

投稿論文
Paper
(In Japanese)

業務交通の時間制約に関する基礎的分析

A BASIC ANALYSIS ON TIME CONSTRAINTS FOR BUSINESS TRIPS

加藤文教*・門田博知**

By Fuminori KATO and Hirokazu MONDEN

The purpose of this paper is to explain the influence of time constraints on business trips associated with the decision of departure time, the choice of travel pattern related to trip chaining, and the choice of trip making time restricted by destination facilities. It is obtained that five kinds of industries are classified into three groups based on the type of time constraints to decide departure time. The numerical relation between the travel pattern and the travel allowance time is developed, and the effect of changing office hours on business trips is investigated by using this relation. Finally it is explained empirically that the time variance of travel demand depends on the land use intensity.

Keywords : business trip, time constraints, travel pattern

1. はじめに

一般に都市交通政策では、通勤交通が対象となることが多く、業務交通を中心とした昼間交通がクローズアップされた事例は少ない。しかしながら都市中心部においては昼間時にも慢性的な交通渋滞がみられ、何らかの交通政策を必要としている。業務交通は発着地のペアーが複数存在するばかりでなく、トラベラー自身と業務の相手側の両方から時間的制約を受けるため、通勤交通と比べて交通行動のメカニズムが複雑である。たとえば生鮮食品の仕入れでは市場が都市内の特定の場所に存在ししかも早朝に出掛けなければならないし、打ち合わせや会議では指定された時刻に行かなければならない。また保険の勧誘では、相手の休憩時間に合わせて訪問することも必要となる。そのため業務交通需要は、通勤交通需要のように朝ピーク時に都市の広い範囲にわたって発生しそれが限られた区域に集中するのと違い、土地利用の形態や時間帯によって偏る場合が多い。したがって業務交通需要分析においてはその時間制約や目的施設に対する時間的依存性を理解しておくことが重要な鍵となり、

交通政策はそれを基礎として立案されることが望まれる。

都市内の業務交通に関する研究は通勤交通と比べると非常に少ないが、その中で渡部¹⁾は業務交通を都市活動の本質的の代弁者として位置づけ、交通施設と業務活動を司る都心等の核との斉合性を考究し、大都市における業務交通体系に関する将来の基本的展望を示している。丸山ら²⁾は、効用理論に基づき業務交通における交通手段選択モデルを構築し、横溝ら³⁾は、従来のパーソントリップ調査と物流調査では業務交通のメカニズムを十分に表現できないという見地から、それを補完する業務交通調査を実施し、業務交通の特性や業種連関を明らかにしている。吉川ら⁴⁾は、業務活動間の社会経済的な結びつきに着目し、活動間の結合関係に基づいた業務交通量推計モデルの構築を試みている。近藤ら⁵⁾は、貨物車による業務交通のストップ数分布やサイクル数分布の推計に関する簡便法を提案し、佐々木ら^{6),7)}は、トリップ連鎖パターンからみた業務交通の発生集中量の分析を行っている。一方海外では、物資流動における貨物輸送問題を対象としたもの⁸⁾がほとんどであり、都市内の業務交通にテーマを絞った研究はあまり見受けられない。このように既往の研究においては、業務交通のメカニズムについてかなり踏み込んだ研究も存在している。しかしながら

* 正会員 工修 広島大学助手 工学部第IV類
(〒724 東広島市西条町下見)

** 正会員 工博 広島大学教授 工学部第IV類(同上)

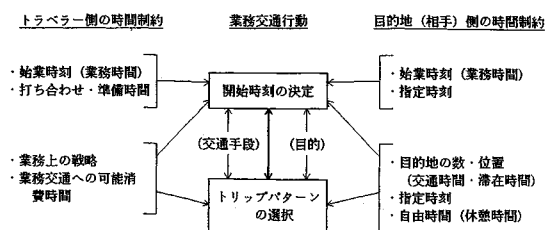
その中では時間的依存性や時間制約の視点が明確にされていないため、地区レベルでの細かい業務交通政策への適用に若干の問題を残している。

以上に述べたような観点から本研究では時間制約に着目し、業務交通行動のメカニズムを明らかにすることを試みる。交通需要分析に時間制約を考慮することについて、著者らは通勤交通を対象とし、始業時刻を制約とした通勤者の遅刻回避行動⁹⁾や始業時刻による出勤行動の相違¹⁰⁾について分析しその有効性を示した。交通需要分析に時間制約を導入することの意義については近年多くの研究者によって報告されており、たとえば Jones *et al.*¹¹⁾は連続する時間の中で世帯員相互の制約を考慮し交通行動を理解する必要性を指摘し、Gunn¹²⁾や Zahavi *et al.*¹³⁾は交通に消費される時間予算を導入し交通行動の範囲やパターンに制約条件を与えることで交通行動の理解を深めることを提案している。ただここで述べられる時間制約のタイプは若干異なり、Jones *et al.* がどちらかといえば交通行動をいつ行うかというタイミングに関する制約を示しているのに対し、Gunn らは交通行動に消費できる量的な時間制約を示している。そこで本研究では業務交通に対する時間制約をこれら両者のタイプから考察するものとし、まずタイミングとしての時間制約を業務交通行動におけるトラベラーと相手側との時間的相互関係の中でとらえ、業務交通の開始時刻を決定するうえでの時間制約の影響を分析する。次に量的な時間制約を業務交通に消費できる時間としてとらえ、それと業務交通パターンとの関係を数量的に示し、業務時間の変更による業務交通への影響を考察する。これらの結果は、時差出勤政策において問題とされている事業所間の時間的相互関係への波及効果^{14), 15)}の検討に対して有効な情報を提供する。最後にこれらの時間制約が集約されたものとして業務交通需要量に着目し、業務交通の発生・集中にかかわる土地利用指標の時間変動特性によって、時間制約の影響を探る。

