

表 身体活動支援環境の例

身体活動支援環境	内容
土地利用の多様性	住居、商業、就業、教育等の機能が混在した土地利用となっているかどうか。多様性の高い地域では、たとえば商店街や職場が近接しており歩く機会が増えると考え
運動場所へのアクセス	運動施設や遊歩道、公園等のオープンスペースの利便性が良いかどうか
公共交通機関の利便性	駅、バス停等へのアクセスが良く、公共交通機関が整っているかどうか
歩道	歩道の存在、整備状況
自転車道	自転車道の存在、整備状況
交通安全	安全に歩いたり、自転車に乗ったりできるかどうか
治安	犯罪が少なく、安心して外出できるかどうか
景観	地域の景観が良いかどうか。景観は単に自然の景色だけでなく、街並みが美しい、建物に個性がある、清掃が行き届いているといったことも含まれる

かを考えたことはあるでしょうか？ また指導者として、地域の環境（身体活動推進のための資源）についてどの程度の知識を持っているでしょうか？ どこに、どのような運動施設・場所があって、どんな運動ができるのか、どうすればその施設・場所を利用できるのか、といった知識は、本来運動指導を実施する者が持つべき知識と言えるでしょう。身体活動環境に関する知識を持つことによって、患者と身体活動に関するより具体的な話ができるようになります。また、これによって具体的な目標設定が行いやすくなるでしょう。

最後に、筆者自身は公衆衛生を専門としていますので、「このような環境そのものをどのように変えることができるのか」という点に関心を持っています。エビデンスを積み重ねることによって、都市計画そのものに影響を与え、「人が歩いて暮らす街」を作っていくことが最終的には最も重要な対策となります。都市計画、都市

交通の分野では環境の維持、CO<sub>2</sub> 排出量の抑制、およびこれらによって持続的に発展可能な街づくりを行うことが目標となっています。方向性としては「身体活動が高まる街」「健康的な街」と一致した考え方です。今後、これらの分野の専門家と協力して研究を進めていく必要があると考えられます。

#### 文 献

- 1) 井上 茂：身体活動と環境要因。日本公衆衛生雑誌 55 (6) : 403-406, 2008
- 2) Inoue S, Murase N, Shimomitsu T, *et al.* : Association of physical activity and neighborhood environment among Japanese Adults. *Prev Med* 48 : 321-325, 2009
- 3) Sallis JF, Bowles HR, Bauman A, *et al.* : Neighborhood environments and physical activity among adults in 11 countries. *Am J Prev Med* 36 : 484-490, 2009
- 4) Japanese version of IPAQ-E (International physical activity questionnaire environmental module) website. available at : <http://www.tmu-ph.ac/pdf/ipaq.pdf>, accessed August, 2009

#### KEY WORD

IPAQ 環境質問紙 (International Physical Activity Questionnaire Environmental Module)<sup>2~4)</sup> : 世界保健機関 (WHO) と米国疾病対策センター (CDC) が共同で作成した自宅近隣の身体活動環境を評価する質問紙です。評価項目には世帯密度、サービスへのアクセス、公共交通機関の利便性、歩道、自転車道、運動場所へのアクセス、交通安全、治安、景観などが含まれています。

#### ADVICE

#### 環境を考慮した運動指導

患者が住んでいる地域に関する質問をしてみましょう。自宅周辺に良い運動場所（運動施設、公園、散歩コースなど）はあるでしょうか？ また、日々の生活の中で歩く必要性や機会のある地域でしょうか？ このような質問によってより具体的な目標を患者と一緒に考えることができるでしょう。

# 都市環境が自動車利用を中心とした交通行動に与える影響に関する研究\*

## An Analysis of the Impact of Built Environment on Car Use and Travel Behavior\*

鈴木崇正\*\*・難波孝太\*\*\*・室町泰徳\*\*\*\*

By Takamasa SUZUKI\*\*・Kota NAMBA\*\*\*・Yasunori MUROMACHI\*\*\*\*

### 1. はじめに

近年の交通機関の発達により人々のモビリティが向上している一方、特に利便性の高い自動車利用が増加することによる環境負荷の増大が懸念されている。化石燃料の枯渇も同時に危惧されていることから、自動車利用を抑制してエネルギー消費量を削減し、環境負荷の低減に寄与しようとする取り組みが数多く検討されている。

これまでの研究においては、都市構造が自動車利用を削減する大きな要因の一つであることが示されてきた。世界46都市を対象とした分析を行ったNewmanら<sup>1)</sup>は、高密度なアジアやヨーロッパ都市における自動車利用が少ないことを指摘し、都市の高密度化と公共交通機関の利用促進が自動車利用削減と環境負荷低減をもたらすことを述べた。国内においても、仙台<sup>2)</sup>や広島<sup>3)</sup>を対象とした分析において都心集中型都市において交通エネルギー消費量が少ないこと、京阪神都市圏を対象とした分析<sup>4)</sup>において高密度地域におけるトリップエネルギーが少ないことなどが示されてきた。また、一般世帯のガソリン購入数量が市街地の形状や交通ネットワークの整備状況、店舗の立地等の影響を受けることも指摘されている<sup>5)</sup>。このように、人口密度と自動車利用との関係を分析した研究は数多いが、その背景に存在する因果関係は明らかにされておらず、さらなる研究が必要である。

よりミクロな街区レベルにおいても、都市環境と交通行動間の関係性の存在が指摘されてきた。アメリカ都市を対象とした街区レベルでの分析<sup>6)</sup>では、都市環境が交通行動に影響していることが確認されている。また難波ら<sup>7)</sup>も神奈川県内におけるアンケート調査を通じ、都市環境が交通手段の選択に影響を与える可能性を指摘した。

\*キーワード：都市環境、自動車利用、交通行動

\*\*学生員、工修、東京工業大学大学院総合理工学研究科  
人間環境システム専攻（神奈川県横浜市緑区  
長津田町4259、TEL045-924-5606、FAX045-924-5574）

\*\*\*学生員、東京工業大学大学院総合理工学研究科  
人間環境システム専攻（神奈川県横浜市緑区  
長津田町4259、TEL045-924-5606、FAX045-924-5574）

\*\*\*\*正員、工博、東京工業大学大学院総合理工学研究科  
人間環境システム専攻（神奈川県横浜市緑区  
長津田町4259、TEL045-924-5606、FAX045-924-5574）

特に『アクセシビリティ』と『歩道整備率』の向上によって徒歩や自転車利用が増加する傾向を示している。また、個人のライフスタイルや『歩きやすさ』の感覚が交通行動に影響していることも指摘されていることから、都市環境がこの歩きやすさの感覚に与える影響や、さらにこの感覚が実際の交通行動に及ぼす影響を分析することは、都市環境と交通行動の関係を明かにしていく上で意味のあることと考えられる。歩きやすさは公共交通利用にも大きく影響する<sup>8)</sup>ことから、自動車利用削減のための公共交通利用を促進する上でも重要と言える。

本研究では、歩きやすさの感覚を媒体とした都市環境が交通行動に与える影響の因果関係を分析するため、国内の複数の街区を対象として交通行動に関するアンケート調査を実施する。そして図-1のとおり、初めに街区デザインや土地利用が住民の交通に対する感覚に与える影響を分析する。さらにその感覚がどのように実際の自動車利用を中心とした交通行動に反映されているのかを検証し、都市環境と交通行動との関係の検討を行う。

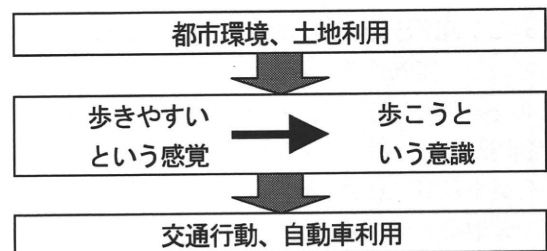


図-1. 歩きやすさ感覚を媒体とした都市環境と交通行動との関係

### 2. 既往研究

都市環境と交通行動との関係を分析したCerveroら<sup>9)</sup>が整理した都市環境変数を表-1に示す。密度・土地利用の多様性・都市デザインの3要素が交通行動に与える影響を分析したこの研究では、コンパクトで土地の混合利用が進み、歩行者にやさしい都市環境がみられる地域において自動車トリップ数やトリップ距離が抑制される一方徒歩交通が増加していることを指摘している。このうち、アクセシビリティや混合土地利用に対する自動車利用の弾力性は-0.14から-0.27であった。一方都市環境デザイ

ンの観点では、4差路数に対する自動車利用の弾力性が0.59と比較的強い負の値であった一方、四辺形の街区形状に対する自動車利用の弾力性は0.19～0.46であった。その理由として、規則正しい街路形状が自動車交通流動を助長している可能性があることを指摘している。

表-1. 都市環境変数<sup>9)</sup>

1. 密度	
・人口密度	
・雇用密度	
・雇用アクセシビリティ	
2. 土地利用の多様性	
・混合土地利用	
・土地利用エントロピー	
・垂直混合度（単一区画内の混合利用）	
・小売店舗の密度および近接性	など
3. デザイン	
・街路パターン	
・4差路率	
・高速道路密度	
・ブロック密度	
・徒歩・自転車インフラ整備	など

Ewingら<sup>9)</sup>は、交通行動に対する都市環境の影響を分析したそれまでの既往研究をレビューしている。土地利用の観点からは、混合土地利用や高層建築物がみられる地域における公共交通機関や徒歩・自転車利用の増加が認められたほか、人口密度の高い地域やアクセシビリティの高い地域における自動車利用の低下を指摘している。またいくつかの研究では、雇用密度の高い地域における自動車利用の低下も示されている。交通ネットワークの観点からは、ブロックの小さい地域や交差点の多い地域、世帯あたり道路延長の短い地域において自動車利用が低下していた。都市デザインの観点からは、駐車場の増加が公共交通利用を阻害し、古い建築物の多い地域では自動車利用が少ない傾向が示された。この研究で整理された、自動車利用に対する都市環境の弾力性を表-2に示す。ここで『地域デザイン』には、歩道の存在、1951年以前の建築物割合、交差点密度等を含む。ここに示した都市環境のいずれもが、自動車利用に負の影響を与えている。

表-2. 自動車利用に対する都市環境の弾力性

	自動車 トリップ数	自動車 トリップ距離
地域密度	-0.05	-0.05
混合土地利用	-0.03	-0.05
地域デザイン	-0.05	-0.03
地域アクセシビリティ		-0.20

Sallisら<sup>10)</sup>もまた、住宅地における都市環境デザイン変数と徒歩・自転車利用との関係を分析した既往研究のレビューを行った。これによれば、レビュー対象となった研究のすべてにおいて、都市環境と交通行動との間に関

係があることが確認された。対象街区の歩きやすさは徒歩トリップ数に大きく影響し、歩きやすい街区における徒歩トリップ数は歩きにくい街区におけるその約2倍であった。また、混合土地利用が徒歩・自転車利用に影響を与えていると結論づけている研究もみられた。また多くの研究でも指摘されてきたとおり、人口密度と歩量との間には一貫して正の相関が認められている。

このように、都市環境と交通行動の間には一定の関係があるものと考えられる。都市環境が交通行動に影響を与えているだけでなく、交通行動に対する嗜好により、人々が歩きやすい都市環境を選択しているという議論もある<sup>11)</sup>が、いずれにしても徒歩や自転車交通に適した都市環境を整備することによって自動車利用を削減し、環境負荷を低減する可能性があることが指摘できる。

### 3. アンケート調査の概要

本研究では、東京都市圏内の住宅地を対象としたポスティング配布・郵送回収形式のアンケート調査を、2008年12月～2009年1月にかけて実施した。調査対象地域の選定にあたっては、人口密度、道路密度、アクセシビリティ（交差点数/道路総延長）、行き止まり率（行き止まり点数/道路総延長）、最寄駅までの距離、都心までの距離の各指標にばらつきが生じるよう考慮した。その結果、27の調査対象地域が設定された。各調査対象地域の面積は0.4～1.1km<sup>2</sup>である。アンケートの配布枚数は各調査地域に対し1,000票（1地区のみ400票）、合計26,400票である。回収総数は2,404票であり、有効回収率は9.1%であった。最も回収数の少ない地域で32票、最も多い地域では179票の回答が得られた。

アンケートにおける質問項目は以下のとおりである。

- (1) 通勤通学交通行動に関する項目（交通手段・時間・頻度、自動車保有、自動車利用量、徒歩量等）
- (2) 居住地域周辺の歩きやすさの感覚（5件法）
- (3) 個人属性に関する項目（年齢、性別、職業等）

