

交通行動に着目した 歩行環境の歩行量への影響に関する研究

池田 恵人¹・有吉 亮²・早内 玄³・田中 伸治⁴
・松行 美帆子⁵・安部 遼祐⁶

¹ 学生会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5)
E-mail: ikeda-keito-ry@ynu.jp

² 正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 特任准教授 (同上)
E-mail: ariyoshi-ryo-gd@ynu.ac.jp

³ 正会員 名古屋大学未来社会創造機構 日本学術振興会特別研究員
(〒464-8601 名古屋市千種区不老町)
E-mail: mail@genhayauchi.jp

⁴ 正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 教授
(〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5)

⁵ 正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 教授 (同上)

⁶ 正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 准教授 (同上)

近年、歩行環境について多くの研究が行われており、基本的には歩行環境が望ましいと歩行量も増加することが明らかにされている。しかしながら、歩行環境が外出頻度や手段選択といった交通行動にどの程度影響した結果、全体の歩行量が発現しているかという交通行動からの観点について十分に考慮し、現象のメカニズムまで明らかにした研究は存在しない。そこで本研究では、交通行動に着目して歩行環境と歩行量の関係について明らかにすることを目的とする。はじめに、スマートフォンアプリによるプローブデータを入手し、徒歩を散歩の様な本源的需要と、買い物の様な派生的需要に分類を行い、距離によりリンクトトリップの分類を行うことで、自動車や鉄道での長距離の移動の際に短距離の徒歩が発生することについて定量的に示した。

Key Words: walking environment, travel behavior, step counts

1. 背景

近年、身体活動量の増加、健康増進、都市の多様性や価値を高めるために、都市における歩きやすさが注目されている。

居住環境は身体活動を促進したり制限したりすることができるが既往研究の蓄積によって示されている (Transportation Research Board (2005)^{注1)}。また、2018年に WHO が発表した「Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030」^{注2)}では、Action 2.2.として歩行・自転車の道路ネットワークの改善が挙げられるなど、都市における歩

行環境に対して世界的に関心が高まっている。

日本においても、国土交通省は 2018 年に「都市の多様性とイノベーションの創出に関する懇談会」の提言として、「「居心地が良く歩きたくなるまちなか」からはじまる都市の再生」^{注3)}を取りまとめ、2019年に「まちなかウォークブル推進プログラム」^{注4)}として、様々な取り組みを支援する施策を実施してきた。

加えて、2020年からの COVID-19 の感染拡大による健康への意識の高まりや、通勤頻度の減少等のライフスタイルの変化により、徒歩での移動や歩きやすさについてますます関心が高まっている。

都市の歩きやすさを示す指標としては、Frank et al.(2005)⁹⁾により開発された Walkability Index(以下、WI)をはじめとして様々な指標が用いられているものの、WI は米国で開発された指標であるため、WI 開発時に想定されている現象が日本では比較的起きにくいという浅見(2019)⁹⁾による指摘が存在するなど、統一的な指標は存在していない。しかしながら、歩行環境に関する多くの指標が開発されるなど都市の歩きやすさの指標化や歩行量との関係について関心が高まっている。

