

特集論文(交通需要の動的分析) フレックスタイム下における 通勤時刻選択行動とその効果分析

松井 寛*・藤田素弘**

本研究ではまず、フレックスタイム制下で時間的に可変性をもつようになった通勤交通の時間変動特性について分析し、通勤時刻選択モデルを構築した。さらに、ドライバーが道路混雑に反応して行っている通勤時刻選択と経路選択とを同時に時間帯別に再現できる時間帯別通勤時刻分布・配分同時モデルに、上記モデルを組み込むことによって、制度導入による道路交通混雑緩和効果や朝の心理的ゆとり効果を測定した。

Key Words : *flexitime system, time-of-day traffic demand, departure time choice, traffic assignment*

1. はじめに

ゆとりある生活を望む世論の高まりを反映してわが国でもフレックスタイム制度は徐々に普及しつつあるが、これに伴いフレックスタイム制導入による社会的効果に対する関心も高まりつつある。フレックスタイム制度とは、コアタイムなどある程度の制約はありながらも、社員自身が自由に始業時刻を決定できる制度であり、または朝の通勤に関して言えば、「個人にとって最も効用の高い通勤時刻を選択できる」制度であるともいえる。このように社員自らに通勤時刻、勤務時間帯の選択を任せることによって、毎日の生活にゆとりが生まれ、強いては仕事の効率アップにつながる効果や、通勤時間帯の分散によって交通混雑が緩和される効果などが期待でき、今後さらにフレックスタイム制の普及拡大が社会的にも望まれるものである。そのためには、フレックスタイム制下で時間的に可変性を持つようになった交通需要特性について考察し、その特性をより合理的に捉えることができるモデルを開発することによって、制度導入による社会的効果を計測し、定量的に示すことが必要となる。

そこで本研究ではまず、フレックスタイム制下の通勤交通の時間変動特性について分析し、これを考慮してドライバーの通勤時刻選択モデルを新たに構築する。さらにこのモデルを、著者ら¹⁾が既に開発している通勤時刻分布・配分同時モデルに組み込むことによって、道路交通渋滞の緩和効果の測定を初めとして、「個人にとって最も効用の高い通勤時刻を選択できる」ことによって生じる、社員の心理的ゆとり効果の測定をも研究しようとするものである。

この通勤時刻分布・配分同時モデルは、ドライバーが

道路混雑に反応して行っている通勤時刻選択と経路選択を同時に時間帯別に再現できるモデルとなっている。よって、このモデルに上記の通勤時刻選択モデルを組み込めば、道路混雑に反応して時間変動するフレックスタイム下の交通需要を、実規模の都市部道路網で捉えることが可能となる。ただし、上記の効果測定には企業経営者側に立った、企業イメージの改善効果や仕事の効率アップなどの効果は含まないものとする。

2. 従来の研究と本研究の概要

フレックスタイム制度の分析を行った研究例としては、谷口²⁾が英国地方都市の事例を挙げており、梁瀬・古池³⁾は宇都宮の工業団地の事例を挙げており、それぞれアンケート調査を実施してフレックスタイム制導入前後の通勤時間の変化、出発時刻の変化等を分析しているが、いずれも本研究のような通勤時刻選択のモデル構築までは行われていない。一方、Hendrickson⁴⁾、松本ら⁵⁾や加藤ら⁶⁾はフレックスタイム制下の分析ではないが、数量化理論Ⅱ類や非集計モデルによって通勤時の出発時刻選択や交通手段選択のモデル分析を行っている。しかし、これらは始業時刻が指定されている時差出勤制度等について分析しているため、始業時刻が指定されておらず遅刻がないなど、その出勤時刻選択の動機がかなり異なってくるであろうフレックスタイム制度下の分析には適用できない。

ところで、より理論的なアプローチによって、通勤時刻選択と経路選択を同時に表現しようとする研究がいくつか存在する^{7),8)}。しかし、これらもまた始業時刻がある範囲で指定されている場合における通勤所要時間と到着余裕時間、遅刻時間との関係を表現したモデルであり、フレックスタイム下の問題には直接適用できない。さらにこれらは主にシミュレーションモデルとなっており、その実現の分析までには到っていない。

* 正会員 工博 名古屋工業大学教授 社会開発工学科
(〒466 名古屋市昭和区御器所町)

** 正会員 工博 名古屋工業大学講師 社会開発工学科

表-1 フレックスタイム導入調査の主な質問項目

1. 住所、性別	2. 独身既婚
3. 子供の人数	4. 勤務期間(残業を含む)
5. 勤続年数	6. 年齢
7. 職種	8. 朝型、夜型
9. 通勤距離	
10. FAXの利用回数(送信受信を含む)	11. 電話の利用回数(送信受信を含む)
12. 仕事に関わる人数(外部内部を含む)	
13. 導入前後の出発時刻	14. 導入前後の通勤所要時間および交通手段
15. 導入して良かったこと、悪かったこと	
16. 制度の活用上支障になること	17. 制度の今後の改良点

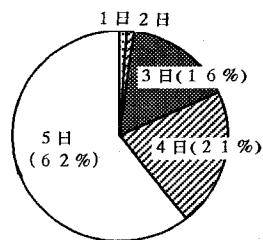


図-1 最も多い自宅出発時刻の日数/週

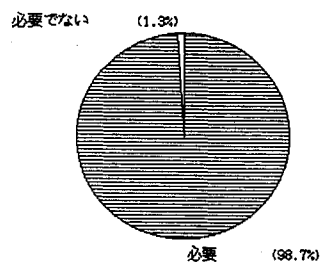


図-2 フレックスタイム制は必要と思うか

本研究の構成は次のようになる。3章では、フレックスタイム制度を導入している企業で行ったアンケート調査結果より、制度下の通勤交通需要の時間変動特性を、制度に対する意識やその活用状況などと関係づけながら分析していく。4章では非集計多項ロジットモデルによる通勤時刻選択モデルの構築と、それによるドライバーの通勤時刻選択特性の分析および朝の心理的ゆとり効果の測定方法について考察する。5章では、フレックスタイム制度導入によって生じる交通渋滞緩和効果や心理的ゆとり効果を、実際に豊田市の道路ネットワークで測定し、制度の普及率と各効果の関係について分析する。

