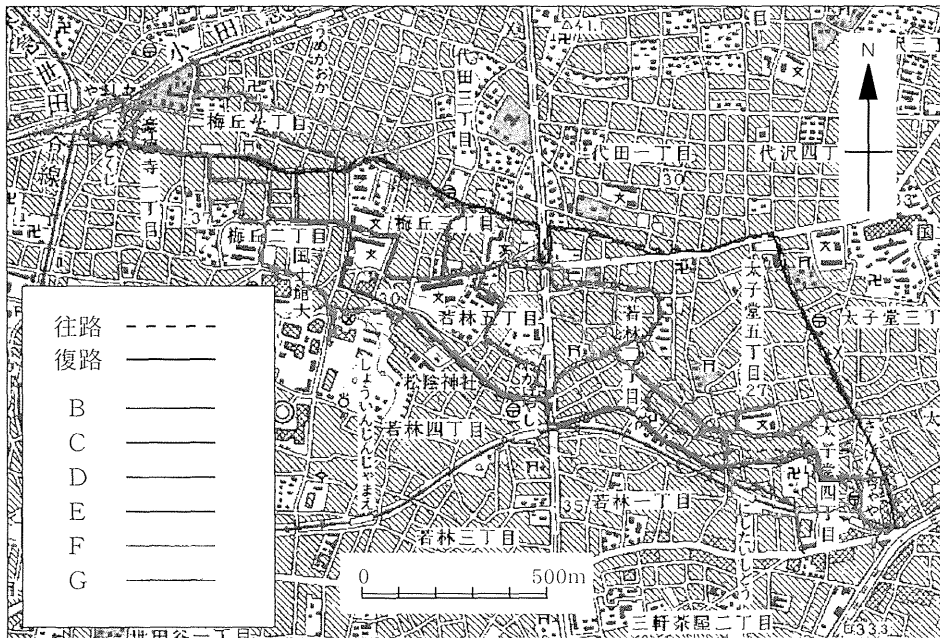
第1図 経路認知の実験対象地域
(2万5千分の1地形図「東京西南部」より作成)

が住宅地であるため、土地区画が狭い傾向がある。地域内の道路は環七通りを除けば生活道路が大半を占めており、それらの幅員は5.5m以下と狭い。区画の形態が不均一でT字路や曲折した道路が多いため一般に見通しは良くなく、特に住宅密集地区では大変悪い。したがって土地勘のない被験者にとっては迷いやすい地域であるといえる。

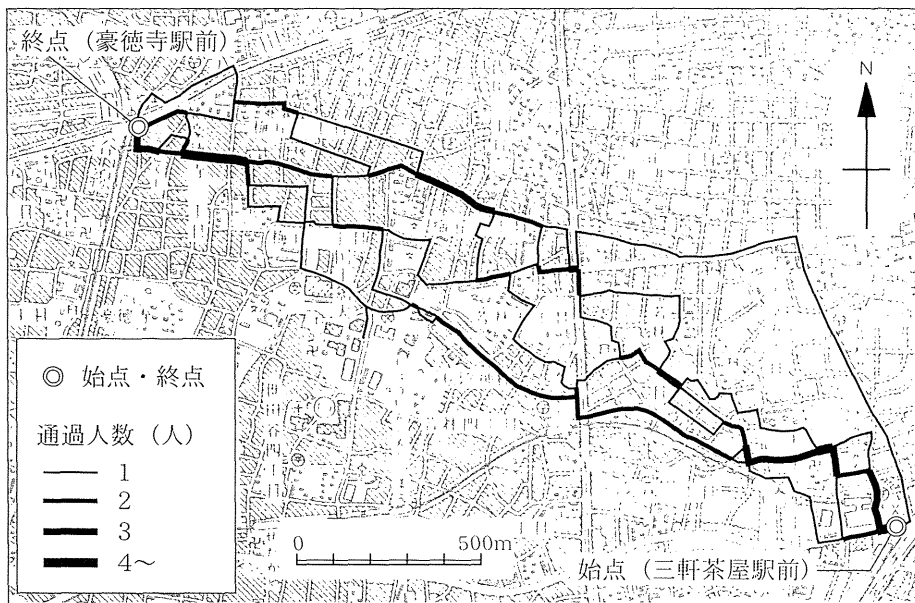
2) 選択経路と地域構造の関係

被験者B～Gの往復経路を地図に表示し(第2図)、また、往路における選択経路の重複のようすを図化した(第3図)。一方、各被験者の歩行距離、時間、平均速度を往路・復路それぞれについて算定し、さらに往路の値に対する復路の値の比を計算した(第2表)。第3図からは、一部では3人ないし4人以上が同じ道路を歩いたものの、多くの場所では選択経路が重複しなかったことがわかる。始点・終点付近、環七通り、環七通り西側地区の豪徳寺駅へ続く道路以外ではほとんど重複していない。これには豪徳寺駅の方に共通して認識されやすい道路やランドマークが少なかったことや、できるだけ複雑な経路を選択するよう条件をつけたことが影響していると考えられる。往路と復路で経路の長さを比較すると1人を除き復路の方が長く、復路において余分な歩行が行われたことがわかる。これは、経路の間違いや、経路を確認するための余分な歩行や経過時間が生じたためと推測される。往路と復路の違いが目立つ、つまり復路で異なる道路を歩いたケースが目立つ場所は環七通りの東側地域である(第2図)。これは東側ほど往路での通過時から復路での通過時までの時間差が大きいため記憶が薄れる可能性が高いこと、低層住宅が密集しているため目印が少ないこと、道路網が比較的複雑なことのためと考えられる。

以下では二人の被験者のケースを比較し、場所の特性が行動に与える影響を考察する。取りあげ



第2図 三軒茶屋駅-豪徳寺駅間の往復歩行における各被験者の経路
 (GPSデータからカシミール3Dを用いて作成)



第3図 三軒茶屋駅-豪徳寺駅間の歩行 (往路) における道路別被験者通過人数
 (GPSデータをカシミール3Dで表示した結果から作成)

第2表 三軒茶屋駅－豪徳寺駅間の往復歩行における各被験者の歩行距離・時間・速度およびそれらの往路と復路の比

被験者		距離 (km)	距離比	時間 (h:m:s)	時間比	平均速度 (km / h)	速度比
B	往路	3.183	1.11	0:51:03	0.98	3.74	1.14
	復路	3.536		0:49:54		4.25	
C	往路	2.682	1.12	0:56:17	0.95	2.86	1.17
	復路	3.003		0:53:43		3.35	
D	往路	3.421	0.94	0:48:59	0.86	4.19	1.09
	復路	3.214		0:42:10		4.57	
E	往路	2.676	1.13	0:31:20	1.11	5.15	1.02
	復路	3.033		0:34:38		5.25	
F	往路	3.301	1.01	0:37:51	1.31	5.23	0.77
	復路	3.348		0:49:40		4.04	
G	往路	3.788	1.42	1:05:14	1.34	3.49	1.07
	復路	5.365		1:27:25		3.75	

(GPSデータから作成)