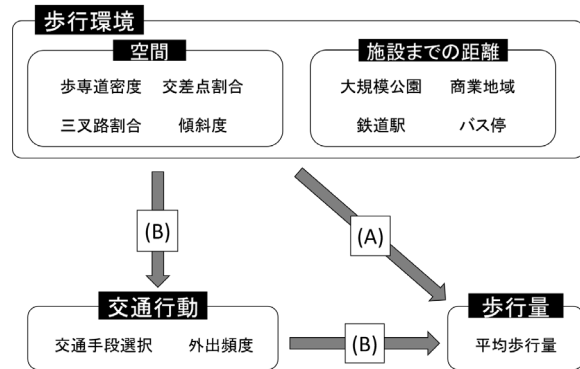


図-1 歩行環境と歩行量の関係図

2. 既往研究と本研究の位置付け

歩きやすさなどの歩行環境と歩行量に関する研究は、交通分野に限らず疫学分野などの学問分野で様々な手法を用いて行われている。

客観的な歩行環境と歩行量の関係に関して、森田ら(2022)⁹⁾は、横浜市の中高齢者を対象として歩数と歩行環境の交通安全性に関する指標の関係を調査し、歩行者専用道路の密度、立体交差点割合、三叉路割合の値が高い地域では住民、中でも特に高齢者の歩数が多くなることを明らかにした。金井ら(2019)⁹⁾は、公園における歩行空間に着目し、日常歩行では WI の増加に伴って歩行活動量の多いグループに属する確率が上昇する一方、WI の高い都市化した地域において余暇歩行が抑制される方向に働く可能性を示唆した。盛岡ら(2021)⁹⁾は、パーソントリップ調査を用いて大阪市における、散歩の発生状況と環境特性の関係を調査し、人口密度や施設充実度といった「歩きやすい」環境指標と景観などの「歩きたくなる」環境指標の両方において、散歩比率に対して正の影響が見られることを明らかにした。

主観的な歩行環境と歩行量の関係に関して、齋藤ら(2011)⁹⁾は、藤沢市国民健康保険被保険者を対象に行った質問紙調査から 60~69 歳にターゲットを絞り、移動における歩行や余暇活動のウォーキングと有意に関連する環境要因について明らかにした。加登ら(2019)⁹⁾は、独自に設定したウォーカビリティ指標の有効性を、主観的街路評価との関係性から検証し、緑道に対する評価が、密集住宅エリア居住者の徒歩トリップ数や自転車トリップ数と正の相関を持つことを明らかにした。

施設までの距離と歩行量の関係に関して、樋野ら(2018)⁹⁾は、横浜市の中高齢者を対象とし、居住地区の都市環境と歩数の関係を探り、前期高齢男性、中年女性、前期高齢女性には駅に近いほど歩いている傾向が見られることや、前期高齢男性、中年女性には商業地に近いほど歩いている傾向が見られることを明らかにした。Hino et al.(2022)⁹⁾は、横浜市民の歩数を用いて、都市におけるコンビニや公園といった様々なアメニティへのアクセスを

定量化する新たな指標の有効性を検証し、既存の指標に対する優位性があることを明らかにした。

地区の特徴よりマクロな視点で歩行量との関係として、谷口ら(2006)¹⁰⁾は、歩行量と住宅地の関係に注目し、大都市圏で移動歩行量が多いことや、移動歩行量の小さい住区群は、準工業地域や工業地域に指定されている住区群、市街化調整区域、人口密度の低い住区群であること、低層住居専用地域を主体とする住区では、大都市圏で歩行量が多くなる半面、地方都市ではむしろ少なくなっていることを明らかにした。

これらの既往研究をまとめると、使用した歩行環境の指標は異なるものの図-1 の(A)で示すような、歩行環境と歩行量の多寡の関係を明らかにした研究は存在している。しかしながら、図-1 の(B)で示すような、歩行環境が外出頻度や手段選択といった交通行動にどの程度影響した結果、全体の歩行量が発現しているかという交通行動からの観点を含み、各要素を網羅的に扱うことをしていないため、既往研究では現象のメカニズムを明らかにすることはできていない。そこで、図-1 の(B)で示す既往研究では明らかにされていない、交通行動に着目して歩行環境と歩行量の関係について明らかにすることを本研究の目的とする。

3. 研究手法と使用データ

(1) 研究手法

前章に示す目的に対し、本研究では以下の構成をもつ。はじめに、仮説を設定し、使用データと本研究における用語の定義を行い、各トリップの分類とその集計を行う。

本研究では、前章に示す目的を達成するために、1)歩行環境の違いにより、交通行動が異なり、その結果、居住地における実際の歩行量が異なること、2)徒歩における移動目的の違いにより、徒歩に影響を及ぼす歩行環境の要素及びそれが徒歩行動に与える影響が異なること、