分析では、業務交通については昭和 62 年広島都市圏で実施されたパーソントリップデータのうち、都市圏内にトリップエンドをもつトリップを使用した。また始業時刻については、昭和 63 年に広島市内の事業所 84 社に勤務する通勤者を対象として実施された出勤交通に関するアンケートデータを使用した。この調査は朝の交通渋滞緩和対策の検討を目的として実施され、サンプル数は 3 193 である。

2. 業務交通行動における時間制約

業務交通では、業務の目的やその内容によって行動中に受ける時間制約のタイプが異なり、それが業務交通パターンを決定する 1 つの要因となっている。ここで時間



図一 業務交通行動における時間制約

制約は、図一に示すように業務交通を行うトラベラー自身にかかわるものと、業務の相手側にかかわるものに大別され、業務交通需要分析でその時間変動を考察するためには、こうした時間制約のタイプの違いを明確にしておくことが必要となる。

業務交通行動には、交通手段選択、目的地選択等もあるが、ここでは業務交通需要の時間変動の把握という立場から、業務交通の開始時刻と開始時刻に伴うトリップパターンの相違に焦点を当てる。まず開始時刻が、交通手段や業務目的を条件とし、その業務に必要とされる総所要時間、業務時間、指定時刻等の時間制約のもとで決定される。この場合業務交通は業務時間内に行われるのが一般的であり、時間制約の基本は始業時刻になるものと考えられるが、業務上の戦略や相手側のタイムスケジュールが優先する場合には業務時間外にも開始される。次に開始時刻によって業務交通に消費できる時間が与えられることから、業務の目的地の数や位置、目的地を回るに必要とされる交通時間と滞在時間、各目的地での指定時刻や時間的都合等を制約として、トラベラーにとって最適のトリップパターンが選択される。この場合業務の内容によっては、逆にトリップパターンを条件として開始時刻が決定される場合もある。

本研究ではここで示した業務交通の開始時刻と、開始時刻によるトリップパターンの相違を、前述の調査データを用いて分析する。この際これらのデータでは業務交通の詳細な内容や時間制約の所在が各トラベラーについて明確に示されていないため、集計レベルの観点から業務交通行動を分析する。すなわち開始時刻についてはトラベラー側の時間制約として始業時刻を取り上げ、始業時刻と開始時刻との累積頻度分布から時間的關係を考察する。業務の内容についてはこれが産業分類に依存すると考え、各産業に分けて分析することで対応を図る。一方相手側の時間制約としては、業務交通の第 1 トリップの目的施設と開始時刻との関係を分析し、目的施設に対する時間的依存性を考察する。各トラベラーの業務上の戦略や相手側の時間的都合の影響は、これらの結果から類推する。次にトリップパターンについては、業務交通の多くが業務時間内で行われることから、開始時刻が遅

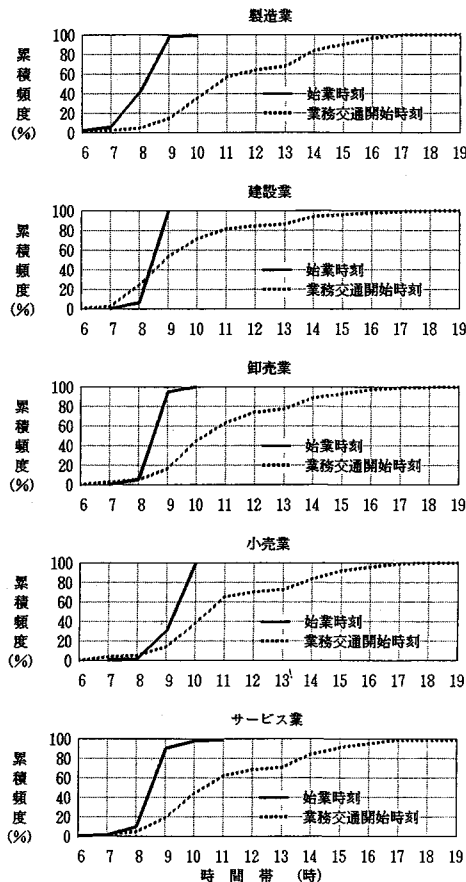
くなるとともに業務交通に消費できる時間（以下、可能消費時間）が短くなると考え、この可能消費時間とトリップパターンとの関連性を分析する。

3. 業務交通の開始時刻における時間制約

(1) トラベラー側の始業時刻による時間制約

前述したように、ここでは各事業所の始業時刻と業務交通開始時刻の累積頻度分布を用いて、トラベラー側からみた時間制約を考察する。図一2に、産業別の累積頻度曲線を始業時刻、開始時刻それぞれについて示した。ここで業務交通については、開始時刻の定義を統一するため勤務先にトリップエンドをもつことを条件とし、また次章のトリップパターン分析とのデータの対応を図るため、トリップ連鎖中に業務以外の目的のトリップがないこととモードを変更しないことを条件とした。産業としては、業務交通需要のシェアの高い製造業、建設業、卸売業、小売業、およびサービス業を選んだ。ちなみにこれらの産業のシェアはそれぞれ11.5%、17.8%、16.1%、16.9%、および16.6%である。

図をみると、始業時刻と業務交通の開始時刻との関係



図一2 始業時刻と業務交通開始時刻の累積頻度比較

が産業によって異なり、累積分布のタイムラグに注目すると各産業が以下の3タイプに分類できる。

タイプ1： 始業時刻と開始時刻とのタイムラグが長く、始業時刻前に業務交通が開始されることがほとんどない（製造業、サービス業）。

タイプ2： 始業時刻と開始時刻とのタイムラグが短く、始業時刻前に業務交通が開始されることが比較的多い（建設業）。

タイプ3： 始業時刻と開始時刻とのタイムラグの長さはタイプ1とタイプ2の間であり、始業時刻前に開始される業務交通が多くはないが存在する（卸売業、小売業）。

このように始業時刻と業務交通開始時刻の時間的關係が3タイプに分類されたことについては、業務の目的施設からの時間制約や業務上の戦略が含まれていると考えられ、次節の業務の目的施設との時間的關係性の分析結果と合わせて以下で詳しく考察する。