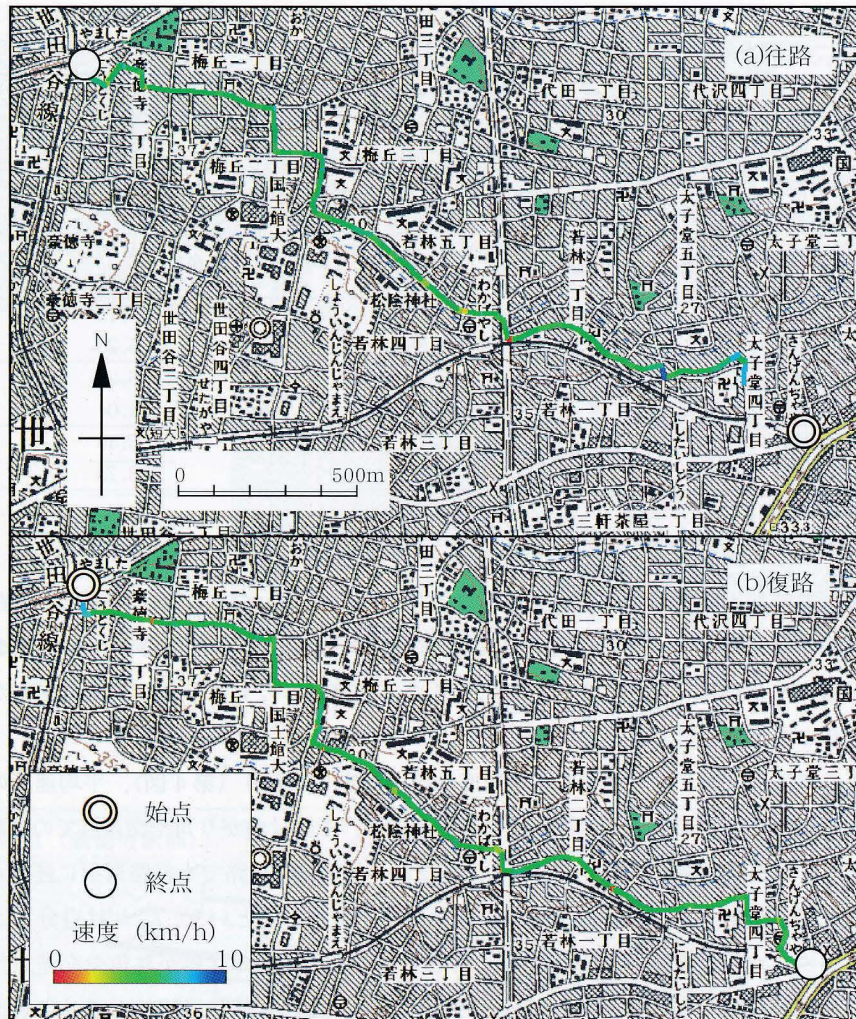
注) 距離比・時間比・速度比の値はすべて往路の値を1としたときの復路の値である。

るケースは所要時間が最短でかつ歩行距離も2番目に短かった、つまり経路の選択と復路での再現がうまくいった被験者Eと、所要時間が最長でかつ往復で経路のずれが大きかった、つまり経路の選択および復路での再現に問題があったと考えられる被験者Gのものである。彼ら本人から、歩行した際の留意点について聞き取った。

被験者Eの経路をみると往復路共に平均速度はほぼ一定しており(第4図)、平均速度の差は小さい(第2表)、部分的に速度の遅い場所がみられるものの、それは曲がり角や交差点での横断前といった立ち止まることの多い場所が該当している。すなわち往路でも復路でも経路選択に迷いが少なかったと考えられる。被験者Eによれば形態の単純な道路を選択したという。これは自分にとって利用しやすいメンタルマップを事前に形成できた結果であろう。往路では曲がり角や交差点付近に位置する看板、自動販売機、商店などを目印にしたという。さらに三軒茶屋駅付近では東急世田谷線の線路がエッジとなって目標となったという。

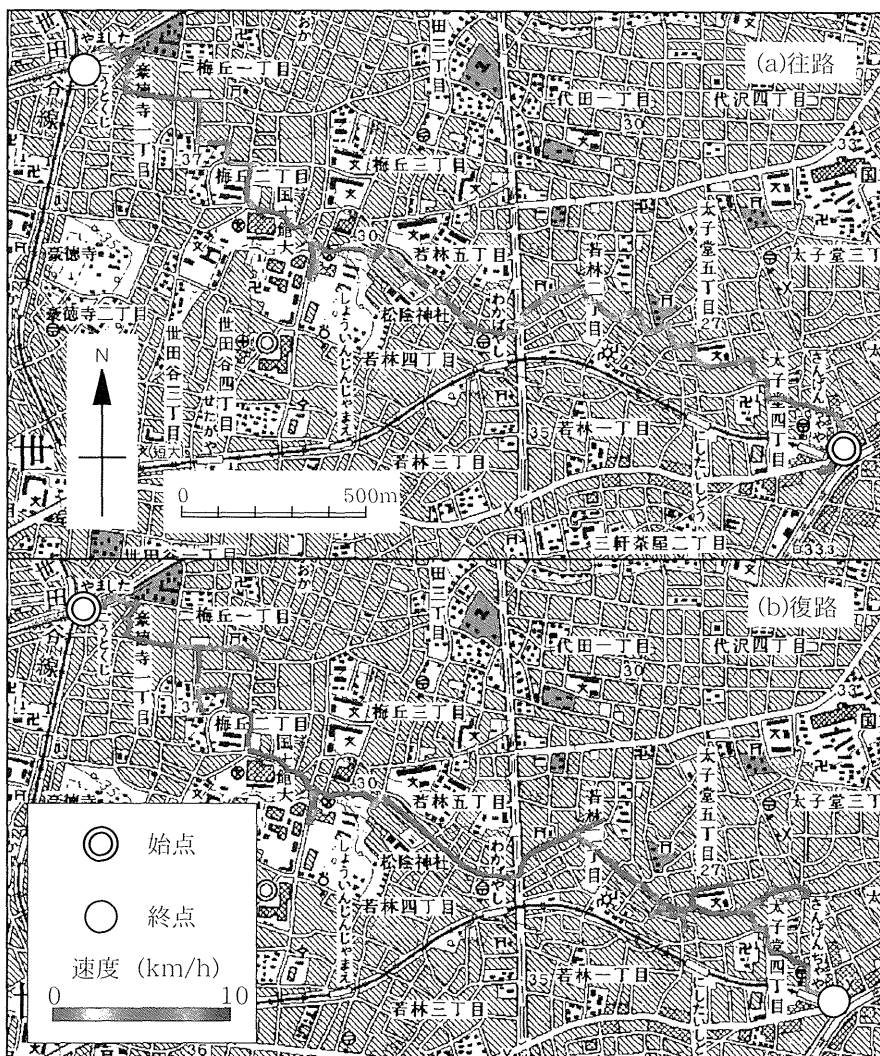
それに対し、被験者Gの経路(第5図)では、往復ともに速度が一定していない。速度が遅い場所には、曲がり角や交差点の横断前だけでなく、復路において道に迷った場所も該当することであった。被験者Gによれば、可能な限り複雑な経路を選択し、往路でもいったん経路を決めた後には地図をあまり見なかったということなので、十分なメンタルマップが形成できなかったと考えられる。また、本人の挙げた道迷いの原因は、往路で交差点、特徴のある建築物、駐車車両、ないし表札などを目印としたものの復路においてそれら全てを再認できなかったこと、特徴的な景観が時間の経過によって変化して記憶と違っていたこと⁹⁾の2点である。ただし迷った際にも高層建築物のキャロットタワーが見えていたため、目指すべき方向は把握していたという。

