

世帯構成員と時空間の影響を考慮した交通行動モデルの構築

インフラ計画学研究室
指導教官

反町 智
松本昌二
及川 康

1. はじめに

これまでに、個人の交通行動やその行動パターンの解析を目指す場合、ここの交通行動に焦点をあて、目的地や交通機関といったここのトリップの属性をモデル化するというアプローチ (trip-based approach) の考え方が用いられることが一般的であった。

また近年、都市の過密化や財政的制約などによって、交通基盤整備を行うことはより困難となっている。そのため、交通混雑を解消する方策としてフレックスタイムや時差出勤、週休二日制などの個人の生活行動に直接影響を与える交通需要マネジメント (以下 TDM) 施策が、交通渋滞の緩和等の交通施策として注目されている。また、このように交通施策が交通基盤整備から TDM 施策へと移行するに伴って、trip-based approach による交通行動モデルの限界が生じてきている。このことにより、個人の交通行動を解析するアプローチとして、activity-based approach に基づく交通行動モデルの必要性が高まっている¹⁾。Activity-based approach とは、活動と移動との関係性を十分に考慮した上で、個人の交通行動を的確に把握し、且つ、トリップは個人が時空間内で実行する生活行動の一部であり、生活行動に派生して発生するという認識に基づいた交通行動解析のアプローチである。

2. 目的

これまでに上記の認識を踏まえた交通行動分析やモデルの構築は数多くの研究者によって行われてきた^{2) 3) 4)}。しかし、これまでは、モデルを構築するにあたり、個人の年齢・性別等の個人

属性とトリップ数等を変数として扱ってきた。しかし、実際には個人の行動の意思や行動パターンは、個人の独断で決定されるものではなく、他人の影響を少なからず受けて決定されるものであると思われる。つまり、実行した行動の中には、使いを頼まれて近くのスーパーに買い物に行ったとか、父を駅まで送っていかねばならなかったものが、時間がなかったため他の家族が代わりに行ってくれたなど、生活していく上での付加的なトリップの発生や消去が存在するはずである。

そこで、本研究では新たな着目点として、人の行動が他の人の行動にどう影響を与えるか、また、時間的、空間的の制約が就業者の行動にどう影響を与えるかという点に着目する。

他人の行動からの影響と一概にいても、個人に影響を与える者は様々なコミュニティに属している。身近なところでも、市内、町内、職場や家庭など様々なコミュニティが存在する。そこで本研究では、最小のコミュニティである家族というコミュニティに視点を向ける。

そこで本研究の目的としては、これまでに記述した点を踏まえた上で、長岡都市圏を対象として、平日のトリップメイカーである就業者を対象とした行動パターンや活動時間、また、その活動の実行における意思の強さを図るモデルをそれぞれ共分散構造方程式の枠組みを用いて構築する。また、そこで構築したモデルにおいての感度分析を行うことで、TDM 施策の導入や家族の行動の変化によって生じる就業者個人の行動の変化を分析する。

3. 共分散構造方程式

一般に共分散構造方程式は、以下のように定式化される。

$$\begin{aligned} \text{構造方程式} &= \quad + \quad + \\ \text{測定方程式 } X &= \quad x \quad + \\ Y &= \quad y \quad + \end{aligned}$$

ここに、

- ： 内生的潜在変数ベクトル
- ： 外生的潜在変数ベクトル
- X, Y : 観測変数ベクトル
- , , : 誤差項ベクトル
- , , : 未知パラメータ行列

共分散構造方程式は、重回帰分析、因子分析、主成分分析等の種々の多変量解析をその特殊形として持つモデルであり、それら分析手法を同時に分析できるという特徴を持つ。さらに、直接観測することのできない潜在的な要因（潜在変数）を仮定し、潜在変数間や観測変数間との因果関係を検討することが可能である点も、共分散構造方程式モデルの特徴の一つである。