### 4. 都市環境が自動車利用に与える影響

まず、各調査対象地域における人口密度と自動車利用との関係を表-3および図-2に示す。既往研究でも示されてきたように、街区レベルにおいても人口密度と自動車利用との間に負の相関関係がみられた。平日や通勤目的の自動車利用に対しては有意ではなかったが、全目的自動車利用時間や自動車保有台数に対しては $\alpha=1\%$ で有意に負の相関が認められた。

次に、都市環境変数と自動車利用変数との直接的な相関関係について検討する。都市環境変数として用いたものは表-1を参考とし、密度指標から人口密度と雇用密

表-3. 人口密度と自動車利用の相関

自動車利用指標	相関係数
自動車利用距離(全目的、年間)	-0.451*
自動車利用時間(通勤目的)	-0.233
自動車分担率(通勤目的)	-0.472*
自動車利用時間(全目的、1週間)	-0.526**
自動車利用時間(全目的、平日)	-0.322
自動車利用時間(全目的、休日)	-0.433*
人口あたり自動車保有台数	-0.653**
サンプル数	27

\*:  $\alpha=5\%$ で有意 \*\*:  $\alpha=1\%$ で有意

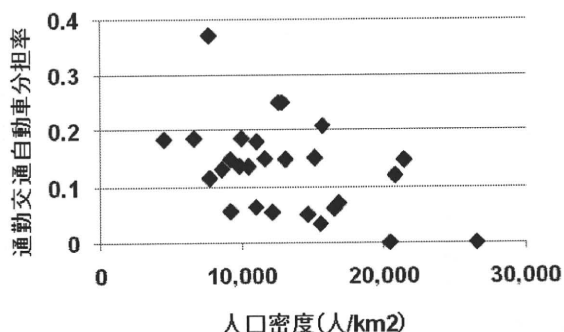


図-2. 調査対象地域における人口密度と自動車分担率

度、多様性指標から人口雇用比率と事業所密度、デザイン指標から道路密度、交差点密度、行き止まり密度である。ここで交差点密度は対象地域内の道路総延長に対する交差点数を、行き止まり率は道路総延長に対する行き止まり点数をそれぞれ表す。また各調査対象地域の立地条件を加味するため、最寄駅からの距離、都心からの距離

も分析に用いた。自動車利用変数はアンケートの回答に基づき、自動車利用距離および時間、通勤目的の自動車分担率、そして人口あたり自動車保有台数を用いた。

変数間相互の相関係数を表-4に示す。密度指標は、人口密度と雇用密度のいずれも自動車保有台数および通勤目的での自動車分担率、そして全目的での自動車利用時間に対して有意に負の相関を示した。有意でなかった変数も含め、密度は自動車利用に対し負の影響力を有していると言える。多様性指標は、人口雇用比は有意な結果を示さなかったものの、事業所密度は密度指標と同じく自動車保有、分担率、利用時間に対して有意に負の相関を示した。デザイン指標のうち道路密度、交差点密度の2つについては、いずれも有意な値ではなかったものの自動車保有や分担率、利用距離に対して正の相関を有していた。利用時間に対しては負の相関を示した変数が多かったことから、道路整備や交差点の増加は全体として自動車利用を増加させる一方、交差点が増え利便性が向上することにより利用時間が削減される可能性が指摘できる。また行き止まり密度も負の相関を示していることから、道路の利便性が自動車利用に影響している可能性がある。最寄駅および都心からの距離は、自動車利用時間や保有台数に対して有意に正であるケースが認められた。有意でなかった結果も含め相関係数が総じて正であったことから、最寄駅や都心から離れ、鉄道の相対的な利便性が低下している地域における自動車利用が増加していることが示された。

この2つの変数間に住民の歩きやすさの感覚が介在していることを想定し、都市環境変数が歩きやすさに及ぼす影響、および歩きやすさが自動車利用に及ぼす影響に

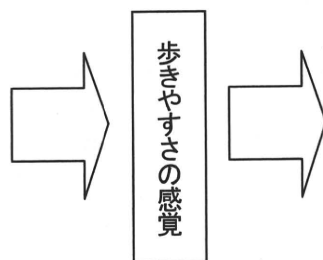
表-4. 都市環境変数と自動車利用変数との相関関係

自動車利用変数	人口密度	雇用密度	人口雇用比	事業所密度	道路密度	交差点密度	行き止まり密度	最寄駅距離	都心距離
自動車利用距離(全目的・年間)	-0.457*	-0.364	-0.184	-0.343	0.210	0.101	-0.253	0.240	0.366
自動車利用時間(通勤目的)	-0.248	-0.255	-0.149	-0.216	0.051	0.046	-0.125	0.558**	0.239
自動車分担率(通勤目的)	-0.480*	-0.419*	-0.223	-0.440*	0.128	0.016	-0.076	0.334	0.420*
自動車利用時間(全目的・1週間)	-0.533**	-0.450*	-0.261	-0.443*	0.025	-0.098	-0.141	0.153	0.589**
自動車利用時間(全目的・平日)	-0.331	-0.353	-0.293	-0.345	-0.147	-0.106	-0.086	-0.057	0.522**
自動車利用時間(全目的・休日)	-0.441*	-0.309	-0.103	-0.307	0.162	-0.042	-0.118	0.259	0.352
自動車保有台数	-0.656**	-0.494**	-0.280	-0.527**	0.164	0.142	-0.254	0.333	0.682**

\*:  $\alpha=5\%$ で有意、\*\*: $\alpha=1\%$ で有意

都市環境変数	相関係数
人口密度	-0.215
雇用密度	-0.510**
人口雇用比	-0.487**
事業所密度	-0.580**
道路密度	-0.180
交差点密度	-0.021
行き止まり密度	0.036
最寄駅からの距離	-0.203
都心からの距離	0.354

\*:  $\alpha=5\%$ で有意、\*\*: $\alpha=1\%$ で有意



自動車利用変数	相関係数
自動車利用距離(全目的・年間)	-0.096
自動車利用時間(通勤目的)	-0.367
自動車分担率(通勤目的)	-0.025
自動車利用時間(全目的・1週間)	0.127
自動車利用時間(全目的・平日)	0.212
自動車利用時間(全目的・休日)	-0.010
人口あたり自動車保有台数	0.124

\*:  $\alpha=5\%$ で有意、\*\*: $\alpha=1\%$ で有意

図-3. 歩きやすさ感覚を媒体とした都市環境変数と自動車利用変数の相関関係

ついて、その関係図および相関係数を図-3に示す。ここで歩きやすさは5件法で調査し、『とても歩きやすい』を5点、『非常に歩きにくい』を1点として各調査地域の平均点を算出した。歩きやすさの感覚に対して有意な相関を有していたのは雇用密度、人口雇用比および事業所密度であり、係数はいずれも負であった。既往研究では居住地と商業地の混合利用が進み、人口雇用比が高く、店舗等の事業所密度が高い地域では徒歩量が多く、自動車利用が抑制されることが示されてきた。しかしここでは、これら雇用や事業所の存在は歩きやすさに対して悪影響を及ぼしていることを示している。この理由として、商業地域が集積している地域における人や自動車交通量の多さが徒歩行動を阻害する原因になっていることが考えられる。都心からの距離が歩きやすさに対して正の相関を有していることも同様であると言える。また、有意な結果ではなかったものの、道路や交差点の密度が上昇することによる歩きやすさの低下が認められた。表-4において道路や交差点密度が自動車利用に正の影響を及ぼしていることが示されていることから、道路や交差点の整備により自動車利便性が向上し徒歩行動をとりにくくなることや、それによる自動車交通量の増加が徒歩阻害要因になっていることが考えられる。また最寄り駅から近ければ歩きやすさの感覚は向上していたことから、駅へのアクセスが徒歩行動と大きく関連していると言える。

歩きやすさが自動車利用に与える影響について相関係数で示したものが図-3の右側である。全体を通じ、有意な結果は得られなかった。係数の符号について検討すると、年間での自動車利用距離や通勤目的での自動車利用に対しては歩きやすさは負の相関を有し、全目的での自動車利用時間や保有台数に対しては正の相関を有していた。歩きやすいという感覚が通勤目的における自動車利用を抑制している一方、非通勤目的における自動車利用を促進している結果となった。

## 5. まとめと今後の課題

本研究ではアンケート調査を通じ、街区レベルでの都市環境変数と自動車利用との関係の基礎的分析を行うとともに、歩きやすさを媒体とした両者の関係の検討を行った。両者の変数の直接的分析では、特に密度や都心からの距離が自動車利用に大きく影響していることが示された。歩きやすさの検討では、雇用や事業所に関する指標が歩きやすさに影響していた一方、歩きやすさ自体は自動車利用に対し有意な相関を有していなかった。

これまでの分析は相関を用いた基礎的なものであり、また交通行動には自動車利用しか含まれておらず、歩きやすさの感覚が自動車以外の交通行動に与える影響につ

いても検討されていない。徒歩や公共交通利用を促進し自動車利用を抑制できる都市環境を明らかにするためには、これらの点を考慮したより詳細な分析が必要であると考えられる。

## 参考文献

- 1) Newman, P. and Kenworthy, J.R.: *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*, Island Press, Washington, DC, 1999.
- 2) 小島浩, 吉田朗, 森田哲夫: 環境負荷を小さくするための都市構造および交通施策に関する研究 —仙台都市圏を対象として—, 都市計画論文集, Vol. 39, pp. 541-546, 2004.
- 3) 藤原章正, 岡村敏之: 広島都市圏における都市形態が運輸エネルギー消費量に及ぼす影響, 都市計画論文集, Vol. 37, pp. 151-156, 2002.
- 4) 松橋啓介: 大都市圏の地域別トリップ・エネルギーから見たコンパクトシティに関する考察, 都市計画論文集, Vol. 35, pp. 469-474, 2000.
- 5) 中村隆司, 堀池泰三: 一般世帯の自動車ガソリン消費の都市による違いをもたらす都市形態及び都市計画からみた要因, 都市計画, Vol. 235, pp. 54-64, 2002.
- 6) Ewing, R. and Cervero, R.: *Travel and the built environment: A synthesis*, *Transportation Research Record*, No. 1780, pp. 87-114, 2001.
- 7) 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, Vol. 42, pp. 925-930, 2007.
- 8) Konheim, C.S. and Ketcham, B.: *Effective Transit Requires Walkable Communities: Land Use Lessons of Transit Patterns in Four World Cities*, *Transportation Research Record*, No. 1722, pp. 56-66, 2000.
- 9) Cervero, R. and Kockelman, K.: *Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity and Design*, *Transportation Research Part D*, Vol. 2, pp. 199-219, 1997.
- 10) 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 Health Research*, *Transportation Research Part A*, Vol. 38, pp. 249-268, 2004.
- 11) Handy, S., Cao, X. and Mokhtarian, P.L.: *Self-selection in the Relationship between Built Environment and Walking*, *Journal of the American Planning Association*, Vol. 72, pp. 55-74, 2006.

# 都市交通計画における都市環境と健康問題\*

## Urban Built Environment and Health Issues in Urban Transportation Planning\*

室町泰徳\*\*

By Yasunori MUROMACHI\*\*

### 1. はじめに

交通と健康に関する議論が近年、活発に行われている。持続可能性と並んで健康は我が国の長期的な将来を考える上で重要なテーマであると考えられる。我が国においては、モータリゼーションと時を同じくして、生活習慣病の増加や低年齢化が目立つようになった。生活習慣病とは、厚生労働省によると「食習慣、運動習慣、休養、喫煙、飲酒等の生活習慣が、その発症・進行に関与する疾患群」であり、代表的なものでは糖尿病、高血圧性疾患、高脂血症等がある。日本人の三大死亡原因である癌と肉腫を含めた悪性新生物、心疾患、脳血管疾患も生活習慣病の一種であり、日本人の死亡原因全体の3分の2を占めている。厚生労働省の発表によると、日本の国民医療費3兆2兆1千億円のうち、生活習慣病に関する医療費だけで7兆5千億円、約4分の1に上っている。

事実、我が国において生活習慣病に罹っている人々の数は増える傾向にある。厚生労働省の調査によれば、糖尿病が強く疑われる人（ヘモグロビンA1cの値が6.1%以上、または、質問票で「現在糖尿病の治療を受けている」と答えた人）の数は1997年の690万人から2002年の740万人に増えている。60歳未満におけるこの割合は減少しているものの、60歳以上ではほぼ増加している<sup>1)</sup>。厚生労働省は、また、過去20年間に肥満者（BMI 25以上）である男性の割合が急激に増えていることを示している（図-1<sup>2)</sup>）。WHOによる国際統計<sup>3)</sup>によれば、我が国における肥満者の割合は比較的少なく、男性27%、女性21%となっている。米国では、男性71%、女性62%である。しかし、男性、女性に関わらず、年齢の上昇にともなうBMIの顕著な増加は、近い将来におけるBMIと生活習慣病の一般的な増加を意味しているものと考えられる。我が国では、2005年から2035年にかけて、全人口が13

