

自転車の走行環境に着目した非自動車系交通機関選択行動の分析

The Analysis on Choice Behavior of non-motorized Means of Transportation focused on Travel Environment of Bicycle*

藤井敬士**・羽藤英二***

By Keishi FUJII**・Eiji HATO***

1. はじめに

都市における移動をとりまく環境が大きく変容しようとしている。地球環境問題やエネルギー問題、道路空間の再配分やそのための財源問題は、人の移動を車からより環境負荷の低いモビリティへの転換を迫っているといえよう。このような状況において、車の代替手段としての私的短距離交通手段の特性を明らかにすることが求められているのではないだろうか。

自転車をはじめとする私的短距離交通手段の研究では、金ら¹⁾が多様な交通手段・利用者を包括的に対象として共存性研究を行っているものや、山中²⁾や松田ら³⁾に見られるように、交通工学的な視点や、医学的な視点から分析を行っているものなど、主として断面設計への応用を主眼としてミクロな視点から走行環境を評価したものが多く見受けられる。

筆者らは、もう少し大きなスケールから自転車を利用したトリップ、ライフスタイルの特徴を分析することにより、自転車利用を促進するための自転車道や駐輪場といったネットワーク構成の評価を目標としている。そのため、短距離トリップや複雑な行動パターン、詳細な経路データを扱う必要があるため、従来の紙ベースの手法を用いたデータよりも精度が高く、個人ごとに継続的に取得したプローブパーソンデータを用いて分析を行った。

特に本研究では、速度や駐輪場へのアクセス/イグレス時間、自転車を用いたツアーパターンについて詳しく分析を行った上で個人内の交通手段選択モデルを構築することにより、交通手段選択行動についての考察を行った。

*キーワード：交通手段選択，交通行動調査，交通行動分析

**学生員，東京大学工学部都市工学科

(東京都文京区本郷7丁目3番地1号，

TEL03-5841-8391, fujii@bin.t.u-tokyo.ac.jp)

***正員，工博，東京大学工学部都市工学科

(東京都文京区本郷7丁目3番地1号，

TEL03-5841-1672, hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp)

表-1 データの概要

対象地域	松山都市圏
調査主体	国土交通省，松山市
調査期間	2007年10月29日～2008年1月27日のうち 2週間または1ヶ月(モニターにより異なる)
取得内容	モニターの個人属性(性別，年齢，職業，居住地) トリップ毎のWebダイアリー(トリップ目的， 出発地，到着地，トリップ時間，交通手段) GPS携帯電話による位置情報
参加人数	676人

2. データ概要

(1) 調査概要

本研究におけるデータは、2007年10月から2008年1月にかけて松山都市圏で実施されたトラベルフィードバックプログラムを通して取得された。参加人数は676人であった。以下に、取り組みのフローを示す。

- ①参加者に、前期の2週間(1週間)分、普段の交通行動をプローブパーソン調査により記録してもらう。
- ②アクティビティダイアリーを検証して交通診断をWEB上で行う。並行して、参加者に感想や改善案などの意見を交わしてもらうワークショップを行う。
- ③個人ごとに設定した目標に向けて、後期の2週間(1週間)分、エネルギー削減を意識した交通行動(エコ交通)に取り組み、交通行動をプローブパーソン調査により記録してもらう。
- ④参加者の取り組みの結果を見ながら、意識の変化や今後の目標について話し合ってもらいワークショップを行う。

表-1に、データの概要を示す。

(2) データクリーニング

本研究においては、より普段の自転車利用に近い状況を分析するために、取得したデータのうち、特に断りのない場合は前期のデータを分析対象とする。

プローブパーソン調査によって取得された位置データは、ダイアリーを入力した時間や、GPSや基地局から

の電波を受信した時間においてどの場所にモニターがいたかを示すドットデータであり、それらを単純に直線で結んだ経路は、実際のネットワーク上の経路とは一

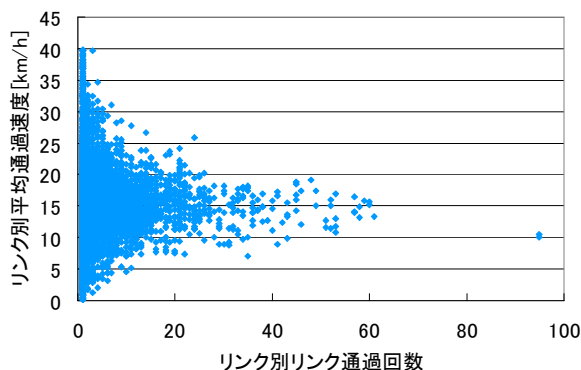


図-1 リンク別リンク通過回数と平均速度の関係

表-2 自転車走行環境別平均リンク速度

	平均速度[km/h]	通過リンク数
車線数		
1	15.4	16390
2	14.6	6799
3	14.2	1445
天気		
晴れ	15.0	15162
くもり	15.2	8749
雨	15.4	723
曜日		
平日	15.2	21996
土曜	14.6	1598
日曜・祝日	14.0	1040
時間帯		
7:00~10:00	15.9	11102
10:00~16:00	13.8	3309
16:00~22:00	14.4	8930
22:00~7:00	16.0	1293
総計	15.1	24634