他の被験者の回答を総合すると、経路の認知およびその記憶の再現のためにはランドマーク(目標物)とエッジ(境界線)が重要な要素となることが推測される。ランドマークには方向確認に役立つものと場所確認に役立つものがある。前者に該当するのは三軒茶屋駅周辺に立地する中高層建



第4図 三軒茶屋駅－豪徳寺駅間の往復歩行における被験者Eの経路と歩行速度分布
(GPSデータからカシミール3Dを用いて作成)

建築物，すなわちキャロットタワーや東京電力鉄塔などである．これらは遠くからも確認できるため，特に復路において方向を確認するために役立った．それに対し後者には学校や公園といった広い敷地をもつ施設や，郵便局などの公共施設が該当する．これらは遠くからは確認できないが地図上に明記されているため，経路を決定し，通過の際に確認するためのランドマークとして役立つ．一方，エッジには幅員の広い道路や鉄道線路が該当する．これらは地図上でも確認しやすく，メンタルマップを作成する際に役立ち，また認知の上で空間を分割する境界線となる．エッジは横断できる場所が限定されているため被験者にとっての障壁となるが，逆にこれを利用して経路および方角の修正を行うことが可能である．



第5図 三軒茶屋駅－豪徳寺駅間の往復歩行における被験者Gの経路と歩行速度分布
(GPSデータからカシミール3Dを用いて作成)

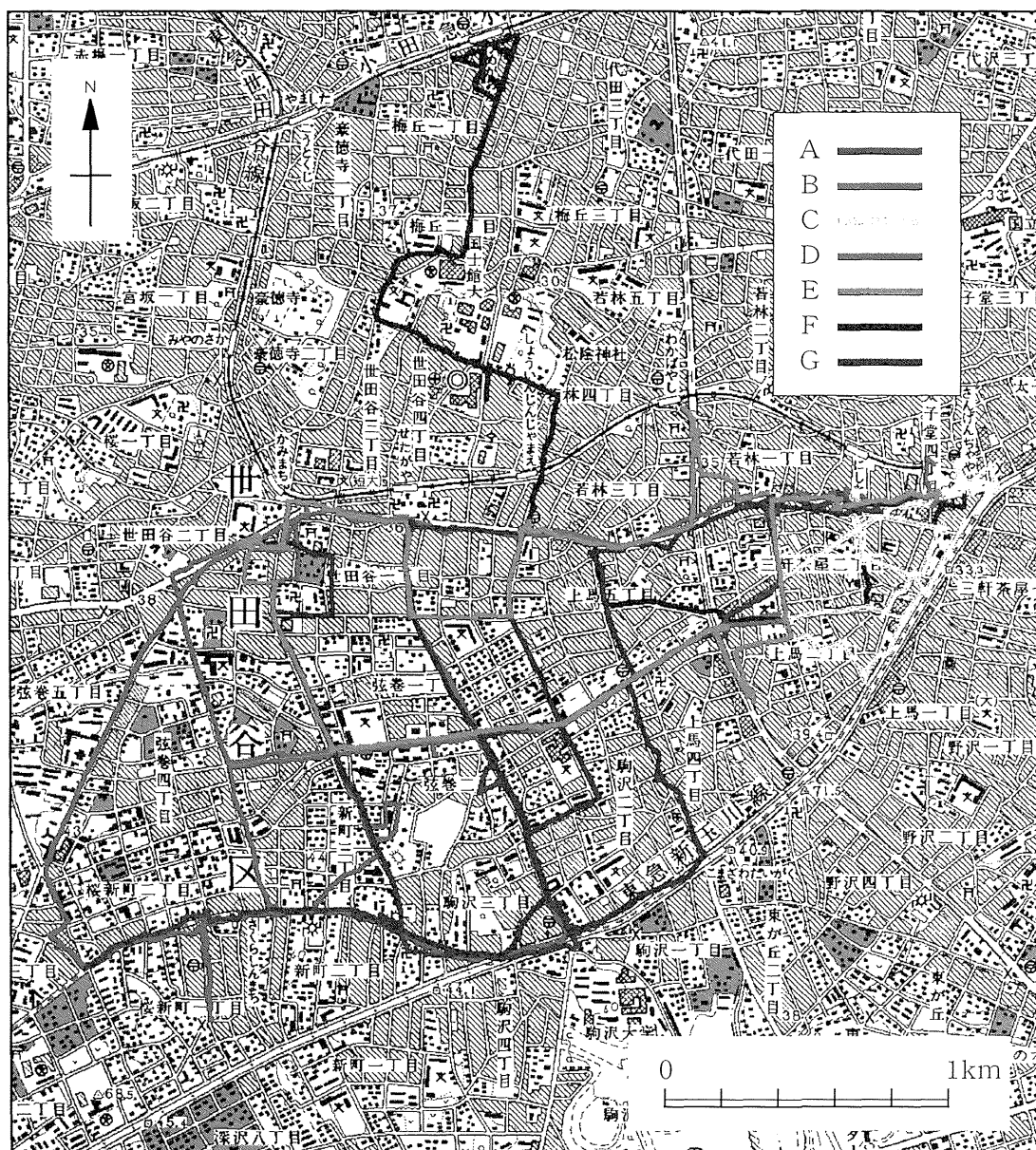
III-2 施設探索

1) 対象地域と課題の概要

本実験における対象地域は北を世田谷通り（都道3号）、南を国道246号で挟まれている。幹線道路沿いや三軒茶屋駅付近を除くと大半は低・中層の住宅地域である。環状7号線、世田谷通り、国道246号線以外の道路は幅員が狭いものが多い。本実験ではこの域内でコンビニエンスストア（以下ではCVSと略す）を一定時間内に探索し、歩行経路とCVSの位置をGPSで記録することを試みた。ただしCVSの立地が容易に予測される世田谷通りおよび国道246号に隣接する店舗はあらかじめ探索対象としないことにした。すなわち未知の地域でありかつ地図を見るだけでは店舗の立地を容易には予測できない条件において、被験者がどのような考えでCVSを探索するか、その探索行動が地域の空間的な特性とどう対応しているかを検討した。

2) 探索行動の特性と地域の空間的特性

第6図は被験者(A～G)の探索経路を図示したものである。また、第3表には各被験者の移動距離、時間、発見したCVS数等の基本的な情報をまとめた。以下ではこれらのデータおよび被験者の談話により各被験者の探索行動について考察を行う。なお実際には被験者Fが対象地域の外へ出て探索を行った。また各被験者は世田谷通りと国道246号線に沿って立地するCVSの位置も記録してきたが、検討においてはそれらを除外した。



第6図 コンビニエンスストア探索における各被験者の歩行経路
(GPSデータからカシミール3Dを用いて作成)