また業務交通開始時刻の分布曲線が5パーセンタイル値～95パーセンタイル値となる時刻は、始業時刻が異なるにもかかわらず大体8時～16時までの間であり、業務交通が一般事業所の平均的な業務時間内で発生していることがわかる。これは開始時刻が遅くなると業務交通の可能消費時間が一律に減少することを意味している。

(2) 業務の相手側から受ける時間制約

業務交通開始時刻が業務の相手側から受ける時間制約を、業務交通開始後の第1トリップの目的施設との関係から分析する。分析には多次元分割表分析のうち、因子の交互作用をも考慮できる対数線形モデル (log-linear model)^{16), 17)}を使用する。分割する因子には、業務交通開始時刻、産業、および第1トリップの目的施設を用いた。業務交通開始時刻については、図一2で示されたように分布曲線の産業による差が12時までで顕著であることから、7時～12時までの1時間間隔とした。

まず7時～12時の間における産業と目的施設との関連性を表一に示した。表においてセルの数値は、産業と目的施設との2因子交互作用を示す。ここで+の符号は各因子を独立とみなしたときの第1トリップの期待頻度との大小関係を示し、その絶対値は期待頻度との格

表一 業務交通における産業と目的施設との関連性

産業	住宅	教育 文化 医療	会社 銀行	官公庁	問屋 卸売市場	小売 店舗	飲食 宿泊 娯楽	工場 作業場	倉庫 交通 運輸	工事 現場
製造	-1.8	3.6**	6.1**	-0.9	2.4*	1.1	-4.2**	2.4*	-0.2	-0.4
建設	2.6**	-0.6	-3.8**	3.1**	-5.4**	-5.3**	-0.8	7.8**	-2.5*	17.3**
卸売	-5.8**	-2.2*	-4.6**	-2.4*	8.5**	13.4**	6.6**	-2.9**	0.3	-1.5
小売	5.7**	0.3	1.1	-2.0*	10.6**	-1.3	4.8**	-4.3**	0.3	-4.8**
サービス	7.3**	0.3	0.0	6.2**	-5.1**	-1.7	-1.9	2.0*	3.7**	-0.6

注) ** 1%危険率で有意 * 5%危険率で有意

差の程度を示す。また**と*とはその効果がそれぞれ1%と5%危険率で有意となったことを示す。各産業について特に目的地となることの多い施設、すなわち効果が+で有意となった施設に注目すると、社会的な連関性から判断してほぼ妥当な結果となっている。たとえば住宅施設では訪問販売、リース、クリーニングの配達・回収等の業務が多いため、小売業とサービス業とが特に集中している。建設業では業務内容から工場、作業場と工事現場に集中し、卸売業では問屋、卸売市場、小売店舗、および飲食・宿泊・娯楽施設に集中している。

次に産業と目的施設との関連性を開始時刻との関係から分析し、業務交通開始時刻が受ける時間制約を考察する。表一2に産業、開始時刻、および目的施設との3因子交互作用を示した。ここで+の符号は産業と目的施設との従属性を考慮して求められる各時間帯の期待頻度との大小関係を示し、絶対値と**および*の意味は2因子交互作用の場合と同じである。表中の下線を印したセルは、表一1において+で有意となった目的施設で、さらに表一2においても+で有意となったセルを示している。これらは各産業に対し特に第1トリップの目的地となる頻度の高い施設で、それが時間的に突出していることを意味している。表全体をみると各目的施設におけるセルの数値と符号が大きく変動し、業務交通の第1ト

リップの集中する時間帯が施設によって異なっている。また、それらの関係は産業間で異なり、業務内容によって施設から受ける時間の制約に違いがあることが明らかである。ところでこれらの結果には業務の相手側から受ける時間制約ばかりでなく、トラベラー側の業務上の戦略や時間的都合も含まれている。しかし各施設に対し、第1トリップが集中する時間帯は、業務活動をするうえで合理的かつ効率のとして多くのトラベラーが選択した結果であり、こういった意味からいえばここで得られた結果は、業務交通開始時刻が目的施設から受ける時間制約を示したものと解釈される。

いま交通施設を計画するうえで、利用頻度の高い施設に注目することが重要であると考え、業務交通開始時刻が目的施設から受ける時間制約のタイプを、下線を印したセルによって分類する。分類については、下線を印したセルが目的施設に対し7時～12時の間でどのように存在するかによって、業務の相手側から受ける時間制約のタイプが違うことを想定し、次の2分類を考えた。各分類に関して、下線を印したセルの存在する特徴とそれに含まれる産業を以下に示す。

