

万歩計を用いた歩行者交通行動に関する調査研究*

A Paper on Pedestrian Mobility by using Pedometer

森本章倫**・中村文彦***・牧村和彦****・村上智章****

by Akinori MORIMOTO, Fumihiko NAKAMURA, Kazuhiko MAKIMURA and Tomoaki MURAKAMI

1. はじめに

(1) 研究の背景

交通計画及び分析の場面で歩行者の交通特性に関する情報が必要となることは少なくない。特に近年のように、いわゆる中心市街地の空洞化および活性化の課題が議論されるようになってからは、中心市街地での歩行者の回遊行動調査や来訪者調査が重視され、各地でさまざまな調査が実施されるようになってきた。

一般に、交通計画及び分析の立場では、施設内での歩行については分析対象外とし、主に施設敷地外での移動に焦点を絞っている。例えば、郊外のショッピングセンターへの買い物行動では、自宅からショッピングセンターへの往復に自家用車を用いた場合には、歩行距離は0となる。実際には、郊外のショッピングセンターの広大な駐車場内や低層で建坪面積の大きい施設内での歩行距離は決して少なくない場合もある。移動者の立場で考えれば、施設内の歩行と施設外の歩行とを区別しているわけではなく、あくまで連続した行動である。このように歩行をとらえた場合、例えば先の例でいえば、中心市街地来訪者はよく歩き、郊外ショッピングセンター来訪者はあまり歩かないというのは、必ずしも正しくはないかもしれない。このように考えると、歩行について施設の内外を含めてデータ分析をする意義があることがわかる。

このようなニーズに答えるためには、詳細な歩行行動調査を実施する必要がある。最近では、GPS 技術や PHS を活用した携帯機器を用いた調査手法の研究が進む等、今後への期待は大きい。しかしながらこれらの機器は位置情報の把握を主眼としており、施設内での複雑な歩行量を計測するには適していない。一般に、調査は分析目的に応じて、使用機器を選定するとともに方法を簡略化することが望ましい。よって、何らかの工夫が必要となる。

前段で述べた意義を考えた場合には、高度な機器ではなく、万歩計タイプの機器で適宜歩数、場合によっては加速度センサを内蔵することで上下移動負荷を測定することが有効と思われる。そこで、本研究では廉価であり簡便に実歩行距離を計測できる、市販の万歩計を活用した歩行者調査手法の可能性について検討する。

(2) 研究の目的と構成

歩行者の交通行動に関する既存研究をみると、局地的な歩行交通挙動の解明を目的としたものや、歩行空間の改善を主眼としたものは多く見られる。商業地における歩行流に関する研究は、古くは深海(1974)¹⁾が商業地域での歩行経路の再現モデルを構築し、近年では大河(1996)²⁾がビデオカメラを用いて歩行者の分布と施設は位置の関係を検討している。また、木下(1999)³⁾は都心地区の歩行回遊行動調査を検討し、歩行経路地図上記入方式の有用性を明らかにしている。最近では前述したようにGPS や PHS の普及に伴い、これらの機器を用いた研究⁴⁾⁵⁾も見られる。

本研究では、万歩計を用いた歩行者行動調査を実施し、それによってこれまで得られていない歩行特性を明らかにするとともに、調査手法自体の課題を検討することを目的とする。以下では、まず、万歩計調査による歩行実態の解析、万歩計調査と従来型調査の差異の検討を行い、その後、具体的な交通計画上の課題として、都市部と地方部での歩行特性の違い、施設内歩行まで含めた場合の歩行特性の解析を行った。また、加速度センサを内蔵した高性能万歩計を用いて、都心部及び郊外部ショッピングセンターでの歩行者行動の比較を行う。

2. 歩行者行動調査の概要

(1) 都市比較の調査データ

本研究では、万歩計を用いた調査の第一弾として、横浜国立大学と宇都宮大学のそれぞれの土木工学コース学部2年生クラス(双方とも1クラス約40名)の学生に、市販の簡便な万歩計とパーソントリップ調査タイプの簡単なトラベルダイアリ調査用紙をわたし、2000年5月の指定した週の日曜日(火曜日)から火曜日までの3日間について、記入してもらった。記入に際して、各目的トリップの起