被験者Aは対象区域のうち環七通りの西側を重点的に探索し、そこでは南北に縦断して西へ移動し再び南北へ移動することを繰り返した。区域の中ほどを東西に延びる往復2車線の道路（弦巻通り）についてはあえて歩行せず、それを横断する際に交差点から目視で東西方向を確認した。この方法は探索範囲をできるだけ広げることを重視した方法といえるが、CVSの立地そのものを考慮した探索ではなく、弦巻通り沿いのCVSを見落とすなど探索の効率は低かった。

被験者Bは、対象区域のほぼ中間を東西に伸びる弦巻通りを西へ探索した後、桜新町方面の大通りに向かった。桜新町の繁華街方面に多くのCVSが立地する可能性を考えたためという。結果として弦巻通り沿いのCVSと桜新町付近のCVSを合わせて最も多くを発見した。

被験者CはCVSが立地しやすい条件を推測できなかったため、スタート地点から比較的近い範囲をくまなく探した。そのため経路にはかなりの重複がみられる。探索した範囲が駅の近隣ではあるが住宅地に入るとほとんど立地しておらず、探索の効率は最も低かった。

被験者Dは被験者Bと同様に弦巻通りを西へ移動した後、Bとは逆に東急世田谷線上町駅方面へ北上した。しかしそちらにはCVSはわずかであったため西へ移動しさらに対象区域を南へ縦断して探索を試みた。その結果、被験者Bと同じ11のCVSを発見した。しかし総移動距離は非常に長く、距離に対する探索の効率は非常に低かった。

被験者Eは西へ移動しつつ対象区域の北側部分をできる限り網羅的に探索した。しかしながらその範囲には大通り沿い以外にはCVSが少なかったため、結果として発見した店舗数、探索効率ともに低水準となった。

被験者Fは人口が多いと予想した住宅地周辺を主に探索したものの、そこにはCVSが少なかった。このため方針を変え、鉄道駅や大学付近にCVSが多いと予想して北上し、東急世田谷線松陰神社前駅、国士舘大学、さらに小田急線梅ヶ丘駅の付近を探索した。つまりあらかじめ指定した対象地域の範囲を外れたが、結果としては発見数、探索効率ともに高い水準であった。

被験者Gは何人かの他の被験者と同様、初めは住宅地を東西に延びる弦巻通りを探索していたが、途中から地図上でCVSの立地を推測し、桜新町駅付近の市街地へ向かって探索した。その結果、歩行距離に対して発見したCVS数が多く、探索の効率は全被験者中最も高かった。

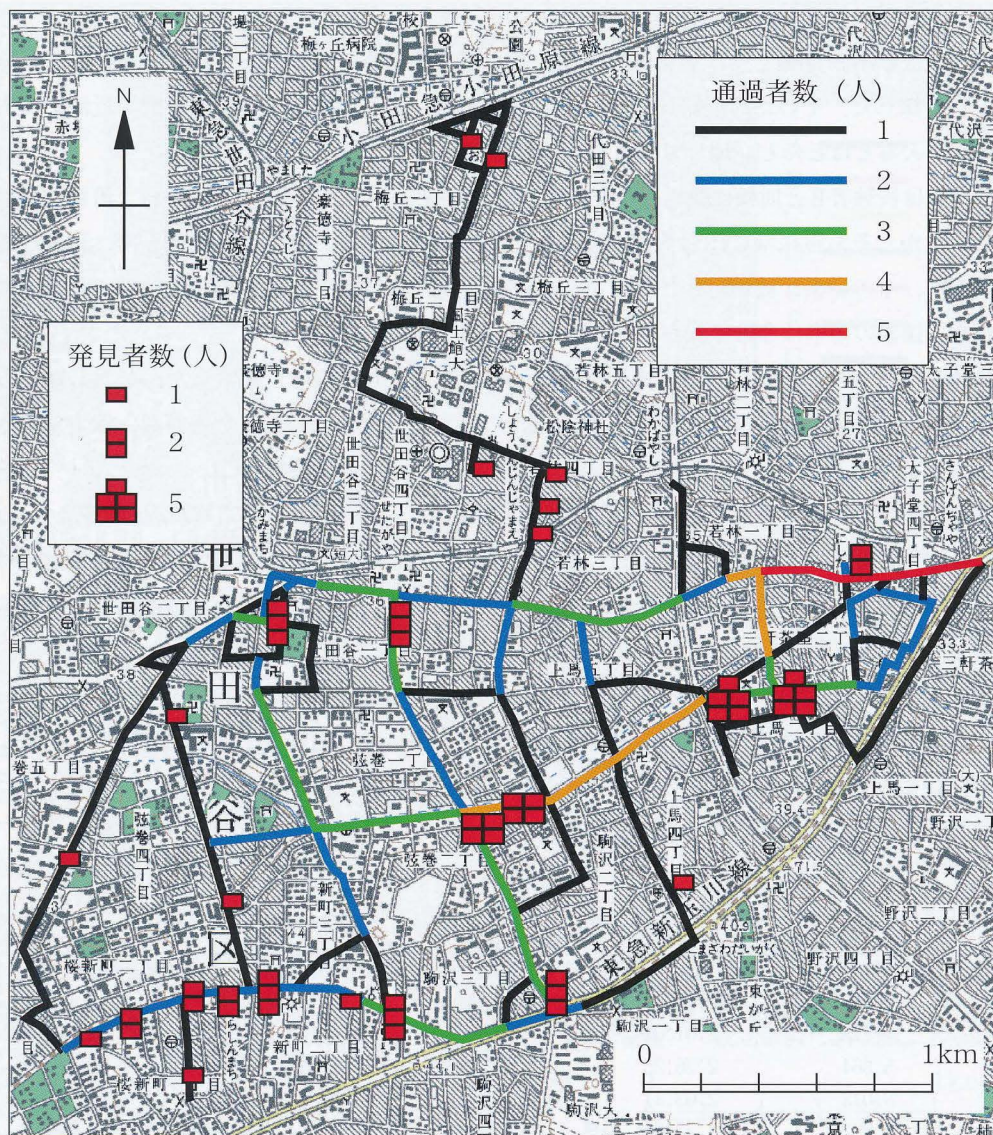
以上のようにCVSの探索行動は被験者により、共通する部分と差異のある部分とに分かれる。被

第3表 コンビニエンスストア探索における各被験者の歩行データと発見店舗数

被験者	歩行距離 (km)	移動時間 (h:m:s)	平均速度 (km/h)	発見店舗数 (店)	探索効率 (km/店)
A	8.312	2:07:57	3.898	6	1.385
B	7.778	2:01:04	3.855	11	0.707
C	5.564	2:26:25	2.280	1	5.564
D	9.012	2:03:11	4.390	11	0.819
E	6.992	1:33:54	4.468	5	1.398
F	5.557	1:56:43	2.857	9	0.617
G	5.183	2:01:03	2.569	10	0.518

(GPSデータから作成)

験者が通過した経路と発見されたCVSの分布とをみると（第7図）、歩行経路は主に南北・東西方向の大きな道路において重複する一方、それ以外の部分では重複が少なく個人差がある。つまり大きな道路を探索するという方針は共通しており、住宅地の内部や、鉄道駅周辺、大学周辺などを探索するという方針は、被験者ごとに異なっていた。結果としてCVS発見数の多寡は探索方針の個人差に起因していると考えられる。発見したCVSの多かった被験者は地図を有効に活用しながら途中鉄道駅周辺あるいは大学の周辺を探索するように方針を修正した被験者であり、発見されたCVSはそ



