

個人の1週間の交通行動の特性 Characteristics of Individuals' Weekly Travel Behavior

杉恵頼寧*・芦沢哲蔵**・羽藤英二***

By Yoriyasu SUGIE, Tetsuzo ASHIZAWA and Eiji HATO

The paper is concerned with an empirical analysis of the day-to-day variability of individual travel behavior using a week consecutive activity diary collected in Utsunomiya, 1988. A significant day-to-day variability of travel behavior in terms of daily trip rates, travel mode, trip length, and hourly distribution of daily trips was identified between weekday (Mon-Fri) and weekend (Sat-Sun), while they were stable over the five weekdays as a whole. However, the segmentation of trips with respect to travel purpose and individual attributes made the weekday travel variable. As for the daily trips, the most trips are generated on Saturday in the week, the least on Sunday. A statistical test using the log-linear model confirmed an interaction between the day of week and trip purpose / travel mode with regard to trip frequency, which was specifically significant on weekend.

1. はじめに

交通行動の分析とモデル構築は従来、1日だけの調査に基づいて行なわれていたが、最近ではその限界が指摘されるとともに曜日変動を考慮したモデル化の必要性が認識され¹⁾、ヨーロッパを中心に複数日(multiday)のデータを用いた研究が広く進められている。これらの研究は当初1週間の単純な交通行動の分析に重点が置かれていたが²⁾、最近では非線形正準相関分析の手法を用いてトリップチェーンを分析した例³⁾やパネルデータを用いて交通行動の規則性や非逆行性を分析した研究⁴⁾が見られる。また1週間にわたる買物行動のダイナミックな選択モデルが提案されるようになっている^{5, 6)}。特に、曜

日変動の研究については、HansenやPas等によって精力的に行なわれている。Hansen & Huffは1971年スウェーデンのUppsalaで行なわれた35日間の連続した交通調査データを用いて交通パターンを分析した結果、個人の毎日の交通には変動があり、従来のように1日データでサンプルを特定のグループごとの集計した場合、バイアスが生じることを指摘している^{7, 8)}。Pasは重回帰交通発生モデルの構築において複数日間の調査データはモデルの精度を向上させたり、データの収集のコストを削減させる上で効率がよいことを示している⁹⁾。Pas & Kopplemanは個人の曜日変動を定式化し、母集団のサブグループ間に差があるかどうか1週間のデータを用いて分散分析を行なうと、サブグループ間に差が見られ、これらの変動を考慮したモデルが必要であるとしている¹⁰⁾。さらに、Pasは個人のトリップの変動を個人内(Intrapersonal)変動と個人間変動に分けることを提案し、それぞれどの位になるかを実証的に分

*正会員 工博 広島大学教授 工学部第四類
(〒724 東広島市西条町下見)

**正会員 工博 帝京技術科学大学助教授情報学部
(〒290-01 市原市潤井戸大谷)

***学正員 広島大学大学院

析している¹¹⁾。Herzは1年間にわたる1日の活動を分析して、自宅内の活動や、交通活動に対するタイムバジットは1日と1週間のサイクルで説明できることを明らかにしている¹²⁾。Jones等はこれらの研究をレビューして交通行動の曜日変動を交通政策の評価に組み入れることの意義を明らかにするとともに、その変動を定量化する方法を幾つか提案している¹³⁾。

わが国においては、原田等が世帯タイプによる生活行動パターンの相違を、3日間(金、土、日)の生活活動記録調査に基づき分析している¹⁴⁾。しかし、1週間にわたるような交通行動調査はほとんど行なわれておらず、交通の曜日変動についてはまだ明確にされていない。従来の交通調査では、平均的な曜日(例えば、木曜日)を調査日としたり、月～金曜日の調査値を平均することによってこの問題に対処してきた。ところが、今日のように多様な交通政策が要請されるにつれて、複数日のデータが注目されるようになってきている(例えば、曜日ごとに車のプレーとナンバーでその利用を制限する)。また、個人レベルの交通行動分析においては、買物トリップのように曜日によってはその行動形態が異なってくることも予想され、1週間を通じたモデル構築が必要になってくる場合がある^{5), 6)}。

