

勤務体制変更に伴う活動時間変化のモデル分析*

A Time Allocation Model and Its Application to Work Time Shift

高尾 稔**, 森川 高行***, 倉内 慎也****, 佐々木 邦明*****

Minoru TAKAO, Takayuki MORIKAWA, Shinya KURAUCHI, and Kuniaki SASAKI

1. はじめに

次世紀の交通需要予測・政策評価ツールとして、交通を異なる地点での活動の派生需要として捉えたアクティビティアプローチの必要性が高まってきている。これは、都市の過密化や地価高騰、財政的制約などの社会的背景、及び、交通基盤整備がもたらす新たな誘発需要の問題から、フレックスタイム制やテレコミュニティングなどの生活自体に働きかけるTDM施策が注目されていること、そしてその効果予測・評価には時間帯別OD交通量などの時間軸に沿った集計量が交通需要予測モデルのアウトプットとして不可欠であるためである。しかし、アクティビティアプローチに基づく交通モデルは、依然として方法論が明確であるとは言えず、またそれらの多くは単に交通行動モデルに用いられている意思決定構造をそのまま活動意思決定に拡張したものであり、このような要請に応えるためには、交通を種々の活動の一つとして捉え、活動意思決定により主眼をおいた生活行動モデルの構築が必要であると言える。

本研究はそのための基礎的分析として、まず効用最大化理論に基づいて活動時間配分モデルを構築し、勤務体制変更前後に行われたアクティビティダイアリー形式のパネルデータを用いて、就業者が勤務時間以外の時間を各活動にどのように配分しているのかについて分析を行う。さらに、変更前後でそれぞれモデルを構築し、勤務体制変更という外圧が加わったときに、意思決定者がどのように活動時間を再配分するのかについて分析し、就業者の時間利用特性について考察を行うことを目的とする。

2. データの概略

本研究で用いたデータは、1995年5月に愛知県豊田市にある大手自動車会社において行われた勤務体制変更に伴う生活実態調査データである。豊田市にはこの自動車会社及びその関連メーカーの工場が多く立地するため、その影響は社員のみならず一般市民の交通行動にも影響を及ぼすとの認識から、社員モニターとして約150世帯、一般市民モニター約200世帯を地域別・ライフサイクルステージ別に抽出し調査を行った。なお、勤務体制の変更は図1に示す通りである。調査は変更前(4月)と変更後(10月)の2回、同一の世帯を対象に郵送配布、訪問回収形式で行われ、各世帯ごとに世帯票と夫・妻への質問票が配布された。質問票は1日ごとに全ての活動を日誌形式で記入してもらうアクティビティダイアリー調査であり、平日と休日を含む各3日間のパネルデータが得られている。

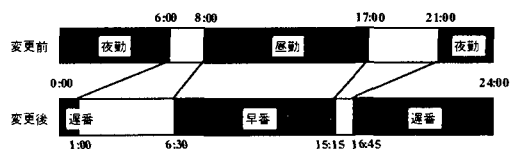


図1 勤務体制変更前後の勤務時間帯

3. 活動時間配分モデル

(1) モデルの定式化

活動内容決定及びその継続時間決定に関してのモデル化は、選択の自由度が非常に大きいと共に、活動内容とその所要時間の関係や活動の前後関係など、要因間の因果関係が極めて複雑であるため、厳密に表現するモデルを構築することは非常に難しいと言える。本研究では様々な活動選択のうち、特に活動時間配分のみに着目するため、人は行う活動を決定

* キーワード：交通行動分析, TDM

** 正会員 工修 中央復建コンサルタンツ

*** 正会員 Ph.D 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻

**** 学生員 工修 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻

***** 正会員 工博 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻

(〒464-8603 名古屋市千種区不老町, tel:052-789-3730, fax:052-789-3738)