* キーワーズ：歩行者交通行動、交通行動分析

** 正会員 工博 宇都宮大学工学部建設学科
(宇都宮市陽東7-1-2 TEL 028-689-6221
FAX 028-689-6230)

*** 正会員 工博 横浜国立大学工学部建設学科
(横浜市保土ヶ谷区常磐台79-5 TEL/FAX 045-339-4033)

**** 正会員 工修 (財)計量計画研究所
(東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9 TEL 03-3268-9911
FAX 03-5229-8081)

点と終点における万歩計の数値を併記してもらった点が、通常の交通行動調査との違いである。横浜国大の学生が都市部居住者の、宇都宮大の学生が地方部居住者の代表サンプルと考えた。学生に対する調査では、具体的な交通課題を分析するにあたって大きくバイアスがかかることは重々承知しているが、一般的な市民に、手法としての有効性を確かめていない万歩計調査を依頼することがむしろ危険性を含むと判断し、まずは学生対象の調査とした。両クラスとも筆者らが担当している測量学講義及び演習の課題として設定したこともあり、回答率は100%である。有効トリップ率（回答全トリップに対して、位置情報や歩数等の項目に欠損値等があるものを除いた有効なトリップが占める割合）は表-1に示す通りである。なお、ここで扱う施設とは基本的には建物とし、その入り口部分を施設境界とした。ただし、公園緑地等の建物が主要施設として判断できない場合は、その入り口箇所を境界領域として設定した。

表-1 調査データの概要

	横浜国立大学	宇都宮大学
被験者数 (回収率)	36 (100%)	43 (100%)
トリップ数 (有効トリップ率)	484 (484/566=0.86)	701 (701/728=0.96)
調査項目	・ 各施設の出発時及び到着時の万歩計カウント数 ・ 施設出発時刻、到着時刻 ・ 利用施設名(回収後に緯度経度の座標変換処理) ・ 施設間移動時の代表交通手段	
調査日	平成12年5月 7日(日)～9日(火)(横浜国大) 21日(日)～23日(火)(宇都宮大)	

(2)都心部及び郊外部の調査データ

次いで都心及び郊外店舗の比較として、宇都宮都心部施設（オリオン通り周辺）と郊外大型店にて来訪客の歩行調査をする。なお、調査にはSUZUKENのLifecorder（生活習慣記録機）を用いる。これは主に医療、看護系の分野で活用されている万歩計であり、歩数のみでなく2分おきに歩行者の運動レベルや消費エネルギーを最大6週間、記録保持できる機器である。本体に記録されたデータは通信オプションを介して、パソコンに転送することができる。調査内容は表-2に示す。

表-2 商業施設別の現地調査概要

対象	都心部周辺施設(オリオン通り)来訪客 郊外大型商店来訪客	
人数	都心部周辺 33人	郊外大型店 38人
調査項目	・ 年齢、身長、体重 ・ 出発地、到着地 ・ 出発、到着時刻	
調査日時	平成12年11月中の平日(午後)	

3. 歩行行動実態の基本的特性

(1)曜日別の歩行行動特性

まず、平日と休日の1日のトリップ数を比較した。図-1をみると、概して大学間の違いは見られず、休日が約3.5トリップであるのに対して、平日は約6トリップと多くなっている。これは大学内の施設間移動をトリップとしてカウントしたためであると思われる。

表-3に示すように、曜日別の歩行距離については休日より平日の方がよく歩いていることがわかる。大学間の比較をすると、月曜日をのぞき全体的に横浜の方が大きい値を示している。月曜日の宇都宮の値が大きいのは、宇都宮の学生のほぼ全員に体育実習が入っているのに対して、横浜では体育実習がある一部の学生のみ偏っているためである。体育実習の影響がほとんどない火曜日を見ると、横浜の学生の方が約34%も余分に歩いていたことになる。