%減少するものの、65歳以上の人口割合は20%から34%に増加すると予測されているためである。したがって、徒歩や自転車利用などの身体活動を伴う交通行動の促進などの予防手段による潜在的な医療費節減額は非常に大きくなると考えられる。

ところで、米国を中心に海外では都市交通計画、あるいは都市計画において都市環境と健康問題が精力的に議論されているが、我が国における議論はまだそれほど多くはない状況にあると考えられる。このような背景から、本研究では、海外の研究事例の一部をレビューしながら、我が国の都市交通計画における都市環境と健康問題の位置づけに関して検討する。

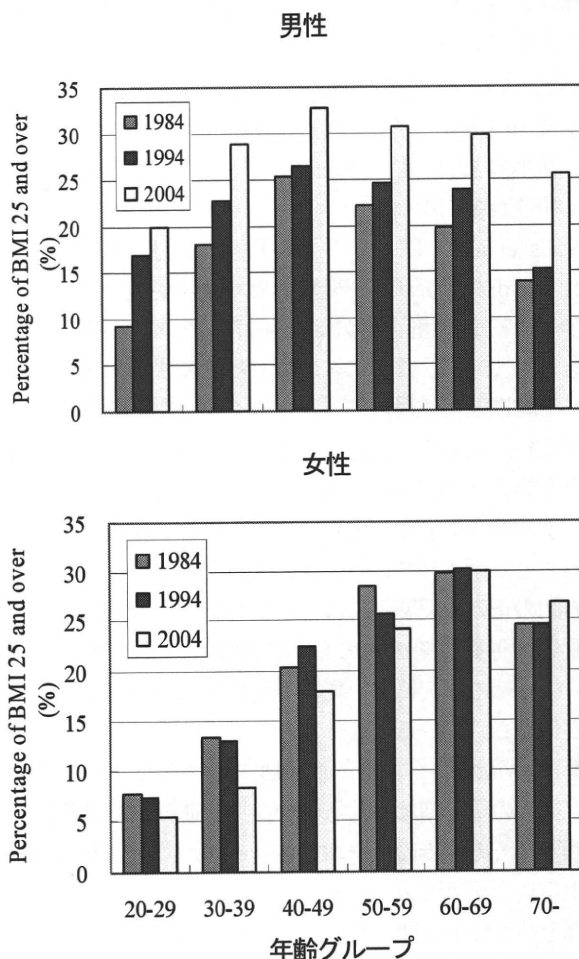


図-1 過去20年における肥満者（BMI 25以上）割合の推移<sup>2)</sup>

\*キーワード：都市環境、健康、都市交通計画

\*\*正員、博士（工学）、東京工業大学大学院

総合理工学研究科人間環境システム専攻

(神奈川県横浜市緑区長津田町4259、

TEL045-924-5606、FAX045-924-5574)

海外の研究事例においては都市環境と健康との間の因果関係に関する議論や都市環境整備による身体活動を伴う徒歩や自転車などの交通手段利用へのインパクト評価などが数多く成されている。また、一部の国では健康便益を都市交通プロジェクトの評価に組み込むことを検討しており、これにより比較的大きな便益が捕捉される可能性があることが示唆されている。以下では、これらの点に着目して既存の研究をレビューする。

## 2. 都市環境と健康との間の因果関係など

Sallis et al.<sup>4)</sup>、Saelens et al.<sup>5)</sup>の研究レビューにみられるように、海外では公衆衛生分野と都市計画、都市交通計画分野が近年、緊密な協調関係の下、都市環境と健康に関する研究を行っている。その主題は、いかに身体活動を伴う交通行動、特に徒歩、自転車利用等を増加させるかという点にある。特に、多くのスプロール市街地が見られる米国においては、自動車依存型社会を人工的な都市環境 (Built Environment) として表すスプロールこそ身体活動を伴う交通手段の選択を阻害し、結果的に健康を損ない肥満を生み出す元凶と見られている。逆に、身体活動を誘発するような都市環境を作れば、身体活動を伴う交通手段の選択が増えるのではないかという期待もある。特に、「歩きやすい」ニューアーバニズムに基づく都市環境デザインを持つ住宅地を整備することにより、徒歩等を増加させることができるといった仮説に基づく研究が多くなっている。

Sallis et al.<sup>4)</sup> は、「歩きやすさ」と関係すると考えられる都市環境デザイン変数の異なる住宅地において、徒歩や自転車利用回数の相違を検討した11の研究をレビューしている。これによれば「歩きやすい」環境を持つ住宅地に住む住民は、「歩きにくい」環境を持つ住宅地に住む住民よりも、週に約2倍の徒歩トリップを行うことが報告されている。また、11の研究すべてにおいて、都市環境デザイン変数は徒歩や自転車利用と関係があることが示されている。特に人口密度と徒歩トリップとの間の正の相関関係には一貫性があり、土地利用混合 (買物、通勤、その他の目的に関する土地利用の近接性) は4つの研究において徒歩や自転車利用と関係があると報告されている。

都市環境デザインが交通行動における交通手段としての徒歩の量を増加させるのか、身体運動における運動形態としての徒歩の量を増加させるのか、という点は政策上重要な問題である。Handy<sup>6)</sup>によれば、異なる都市環境を持つ住宅地間においても運動のための徒歩トリップには相違が無く、買物や通勤目的の徒歩トリップにおいて相違が生じている。一方、Frank et al.<sup>7)</sup>らは、「歩きやすい」住宅地に住む住民は、交通手段としての徒歩

も含めて、徒歩の量全体が増えているという結果を得ている。

また、都市環境デザイン変数と身体活動を伴う交通との相関関係を示すことができたとしても、前者が後者に与える因果関係を特定するのは容易ではない。例えば、スプロール住宅地とニューアーバニズム住宅地とで徒歩の量を計測した結果、(所得や年齢などの見せかけの要因を排除した上で) 前者の方が後者よりも多かったとしても、これは都市環境により両住宅地における徒歩の量の差が生じたと解釈することも、ライフスタイルとして徒歩を好む人々が歩きやすいニューアーバニズム住宅地を選択しているという自己選択の結果、徒歩の量の差が生じたと解釈することもできる。後者の場合には、都市環境デザインを持つ住宅地を整備することにより、徒歩等を増加させることができるという仮説は支持されない。このような自己選択か因果関係かという問題は、近年精力的に検討が成されており、いくつかの特集が組まれている<sup>8)9)</sup>。Chen, C. et al.<sup>10)</sup>は、ライフスタイルなどの変数をコントロールしたとしても、都市環境デザインが身体活動を伴う交通行動を促すという因果関係を支持する結果を得ている。

## 3. 都市交通プロジェクトの評価における健康便益

これまでに英国をはじめ、米国、ノルウェー等多くの国において、健康増進のために歩道、自転車専用路ネットワークの整備や政策の見直しに関する研究が行われてきている。それらの研究の一部では、新たな歩道・自転車専用路ネットワーク、駐輪場等の整備のための投資、自動車交通依存の緩和政策の評価方法として、費用便益分析が用いられてきた。費用便益分析においては、交通手段を自動車から徒歩・自転車利用へ転換することによって変化する交通事故の危険性に関する費用等と、身体活動が増加した結果として得られる健康増進の便益を、如何にして金銭価値で表し、分析に組み込むかが課題とされてきた。既に、英国<sup>11)</sup>、WHO<sup>12)</sup>などが健康増進の便益を費用便益分析に組み込むためのマニュアルを準備している。

初期の例としては、2000年においてElvik<sup>13)</sup>が仮説的研究「ideally designed」を発表し、「危険」と「健康」という要素を費用便益分析に導入した。その後、この研究はSaelensminde<sup>14)</sup>らに支持され、費用便益分析により多くの要素導入を図るべく研究が進められている。ノルウェーでは、国家的プロジェクトとして健康増進のための歩道・自転車専用路ネットワーク整備が計画されており、Saelensminde<sup>14)</sup>はこのプロジェクトを対象とした費用便益分析の検討を行っている。2004年にSaelensminde<sup>14)</sup>が発表した論文によれば、ノルウェーにおける三大都市

表一 歩道・自転車専用路ネットワークの整備に関する費用便益分析<sup>14)</sup>

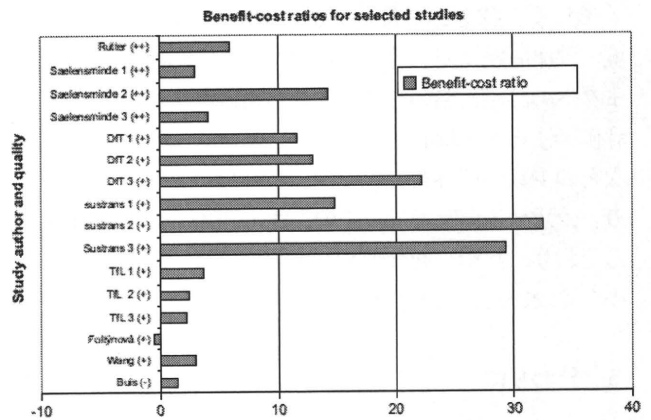
便益とコスト(NOK)	Hokksund	Hamar	Trondheim
歩道・自転車専用路に関する便益			
事故(不変と想定)	0	0	0
移動時間(不変と想定)	0	0	0
現在の歩行者の危険性減少分	4.2	2.7	107.7
現在の自転車利用者の危険性減少分	9.5	6.1	398.2
将来の歩行者の危険性減少分	0.5	0.4	13.7
将来の自転車利用者の危険性減少分	3.5	2.3	100.7
自動車・公共交通通学者のコスト減少分	2.6	1.1	3.6
軽度の疾病におけるコスト減少分	16.7	35.4	269.2
重度の疾病におけるコスト減少分	97.7	206.6	1572.4
自動車・バス交通における運用コスト減少分	9.4	20	124.4
雇用者における駐車場用地の減少分	9.5	34.6	433.4
総便益	153.6	309.2	3023.3
歩道・自転車専用路に関するコスト			
建設に関するコスト	23.6	15.8	600
メンテナンス・コスト	1.6	1	39.5
税金	5	3.4	127.9
総コスト	30.2	20.2	767.4
便益/コスト比	4.09	14.34	2.94
	1NOK=17.12円		

Hokksund、Hamar、Trondheimにおける新しい歩道・自転車専用路ネットワーク整備に関して、危険性や健康増進、交通費の減少等を考慮した費用便益分析が行われている。

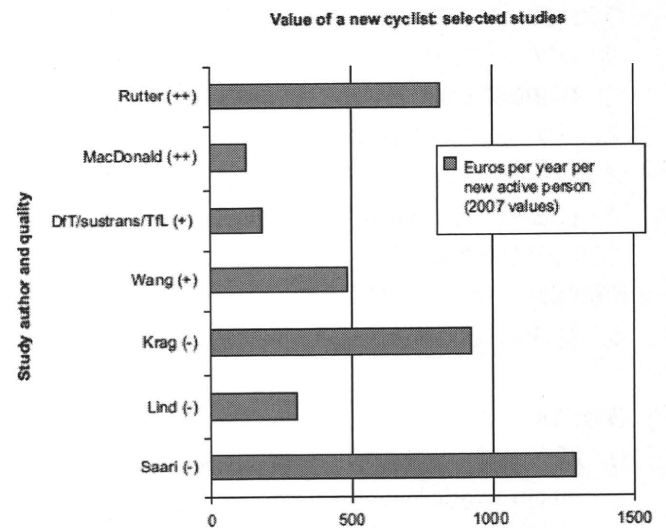
表一に示すように、健康状態に関するコスト減少分として、重度の疾病（長期入院を要する疾病、死亡確率の高い疾病やそれに繋がる生活習慣病）、或いは軽度の疾病（短期休養で治る疾病、風邪等）を徒歩・自転車利用の促進によりどれだけ予防・緩和することができるかが算出されている。その結果、いずれの都市においても重度の疾病を予防する効果が特に大きいことがわかった。この結果から、個人の交通行動において徒歩・自転車利用を促進することによる健康状態への影響は、大きいものと考えられる。

最近では、Cavil et al.<sup>15)</sup>が、徒歩や自転車利用に関わるインフラ整備や政策の健康便益の評価に関する包括的なレビューを行っている。Cavil et al.<sup>15)</sup>は、研究目的に関する4264本の資料から16本を選定し、それらの対象国、評価手法、対象交通手段（徒歩、自転車）、対象人口、費用項目（インフラ整備・維持管理、交通事故など）、健康便益項目（死亡、罹病、肥満など）、評価結果などを詳細に検討している。