そこで、本研究では、就業者の行動モデルを分析する上で、家族の行動による影響など潜在的な要因も考慮しなければならないため、就業者の行動パターンの分析などにおける手法として共分散構造方程式の枠組みを用いた。

4. データの概要

本研究において分析には、長岡都市圏パーソントリップ調査（1999.11）の平日調査のデータを使用した。また、調査対象の15270人（4694世帯）のデータから、調査当日において少なくとも1回以上自由目的（買い物、食事、娯楽、観光、その他私用）の活動を行っている就業者6289人（3671世帯）とその同一世帯内の非就業者（世帯構成員）6560人のデータを分析に使用した。トリップ総数は就業者で9951回（内、自由活動トリップ回数は1190回）、非就業者では5938回（全て自由活動トリップ）である。

また、データにおいては、各就業者の個人属性

（年齢、性別など）や世帯属性（世帯人数、子供の人数、親の人数など）を、また、就業者の自由活動を行う時間帯を勤務前、帰宅中、帰宅後の3つに分割し、各時間帯における自由活動トリップ数、活動時間を、家族の行動に於いては、同一世帯内の非就業者の買い物、送迎活動のトリップ数を、時間的制約としては、出勤時刻や退社時刻を、空間的制約としては、通勤距離とその所要時間をそれぞれ抽出して本分析に用いた。

5. 就業者の意思強度モデルの構築

個人が自由活動を行うか否かという意思強度が、世帯構成員の行動や属性、及び出勤時刻や退社時刻等の時間的制約、通勤時間や通勤距離等の空間的制約によってどのくらい影響を受けるのかを検証し、個人の自由活動を行うか否かという意思強度に対する外的影響の存在を確認する。そして、このモデルを意思強度モデルと呼ぶこととする。以下に、取り扱った変数について述べる。

内生的潜在変数として取り扱う就業者の自由目的の活動を行う意思強度の強さは、従来の研究から自由活動に費やした活動時間と移動時間の大きさによって表現できるとされている。これは、自由活動に対する意思強度において、目的地に行く移動時間が負の限界効用を持つにも関わらず、その目的を行うということは、その活動には移動時間による負の限界効用を上回る正の限界効用が生じるためであるからと考えられる。また、外生的潜在変数としては、家族の行動、時間的制約、空間的制約の3変数である。図-1にて定式化した意思強度モデルのパスダイアグラムとその推定結果を示す。

推定の結果よりモデルの適合度は、GFIは0.995、AGFIは0.989と共に大きな値であり、RMSEAも0.033と十分に小さい。よってこのモデルがデータと十分適合しており、且つ成立していることを示している。

また、各変数間のパス係数より、家族の買い物トリップ数と送迎トリップ数が増加するほど家族の行動も増加する傾向があり、潜在変数として

示した家族の行動は、買い物や送迎活動などの生活行動をどれだけ行ってくれるかということを示しており、つまりは、家族の生活面における協力度合を示しているものと考えられる。また、空間的制約は、どれだけ自宅と職場が離れているかということを示す。時間的制約は出勤時刻が小さく退社時刻が大きくなれば、その値は増加する、つまり、出勤時刻が早くなり、退社時刻が遅くなれば時間的制約は大きくなるということを示している。そして、ここで示す時間的制約は、その説明変数からのパス係数の正負により、固定活動時間（通勤時間を含む勤務時間）の長さを示していると考えられる。同様に、意思強度は既存の文献通りに自由活動に費やす総移動時間数と総活動時間数が増加すれば大きくなるものと測定できた。

そして、各潜在変数間の因果関係より、家族の生活面での協力度合が大きくなれば、自宅と職場までの距離が遠ければ、固定活動時間（勤務時間）が短ければ、就業者の自由活動を行う意思の強さは大きくなるという推定結果が示された。また、このモデルを通して、自由活動を行うにあたり、家族の行動（協力度合）、時間的制約（固定活動時間の長さ）、空間的制約（自宅と職場までの距離）が、影響を与えていることが示され、これま