した後にその継続時間を決定すると仮定し、行う活動が決定したという前提での時間配分のモデル化を Kitamura¹⁾の方法に基づいて行う。

まず、各活動の効用は時間資源の消費により得られるものと考え、活動の継続時間に対する限界効用は逓減し、かつ活動を行うことで正の効用が得られるという非負条件を満たすように、以下のように各活動の効用を定式化する。

$$U_{ki} = \exp(\beta X_{ki} + \varepsilon_{ki}) \ln t_{ki} \quad (1)$$

ここで、 U_{ki} は個人 i が活動 k を行うことにより得る効用、 X_{ki} は個人 i の活動 k による効用の説明変数ベクトル、 β は未知パラメータベクトル、 ε_{ki} は個人 i の活動 k による効用の確率項、 t_{ki} は個人 i の活動 k の継続時間である。個人 i の一日の効用 U_i が各活動 k から得られる効用 U_{ki} の和であるとする、各活動の継続時間は効用最大化理論より、次の最大化問題の解として与えられる。

$$\begin{aligned} \max U_i &= \max \sum_{k=1}^{K_i} U_{ki} \\ &= \max \sum_{k=1}^{K_i} \exp(\beta X_{ki} + \varepsilon_{ki}) \ln t_{ki} \end{aligned} \quad (2)$$

$$s.t. \quad T_i = \sum_{k=1}^{K_i} t_{ki}$$

ここで T_i は個人 i の一日の利用可能時間を表し、一日 24 時間から勤務時間を差し引いた時間のことである。式(2)の問題を解くと個人 i の活動 k の最適配分時間 t_{ki}^* は以下ようになる。

$$t_{ki}^* = \frac{\exp(\beta X_{ki} + \varepsilon_{ki})}{\sum_{l=1}^{K_i} \exp(\beta X_{li} + \varepsilon_{li})} T_i, \quad k = 1, 2, \dots, K_i \quad (3)$$

$$(2) \text{式より更に,} \quad \ln(t_{ki}^* / t_{li}^*) = \beta(X_{ki} - X_{li}) + \xi_{ki} \quad (4)$$

但し、

$$\xi_{ki} = \varepsilon_{ki} - \varepsilon_{li} \quad (5)$$

となる。(3)式に基づいて対数尤度関数を誘導し、それを最大化することでパラメータを推定する。

(2) モデルの特定化

本研究では就業者を対象とするため、活動を表 1 のように 9 種類に分類した。モデル化に際し、仕事は固定活動であり、開始・終業時間を自由に選択で

きないものとして扱い、仕事に伴う時間消費から得られる効用を 0 と仮定した。移動に関しては次の活動を行うための準備活動として捉え、図 2 のようにトリップチェーンの形態に応じて前後の活動に振り分け、その活動の効用関数内で移動時間の影響を評価することとした。

時間配分モデルの説明変数としては、表 2 に挙げられている変数を用いた。ここで、ウインドウ制約とは、本研究で用いる時間配分モデルが活動を行う時間帯とは独立であるため、つまり、継続時間が同じであれば勤務前の宅外活動も勤務後の宅外活動も同等に評価してしまうために、時間軸を明示的に考慮すべく導入した概念である。ウインドウとは、買い物施設や食事施設の営業時間や家族との同行可能時間帯を示すものであり、この時間帯に掛かっている活動時間(図 3 の斜線部分)を「施設を有効に利用している」、「家族と有効に過ごしている」とみなし、それぞれ宅外活動および宅内活動に関して効用が上乘せされるような構造になっている。ウインドウ制約の時間帯に関して、分析者が対象地域内にある全施設の営業時間や家族との同行可能時間を全て知り得ることは困難であるため、本研究では表 3 のように外生的に時間帯を設定し、モデル推定を行った。

表 1 活動分類

1. 仕事	2. 日常活動・家庭雑事	
3. 食事	6. 買い物・サービス	買い物
4. 睡眠	ビス・医療	サービス
5. 移動		医療
7. 付き合い	8. 余暇活動	娯楽・スポーツ
9. その他		喫茶・休憩

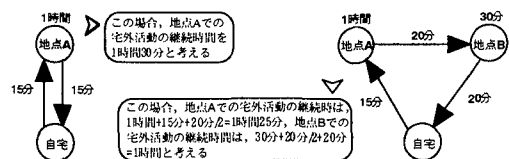


図 2 移動時間の割り振りの例



図 3 家族との同行時間・施設利用時間の例

4. モデルの推定結果

本研究では社員モニターの勤務日の行動について、1) 事前事後のデータをプールして推定したモデル、2) 事前データのみを用いたモデル、3) 事後データのみを用いたモデル、をそれぞれ構築し、それを用いて勤務体制変更による影響の分析を行った。なお推定に際しては、睡眠を基準活動とし、各活動継続時間を睡眠時間で除した値を被説明変数として推定を行った(表4)。