致しないため、そのまま解析に用いることは難しい。本研究ではトリップ経路長を用いた分析を行うため、ドットデータを松山都市圏のネットワークデータにルートマッチングさせることでこの問題を解決した。

また、全トリップデータのうち、出発から到着の間に位置データが取得できなかったもの、出発地と到着地が一致してしまっているものを削除することで、分析対象トリップデータ数を19150から12359まで絞り込んだ。この結果、有効な分析対象者は627人となった。

3. 基礎的分析

(1) 自転車ネットワーク環境の評価

ルートマッチング後のデータを利用して、リンク長とリンク流入/流出時刻から、各トリップのリンク通過速度を得ることが出来る。ここでは、リンク別・時間帯別・主要幹線/細街路別・曜日別・天気別・個人別に平均リンク通過速度を比較することにより、自転車ネットワーク環境の評価を図る。なお、平均速度を出す際に、リンク通過速度が40km/hを超えるようなデータについては、ルートマッチングの際に計算されたリンク流入/流出時刻の誤差が大きいと考えられるため、計算の対象外とした。

上述の通り、ルートマッチングにより計算された平



図-2 リンク別平均通過速度

(緑: 20km/h 以上, 赤: 10km/h 未満)

均リンク速度は一定の誤差を含むものと考えられる。そこでまず、調査期間中のリンク通過回数とリンク別平均通過速度の関係を分析する(図-1)。通過回数が数回しかないリンクについては、平均速度のとり値にかなりばらつきがあるが、通過回数が10回以上のリンクについては、おおむね10~20km/hの範囲に平均速度が収まっていることが分かる。

次に、走行環境別に平均速度を計算した(表-2)。車線数・天気・曜日については、自転車の走行速度とあまり相関がないように見えるが、さほど大きくはないとはいえ、車線数が少ないほど平均速度が速くなる傾向が見られるのは、自転車専用通行帯の必要性を示唆しているといえよう。時間帯については、1時間ごとに集計すると、早朝・深夜など極端に通過リンク数の少ない時間帯の平均速度が正確に出ないと考えられるため、表のような分類で集計した。結果としては、朝の出勤ピークの時間と深夜~早朝の時間帯で、他の時間帯よりも大きな値をとることが分かった。

以上より、単純に走行環境の属性別に平均速度を計算しても大きな差があるとは言えないことが分かった。そこで、平均速度が大きいリンクと小さいリンクを地図上で確認することにする。ここでは、通過回数が10回以上のリンクのうち、平均速度が20km/h以上のものを平均速度が大きいリンクと定義し、10km/h未満のものを平均速度が小さいリンクと定義する(図-2)。図より、都心に向かう放射状のリンクで平均速度が大きくなり、銀天街・大街道といった商店街を含む中心市街地では平均速度が小さくなっていることが分かり、自転車の平均速度は単一の条件で決定されるものではなく、沿道の土地利用やネットワークの形状といった要因が影響していると考えられる。

さらに、個人間での平均速度の分布を調べるために、個人別に、自転車手段による通過リンク数と平均リンク速度を計算した(図-3)。実際には通過リンク数が600以上になるようなヘビーユーザーもいるが、リンク間の分

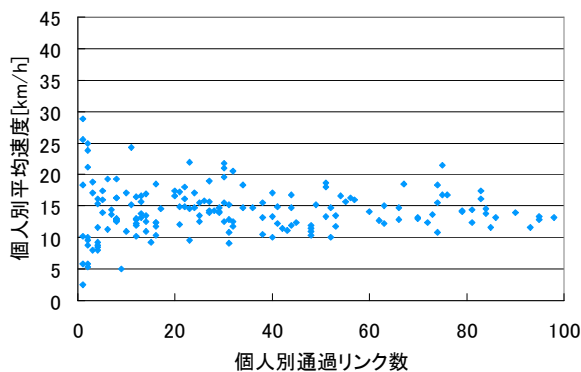


図-3 個人別リンク通過回数と平均速度の関係

散と個人間の分散を比較するために、軸を図-1に合わせた。図-3では、図-1よりもx軸方向に「山」が出来る傾向が小さい、すなわち、通過リンク数に関わらず、平均速度には個人間でのばらつきが存在することが分かる。このことから、自転車の平均速度は、各リンクの属性やトリップの条件よりも、個人に固有の値で決定される部分が多いといえる。