で考慮されてこなかった家族の行動による影響は、空間的制約より大きく影響を与えており、少なくとも就業者が活動を行う上で実際に影響を及ぼしていることを示すことができた。よって以後、行動モデルを構築するにあたっては、家族の行動を考慮する必要があると考えられる。

また、当初、自由活動を行う意思の強さに影響を与えるものとしては、家族の影響、時間的制約、空間的制約、個人属性、世帯属性を考えたが、個人属性や世帯属性は、自由活動を行う意思の強さに対して有意な相関を持たなかったため、個人属性や世帯属性に関する影響力は、外生的観測変数として取り扱わなかった。

またここで、推定されたパス係数は、全て5%有意であった。

6. 就業者の行動モデル

ここでは、就業者の意思強度モデルより、就業者の意思強度は、家族の行動（協力度合）と時間的制約、及び空間的制約の影響を受けるという結果を踏まえて、これら各制約条件と就業者の各時間帯における自由活動トリップ回数との因果関係を分析し、就業者の行動パターンを再現するモデルシステムの構築を目指す。また同様に、各制約条件と各時間帯における自由活動時間と在宅

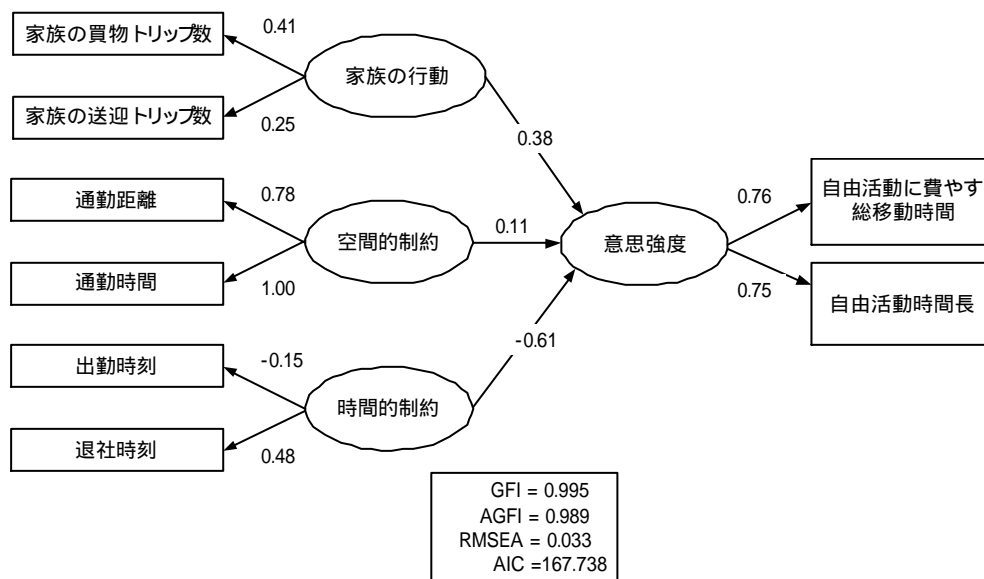


図-1 就業者の意思強度モデルと推定結果

時間との因果関係を分析し、これらの関係を表現するモデルシステムを構築する。

ここで就業者の行動パターンを表現する指標として、各時間帯における自由活動トリップ数を内生変数として取り扱うことで就業者の行動パターンが表現することが可能であると考え、(表-1参照)また、内生化した変数を以下に示す。

- B_trip : 起床して出勤前までに行った自由活動の回数
- A_trip : 勤務終了後帰宅までに行った自由活動の回数
- C_trip : 一度帰宅した後、最後に帰宅するまでに行った自由活動の回数