3. フレックスタイム制度の現状分析

ここでは平成3年10月にトヨタ自動車株式会社を対象に行った「フレックスタイム導入調査」アンケートの分析を行い、その意識調査分析とともに、制度下における通勤交通の時間変動特性について分析する。

まず、トヨタ自動車のフレックスタイムの形態について述べる。同社では10時～15時までのコアタイムの時間帯に勤務していなければならない他は、出勤時間は基本的に自由となっている。すなわち、出勤時刻は自己申告制で、朝早く職場に到着しても勤務時間とすることができる。フレックスタイムが同社に本格的に導入され始めたのは平成2年2月頃で、当初はあまり活用されなかったものの、年齢層の若い層を中心に徐々に使われるようになり、導入後4～6ヶ月たつと年齢層の高い層も含めてかなり活用するようになったという報告を得ている。また同社ではフレックスタイム制度とともに完全週休2日制もまた実施している。

さて、本アンケートの有効サンプル数は472人(男性443人、女性29人)で回収率79%である。表-1は、本調査の質問項目を示すが、それらは、性別・年齢などの個人属性に関するものと、FAX、電話の利用回数などのフレックスタイムを十分活用する上で制約要因となり得るものに関するもの、制度導入前後の通勤所要時間などの通勤状況に関するもの、制度を導入してよかったこと、良くなかったことなどの制度全般における意識に

関するものに大きく分類することができる。

また、本研究で最も重要となる出発時刻については、日々変動することが予想されるため、アンケートにおいて一週間のうちで最も多く自宅から出発する時刻とともにその日数を聞いたところ図-1のようになった。フレックスタイム下においても、83%の人が毎日同じか、多くても一日だけ出発時刻を変更する程度と答えており、日々の変動はあまり大きくないようである。よって、本研究ではデータを最大限に利用するという意図から、以下の意識調査では全数の472個のデータを用いた集計結果を示し、(2)の導入前後の分析では自動車通勤者の導入前後データがともに得られた269個のデータを用いる。4章以降の分析では自宅出発時刻データが最も重要なものであり、アンケートでは週に何回も時刻を変える人でも唯一つの出発時刻しか聞いていないことを考慮して、週に4回以上同じ時刻に自動車通勤している人に対象者を絞り、分析するものとする。アンケートの分析結果を以下に示す。

(1) 意識調査結果

初めに、フレックスタイム制の必要性については図-2のようにほとんどの人がフレックスタイム制を必要と考えていることがわかり、フレックスタイム制が全社的に容認されていることがわかる。また、図-3,4でフレックスタイム制が導入されてそれぞれ良かったこと、良くなかったことをみると、良かったこととしては「体調が悪いとき、前夜就寝時間が遅かったときに朝ゆっくりにできること」など朝夕の心理的余裕ができたことを評価する人が80%と多かったのに対し、良くなかったこととしては「社員全員が定刻に揃わないため、社内連絡が取りにくくなったこと」などの仕事の能率に関するものが多かった。次に図-5のフレックスタイムを十分活用しているかどうかでは、十分活用していると答えた人は全体の27%程度にすぎず、「駐車場の確保・混雑」48%「残業」28%、「顧客(仕事)の関係」26%の理由でフレックスタイムを十分に活用することができないと答えた人が多かった。そこで、フレックスタイム制の改善方向として、コアタイム制について聞いた図-6では、52.6%

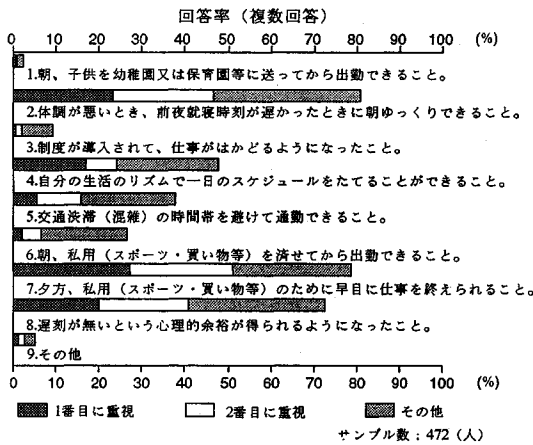


図-3 フレックスタイム制が導入されて良かったこと

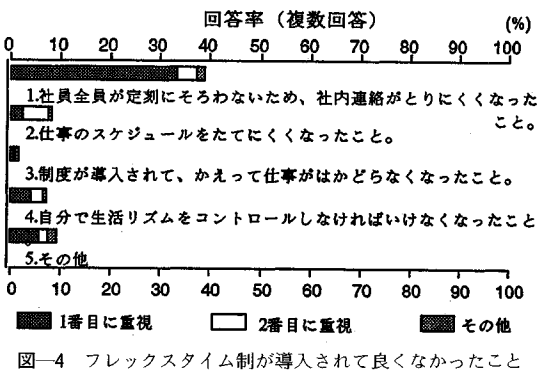


図-4 フレックスタイム制が導入されて良くなかったこと

の人が現在のコアタイム制で良いと答えているものの、全廃と答えた人も40.1%とかなり多い。これを年齢別でみると、25~39才までの中堅職員の人が比較的全廃の割合が高く、20~24才の新入社員のひと40~49才の管理職の割合が高い人たちは現状維持の割合が高くなるという傾向が読み取れる。

(2) 通勤所要時間の変化

次に、図-7でフレックスタイム制の導入前後における通勤所要時間の変化をみると、制度を導入することによって全体的に所要時間が減少(平均3.6分減少)していることがわかり、フレックスタイム制度の導入による交通混雑緩和の効果を読取ることができる。同様に、図-8で制度の導入前後における出発時刻分布の変化をみると、導入後は導入前に比べて出発時刻の平均が9分遅くなり、標準偏差が5.5分大きくなっていることがわかり、通勤交通の時間変動特性の変化を知ることができる。

(3) 駐車場の影響

図-5でフレックスタイム制の活用の支障となっている主なものとして「駐車場」が挙げられることがわかったが、そこで図-9の駐車場の確保を考慮しない場合を想定して出発時刻を聞いたときの結果をみると、現在よりもさらに出発時刻が遅くなる傾向となっていることが