図一2に示すように、選定された資料における費用便益比は、-0.4から32.5まで分布しており、その中間値は5であった。ほとんどが正の費用便益比となっているが、1資料だけ負の費用便益比となっている。これは整備すべきインフラの利用者数が低く推定されていることによる。また、図一3は、新たな自転車利用者1人の価値の分布を表したものである。これらの値は127から1290 EUROまでばらついている。比較的高い費用便益比や新たな自転車利用者の価値は、もし、健康便益を費用便益分析に組み込めば、身体活動を伴う徒歩や自転車利用



図一2 一部の研究における費用便益比<sup>15)</sup>



図一3 一部の研究における新たな自転車利用者の価値 (EURO/人)<sup>15)</sup>

に関わるインフラ整備や政策に大きな影響を与えることが示唆される。

#### 4. 我が国の都市交通計画分野における研究状況

我が国においても、日本人の健康状態と政府の健康対策をレビューした上で、ウォーキングコースのあり方を市民意識調査を基に検討した杉浦他<sup>16)</sup>、行動群ごとに歩行量を推定し、歩行量増加のための行動変容の可能性を検討した谷口他<sup>17)</sup>、住区群の違いが居住者の歩行量に及ぼす影響を検討した谷口他<sup>18)</sup>の研究を端緒として、いくつか身体活動を伴う交通行動と健康との相互関係を検討した研究例がみられるようになってきている。村田他<sup>19)</sup>は健康便益を組み込んだ交通施設の費用便益分析の事例などを紹介した上で、通勤交通手段選択とBMIとの相互関係を検討している。難波他<sup>20)</sup>は、都市環境が異なる4つの住宅地の通勤者を対象とした通勤行動と健康に関するアンケート調査を実施し、BMI、通勤時と非通勤時における身体活動量、ライフスタイル、都市環境の相互関係に関する検討を行っている。



総じて、我が国の都市交通計画分野における都市環境と健康問題に対する位置付けは低く、都市交通プロジェクトの評価において健康便益が組み込まれた例や便益評価手法自体を検討した例は、モビリティマネジメントなどの少数の例外を除いてほとんどないようである。一方、公衆衛生分野では、この主題に関する研究蓄積が進んでおり、都市交通計画や都市計画分野が学ぶべき点も少なくないと思われる<sup>21)</sup>。

## 5. 終わりに

本研究では、海外の研究事例の一部をレビューしながら、我が国の都市交通計画における都市環境と健康問題の位置づけに関して検討した。海外の研究事例においては都市環境と健康との間の因果関係、健康便益を都市交通プロジェクトの評価に組み込む際の課題に関する検討が精力的に進められていることが示された。また、歩道・自転車専用路の整備などを対象とした費用便益分析における健康便益の組み込みに関しては、比較的大きな便益が捕捉される可能性が高く、今後我が国でも検討する必要が生じるであろう。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 14 年度糖尿病実態調査報告 (<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/03/s0318-15.html>)、2004
- 2) 厚生労働省：平成 16 年国民健康・栄養調査結果の概要 (<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2006/05/h0508-1a.html>)、2006
- 3) WHO: Global Database on Body Mass Index (<http://www.who.int/bmi/index.jsp>), 2008
- 4) 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 Health Research, *Transportation Research Part A* 38, pp.249-268, 2004
- 5) Saelens, B.E., Sallis, J.F. and Frank, L.D.: Environmental Correlates of Walking and Cycling: Findings from the Transportation, Urban Design, and Planning Literature, *Annals of Behavioral Medicine* 25, pp.80-91, 2003
- 6) Handy, S.L.: Urban Form and Pedestrian Choices: Study of Austin Neighborhoods, *Transportation Research Record* 1552, pp.135-144, 1996
- 7) Frank, L.D., Schmid, T., Sallis, J.F., Chapman, J., Saelens, B.: Linking Objective Physical Activity Data with Objective Measures of Urban Form, *American Journal of Preventive Medicine* 28, pp.117-125, 2005
- 8) Guo, J.Y. and Chen, C.: The Built Environment and Travel Behavior: Making the Connection, *Transportation* 34, pp.529-533, 2007
- 9) Wee, B.V.: Self-Selection: A Key to a Better Understanding of Location Choices, *Travel Behaviour and Transport Externalities*, *Transport Reviews* 29(3), pp.279-292, 2009
- 10) Chen, C., Gong, H. and Paaswell, R.: Role of the Built Environment on Mode Choice Decisions: Additional Evidence on the Impact of Density, *Transportation* 35, pp.285-299, 2008
- 11) UK Department for Transport: Guidance on the Appraisal of Walking and Cycling Schemes. *Transport Analysis Guidance (TAG) Unit 3.14.1.*, UK Department for Transport, 2007
- 12) WHO Regional Office for Europe: Economic Assessment of Transport Infrastructure and Policies. *Methodological Guidance on the Economic Appraisal of Health Effects Related to Walking and Cycling*, WHO Regional Office for Europe and United Nations Economic Council for Europe, 2007
- 13) Elvik, R.: Which are the relevant costs and benefits of road safety measures designed for pedestrians and cyclists?, *Accident Analysis and Prevention* 32, pp.37-45, 2000
- 14) Saelensminde, K.: Cost-benefit analyses of walking and cycling track taking into account insecurity, health effects and networks taking into account insecurity, health effects and external costs motorized traffic, *Transportation Research Part A* 38, pp.593-606, 2004
- 15) Cavel, N., Kahlmeier, S., Rutter, H., Racioppi, F. and Oja, P.: Economic Analysis of Transport Infrastructure and Policies Including Health Effects Related to cycling and Walking: A Systematic Review, *Transport Policy* 15, pp.291-304, 2008
- 16) 杉浦裕二, 坂本淳二: 市民意識調査にみる都市のウォーキングコースのあり方に関する課題, *都市計画論文集* 41(3), pp.1001-1006, 2006
- 17) 谷口守, 松中亮治: 健康増進のための歩行量実態調査とその行動群別特性分析への応用, *土木計画学研究・論文集* 23, pp.543-549, 2006
- 18) 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—実測調査と住宅地タイプ別居住者歩行量の推定—, *地域学研究* 36(3), pp.589-601, 2006
- 19) 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, *土木計画学研究・論文集* 23, pp.497-504, 2006
- 20) 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* 42(3), pp.925-930, 2007
- 21) Inoue, S., Murase, N., Shimomitsu, T., Ohya, Y., Odagiri, Y., Takamiya, T., Ishii, K., Katsumura T. and Sallis, J.F.: Association of Physical Activity and Neighborhood Environment among Japanese Adults, *Preventive Medicine* 48, pp.321-325, 2009

Original Article

## Association between Perceived Neighborhood Environment and Walking among Adults in 4 Cities in Japan

Shigeru Inoue<sup>1</sup>, Yumiko Ohya<sup>1</sup>, Yuko Odagiri<sup>1</sup>, Tomoko Takamiya<sup>1</sup>, Kaori Ishii<sup>1</sup>, Makiko Kitabayashi<sup>1</sup>, Kenichi Sujo<sup>1</sup>, James F Sallis<sup>2</sup>, and Teruichi Shimomitsu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Preventive Medicine and Public Health, Tokyo Medical University, Tokyo, Japan

<sup>2</sup>Department of Psychology, San Diego State University, San Diego, CA, USA

Received July 28, 2009; accepted November 29, 2009; released online May 15, 2010

### ABSTRACT

**Background:** Recent research highlights the importance of environment as a determinant of physical activity; however, evidence among Japanese is sparse. The aim of this study was to examine the association between perceived neighborhood environment and neighborhood walking for multiple purposes among Japanese.

**Methods:** We conducted a population-based, cross-sectional study of 1461 Japanese adults (age:  $48.2 \pm 14.1$  years, men: 44.8%). Neighborhood environment and walking were assessed by a validated questionnaire. The odds ratio of active walkers was calculated in relation to environmental characteristics after adjustment for age, sex, and other potential confounders.

**Results:** Participants were more likely to walk when they perceived that there was high residential density (odds ratio, 1.47; 95% confidence interval, 1.11–1.96), fair land use mix–diversity (1.37, 1.04–1.81), good walking/cycling facilities (1.56, 1.19–2.04), and attractive aesthetics (1.49, 1.14–1.95). Environmental factors associated with walking differed with respect to the purpose for walking. The environmental characteristics associated with walking for daily errands and with walking for commuting were similar, and included residential density and land use mix. Walking for leisure was associated with walking/cycling facilities, aesthetics, and traffic safety. Stratified analyses showed some sex-specific associations. Among women, there was an unexpected inverse association of leisure walking with both residential density and land use mix–diversity.

**Conclusions:** The association between neighborhood environment and walking differed by walking purpose. The results were generally consistent with those of studies conducted in Western countries, except for the association of high residential density and good land use mix–diversity with less leisure walking in women. These results suggest possible targets for environmental interventions to promote walking.

**Key words:** active transport; neighborhood environment; physical activity; policy; walking

### INTRODUCTION

Regular physical activity reduces the risk of mortality, and the incidence of cardiovascular diseases, diabetes, and some cancers.<sup>1–3</sup> However, a large part of the population is not physically active in Japan and in many other countries.<sup>4,5</sup> Thus, physical activity promotion is a public health priority.<sup>6</sup> Data on physical activity determinants and correlates are needed as a basis for developing effective interventions. Many studies have focused on individual demographics and psychobehavioral factors.<sup>7</sup> However, recent progress in research suggests that certain environmental characteristics, such as residential density, access to destinations, walking

facilities, aesthetics, safety, and access to exercise facilities are related to physical activity.<sup>7–13</sup> Interventions that target individuals have only a minimal impact on the physical activity levels of whole populations<sup>14,15</sup>; however, changes to the environment are believed to have a long-term and substantial impact.<sup>16</sup>

Although there is accumulating evidence on the association between physical activity and environment, the relevant studies have been mostly limited to Western countries, in particular the United States and Australia<sup>12</sup>; only a few have been undertaken in Japan.<sup>17–19</sup> Evidence from study settings—including Japan—where the environment, culture, and physical activity patterns differ from those of Western

Address for correspondence: Dr. Shigeru Inoue, 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).

Copyright © 2010 by the Japan Epidemiological Association

countries, is thus valuable. Indeed, evidence from Japan could support or refute the generalizability of previous studies conducted in Western countries, and/or add new findings regarding associations between environment and physical activity. Also, data from Japanese are needed for the development of physical activity interventions in Japan.

We previously reported associations of environment with physical activity, using a convenience sample of Japanese adults.<sup>18</sup> In that previous study, environmental characteristics were associated with physical activity, but the findings were limited by the use of simple measures that could not differentiate the purposes for walking. In the present cross-sectional study, we used a random community sample from 4 Japanese cities and measured walking as the outcome. Because environmental correlates are specific to the type and purpose of physical activity,<sup>11,20</sup> the aim of this study was to examine environmental correlates of neighborhood walking and its components, including walking for daily errands, walking for leisure, and commuting on foot.

## METHODS

### Participants and data collection

This cross-sectional study was conducted from February 2007 through January 2008. A total of 4000 residents aged 20 to 69 years and living in 4 Japanese cities (Koganei, Tsukuba, Shizuoka, Kagoshima) were randomly selected from the registry of residential addresses and stratified by sex, age (20–29, 30–39, 40–49, 50–59, and 60–69 years), and city of residence, so that the sample included 2000 subjects of each sex, 800 subjects of each age category, and 1000 subjects from each city. As a result, the addresses of 100 subjects of a specific sex, a specific age category, and a specific city were obtained. Four cities were chosen so as to include various environmental conditions. Koganei is in the Tokyo metropolitan area and Tsukuba is a university town located 50 km northeast of Tokyo. Shizuoka and Kagoshima are located in central and western Japan, respectively, and are the capital cities of prefectures that include both urban and relatively rural areas. For data collection, a questionnaire was sent to and collected from participants via postal mail. To increase the response rate, invitation letters that described the content of the study were sent to all 4000 subjects 2 weeks before the survey. During the survey period, a call center was established to answer the questions of the subjects. Nonrespondents were mailed 2 additional requests to join the survey. If a participant submitted an incomplete survey, we asked that the survey be completed again. Ultimately, of the 4000 subjects identified, 1508 (37.7%) responded to the survey. After data cleaning, valid data were obtained from 1461 participants (final response rate: 36.5%). All participants signed an informed consent document before answering the questionnaire, and the study received prior approval from the Tokyo Medical University Ethics Committee.

