

都市内の小地域特性を考慮した 交通身体活動量の経年変化とその要因分析

松中 亮治¹・大庭 哲治²・中川 大³・井上 和晃⁴

¹正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂Cクラスター)
E-mail: matsu@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂Cクラスター)
E-mail: tetsu@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂Cクラスター)
E-mail: nakagawa@urban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁴正会員 東急不動産株式会社 (〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂1-21-2)
E-mail: Kazuaki_Inoue@tokyu-land.co.jp

本研究では、全国PT調査データを基に個人の移動時の身体活動量を算出した上で、1,716の都市内小地域を対象に整備したデータベースを用い、都市内における空間的な位置や公共交通整備状況、商業特性等の小地域特性と、年齢や自動車利用環境等の個人属性の両側面から、それらが交通身体活動量に及ぼす影響を分析した。

その結果、中心市街地に属する小地域では、徒歩や自転車の移動が多く、経年的な活動量の減少幅も小さい一方で、郊外市街地では商業や公共交通の整備状況によって、特に高齢者の交通身体活動量に顕著な差がみられること、また、交通行動と密接に関連する個人属性と比較しても、小地域特性が交通身体活動量に与える影響が十分に大きく、鉄道駅の近接性及び運行頻度と交通身体活動量との因果関係が近年特に強くなっていることを明らかにした。

Key Words : *physical activity, travel behavior, built environment, residential zoning scale*

1. はじめに

(1) 背景と目的

日常生活における身体活動は、がん、心血管系疾患、糖尿病の生活習慣病の予防に効果があり、健康維持に極めて重要である^{1,2}ことが明らかにされている。しかし、平成22年の厚生労働省による調査結果³によれば、定期的な運動を習慣とする者の割合は、男女ともに3割程度にとどまり、我が国において十分に身体活動の重要性が認識されているとはいえない。一方で、生活習慣病患者は、近年増加傾向にあり、平成16年時点で死亡原因の3分の2、医療費では約3割を占める深刻な状況にある⁴。

そうした中、わが国における健康増進に向けた取り組みとしては、平成12年に「21世紀における国民健康づくり運動（健康日本21）」が、さらに平成14年に、「健康日本21」を中心とする国民の健康づくり・疾病予防を積極的に推進するための法的基盤として健康増進法が策定され、近年、健康増進に向けた取り組みが推進されてい

る。「健康日本21」では、世界的潮流もふまえ、健康寿命の延伸等の実現を目的に、「身体活動・運動」を含む9分野において、具体的な数値目標を掲げ、健康増進施策が実施されている⁵。

また、肥満を国家的な問題として抱えるアメリカを中心に、近年、健康状態は環境に起因するという観点から、交通環境や土地利用をはじめとする居住地周辺の特性が健康に与える影響に関心が高まっており、Sallisら⁶をはじめ、交通分野と健康医療分野の分野横断的な研究の重要性が指摘されはじめている。先進諸国においては、WHO欧州事務局による報告⁷をはじめ、都市計画が重要な健康施策の一つと認識されており、今日のわが国でも、国土交通省の国土施策創発調査において、健康増進を主な目的の一つとする「歩いて暮らせるまちづくり」の重要性が明記されるなど⁸、移動時の身体活動量を増加させることにより、健康を促すまちづくりへの関心が高まりつつある。

わが国においても、交通・都市計画分野と健康医療分

野を横断した研究として、公共交通利用の方が歩行量が有意に多くなり、健康増進上意義があることを示した研究⁹⁾、通勤時の交通行動との関連に着目し交通手段と肥満との関係を分析した研究¹⁰⁾、個人の交通行動と健康状態の関係性について明らかにした研究¹¹⁾、商業施設内での買い物行動について、個人属性等が歩行行動に及ぼす影響を分析した研究¹²⁾などがある。また、身体活動量と居住地環境の関係については、特性の異なる4つの住宅地における通勤時と非通勤時における身体活動量と地区環境との関係を分析した研究¹³⁾などがある。しかし、昨今都市整備を通じて健康増進を促す上で重要とされている移動時の身体活動量と居住地周辺の環境との関連性について、様々な地域が有する多様な特性を考慮した上で、十分に把握されているとはいえない。したがって、健康増進を促す上で、どのような地域で人々が活発に活動しているのか等、移動時における身体活動量と地域特性との関連について知見を蓄積するとともに、両者の因果関係ならびにその経年的な変化を定量的に明らかにすることは極めて重要である。

そこで本研究では、全国PT調査を用いて個人の移動時の身体活動量を算出した上で、全国40都市1,716の都市内小地域において、その都市内での空間的な配置やサービスレベルを含む公共交通利便性、商業集積状況、地形の起伏等の小地域特性に関するデータベースを構築する。そして、上記のデータベースに基づき分類した、小地域タイプ毎に移動時の身体活動量を比較分析し、その関連性を明らかにする。さらに、年齢や個人の自動車利用環境などの個人属性と小地域特性の両側面から、個人ベースのデータを用いて移動時の身体活動量に関して因果構造モデルを構築し、その影響を定量的に明らかにする。

(1) 本研究の特徴

以上より、本研究の特徴として以下の点が挙げられる。

- 1987年、1992年、2005年の3時点の移動時における身体活動量を定量化し、身体活動量の経年的な変化について、比較分析している点。
- 全国40都市1,716の小地域を対象に、小地域単位で地域特性に関する詳細なデータベースを構築し、交通身体活動量との関連について分析している点。
- 個人単位で、個人属性と地域特性の両側面から、それらが移動時の身体活動量に及ぼす影響を定量的に明らかにしている点。

2. 交通身体活動量の算出及び小地域特性データベースの構築

(1) 交通身体活動量の算出

身体活動 (Physical activity) とは、骨格筋の収縮を伴い、安静時よりも多くのエネルギー消費を伴う身体の状態として定義され、日常生活における「生活活動」と、体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施する「運動」の2つに大別することができる¹⁴⁾。本研究では、「生活活動」のうち、移動時における身体活動を分析対象とし、これを「交通身体活動」として定義する。なお、本研究において、交通身体活動量を算出するにあたり、全国横断的かつ、時系列的な交通特性の把握・分析を目的に実施された全国都市PT調査の平日データを用いる。対象年次は、1987年 (第1回)、1992年 (第2回)、2005年 (第4回) の3年次とし、経年的な分析を行う上で、当該3年次に共通して調査が実施され、調査区が特定可能な40都市を対象とする。