タイプA： 目的施設によつ下線部のセルが、7時～12時の間で散在する（製造業、建設業、サービス業）。

タイプB： 目的施設にかかわらず下線部のセルが、

表一2 産業別にみた業務交通開始時刻と目的施設との関連性

産業	時間帯	住宅	教育	会社	官公庁	問屋	小売	飲食	工場	倉庫	工事
			文化	銀行		卸売市場	店舗	宿泊	作業場	交通	現場
			医療				娯楽			運輸	
製造業	7-8	1.8	2.9**	-1.4	0.2	-3.0**	-1.6	0.6	-2.6**	4.3**	5.0**
	8-9	5.9**	0.4	2.7**	-1.7	-0.6	2.0*	-1.8	4.0**	-1.8	2.1*
	9-10	-0.6	-3.3**	-0.9	0.1	2.8**	1.2	-2.2*	0.7	3.3**	-0.1
	10-11	0.5	-3.6**	-4.9**	-0.7	-0.0	0.9	2.7**	0.7	2.0*	-3.8**
	11-12	-2.9**	-0.2	2.4*	3.0**	4.0**	0.7	4.3**	2.7**	-2.3*	-2.2*
建設業	7-8	1.1	0.5	1.6	-3.5**	-2.5*	3.9**	0.2	5.7**	-0.1	1.7
	8-9	-3.9**	1.5	-8.6**	1.3	3.3**	-0.7	0.9	-6.6**	1.6	-1.8
	9-10	-0.9	-1.0	5.3**	1.8	-0.6	0.4	0.2	-4.2**	1.4	-1.3
	10-11	-1.3	0.0	6.0**	1.1	4.2**	-3.4**	-2.1*	-0.4	2.9**	-0.1
	11-12	2.2*	-1.7	-4.3**	4.5**	-0.2	3.8**	0.3	-3.0**	-2.1*	0.2
卸売業	7-8	-2.0*	3.7**	-0.4	0.6	2.2*	4.7**	6.5**	-1.4	-3.0**	-2.5*
	8-9	1.9	-4.3**	-2.8**	5.1**	-5.1**	-3.9**	-1.0	0.7	5.0**	2.9**
	9-10	0.8	3.6**	-2.2*	-1.7	3.1**	-7.9**	1.4	2.2*	-2.3*	-1.8
	10-11	1.0	2.8**	6.7**	-0.2	-4.3**	0.7	-3.3**	1.0	-2.5*	0.3
	11-12	2.0*	2.2*	0.8	-2.6*	-0.2	-2.3*	-9.8**	0.9	4.8**	3.9**
小売業	7-8	3.5**	-2.5*	0.6	1.2	2.4*	-0.4	-1.9	-0.4	2.9**	-0.3
	8-9	-5.3**	6.6**	5.3**	-0.9	0.6	0.6	5.2**	-0.5	-1.8	-1.8
	9-10	-1.7	-1.6	-5.3**	0.0	0.4	0.2	0.9	1.7	-2.2*	2.4*
	10-11	0.4	-0.8	-7.3**	2.5*	-5.1**	3.3**	-2.6*	-1.5	-1.3	3.2**
	11-12	1.4	1.3	0.7	-1.4*	-0.9	-2.7**	0.7	1.4	2.9**	-0.3
サービス業	7-8	-2.1*	-1.6	0.0	2.6**	6.6**	2.3*	-2.1*	4.1**	-1.7	-1.0
	8-9	-2.1*	3.1**	-1.8	-1.5	-0.4	0.3	-0.8	-1.9	1.7	1.2
	9-10	2.4*	1.7	2.0*	0.1	-1.9	2.5*	3.5**	-3.2**	-1.7	-1.2
	10-11	-1.8	0.4	-1.6	-5.3**	-0.1	4.4**	2.5*	0.1	-2.8**	-1.6
	11-12	2.8**	-3.2**	0.5	0.7	-1.3	0.0	1.0	-4.7**	2.2*	1.5

注) ** 1%危険率で有意 * 5%危険率で有意

10時以前の早朝に集中する（卸売業、小売業）。

分類された産業の種類と、それらの目的施設との関連性から判断すると、タイプAは業務の内容や業務の相手側からの時間制約を強く受け、タイプBは店舗・飲食店等の営業時間の時間制約を強く受けていることが推測される。

(3) 時間制約の形態からみた産業の分類

業務交通開始時刻が受ける時間制約について、トラバラー側と業務の相手側とに分けて検討し、時間制約がいくつかのタイプに分類されることを示した。これらのタイプの組合せによって、産業が3つのグループに分類でき、表—3にその結果を示した。ここで分類1は業務交通開始時刻が目的施設からの時間制約を強く受けることが多く「目的施設依存型」と定義され、製造業とサービス業とが含まれる。製造業では販売・配達業務が主となり相手側の時間的都合が重要視され、サービス業では打合せや作業・修理のため指定された時刻が多くなることが考えられる。分類2は建設業が含まれ、ここでの業務交通が工事現場や工場・作業場に特に集中することから、業務交通の開始時刻が作業のタイムスケジュールを最優先として決定されていることが考えられる。そこでこれを「タイムスケジュール依存型」と定義した。最後に分類3は卸売業と小売業とが含まれ、商品の仕入れ・販売が中心となり業務交通が店舗や飲食店の営業時間に間に合うように開始されていると考えられる。そこで「営業時間依存型」と定義した。

以上の結果は、産業と都市施設との時間的相互関係や業務交通の開始時刻が、業務の内容と深いかかわりのあることを顕著に示したものである。

4. 業務交通における可能消費時間の制約

業務交通は、2. でも示されたようにほとんどが業務

表—3 業務交通開始時刻が受ける時間制約のタイプからみた産業分類

分類	含まれる産業	始業時刻の制約のタイプ	目的施設の制約のタイプ	時間制約の特徴
分類1	製造業 サービス業	タイプ1	タイプA	目的施設の時間的都合に合わせ、業務交通が始業時刻からあるタイムラグを経て開始される。 (目的施設依存型)
分類2	建設業	タイプ2	タイプA	目的施設の時間的都合に合わせ業務交通が開始されるが、作業上のタイムスケジュールにより始業時刻前に開始される機会が他の産業に比べ多い。 (タイムスケジュール依存型)
分類3	卸売業 小売業	タイプ3	タイプB	トラバラー側、業務の相手側両方における営業上の準備の都合から、業務交通の開始が朝の早い時間帯に集中することが多い。 (営業時間依存型)

時間内で行われるため、業務交通の開始時刻が遅くなるとともに業務交通への可能消費時間が減少し、それに対応して業務交通パターンが変化すると考えられる。可能消費時間が変わる原因としては業務時間や営業戦略の変更が挙げられるが、交通政策の実施はこうした要因に少なからぬ影響を及ぼす。交通政策を総合的に検討するには各目的の交通需要への波及効果を理解しておくことが望まれ、可能消費時間と業務交通パターンとの関係を明らかにしておくことの意義は深い。こうした観点からここでは可能消費時間と業務交通パターンとの関係を数量化し、可能消費時間が業務交通パターンに及ぼす制約の実態を探る。分析では個人の業務交通行動を集計化し、マクロな視点から可能消費時間との数量的関係をとらえることに主眼をおく。なおここで業務交通パターンとしては、勤務先をベースとする1日当たりサイクル数と立ち回り数とを考慮した。