(2) アクセス/イグレス時間比較

自転車と他の手段を、アクセス/イグレス時間の大小によって比較する。定義に当たって、まず、トリップごとの代表手段を定める。単一手段の場合はその手段を代表手段とし、複数の手段を使っている場合は、電車>自動車>自転車>徒歩の優先順位に従って、利用された交通手段のうちより順位の高いものを代表手段とする。こうして定義した代表手段と、プローブパーソン調査でモニターが逐次的に入力した交通手段とを照らし合わせ、トリップ開始から代表手段を利用し始めるまでの時間をアクセス時間、代表手段を利用し終わってからトリップが終了するまでの時間をイグレス時間と定義する。定義より、徒歩のアクセス/イグレス時間は常に0となり一定である。

この方法で求めるアクセス/イグレス時間は、モニターの入力精度に依存するという問題がある。たとえば、計算の結果アクセス時間がゼロとなった場合、つまりトリップ開始と同時に代表手段を利用している場合、真の意味でアクセス時間がゼロであるのか、単なる入力忘れなのかは判別できない。そこで、ここでは、トリップごとにアクセス/イグレス距離が0であるかないかをまず分類し、そのあとで、0でないものについて手段別に平均アクセス/イグレス時間を求めることにする。ここで、アクセス/イグレス時間が60分を超えるようなトリップについてはモニターの入力にミスがあったと考えて、そのトリップを集計対象から除外した。

計算結果は表-3のようにまとめられる。各列は、左から、アクセス/イグレス時間がゼロ以外のトリップ数、ゼ

表-3 交通手段別平均アクセス/イグレス時間

	アクセス 時間別トリップ数			平均時間[分]
	ゼロ以外	ゼロ	ゼロ割合	
バス	92	153	0.624	10.36
自転車	26	2313	0.989	3.81
自動車	357	11857	0.971	5.82
電車	334	246	0.424	13.31
	イグレス			
バス	86	159	0.649	8.41
自転車	27	2312	0.988	11.30
自動車	433	11781	0.965	6.88
電車	318	262	0.452	11.07

ロであるトリップ数、アクセス/イグレス時間がゼロであるトリップがその手段の総トリップ数に占める割合、平均アクセス/イグレス時間を表している。

まず、自転車と自動車は、バスと電車に比べて、アクセス/イグレス時間がゼロであるトリップの占める割合が大きい。この2つの手段が私的交通手段であることから、アクセス/イグレスという概念と隔たりがあり、モニターが駐輪場、駐車場で移動を負担であるとあまり意識していないためであると考えられる。つまり、この割合は、それぞれの交通手段に対する心理的な乗りやすさを表しているとも言え、この値によると、自転車≧自動車>バス>電車の順に乗りやすいと言える。平均アクセス時間の値については、上で示した心理的な乗りやすさの順序が高いほど小さくなっており、感覚的な説明を裏付ける結果となっている。一方、平均イグレス時間の値が自転車手段ではかなり大きい値となっている。データ数が27と少ないため、異常値の影響を受けていることも考えられるが、考えられる仮説としては、自転車はその乗りやすさゆえに気軽に利用することが多いが、いざ目的地の近くに来てみると近くに駐輪場がないためイグレス時間が大きくなっているという可能性がある。しかし、今回の調査では推測の範囲にとどまるため、仮説を検証するためには追加の調査・分析が必要であろう。

(3) ツアーパターンの分析

ここでは、ツアーという概念を用いて、自転車を利用したトリップの特徴を自動車との比較で分析する。

a) 定義、データクリーニング

ここで、ツアーとストップを以下のように定義する。

ツアー：一度家を出てから帰宅するまでのトリップの連なり。

ストップ：ツアーの中で立寄る(自宅を除く)目的地。

ツアー単位の分析をするにあたって、直前の目的地と出発地が一致していないトリップを含む1日のデータを削除した。これにより、分析対象となるトリップデータ数は12359から11062に減少した。

b) ツアーの分類、出現頻度分析

まず、ツアーを構成するトリップに、以下のルールに従って目的別にラベルをつける。通勤、業務といった仕事にターンを、例えばHWHやHWOHなど、つけたラベルの連続と

表-4 手段別ツアーパターン出現率

ツアーパターン	出現数	構成割合			自転車/自動車
		全手段	自転車	自動車	
HWH	1101	0.309	0.493	0.238	2.073
HOH	888	0.249	0.247	0.264	0.936
HOOH	358	0.101	0.045	0.125	0.357
HMH	324	0.091	0.046	0.096	0.485
HWOH	234	0.066	0.086	0.056	1.516
HOOH	147	0.041	0.020	0.054	0.377
HWWW	111	0.031	0.013	0.033	0.395
HWWH	99	0.028	0.011	0.033	0.339
HWOH	73	0.020	0.020	0.019	1.087
HOOOH	61	0.017	0.006	0.023	0.246
HMWH	50	0.014	0.004	0.018	0.212
HWWW	46	0.013	0.002	0.017	0.112
HOOOOH	40	0.011	0.007	0.015	0.512
HMOH	29	0.008	0.000	0.011	0.000
総計	3561	1	1	1	1