交通身体活動量の算出に際しては、各身体活動に対する身体活動強度¹⁴⁾に、その身体活動の実施時間をかけた値¹⁴⁾を交通身体活動量として、式(1)のように定義する。なお、身体活動強度とは、各活動によるエネルギー消費量が座位安静時代謝量の何倍に相当するか、その比率により定められた身体活動の強さを表すものである。

$$\begin{cases} Ex = \sum_{i=1}^k MET_i \times T_i \\ MET_i = \frac{E_i}{E_s} \end{cases} \quad (1)$$

ただし、

Ex [METs・h]: 身体活動量

MET_i [METs]: 活動*i*の身体活動強度

T_i [時間]: 活動*i*の活動時間, k [-]: 活動の種類の数

E_s = 約1.05[kcal/kg・h]: 座位安静時代謝量

E_i [kcal/kg/h]: 活動*i*の時間当たりエネルギー消費量

また、公共交通によるトリップについては、公共交通の利用時間として記載された時間をその乗車時間とする。乗車時の状態については、立位と座位を正確に判別することができないため、乗車時間帯を、混雑の激しいピーク時とオフピーク時に2区分し、ピーク時は立って乗車、オフピーク時は乗車時間の半分を立って乗車、半分の座って乗車できるものとする。乗車時間帯による身体活動量の違いを考慮する。なお、公共交通の混雑時の状況は各都市の個々の路線によって異なるものであるが、個々に混雑度状況を収集し設定するのは非常に困難であることから、本研究では、オフピーク時を、一律9:00~16:59の8時間と設定することとし、公共交通利用時の身体活動量は、式(2)を用いて算出した。

表-1 小地域特性データ項目

項目分類	データ項目	単位
基礎特性	DID区域内人口密度(1960年)	人/ha
	DID区域内人口密度(1985年)	人/ha
	DID区域内人口密度(1990年)	人/ha
	DID区域内人口密度(2005年)	人/ha
	可住地DID面積割合(1960年)	%
	可住地DID面積割合(1985年)	%
	可住地DID面積割合(1990年)	%
	可住地DID面積割合(2005年)	%
都市内の位置	小地域面積	ha
	小地域可住地面積	ha
	都心からの距離	km
地形	小地域平均標高	m
	標高標準偏差	m
公共交通利便性	最寄り鉄道駅からの距離(1987年)	km
	最寄り鉄道駅からの距離(1992年)	km
	最寄り鉄道駅からの距離(2005年)	km
	最寄駅の平均運行頻度(1987年)	本/h
	最寄駅の平均運行頻度(1992年)	本/h
	最寄駅の平均運行頻度(2005年)	本/h
	最寄りバス停からの距離(2010年)	km
	バス停勢圏カバー率(2010年)	%
商業特性	最寄りバス停の平均運行頻度(2011年)	本/h
	小売業事業所数(1992年)	-
	小売業事業所数(2004年)	-
	小売業年間商品販売額(1992年)	百万円
	小売業年間商品販売額(2004年)	百万円

$$\begin{cases}
 ST = Peak_n \Rightarrow Ex_p = 2 \times t_p \\
 ST = Peak_{off} \Rightarrow Ex = 2 \times \frac{t_p}{2} + 1 \times \frac{t_p}{2}
 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases}
 6:00 \leq ST \leq 8:59, 17:00 \leq ST \leq 22:59 \Rightarrow ST = Peak_n \\
 9:00 \leq ST \leq 16:59 \Rightarrow ST = Peak_{off}
 \end{cases}$$

ただし,

Ex_p [METs・h]: 公共交通移動による身体活動量

t_p [時間]: 公共交通による移動時間

ST [-]: 出発時刻

ここで, 第1回, 第2回全国PT調査においては, トリップ内の利用交通手段毎のトリップ時間が記載されていないため, 第4回全国PT調査による算出結果を用いて, 交通身体活動量を求める. 具体的には, 交通手段の組み合わせによって, 時間あたりの身体活動量の値が類似することに着目し, トリップ内の交通手段の組み合わせ毎に, 時間あたり身体活動量の平均値を求める. そして, その値を交通身体活動量の原単位として用い, トリップ時間と掛け合わせることで, トリップ単位で個人の交通身体活動量を算出する.

(2) 小地域特性に関するデータベースの構築

小地域特性とは, 町丁目に相当するミクロなスケールの地区特性であり, GIS を利用して整備した空間データから, 同調査の対象である全国40都市1,716の都市内小地域を対象に, 人口規模や都市内における空間的な位置関係, 地形, 鉄道・路線バスを含む公共交通の整備状況, 商業特性等, 小地域の地区特性に関する詳細なデータベースを経年的に構築した. 表-1に, 構築した小地域特性

データの項目を示す. ここで, 都市内の小地域の位置を表す指標として, 都心からの距離を用いているが, 都心とは都市中心部を示す地点として2005年時点の公示地価最高点により定義している. また, 公共交通のサービス水準を表す指標である鉄道駅及び路線バスの運行頻度については, 上記9:00~16:59のオフピーク時の運行頻度を, 上り下りの平均値として時刻表を基に計測している. この理由は, オフピーク時の方が等間隔のダイヤの設定によりその運行頻度の時間変動がピーク時と比べて小さい場合が多く, 利便性をより適切に表すことができると考えたためである. なお, データの年次については, 取得可能な範囲で分析に際して用いる全国PT調査対象3年次に最も近い年次にまで遡り整備することで, 経年的な地域特性の変化について考慮している.

3. 小地域特性と交通身体活動量の関係性の基礎分析

本章では, 上記で構築したデータベースを用いて, 小地域特性と交通身体活動量の関係性について, 経年的に分析する. 具体的には, 人口規模に加え, 都市内での小地域の空間的な位置, 公共交通の整備状況, 商業利便性等の小地域特性を示す各指標と交通身体活動量の関連に着目する.

まず, 図-1にDID人口密度により分類した区分毎のトリップ時間及び1人あたり交通身体活動量の1987年から2005年にかけての経年変化を示す. DID区域においては, いずれの年次においてもDID人口密度が高いほど, トリップ時間, 交通身体活動量ともに高い値を示している. これは, 人口密度が高い地域では, 近隣において十分な都市的サービスが提供される傾向にあり, 居住地から徒歩や自転車により移動可能な範囲に人々の外出機会が多いことが一つの要因として考えられる. また, 経年的な変化に着目すると, 人口密度の高低に関わらず経年的に減少傾向にあるが, その減少幅はその人口密度により差がみられ, 100人/ha以上の高密度な地域においては小さい. つまり, 人口密度の高い地域では, 1987年以降の自動車の普及段階においても人々の身体活動量の減少が抑制されていたことが明らかとなった.