始めにサイクル数と立ち回り数とに関係する要因として、産業、交通手段、および業務交通開始時刻を取り上げ、その寄与率を分散分析によって調べた。業務交通パターンを制約する要因として、業務目的や利用施設も考えられるが、これらはサイクル中変更されることがあるため除いた。表—4に分散分析の結果を示した。業務交通開始時刻がサイクル数と立ち回り数両方に対して最も寄与率の高い要因といえ、続いて交通手段であり産業はこれらの要因と比べ寄与率が低い。交互作用についてはいずれもF値は低い。そこで以下の分析では、交通手段として乗用車と貨物車とを取り上げ、業務交通パターンにおける可能消費時間の影響を分析する。ちなみに業務交通全体に占める乗用車と貨物車の割合は、それぞれ28%と56%である。

(1) 業務交通パターンと可能消費時間との関係

a) サイクル数 図—3に7時~17時までの間に開始された業務交通を取り上げ、1時間ごとに1サイクルと2サイクルの構成率を示した。9時~10時の間が構成率の変曲点となっており、9時以前と以後とで業務交通パターンと開始時刻の関係が変化している。これは9時以前では業務交通の目的が作業・修理に特化しているの

表—4 サイクル数と立ち回り数の分散分析

	サイクル数	立ち回り数	変数のカテゴリー
主効果 (F値)			産業 1. 製造 2. 建設 3. 卸売 4. 小売 5. サービス
産業	8.9**	11.1**	
交通手段	11.4**	26.2**	交通手段 1. 徒歩 2. 二輪 3. 乗用 4. 貨物 5. 公共交通
開始時刻	49.8**	31.6**	開始時刻 1. 8-10 2. 10-12 3. 13-15 4. 15-17
交互作用 (F値)			
産業-交通手段	1.1	1.3	
産業-開始時刻	0.7	0.8	
交通手段-開始時刻	1.0	0.7	

注) ** 1%危険率で有意

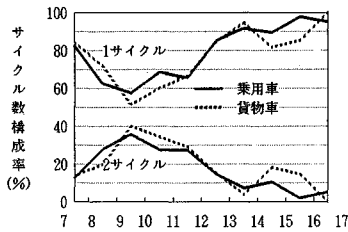


図-3 業務交通開始時間帯別サイクル数構成率

に対し、9時以後ではこの傾向が弱まっているのが原因である。この業務目的の構成率の相違の影響は業務先での滞在時間にも現われ、業務交通開始後1サイクル目に消費される滞在時間が、7時～9時では乗用車269分、貨物車324分であるのに対し9時～11時では乗用車129分、貨物車133分となり、ここでも業務交通の 패턴の違いが伺える。そこでここでは業務交通目的の構成率があまり偏らない9時～17時の間に注目し業務交通パターンを分析する。可能消費時間は、業務交通のほとんどが終了する時刻が17時であることから業務交通の開始から17時までの間の所要時間とし、業務交通パターンがこの可能消費時間を時間制約として選択されると考える。図-3をみると、9時～17時の間ではサイクル数構成率と可能消費時間とは線形折れ線関係にあることが伺え、サイクル数 (n) の構成率 (C_n) と可能消費時間 (t_1) との間に次式を仮定した。

$$C_n = \begin{cases} \alpha + \beta t_1 & (0 \leq C_n \leq 100) \\ = 100 & (C_n > 100) \\ = 0 & (C_n < 0) \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

可能消費時間は、9時～17時までの8時間から16時～17時までの1時間の範囲にある。ただしサイクル数構成率を1時間間隔で求めている関係上、たとえば10時～11時の間隔に対する可能消費時間は10時～17時までの7時間として計算した。表-5に3サイクルまでの回帰式を示した。4サイクル以上の業務交通は非常に少なく、3サイクルまでで99%以上を占めている。回帰式はいずれも満足できる推計精度となり、サイクル数構成率と可能消費時間とが線形関係にあることが数量的に

表-5 サイクル数構成率の回帰式

サイクル数	交通手段	α	β	相関係数
1サイクル	乗用車	106.9	-5.87	0.949
	貨物車	105.2	-6.31	0.920
2サイクル	乗用車	-4.9	4.84	0.952
	貨物車	-2.7	5.15	0.893
3サイクル	乗用車	-2.0	1.03	0.881
	貨物車	-2.5	1.17	0.954

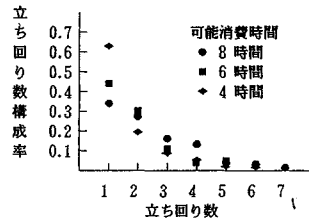


図-4 可能消費時間別立ち回り数構成率

示された。なおサイクル数構成率と可能消費時間との関係については、指数タイプのモデルも検討したが推計精度にさほど差がみられず、ここでは線形折れ線タイプを採用することとした。

b) 立ち回り数 立ち回り数に関しても、可能消費時間が減少するとともに立ち回り数は少なくなる。図-4に、3種類の可能消費時間に対する立ち回り数構成率を乗用車について示した。これをみると構成率は立ち回り数に対し指数分布となっている。この結果は佐々木ら¹⁸⁾が示したものと同様である。次に可能消費時間で比較すると、立ち回り数に対する構成率の減減率が、可能消費時間が少なくなるとともに増大している。これらの結果をもとに、以下ではまず可能消費時間別に立ち回り数構成率と立ち回り数との回帰式を求め、次に得られた回帰式と可能消費時間との関係から、可能消費時間と立ち回り数構成率との関係を数量化する。

立ち回り数構成率 (S_x) と立ち回り数 (x) との間には式(2)を仮定した。

$$S_x = \gamma \exp(\eta x) \dots\dots\dots (2)$$

表-6に可能消費時間別の立ち回り数構成率の回帰式を、乗用車と貨物車それぞれについて示した。これをみると図-4でもその傾向が示されたように、可能消費時間の減少とともにパラメーター γ は増加し、パラメーター η は減少している。そこで可能消費時間とこれらのパラメーターとの関係が線形とみなされることから、可能消費時間 (t_1) を説明変数とする線形回帰式を求め