の 2 点を仮説として設定する。

(2) 使用データ

本研究では、スマートフォンアプリである「とみおかーと MOOVE (以下、本アプリ)」により得られたプローブデータを用いる。本アプリは、科学技術振興機構 (JST) のセンター・オブ・イノベーション (COI) プログラムによる研究開発の一環として、あいおいニッセイ同和損保が横浜国立大学と連携して開発した健康増進アプリである。本アプリは GPS により利用者の日々の移動を捕捉する。これにより、利用者は移動に応じてコンビニなどで使用可能なクーポンと交換することができるポイントを取得するというインセンティブが働く健康増進アプリである。なお、本アプリの使用日数や利用者の居住地域は各個人によって異なる。そこで、本研究では 1 日の最後にいた場所を 5 次メッシュ (250m) で集計することで推定した居住地が、東京都もしくは神奈川県かつ、本アプリの利用日が 5 日以上というスクリーニングを行った。本研究で用いる移動データの概要を表-1 に示す。なお、本研究で用いる手段については、本アプリで判定した。徒歩、自転車、自動車、鉄道の 4 種類についてはそのまま使用し、飛行機などのサンプル数が少ないものと欠損値についてはその他、欠損値として扱う。

4. 用語の定義

(1) トリップの定義

本研究で使用するトリップの定義について述べる。本アプリで取得した生データは、トンネルや信号などを原因とする GPS の接続の問題により、同一手段の連続した移動であってもシステム上 2 つの移動に分断されてしまう事象が発生する。そこで本研究においては、本アプリより取得した生データのトリップをオリジナルトリップと定義する。そして、前のオリジナルトリップと手段が同一かつ前のオリジナルトリップの到着時刻から 5 分以内に出発しているオリジナルトリップを同一のアンリンクトリップとして定義する。なお、GPS の接続による一時的なトリップの切断を想定しているため、空間的な連続性について考慮せず時間をもとに定義した。

また、乗り換えなどの手段の変更により、システム上 2 つのオリジナルトリップに分断される事象も発生する。そこで、本研究においては、前のオリジナルトリップの到着時刻から 15 分以内に出発しているオリジナルトリップを同一のリンクトリップと定義する。表-2 に本研究の対象となる各トリップ数について示す。

表-2 により、生データであるオリジナルトリップが 61,705 回発生しており、アンリンクトリップとして扱

表-1 使用データの概要

実施期間	2021 年 11 月～2022 年 3 月
取得データ	移動時の GPS ログ、歩数、手段、移動速度、移動開始/終了時刻
提供 OS	iOS のみ
利用料金	無料
ユーザー数	111 名 (スクリーニング後)
手段	徒歩、自転車、自動車、鉄道、その他、欠損値

表-2 本研究で使用するトリップ数

オリジナルトリップ	61,705
アンリンクトリップ	58,545
リンクトリップ	23,646

表-3 徒歩における移動目的

移動目的	アンリンクトリップ数
本源的な徒歩	1,775(6.6%)
派生的な徒歩	24,992(93.3%)
合計	26,767

うと 58,545 トリップ、リンクトリップとして扱うと 23,646 トリップとなり、ほとんどのオリジナルトリップはアンリンクトリップとして扱うことができ、リンクトリップは平均すると 2 つから 3 つのアンリンクトリップから構成されていることが分かる。

(2) 徒歩における移動目的の定義

仮に歩行環境が良くない際に、同じ徒歩トリップであっても、散歩の様なトリップであればトリップ自体が発生せず、通勤などのトリップであれば手段を変更する、といった徒歩の目的により歩行環境から受ける影響が異なることが想定される。

そこで本研究では、徒歩における移動目的の差異に着目し、散歩のような本源的な徒歩と通勤や買い物の様な派生的な徒歩の 2 種類に分類するが、本アプリではプローブデータのみを取得している為、移動目的について直接取得することができない。そこで、本研究では便宜的に周回している徒歩または目的地が公園である徒歩を本源的な徒歩として想定し、手段が徒歩であるアンリンクトリップの目的地の半径 10m 以内に出発地が存在する場合と、手段が徒歩であるアンリンクトリップの目的地の半径 10m 以内に公園が存在する場合を本源的な徒歩として定義する。そして、それ以外の徒歩を派生的な徒歩として定義する。それぞれの移動目的の徒歩アンリンクトリップの発生状況を表-3 に示す。なお、括弧内は全数に対するシェアを示す。表-3 より本源的な徒歩は徒歩全体の 6.6% を占めており、徒歩での移動の大半が派生的な徒歩であることが分かる。