次に, 公共交通の利便性と交通身体活動量の関連に着目する. 図-2, 図-3に鉄道駅からの距離, 最寄駅の運行頻度によりそれぞれ分類した区分毎のトリップ時間及び1人あたり交通身体活動量の経年変化を示す. 鉄道駅からの距離との関連では, 各時点でトリップ時間, 交通身体活動量を比較すると, 500m以上1km未満, 500m未満の距離帯の区分で高い値を, 4km以上の距離帯で最も低い値

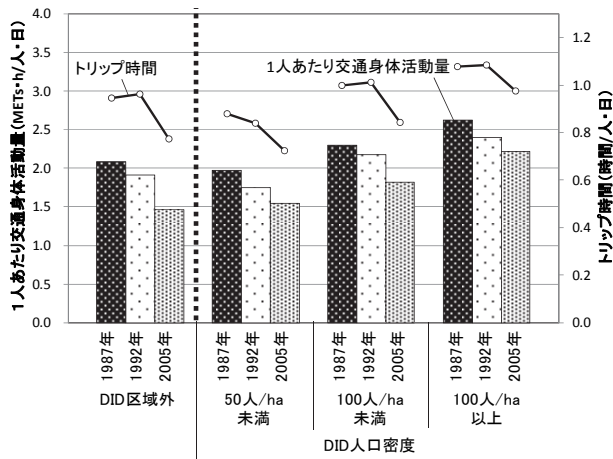


図-1 DID人口密度による区分毎のトリップ時間及び1人あたり交通身体活動量の経年変化

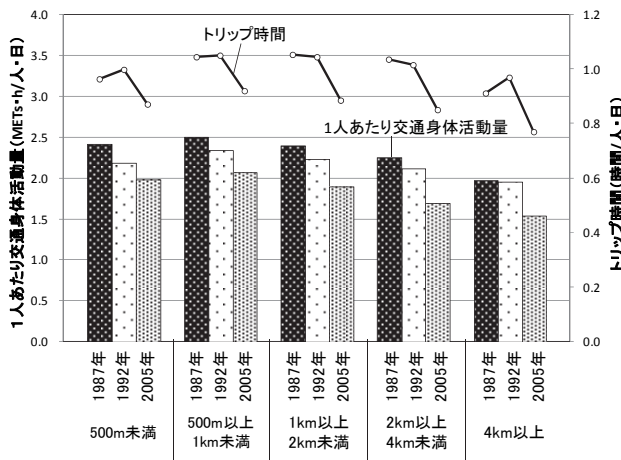


図-2 鉄道駅からの距離による区分毎のトリップ時間及び1人あたり交通身体活動量の経年変化

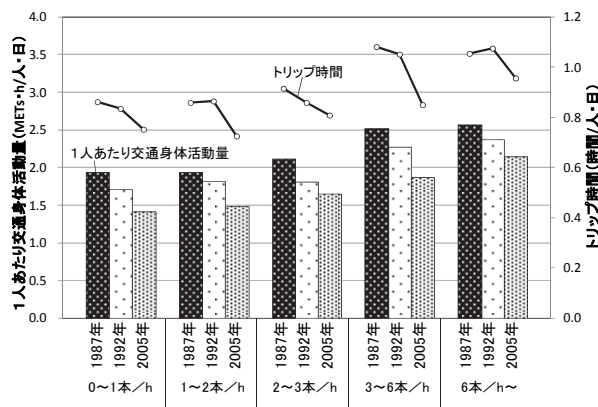


図-3 最寄駅の運行頻度による区分毎のトリップ時間及び1人あたり交通身体活動量の経年変化

を示す。これは、鉄道駅を利用する場合には、鉄道駅までの距離が長いほど、駅までの徒歩や自転車移動による身体活動量が確保できる一方で、逆に鉄道の利用が困難な地域では、自動車に依存するか、外出頻度が減少することが考えられるため、結果として、500m以上1km未満の区分で最も高い値を示し、鉄道駅からさらに離れた地

域において低い値を示していると推察される。また、最寄駅の運行頻度との関連では、いずれの時点でも、運行頻度が高くなるほど、1人あたり交通身体活動量は高くなっており、特に、1987年、1992年の2時点において、運行頻度が3本/h以上と3本/h未満でトリップ時間、交通身体活動量ともに大きな差がみられる。以上より、鉄道駅と交通身体活動量との関連において、居住地と鉄道駅の近接性が重要であるとともに、そのサービス水準を高く維持することが人々の移動時の身体活動を促進する可能性があるといえる。また、小地域の公共交通に関する特性を表すバス停からの距離、最寄バス停の運行頻度との関連においても、同様の傾向がみられた。

4. 小地域タイプによる交通身体活動量の比較

前章では、個々の小地域特性と交通身体活動量との関連性を分析した。本章では、それらの小地域特性を表す指標によって小地域タイプを分類し、実際にどのような地域において、人々が高い身体活動量を維持しており、その経年的な変化の傾向に差異がみられるかという点について検証する。また、併せて個人の年齢により分類し、小地域タイプと交通身体活動量の関係性が、その年齢によりどのように異なるかを明らかにする。

(1) 小地域タイプの分類

ここでは、都市内での空間的な位置関係や人口密度、商業特性、鉄道駅及びバス停との位置関係等に関する指標を用いて、小地域のタイプを分類する¹⁶⁾。分類の手順は以下のとおりである。

まず、都市内における対象小地域の空間的な位置及び人口密度を表す指標を用いて、小地域の属する市街地を定義する。具体的には、都市中心部との位置関係を表す都心からの距離と、小地域内の森林面積を除く可住地面積に占めるDID面積割合により分類する。次に、それを公共交通との近接性の観点から、鉄道駅及びバス停との位置関係を考慮し、当該市街地を分類する。ここで、鉄道駅勢力圏外でかつバス停勢力圏外である区域を公共交通空白区域と称す。そして、さらに中心市街地及び郊外市街地における駅勢力圏に属する小地域のうち、商業性が強い小地域を、商業拠点と有する中心駅として分類する。ここで、商業統計調査において定義されている商業集積地区の1事業所あたり年間商品販売額の平均値を参考に商業性の高い地域を商業拠点として定義する。