### Assessment of perceived neighborhood environment

On the self-administered questionnaire, the Neighborhood Environment Walkability Scale–Abbreviated Japanese Version (NEWS–AJ) was used as the environmental measure.<sup>21–23</sup> The NEWS questionnaire was originally developed in the United States to evaluate several neighborhood environmental factors believed to be related to physical activity undertaken for multiple purposes. It has been used in various countries.<sup>24–26</sup> The NEWS–AJ consists of 54 questions that assess 8 neighborhood environmental factors: (1) residential density, (2) land use mix–diversity, (3) land use mix–access, (4) street connectivity, (5) walking and cycling facilities, (6) aesthetics, (7) traffic safety, and (8) crime safety. Several of these factors are related to the concept of walkability, which is the ability to walk from one's home to nearby destinations. "Neighborhood" in this questionnaire meant the area within a 15-minute walk from a participant's residence. A sample of the questions used is shown in the Appendix. Scores on the 8 subscales were calculated by using a standardized scoring manual.<sup>27</sup> Higher scores indicate a more favorable environment for walking. The score for residential density was calculated as the sum of the weighted score of 5 items.<sup>27</sup> Land use mix–diversity was based on the reported walking distance to a list of 23 possible destinations, including shops, services, and recreation facilities. As for the other variables, scores were estimated as the mean of scale items that used a 4-point rating scale (1 = strongly disagree, 4 = strongly agree), including reverse coding of selected items. The psychometric properties of the questionnaire and the process by which it was translated into Japanese were reported in a previous study.<sup>23</sup> The test–retest reliabilities of the 8 subscales were from  $r = 0.76$  to  $r = 0.96$ .

### Assessment of walking

For the assessment of physical activity, a self-administered questionnaire was used. The questionnaire asked participants about their walking frequency (days/week), and average walking duration each day (min/day), with respect to 6 purposes: walking for daily errands, walking for leisure, commuting on foot to work, commuting on foot to school, walking during work, and walking for other purposes. The questionnaire instructed participants to consider all walks that involved at least 5 minutes of continuous activity. Walking time (min/week) was calculated as the product of walking frequency and duration. In this study, 4 variables were examined: (1) neighborhood walking (sum of the duration of 4 types of walking, walking for daily errands, walking for leisure, commuting on foot to work, and commuting on foot to school, min/week), and 3 specific types of walking, namely, (2) walking for daily errands (min/week), (3) walking for leisure (min/week), and (4) commuting on foot to work (min/week). We examined these 3 specific types of walking because they were expected to occur in the participant's neighborhood.

Although commuting to school was also expected to occur in the neighborhood, we excluded this variable from the specific analyses because the present sample included only 31 participants (2.1%) who walked to school. The Spearman correlation coefficient between total walking time (the sum of 6 types of walking time) calculated from the questionnaire and step counts per day, as assessed by accelerometer in a part of the present study sample ( $n = 783$ ), was 0.30 ( $P < 0.001$ ).

### Sociodemographic and other variables

The sex and age of each participant were obtained from the registry of residential addresses of each city. Information on employment status, years of education, height, weight, and self-rated health was obtained by self-report. Body mass index (BMI) was calculated from self-reported weight and height. Self-rated health was measured with a single item that asked participants to rate their health: participants chose the most suitable answer from a 5-point scale—excellent, very good, good, fair, and poor—for the statement, “In general, would you say that your health is...?”.

### Statistical analyses

To examine the association between the neighborhood environment as the independent variable and walking as the dependent variable, odds ratios for active walkers were calculated using logistic regression models. For the analysis, the scores for the 8 environmental variables were converted into tertiles (high/middle/low for residential density and good/fair/poor for the other 7 variables). For each of the 4 walking variables, participants were classified into 2 groups. For neighborhood walking, participants were divided into 2 groups by using the median:  $\leq 90$  min/week or  $> 90$  min/week. Regarding walking for daily errands, walking for leisure, and commuting on foot to work, the proportions of participants who reported walking for these purposes were less than 50%. Thus, participants were divided into 2 groups for each of these purposes: those who walked for a given purpose and those who did not. In the analyses of commuting on foot to work, we used data only from employed participants ( $n = 1083$ ). To calculate odds ratios, the environmental factors expected to be associated with lower levels of walking were used as references (“low” for residential density and “poor” for the other 7 variables), ie, an odds ratio higher than 1.00 indicates the association of an activity-supportive environmental characteristic with active walking. Odds ratios were adjusted by age, sex, location of residence, employment status, educational level, BMI, and self-rated health. Statistical significance was considered to be present when  $P < 0.05$ . All analyses were conducted by using SPSS version 15.0 for Windows (SPSS Inc., Tokyo, Japan).

## RESULTS

Table 1 shows the characteristics of the participants. In the

Table 1. Characteristics of participants

	Overall <i>n</i> = 1461		Men <i>n</i> = 654		Women <i>n</i> = 807	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Age, years						
$\leq 29$	221	15.1	82	12.5	139	17.2
30–39	212	14.5	84	12.8	128	15.9
40–49	307	21.0	136	20.8	171	21.2
50–59	327	22.4	160	24.5	167	20.7
60+	394	27.0	192	29.4	202	25.0
mean $\pm$ SD	48.2 $\pm$ 14.1		49.6 $\pm$ 13.7		47.1 $\pm$ 14.3	
Location of residence						
Tsukuba	366	25.1	177	27.1	189	23.4
Koganei	393	26.9	172	26.3	221	27.4
Shizuoka	382	26.1	168	25.7	214	26.5
Kagoshima	320	21.9	137	20.9	183	22.7
Education, years						
$\leq 12$	600	41.1	268	41.0	332	41.1
13+	861	58.9	386	59.0	475	58.9
Employment status						
Employed	1083	74.1	559	85.5	524	64.9
Not employed	378	25.9	95	14.5	283	35.1
BMI, kg/m <sup>2</sup>						
$\geq 25$	273	18.7	173	26.5	100	12.4
$< 25$	1188	81.3	481	73.5	707	87.6
Mean $\pm$ SD	22.4 $\pm$ 3.2		23.4 $\pm$ 3		21.5 $\pm$ 3.1	
Self-rated health						
Excellent	20	1.4	9	1.4	11	1.4
Very good	182	12.5	78	11.9	104	12.9
Good	577	39.5	245	37.5	332	41.1
Fair	603	41.3	281	43.0	322	39.9
Poor	79	5.4	41	6.3	38	4.7
Neighborhood walking <sup>a</sup>						
No	417	28.9	217	33.4	200	25.2
Yes	1026	71.1	432	66.6	594	74.8
Mean $\pm$ SD <sup>b</sup> , min/week	209 $\pm$ 185		203 $\pm$ 176		214 $\pm$ 191	
Walking for daily errands						
No	837	57.3	468	71.6	369	45.7
Yes	624	42.7	186	28.4	438	54.3
Mean $\pm$ SD <sup>b</sup> , min/week	121 $\pm$ 126		91 $\pm$ 101		134 $\pm$ 133	
Walking for leisure						
No	949	65.0	438	67.0	511	63.3
Yes	512	35.0	216	33.0	296	36.7
Mean $\pm$ SD <sup>b</sup> , min/week	180 $\pm$ 168		194 $\pm$ 180		170 $\pm$ 157	
Commuting on foot to work						
No	1038	71.0	426	65.1	612	75.8
Yes	423	29.0	228	34.9	195	24.2
Mean $\pm$ SD <sup>b</sup> , min/week	111 $\pm$ 90		123 $\pm$ 99		98 $\pm$ 76	
Commuting on foot to school						
No	1430	97.9	641	98.0	789	97.8
Yes	31	2.1	13	2.0	18	2.2
Mean $\pm$ SD <sup>b</sup> , min/week	106 $\pm$ 77		114 $\pm$ 83		101 $\pm$ 75	

<sup>a</sup>Neighborhood walking was defined as the sum of walking for daily errands, walking for leisure, commuting on foot to work, and commuting on foot to school.

<sup>b</sup>Mean  $\pm$  SD indicates walking time for participants who did each type of walking.

overall sample, 44.8% were men. The mean age  $\pm$  standard deviation (SD) was 48.2  $\pm$  14.1 years. The sample included participants of Tsukuba (25.1%), Koganei (26.9%), Shizuoka (26.1%), and Kagoshima (21.9%). The proportion of overweight participants (BMI  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup>) was 26.5% of men and 12.4% of women. The proportions of participants who

**Table 2. Number and proportion of participants in each environmental category**

Range of category <sup>a</sup>	Overall n = 1461		Men n = 654		Women n = 807	
	n	%	n	%	n	%
<b>Residential density (5–805)<sup>b</sup></b>						
High 259<	432	29.8	178	27.5	254	31.8
Medium 184<, ≤259	514	35.5	234	36.1	280	35.0
Low ≤184	502	34.7	236	36.4	266	33.3
Mean ± SD	248 ± 96		242 ± 93		252 ± 98	
<b>Land use mix–diversity (1–5)<sup>b</sup></b>						
Good 3.41<	471	32.8	214	33.3	257	32.4
Fair 2.57<, ≤3.41	483	33.7	211	32.9	272	34.3
Poor ≤2.57	481	33.5	217	33.8	264	33.3
Mean ± SD	2.95 ± 0.87		2.94 ± 0.84		2.96 ± 0.88	
<b>Land use mix–access (1–4)<sup>b</sup></b>						
Good 3.14<	479	33.1	204	31.6	275	34.3
Fair 2.57<, ≤3.14	484	33.4	213	33.0	271	33.8
Poor ≤2.57	485	33.5	229	35.4	256	31.9
Mean ± SD	2.87 ± 0.63		2.85 ± 0.63		2.90 ± 0.64	
<b>Street connectivity (1–4)<sup>b</sup></b>						
Good 3.00<	436	30.3	192	29.8	244	30.7
Fair 2.70<, ≤3.00	540	37.6	233	36.2	307	38.7
Poor ≤2.70	462	32.1	219	34.0	243	30.6
Mean ± SD	2.80 ± 0.73		2.76 ± 0.77		2.83 ± 0.7	
<b>Walking/cycling facilities (1–4)<sup>b</sup></b>						
Good 2.40<	473	32.8	195	30.3	278	34.9
Fair 1.80<, ≤2.40	457	31.7	219	34.0	238	29.9
Poor ≤1.80	510	35.4	230	35.7	280	35.2
Mean ± SD	2.20 ± 0.65		2.17 ± 0.63		2.22 ± 0.67	
<b>Aesthetics (1–4)<sup>b</sup></b>						
Good 2.80<	557	38.6	233	36.1	324	40.6
Fair 2.30<, ≤2.80	443	30.7	198	30.7	245	30.7
Poor ≤2.30	443	30.7	214	33.2	229	28.7
Mean ± SD	2.48 ± 0.67		2.42 ± 0.66		2.52 ± 0.66	
<b>Traffic safety (1–4)<sup>b</sup></b>						
Good 3.00<	496	34.2	197	30.4	299	37.3
Fair 2.50<, ≤3.00	548	37.8	263	40.6	285	35.5
Poor ≤2.50	406	28.0	188	29.0	218	27.2
Mean ± SD	2.67 ± 0.54		2.63 ± 0.55		2.70 ± 0.54	
<b>Crime safety (1–4)<sup>b</sup></b>						
Good 3.17<	585	40.3	267	41.2	318	39.6
Fair 2.83<, ≤3.17	445	30.7	211	32.6	234	29.1
Poor ≤2.83	421	29.0	170	26.2	251	31.3
Mean ± SD	2.97 ± 0.46		2.98 ± 0.45		2.96 ± 0.47	

<sup>a</sup>Classification of categories was by tertiles.

<sup>b</sup>Figures in parentheses indicate score ranges.

reported neighborhood walking, walking for daily errands, walking for leisure, and commuting on foot to work were 71.1%, 42.7%, 35.0%, and 29.0%, respectively.

Table 2 shows the mean scores and SDs for the 8 environmental variables. The tertiles of these variables are also indicated, and participants were categorized into 3 groups.

Table 3 shows the odds ratios for active walkers by environmental factor in the overall sample. Four environmental variables (high residential density, fair land use mix–diversity, good walking/cycling facilities, and good aesthetics) were significantly associated with neighborhood walking. Participants were more likely to walk when they perceived that there was high residential density (odds ratio,

1.47; 95% confidence interval, 1.11–1.96), fair land use mix–diversity (1.37, 1.04–1.81), good walking/cycling facilities (1.56, 1.19–2.04), and good aesthetics (1.49, 1.14–1.95). Regarding walking for particular purposes, there were specific associations between environment and walking. Active walking for daily errands was associated with 6 categories in 4 environmental variables: high residential density, good and fair land use mix–diversity, good and fair land use mix–access, and good street connectivity. In contrast, the environmental factors that were significantly associated with walking for leisure were different, and included good walking/cycling facilities, good and fair aesthetics, and good and fair traffic safety. The results regarding commuting on foot to work were similar to those for walking for daily errands: 3 environmental variables were significant—high residential density, good land use mix–diversity, and good land use mix–access.