またここで、出勤中、帰宅後に自由活動を行ってそのまま帰宅しなかったなど表-1にて想定しない行動パターンをとった就業者は、全体の60人(0.95%)に過ぎず、残り99.05%の就業者の行動パターンを内生化した各活動時間帯における自由活動トリップ数に基づいて特定化することができる。就業者の行動パターンを表現するモデルと推定結果を図-2に示す。

また、同様に各時間帯における活動時間と在宅時間との関係やそれらと家族の行動、時間的制約、

空間的制約との因果関係を表現するモデルは、各時間帯における活動時間と在宅時間を内生化することで求めることができる。内生化した変数はそれぞれ以下のように考える。

- B_time : 起床して出勤前までに行った自由活動の総時間長
- A_time : 勤務終了後帰宅までに行った自由活動の総時間長
- C_time : 一度帰宅した後、最後に帰宅するまでに行った自由活動の総時間長
- T_home : 最後に帰宅してから出勤までの在宅時間の長さ

そして、これらを表現する就業者の行動モデルと推定結果を図-3に示す。

表-1 行動パターンと内生化変数との関係

就業者の行動パターン					...
B_trip	0	1	1	1	...
A_trip	0	0	1	1	...
C_trip	0	0	0	1	...

○ : 自宅 ● : 職場 ● : 自由活動目的地

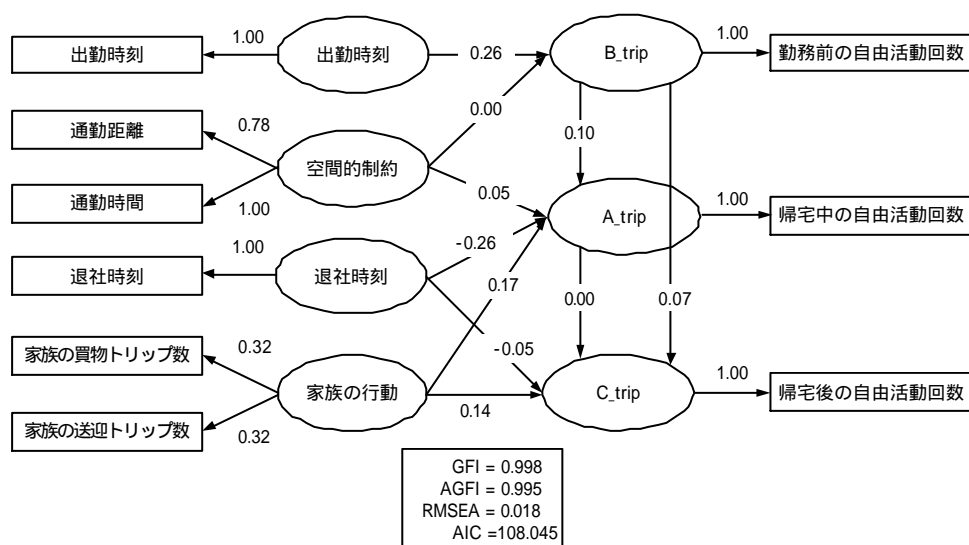


図-2 就業者の行動モデル(行動パターン)と推定結果

なお、これら2つの行動モデルにおいて、有意とならないパス係数は0.00とし、無表記にした。また、それら以外のパスは、全て5%有意である。

また、家族の行動による影響は、勤務前の時間帯では、わからないものと想定し、それ以降の時間帯の指標に影響を与えるとした。

各推定結果より、どちらのモデルもデータに対する適合度も高く、モデルとしても成立している。

各因果関係を確認すると、時間的制約からは、出勤時刻が遅くなるとB_trip, B_time共に増加し、退社時刻が早くなるとA_trip, C_trip, A_timeは増加することが確認できた。空間的制約では、勤務先まで離れているほど、A_tripは増加することが確認できたが、その他活動時間帯における自由活動回数や活動時間には影響を与えていないことが確認できた。家族の行動(協力度合)による影響では、A_trip, C_trip, A_time, C_timeに影響を与えることが確認できた。