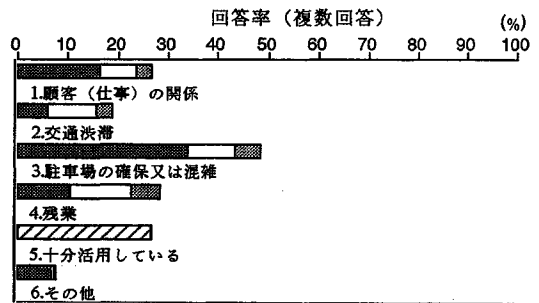


図-5 制度を十分活用する上で支障となること

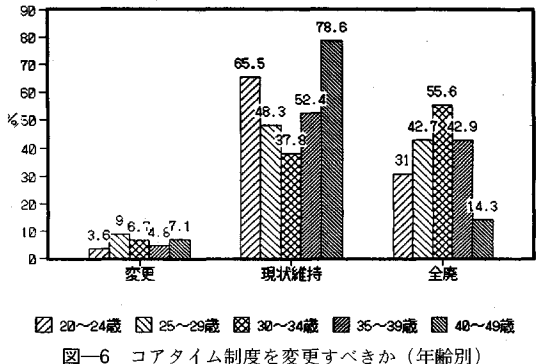


図-6 コアタイム制度を変更すべきか(年齢別)

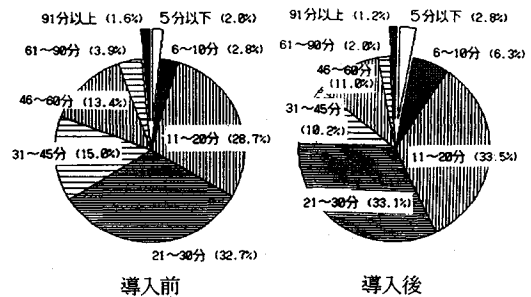


図-7 フレックスタイム制導入前後の通勤所要時間

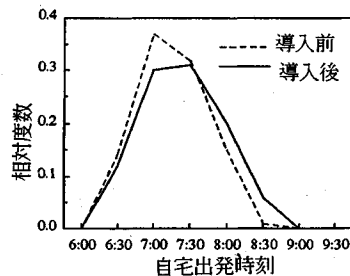
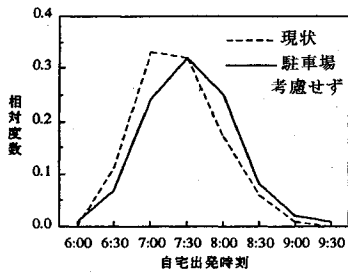
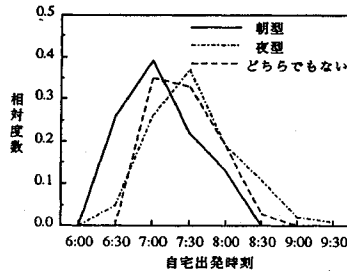


図-8 フレックスタイム制導入前後の自宅出発時刻

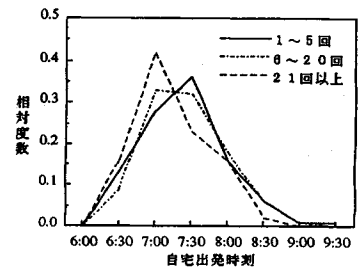
わかる。トヨタ自動車では駐車スペースは十分に確保しているが、駐車場所が指定されていないため、職場に近い場所に駐車しようとして取り合いになる傾向がある。これは大規模駐車場を備えた大規模な会社で、また、その社員のほとんどが自動車通勤している状況では回避す



図一〇 駐車場確保を考慮しない場合の自宅出発時刻



図一〇 自宅出発時刻分布 (朝型夜型別)



図一〇 自宅出発時刻分布 (電話回数別)

ることが難しい問題であろう。

(4) 朝型夜型別、電話回数別などの出発時刻分布

図一〇のように出発時刻分布を朝型夜型別にみると、朝型の人は朝早めに、夜型の人はそれよりもやや遅く出発しており、個人個人の生活パターンにあわせてフレックスタイム制を活用していることがわかる。図一〇の電話回数別では電話回数が多い人程、出発時刻のピークが早くなっており、これは仕事の関係上、出発時刻選択の自由度が減少するためと考えられる。

全体的にみると、フレックスタイム制は通勤交通の分散化を促し、交通渋滞緩和に効果があり、また、個人個人が自分の1日のスケジュールを決定できるために心理的余裕が得られるなど、利点が多く、社内のほとんどの人がフレックスタイム制度が必要だと考えている一方、仕事の関係などフレックスタイム制を十分に活用する上で支障となっていることがまだ多く、コアタイム制度を含め制度の改善の余地があることが分かった。

4. 通勤時間選択モデルの構築と朝の心理的ゆとり効果の測定

前章の基礎分析に基づき、通勤時刻選択モデルを構築し、フレックスタイム制度導入による心理的ゆとり効果の分析を行う。

ここで、データの集計時に与える時刻は、3章のような出発時刻ではなく、出発時刻に通勤所要時間も考慮した通勤時刻とする。これは、ドライバーが自宅から出発して会社に到着するまでに道路上に存在した時間帯のうち、最も長く存在した時間帯を通勤時刻とするもので、次章で利用する通勤時刻分布・配分同時モデルとの整合性をとるためのものである¹⁾。また、その時間帯は6:30~7:30を7時、7:30~8:30を8時、8:30~9:30を9時として3つの時間帯(時間帯幅は1時間)に分けてデータを集計した。この場合において例えば、7:20に出発して8:00に会社に到着するドライバーでは、7時の存在時間が10分で、8時の存在時間が30分であるから、最も存在時間の長い時間帯である8時をそのドライバーの通勤時刻とするものである。このような

処理をすれば、交通流の保存条件を考慮して個人データを集計できる¹⁾。この処理を行動論的にみると、ドライバーは自分が出発する時間帯ではなく、最も長く道路上に存在する時間帯の交通混雑状況に基づいて時刻選択するということを考慮したものとみえる。また本研究では初め簡単に6:00~7:00を6時台、7:00~8:00を7時台、8:00~9:00を8時台、9:00~10:00を9時台の4つの時間帯でも分析したが、精度面で上記の3つの時間帯の方が優れていたため、それを採用することにした。

(1) 通勤時刻選択モデル

通勤時刻選択モデルは、非集計多項ロジットモデルによって構築する。この非集計多項ロジットモデルは、効用の確率項のパラツキを示すパラメータを1としたとき、以下のように表される⁹⁾。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{s=7}^9 \exp(V_{sn})} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{in} = \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} X_{ink} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