以上の定義に基づき、一定数以上のサンプル数（200以上）を確保しながら、表-2のように14の小地域タイプに区分した。

表-2 小地域タイプ分類

分類 番号	名称	都心から の距離	DID面積割合 (可住地に 占める割合)	商業拠点 の有無	駅からの距離	バス停勢圏 (500m)カバー率
1	商業圏中心区域	5km未満	25%以上	商業拠点を含む	1km未満	—
2	中心市街地駅勢圏区域			—	1km以上	75%以上
3	中心市街地バス停勢圏区域					75%未満
4	中心市街地公共交通空白区域					75%未満
5	郊外商業拠点を含む駅勢圏区域	5km以上	25%以上	商業拠点を含む	1km未満	—
6	郊外市街地駅勢圏区域			—	1km以上	75%以上
7	郊外市街地バス停勢圏区域					75%未満
8	郊外市街地公共交通空白区域					75%未満
9	都心近郊低密市街地駅勢圏区域	5km未満	25%未満	—	1km未満	—
10	都心近郊低密市街地バス停勢圏区域				1km以上	75%以上
11	都心近郊低密市街地公共交通空白区域					75%未満
12	郊外低密市街地駅勢圏区域	5km以上	25%未満	—	1km未満	—
13	郊外低密市街地バス停勢圏区域				1km以上	75%以上
14	郊外低密市街地公共交通空白区域					75%未満

(2) 小地域タイプによる交通身体活動量の経年比較

1987年、1992年、2005年時の小地域タイプ別の1人あたり交通身体活動量及びトリップ時間を、それぞれ図-4、図-5、図-6に示す。また、年齢による違いについて考察するために、18歳未満、18歳以上65歳未満の成人（一般）、65歳以上の成人（高齢者）の3つの年齢区分について、各年齢区分の1人あたり交通身体活動量の値を、図中に併記する。なお、分析に際し、十分なサンプル数を確保する観点から、年齢による分類によってサンプル数が30に満たない区分については、図中への表記をしないものとする。

まず、全体の傾向として、同じ市街地に属する区分間で比較すると、18歳未満の年齢を除き、概ね商業や公共交通の利便性が高い左方である程、交通身体活動量の値は高い。18歳未満の年齢において、利便性の低い区分でも、高い身体活動量が確保されている理由として、18歳未満の個人は、自動車を運転することができないため、移動の必要があれば、多少距離が離れている場合にも、徒歩や自転車で移動していることが考えられる。したがって、むしろ利便性の低い地域において、トリップ時間が長くなり、身体活動を行う機会が確保できていると推察される。次に各市街地でみると、中心市街地に属する区分1から4では、徒歩や自転車での移動が多く、いずれの年齢においても、経年的な活動量の減少幅が比較的小さいことがわかる。次に、郊外市街地に属する区分5から8では、1日のトリップ時間が長く、公共交通の分担率も高くなっており、高い活動量が確保されていることがわかった。これは、都心部からの距離が離れていることで、通勤や買い物等の都市中心部への移動を要するトリップにおいて、身体活動を行う機会が確保されているためであると推察される。しかし、通勤や買い物等の都市中心部へのトリップは、トリップ時間が長く、その分、

他の活動に充当可能であった時間を当該トリップに費やしていることを意味し、その点には十分留意する必要がある。また、同じ郊外市街地に分類される区分間でも公共交通や商業特性によって違いがみられ、特に1992年以降、利便性の高い小地域において、高齢者の活動量は高く維持されていることが明らかとなった。つまり、郊外市街地においては、居住地周辺の商業や公共交通の利便性を高めることにより身体活動を促進できる可能性があるといえる。さらに、低密度な市街地のうち、郊外部の駅勢圏に属する区分12を除く、区分9から11、区分13から14では、18歳未満の年齢を除いて、2005年時点で交通身体活動量の値が最も低い値になっていることがわかる。また、高齢者に限れば、区分12においても、低密市街地に属する他の区分と同様、1日の交通身体活動量が低い。つまり、都市内での位置や公共交通の近接性に関わらず、人口密度が低い地域においては、人々の身体活動が低下する可能性が示唆される。

5. 個人属性及び小地域特性を考慮した交通身体活動量の経年的な要因分析

本章では、小地域特性が交通身体活動量への影響要因であるという仮説を実証する上で、個々の小地域特性を表す指標間での関連性を考慮し、さらに年齢や自動車利用環境等の個人属性を併せて考慮したモデルを構築する。そして、年齢や自動車の利用環境等の個人の身体活動量と高い関連がみられた個人属性と比較しても、小地域の特性が交通身体活動量に大きな影響を与える要因であることを示すとともに、人々の活動量を増加させる上での個々の小地域特性の影響の大きさを定量的に評価する。