表-5 出発地がスーパーであるトリップの目的構成割合

代表移動手段	帰宅以外	帰宅
自転車	0.217	0.783
自動車	0.368	0.632
徒歩	0.337	0.663
全手段	0.350	0.650

して表現し、パターンごとに出現数を集計し、手段別にパターンの出現率を計算した(表-4)(※ここで、出現頻度が低いパターンについては、ツアーを構成するトリップにWしか含まないもの、0しか含まないもの、Wと0の両方を含むものをそれぞれHMWH, HMOH, HMWOHとまとめて表現した。)。自転車と自動車を比較すると、自転車ではHWH, HWOHといったストップ数の少ないツアーが多いのに対し、ストップ数が3を超えるようなツアーに関しては自動車の方が出現率が高くなっている。

この結果に関して、自転車は自動車に比べると積むことの出来る荷物の量が小さいため、買物などの場合はストップ数の多いツアーを行うことが出来ないのではないかとこの仮説を立てた。仮説を検証するために、出発地(=一つ前のトリップの目的地)がスーパーマーケットであるようなトリップに関して、トリップ目的が帰宅であるような確率を手段別に求めた(表-5)。自転車では、他の手段に比べて明らかに帰宅目的の割合が高くなっており、上記の仮説が妥当ではないかと考えられる。

4. モデルを使ったケーススタディ

ここでは個人内の交通手段選択モデルを構築することにより、各交通手段のサービスレベルを評価する。対象としたデータは、経路が正確に取得できたモニター(モニター番号: b0311)の2週間分のトリップデータ35トリップ分のデータである。

モデルの構造には{自転車, 自動車, 公共交通}の3肢多項ロジットモデルを仮定した。各選択肢の確定効用の式は以下の通りである。ここで、損失時間とは、アクセス/イグレス時間と待ち時間とを足し合わせたものと定義する。

パラメータ推定結果は表-6の通りである。公共交通の損失時間が大きく選択に影響を与えている一方、今回の分析の範囲内では、自転車、自動車の損失時間は、選択に有

表-6 パラメータ推定結果

	パラメータ値 t値	
自転車定数項	0.390	0.81
乗車時間[分]	-0.052	-2.15
公共交通損失時間[分]	-0.062	-2.89
通勤目的ダミー	-10.371	-0.15
サンプル数	35	
初期尤度	-38.45	
最終尤度	-25.32	
適合度	0.237	

$$V_{bike} = \alpha_1 t_{bike} + \beta_{bike}$$

$$V_{car} = \alpha_1 t_{car} + d_1$$

$$V_{pub} = \alpha_1 t_{pub} + \alpha_2 t'_{pub}$$

α_1, α_2 : パラメータ

β_{bike} : 自転車選択肢固有パラメータ

d_1 : 通勤目的ダミー変数

t : 交通手段別乗車時間

t' : 損失時間

意に影響を与えているとは言えない結果となった。自転車、自動車の損失時間が小さく、使いやすい手段であるためという解釈も出来るが、駐輪場、駐車場の詳細なデータを取れなかったため選択手段以外のアクセス/イグレス時間を正確に算出できなかったことも理由であると考え、今後の分析の課題とする。

5. おわりに

プローブパーソン技術を用いて取得した詳細な位置データを用いて自転車交通の特徴を分析した。特に、速度やアクセス/イグレスといったサービスレベルに関わる重要な点について、従来のデータでは分析不可能な点について明らかにした。また、ツアーの概念を用いた分析により、自転車を用いたトリップやライフスタイルの特徴に考察を加えた。

交通手段選択モデルについては、未だ変数の取り方に改良の余地もあるため、今後は駐輪場やネットワークの形状についてもさらに詳細な分析を行うことにより、モデルの精緻化を行い、自転車のサービスレベルや転換施策の評価を行っていきたいと考える。

【参考文献】

- 1) 金利昭, 山崎恵子: Bicycle Compatibility Checklist の作成と自転車道先行事例の評価, 第 37 回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM, 2008
- 2) 山中 英生: 自転車の走行環境評価について一混在交通に着目して一, 交通工学 Vol.40 No.5, 2005
- 3) 松田和香, 竹林弘晃, 砂川尊範, 新田保次: 心電図トランスミッタを活用した自転車走行空間の実験的評価, 第 37 回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM, 2008