- P_{in} : 個人 n が通勤時刻 i ($i=7, 8, 9$) を選択する確率
 - V_{in} : 個人 n が通勤時刻 i から受ける効用 (関数)
 - X_{ink} : 時刻 i の効用関数の k 番目の変数で個人 n の値
 - α_{ik} : 時刻 i の効用関数の k 番目の変数のパラメータ
- 表一〇の1~12の変数を何回か組み替えてモデルを作成した結果、適合度の高いものとして表一〇のようなモデル1, 2が得られた。

モデルにおいて、共通変数となっている所要時間は、実質的には各時間帯おしりの所要時間差が意味をもつ変数といえるが、それは全時間帯の値が必要であるため、被験者が最も多く出勤している時刻の所要時間とともに、その時刻からちょうど1時間前と1時間後に出勤した場合の所要時間も同時に回答してもらった。ただし1時間前と後の所要時間については、被験者があまり知らない場合もあるため、その所要時間をよく知っているか、だいたい知っているか、あまり知らないか、についても回答してもらい、本研究では、よく知っている、または、

表—2 通勤時刻選択モデル

	時間帯	モデル1	モデル2
定数項	6:30-7:30	-5.81 (-2.60)	-1.91 (-5.30)
所要時間(分)	共通	-0.0268(-1.16)	-0.0226(-1.53)
勤務時間(分) [残業含む]	6:30-7:30	0.646 (2.81)	—
	7:30-8:30	0.283 (4.31)	—
	8:30-9:30	—	-0.116 (-0.91)
年齢(才)	8:30-9:30	—	-0.0438(-1.03)
通勤距離 (Km)	7:30-8:30	-0.103 (-2.53)	-0.0666(-2.06)
	8:30-9:30	-0.0804 (-1.29)	—
駐車ダミー	8:30-9:30	0.478 (1.09)	0.616 (1.39)
朝型ダミー	6:30-7:30	1.23 (3.04)	—
夜型ダミー	6:30-7:30	-2.36 (-3.80)	—
	7:30-8:30	-1.09 (-2.38)	—
電話回数 (回)	7:30-8:30	-0.0097(-1.01)	—
	8:30-9:30	-0.0102(-0.85)	—
適中率	6:30-7:30	78.54	76.50
	7:30-8:30	71.18	71.18
	8:30-9:30	82.63	80.01
	全体	76.50	74.76
ρ^2		0.279	0.212

注)()内はt値,朝(夜)型ダミー-[朝(夜)型の人:1,そうでない人:0]

だいたい知っている」と回答した所要時間のみを利用し、3時間帯の所要時間のうち2つ以上そろっているデータを利用した。また、駐車ダミーは、駐車場の確保という制約がない場合(アンケートで駐車場の確保を考慮していないと答えた人)を1.0,そうでない場合を0.0とした。また特にアンケートにおいて、駐車場の確保を出発時刻の選択に考慮していると回答した人については、駐車場の確保を考慮しなくてもよい場合の出発時刻も回答してもらっているため、その出発時刻を新たなデータとして採用し、この場合も駐車ダミーを1.0とした。以上の操作を行った結果、分析に採用されたデータ数は最終的に288個となったが、それらは元の母集団と比べて主変数の平均値などに大きな変化はなかった。

ここで、モデル1は変数間の独立性を考慮しつつ取りうるかぎりの変数を導入したモデルであり、モデル2では、次章の通勤時刻分布・配分同時モデルに組み込めることができるように、実際の交通量配分計算において入手可能なデータのみで作成したモデルである。どちらのモデルも適中率74%以上となっており、良好な精度となっている。モデル1と2を比較すると、モデル2では朝型、夜型ダミー、電話回数の3変数が採用されていない代わりに、6:30~7:30の定数項ダミー変数のt値がかなり上がっており、モデル1のそれら3変数の役割をモデル2では定数項で置き換えた形になっている。よって、モデル1の方がモデル2よりも通勤時刻選択挙動をより多くの具体的な変数で説明しており精度も高いことから、ここではモデル1を利用してフレックスタイ

ム制下の通勤交通の時間変動特性を考察していくことにする。

まず、モデル1の定数項は各時間帯の平均的な効用を示すものであり、朝一番の時間帯(6:30~7:30)の定数項が負の係数であることから、朝一番の時間帯が平均的にみて、やはり通勤効用の小さい時間帯であることが分かる。次に、勤務時間をみると、符号が正で、朝早い時間帯になる程効用が高いことから、勤務時間の長い人程朝早く出る傾向があることがわかる。同様に通勤距離では、7:30~8:30および8:30~9:30の符号が負で、距離が長い程6:30~7:30の効用が相対的に大きくなることから、距離よりの長い程朝早く出る傾向があることがわかる。朝型・夜型ダミーでは、朝型の人はやはり朝早い方が効用が高く、夜型の人は朝遅い方が効用が高い傾向があることがわかる。電話回数は、電話回数が多い人程朝早いことがわかる。駐車ダミーからは、駐車場の確保という制約がないと8:30~9:30の効用が上がるということがわかり、また、共通変数である所要時間の符号は負で、所要時間が長い時間帯程効用が低くなることを示している。全体的にみると、t値が高く寄与率の大きい変数は、勤務時間、朝型・夜型ダミーで占められており、フレックスタイム下の通勤交通の時間変動特性は、通勤距離などの外生的要因よりも、個人の生活様式や嗜好特性などに強く影響を受けたものになることがわかる。

上記のように、モデル1で採用された変数およびその係数はいずれも常識的にみて妥当な値を示しており、モデル1は通勤時刻選択モデルとして十分有効であると判断できる。また、モデル2においても、変数の持つ意味はモデル1と同様に妥当なものとなっている。

(2) 朝の心理的ゆとり効果の測定

図—3の意識調査では、フレックスタイム制が導入されてよかったこととして「朝ゆとりができること」という朝の心理的ゆとりに対する意見が最も多くみられた。ここではその心理的ゆとり効果を表—2通勤時刻選択モデル(モデル1)を利用して測定することを試みる。