なお、本章では、同一のモデルで複数の母集団に対し

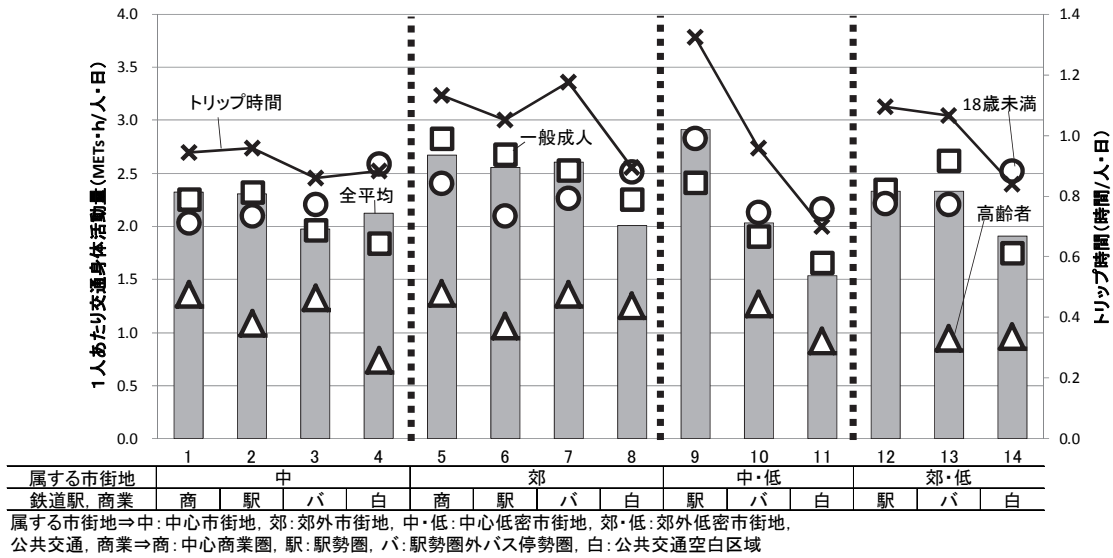


図-4 年齢帯を考慮した小地域タイプ別の1人あたり交通身体活動量及びトリップ時間（1987年）

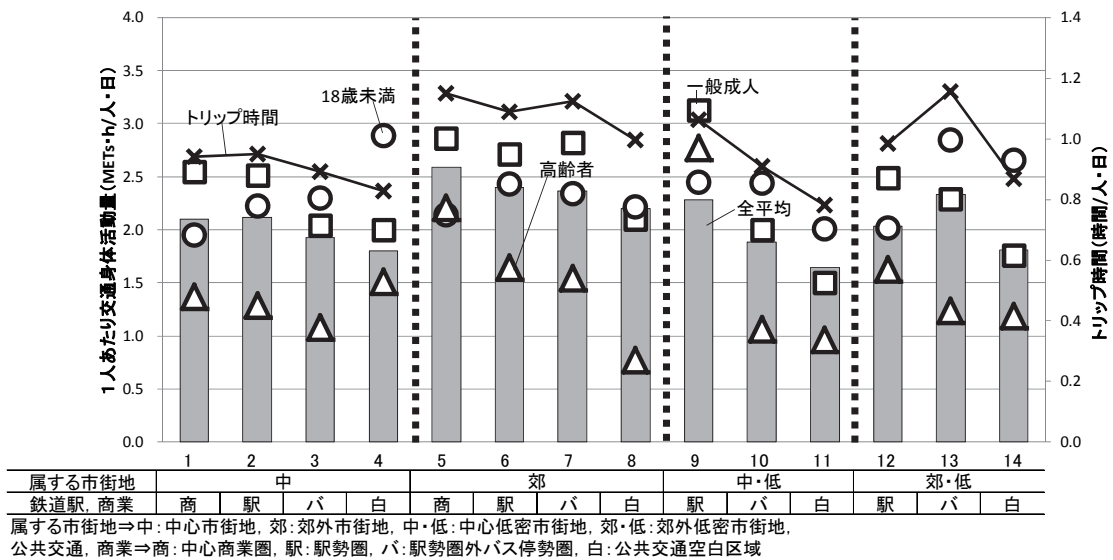


図-5 年齢帯を考慮した小地域タイプ別の1人あたり交通身体活動量及びトリップ時間（1992年）

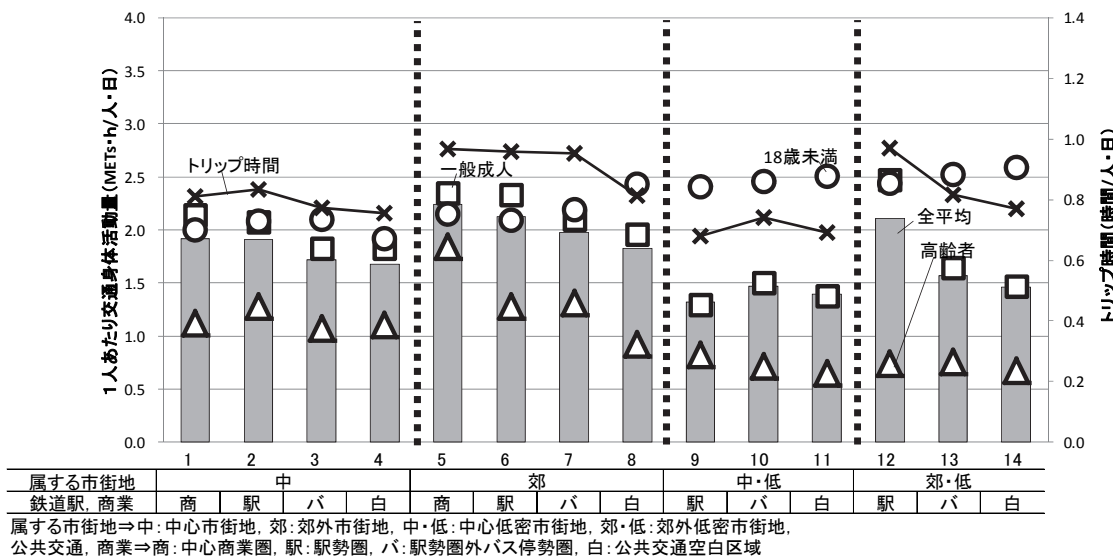


図-6 年齢帯を考慮した小地域タイプ別の1人あたり交通身体活動量及びトリップ時間（2005年）

表-3 多母集団パス解析に用いた変数の概要

No.	変数名称	定義
1	年齢	年齢
2	男性ダミー	性別が男性の場合 1, 女性の場合 0
3	自動車保有免許ダミー	自動車免許を保有する場合 1, 保有しない場合 0
4	既成市街地ダミー	1960年時点でDID面積が25%以上の場合 1, 25%未満の場合 0
5	DID人口密度	小地域が含まれるDIDの人口密度
6	都心からの距離	都心からの距離
7	標高標準偏差	小地域内可住地の標高標準偏差
8	最寄り駅からの距離	最寄り駅からの距離
9	最寄り駅の運行頻度	最寄り駅の1時間あたりの平均運行頻度
10	最寄りバス停からの距離	最寄りバス停からの距離
11	最寄りバス停の運行頻度	最寄りバス停の1時間あたりの平均運行頻度
12	小売業の事業所数	1haあたりの小売業の事業所数
13	小売業年間販売額	小売事業所あたりの年間商品販売額
14	トリップ時間	1日のトリップ時間
15	時間あたり交通身体活動量	単位時間あたりの交通身体活動量
16	1日あたり交通身体活動量	1日の交通身体活動量

て母数を同時に推定する方法である構造方程式モデリングを用いた多母集団パス解析を用いて分析することとする。本分析においては、1987年、1992年、2005年時の個人を異なる母集団とした上で、各母集団の母数を同時に推定することで、異なる集団間の比較が統計的に可能となる。これにより、3年次にわたって同一の構造を仮定したモデルにおいて、各小地域特性が交通身体活動量に及ぼす影響について分析でき、経年的な影響の変化を定量的に比較できる。

前章までの結果を踏まえ、個人の交通身体活動量に関する因果構造モデルの構築に用いる変数を表-3に示す。なお、個々の変数が交通身体活動量に与える影響を分析する上で、その交通身体活動量の構成要素となるトリップ時間及び選択した交通手段に起因する時間あたり交通身体活動量を本モデルに組み入れることで、交通行動特性を考慮した上で、それらの関係性を構造化する。