そこで、本研究では1988年3月宇都宮都市圏にお

いて実施された1週間にわたる交通行動調査のデータ(491人)を用いて¹⁵⁾、個人の交通行動を理解することを主目的として、発生トリップの曜日変動を調べ、複数日間データの有効性を検討して見る。

2. 個人の発生トリップ

本調査で設定した9分類の交通目的では、トリップ数が非常に少ない目的があるので、まず全体的な変化を見るために通勤、通学、帰宅、買物、私用(送迎、他人の用事、食事、その他の私用)、業務(業務、農林作業)の6分類に統合し、曜日毎の個人平均トリップ数(以下、グロス)を図-1に示す。全目的トリップ数に関しては、月曜日から金曜日にかけて安定し、土曜日に増加し、日曜日には少なくなっている。買物と私用トリップは土、日曜日には高い値となっているが、平日は安定している。また、通勤トリップと業務トリップは、土、日曜日に低い値をとり、平日は同様の傾向を示している。全体として、1日平均トリップには平日と週末には大きな差があるようである。

曜日間の1日平均トリップ数に差があるかどうかを検定するためにt値を求めると表-1のようになる。*は1%の危険率で曜日間の平均値が等しいという仮説を棄却できることを示している。月と火、水曜日の間で若干の差は見られるが、統計学的には平日の曜日間では差はなく、平日と土、日曜日、土と日曜日の間で差のあることがわかる。

目的トリップの変動をより細かく見るために、私用を送迎、食事、その他の私用に分割し、それに買物を加えた4目的で曜日変動を示すと図-2のようになる。全体的には平日と週末で大きな差が見られるが、平日においても細かく見ると、私用目的は金

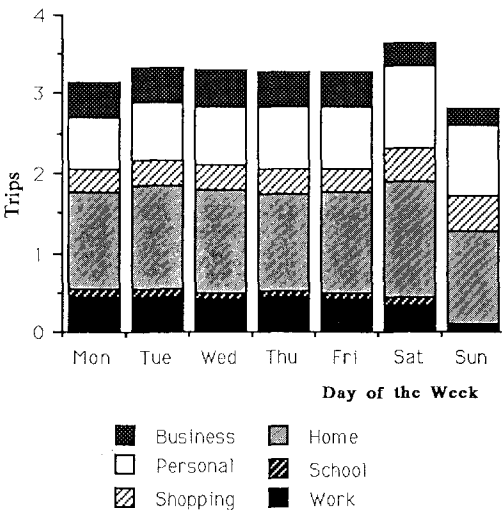


図-1 目的別トリップ構成の変動

表-1 個人平均トリップ数の曜日間の差の検定

曜日	火	水	木	金	土	日
月	1.15	1.27	.90	.95	3.75*	2.45*
火		.15	.24	.19	2.60*	3.57*
水			.38	.34	2.40*	3.64*
木				.04	2.80*	3.29*
金					2.77*	3.36*
土						6.12*

* 危険率1%で有意、 $t(\infty, 0.01)=2.576$

曜日が月曜日の37%増となっており、かなりの変動が見られる。また、買物目的が月、金曜日少なくなっているが、これは土、日の買物の影響があるものと考えられる。

1人当たりのトリップ数をネットとグロスに分けて男女別に比較すると図-3のようになる。女性のネットのトリップ数は男性よりも多くなっているが、グロスの方は一般には少なくなっている。これは外出率に関しては男性の方が高いことを意味している。男性の月曜日のネットが他の平日に比べて著しく少なく、日曜日と同じ値になっている。女性の火曜日のグロスが他の平日に比べてかなり高くなっており、水曜日のグロスが男女で大きな差が生じている。平日においても、ネットよりもグロスの方が男女とも