本研究で取り扱う心理的ゆとり効果とは、フレックスタイム導入前の始業時刻制約の中で強いられてきた通勤時刻から、フレックスタイム制度下のより制約の少ない状況下で、個人にとって最も効用の高い通勤時刻に変更できたという具体的変化によって生み出される心理的ゆとりの効果である。よって、ここにおける心理的ゆとり効果は通勤時刻の変更のみによって得られるものとし、交通混雑回避による所要時間の短縮効果は含まないものとする。また、ここでは導入後の通勤時刻が導入前よりも、早くなった場合もその時刻が最も効用が高ければ、心理的ゆとりを得られるとして考えるが、これは今まで早く会社に行っても勤務時間にならなかったため、行け

なかったという人を考慮するためである。

さて、本研究では、このような効果を式(2)の効用関数(所要時間項は除く)を利用して、以下のように測定できるものと考えた。

$$U_n = (V'_{bn}/\alpha_t - V'_{an}/\alpha_t) \times \gamma$$

$$= [(\sum_{k \neq t} \alpha_{bk} X_{bnk}) - (\sum_{k \neq t} \alpha_{ak} X_{ank})] \cdot \gamma / \alpha_t \dots \dots (3)$$

ここで、

U_n : 朝の心理的ゆとりの効果 (円)

V'_{an} : フレックスタイム導入前に選択していた通勤時刻(a)における個人nの効用値で、通勤時刻選択モデル1(表-2)の時間帯(a)における効用関数の所要時間項以外の総和

V'_{bn} : フレックスタイム導入後に選択した通勤時刻(b)における個人nの効用値で、通勤時刻選択モデル1(表-2)の時間帯(b)における効用関数の所要時間項以外の総和

α_t : 通勤時刻選択モデル1の共通変数である所要時間のパラメータの絶対値(効用/分)

γ : 通勤時間単位で換算される時間価値(円/分)

上式は、フレックスタイム制導入後にドライバーnが選択した通勤時刻iの所要時間以外の効用と、制度導入前の通勤時刻の所要時間以外の効用との差をとって、制度導入によって生み出された心理的ゆとりの効果としていることを示す。さらに、上式ではただ単に式(2)の効用値の差をとるだけではその意味を理解しづらいため、まず、表-1の唯一の共通変数である所要時間の係数で効用関数全体を除いて、効用値を通勤所要時間(分)の単位で換算し、その値に時間価値を乗じて心理的ゆとり効果を貨幣単位(円)で計測している。

このような効果測定は、フレックスタイム制度導入に対する支払意志額を想定するという問題に置き換えることもできるが、そのような支払意志額の測定^{10)~14)}でよく利用される方法としては、例えば住宅立地行動の分析などで、家賃など実際の費用と関係づけた具体的な2つの代替案を設定して被験者にどちらかを選択してもらい、そのデータから効用関数(非集計モデルなど)を作成し分析することによって、貨幣ベースで支払意志額を測定することが多い。しかし、本研究では上記のような過去の研究例とは異なり、実際に代替案を設定して一対比較アンケートを通じて、直接的に時刻選択の効用を貨幣ベースで求めているのではなく、導入後の選択挙動を表現している式(1)の通勤時刻選択モデルを利用して、通勤所要時間ベースで効用値を求めている。これはすなわち、①通勤時刻の選択では、お金ではなく通勤所要時間の大小関係から時刻を選択するという行為が最も日常的に行われていること、②本研究で制度導入前と導入後の通勤時刻をともに把握しているため、過去の研究例の

表-3 朝の心理的ゆとりの効果の測定結果

		所要時間換算 (分/人/日)	貨幣換算 (円/人/月)
朝型の人		-0.3	200
夜型の人		-9.45	6360
制の 度支 活障 用要 上因	顧客の関係	-0.03	20
	交通渋滞	-4.14	2800
	駐車場確保	-3.33	2240
	残業	-4.37	2540
	十分活用	-7.13	4800
全平均		-3.45	2320
駐車場の制約がない場合(全平均)		-6.75	4560

ように、仮想的な代替案を作成してアンケートを行う必要がないこと、③フレックスタイム導入の場合では、始業時刻の制約がなくなる以外は、何ら、通勤環境、個人属性等の変化がみられないこと、④もともと通勤時刻選択において個人が持っている各時間帯の効用値は、制約の少ない制度導入後の状態により近いと考えられること、などの本研究における特徴を考慮すれば、導入後の通勤時刻選択モデルに基づいて上記のような効果測定を行うのは十分妥当であると考えられる。

さて、実際に心理的ゆとり効果の測定を行うことにする。まず、時間価値は以下の式より求めた。

$$(\text{時間価値}) = (\text{平均年間総所得}) / (\text{平均年間総労働時間})$$

愛知県統計年鑑¹⁵⁾によって、輸送用機械器具製造業の欄より、上記の平均値を出したところ、2023円/時間という時間価値を得た。時間価値¹⁶⁾については未だ定説はないため、ここでは最も一般的な方法として、上記の式で計算することにした。この方法は通勤時間も労働時間の一部であると解釈すれば、大きく異なることはないものと思われる。

さて、式(3)より、導入前後の通勤時刻データがある社員全員について効用を求め、その属性別に平均値を出すと表-3のようになった。まず、朝型・夜型の人で、1ヶ月単位でどの程度心理的ゆとり効果を得られたかについてみると、朝型の人には200円と少ないのに対し、夜型の人には6360円もの効用を得られており、個人個人の生活パターンによってかなり効果が異なることがわかる。朝型の人が夜型の人に比べて少ないのは、もともと朝型の人には制度の導入前でもそれほど抵抗なく通勤していたことが予想でき、導入前後でほとんど通勤時間帯が変化していないためと考えられる。次に図-5のアンケート調査結果で、「フレックスタイム制度の活用上支障となること」の要因別に、心理的ゆとり効果の平均値を求めてみると、顧客の関係と答えた人のゆとり効果が20円と最も少なく、つづいて、駐車場の確保(2240円)、

残業(2540円)となっており、これらは十分活用していると答えた人の4800円に比べて半分程度しかゆとり効果を得ていないことがわかる。結局、本アンケート調査全体では、一人平均一ヶ月2320円の効果を得ていることになった。しかし、上記の分析は駐車ダミーの変数値が0.0で、本アンケート調査特有の条件である駐車場の制約(3章(3)参照)がある場合である。よってより一般的な心理的ゆとり効果を求めるために、駐車場の制約がない状態(駐車ダミー1.0)における心理的ゆとり効果の平均値を同様に求めたところ、4560円となり、より高い効果を得られることが分かる。以上の結果より、フレックスタイムの効果をより大きくするためには、顧客の関係等いろいろな職場環境を考慮していくことが必要であることがわかる。