まず、ここでは、3年次のモデルにおける、異質性、等質性を検討するために、「1：配置不変モデル」、「2：測定不変モデル」、「3：すべての母数が等しいモデル」を検討した。その結果、上記の「2：測定不変モデル」において、各適合度指標は、GFI=0.933、AGFI=0.913、RMSEA=0.043と最も良好な値が得られ、十分な適合を示した。図-7に「2：測定不変モデル」の推定結果を示す。個別のパス係数のパラメータ値に対応するp値をみると、図-7に示すように、全て1%水準で有意な結果となり、設定したモデルのあてはまりは十分に良好である。検討した他のモデルの適合度指標も概ね良好な値が得られたが、上記のように、測定不変性が仮定されたモデルにおいて適合が最も高い結果が

得られたため、各年次における母集団は、同一の分散共分散をもつ母集団に属しており、各年次間で同一の因子構造が仮定できると判断できる。

以上で得られたモデルの推計結果に基づいて、小地域の各特性が、交通身体活動量に与える影響の変化を検証するため、各特性の3時点における標準化総合効果得点を求める。ここで、総合効果とは直接効果と間接効果の和であり、直接効果は、ある変数が別の変数へ直接的に及ぼす影響を、間接効果は他の変数を経由して及ぼす影響を表す。

まず、各標準化総合効果得点の絶対値の総和を、個人属性及び小地域特性について、それぞれ求め、3時点における個人属性及び小地域特性が交通身体活動量に与える影響の変化について考察する。個人属性及び小地域特性が交通身体活動量に与える総合効果の経年変化を図-8に示す。いずれの年次においても、小地域特性が交通身体活動量に与える影響は、個人属性が与える影響と比較し、相対的に小さいものの、1987年から2005年にかけて、小地域特性による影響が特に強くなっており、2005年時点では個人属性による総合効果の約7割程度の値を示している。経年的に小地域特性の交通身体活動量に対する影響が強くなっている理由としては、1987年から2005年にかけて、自動車がさらに広く普及し、人々が移動手段を選択できるようになったことで、居住地周辺の利便性によって、自動車への依存度が異なり、結果として交通行動やライフスタイルに違いが生じてきていることが考えられる。