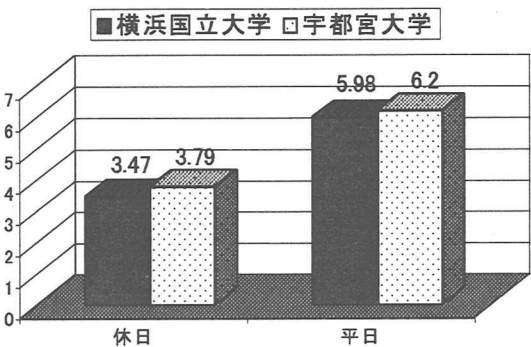


図-1 休日・平日別のトリップ数比較

表-3 曜日別の歩数と歩行距離、標準偏差

	横浜国大	宇都宮大
日曜日 (標準偏差)	4,711 歩	4,465 歩
	2,573 m (1,925)	2,658 m (3,119)
月曜日 (標準偏差)	6,854 歩	8,778 歩
	4,127 m (2,538)	5,278 m (2,860)
火曜日 (標準偏差)	6,995 歩	5,220 歩
	4,191 m (2,917)	3,149 m (2,639)

補注) 歩行距離=歩数×(身長-1.1m)

(2)個人属性の違いによる歩行距離

個人属性として、性別、自動車利用の有無による歩行距離の違いについて、宇都宮大学の学生を対象に分析した。なお、歩行距離の算出に当たっては代表交通手段が徒歩として回答があったトリップを対象とし、3日間の平均を求めた。

分析の結果、男性の歩行距離が420mであるのに対して、女性は389mと若干低くなっているものの、大きな

差は見られない。また、1日の交通行動の中で自動車を
利用した人と、利用していない人の歩行距離を比べると、
利用した人は639mとなっているのに対して、利用してい
ない人は351mと低くなっている。これは、後にも触れ
るが宇都宮の場合、施設間距離が200mを越えると自転
車利用によるトリップが大半となり、代表交通手段が徒
歩での歩行距離そのものは極めて短いものとなっている。
一方、自動車の利用者は、広域な活動をした人が多く、
その分歩行距離が増大したものと思われる。

4. 万歩計調査から得られる特徴的傾向

本研究では、対象学生に、通常の交通行動記録（以下、
従来型調査）の記入を依頼している。従来型調査では、
起点と終点の位置およびトリップの発着時刻、代表交通
手段がわかるものとする。万歩計調査では、以上の情報
に加えて、起点および終点での歩数計の値が記録されて
いる。歩数計の値からは、表-1に示したように実歩行距
離の値を得ることができる。すなわち、万歩計調査では、
目的トリップ毎の実歩行距離データが得られる。これを
用いて以下のような集計を行った。

(1)代表交通手段別の歩行距離

休日の代表交通手段別の歩行距離を図-2に、平日の結果
を図-3に示す。

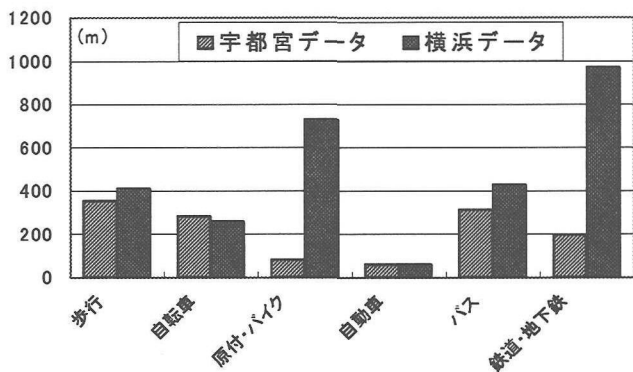


図-2 代表交通手段別の歩行距離(休日)

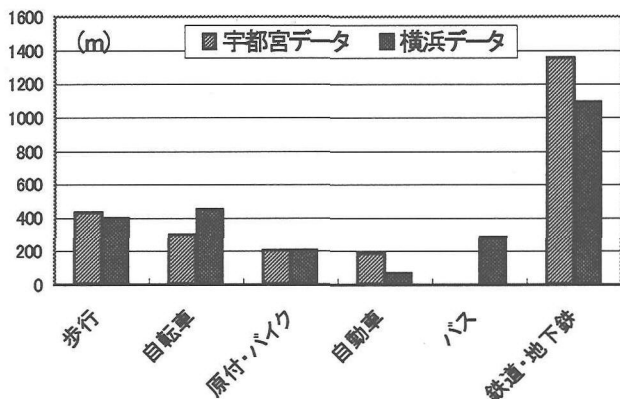


図-3 代表交通手段別の歩行距離(平日)