Analyses stratified by sex (men, Table 4; women, Table 5) revealed some differences between men and women. Walking for daily errands and commuting on foot to work were associated with a higher number of environmental variables in women than in men. In men, there was no significant association between environment and commuting on foot to work. In the analyses of walking for leisure, the associations between environment and walking also differed by sex. Among men, those who perceived good and fair walking/cycling facilities, good aesthetics, and good traffic safety tended to walk for leisure; among women, high residential density, good land use mix–diversity, and good and fair aesthetics were significantly associated with this type of walking. An interesting unexpected result was that women who reported high residential density and good land use mix–diversity walked less for leisure.

## DISCUSSION

In the present study, the perceived environmental features of a neighborhood were associated with walking in that neighborhood. In addition, the environmental variables associated with walking differed with regard to the purpose for walking, which was consistent with previous studies.<sup>10,11</sup> Walking for transportation (ie, errands and commuting to work) was associated with neighborhood walkability, as defined by high residential density, mixed land use, and good street connectivity. Walking for leisure was associated with the quality of pedestrian facilities, neighborhood aesthetics, and traffic safety.

Because sex differences in the associations between environment and physical activity have not been widely studied, those observed in the present study are of particular interest. Sex-specific analyses revealed significant associations between environment and commuting on foot to work only in women. The reasons for this are unclear. One possible reason is that women are more likely to work within walking

Table 3. Odds ratios for active walkers by environmental factors (all respondents)

	Neighborhood walking n = 1443			Walking for daily errands n = 1461			Walking for leisure n = 1461			Commuting on foot to work n = 1083 <sup>e</sup>		
	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>b</sup> (95% CI)	P value
<b>Residential density</b>												
High	57.6 (246/427)	1.47 (1.11, 1.96)	0.008	54.4 (235/432)	2.09 (1.56, 2.81)	<0.001	33.8 (146/432)	0.94 (0.70, 1.26)	0.677	51.1 (162/317)	1.99 (1.41, 2.81)	<0.001
Medium	49.4 (252/510)	1.12 (0.85, 1.46)	0.424	41.8 (215/514)	1.30 (0.98, 1.72)	0.067	35.4 (182/514)	1.02 (0.78, 1.35)	0.868	38.8 (149/384)	1.26 (0.90, 1.76)	0.171
Low	43.6 (216/495)	1.00		33.9 (170/502)	1.00		35.3 (177/502)	1.00		27.3 (102/373)	1.00	
<b>Land use mix-diversity</b>												
Good	54.1 (251/464)	1.19 (0.89, 1.60)	0.238	48.4 (228/471)	1.69 (1.25, 2.30)	<0.001	34.8 (164/471)	0.93 (0.68, 1.27)	0.643	47.6 (162/340)	1.51 (1.06, 2.16)	0.023
Fair	55.0 (264/480)	1.37 (1.04, 1.81)	0.027	46.2 (223/483)	1.53 (1.14, 2.05)	0.004	37.9 (183/483)	1.17 (0.88, 1.57)	0.278	39.1 (140/358)	1.05 (0.74, 1.49)	0.769
Poor	41.2 (195/473)	1.00		34.1 (164/481)	1.00		32.6 (157/481)	1.00		29.6 (108/365)	1.00	
<b>Land use mix-access</b>												
Good	56.2 (266/473)	1.33 (1.00, 1.78)	0.053	52.2 (250/479)	2.11 (1.56, 2.84)	<0.001	37.0 (177/479)	1.01 (0.75, 1.36)	0.944	47.6 (157/330)	1.68 (1.18, 2.38)	0.004
Fair	51.1 (247/483)	1.17 (0.89, 1.55)	0.257	43.8 (212/484)	1.55 (1.16, 2.06)	0.003	35.1 (170/484)	1.00 (0.75, 1.34)	0.988	38.0 (139/366)	1.14 (0.81, 1.60)	0.441
Poor	42.9 (204/475)	1.00		33.0 (160/485)	1.00		33.0 (160/485)	1.00		30.9 (116/376)	1.00	
<b>Street connectivity</b>												
Good	50.6 (219/433)	1.01 (0.77, 1.34)	0.924	47.0 (205/436)	1.43 (1.07, 1.91)	0.015	36.5 (159/436)	1.05 (0.79, 1.40)	0.750	36.7 (115/313)	0.98 (0.70, 1.39)	0.929
Fair	52.1 (279/536)	1.11 (0.85, 1.45)	0.440	45.0 (243/540)	1.28 (0.97, 1.68)	0.080	34.3 (185/540)	1.03 (0.79, 1.36)	0.811	44.1 (179/406)	1.31 (0.95, 1.80)	0.097
Poor	47.6 (215/452)	1.00		37.0 (171/462)	1.00		34.6 (160/462)	1.00		33.8 (117/346)	1.00	
<b>Walking/cycling facilities</b>												
Good	55.8 (261/468)	1.56 (1.19, 2.04)	0.001	46.9 (222/473)	1.26 (0.96, 1.65)	0.100	39.1 (185/473)	1.47 (1.11, 1.93)	0.006	42.0 (144/343)	1.36 (0.99, 1.88)	0.059
Fair	50.9 (230/452)	1.22 (0.93, 1.60)	0.150	43.1 (197/457)	1.13 (0.86, 1.49)	0.381	35.0 (160/457)	1.21 (0.92, 1.61)	0.177	41.4 (139/336)	1.19 (0.86, 1.65)	0.298
Poor	44.3 (223/503)	1.00		39.2 (200/510)	1.00		31.0 (158/510)	1.00		33.2 (129/389)	1.00	
<b>Aesthetics</b>												
Good	57.8 (318/550)	1.49 (1.14, 1.95)	0.004	48.1 (268/557)	1.28 (0.97, 1.69)	0.079	43.4 (242/557)	2.22 (1.66, 2.97)	<0.001	40.8 (162/397)	1.03 (0.74, 1.42)	0.882
Fair	46.7 (204/437)	0.99 (0.75, 1.31)	0.942	41.5 (184/443)	1.04 (0.78, 1.39)	0.774	34.3 (152/443)	1.57 (1.16, 2.12)	0.004	38.0 (127/334)	0.90 (0.65, 1.27)	0.561
Poor	43.6 (191/438)	1.00		37.7 (167/443)	1.00		25.1 (111/443)	1.00		36.1 (122/338)	1.00	
<b>Traffic safety</b>												
Good	54.0 (263/487)	1.02 (0.77, 1.35)	0.895	43.3 (215/496)	0.87 (0.65, 1.17)	0.356	39.3 (195/496)	1.48 (1.10, 2.00)	0.009	41.8 (150/359)	1.08 (0.77, 1.51)	0.675
Fair	49.1 (265/540)	0.93 (0.71, 1.22)	0.591	43.4 (238/548)	0.99 (0.75, 1.31)	0.949	36.7 (201/548)	1.39 (1.04, 1.86)	0.025	36.9 (146/396)	0.92 (0.66, 1.28)	0.631
Poor	46.4 (188/405)	1.00		41.1 (167/406)	1.00		27.3 (111/406)	1.00		36.1 (116/321)	1.00	
<b>Crime safety</b>												
Good	50.4 (293/581)	1.03 (0.79, 1.36)	0.816	43.2 (253/585)	1.05 (0.8, 1.39)	0.721	36.6 (214/585)	1.07 (0.81, 1.42)	0.618	40.5 (169/417)	1.22 (0.87, 1.69)	0.245
Fair	51.6 (225/436)	1.14 (0.86, 1.52)	0.366	42.7 (190/445)	1.05 (0.79, 1.41)	0.721	35.5 (158/445)	1.14 (0.85, 1.53)	0.375	37.1 (125/337)	0.91 (0.65, 1.28)	0.590
Poor	47.8 (199/416)	1.00		42.5 (179/421)	1.00		32.3 (136/421)	1.00		36.6 (118/322)	1.00	

Abbreviations: OR, odds ratio; CI, confidence interval.

<sup>a</sup>Odds ratios were calculated after adjustment for age, sex, location of residence, employment status, education, BMI, and self-rated health.<sup>b</sup>Odds ratios were calculated after adjustment for age, sex, location of residence, education, BMI, and self-rated health.<sup>c</sup>For the 4 respective categories, an active walker was defined as a respondent who reported neighborhood walking >90 min/week, walking for daily errands, walking for leisure, or walking to work.<sup>d</sup>Figures in parentheses indicate (number of active walkers/number of participants in category).<sup>e</sup>Commuting on foot to work was examined only among the 1083 participants who were employed.

Table 4. Odds ratios for active walkers by environmental factors (men)

	Neighborhood walking n = 649			Walking for daily errands n = 654			Walking for leisure n = 654			Commuting on foot to work n = 559 <sup>a</sup>		
	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value
<b>Residential density</b>												
High	54.2 (96/177)	1.47 (0.95, 2.27)	0.083	36.5 (65/178)	1.74 (1.09, 2.76)	0.020	37.6 (67/178)	1.56 (0.99, 2.47)	0.056	48.4 (75/155)	1.33 (0.81, 2.18)	0.264
Medium	42.9 (100/233)	0.87 (0.58, 1.31)	0.503	29.5 (69/234)	1.20 (0.77, 1.88)	0.419	28.2 (66/234)	0.84 (0.54, 1.30)	0.439	43.7 (66/197)	1.18 (0.74, 1.88)	0.486
Low	40.8 (95/233)	1.00		22.0 (52/236)	1.00		33.5 (79/236)	1.00		31.2 (63/202)	1.00	
<b>Land use mix-diversity</b>												
Good	50.5 (107/212)	1.36 (0.87, 2.14)	0.180	29.0 (62/214)	1.21 (0.73, 1.99)	0.457	36.9 (79/214)	1.53 (0.95, 2.48)	0.081	48.3 (86/178)	1.34 (0.79, 2.27)	0.280
Fair	51.2 (108/211)	1.67 (1.09, 2.58)	0.019	35.5 (75/211)	1.70 (1.07, 2.71)	0.026	33.6 (71/211)	1.58 (1.00, 2.51)	0.052	44.0 (80/182)	1.20 (0.73, 1.97)	0.475
Poor	35.0 (75/214)	1.00		21.2 (46/217)	1.00		28.6 (62/217)	1.00		29.6 (56/189)	1.00	
<b>Land use mix-access</b>												
Good	51.5 (104/202)	1.37 (0.88, 2.13)	0.162	35.8 (73/204)	1.88 (1.17, 3.02)	0.009	35.8 (73/204)	1.41 (0.88, 2.26)	0.155	48.2 (81/168)	1.07 (0.64, 1.80)	0.784
Fair	46.9 (100/213)	1.11 (0.73, 1.67)	0.633	29.6 (63/213)	1.42 (0.90, 2.24)	0.135	34.3 (73/213)	1.23 (0.79, 1.91)	0.369	37.5 (69/184)	0.71 (0.44, 1.16)	0.175
Poor	39.4 (89/226)	1.00		21.8 (50/229)	1.00		29.3 (67/229)	1.00		36.8 (74/201)	1.00	
<b>Street connectivity</b>												
Good	43.8 (84/192)	0.83 (0.54, 1.26)	0.381	27.6 (53/192)	1.05 (0.66, 1.66)	0.831	33.3 (64/192)	1.01 (0.65, 1.58)	0.965	36.6 (59/161)	0.71 (0.43, 1.16)	0.173
Fair	48.7 (113/232)	1.08 (0.72, 1.62)	0.701	33.5 (78/233)	1.42 (0.92, 2.18)	0.111	32.2 (75/233)	1.20 (0.78, 1.84)	0.415	46.3 (94/203)	1.06 (0.67, 1.68)	0.803
Poor	44.7 (96/215)	1.00		25.1 (55/219)	1.00		33.3 (73/219)	1.00		38.0 (71/187)	1.00	
<b>Walking/cycling facilities</b>												
Good	50.5 (98/194)	1.72 (1.13, 2.61)	0.011	29.7 (58/195)	1.10 (0.71, 1.71)	0.677	38.5 (75/195)	1.90 (1.22, 2.95)	0.005	42.7 (70/164)	1.25 (0.78, 2.00)	0.363
Fair	48.6 (106/218)	1.46 (0.98, 2.19)	0.066	31.1 (68/219)	1.16 (0.76, 1.77)	0.499	33.8 (74/219)	1.56 (1.01, 2.40)	0.045	43.2 (80/185)	1.07 (0.67, 1.71)	0.762
Poor	38.8 (88/227)	1.00		26.1 (60/230)	1.00		27.0 (62/230)	1.00		36.6 (74/202)	1.00	
<b>Aesthetics</b>												
Good	53.7 (124/231)	1.41 (0.93, 2.12)	0.102	33.9 (79/233)	1.36 (0.88, 2.11)	0.163	39.1 (91/233)	1.76 (1.13, 2.74)	0.013	46.3 (93/201)	1.24 (0.77, 1.99)	0.370
Fair	41.3 (81/196)	0.94 (0.62, 1.44)	0.785	26.3 (52/198)	0.96 (0.61, 1.51)	0.853	32.8 (65/198)	1.42 (0.90, 2.25)	0.128	38.2 (65/170)	0.97 (0.60, 1.58)	0.910
Poor	40.8 (87/213)	1.00		25.7 (55/214)	1.00		26.6 (57/214)	1.00		35.4 (64/181)	1.00	
<b>Traffic safety</b>												
Good	50.0 (97/194)	1.26 (0.81, 1.95)	0.303	26.4 (52/197)	0.76 (0.47, 1.21)	0.245	38.6 (76/197)	1.65 (1.03, 2.64)	0.039	44.2 (72/163)	1.19 (0.72, 1.97)	0.487
Fair	47.5 (124/261)	1.18 (0.76, 1.78)	0.426	30.0 (79/263)	0.95 (0.62, 1.46)	0.817	35.4 (93/263)	1.48 (0.95, 2.32)	0.086	40.4 (90/223)	1.04 (0.65, 1.66)	0.877
Poor	38.3 (72/188)	1.00		28.7 (54/188)	1.00		23.9 (45/188)	1.00		35.7 (60/168)	1.00	
<b>Crime safety</b>												
Good	42.9 (114/266)	0.83 (0.55, 1.27)	0.400	25.8 (69/267)	0.67 (0.43, 1.05)	0.081	35.6 (95/267)	1.35 (0.85, 2.13)	0.201	40.5 (92/227)	1.00 (0.62, 1.62)	0.999
Fair	49.5 (103/208)	1.10 (0.71, 1.70)	0.682	28.9 (61/211)	0.77 (0.49, 1.21)	0.261	35.1 (74/211)	1.47 (0.92, 2.37)	0.108	38.0 (68/179)	0.71 (0.43, 1.18)	0.191
Poor	45.0 (76/169)	1.00		32.4 (55/170)	1.00		26.5 (45/170)	1.00		41.9 (62/148)	1.00	