次に、各個人属性及び各小地域特性を表す指標から交通身体活動量への標準化総合効果得点を、3時点で比較した結果を図-9、図-10にそれぞれ示す。まず、個人

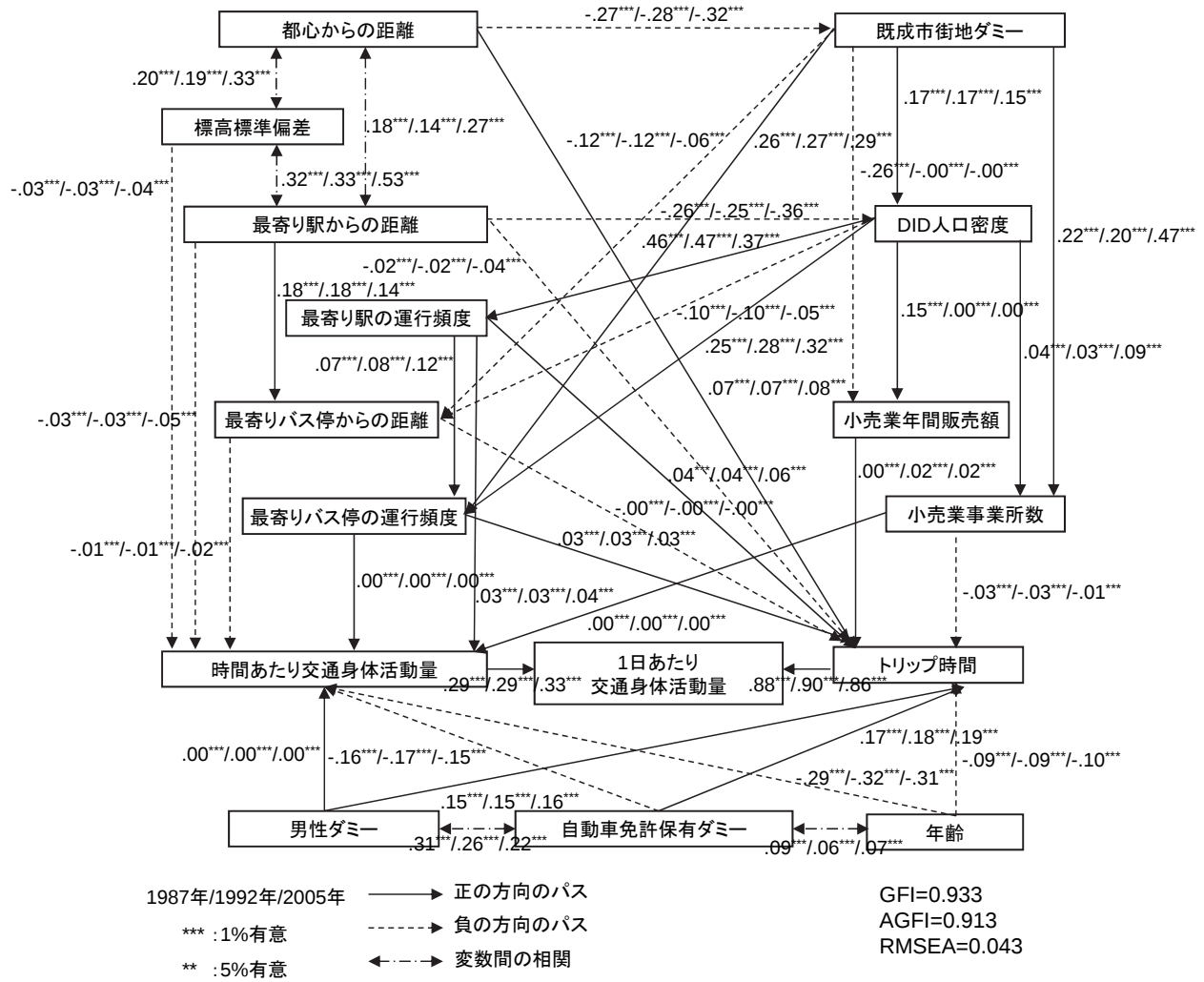


図-7 個人属性及び小地域特性と交通身体活動量の因果構造モデル

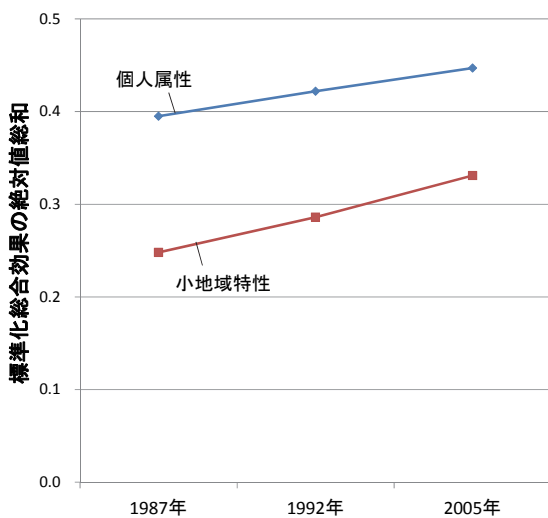


図-8 個人属性及び小地域特性が交通身体活動量に与える影響の経年変化

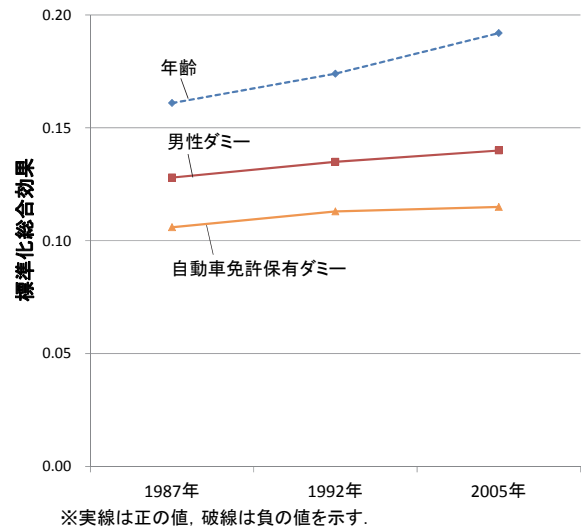


図-9 個人属性から交通身体活動量への影響の経年変化

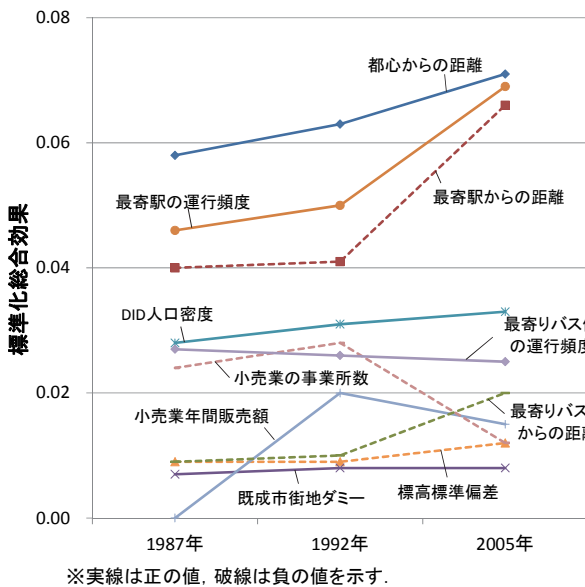


図-10 小地域特性から交通身体活動量への影響の経年変化

属性との関連では、全年次において、「年齢」、「性別」、「自動車免許の有無」の順に、交通身体活動量に強い影響を与えていることがわかる。特に年齢による影響は経年的に強くなっており、近年より一層年齢が高くなるにつれ、人々の身体活動量が減少する傾向にあることがわかる。次に、個々の小地域特性が交通身体活動量に与える影響について分析する。まず、図-10に示すように「都心からの距離」は交通身体活動量に強い影響を与えているが、図-7に示すように、「都心からの距離」は「時間あたり交通身体活動量」ではなく、「トリップ時間」を介して活動量に影響を与えており、これは、先述のように、他の活動に充当可能な時間を交通活動に費やすことによって身体活動量が増大していることを意味している。つづいて、「最寄駅の運行頻度」、「最寄駅からの距離」が交通身体活動量に強い影響を与えているが、1992年から2005年にかけて、鉄道駅に関する特性を表す指標からの影響が特に強くなっている。また、鉄道駅と同様、公共交通利便性を表す路線バスに関する指標に着目すると、「最寄バス停の運行頻度」は、上記3指標を除くと、「DID人口密度」とともに、相対的に活動量に強い影響を与えており、「最寄バス停からの距離」による影響も、1992年から2005年にかけて強くなっている。つまり、近年では、公共交通の整備状況と人々の交通行動との結びつきがさらに強くなっており、人々の活動量を高く維持する上で、鉄道駅やバス停との近接性、その運行頻度が重要であるといえる。商業特性との関連では、1992年から2005年にかけては、「小売業事業所数」、「小売業年間販売額」ともに影響が弱くなっているが、1987年と2005年の2時点と比較すると「小売業事業所数」による影響が弱くなり、商業魅力度を示す小売事

業所あたりの「小売業年間販売額」との関連が強くなっていることがわかる。この理由としては、自動車の普及による生活圏の拡大とともに、利用する商業施設が広域に選択されるようになり、居住地周辺の小規模店舗の集積と交通行動の関連が弱くなったことが考えられる。地形条件の指標として考慮した「標高標準偏差」との関連では、比較的值は小さいが、図-7に示すように、時間あたり活動量への負の影響、また、それによる人々の活動量への負の影響が有意に認められ、起伏の大きい地域においては、徒歩や自転車等、高い身体活動を伴う移動の選択を減少させる可能性があることを明らかにした。さらに、本モデルでは、交通行動との直接的な関係性を仮定していないものの、「既成市街地ダミー」や「DID人口密度」は他の小地域特性に強い影響を与えており、間接的に人々の活動量に正の影響を示している。つまり、人口が集積する地域では、人々の身体活動を促す環境が整備・維持されており、また古くに整備された市街地では、近年市街化した地域と比較し、その傾向がより強いといえる。

以上より、交通行動と密接に関連する個人属性を考慮した上でもなお、居住地周辺の地区特性は個人の交通身体活動量に大きな影響を与える要因であることが明らかとなった。また、1987年から2005年にかけてその影響の大きさは経年的に大きく変化していることを示した。

6. 結論

本研究では、小地域単位で地区特性に関する詳細なデータベースを構築し、個人の交通身体活動量と個々の小地域特性との関連性について分析した。

その結果、交通身体活動量は経年的には減少傾向を示すものの、小地域の属するDIDの人口密度が高い程、高く維持されていることを明らかにした。また、公共交通との関連では、移動時の身体活動を促す上で、居住地と公共交通結節点との近接性に加え、そのサービス水準を高く維持することが重要であることを明らかにした。そして、都心中心部との位置関係を表す都心までの距離と交通身体活動量には正の相関がみられることを明らかにした。