第7図 コンビニエンスストア探索における道路別被験者通過人数、およびコンビニエンスストア別発見被験者数
(GPSデータをカシミール3Dで表示した結果から作成)

うした地域に集中していた。

以上から、被験者の行動には、CVSの立地についての仮説を立てて探索を開始するものの、現地での知見を通じた判断により仮説を修正しながらCVSを探索しようとする傾向が読みとれる¹⁰⁾。こうした行動の結果としての移動はGPSを用いるとほぼ正確に再現されるため、定量的検討が可能であり、判断や休息のために立ち止まったことや、周囲の状況を観察するために細かく移動したことなども把握できる。探索行動の特性をより明確にするためには、対象地域内で発見されたCVSと発見されなかったCVSとの立地を比較して探索行動との対応を考察したり、地図を持たない場合の探索行動を調べたりといった実験を行うことが有効であろう。

Ⅲ－3 方角認知

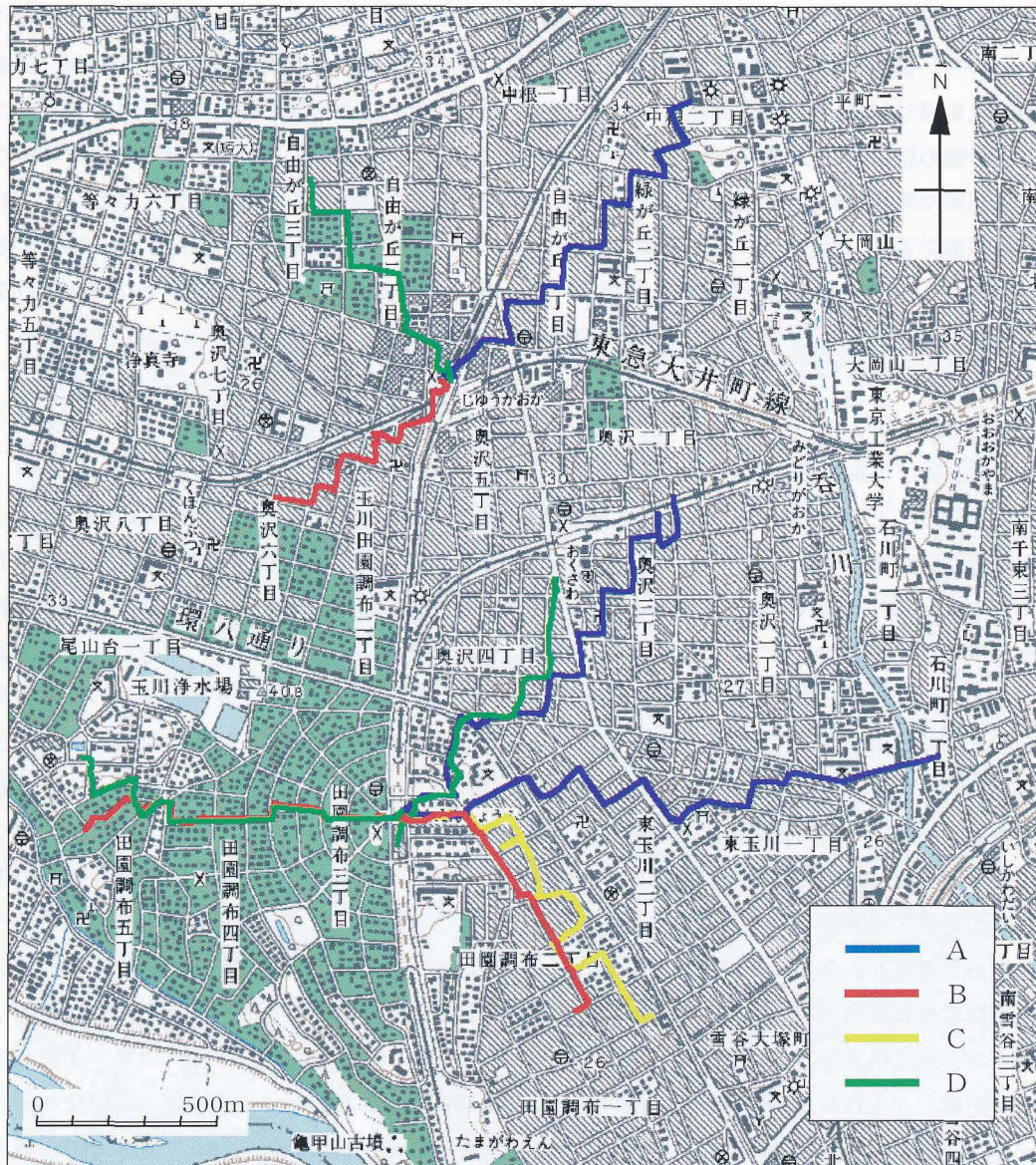
1) 課題および対象地域の概要

この課題には4名の被験者が参加した。被験者は指示された方角に向けて出発点から道路を20分、地図もGPS受信機の画面も見ずに¹¹⁾歩行した後に、指示された方角に該当すると思う地点でウェイポイントを記録し、起点の駅まで戻る。この作業を、田園調布駅を出発点として2回、自由が丘駅を出発点として1回行った。この地域は環八通り、東急東横線、東急大井町線、東急目蒲線、および台地と低地を区切る急斜面などで区切られている(第8図)。特に環八通りを境に地域の特色が異なり、北側では格子状の区画に低中層住宅地が広がっており、東急東横線と同大井町線が交差する自由が丘駅の周辺には交通の便の良さから商業施設が集積する。それに対し南側には主に低層住宅地が広がっている。田園調布駅の周辺は1918(大正7)年に渋沢栄一の提唱した田園都市計画に基づいて日本で初めて計画的に作られた町であり、駅西側には駅を中心とする放射状・環状の道路が敷かれ、土地の区画が整っている。田園調布4丁目から5丁目にかけては、台地の縁辺部に谷が入り組んだ地形であり、急傾斜と複雑な道路網の住宅地である。多摩川沿いの低地には区画の規則的な中低層住宅地が展開する。田園調布駅の東側には区画は格子状で若干雑然としており、大きな通りは北西から南東へと伸びている。環八通りが南東へ屈折している付近ではT字路やクランク状の複雑な道路網がみられる。両駅の周辺には目立った高層建築物は存在せず、歩行の際に明確なランドマークを設定しにくい。このため被験者の方向認知や後の課題で扱う距離認知を検討するのに適当と考えられる。

2) 方角認知と地域の特性

被験者4名全員の出発地点から位置を記録してきた地点までの歩行経路(第8図)、被験者の行動の基本的な情報、および指定した方角からの差、およびそれと距離との比(第4表)を検討する。

被験者Aは3回の実験とも市街地を1km進んでもわずか 2° ~ 3° しか差が生じておらず、非常に方角の認知に優れている。実験後の聞き取りによれば、被験者Aはどの程度方角がずれたかを感覚的に記憶し、交差点に到達した時点で進行方向を適宜修正しつつ歩いたという。しかし経路に関しては、自由が丘駅近くの繁華街に入ると駅までのわずかな距離で道に迷ったという。このことから方角認知と経路の記憶とは別個であることが伺える。