5. 通勤時刻分布・配分同時モデルによる効果分析

ここでは、4.(1)で構築した通勤時刻選択モデル2を著者がすでに開発している通勤時刻分布・配分同時モデルに組み込み、豊田市の道路ネットワーク(28セントロイド, 88ノード, 278リンク)に適用することによって、フレックスタイム制導入による豊田市全域の交通混雑緩和効果等を測定する。

さて、通勤時間分布・配分同時モデルは以下のような数理最適化問題として定式化できる。

$$\begin{aligned} \text{Min: } F_1 &= \sum_n \sum_a \int_0^{x_a^n} C_a(y) dy + \sum_n \int_0^{s^n} \frac{1}{b} (\ln \frac{z}{G_i} - a_i^n) dz \\ &\dots\dots\dots(4) \\ \text{s. t. } \sum_k f_{ik}^n - g_i^n &= 0, \sum_k h_{ik}^n - H_i^n = 0 \\ x_a^n &= \sum_i \sum_k \delta_{ika}^n (f_{ik}^n + h_{ik}^n), \sum_k g_i^n - G_i = 0 \\ f_{ik}^n &\geq 0, h_{ik}^n \geq 0, g_i^n \geq 0, x_a^n \geq 0 \end{aligned}$$

ここで、 x_a^n : n時間帯におけるリンクaのリンク交通量, $C_a(\cdot)$: リンクaのリンクパフォーマンス関数, g_i^n : n時間帯におけるiODペア間の交通流の保存条件のための修正後のOD交通量で通勤目的の変動OD, H_i^n : n時間帯におけるiODペア間の交通流の保存条件のための修正後のOD交通量でその時間帯における通勤目的以外の固定OD, f_{ik}^n : OD交通量 g_i^n に対する経路kの経路交通量, h_{ik}^n : OD交通量 H_i^n に対する経路kの経路交通量, G_i^n : g_i^n の全時間帯における総和, a_i^n : n時間帯の所要時間以外の変数における[係数×変数値]の総和, b : 所要時間の係数の絶対値, δ_{ika}^n : (1:リンクaがiODペア間経路kに含まれるとき, 0:そうでないとき)

通勤時刻分布・配分同時モデルの本研究における構造を示すと図-12のようになる。本研究では、通勤時刻選択モデルと整合性を保つため、時間帯は図のような時

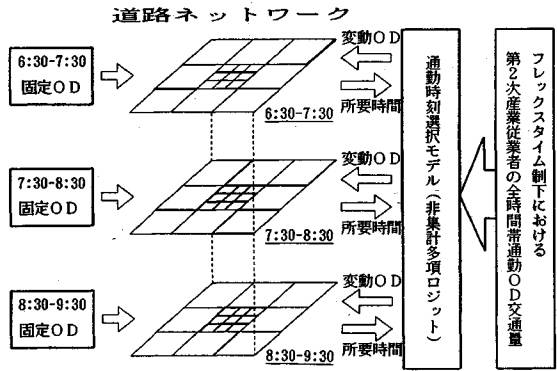


図-12 通勤時刻分布・配分同時モデルの構造

間帯とし、入力するOD交通量は図-12右の第2次産業の全時間帯通勤OD交通量と、図左のそれ以外の各時間帯のOD交通量に区分する。前者のフレックスタイム制下における第2次産業通勤OD交通量は、交通量配分途中で随時変化するOD間所要時間を通勤時刻選択モデルによって考慮しながら、各時間帯に配分される変動OD交通量であり、後者のそれ以外のOD交通量は、あらかじめ各時間帯で集計され、交通量配分途中では変化しない固定OD交通量である(この計算手順は文献(1)参照)。前者の変動OD交通量については4章で構築した通勤時刻選択モデルがトヨタ自動車のデータに依っているためその適用範囲を第2次産業に限るものとした。また、豊田市の産業別従業者数¹⁵⁾をみると、全従業者数164,726人のうち、第2次産業従業者数が101,498人(うち製造業従業者数91,782人)となっており、全体の61%を第2次産業従業者で占めていることを考えると、変動OD交通量を第2次産業従業者のみに限ったとしてもフレックスタイム制導入による全時的な影響を十分把握できるものと思われる。

さて、OD交通量の集計は昭和56年度パーソントリップ調査のマスターテープから、4章の通勤時刻選択モデルの入力データの場合と同様に時刻を設定して行い、また同時にモデル2の年齢・通勤時間のゾーン平均も求める。またリンクパフォーマンス関数は修正BPR関数を用いる。通勤時刻選択モデルでは、駐車場確保の制約の有無に対するダミー変数が導入されているが、この制約は3章(3)でも述べたように本アンケート調査特有の条件によるものであるため、より一般的な分析を行うという理由から、以下では駐車場の制約を考慮しない場合(駐車ダミーは1.0)について分析する。得られた分析結果を以下に示す。

(1) 総所要時間の変化

図-13は、豊田市における全2次産業従業者へのフレックスタイム制度の普及率が0%から100%へと上昇していくとき(このとき変動ODは0%から100%へ

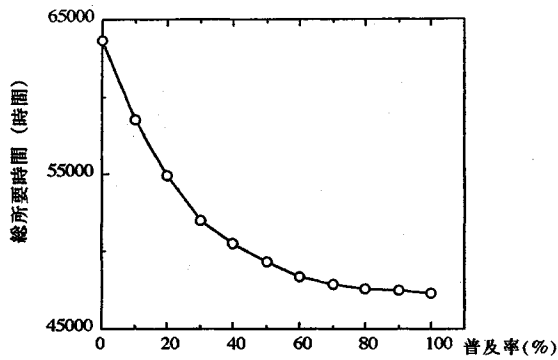


図-13 フレックスタイム制の普及と総所要時間

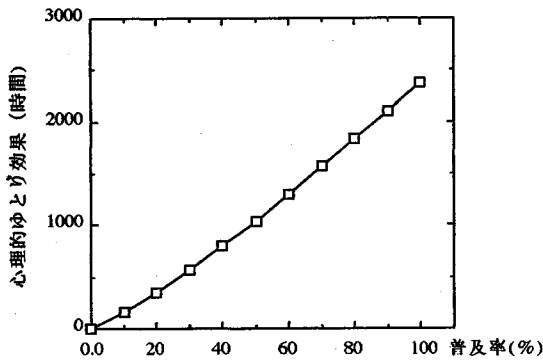


図-14 フレックスタイム制の普及と心理的ゆとり効果

と変化)の、図-12における固定、変動を含めた全時間帯の全OD交通量における総所要時間の変化を表したものである。図よりフレックスタイム制度が普及するにしたがって総所要時間はかなり減少することがわかり、普及率100%では普及率0%のときの総所要時間の75%まで減少していることがわかる。特に普及率50%程度までの減少率は大きく、普及率50%で全減少量の86%に及んでおり、このことからフレックスタイム制度による交通混雑緩和効果は、フレックスタイム制が半分程度の普及をただけでもかなりの効果を得られることがわかる。