5. 行動によるトリップの分類

(1) 分類の基準

歩行環境が異なることにより、交通手段や外出頻度といった交通行動及びその結果としての歩行量に対する影響について明らかにするために、各リンクトリップの分類を行い、各分類のリンクトリップの発生状況について考察する。分類には各手段ごとのアンリンクトリップの距離を閾値として用いる。そこで、図-2に示すように、手段が徒歩、自転車、自動車、鉄道であるアンリンクトリップを抽出し、250m ごとに設定した各距離帯における手段の構成割合を算出した。

図-2 より、移動距離が 500m 未満の距離帯では徒歩の構成割合が 95%以上を占めるなど、短距離の移動時には徒歩が選択される確率が高く、移動距離が長くなると徒歩の構成割合が減少し、自動車や鉄道の構成割合が増加することが分かる。自転車は、移動距離が 1.25km 前後の距離帯において構成割合が高くなるものの、同距離帯においては、徒歩の構成割合の方が高くなり、どの距離帯においても自転車より構成割合が高い手段が存在することが分かる。

各距離帯における徒歩の構成割合が他の手段よりも大きい距離帯である 1.75km を閾値として設定し、手段ごとに 1.75km 未満のアンリンクトリップを短距離の移動として分類し、1.75km 以上のアンリンクトリップを長距離の移動としてアンリンクトリップを手段ごとに 2 種類に分類する。

(2) リンクトリップの分類

前節で設定した閾値を用いて距離で分類した各アンリンクトリップの組み合わせによりリンクトリップの分類を行う。各手段（徒歩/自転車/自動車/鉄道/その他）に対して、発生しない/短距離/長距離の 3 パターンが存在するため、その組み合わせは本来であれば 243 通り存在するが、分類が増えることで各分類に該当するリンクトリップが少なくなることが想定される。そこで本研究においては表-4 に示すように、距離帯別の使用手段

表-4 リンクトリップの分類

Class	回数	距離帯別の使用手段	
Type1	7095	短距離徒歩	
Type2	1057	長距離徒歩	
Type3	310	短距離自転車	
Type4	171	長距離自転車	
Type5	1153	短距離自動車	
Type6	3342	長距離自動車	
Type7	14	短距離鉄道	
Type8	176	長距離鉄道	
Type9	359	短距離徒歩	長距離徒歩
Type10	440		短距離自転車
Type11	0		長距離自転車
Type12	597		短距離自動車
Type13	2265		長距離自動車
Type14	104		短距離鉄道
Type15	2574	長距離徒歩	長距離鉄道
Type16	3		短距離自転車
Type17	5		長距離自転車
Type18	13		短距離自動車
Type19	78		長距離自動車
Type20	3		短距離鉄道
Type21	0	短距離自転車	長距離鉄道
Type22	20		長距離自転車
Type23	5		短距離自動車
Type24	9		長距離自動車
Type25	0		短距離鉄道
Type26	4		長距離鉄道
Type27	2	長距離自転車	短距離自動車
Type28	17		長距離自動車
Type29	0		短距離鉄道
Type30	3		長距離鉄道
Type31	376	短距離自動車	長距離自動車
Type32	3		短距離鉄道
Type33	12	長距離自動車	長距離鉄道
Type34	4		短距離鉄道
Type35	23		長距離鉄道
Type36	9	短距離鉄道	長距離鉄道
Type99	97	その他の手段が含まれる	
Nodata	2172	欠損値のみ	
Others	1131	3つ以上の手段を使用	

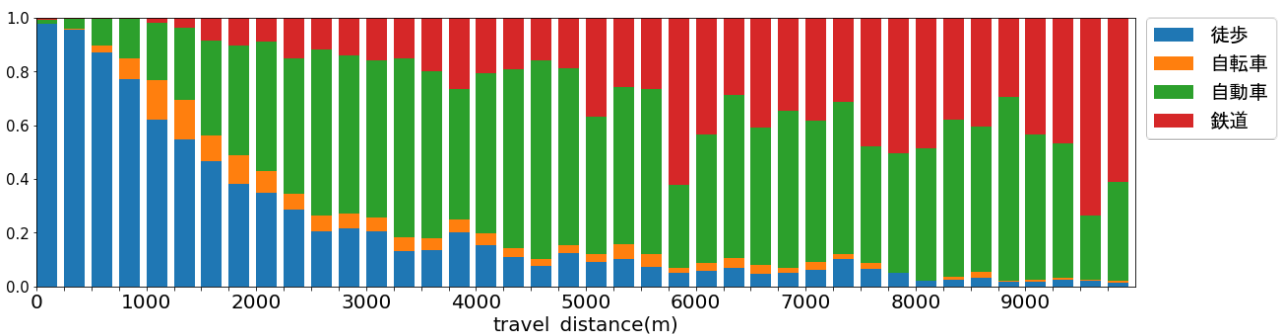


図-2 各距離帯におけるアンリンクトリップの手段の構成割合 (10km 未満)