これをみると、手段によってはかなりの歩行行動が行わ
れていることがわかる。代表交通が歩行の場合の歩行距
離は平日、休日とも400m前後と大きな差が見られない
が、鉄道・地下鉄が代表交通と答えたトリップの中には、
1kmを越える歩行行動を伴っているものがある。特に横
浜の場合は、駅と大学あるいは住居が離れている傾向が
反映されている。

(2)大学からの居住距離帯別の歩行距離

従来の調査では、目的地までの代表交通手段別の移動
距離は推定することができたが、その目的地に着くまで
どの程度歩いたのかといった歩行距離に関しては、代表
交通手段の中にかくれてしまい推計できなかった。ここ
では、宇都宮大学に通う学生の平日の通学を例にとって、
各交通手段の中に含まれる歩行距離を、居住地から大学
までの距離帯別に集計した（図-4参照）。

これをみると、大学までの距離に応じて歩行距離が着
実に伸びて行くが、ある一定程度の距離が離れると、通
学に車や鉄道といった交通機関を利用するようになるた
め、歩行距離は直線距離の増加ほど上昇しなくなる。

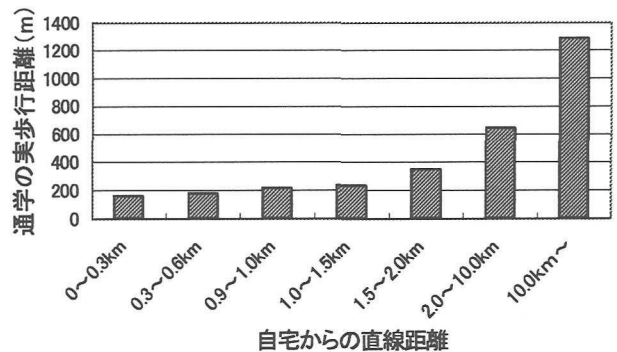


図-4 大学までの距離帯別歩行距離

5. 施設間及び施設内の交通行動

(1)施設間の距離帯別の利用交通手段

交通行動は施設間の距離によって、移動交通手段を変
更する。ここでは、利用施設の位置をGISを用いて緯度
経度表示し、施設間の直線距離を算出した。その上で、
施設間移動の際の交通手段との関連性を検討した。

図-5に施設間の直線距離と交通手段分担率（代表交通
手段）を示す。宇都宮に関しては全距離を通して自転車
の分担率が最大約70%と大きい。一方、横浜では徒歩利
用率が大きく、0~200m区間は約95%となり直線距離増加
に伴い減少傾向にある。両地域においてエネルギーを比
較的多く消費する徒歩は、移動距離が増加するにつれ分
担率は減少し、逆にエネルギー消費の少なくて済む自動
車、鉄道・地下鉄等の分担率が増加する。その際、宇都
宮では主に自動車の分担に頼る傾向にある。横浜では原
付・バイクの分担傾向があり、さらに2000m以上の移動