(2) 心理的ゆとり効果

図-14は、フレックスタイムの普及による心理的ゆとり効果の総量の変化を示している。心理的ゆとり効果は制度の普及に対してほぼ直線的ではありながらも、その増加率を徐々に上げていっている。この結果から普及初めの交通混雑の激しい状態では、心理的ゆとり効果よりもまず交通混雑を避けることに重点をおいて通勤時刻を選択するのに対して、図-13の結果からある程度制度が普及し、交通混雑が緩和された後では、より自分に合ったゆとりある通勤時刻を選択する傾向があることが予想される。

(3) 時間帯別 OD 交通量分布の変化

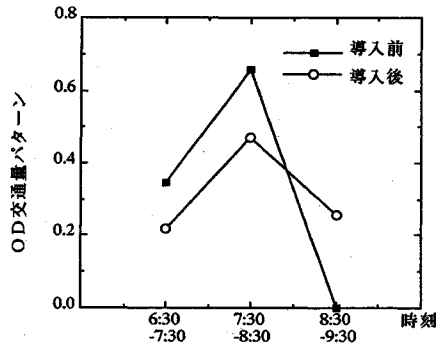


図-15 フレックス導入前後のOD交通量パターン (ODペア2-8)

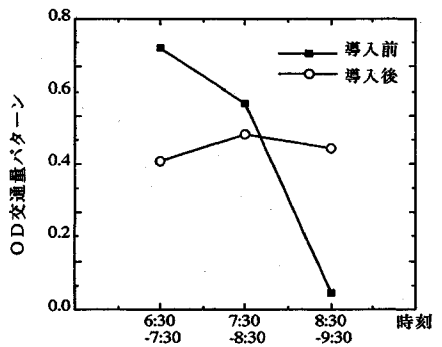


図-16 フレックス導入前後のOD交通量パターン (ODペア5-7)

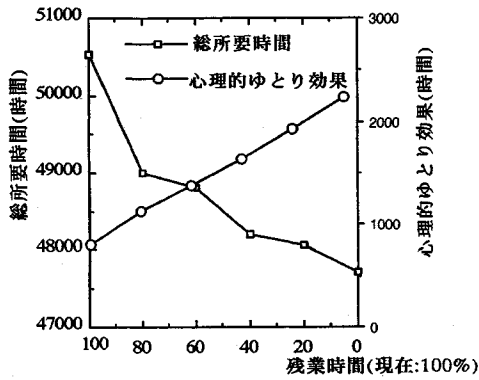
表-4 フレックスタイム普及率100%時の各効果

	交通混雑緩和効果	朝の心理的ゆとり効果	フレックス導入前の総交通混雑費用
貨幣単位(億円)	79.1	11.5	137.5

図-15, 16は、フレックスタイム導入前後における比較的交通量の多いODペアの時間帯別交通量分布の変化を示している。どちらの場合も、制度導入前、7時(または8時)にピークがあった分布形が、かなり全時間帯に分散されており、フレックスタイム制の効果がうかがわれる。

(4) 各効果の測定結果

図-13, 14で測定した交通混雑緩和効果、心理的ゆとり効果をまとめたものが表-4である。ここでいう交通混雑緩和効果とは、図-13の横軸の普及率0%の時の総所要時間から普及率100%時の総所要時間を引いた差に、4章で述べた時間価値2023円を乗じて求めたものであり、また心理的ゆとり効果は図-14のフレックスタイム導入前(普及率0%)がゼロとして、普及率100%時の心理的ゆとり効果に時間価値を乗じて計算したものである。また表右端のフレックスタイム導入前の総交通混雑費用とは、以下の式に基づいて求められた混雑費用



図一七 残業時間短縮による各効果の変化

で、この値は直接的に交通混雑が影響して増加した交通費用の増加分である。

$$R_c = (C_c - C_0) \times r$$

ここで R_c : 総交通混雑費用

C_c : 総所要時間

C_0 : 交通量ゼロ時の OD 間最小所要時間に OD 交通量を乗じて総和したもの

r : 時間価値

表より交通混雑緩和効果は、79.1 億円/年となっており、フレックスタイム導入前の総混雑費用 137.5 億円うちの 58% にあたることわかる。

ところで、心理的ゆとり効果は、交通混雑緩和効果の約 15% 程度と比較的少なくなっている。このような差がでてくるのは、心理的ゆとり効果はフレックスタイム制が導入されたと仮定した第 2 次産業従業者のみがその効果を楽しむにすぎないのに対し、交通混雑緩和効果は、第 2 次産業従業者だけでなく、同じネットワークを利用するすべてのドライバーがその効果を楽しむためであると考えられる。

(5) 残業時間短縮効果

表一2の通勤時刻選択モデル2では、勤務時間が変数として採用されている。図一17は、その変数を利用して残業時間(正規の勤務時間を8時間として、それを越えた労働時間)が56年度の水準(56年度平均値1.6時間で、因みに本アンケート調査の平均値は1.9時間)を100%として、徐々に0%まで減少していったときの交通混雑緩和効果と心理的ゆとり効果の変化をフレックスタイム普及率50%の場合において分析したものである。図より、残業時間が減少するにしたがって両効果とも増加傾向にあることがわかる。このように残業時間の短縮が朝の混雑緩和とゆとりの増加につながるのは、表一2のモデル2の勤務時間の係数からも分かるように、一日の労働時間が限られているため、残業を含めた勤務時間が長いほど、朝早く出勤する傾向が強いためであり、また逆に、残業時間が減少すれば、より通勤時刻選択の幅