また、T_homeに関しては、各時間帯における活動時間が増加すればT_homeは減少することが確認できた。

また、活動回数、活動時間の双方において、前の時間帯での活動が後の時間帯の活動に影響を

与えるかということに関しては、活動回数では、A_tripの増加とC_tripとの因果関係は確認できなかったが、活動時間に関しては、A_timeが増加するとC_timeは減少する傾向があることがわかった。これは帰宅中の主な自由活動が買い物活動であるため、帰宅中に行えば帰宅後に行かなくても良いという傾向があることを示しているのではないかと推察される。

また、時間的制約である出勤時刻と退社時刻と家族の行動(協力度合)が就業者の行動パターンに影響を与える要因になることが推察できる。よって、フレックスタイムや時差出勤など出勤時刻や退社時刻に変化を与えるTDM施策の導入が就業者の行動パターンを変化させると推察できる。以下に、出勤時刻や退社時刻を変化させた場合や家族の協力度合が変化した場合における就業者の行動パターンの変化を感度分析を行うことで具体的に考察する。

7. 感度分析

ここでは、時間的制約や家族の行動に関する外生変数の変化に対する就業者の行動パターンの感度分析を行う。

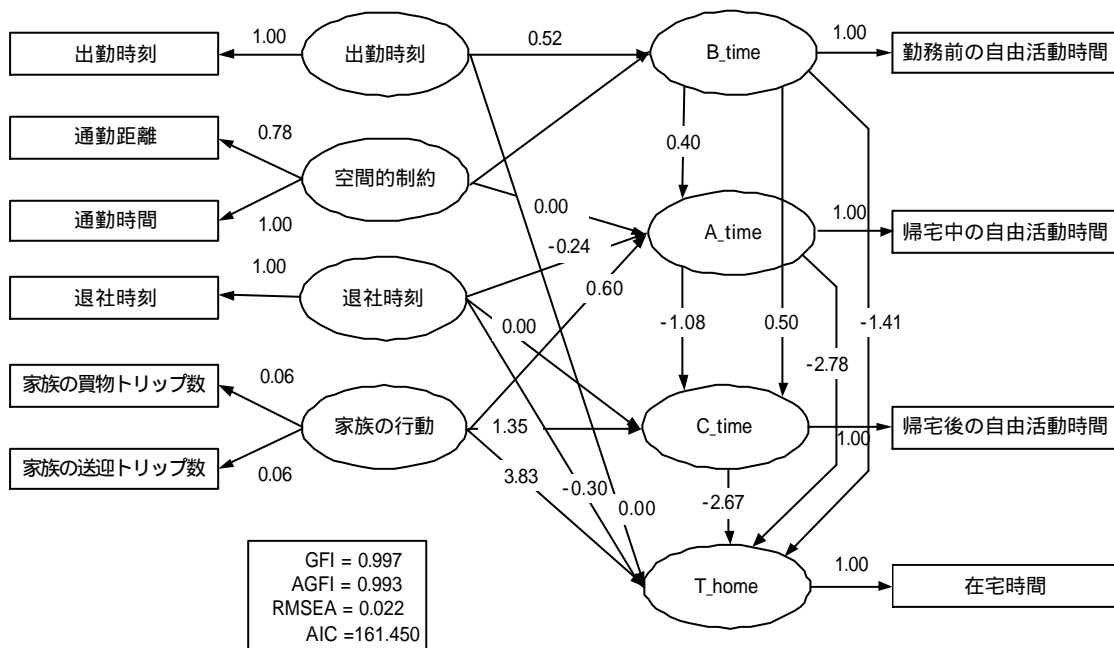


図-3 就業者の行動モデル(活動時間)と推定結果

表-2 行動モデルの感度分析（勤務時間）

勤務時間帯		現状	30分早くする（変化量）	
B_trip	勤務前の自由活動回数	0.03	0.01	(- 0.02 回)
A_trip	帰宅中の自由活動回数	0.09	0.11	(+ 0.02 回)
C_trip	帰宅後の自由活動回数	0.05	0.05	(- 0.00 回)
B_time	勤務前の自由活動時間（分）	1.90	0.46	(- 1.54 分)
A_time	帰宅中の自由活動時間（分）	8.52	9.10	(+ 0.58 分)
C_time	帰宅後の自由活動時間（分）	4.00	0.78	(- 3.22 分)
T_home	在宅時間（分）	561.98	587.50	(+ 25.52 分)