では鉄道・地下鉄の分担率が50%以上となる。

るが、大規模店舗来訪者が実はかなり歩いていることが判明した。

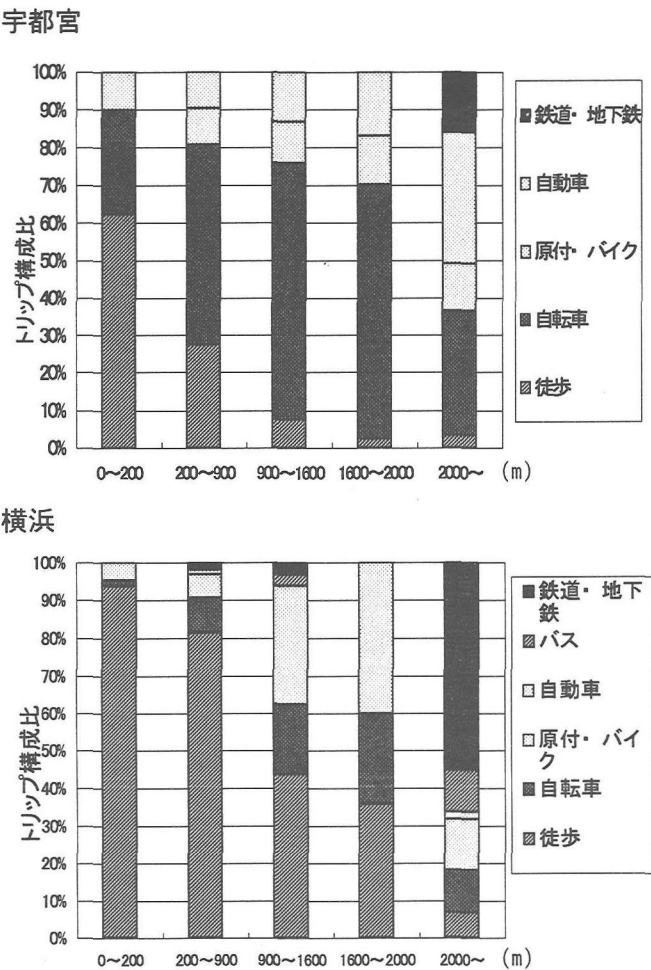


図-5 施設間距離帯別の交通機関分担率

(2) 施設内歩行行動特性

一般的な交通調査では、施設間の交通行動が対象となっており、施設内の行動特性は十分に把握されていない。そこで、ここでは都市別（大学別）に、施設別の1日一人当たりの平均施設内歩行距離を求めた（図-6 参照）。一般的に施設内の歩行距離は500m以内が大半で、これらの施設内では大学間に顕著な差は見られない。しかし、休日行動として宇都宮大の学生が公園・緑地やレクリエーション施設で3km~4km近い歩行活動をしているに対して、横浜国大の学生は、近傍に広大なレクリエーション施設等が少ないこともあり、都市内の娯楽施設やその他の施設での活動が中心となり、1~2kmの歩行行動にとどまっていることがわかる。また、平日の活動では体育施設での歩行活動が際だって大きく、両大学とも2km近い運動を行っていることがわかる。

商業施設に関して言えば、大規模なスーパー等の施設内では両都市とも400m余り歩いている。これには、施設内の回遊と駐車場内の徒歩距離が含まれると考えられる。サンプル数が少ないため、詳細な分析が困難ではあ