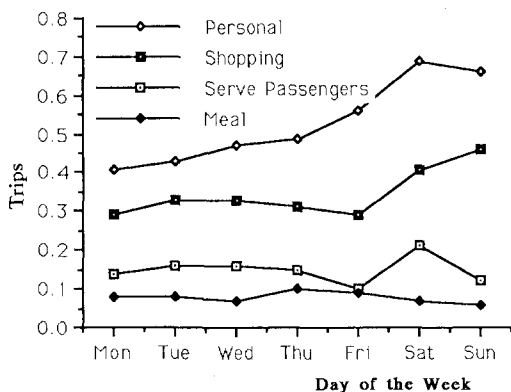


図-2 非義務的トリップの曜日変動

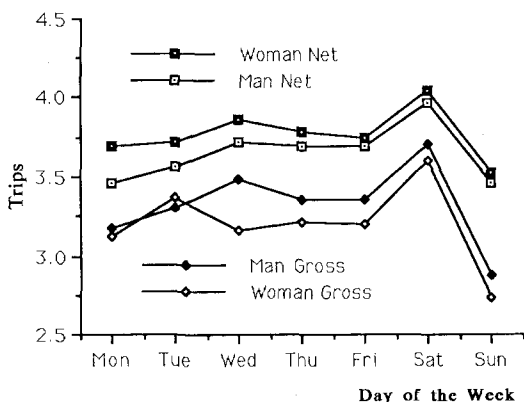


図-3 男女別日平均トリップの曜日変動

曜日変動が大きい。これは外出率の曜日変動が大きいことを意味している。このようにトリップを細分化すると、平日においても変動が見られる。

3. 交通手段

交通手段別にトリップの曜日変動を見ると図-4のようになる。曜日に関係なく、自動車の利用（同乗と運転を合わせて）が半数以上を占め、バス・鉄道の利用が極端に少ないという地方都市特有の利用形態を示している。月～金曜日の平日は利用交通手段にほとんど変動が見られないが、土～日曜日の週末に大きな変動が見られる。これは車利用が土曜日に増えたためである。さらに、これをトリップ目的別にみると（図略）、週末車利用の買物・私用目的のトリップが増えており、その増加量は車利用の通勤の減少量よりも多く、各世帯の車の利用割合が高くなっているものと考えられる。

4. 時間帯別発生頻度分布

1日のトリップの時間帯別発生頻度分布を曜日別に比較すると図-5のようになる。ここで、 t 時のトリップ数は $(t-1)$ 時30分から t 時30分まで1時間の発生トリップである。平日は午前8時（7:30～8:30）と午後5時（4:30～5:30）にピークがあり、全て類似したパターンを示している。土、日曜日は

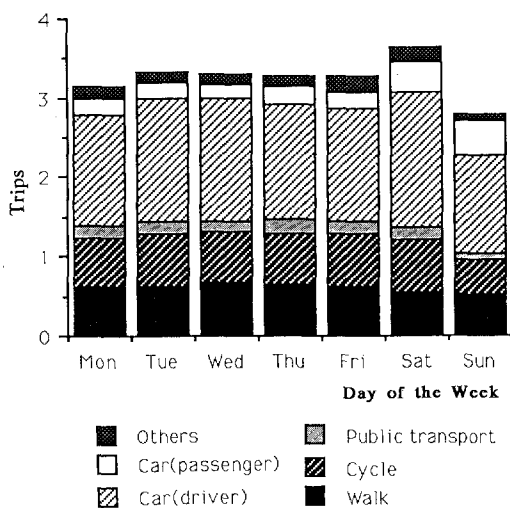


図-4 交通手段別トリップの曜日変動

平日のような顕著なピークはなく、平日と非常に異なったパターンを示している。土曜日の10時、13時から15時までは平日よりも発生トリップが多く、これが土曜日の1日のトリップを平日よりも多くしているものと考えられる（図－1 参照）。日曜日は午後 4～ 5時ピークが見られるが、全体としてトリップが少なく、日中は平日と同程度の発生トリップとなっている。平日 5日間の時間帯発生トリップの変動を見ると各ピークでの変動が小さくなっており、オフピークでの変動が大きくなっている。これは私用等の非定期的なトリップがこの時間帯に多いためと考えられる。