表-3 行動モデルの感度分析（家族の協力度合）

家族の行動による影響		現状	全員協力（変化量）	
B_trip	勤務前の自由活動回数	0.03	0.03	(+ 0.00 回)
A_trip	帰宅中の自由活動回数	0.09	0.11	(+ 0.02 回)
C_trip	帰宅後の自由活動回数	0.05	0.06	(+ 0.01 回)
B_time	勤務前の自由活動時間（分）	1.90	1.90	(+ 0.00 分)
A_time	帰宅中の自由活動時間（分）	8.52	10.31	(+ 1.79 分)
C_time	帰宅後の自由活動時間（分）	4.00	3.02	(- 0.08 分)
T_home	在宅時間（分）	561.98	579.71	(+ 17.73 分)

まず、フレックスタイムや時差出勤の導入を想定し、出勤時刻と退社時刻をそれぞれ 30 分遅くする、つまり勤務時間全体を 30 分遅くずらした場合には、現状に対して B_trip は 7 割減少し、A_trip は 2 割増加する。活動時間では、B_time が 1.54 分、C_time が 3.22 分減少し、A_time が 0.58 分増加する。そして T_home が 25.52 分増加する。次に、家族の誰かが必ず 1 回以上は、買い物や送迎活動を行ってくれるとした場合、現状に対して A_trip、C_trip 共に 2 割増加する。また活動時間では、A_time が 1.79 分増加し、C_time が 0.08 分減少する。そして T_home が 17.73 分増加する。ここで、勤務時刻を 30 分ずらすことと、家族の協力度合を高めることが、就業者の行動パターンの変化に同程度の影響を及ぼしていることが推察できる。

8. おわりに

本研究を通して就業者の行動パターンが表現可能なモデル、及び各活動時間の関係性を表現するモデルが構築できた。そして、この就業者の行動モデルでは、出勤時刻や退社時刻の変化など、フレックスタイムなどの TDM 施策の導入による就業者の行動パターンの変化や各活動時間の変化が分析可能である。また、感度分析の結果からも家族の行動による就業者の行動パターンの

変化、活動時間の変化は、無視できる大きさでないことも表現できた。そして、今後、TDM の評価など行動パターンの変化を分析するためには、家族の行動による影響を考慮しなくてはならないと思われる。

今後の課題としては、実行する自由活動が強制的なものなのか自発的なものなのか、その活動を行うということをどの時点で決定したのかなどの意識調査をふまえた上で、行動分析を行う必要があると思われる。また、家族から受ける影響には、今回取り扱ったような実質的な影響と、精神的な影響が考えられる。これらの点をふまえての行動分析が課題となる。

参考文献

- 1) 北村隆一：交通需要予測の課題-次世代手法の構築-，土木学会論文集，No.530 -30，pp.17-30,1996.1
- 2) 藤井聡：生活行動を考慮した交通需要予測ならびに交通政策評価法に関する研究京都大学学位論文 1997.12
- 3) 藤井聡，大塚祐一郎，北村隆一，門間俊幸：時間的空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築，土木計画学研究・論文集，No.14，pp.643-652,1997.
- 4) 瀬戸公平，北村隆一，飯田克弘：構造方程式を用いた活動実行時点・活動時間・トリップ距離間の因果関係の分析，土木計画学研究・講演集 No.17，pp.209-212，1995