第8図 方角認知実験における各被験者の歩行経路
(GPSデータからカシミール3Dを用いて作成)

被験者Bも比較的正しい方角に進んでいるものの、これには対象地域において、道路が比較的目的の方角に沿って伸びていたことが寄与しているよう。田園調布駅を起点とした際にはBはほとんど交差点で曲がらずにそのまま目的の方角として道路の延長線上を進んだ。しかし自由が丘駅を起点として南西に進んだ際には若干誤差が生じている。これは土地区画の影響を受けて折れ曲がった歩行経路を必要としたためと考えられる。

被験者Cは田園調布駅から東へ向かった際に方角を大きく外れ、何回か修正を試みたものの、進

第4表 方角認知実験における各被験者の歩行距離・時間・速度および誤差

被験者と発駅・ 設定方角	歩行距離 (km)	移動時間 (h:m:s)	平均速度 (km/h)	設定方角と到達地 点の角度差 (°)	歩行距離に対する角 度差の比 (°/km)
A (田園調布・東)	1.729	0:19:57	5.200	4	2.313
A (田園調布・北東)	1.767	0:28:33	3.713	6	3.396
A (自由が丘・北東)	1.472	0:20:41	4.270	4	2.717
B (田園調布・南東)	0.841	0:18:50	2.679	3	3.567
B (田園調布・西)	1.041	0:29:54	2.089	2	1.921
B (自由が丘・南西)	0.809	0:21:06	2.300	10	12.361
C (田園調布・東)	1.353	0:33:44	2.407	39	28.825
D (田園調布・西)	1.143	0:18:08	3.782	10	8.749
D (田園調布・北東)	1.039	0:20:55	2.980	14	13.474
D (自由が丘・北西)	0.869	0:15:09	3.442	8	9.206

(GPSデータから作成)

注) 角度差とは、起点から到達地点を結ぶ線と設定方角との差である。

みなおした方角が間違っていたため南東方面へ進んでしまった。被験者Dは被験者A、被験者Bに比べると誤差は大きいものの、概ね当初設定した方角へと正しく進んでいる。しかしながら、距離が長くなるにつれて、区画の形の影響を受けたためか、徐々に誤差が拡大している。

以上から考察すると、この地域に関しては明確なランドマークとなりうる高層建築物は存在しなかったため、被験者は進んだ方角と距離の記憶によって歩行する方向の修正を試みたようである。全体としては筆者らの予想以上に被験者は方角認知を正確に行っていた。ただし被験者は全員地理学専攻者であるため方角の感覚が比較的身に付いていた可能性が無視できない。しかし被験者Cの例のように方角を一度見失ってしまうと、目的としていた方角に地図なしで戻るのは困難のようである。また、道路網が整然とした格子状であっても、道路の方向が目的の方角とずれている場合にはそれに影響されて徐々に歩行の方角がずれてしまうことも読みとれる。方向感覚と経路の記憶の違いも示唆された。

この課題からは被験者の方角認知は明らかに道路網の形態や景観の特性に影響されていることがわかる。不規則な道路網の地域、あるいは景観の特性の異なる地域で同様の実験を行って結果を比較すると興味深いと思われる。到達地点の位置のみでなく歩行の過程をも容易に記録して再現できるのは、GPSの大きな利点である。

III-4 距離認知

1) 課題および対象地域の概要

この課題は、被験者が地図を見ずに歩行し、一定距離を歩いたと自身が認知するごとにその地点をGPS受信機にウェイポイントとして記録するというものである。前の課題と起点は同じであり対象地域もほぼ同様である。

2) 距離認知とそれに影響する要因

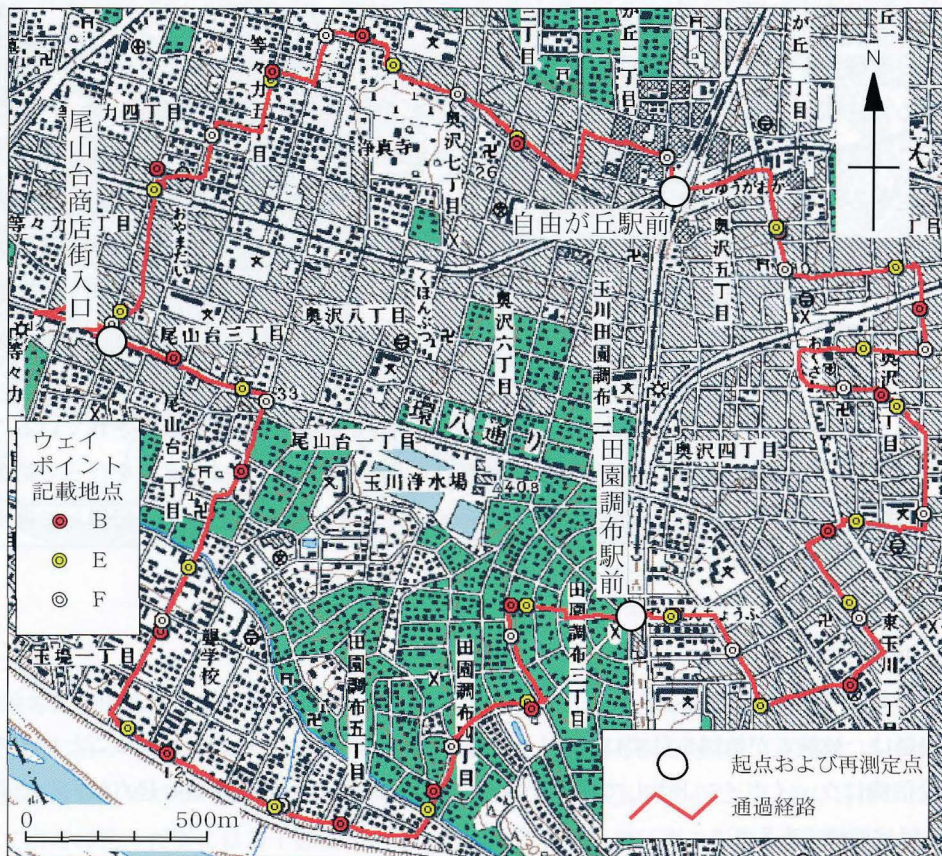
各被験者の歩行経路およびウェイポイントの分布は第9図のとおりである。経路の途中の2ヵ所

(尾山台商店街入口, 自由が丘駅前)においていったん測定を終了し, 再び起点を揃えて測定を開始した. これはずっと連続して測定を続けると被験者同士の間で認知する区間のずれが大きくなり, 比較が困難になる恐れがあるためである.

以下では, 被験者の距離認知を検討するうえで, 距離認知の場所ごとの差が何らかの環境要因によってもたらされたものと考え. そのため次のようにデータを処理した. 各被験者が1つのウェイポイントから次のウェイポイントまで実際に歩いた距離をすべての区間についてGPSデータから求め, 被験者ごとのそれらの平均値との差を検討する(第5表). 実際に歩いた距離がその被験者の平均よりも長いところを「過小評価区間」, 短いところを「過大評価区間」と分類し, この2種類の区間と環境との関係について考察する¹²⁾.