次に、車利用の時間帯別発生頻度を曜日別に比較すると（図略）、平日と土曜日の間の10時から16時までの車の発生トリップの差は全トリップの場合よりも大きくなっており、ピーク時以外道路混雑は平日よりも土曜日のほうが深刻であることが窺われる。

次の式に従って、各曜日の時間分布を理論値として他の曜日の分布との間に差があるかどうかカイ 2 乗検定を行なう。

$$\chi^2 = \sum_i [(P_i - Q_i \cdot N_p / N_q)^2 / P_i] \quad (1)$$

ここで、

P_i : 基準となる曜日 P の時間帯 i の発生トリップ数

Q_i : 曜日 Q の時間帯 i の発生トリップ数

N_p : 曜日 P の 1 日トリップ数

N_q : 曜日 Q の 1 日トリップ数

その結果を示すと表－2 のようになる。時間帯は

トリップ数が 5 以上ある 5時から24時までの20時間である。月と火曜日を除いた全ての曜日間で有意となり、 5%の危険率でトリップ頻度分布に差があるといえる。しかし、月、火、水曜日の間ではカイ 2 乗値が臨界値に近く、分布にそれほど大きな差があるとはいえない。平日のなかでは金曜日が他の曜日と若干異なっているようである。平日と週末の間では分布形に大きな差のあることが統計学的にも示されている。

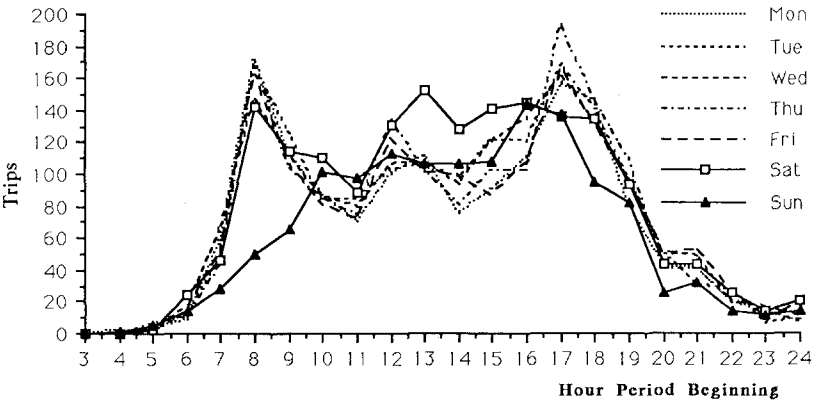
5. トリップ長分布

横軸に時間帯を取り、縦軸に全トリップ数に対する割合をとって 1 週間のトリップ長分布を比較すると図－6 のようになる。いずれの曜日も10分以下の短トリップが40%以上を占め、30分以上のトリップは10%余りで地方都市特有のパターンを示していることがわかる。1日のトリップ数には、平日、土、

表－2 時間帯別発生トリップ頻度分布の曜日間の差の検定

曜日	火	水	木	金	土	日
月	28.1	39.0*	40.5*	67.5*	114.8*	218.6*
火		32.1*	39.7*	53.4*	78.1*	162.8*
水			46.9*	63.5*	70.5*	141.7*
木				42.4*	109.6*	183.7*
金					77.8*	185.1*
土						80.1*

* 危険率 5 % で有意 $\chi^2(19, 0.05) = 30.144$

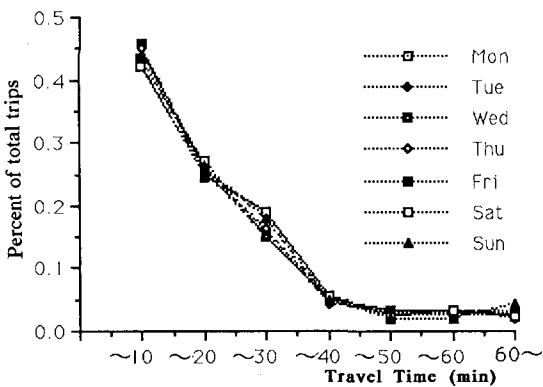


図－5 時間帯別発生トリップ頻度の曜日間変動

日曜日の間で大きな差があるが、分布形には大きな差はないようである。

これを明確にするために、式（１）に従ってカイ 2 乗検定を行なうと表－３のようになる。5%の危険率で月と水曜日、月と木曜日、火と水曜日、水と木曜日、金と土曜日の間で差があるとは言えないことがわかる。これまでの交通パターンの比較では、平日 5 日間では比較的類似していたが、トリップ長分布の比較では金曜日とそれ以外の平日に間に差があることが特徴的である。また、平日と土、日曜日の間には大きな差はないようである。