が2つ以下のリンクトトリップにおける各組合せと、その他の手段が含まれるもの、3つ以上の距離帯別の使用手段を組み合わせたものの合計 39 種類にリンクトトリップを分類した。

表-4 より、分類に用いた 39 種類の内、4つは該当するリンクトトリップが発生しなかったものの、他の 35 種類に関しては該当するリンクトトリップが発生していることが分かる。単一の手段を用いるリンクトトリップや欠損値のみで構成されるものが多く発生していることが分かる。

2 つの距離帯別の使用手段を組み合わせたリンクトトリップは組み合わせにより該当数が大きく異なる。その中で多く発生した組み合わせは、短距離徒歩と長距離鉄道、短距離徒歩と長距離自動車であり、2,000 リンクトトリップ以上発生している。このことから徒歩で移動することが難しい自動車や鉄道を使用した比較的長距離の移動に対しても、端末交通として短距離の徒歩が発生していることが分かる。

また、3 つ以上の距離帯別の使用手段を含むものは、2 つの距離帯別の使用手段を用いた組み合わせの合計値よりも少ないことが分かる。

6. おわりに

本研究では、既往研究で扱われていない交通行動に着目して歩行環境と歩行量の関係について明らかにすることを目的として、健康増進アプリによるプローブデータを用いた交通行動について分析を行った。その結果、本源的な徒歩が徒歩全体の6.6%を占めることが明らかになった。そして、各距離帯における手段の構成割合を算出したところ、移動距離が1.75km未満の際には徒歩が選択される可能性が最も高く、1.75km以上の際には自動車や鉄道が選択される割合が徒歩よりも高いことが明らかになった。そして、1.75kmという閾値を用いて各リンクトトリップを35種類に分類することができた。2つの距離帯別の使用手段を利用したリンクトトリップでは、短距離徒歩と長距離鉄道、短距離徒歩と長距離自動車という組み合わせが2,000リンクトトリップ以上発生していたことから、自動車や鉄道を使用した比較的長距離の移動の際に、自動車や鉄道に付随する徒歩がどの程度生じているか定量的に示すことができた。

これらの分類した各リンクトトリップの発生状況が各個人により差異が生じるか、土地利用や高低差、緑道の整備状況といった歩行環境がどのような際に発生しやすいかといった歩行環境との関係の解明を今後の課題とする。

謝辞：本研究は、JST, COI, JPMJCE1318 の支援を受けたものです。また、日本体育大学の齋藤義信先生、慶應義塾大学の小熊祐子先生をはじめとする移動環境と健康ワーキンググループの先生方には、本研究に対して多くのご助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

NOTES

- 注1) Transportation Research Board : Does the Build Environment Influence Physical Activity?, 2005
 注2) WHO : GLOBAL ACTION PLAN ON PHYSICAL ACTIVITY 2018-2030, 2018
 注3) 国土交通省：「居心地が良く歩きたくなるなか」からはじまる都市の再生, 2018
 注4) 国土交通省：まちなかウォークアブル推進プログラム（令和2年度予算決定時点版）, 2019