Abbreviations: OR, odds ratio; CI, confidence interval.

<sup>a</sup>Odds ratios were calculated after adjustment for age, sex, location of residence, employment status, education, BMI, and self-rated health.

<sup>b</sup>Odds ratios were calculated after adjustment for age, sex, location of residence, education, BMI, and self-rated health.

<sup>c</sup>For the 4 respective categories, an active walker was defined as a respondent who reported neighborhood walking >90 min/week, walking for daily errands, walking for leisure, or walking to work.

<sup>d</sup>Figures in parentheses indicate (number of active walkers/number of participants in category).

<sup>e</sup>Commuting on foot to work was examined only among the 559 participants who were employed.

Table 5. Odds ratios for active walkers by environmental factors (women)

	Neighborhood walking n = 794			Walking for daily errands n = 807			Walking for leisure n = 807			Commuting on foot to work n = 524 <sup>a</sup>		
	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value	% of active walkers <sup>c,d</sup>	OR <sup>a</sup> (95% CI)	P value
<b>Residential density</b>												
High	60.0 (150/250)	1.49 (1.02, 2.18)	0.038	66.9 (170/254)	2.35 (1.60, 3.43)	<0.001	31.1 (79/254)	0.64 (0.43, 0.96)	0.029	53.7 (87/162)	3.29 (1.97, 5.49)	<0.001
Medium	54.9 (152/277)	1.35 (0.93, 1.95)	0.111	52.1 (146/280)	1.32 (0.92, 1.90)	0.127	41.4 (116/280)	1.12 (0.77, 1.62)	0.566	33.7 (63/187)	1.45 (0.87, 2.40)	0.153
Low	46.2 (121/262)	1.00		44.4 (118/266)	1.00		36.8 (98/266)	1.00		22.8 (39/171)	1.00	
<b>Land use mix-diversity</b>												
Good	57.1 (144/252)	1.10 (0.74, 1.63)	0.643	64.6 (166/257)	2.14 (1.44, 3.17)	<0.001	33.1 (85/257)	0.63 (0.41, 0.95)	0.027	46.9 (76/162)	1.77 (1.07, 2.94)	0.026
Fair	58.0 (156/269)	1.21 (0.84, 1.76)	0.310	54.4 (148/272)	1.38 (0.95, 1.99)	0.092	41.2 (112/272)	0.96 (0.65, 1.40)	0.822	34.1 (60/176)	1.01 (0.61, 1.67)	0.960
Poor	46.3 (120/259)	1.00		44.7 (118/264)	1.00		36.0 (95/264)	1.00		29.5 (52/176)	1.00	
<b>Land use mix-access</b>												
Good	59.8 (162/271)	1.35 (0.91, 1.98)	0.131	64.4 (177/275)	2.28 (1.55, 3.35)	<0.001	37.8 (104/275)	0.78 (0.52, 1.16)	0.216	46.9 (76/162)	2.83 (1.67, 4.80)	<0.001
Fair	54.4 (147/270)	1.22 (0.84, 1.78)	0.298	55.0 (149/271)	1.63 (1.12, 2.36)	0.010	35.8 (97/271)	0.80 (0.54, 1.17)	0.249	38.5 (70/182)	1.98 (1.19, 3.29)	0.008
Poor	46.2 (115/249)	1.00		43.0 (110/256)	1.00		36.3 (93/256)	1.00		24.0 (42/175)	1.00	
<b>Street connectivity</b>												
Good	56.0 (135/241)	1.19 (0.81, 1.75)	0.364	62.3 (152/244)	1.78 (1.22, 2.60)	0.003	38.9 (95/244)	1.08 (0.73, 1.59)	0.704	36.8 (56/152)	1.28 (0.77, 2.13)	0.336
Fair	54.6 (166/304)	1.14 (0.80, 1.63)	0.478	53.7 (165/307)	1.20 (0.85, 1.71)	0.307	35.8 (110/307)	0.97 (0.67, 1.40)	0.857	41.9 (85/203)	1.61 (1.01, 2.57)	0.048
Poor	50.2 (119/237)	1.00		47.7 (116/243)	1.00		35.8 (87/243)	1.00		28.9 (46/159)	1.00	
<b>Walking/cycling facilities</b>												
Good	59.5 (163/274)	1.53 (1.07, 2.18)	0.020	59.0 (164/278)	1.35 (0.95, 1.91)	0.091	39.6 (110/278)	1.24 (0.87, 1.79)	0.239	41.3 (74/179)	1.54 (0.97, 2.43)	0.065
Fair	53.0 (124/234)	1.08 (0.75, 1.57)	0.669	54.2 (129/238)	1.09 (0.76, 1.57)	0.636	36.1 (86/238)	1.02 (0.70, 1.49)	0.928	39.1 (59/151)	1.40 (0.87, 2.26)	0.171
Poor	48.9 (135/276)	1.00		50.0 (140/280)	1.00		34.3 (96/280)	1.00		29.4 (55/187)	1.00	
<b>Aesthetics</b>												
Good	60.8 (194/319)	1.59 (1.10, 2.30)	0.013	58.3 (189/324)	1.24 (0.87, 1.77)	0.239	46.6 (151/324)	2.83 (1.90, 4.22)	<0.001	35.2 (69/196)	0.79 (0.49, 1.27)	0.335
Fair	51.0 (123/241)	1.02 (0.7, 1.5)	0.914	53.9 (132/245)	1.10 (0.76, 1.60)	0.613	35.5 (87/245)	1.69 (1.11, 2.57)	0.014	37.8 (62/164)	0.87 (0.54, 1.42)	0.578
Poor	46.2 (104/225)	1.00		48.9 (112/229)	1.00		23.6 (54/229)	1.00		36.9 (58/157)	1.00	
<b>Traffic safety</b>												
Good	56.7 (166/293)	0.82 (0.56, 1.20)	0.317	54.5 (163/299)	0.95 (0.65, 1.37)	0.768	39.8 (119/299)	1.26 (0.85, 1.87)	0.248	39.8 (78/196)	0.95 (0.59, 1.53)	0.835
Fair	50.5 (141/279)	0.72 (0.49, 1.04)	0.083	55.8 (159/285)	1.02 (0.70, 1.47)	0.928	37.9 (108/285)	1.23 (0.83, 1.82)	0.299	32.4 (56/173)	0.80 (0.49, 1.30)	0.372
Poor	53.5 (116/217)	1.00		51.8 (113/218)	1.00		30.3 (66/218)	1.00		36.6 (56/153)	1.00	
<b>Crime safety</b>												
Good	56.8 (179/315)	1.23 (0.85, 1.76)	0.272	57.9 (184/318)	1.41 (0.99, 2.01)	0.059	37.4 (119/318)	0.96 (0.67, 1.40)	0.844	40.5 (77/190)	1.35 (0.85, 2.16)	0.208
Fair	53.5 (122/228)	1.14 (0.78, 1.66)	0.504	55.1 (129/234)	1.28 (0.88, 1.86)	0.190	35.9 (84/234)	0.98 (0.66, 1.44)	0.909	36.1 (57/158)	1.02 (0.63, 1.66)	0.930
Poor	49.8 (123/247)	1.00		49.4 (124/251)	1.00		36.3 (91/251)	1.00		32.2 (56/174)	1.00	

Abbreviations: OR, odds ratio; CI, confidence interval.

<sup>a</sup>Odds ratios were calculated after adjustment for age, sex, location of residence, employment status, education, BMI, and self-rated health.<sup>b</sup>Odds ratios were calculated after adjustment for age, sex, location of residence, education, BMI, and self-rated health.<sup>c</sup>For the 4 respective categories, an active walker was defined as a respondent who reported neighborhood walking >90 min/week, walking for daily errands, walking for leisure, or walking to work.<sup>d</sup>Figures in parentheses indicate (number of active walkers/number of participants in category).<sup>e</sup>Commuting on foot to work was examined only among the 524 participants who were employed.



distance. The association between environment and walking for daily errands was also stronger and more consistent in women than in men, most likely because women play a greater role in managing households, and have more opportunities to walk for errands such as shopping, than do men. Because of this, neighborhood features may have been more important for this type of walking in women than in men.

There were some unexpected findings in women. High residential density and good land use mix–diversity were both associated with less leisure walking among women. These results have 2 implications. One possibility is that high residential density and good land use mix–diversity, which were consistently related to walking for transportation in previous studies,<sup>11</sup> might create a less desirable environment for leisure walking. Leisure walking is generally faster and more continuous than transport walking. Very high residential density and a good land use mix could generate excess car and pedestrian traffic, thereby interfering with leisure walking. These results were not observed in studies conducted in the United States and Australia, probably because residential density is usually lower and land use mix is less diverse in these countries. We find it interesting that a particular environmental feature could promote 1 type of walking while inhibiting another. This finding also confirms the importance of examining purpose-specific walking in environmental studies. The second implication of the abovementioned findings is that styles of leisure walking might differ by sex. For example, women walking for leisure might seek out relaxing places and avoid high-density areas and mixed-use environments in order to escape people and distractions, while men may prefer more densely populated neighborhoods and convenient places for leisure walking, perhaps because they are not adversely affected by these environmental characteristics.

In a meta-analysis of 16 studies, Duncan reported that 4 environmental factors—physical activity facilities, sidewalks, shops and services (a variable similar to land use mix–diversity in the present study), and traffic safety—were associated with physical activity.<sup>28</sup> Owen reviewed 18 studies that examined environmental correlates of walking and observed that aesthetic attributes, facilities for walking (sidewalks, trails), accessibility of destinations (similar to land use mix–diversity in this study), perception of traffic, and busy roads were associated with walking for particular purposes.<sup>10</sup> This review also found that environmental factors associated with walking for exercise/leisure were different from those associated with walking for transport. Saelens and Handy showed that the findings from previous studies were confirmed in more recent investigations.<sup>11</sup> Although the present study is the first to find that high residential density and mixed land use could interfere with leisure walking among women, our results were generally consistent with those of earlier studies. Thus, results regarding

the environmental correlates of walking and the specific environmental associations with different purposes for walking are generalizable to the Japanese population. This is an important finding because the physical and cultural environments in Japan differ from those of the Western countries in which previous studies were conducted. Among Japanese adults, living in walkable communities, as defined by high residential density, good land use mix, and good street connectivity, is an important factor in walking for transport, while walking facilities (eg, sidewalks), aesthetics, and traffic safety are important factors in walking for leisure. These are robust findings across countries.

The results regarding crime safety have been inconsistent. In Duncan's meta-analysis, no significant association was observed between crime safety and physical activity.<sup>28</sup> However, some previous studies reported associations between crime safety and physical activity,<sup>29,30</sup> and differences between sexes in these associations. Specifically, crime safety was associated with physical activity among women. We, too, examined sex-specific associations between perception of crime safety and walking; however, no significant association was identified for either sex. In Japan, variations in the perception of crime safety may be insufficient to demonstrate associations, as the country is generally perceived to be safe. Studies in a wider range of environments might more clearly illuminate the relationship between crime and physical activity.