6. 曜日と交通目的、交通手段との交互作用
曜日（A）、交通目的（B）、交通手段（C）の 3 次元分割表を作成し、対数線形モデルを用いて曜日と交通目的、曜日と交通手段の間に交互作用があるかどうか統計学的に分析してみる¹⁶⁾。ここで、2 つの対数線形モデル M、M' があり、ある効果が



図－6 トリップ長分布の曜日間変動

表－3 トリップ長分布の 2 曜日間の差の検定

曜日	火	水	木	金	土	日
月	16.3*	6.2	7.7	28.7*	30.3*	30.3*
火		11.9	25.2*	27.7*	20.4*	59.7*
水			8.5	30.6*	33.4*	46.0*
木				17.2*	23.0*	21.2*
金					8.4	17.0*
土						30.1*

* 危険率 5%で有意 $\chi^2(6, 0.05)=12.592$

Mに含まれていないとする。それぞれのモデルに対するカイ 2 乗統計量 $\chi^2(M)$ 、 $\chi^2(M')$ の差 $\chi^2(M) - \chi^2(M')$ もカイ 2 乗分布に従うので、その効果の有意性を検定できる。自由度は、モデル M、M' におけるそれぞれの自由度 $df(M)$ 、 $df(M')$ の差 $df(M) - df(M')$ である。曜日（A）と交通目的（B）の間の交互作用を調べるために、モデル M'、M を次のように設定した。

モデル [AB, AC, BC] :
$$\ln \mu_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC}$$
 (2)

モデル [AC, BC] :
$$\ln \mu_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC}$$
 (3)
ここで、

- μ_{ijk} : 分割表のセル (i, j, k) の期待頻度
- λ : 全平均効果
- λ_i^A : 要因 A のカテゴリ－i による主効果
- λ_{ij}^{AB} : 要因 A のカテゴリ－i と要因 B のカテゴリ－j の交互作用

上記のモデルのカイ 2 乗値を表－４のように求め、帰無仮説 $H_0: \lambda_{ij}^{AB}=0$ (要因 A と要因 B の間には交互作用はない) を検定すると表－５のようになる。交互作用 AC についても同様にして求めた。要因 (B) のカテゴリ－はトリップ数の少ない通学を除いた 5 目的、同じく要因 (C) はその他を除いた 5 手段とした。要因 (A) のカテゴリ－は 7 日間 (月～日) と 5 日間 (月～金) の 2 ケースとした。その結果、前者の交互作用は AB、AC とも有意であり、

表－4 対数線形モデルの適合度

モデル	χ^2 値	自由度
[AB, AC, BC]	107.883 49.210	96 64
[AC, BC]	283.193 56.847	120 80
[AB, BC]	435.378 58.521	120 80

上段：A = 7 日間、下段：A = 5 日間

表－5 交互作用の検定結果 (χ^2 値)

交互作用	A = 7 日間	A = 5 日間
AB	190.163(24)*	7.637(16)
AC	350.191(24)*	9.312(16)

* : 1%の危険率で有意、() 内は自由度

帰無仮説は棄却できるが、後者は有意とならなかった。すなわち、曜日と交通目的及び交通手段の間には交互作用が存在すると言えるが、それは土、日曜日によるものである。

3次元の交互作用を調べると、土曜日徒歩や二輪車による買物が少なく、土曜日車（運転）の私用が多いという結果が得られた。

7. おわりに

本研究は宇都宮都市圏を対象に1週間の連続した交通行動のデータをアクティビティ・ダイアリー調査の手法を用いて収集し、個人の交通行動、特に発生トリップの曜日変動を定量的に分析したものである。