表-6 可能消費時間別立ち回り数構成率回帰式

交通手段	可能消費時間	γ	η	相関係数
乗用車	8	87.2	-0.592	0.950
	7	134.6	-0.782	0.934
	6	80.8	-0.597	0.986
	5	(12~13時は除く)	-	-
	4	148.7	-0.909	0.994
	3	139.8	-0.921	0.995
	2	155.5	-0.899	0.999
	1	152.7	-1.037	0.988
貨物車	8	80.0	-0.546	0.901
	7	79.4	-0.554	0.865
	6	80.6	-0.539	0.997
	5	(12~13時は除く)	-	-
	4	123.7	-0.806	0.995
	3	77.0	-0.546	0.985
	2	(データ不足)	-	-
	1	132.8	-0.902	0.986

た。その結果を表一七に示した。回帰式の相関係数はほぼ満足できるものであり、可能消費時間と立ち回り数構成率との関係が間接的に数量化された。なお可能消費時間と立ち回り数構成率との関係式の導出については、可能消費時間と立ち回り数構成率との関係を直接求める手法や、可能消費時間と立ち回り数との関係から段階的に構成率を求める2段階推定についても検討したが、十分な精度を得るには至らなかった。

(2) 可能消費時間の変化による業務交通への影響

前節で示された可能消費時間とサイクル数および立ち回り数との数量的関係を用いて、ここでは平均立ち回り数と平均トリップ数とを定義し、可能消費時間の変化が業務交通行動パターンに及ぼす影響を考察する。

a) 立ち回り数とトリップ数の定義 まず式(2)の立ち回り数(x)に対する構成率(S_x)を用いて、可能消費時間(m)に対する平均立ち回り数(V_m)を定義する。ここで式中のパラメーターγとηとは、表一七の回帰式から可能消費時間常別のパラメーターを計算し、それにより可能消費時間別の平均立ち回り数を以下のように求める。

$$V_m = \sum_x x (S_x / SSUM) \dots \dots \dots (3)$$

ただし、SSUM = $\sum_x (S_x)$

ここで(S_x/SSUM)は、SSUMが一般に1.0とまらないため、これを1.0となるように修正するものである。次に可能消費時間に対する平均トリップ数(q_m)は、サイクル数(n)と立ち回り数(x)に対するトリップ数(q_{nx})が、q_{nx} = n + xで求められることを用い、サイクル数と立ち回り数の構成率で定義する。この場合サイクル数と立ち回り数との関係について検証しておくことが必要とされ、ここでは9時~17時の間に開始された業務交通を、サイクル数1・2と立ち回り数2・3・4以上に分類しχ²検定を行った結果、両者の間に独立性が認められた。この結果に基づき平均トリップ数は両者に独立性を仮定し、式(4)に示す積で定義する。なお常にサイクル数と立ち回り数との間に独立性が成り立つことについては、可能消費時間の制約や業務交通の目的などとの関係を通し今後さらに詳細に検討する必要があると考えている。

$$q_m = \sum_n \left[\frac{C_n}{CSUM} \left(\sum_x q_{nx} \frac{S_x}{SSUM} \right) \right] \dots \dots \dots (4)$$

表一七 立ち回り数構成率回帰パラメーターの可能消費時間を変数とした回帰式

パラメーター	乗用車	貨物車
r	168.8 - 9.11t ₁ r = 0.768	128.0 - 6.72t ₁ r = 0.882
η	-1.07 - 0.0571t ₁ r = 0.695	-0.867 - 0.0451t ₁ r = 0.736

ただし、CSUM = $\sum_n (C_n)$, SSUM = $\sum_x (S_x)$

$$x \geq n$$

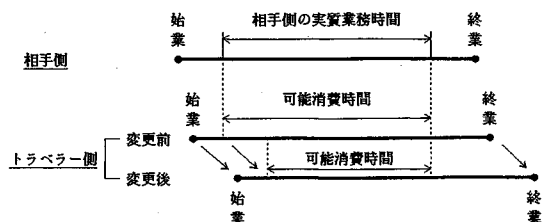
ここで、C_nは式(1)から求められるサイクル数構成率であるが、回帰式の関係上1.0を越えたり負となる場合には、それぞれ1.0、0.0とおいた。またCSUMで除すことについては、サイクル数構成率の合計を1.0とするためのものである。

b) 可能消費時間の変化による影響 式(3)および式(4)で定義された平均立ち回り数と平均トリップ数とを用いて、可能消費時間の変化が及ぼす業務交通への影響を探る。まず式(3)と式(4)の現況再現精度を検証するため、可能消費時間別に平均立ち回り数と平均トリップ数を計算し、その結果を表一八に示した。実測値に対する相関係数と% RMS誤差をみると、可能消費時間の変化の影響を探るうえでその精度は満足できるものであり、この結果を用いて業務交通行動に及ぼす波及効果を考察する。

表一八 可能消費時間別平均立ち回り数と平均トリップ数 (乗用車)

可能消費時間	平均立ち回り数		平均トリップ数	
	実測値	推計値	実測値	推計値
8	2.38	2.09	3.87	3.55
7	2.08	1.98	3.43	3.37
6	2.03	1.89	3.44	3.22
4	1.67	1.73	2.75	2.92
3	1.64	1.67	2.75	2.79
2	1.46	1.62	2.48	2.66
1	1.35	1.60	2.40	2.56
相関係数	0.988		0.986	
%RMS誤差	9.5		6.2	

可能消費時間	平均立ち回り数		平均トリップ数	
	実測値	推計値	実測値	推計値
8	2.62	2.31	4.19	3.84
7	2.40	2.21	3.86	3.67
6	2.02	2.12	3.40	3.49
4	1.68	1.95	2.75	3.18
3	1.93	1.88	3.11	3.03
2	1.35	1.82	2.50	2.89
1	1.45	1.76	2.45	2.78
相関係数	0.942		0.959	
%RMS誤差	14.4		9.4	