REFERENCES

- 1) Frank, L.D., Schmid, T.F., Sallis, J.F., Chapman, J.E., Saelens, B.E.: Linking Objectively Measured Physical Activity with Objectively Measured Urban Form: Findings from SMARTRAQ, *American Journal of Preventive Medicine*, Vol.28, pp.117-125, 2005.
- 2) 浅見泰司：ウォークアブル推進都市：居心地が良くなるまちなか, 日本不動産学会誌, 33 巻, 3 号, pp.54-58, 2019. [Asami, Y.: Walkability promotion city: Comfortable town that induces walking, *The Japanese journal of real estate science*, Vol.33, No.3, pp.54-58, 2005.]
- 3) 森田洋史, 樋野公宏, 山田育穂, 薄井宏行, 野原卓, 浅見泰司：近隣環境と中高齢者の歩数との関係, 日本建築学会計画系論文集, 87 巻 791 号, pp.133-139, 2022. [Morita, H., Hino, K., Yamada, I., Usui, H., Nohara, T. and Asami, Y.: ASSOCIATION BETWEEN NEIGHBORHOOD LIVING ENVIRONMENT AND STEP COUNTS OF MIDDLE-AGED AND OLDER ADULTS, *Transactions of AIJ. Journal of architecture, planning and environmental engineering*, Vol.87, No.791, pp.133-139, 2022.]
- 4) 金井俊裕, 山田真実, 木村優介：Walkability Index を用いた歩行空間整備前後の歩行活動量の分析枠組みに関する研究, 都市計画論文集, 54 巻 3 号, pp.1184-1191, 2019. [Kanai, S., Yamada, M. and Kimura, Y.: Analytical framework for analyzing physical before and after the improvement of walking space using Walkability Index, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol.54, No.3, pp.1184-1191, 2019.]
- 5) 盛岡諄平, 松尾薫, 加我宏之, 武田重昭：散歩を支える「歩きやすい」と「歩きたくなる」環境要因から捉えたウォークアビリティに関する研究, 都市計画論文集, 56 巻 3 号, pp.477-484, 2021. [Morioka, J., Matsuo, K., Kaga, H. and Takeda, S.: A Study on Walkability grasped from Environment both of “Easy to walk” and “Encouragement to Walk” that supports Walking, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol.56, No.3, pp.477-484, 2021.]
- 6) 齋藤 義信, 小熊 祐子, 井上 茂, 田中 あゆみ, 頼 建豪,

- 小川 芳弘, 高橋 健, 鈴木 清美, 小堀 悦孝: 移動および余暇の歩行行動に関連する環境要因—藤沢市在住の60~69歳を対象とした横断的研究—, 運動疫学研究, 13 卷 2 号, pp.125-136, 2011. [Saito, Y., Oguma, Y., Inoue, S., Tanaka, A., Chienhao, L., Ogawa, Y., Takahashi, K., Suzuki, K. and Kobori, Y.: Association between Walking for Transportation/Recreation and Perceived Neighborhood Environment among Aged 60-69 years in Fujisawa City, *Research in exercise epidemiology*, Vol.13, No.2, pp.125-136, 2011.]
- 7) 加登遼, 神吉紀世子: スプロール市街地における主観的街路評価からみたウォークアビリティ指標の有効性, 都市計画論文集, 54 卷 1 号, pp.10-19, 2019. [Kato, H. and Kanki, K.: Effectiveness of Walkability Indicator from the perspective of Subjective Evaluation on Streets in Sprawl Urban Areas, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol.54, No.1, pp.10-19, 2019.]
- 8) 樋野公宏, 三輪茉莉香, 浅見泰司, 對間昌宏: 都市施設への近接性と歩数の関係, 日本建築学会計画系論文集 83 卷 746 号, pp.687-693, 2018. [Hino, K., Miwa, M., Asami, Y. and Taima, M.: RELATIONSHIP BETWEEN PROXIMITY TO URBAN AMENITIES AND STEP COUNTS, *Transactions of AIJ. Journal of architecture*, Vol.83, No.746, pp.687-693, 2018.]
- 9) Kimihiro Hino, Hiroki Baba, Hongjik Kim, Chihiro Shimizu: Validation of a Japanese walkability index using large-scale step count data of Yokohama citizens, *Cities*, Vol. 123, April 2022, 103614, 2022.
- 10) 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, 地域学研究, 36 卷 3 号, pp.589-601, 2006. [Taniguchi, M., Matsunaka, R. and Nakai, S.: Residential Zone Planning to Encourage Walking for Health, *Studies in regional science*, Vol.36, No.3, pp.589-601, 2006.]

(Received ?)

(Accepted ?)

A STUDY ON THE INFLUENCE OF WALKING ENVIRONMENT ON THE AMOUNT OF WALKING, FOCUSING ON TRAVEL BEHAVIOR

Keito IKEDA, Ryo Ariyoshi, Gen HAYAUCHI, Shinji TANAKA, Mihoko MATSUYUKI and Ryosuke ABE