個人のトリップ数の曜日変動はトリップ目的によって異なるが、全体として月～金、土、日曜日で大きな差が見られた。男女間の比較では、平日においてもグロス、ネットのトリップ数とも若干の変動が見られた。交通手段、時間帯別発生トリップ頻度については、平日には大きな変動はなく、週末に大きな変動が見られた。しかし、トリップ長分布については、平日と週末の間で、大きな差は見られなかった。対数線形モデルによる統計学的検定においても、平日交通目的別や交通手段別トリップ数は曜日に有意な差がなく、土、日曜日を含めると差が生じた。

これらの結果は、個々のトリップを集計し、1日単位の平均値として捉えるような従来の交通調査では、調査日を平日の平均的な1日としていることに対して全体として妥当性を与えるものである。

ところが、トリップを任意の（Discretionary）交通目的や性別にセグメントしていくと平日においても大きな変動が見られ、セグメントされたトリップを分析の対象とする場合は複数日のデータは重要になってくるものと考えられる。また、土曜日の車の利用は平日よりもはるかに多く、1日中慢性化した道路混雑緩和の要請が次第に強くなるにつれ、土曜日を含めた2日以上交通調査が必要になってくるものと考えられる。

参考文献

1) Goodwin, P.B.: The usefulness of travel budgets, *Transportation Research* 15A, No.1, pp71-

80, 1981.

2) Bentley, G.A., A. Bruce and D.R. Jones: Intra-urban journeys and activity linkages, *Socio-Econ. Plan. Sci.*, Vol.11, pp213-220, 1977.

3) Golob, T.F.: A non-linear canonical correlation analysis of weekly trip chaining behaviour in the Netherlands, *Transportation Research A*, Vol.16, pp135-148, 1986.

4) Kitamura, R. and T. van der Hoon: Regularity and irreversibility of weekly travel behavior, *Transportation*, Vol.14, pp227-251, 1987.

5) Hirsh, M., J.N. Prashker and M. Ben-Akiva: Day-of-the-week models of shopping activity patterns, *TRB Record*, No.1085, pp63-69, 1986.

6) Hirsh, M., J.N. Prashker and M. Ben-Akiva: Dynamic model of weekly activity pattern, *Transportation Science*, Vol.20, pp24-36, 1986.

7) Hanson, S. and J.O. Huff: Assessing day-to-day variability in complex travel patterns, *TRB Record*, No.891, pp18-24, 1982.

8) Hanson, S. and J. Huff: Repetition and day-to-day variability in individual travel patterns: implications for classification, In *Behavioural Modelling in Geography and Planning* edited by R.G. Golledge and H. Timmermans, Croom Helm, pp368-398, 1988.

9) Pas, E.I.: Multiday samples, parameter estimation precision, and data collection costs for least squares regression trip-generation models, *Environment and Planning A*, Vol.18, pp73-87, 1986.

10) Pas, E.I. & F.S. Koppelman: An examination of determinants of day-to-day variability in individuals' urban travel behavior, *Transportation* 14, pp3-20, 1987.

11) Pas, E.I.: Intrapersonal variability and model goodness-of-fit, *Transportation Research*, Vol.21A, No.6, pp431-438, 1987.

12) Herz, R.: Stability, variability and flexibility in everyday behaviour, In *Recent Advances in Travel Demand Analysis* edited by S. Carpenter and P. Jones, Gower, pp385-400, 1983.

13) Jones, P. and M. Clarke: The significance and measurement of variability in travel behaviour, *Transportation* 15, pp65-87, 1988.

14) 原田昇・太田勝敏: 生活活動記録に基づく個人の活動分析に関する研究, 第23回日本都市計画学会学術研究論文集, pp415-420, 1988.

15) 杉恵頼寧・芦沢哲蔵・古藪篤人: 個人の発生トリップの曜日変動と個人変動, 土木学会土木計画学研究・講演集12号, pp1-6, 1989.

16) 松田紀之: 質的情報の多変量解析, 朝倉書店.