図一五 始業時刻変更による可能消費時間短縮の概念図

可能消費時間が変化する場合として、図-5に示すようなトラベラーの勤務先の始業時刻が遅くなった状況を想定する。いま始業時刻から終業時刻までの間で実際に業務交通を受け入れることのできる時間を実質業務時間とし、可能消費時間がトラベラー側の戦略や時間的都合と相手側の実質業務時間との相互関係から与えられると仮定する。トラベラー側の始業時刻が遅くなり、相手側の実質業務時間がそのままとすると、この時間的相互関係が崩れ可能消費時間は一般に短くなる。可能消費時間が短くならないケースとして、トラベラーが業務交通の開始時刻を変える場合が考えられるが、ここではそれでも可能消費時間の短縮が余儀なくされるとする。

簡単な計算例として、従来可能消費時間が8時間のもとで業務交通を行っていた乗用車トラベラーが、7時間に短縮された状況を想定する。この場合平均立ち回り数は、表-8に示されるように2.09から1.98へ減少する。これは単純に考えると、業務によって得られていた情報量が5.3%減少することを意味する。この減少量に対処するには2つの方法が考えられる。

- ① いままでより情報密度の高いエリアでの業務活動のウェイトを増やす。
- ② 業務交通パターンを変更する。

①が採用された場合には、情報密度の高いCBD地区において一層の業務交通量の増加が予想される。しかし簡単には取引先を変更するわけにはいかないので、一般には②が採用されることが多いものと考えられる。それは可能消費時間が8時間のときの平均立ち回り数を、7時間になっても同様に消化することで達成される。いまそれに対しサイクル数を変えないで、従来立ち回り数が1か所であった業務交通パターンを2か所にして対応を図るとする。可能消費時間が7時間の場合の立ち回り数1と2の平均構成率は、それぞれ49.4%と25.2%であるが、可能消費時間が8時間の場合の平均立ち回り数を得るためには、この構成率をそれぞれ37.8%と36.9%に変更しなければならない。これは可能消費時間が8時間であった場合の構成率と比較すると、立ち回り数1が8.7%減、立ち回り数2が11.7%増に相当する。これにより単位可能消費時間当たりのトリップ数は、0.44から13.7%増の0.51となる。

これらの結果は可能消費時間の短縮に伴う平均的な業務交通パターンの変化の一例を示すものであり、現実にはもっと複雑なパターンの変化がみられるであろう。しかし本分析結果は、業務時間の変更によって業務活動の時間的相互関係の崩れが余儀なくされる場合、業務交通のワークが相対的に増加する可能性のあることを数量的に示すものであり、交通政策の評価に有意義な情報を提供すると考えられる。

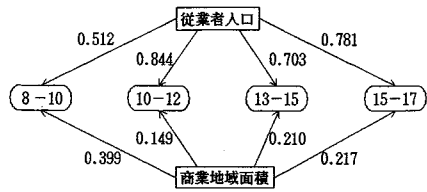
5. 業務交通需要に関する説明要因の時間変動特性

3.において、業務交通需要が目的施設によって時間的に変動することが示された。ここではこれらの施設の集積度を土地利用指標によって包括的に表現し、業務交通需要の発生・集中にかかわる説明要因の時間変動特性を探り時間制約の影響を探る。具体的には業務交通の発生・集中量を時間帯ごとに分割し、土地利用指標を説明要因とする回帰分析をステップワイズ法によって行い、そこで採択される説明要因から時間変動を考察する。時間帯は8時~10時、10時~12時、13時~15時、および15時~17時の4分類とし、乗用車と貨物車による業務交通を対象とした。説明要因として使用した土地利用指標は、表-9に示すとおりであり、ゾーン数は広島市内の34ゾーンである。

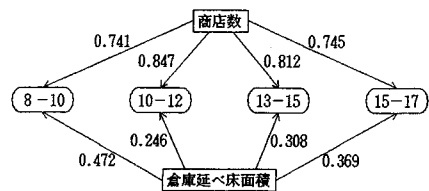
まず発生量について、図-6および図-7に乗用車および貨物車それぞれの説明要因とその標準化偏回帰係数を時間帯別に示した。説明要因の採択にあたっては、パラメーターのt値が5%危険率で有意であることと、重共線性が存在しないことを条件とした。これらの図をみると、乗用車、貨物車ともに時間帯が変わってもそれぞれの説明要因は同一であり、発生量を説明する指標の種類に時間的な変化はみられない。これはたとえば乗用

表-9 発生・集中モデルに使用した土地利用指標

1) 従業者人口	9) 個人商店延べ床面積
2) 夜間人口	10) スーパー・デパート延べ床面積
3) 市街化区域面積	11) 飲食店延べ床面積
4) 住居地域面積	12) 工場・作業場延べ床面積
5) 商業地域面積	13) 交通・運輸延べ床面積
6) 工業地域面積	14) 倉庫延べ床面積
7) 可住地面積	15) 商店数(小売+卸売)
8) 会社・銀行延べ床面積	



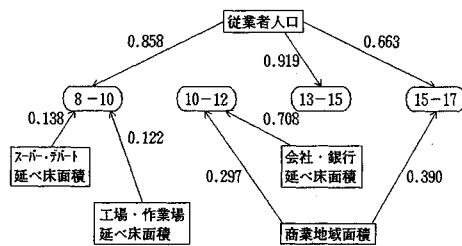
注：数値は標準化偏回帰係数
図-6 発生量の説明要因の時間変動(乗用車)



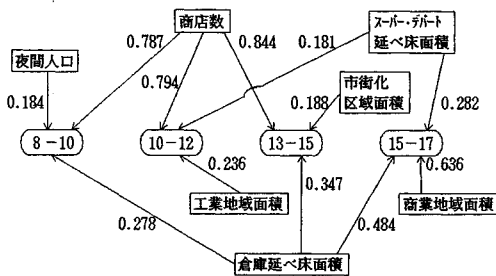
注：数値は標準化偏回帰係数
図-7 発生量の説明要因の時間変動(貨物車)