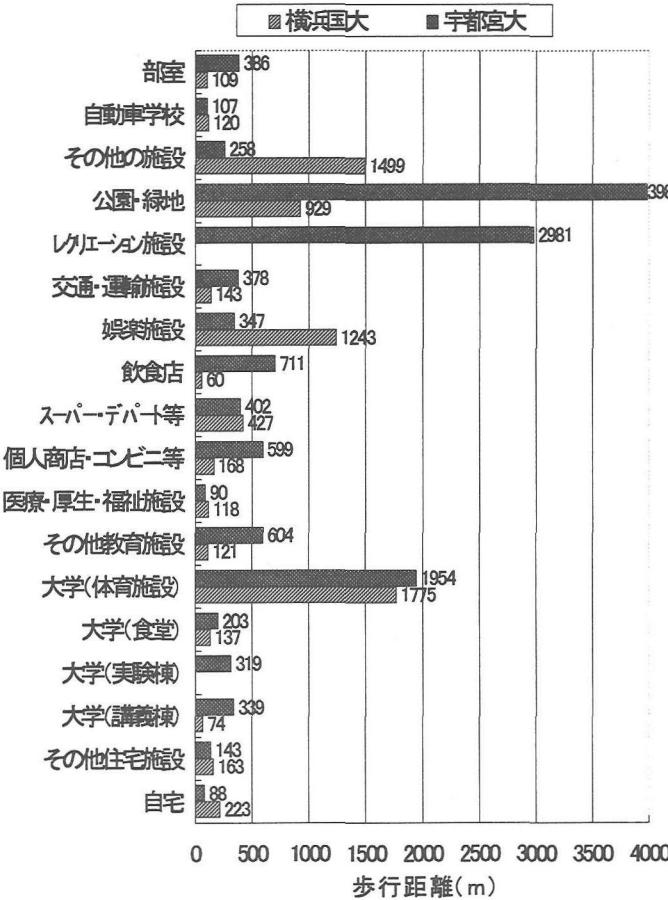


図-6 大学別施設内歩行行動特性

6. 都心部及び郊外部の歩行行動

次に宇都宮市を対象に、都心部及び郊外大型店での歩行行動を詳細に比較する。一般的に歩数が多いと移動距離が長く、多くの運動をしたと捉えられる。しかし、ショッピングに見られるように立ち止まっただけの微少な運動が含まれる場合、歩数だけでは十分な行動把握が困難である。そこでここでは高精度万歩計をもちいて、運動レベルを考慮して歩行行動の分析を行う。本研究で用いた高精度万歩計は4秒毎に、運動強度(身体の上下負荷振動から0~10まで感知可能)を算定し、本体のメモリー上に2分毎の運動量として記録することができる。この機能を用いて、1時間当たりの歩行行動によるエネルギー消費量を算出する。なお、換算式(1)は以下のとおりである。

総消費エネルギー = METs × 体重 × (2分/60分) … (1)
(米単位: 1METs = 1kcal/kg/h)

(1) 都心部、郊外大型店の時間当たりエネルギー量
商業施設毎に男女別での1時間当たりの総消費エネルギーを図-7に示す。男性の消費量を見ると、都心商店街、郊外大型店とも100~150(kcal/h)内の値で大きな違いは

見られない。一方、女性では都心商店街が約 90(kcal/h) に対し、郊外大型店では約 260(kcal/h)とおおよそ 3 倍の値になっている。これは女性が短時間に集中して買い物行動をしているためだと考えられる。郊外大型店には生鮮食料品・日用雑貨を求める主婦等も多く来客しており、男性に比べ活発的な行動をしていることが伺える。また、郊外大型店に比べ都心商店街に男女差があまりないのは、商業集積地域であり来訪客の多目的行動や施設同士の間隔が大なため、短時間集中行動になりづらいためと推測される。

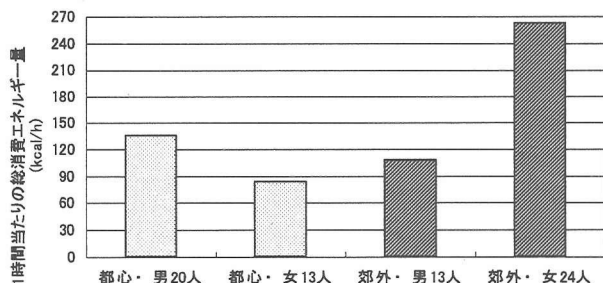


図-7 都心及び郊外大型店の消費エネルギー

(2)運動レベル別消費時間構成比

活動時間中に 2 分単位で計測される運動レベルと各運動レベルでの消費時間構成比を図-8 に示す。これを見ると、都心商店街及び郊外大型店とも運動レベル 2(ゆっくり歩行)での消費時間が大きい。しかし、安静状態を示す運動レベル 0 での値を比較すると、都心商店街は郊外大型店に比べ大きいことがわかる。これは行動目的が郊外大型店の場合主に買い物であるのに対し、都心商店街では飲食活動等により歩行しない状態があるためと推測される。

一方、運動レベル 0.5、1 をみると、逆に郊外大型店で値が大きい。これは来訪客が商品の陳列間隔が狭いため立ち止まっの買い物行動をする傾向があるためと推測される。また運動レベル 3 以上については両施設とも消費時間構成比が小さく、大きな差異は見られなかった。