There are several limitations in this study. First, the study was cross-sectional, so we are unable to address the direction of causality. Longitudinal or intervention studies are therefore needed in future research. Second, both environmental and walking measures were based on self-reports. We acknowledge the possibility of a discrepancy between perception and reality, even though the measures have been validated.<sup>21–23</sup> Third, the response rate was somewhat low, which might have resulted in selection bias. If we assume that these participants tended to have healthier lifestyles and greater motivation and skills to overcome environmental barriers to walking, as compared with the general population, then they may walk regularly even in a poor environment. If so, this study would underestimate the association of environmental factors with walking behavior. Studies with a higher response rate and less selection bias will enhance rigor in this field of research. Fourth, participants lived in central and western Japan, not in the colder northern region of the country. Climate may be an independent determinant of walking or an effect modifier of the associations between environment and walking. To ascertain the generalizability of the findings, studies encompassing a wider range of environments are needed.

In spite of these limitations, the present study offers new evidence on physical activity and environment in Japan, and helps to fill a large gap in the data from non-Western countries. The results revealed specific environment—walking

## Appendix. Sample items on the Neighborhood Environment Walkability Scale—Abbreviated Japanese Version

Environmental factors	Number of items	Score range	Sample items	Choices
Residential density	5	5–805	How common are detached single-family residences in your immediate neighborhood? How common are apartments or condos of 1–3 stories in your immediate neighborhood?	1. None 2. A few 3. Some 4. Most 5. All
Land use mix–diversity	23	1–5	About how long would it take to get from your home to the nearest businesses or facilities listed below if you walked to them? Please put only one check mark for each business or facility. -convenience/small grocery store -elementary school -bank/credit union -park	1. 1–5 min 2. 6–10 min 3. 11–20 min 4. 20–30 min 5. 30+ min 6. don't know
Land use mix–access	6	1–4	Stores are within easy walking distance of my home. There are many places to go within easy walking distance of my home.	
Street connectivity	3	1–4	The distance between intersections in my neighborhood is usually short (100 yards or less; the length of a football field or less). There are many alternative routes for getting from place to place in my neighborhood. (I don't have to go the same way every time.)	
Walking/cycling facilities	4	1–4	There are sidewalks on most of the streets in my neighborhood. There is a grass/dirt strip that separates the streets from the sidewalks in my neighborhood.	1. strongly disagree 2. somewhat disagree 3. somewhat agree 4. strongly agree
Aesthetics	4	1–4	There are many attractive natural sights in my neighborhood (such as landscaping, views). There are attractive buildings/homes in my neighborhood.	
Traffic safety	4	1–4	There is so much traffic along nearby streets that it makes it difficult or unpleasant to walk in my neighborhood. The speed of traffic on most nearby streets is usually slow (30 mph or less).	
Crime safety	5	1–4	My neighborhood streets are well lit at night. Walkers and bikers on the streets in my neighborhood can be easily seen by people in their homes.	

relationships and contributed to understanding the environmental correlates of our most common physical activity—walking.

### Conclusion

The association of neighborhood environment with walking differed by the purpose for walking. The results of the present study were generally consistent with those of studies conducted in Western countries. However, there were some differences, eg, high residential density and good land use mix were associated with less leisure walking among Japanese women. The findings suggest possible targets for interventions that aim to promote walking.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by a Grant-in-Aid from the Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare (Comprehensive Research on Prevention of Cardiovascular Diseases and Other Lifestyle Related Diseases: H19-Junkankitou-Ippan-008 and

H20-Junkankitou-Ippan-001) and a Grant-in-Aid for Scientific Research, (C): 17590556, from the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. All the authors declare that they have no conflicts of interest, including related directorships, stock holdings, or contracts.

### REFERENCES

1. U.S. Department of Health and Human Services. Physical activity and health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA; 1996.
2. Hayasaka S, Shibata Y, Ishikawa S, Kayaba K, Gotoh T, Noda T, et al. Physical activity and all-cause mortality in Japan: the Jichi Medical School (JMS) Cohort Study. *J Epidemiol.* 2009;19:24–7.
3. Fujita K, Takahashi H, Miura C, Ohkubo T, Sato Y, Ugajin T, et al. Walking and mortality in Japan: the Miyagi Cohort Study. *J Epidemiol.* 2004;14 Suppl 1:S26–32.
4. Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan. The national health and nutrition survey 2005. Available from: <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou07/01.html> [accessed 5 July

- 2009] (in Japanese).
5. World Health Organization. The world health report 2002: Geneva, Switzerland; 2002.
  6. World Health Organization. A guide for population-based approaches to increasing levels of physical activity: Implementation of the WHO global strategy on diet, physical activity and health. Geneva, Switzerland, Author; 2007.
  7. Trost SG, Owen N, Bauman AE, Sallis JF, Brown W. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:1996-2001.
  8. Hill JO, Wyatt HR, Reed GW, Peters JC. Obesity and the environment: where do we go from here? *Science.* 2003;299:853-5.
  9. Humpel N, Owen N, Leslie E. Environmental factors associated with adults' participation in physical activity: a review. *Am J Prev Med.* 2002;22:188-99.
  10. Owen N, Humpel N, Leslie E, Bauman A, Sallis JF. Understanding environmental influences on walking; Review and research agenda. *Am J Prev Med.* 2004;27:67-76.
  11. Saelens BE, Handy SL. Built environment correlates of walking: a review. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(7 Suppl):S550-66.
  12. Wendel-Vos W, Droomers M, Kremers S, Brug J, van Lenthe F. Potential environmental determinants of physical activity in adults: a systematic review. *Obes Rev.* 2007;8:425-40.
  13. Sallis JF, Bowles HR, Bauman A, Ainsworth BE, Bull FC, Craig CL, et al. Neighborhood environments and physical activity among adults in 11 countries. *Am J Prev Med.* 2009;36:484-90.
  14. Sallis JF, Owen N, Fisher EB. Ecological models of health behavior. In: Glanz K, Rimer BK, Viswanath K, editors. *Health Behavior and Health Education: Theory, Research, and Practice*, 4th edition. San Francisco: Jossey-Bass; 2008. p. 465-486.
  15. Hill JO, Sallis JF, Peters JC. Economic analysis of eating and physical activity: a next step for research and policy change. *Am J Prev Med.* 2004;27(3 Suppl):111-6.
  16. Marcus BH, Williams DM, Dubbert PM, Sallis JF, King AC, Yancey AK, et al. Physical activity intervention studies: what we know and what we need to know: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity); Council on Cardiovascular Disease in the Young; and the Interdisciplinary Working Group on Quality of Care and Outcomes Research. *Circulation.* 2006 Dec 12;114(24):2739-52.
  17. Takano T, Nakamura K, Watanabe M. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. *J Epidemiol Community Health.* 2002;56:913-8.
  18. Inoue S, Murase N, Shimomitsu T, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, et al. Association of physical activity and neighborhood environment among Japanese Adults. *Prev Med.* 2009;48:321-5.
  19. Kondo K, Lee JS, Kawakubo K, Kataoka Y, Asami Y, Mori K, et al. Association between daily physical activity and neighborhood environments. *Environ Health Prev Med.* 2009;14:196-206.
  20. Giles-Corti B, Timperio A, Bull F, Pikora T. Understanding physical activity environmental correlates: increased specificity for ecological models. *Exerc Sport Sci Rev.* 2005 Oct;33(4):175-81.
  21. Saelens BE, Sallis JF, Black JB, Chen D. Neighborhood-based differences in physical activity: an environment scale evaluation. *Am J Public Health.* 2003;93:1552-8.
  22. Cerin E, Saelens BE, Sallis JF, Frank LD. Neighborhood Environment Walkability Scale: validity and development of a short form. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:1682-91.
  23. Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Ishii K, Lee JS, et al. Reliability of the abbreviated neighborhood environment walkability scale Japanese version. *Jpn J Phys Fitness Sports Med.* 2009;58: (in press).
  24. De Bourdeaudhuij I, Sallis JF, Saelens BE. Environmental correlates of physical activity in a sample of Belgian adults. *Am J Health Promot.* 2003;18:83-92.
  25. Kerr J, Rosenberg D, Sallis JF, Saelens BE, Frank LD, Conway TL. Active commuting to school: Associations with environment and parental concerns. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:787-94.
  26. Leslie E, Cerin E. Are perceptions of the local environment related to neighbourhood satisfaction and mental health in adults? *Prev Med.* 2008;47:273-8.
  27. NEWS-AJ (Neighborhood environment walkability scale-abbreviated Japanese version) website 2009. Available from: <http://www.tokyo-med.ac.jp/ph/ts/ANEWS%20Jpn%20ver2.pdf> [accessed 25 July 2009] (in Japanese).
  28. Duncan MJ, Spence JC, Mummery WK. Perceived environment and physical activity: a meta-analysis of selected environmental characteristics. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2005;2:11.
  29. Shenassa ED, Liebhaber A, Ezeamama A. Perceived safety of area of residence and exercise: a pan-European study. *Am J Epidemiol.* 2006;163:1012-7.
  30. Foster C, Hillsdon M, Thorogood M. Environmental perceptions and walking in English adults. *J Epidemiol Community Health.* 2004;58:924-8.

## 日本人成人における活動的な通勤手段に関連する環境要因

石井 香織<sup>1)</sup> 柴田 愛<sup>1)</sup> 岡 浩一朗<sup>1)</sup>  
井上 茂<sup>2)</sup> 下 光輝 一<sup>2)</sup>

### ASSOCIATION OF BUILT-ENVIRONMENT AND ACTIVE COMMUTING AMONG JAPANESE ADULTS

KAORI ISHII, AI SHIBATA, KOICHIRO OKA,  
SHIGERU INOUE and TERUICHI SHIMOMITSU

#### Abstract

**Background:** Understanding the long-term effects of environment on health behavior is important for the promotion of population-based physical activity.

**Purpose:** The purpose of this study was to examine the relationship between perceived environment and active commuting among Japanese adults.

**Methods:** Internet-based cross-sectional survey were conducted to 3,000 Japanese adults aged 30-59 years. Seven sociodemographic attributes (gender, age, marital status, employment status, living status, educational attainment and household income), type of commute and International Physical Activity Questionnaire Environment Module were assessed by self-administered questionnaire.

**Results:** Of all respondents to the survey, 2,032 (mean age: 43.8±9.2, male: 62.5%) were employed. Those who use an active commute were 1,401 (68.9%). In both genders, high residential density (male: OR=2.28, female: OR=3.08), good access to shops (OR=2.03, 3.06), public transportation (OR=1.65, 3.78), recreational facilities (OR=1.31, 1.44), presence of sidewalks (OR=1.42, 1.77), crossroads (OR=1.87, 1.76), having a destination (OR=1.84, 2.34), and not having household vehicles (OR=15.13, 41.24) were associated with an active commute. The results indicated some gender differences. Among male, the presence of a bicycle lane and good aesthetics was positively associated with the active commute, while traffic safety was negatively associated. On the other hand, crime safety was associated with the active commute in female.

**Conclusion:** The results indicate that perceived environment was associated with the active commute among Japanese adults.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2010, 59 : 215~224)

**key word :** Ecological model, Mobility management, Physical activity, Exercise, Population-approach

#### I. 緒 言

身体活動や運動による健康への利益は、多くの研究によって明らかになっているが、定期的に運動を行っている者の割合は男性で30.2%、女性で28.1%<sup>1)</sup>と少ないのが現状である。現在までに、人々の身体活動を促進させる方法として、心理行動社会的なアプローチに大きな関心がよせられ、行動科学の研究の知見を活かした介入の有用性が示されている<sup>2,3)</sup>。身体活動に影響を与える要因についてのこれまでの

研究は、セルフ・エフィカシーやソーシャルサポートなど、心理社会的要因を中心として個人または少人数を対象に行われてきた。しかし、国民レベルでの身体活動の推進を図るためには、これら少人数に対するアプローチに加え、効果的なポピュレーション戦略の構築が重要な課題である。

これらの課題に対し、Ecological model<sup>4)</sup>が提唱され、身体活動の決定要因とされている、人口統計学および生物学的要因、行動要因、心理要因、社会要因、環境要因、身体活動特異的要因について現在

<sup>1)</sup>早稲田大学スポーツ科学学術院  
〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15

<sup>2)</sup>東京医科大学公衆衛生学講座  
〒160-8402 東京都新宿区新宿6-1-1

Faculty of Sport Sciences, Waseda University  
2-579-15 Mikajima Tokorozawa Saitama 359-1192 Japan  
Department of Preventive Medicine and Public Health, Tokyo  
Medical University  
6-1-1 Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160-8402 Japan