各パラメータについては、概ね予想通りの結果になった。例えば、余暇活動の午前ダミーのパラメータは負の値となっており、この活動の午前中の時間価値が小さいことを示している。また移動時間については、娯楽・スポーツ及びサービスについて t -値が大きく、パラメータは共に正であった。これは外出を伴う活動については、その移動時間が長くなるほどその活動から得られる時間価値が大きいことを示している。逆に言えば、得られる効用が低い活動を行うためにわざわざ遠くまで出かけることはしないということであり、妥当な結果であると言える。家族との同行時間および施設の利用時間に関するパラメータは全て正の値をとっており、かつその多くが有意であることから、この時間内に長く活動を行うことにより時間消費に伴う効用が増加するという予想通りの結果が得られた。

事前モデルと事後モデルを比較してみると、事後モデルでは余暇の午前ダミーのパラメータが小さくなっている。これは、勤務体制変更により睡眠時間が朝に延びていることを表していると言える。同様に勤務体制変更の影響と考えられるものとして、一人で余暇活動を行うことで得られる効用が事後で大きくなっていることが挙げられる。これは新たな勤務体制によって生じた日中の自由時間が、主に一人での余暇活動により費やされて

表2 モデル推定に用いた説明変数

個人属性、世帯属性に関する説明変数	
30歳以下ダミー	1: 30歳以下, 0: それ以外
40歳以上ダミー	1: 40歳以上, 0: それ以外
幼児ダミー	1: 6歳未満の子がいる, 0: それ以外
近距離通勤ダミー	1: 通勤時間が30分以内, 0: それ以外
活動に関する説明変数	
活動実行回数	その日にその活動以前に行った同一活動の実行回数
移動時間	その活動を行うために要した移動時間(時間)
単身ダミー	1: 一人で活動, 0: それ以外
在宅ダミー	1: 在宅活動, 0: それ以外(宅外活動)
宅外ダミー	1: 宅外活動, 0: それ以外(在宅活動)
活動時間帯に関する説明変数	
午前ダミー	1: 活動開始時刻が午前中, 0: それ以外
勤務前ダミー	1: (起床後)勤務前までにその活動を実施, 0: それ以外
17時以降ダミー	1: 活動開始時刻が17時~23時, 0: それ以外
ウィンドウ制約に関する説明変数	
子供同行時間	子供と過ごせる時間にどれだけ一緒にいるか(時間)
妻同行時間	妻と過ごせる時間にどれだけ一緒にいるか(時間)
その他家族同行時間	その他家族及び家族複数と過ごせる時間にどれだけ一緒にいるか(時間)
食事施設利用時間	食事施設営業時間にどれだけ利用しているか(時間)
買い物施設利用時間	買い物施設営業時間にどれだけ利用しているか(時間)
サービス施設利用時間	サービス施設営業時間にどれだけ利用しているか(時間)
娯楽・スポーツ施設利用時間	娯楽・スポーツ施設営業時間にどれだけ利用しているか(時間)
喫茶・休憩施設利用時間	喫茶・休憩施設営業時間にどれだけ利用しているか(時間)

表3 家族との同行可能時間および施設の営業時間

対象		同行・利用可能時間
子供	6歳未満	15:00~20:00
	小中学生	16:00~22:00
	高校生以上	18:00~22:00
妻	有職	18:00~22:00
	無職	9:00~22:00
その他家族および家族複数		10:00~22:00
食事施設		10:00~22:00
買い物施設		10:00~20:00
サービス施設		9:00~21:00
娯楽・スポーツ施設		10:30~23:00
喫茶・休憩施設		10:00~20:00