過大評価区間および過小評価区間の分布をみると(第10図), 被験者全員に共通して過大評価区間となったのは①田園調布駅の出発直後, および②自由が丘駅の出発直後の2区間であり, 共通して過小評価区間となったのは①自由が丘駅到着直前, および②奥沢駅付近の2区間である.

過大評価区間①の環境は街路樹や生垣といった植物が多く, このため視覚的に狭い印象を受けや



第9図 距離認知実験における経路および被験者別の500m歩行認知地点
(GPSデータからカシミール3Dを用いて作成)

第5表 距離認知実験において各被験者が500m歩行と認知した区間の実歩行距離

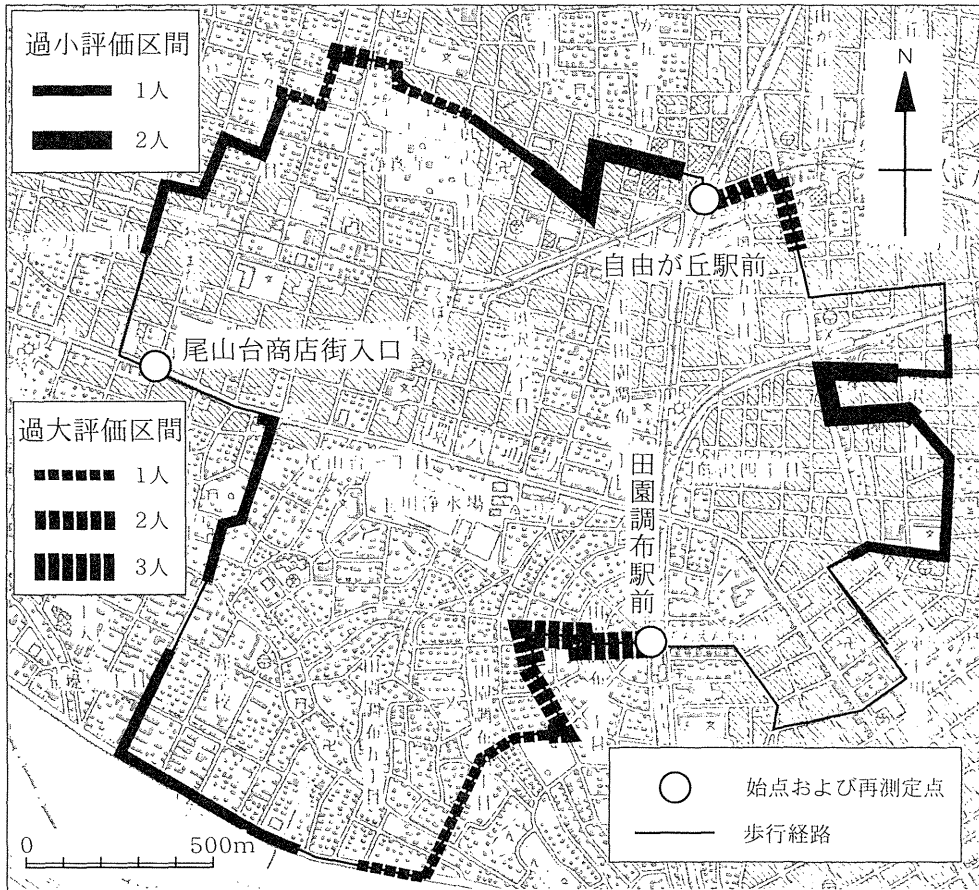
起 点	区 間	被 験 者					
		B		E		F	
		実歩行距離 (m)	平均実歩行距離 との差 (m)	実歩行距離 (m)	平均実歩行距離 との差 (m)	実歩行距離 (m)	平均実歩行距離 との差 (m)
田園調布駅前	1	324	- 156	376	- 160	283	- 155
	2	303	- 177	469	- 67	347	- 91
	3	384	- 96	593	57	425	- 13
	4	348	- 132	776	240	395	- 43
	5	492	12	639	103	433	- 5
	6	466	- 14	451	- 85	496	58
	7	480	0	-	-	572	134
	8	476	- 4	-	-	441	3
尾山台商店街 入口	1	386	- 94	575	39	363	- 75
	2	526	46	479	- 57	564	126
	3	337	- 143	407	- 129	486	48
	4	556	76	702	166	389	- 49
	5	557	77	-	-	563	125
自由が丘駅前	1	345	- 135	443	- 93	333	- 105
	2	562	82	563	27	409	- 29
	3	766	286	502	- 34	424	- 14
	4	687	207	465	- 71	528	90
	5	515	35	556	20	524	86
	6	619	139	575	39	347	- 91
	7	-	-	-	-	502	64
	8	-	-	-	-	384	- 54
被験者自身の平均 実歩行距離 (m)		480		536		438	

(GPSデータから作成)

注) この表は井口 梓氏の作成した表を加筆修正したものである。

すいと考えられる。また道路は直線状であるが起伏が大きい。過大評価区間②は、商店が立ち並んでおり、そのため視野が狭くなりやすいと考えられる。また道路は上り坂となっていた。これに対し過小評価区間①の環境は低層住宅地であり街路樹がないため見通しが良く、かつ起伏も少ない。過小評価区間②は商店街であるが直線状に伸びており、視野や地形などの変化は少ない。

以上からは距離認知にとって視野の広狭と道路の起伏の2点が影響することが予想される。すなわち視野が広く起伏がゆるやかであるほど距離を過小評価しやすく、視野が狭く起伏が激しいほど距離を過大評価しやすくなるといえよう。また、測定をいったん終了する直前において過小評価となる傾向があることも注目される。加藤(1986)によれば、終点に対する親近性が大きいほど距離は過小評価されるとされ、報酬仮説と称される。すなわち測定の終了に対する期待感や安心感といった親近性も距離認知に関係していることが伺える。



第10図 距離認知実験における区間別過大評価・過小評価人数
(GPSデータをカシミール3Dで表示した結果から作成)

注) 平均の実歩行距離より20%以上異なる区間を図示した。なおこの図は淡野寧彦氏の原図を加筆修正したものである。

Ⅳ おわりに

以上のように、GPSの利用によって人の空間的行動について詳細な時空間的データを容易に取得できることがわかった。得られたデータはコンピュータに取り込んでソフトウェアへ入力し、迅速に可視化、地図化、および分析が可能なのである。その結果からは、人の行動や空間認知における場所の特性との関係あるいは個人差について、いくつかの興味深い事実や傾向が確認された。すなわちGPSは行動地理学や空間認知研究に有用なデータを提供するといえる。今後は課題や条件の設定をより緻密に行った上でGPSとGISを利用すれば、さらに有用な成果が得られるであろう。GPSの活用は、行動地理学のみならず人や物の移動を扱うさまざまな分野の研究に貢献すると期待できる。

GPSは精度や頑健さの改善が今後も進み¹³⁾、受信機の小型化、低価格化、記憶容量の増大が進められ、操作性はさらに向上するであろう。地理学における多様なGPS利用の試みが今後も蓄積され