車では、従業者人口が多く商業地域面積の広いゾーンでは、時間帯にかかわらず業務交通が多く発生していることを意味している。しかしながら標準化回帰係数に注目すると、説明要因は同一でもその単位量当たりのウェイトには、時間帯によって差が見受けられる。交通手段によって説明要因が異なったことについては、業務交通の内容が人的か物的かによるところが大きい。すなわち乗用車では打合せ・会議や営業上の情報収集を効率的に行うため従業者人口や商業施設の密度の高い区域に集中することが考えられ、それに対し貨物車では商品の仕入れ・購入や販売・配達といった物的輸送業務のため倉庫等の流通施設や商店の多い区域に集中することが考えられる。ここで得られた説明要因は、このような状況を反映したものとなっている。

次に図-8と図-9に、集中量について示した。集中量では発生量と異なり、各時間帯で説明要因に明確な差異がみられる。乗用車についてみると従業者人口が説明要因の基本となっているが、10時～12時の時間帯だけは商業地域面積と会社・銀行延べ床面積の2指標が説明要因となっており、業務時間が始まり打合せが済んだ頃の時間帯を見計らって業務交通が集中していることが推測される。また8時～10時の早い時間帯ではスーパー・デパートと工場・作業場の延べ床面積が説明要因となり、営業や工程上のタイムスケジュールが業務交通を拘束していることが考えられる。一方貨物車では商品の配達が主業務となるため、倉庫延べ床面積と商店数あるいはスーパー・デパート延べ床面積が主な説明要因となっ



注)：数値は標準化偏回帰係数
図-8 集中量の説明要因の時間変動(乗用車)



注)：数値は標準化偏回帰係数
図-9 集中量の説明要因の時間変動(貨物車)

ているが、時間帯によってはこれらの要因が含まれない場合も存在し、貨物の種類によって制約を受ける時間帯が異なることを示している。

以上の結果は、業務交通が受ける時間制約を土地利用指標の面から示すものであるが、これによると発生量より集中量の説明要因の時間変動が大きく、業務の相手あるいは目的地から受ける時間制約の影響が発生側より強いことが推測される。交通施設計画での容量決定においては、各地区における業務交通量の時間変動の把握が非常に重要となるが、本分析結果はそれに対し1つの知見を与えている。

6. 結 論

本研究では、業務交通における時間制約の実態について分析した。ここで得られた結果は、時差出勤政策や地区レベルの交通施設を計画するうえで貴重な情報を提供すると考えられる。本研究で得られた成果は以下のとおりである。

(1) 業務交通需要の多い5産業を対象として、業務交通の開始時刻に対する時間制約について、勤務先の始業時刻と、業務の目的施設から受ける時間制約との両面から検討した。その結果時間制約が始業時刻について3種類、目的施設について2種類のタイプに分けられ、これらのタイプの組合せから産業が3分類されることを示した。

(2) 業務交通に消費できる時間を可能消費時間とし、それと業務交通のサイクル数および立ち回り数との関係を数量的に示した。さらにこれらの関係式を用いて、業務交通の平均立ち回り数と平均トリップ数とを定義し、可能消費時間の変化に伴う業務交通への波及効果を考察した。

(3) 業務交通の発生・集中量に寄与する土地利用指標の時間帯による相違を明らかにし、業務交通需要における時間制約の影響を示した。

本研究では、業務交通を行うトラバラー自身と業務の相手側との両面から業務交通の時間制約を分析した。しかしデータの制約から、始業時刻を基点とした、通勤交通行動と業務交通行動との非集計レベルでの関連性が明らかにされていない。これについては新たな調査を必要としており、今後の研究課題としたい。

本論文をまとめるにあたり、広島大学 杉恵順寧教授には有益なご助言をいただいた。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 渡部与四郎：業務交通体系論，技報堂出版，1976。
- 2) 丸山博史・松浦義満：業務交通における交通手段別分担

- 率について、JSCE 第 33 回年次学術講演会，pp. 73～74，1978.
- 3) 横溝敏治・榑木 武・佐竹芳郎・島田淳次：業務交通調査と都市交通施策への対応，第 2 回土木計画学研究発表会講演集，pp. 128～131，1980.
 - 4) 吉川和広・小林潔司・植田和哉：大都市圏域における業務交通量推計モデルの構築に関する一考察，JSCE 第 37 回年次学術講演会，pp. 339～340，1982.
 - 5) 近藤勝直・菊池賢三：トリップパターンに関する二，三の考察，交通工学，Vol. 21，No. 2，pp. 7～14，1986.
 - 6) 佐々木綱・西井和夫：トリップチェーン手法を用いた都市内業務交通の発生集中量の分析，土木学会論文報告集，第 327 号，pp. 129～138，1982.
 - 7) 佐々木綱・西井和夫：トリップ連鎖パターンからみた業務交通の自動車分担率特性とそれに基づく発生集中量推計モデル，土木学会論文集，第 371 号，pp. 115～124，1986.
 - 8) たとえば，Transportation Research，Vol. 17，No. 6，Special Issue，Intercity Freight Modelling，1983.
 - 9) 加藤文教・門田博知・浜田信二：道路の信頼性評価の簡便法，土木計画学研究・論文集，pp. 181～188，1986.
 - 10) 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，pp. 185～192，1988.
 - 11) Jones, P. M. *et al.* : Understanding Travel Behaviour, Gower, 1983.
 - 12) Gunn, H. F. : Travel Budgets—A Review of Evidence and Modelling Implications, Transportation Research, Vol. 15 A, pp. 7～23, 1981.
 - 13) Zahavi, Y. and Ryan, J. M. : Stability of Travel Components over Time, Transportation Research Record 750, pp. 19～26, 1980.
 - 14) 福岡都市圏交通対策協議会：時差通勤通学アンケート調査報告書，1985.
 - 15) 定井善明・新矢 隆：地方中核都市における「時差出勤」と「相乗り通勤」のフィージビリティ研究，運輸と経済，第 43 巻，第 11 号，pp. 64～82，1983.
 - 16) 池田 央・岡太彬訓 訳：調査分類データの解析法，G. Upton 著，浅倉書店，1980.
 - 17) 田中 豊・垂水共之・脇本和昌：パソコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析編，共立出版，pp. 360～391，1985.
 - 18) 前掲書 6)

(1989. 10. 27・受付)