表4 モデルの推定結果

説明変数		パラメータ推定値(t -値)		
		プールモデル	事前モデル	事後モデル
食事	定数項	-2.77 (-54.3)	-2.71 (-37.1)	-2.83 (-41.0)
	妻同行時間・在宅ダミー	0.693 (6.6)	0.720 (4.8)	0.637 (4.4)
	その他家族同行時間・在宅ダミー	0.695 (10.8)	0.640 (6.8)	0.747 (8.7)
	単身ダミー・宅外ダミー	-0.365 (-1.3)		-0.457 (-1.5)
	食事施設利用時間・宅外ダミー	0.946 (3.2)	0.808 (2.2)	1.25 (2.5)
睡眠	30歳以下ダミー	0.188 (3.0)	0.209 (2.2)	0.164 (2.0)
	40歳以上ダミー	-0.118 (-4.1)	-0.106 (-2.5)	-0.131 (-3.5)
	近距離通勤ダミー	0.122 (3.4)	0.152 (2.9)	0.104 (2.3)
	活動実行回数(回)	-0.00740 (-0.4)	-0.00920 (-0.4)	-0.0146 (-0.6)
日常活動	定数項	-2.76 (-42.1)	-2.67 (-29.0)	-2.86 (-31.4)
	午前ダミー	-0.183 (-3.0)	-0.187 (-2.2)	-0.157 (-1.8)
	宅外ダミー	1.06 (7.0)	0.863 (3.3)	1.18 (6.6)
	勤務前ダミー	-0.166 (-2.8)	-0.192 (-2.4)	-0.164 (-1.9)
	子供同行時間・在宅ダミー	0.368 (1.2)		0.585 (1.6)
余暇活動	妻同行時間・在宅ダミー	0.557 (2.6)	0.507 (1.6)	0.629 (2.3)
	その他家族同行時間・在宅ダミー	0.595 (2.9)	0.770 (2.6)	0.443 (1.6)
	定数項	-2.46 (-32.2)	-2.39 (-21.3)	-2.60 (-24.4)
	午前ダミー	-0.200 (-3.6)		-0.311 (-3.7)
	勤務前ダミー	0.313 (5.1)	-0.107 (-1.4)	0.123 (1.6)
買い物等	単身ダミー	0.473 (2.1)	0.128 (1.4)	0.474 (5.7)
	子供同行時間・在宅ダミー	0.591 (10.2)	0.565 (6.3)	0.631 (8.4)
	その他家族同行時間・在宅ダミー	0.596 (11.2)	0.586 (6.8)	0.649 (9.7)
	宅外ダミー	0.303 (1.4)		0.231 (1.1)
	移動時間・宅外ダミー	0.377 (1.8)		0.529 (2.2)
付き合い	17時以降ダミー・宅外ダミー	-0.194 (-1.0)		
	娯楽・スポーツ施設利用時間・宅外ダミー	0.399 (4.3)	0.619 (9.4)	0.328 (3.1)
	喫茶・休憩施設利用時間・宅外ダミー	0.383 (1.2)		
	定数項	-3.23 (-11.4)	-3.11 (-14.3)	-2.87 (-15.8)
	40歳以上ダミー	0.339 (1.2)		
その他	幼児ダミー	0.293 (1.1)		
	移動時間・宅外ダミー	2.05 (2.2)		2.09 (2.4)
	買い物施設利用時間・宅外ダミー	0.828 (6.2)	0.886 (4.9)	0.777 (4.6)
	サービス施設利用時間・宅外ダミー	0.377 (1.9)	0.973 (4.8)	0.232 (1.2)
	定数項	-1.99 (-11.0)	-2.39 (-4.2)	-1.79 (-3.9)
その他	午前ダミー	-0.362 (-2.1)	-0.582 (-1.9)	
	近距離通勤ダミー	-0.411 (-2.1)	-1.14 (-3.8)	
	勤務前ダミー		0.719 (2.4)	
	活動実行回数(回)		0.723 (2.0)	-0.780 (-1.8)
	子供同行時間・在宅ダミー	0.410 (1.1)		0.933 (2.2)
その他	その他家族同行時間・在宅ダミー	0.589 (5.7)	0.578 (2.6)	0.624 (5.6)
	定数項	-1.69 (-13.6)	-1.63 (-9.5)	-2.42 (-4.5)
	午前ダミー	-0.290 (-1.6)	-0.270 (-1.2)	-1.04 (-1.6)
	勤務前ダミー			0.603 (1.1)
	活動実行回数(回)			0.522 (1.2)
その他	その他家族同行時間・在宅ダミー	0.238 (1.3)	0.268 (1.4)	
	0	0.310	0.328	0.272
	サンプル数	1792	891	901
自由度調整済み決定係数		0.470	0.447	0.512