ることが望まれる。

地理学においてGPSの活用の幅を広げる上では、事物の位置データと属性データとをできるだけ現地で統合して、GISでの作図や分析に直結する情報を得られることが望ましい。それにはGPSとそれに連携するGISソフトウェアを携帯型PCやPDA上で同時に稼働させる方法、GPS機能を有する通信端末を用いて、現場で取得した情報に位置データを付けてコンピュータへ送信する方法等が考えられる。

GPSを野外調査に利用する上での課題にはまず測位誤差が挙げられる。単独測位では誤差が大きくなることがあるので、可能ならデファレンシャル補正を行うべきであり、地図と比較してデータを修正することも必要である。第2に測位の不安定さが挙げられる。建造物に囲まれた環境では、受信できる衛星が少ないことや反射波の影響により、測位の途切れや誤差の増大が起きる。受信機が身体の陰になる持ち方をすると同様の不安定さが生じる場合がある。これらの対策には衛星の配置が良い日時に調査を行うこと¹⁴⁾、アンテナ部分を高く水平に保持すること、可能なら外部アンテナを利用することなどが考えられる。

GPS・GISは、調査結果を現地で素早く検討できることも利点である。データを迅速に処理・保存・図化し、さらに調査者間で共有あるいは統合すれば、より高度な検討を現地で行うことができる。GIS・GPSをうまく活用するにはソフトウェアを使いこなせることが欠かせない。この点からは、今回用いたカシミール3Dは機能が限定されているものの、優れたソフトウェアといえる。インターフェースと操作体系が明解で使用者が目標に到達しやすいので、測位データと地図との重ね合わせ表示や移動の指標の算定が容易であった。対照的に、一般的なGISソフトウェアは幅広い機能を有するが今回のような作業にも複雑な手順を要し¹⁵⁾、利用が難しい。

野外調査におけるGPS・GISの利用が広まるには、課題に直結した使いやすいソフトウェアが安価に入手できることが望ましい。汎用GISソフトウェアを使うなら目的に到達するまでの操作に充分慣れておかなければならない。GIS教育の担当者はさまざまな地理学的課題についてGISやGPSの利用を試み、ソフトウェアの選択や利用法に関する情報を蓄積・共有して活用する必要がある。

本稿を作成するにあたり、著者ら以外に本実験に参加した淡野寧彦、吉田 亮、宋 苑瑞、井口 梓、およびAhmadi Nejad Fatimehの各氏のデータを利用させてもらうとともに、レポートを参考にさせていただいた。記して感謝申し上げる。本研究を遂行するにあたり、日本学術振興会・科学研究費補助金基盤研究(B)(1)「地理教育におけるGISの活用に関する研究」(代表者村山祐司、課題番号12480014、平成12～15年度)の一部を用いた。

注

- 1) 3個のGPS衛星の電波を受信できれば緯度・経度が測れる。4個から受信できればさらに高度が測れる(坂井, 2003)。
- 2) 極超短波を用いているため地形・建物・樹木などの陰では電波が遮られやすく、受信できなかった

り誤差が増大したりする。1台の受信機での単純な測位では誤差が数メートル～十数メートル生じることがある。精度が衛星配置に影響を受け、衛星の見かけの位置が移動するので精度が時間とともに変動する。

- 3) 宮澤 仁 (2001) による.
- 4) 郊外住宅地で実施した理由は, 都市でありながらできるだけ空が開けていて電波の受信状況の良い場所が必要だったからである.
- 5) トラックポイント 10,000 点を記憶可能である. 歩行経路を取得するには, 携帯用コンピュータに記憶機能のない GPS 受信機を接続して持ち歩く方法も可能である.
- 6) オプション部品を使い, GPS 受信機をカバンなどの肩ベルトに上向きに取り付け, 受信条件改善とあわせて所持者の負担軽減を図った.
- 7) カシミール 3 D は杉本智彦氏の開発したフリーソフトウェアである. 詳細は開発者の Web サイト (<http://www.kashmir3d.com>) を参照. GPS 受信機とカシミール 3 D を連携して利用するための詳細な案内書が出版されている (杉本, 2002).
- 8) 数値地図 25000 地図画像をカシミール 3 D で直接読み込み表示することができる.
- 9) ここでいう景観変化には住宅における生活行動に伴う時間的变化 (ガレージにおける自動車の有無など) や商店の開店等が該当する.
- 10) ただし仮説の修正の有無や回数は探索に使える時間の長短に左右される可能性がある.
- 11) 使用した受信機の液晶表示画面には移動方向や移動してきた経路図が表示可能だからである.
- 12) 本節の考察については井口 梓氏および淡野寧彦氏のレポートを参考にした.
- 13) 日本では運輸多目的衛星 (MTSAT) や準天頂衛星の計画によって, 単独測位の誤差の大幅な縮小や利用環境の制約緩和が実現する予定である. また米国政府による GPS の機能強化, EU によるガリレオ衛星計画も進められる予定である (坂井, 2003).
- 14) GPS 衛星の飛来予測情報を米国トリンブル社の GPS 飛来予測プログラム Planning Software で得られる. このソフトウェアは <http://www.trimble.com/support.html> で配布されている. 関連情報をニコン・トリンブル株式会社 Web サイト (<http://www.trimble-j.com/tjkk/index.html>) から得ることができる.
- 15) たとえば ArcView8 には GPS 受信機からデータを一括ダウンロードする機能はない. このため別のソフトウェアを用いて GPS データをダウンロードし, 加工した上で入力する必要がある (森本ほか, 2003). 読み込ませた GPS データは単なるポイントフィーチャとして扱われ, 経路を見分けたり線として表示したりするには作業者が自分の記録や記憶にもとづいて編集を行う必要がある.

参考文献

- 岡本耕平 (2000) : 『都市空間における認知と行動』古今書院, 288p.
- 加藤義孝 (1986) : 『空間のエコロジー—空間の認知とイメージ』新曜社, 234p.
- 坂井丈泰 (2003) : 『GPS 技術入門』東京電気大学出版会, 212p.
- 杉本智彦 (2002) : 『カシミール 3D GPS 応用編』実業之日本社, 192p.
- 宮澤 仁 (2001) : 時間地理学と GIS. 高阪宏行・村山祐司編 : 『GIS—地理学への貢献』古今書院, 177-194.
- 村山祐司 (2003) : 「GIS」特集号の刊行にあたって. 地理学評論, **76**, 685-686.
- 森本健弘・村山祐司・大橋智美・新藤多恵子 (2003) : GPS と GIS を活用した土地利用調査と分析. 人文地理学研究, **27**, 107-129.

Usefulness of GPS and GIS in Behavioral Geography: a case of field survey

Takehiro MORIMOTO, Yuji MURAYAMA,
Hiroyuki KONDOH * and Nobuhiko KOMAKI *

This study illustrates how useful employing GPS and GIS for surveying human spatial behavior is. The authors conducted an experimental survey in a residential area in Setagaya Ward, southwestern part of Tokyo Metropolitan area. Detailed location and temporal data of testees' walk routes in four experimental themes were obtained with hand-held GPS receivers. The data were mapped with a simple GIS program and analyzed from the behavioral point of view.

Key words: GPS (Global Positioning System), GIS (Geographical Information Systems), behavioral geography, field survey

* Graduate student, doctoral program of life and environmental sciences