が広がるためといえる。さて、特に交通混雑緩和効果は、フレックスタイム制度普及率が50%程度であったとしても、残業時間短縮が進むことによって、図一13のフレックスタイム普及率100%のときと同程度の効果が得られることがわかる。現在、全国的に叫ばれている労働時間短縮へ向けての動きは、フレックスタイム普及時における諸効果にとってプラスになるものとして期待できるであろう。

6. 結 論

本研究では、著者らがすでに開発している時間帯別通勤時刻分布・配分同時モデルをフレックスタイム制導入による効果測定に適用することを目的として行った。得られた結論は以下の通りである。

(1) フレックスタイム制度導入アンケートを行い、制度が導入されて良かったこと、良くなかったことを聞いた結果良かったこととしては「体調が悪い時など朝ゆっくりできること」が最も多く、良くなかったこととしては「社内連絡が取りにくくなったこと」が最も多かった。

(2) 導入前後における通勤時刻分布の変化を比較した結果、全体的に分散傾向にあり、通勤所要時間も縮小していることがわかった。また、アンケート結果を利用して非集計多項ロジットモデルによって通勤時刻選択モデルを作成した結果、フレックスタイム下の通勤交通の時間変動特性としては、より時刻選択の自由度が高まり、個人の生活様式や嗜好特性が大きく影響するようになることがわかった。

(3) フレックスタイム導入によって生じた朝の心理的ゆとり効果を通勤時刻選択モデルを利用して測定する方法について考察し、分析した結果、朝型人間の人に比べて夜型人間の人得た心理的ゆとり効果がかなり大きいことがわかり、また本研究のアンケート配布範囲において心理的ゆとり効果の平均値を貨幣換算したところ一人一ヶ月当たり4635円になった。

(4) 著者らがすでに開発している通勤時刻分布・配分同時モデルに上記の通勤時刻選択モデルを組みこみ、豊田市のネットワークに適用した結果、フレックスタイム制が第2次産業従業者全員に対して導入されれば、ネットワークの導入前の総所要時間のうちの25%が減少することがわかった。結局、本研究の分析に限って言えば、この場合における豊田市の交通混雑緩和と交通結果は約72億円/年、朝の心理的ゆとり効果は11億円/年程度になることがわかった。

本研究で用いたデータはフレックスタイム制を導入しているただ一社のものであり、またその数も多くないことから、上記で得られた結論はかなり限定された状態におけるものであるといえる。よってより信頼性を高める

ために今後、他の産業からも幅広くデータを入手し、分析を続けて行くことが不可欠である。また本研究で扱った時間価値は、簡便的に平均時給から求めたものである。より信頼性の高い分析を行うためには、特に通勤所要時間に対する時間価値について考察していくことが必要である。

最後に、本研究においてアンケート調査の配布・回収までに至る全面的な御協力を頂いたトヨタ自動車株式会社人材開発部の方々に深く感謝の意を表します。また、本研究を進めるにあたって財団法人豊田都市交通研究所からは助成金を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 松井 寛・藤田素弘：時間帯別通勤時刻分布・配分同時モデルの開発，土木学会論文集・IV，No.449，pp.117～124，1992.
- 2) 谷口正明：フレックスタイム制導入下における通勤行動（英国地方中核都市の事例），土木計画学研究，講演集，No.8，pp.201～206，1986.
- 3) 築瀬和裕・古池弘隆：フレックスタイム制による通勤交通の変化，土木計画学研究・講演集，No.13，pp.585～590，1990.
- 4) Hendrickson, C. and Plank, E. : The Flexibility of Departure Times for Work Trip, Transportation Research, Vol.18 A, No.1, pp.25～36, 1984.
- 5) 松本昌二・白水義晴：通勤交通における旅行時間の変動と到着目標時刻の設定，土木計画学研究・講演集，No.8，pp.207～214，1986.
- 6) 加藤文教・門田博知・高田 浩：時差出勤による交通需要の時間的分散政策に関する基礎的分析，土木計画学研究・論文集，No.5，pp.185～192，1988.
- 7) Alfa, A. S. : Departure rate and rout assignment of commuter traffic during peak period, transportation Science, Vol.23 B, No.5, pp.337～344, 1989.
- 8) Vythoukas, P. C. : Two models for predicting dynamic stochastic equilibria in urban transportation networks, proc. of the 11th intern. Symp. on transp. and Traffic Theory, Yokohama., pp.253～272, 1990.
- 9) 土木学会土木計画学会研究委員会編：非集計行動モデルの理論と実際，土木計画学講習会テキスト，No.15，1985.
- 10) 森杉寿芳・宮武信春・吉田哲夫：環境影響評価のための社会的費用の測定，高速道路と自動車，Vol.23，No.5，pp.30～36，1980.
- 11) 内山久雄：道路騒音の経済的評価の一試算，高速道路と自動車，Vol.26，No.12，pp.20～29，1983.
- 12) 森杉寿芳・岩瀬 広：住宅立地行動の予測と住環境の便益評価の統合的手法の提案，土木計画学研究・論文集，No.1，pp.131～138，1984.
- 13) 廣島康裕：交通施設に対する地域住民の評価と交通行動の分析行動に関する研究，名古屋大学博士論文，1986.
- 14) 篠原 稔・肥田野登・横谷博光：大都市における鉄道サービスの質の評価に関する基礎的研究，土木学会第41回年次学術講演会講演概要集，IV-116，pp.231～232，1986.
- 15) 愛知県：愛知県統計年鑑，1990.
- 16) 近藤勝直：都市高速道路料金と時間価値に関する若干の考察，交通工学，Vol.26，No.6，pp.7～12，1991.

(1992.10.26 受付)

EFFECTS IN REDUCTION OF THE PEAK HOUR TRAFFIC CONGESTION AND LEISURE OF MIND IN THE MORNING THROUGH FLEXTIME SYSTEM

Hiroshi MATSUI and Motohiro FUJITA

In this paper, we aim at evaluating effects of the introduction of flexitime system, in reduction of the peak hour traffic congestion and leisure of mind in the morning for workers.

Initially, the flexibility of departure time for work trips under the flexitime system was analyzed by survey data gathered in Toyota city. And a departure time choice model under the system was estimated by disaggregate multiple logit model. Through the combination between the departure time choice model and the time-of-day traffic assignment model, the above effects was estimated and evaluated.