いると考えられる。しかし、全般的にパラメータ値は極めて類似していると言え、勤務体制変更という外圧が加わった場合でも意思決定者の時間利用意思決定構造は殆ど変化しないことを示している。

5. 勤務体制変更前後の比較及び政策分析

(1) 勤務体制変更前後の比較

まず、プールモデルを用いた事前事後の一日の総効用による比較を行った。図4はその結果である。



図4 勤務体制変更前後の効用の変化

事後の方が効用が増加した人の割合が過半数を超えており、勤務体制変更の対象となった社員については生活がより豊かになった可能性があると言える。

次に、表4における事前・事後双方のモデルの推定結果について、Hausman specification test²⁾を用いてモデルの同一性の検定を行った。その結果、 $\{\chi^2_{29}=54.08\} > \{\chi^2_{29}(0.05)=42.56\}$ となり、「モデルが同じである」という帰無仮説は棄却された。これは、勤務体制の変化により両モニター共に生活の時間配分の重みが変わったのではないかと考えることもできるが、例えば調査日の天候の違い等による差や、その日に偶然観測された非日常的な活動によって生じた差も考えられ、一概に勤務体制変更による影響とは言えないことに注意が必要である。

(2) 施設営業時間及び家族の同行可能時間の変化による影響の分析

本研究では施設営業時間及び同行可能時間を外生的に与え、その時間内の活動を行うと効用が上乘せされるモデル構造になっている。そこで、この時間を変化させることによる個人の生活時間配分への影響の分析を行った(図5~7)。

図5から図7に共通して言える結果は、変更対象となった活動の継続時間の増減が、主に睡眠時間に影響を与えていることである。すなわち睡眠は生活

に必要不可欠な活動であるが、他の活動と比較して継続時間が長いことから時間に関して自由裁量の余地があり、生活時間を配分する上で重要な役割を持っていると考えることができる。

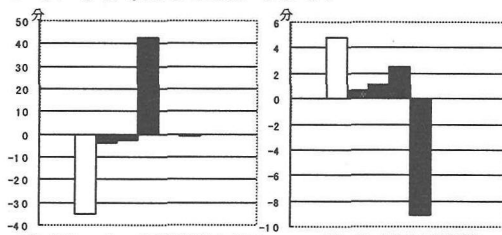


図5 娯楽・スポーツ施設営業開始1時間早

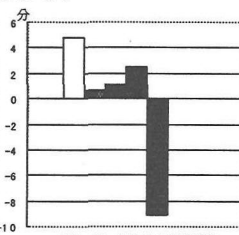


図6 買い物施設1時間短縮

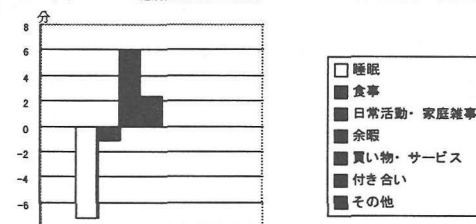


図7 6歳未満の子供との同行可能時間1時間延長

6. おわりに

本研究では、アクティビティアプローチに基づく交通モデル構築のための基礎的分析として個人の時間利用に着目し、勤務体制変更という外圧が加わった際の時間利用パターンの変化についてモデル分析を行った。その結果、外圧が加わった場合でも時間利用パターンは殆ど変化しない、時間利用の変化は自由裁量の余地が大きい睡眠時間において最も顕著である、などの行動論的知見が得られた。しかし、言うまでもなく生活・交通行動のより厳密なモデル化を行うには様々な改善が必要であり、例えば本研究のモデルは、生活パターンの変化を表現できる形にまで至っておらず、また現状では将来予測に用いることができないため、今後時刻や実行順序を考慮した上で、活動内容選択と活動継続時間選択の双方を表現するモデルの構築してゆくことが必要である。

最後に、データを提供していただいた(財)豊田都市交通研究所に対し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Kitamura, R.: A model of Daily time allocation to discretionary out-of-home activities and trips, Transportation Research.B, Vol.18B, No.3, pp.255-266, 1984.
- 2) Hausman, J., Specification tests in econometrics, Econometrica 46, 1978, pp.1251-1272.