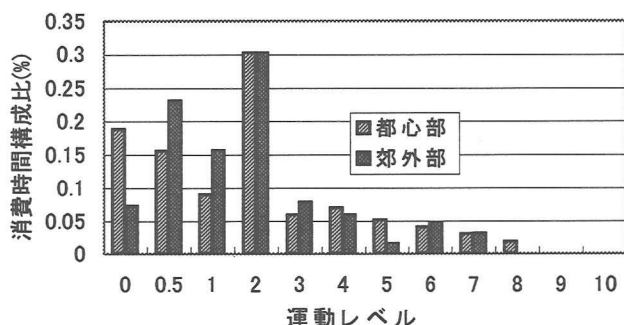


図-8 運動レベル別の消費時間構成比

7. まとめと今後の課題

万歩計を用いて歩行者の行動特性を比較した結果、地域差や施設間での差異が見られることがわかった。一般的に、大都市周辺では地方都市と比較して歩行量が多いといえる。また、大規模店舗来訪者の歩行量は、都心商店街と比較しても少なくないことがわかった。

しかし本研究は、歩行行動調査に万歩計を取り入れることの意義や有用性を調べるために、試みとして特定の被験者を対象としたものであり、その集計結果には自ずから限界がある。しかしながら、冒頭に記したように、歩行特性について、これまでになかったような切り口から分析検討できる可能性は十分に示すことができたと考えられる。

今後は、統計的解析に耐えうるサンプリングの調査のもと、中心市街地問題や歩行者空間確保の問題に対して、議論を展開していくことが課題となる。具体的には、目的別の平均歩行量や施設別の平均歩行量を把握することで、施設立地計画や中心市街地規模のあり方について、基礎データとして活用することが考えられる。ただし、万歩計は被験者の使用方法によって誤差が生じるため、データの活用にあたっては精度についても注意する必要があると思われる。加えて、今回はあくまで歩行量を算出したことにとどまっており、歩行行動に差異が生じた原因について、さらなる追加調査が必要である。

本調査に協力していただいた両大学の学生 79 名、集計解析に協力いただいた宇都宮大学の仲田大豊君、筆者らの雑談を発端とする本調査を快く支援して下さった建設省都市局の各位に感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 深海隆恒：「商業地における歩行者流に関する研究」,都市計画論文集 No.9, pp.43-48 (1974)
- 2) 大河内学：「都市空間の歩行者分布に関する調査分析」,都市計画論文集 No.31, pp.385-390 (1996)
- 3) 木下瑞夫・牧村和彦・田雑隆昌・浅野光行：「都心地区における歩行者回遊行動調査とその有用性に関する研究」,土木学会論文集 No.625/IV-44,pp.161-170 (1999)
- 4) 大森宣暁, 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏：「交通行動調査へのGPSの適用可能性に関する研究」,第18回交通工学研究発表会論文報告集, pp.5-8 (1998)
- 5) 牧村和彦, 中嶋康博, 長瀬龍彦, 濱田俊一：「PHSを用いた交通データ収集に関する基礎的研究」,第19回交通工学研究発表会論文報告集, pp.105-108 (1999)

万歩計を用いた歩行者交通行動に関する調査研究*

森本章倫**・中村文彦***・牧村和彦****・村上智章***

本論文では、万歩計を用いた歩行者行動調査を実施し、従来の調査方法で得られていない歩行特性を明らかにするとともに、調査手法自体の課題を検討することを目的とする。まず、万歩計調査による歩行実態の解析、万歩計調査と従来型調査の差異の検討を行い、その後に、都市部と地方部での歩行特性の違い、施設内歩行まで含めた場合の歩行特性の解析を行った。また、加速度センサを内蔵した高性能万歩計を用いて、都心部及び郊外部大型店での歩行者行動の比較を行う。分析の結果、都市部では地方部と比較して歩行量が多く、大規模店舗内の歩行量は、都心部と比較しても少なくないことがわかった。

A Paper on Pedestrian Mobility by using Pedometer*

by Akinori MORIMOTO, Fumihiko NAKAMURA, Kazuhiko MAKIMURA and Tomoaki MURAKAMI

The purpose of this paper to examine the method of data collection using pedometer and clarify the pedestrian characters which have not been surveyed by existing method in detail. First, the comparative study between pedometer and existing survey is conducted through the analysis of actual condition on pedestrian mobility. Second, from the deference of pedestrian mobility between metropolitan city and local city, some behavioral patterns in various type of area are investigated by using normal and high performance pedometer. A result obtained for these analysis shows amount of walking in large shopping center is no less than in center district.