次に、様々な小地域特性を表す指標により小地域のタイプを分類し、年齢を考慮した上で、小地域タイプにより交通身体活動量が異なるのかについて検証した。その結果、中心市街地では、徒歩や自転車による移動が多く、経年的な交通身体活動量の変化が小さいこと、郊外市街地では、トリップ時間が長く、身体活動量が大きくなる傾向にあるが、同じ郊外市街地でも公共交

通や商業特性により違いがみられ、商業や公共交通の利便性の高い地域において、より身体活動量が大きいことを示した。一方、低密度な市街地では、特に高齢期において、公共交通等の整備状況に関わらず、交通身体活動量が低下することを明らかにした。

そして、交通身体活動量に関する因果関係を明らかにするために、個人属性及び小地域特性を考慮した因果構造モデルを構築し、交通身体活動量に影響を及ぼす要因について分析した。その結果、交通行動と密接に関連する個人属性と比較しても、小地域特性が交通身体活動量に与える影響は十分大きいことを明らかにした。また、「都心からの距離」、「最寄駅の運行頻度」、「最寄駅からの距離」、「DID人口密度」等の小地域特性が交通身体活動量に強い影響を与えているが、1987年から2005年にかけて、特に公共交通の近接性及び鉄道駅の運行頻度の影響が相対的に大きくなっていることを明らかにした。さらに、既成市街地や人口密度の高い地域において、公共交通の利便性が相対的に高く、結果として交通身体活動量に有意に正の影響を及ぼしていることを示した。

以上のように、個人の交通身体活動量と個々の小地域特性との間には密接な関係性があるといえ、特に公共交通の利便性の影響は大きく、公共交通を中心としたコンパクトなまちづくりの推進が、人々の健康増進にも寄与し得ることを明らかにした。一方で、交通身体活動量には、「都心からの距離」も大きく影響しているが、「都心からの距離」は主にトリップ時間の増加を介して身体活動量に影響を及ぼしており、他の活動時間や長距離移動に伴う環境等への影響を考慮すると、健康増進を目的とした郊外居住の推進は、広く人々に受け入れられる施策であるとは言い難い。

最後に、今後の課題としては、交通行動との関連が考えられる用途地域指定等の土地利用施策についても評価項目を充実させ、制度面での違いや特徴について考慮しながら、地区レベルでの土地利用の変化が交通時の身体活動量に及ぼす影響を検証することが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) Paffenbarger, R. S., Hyde, R. T., Wing, A. L. and Hsieh, C. : Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni, *The New England Journal of Medicine*, Vol. 314, No. 10, pp. 605-613, 1986.
- 2) Hu, F. B., Sigal, R. J., Rich-Edwards, J. W., Colditz, G. A., Solomon, C. G., Willett, W. C., Speizer, F. E. and Manson, J. E. : Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women: a prospective study, *The Journal of the American Medical Association*, Vol. 282, No. 15, pp. 1433-1439, 1999.
- 3) 厚生労働省：平成 22 年国民健康・栄養調査結果, <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000020qbb.htm>, 最終閲覧 2012.03.20.
- 4) 厚生労働省：平成 19 年版厚生労働白書, <http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/07-2/>, 最終閲覧 2012.03.20.
- 5) 健康日本 21, <http://www.kenkounippon21.gr.jp/>, 最終閲覧 2012.01.13.
- 6) Sallis, J. F., Frank, L. D., Saelens, B. E. and Kraft, M. K. : Active transportation and Physical activity: opportunities for collaboration on transportation and public transportation and public health research, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 38, No. 4, pp. 249-268, 2004.
- 7) The Solid Facts - Promoting physical activity and active living in urban environment - The Role of Local Government, http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/98424/E89498.pdf, 最終閲覧 2012.01.
- 8) 健康増進のライフスタイル形成に向けた市街地整備方策検討調査, <http://www.mlit.go.jp/common/000022954.pdf>, 最終閲覧 2012.01.
- 9) 谷口守, 松中亮治, 中井祥太：健康まちづくりのための地区別歩行喚起特性一実測調査と住宅地タイプ別居住者歩行量の推定一, *地域学研究*, Vol. 36, No. 3, pp. 589-602, 2006.
- 10) 室町泰徳：通勤者の交通手段選択と健康, *国際交通安全学会誌*, Vol. 33, No. 3, pp. 25-27, 2008.
- 11) 村田香織, 室町泰徳：個人の通勤交通行動が健康状態に与える影響に関する研究, *土木計画学・論文集*, Vol. 23, No. 2, pp. 497-504, 2006.
- 12) 井上直, 森本章倫, 古池弘隆, 中村文彦：中心市街地と郊外大型店における歩行行動の差異に関する研究, *土木計画学・論文集*, Vol. 20, No. 3, pp. 471-476, 2003.
- 13) 難波孝太, 室町泰徳：都市環境が徒歩行動と健康に与える影響に関する研究, *都市計画論文集*, No. 42-3, pp. 925-930, 2007.
- 14) 厚生労働省：健康づくりのための運動指針 2006, 2006.
- 15) Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Scott, J., Strath, S. J., O'Brien, W. L., Bassett, D. R., Schmitz, K. H. and Emplainscourt, P. O. : Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, pp. 498-516, 2000.
- 16) 谷口守, 池田大一郎, 中野敦：都市コンパクト化に配慮した住宅地整備ガイドライン構築のための基礎分析, *土木計画学研究・論文集*, Vol. 18, No. 3, pp. 431-437, 2001.

(2012.9.26 受付)

A TIME-SERIES ANALYSIS ON THE INFLUENCE OF THE BUILT ENVIRONMENT ON PHYSICAL ACTIVITY LEVELS

Ryoji MATSUNAKA, Tetsuharu OBA, Dai NAKAGAWA and Kazuaki INOUE

Though many researches have already indicated that physical activity such as walking is important to reduce the risk of disease related lifestyle. Especially in Europe and the United States, the built environment is recognized as key factors in promoting physical activity. However it is not quantitatively clear that the relation between them. In this study, we analyzed the relation between the built environment of residential zoning scale and physical activity levels by the analysis using the data of 40 cities from 1987 to 2005.

We made it clear that the higher convenience of public transportation and commercial in a residential area is, the higher the physical activity levels is regardless of the location in the city. We also clarified that the characteristics of the residential zone are important factors to increase physical activity levels compared with personal attributes from the causal structural model. As well as the population density, in recent years, the accessibility to railway stations and bus stops and the frequency of the public transportation services had even more significant associations with physical activity levels of individuals.