

## 就業構造を反映した通勤者生成原単位 モデルについて

WORK TRIP GENERATION MODEL REFLECTING INDUSTRIAL  
STRUCTURE

毛利正光\*・新田保次\*\*  
By Masamitsu MŌRI and Yasutsugu NITTA

比較を通じて時間的一般性の問題について分析した。

### 1. はじめに

1960年以降のモータリゼーションの進展は、道路交通計画を交通計画の首座に据えてきた。その際、需要推計が計画諸元の基礎データを得るために重要な位置を占めた。需要推計手法としては4段階推定法が主流を占め、分布、配分と並んで発生交通量推計の研究が原単位法を中心になされた。

4段階推定法はよく知られているように、経済指標、発生交通量、分布交通量、配分交通量の順に推計を行う方法である。パーソントリップ調査がなされるようになってからは分担率の推計が分布の前後に位置づけられた。いずれにせよ経済指標を与件とした発生交通量推計は経済機構と関連しており、その推計技術としての原単位法に関する研究は経済機構を取り込みながら発展していく必要があろう。

ところで、従来、原単位の分母には、人口、世帯、面積など、いわば計画するうえで扱いやすい指標がよく使われてきたが、2つの大きな問題点が存在していた。1つは、ある時間断面でみると、原単位が都市ごとに変動する。2つは、ある都市に着目しても時間の経過とともに変わってゆくという点である。いずれにせよ交通発生は経済機構と関連しているため、経済の変動とともに原単位も変化し、複雑な現象を呈している。そして4段階推定の中でも立ち遅れた研究分野になっている。

そこで本研究では、交通の主要な部分を占める通勤交通に焦点をあて、各都市の通勤者の生成原単位の変動構造を産業構造を介して明らかにすること、そして、両者の関係を数学モデルで表わすことを第1の目的とし、さらにこのモデルを原単位の推計モデルとして発展させるための第1歩として、1970年、75年の原単位モデルの

### 2. 従来の研究

交通量発生に関する研究は、わが国では米谷ほか<sup>1)</sup>を初めとしていくつかみられる。米谷ほかは、都市、区、用途地域別に車の発生原単位の安定性を調べ、河上<sup>2)</sup>は原単位法と回帰分析法により、都市と京都市内の小学校区を対象に推計式を求めた。黒川<sup>3),4)</sup>は広島都市圏を対象に人口、世帯を単位とした原単位の要因分析を行い、用途別発生原単位では都市構造指標を説明変数とし、回帰分析により推計式を求め、精度比較も行っている。青山<sup>5)</sup>は人口を単位とした発生原単位を交通利便性により説明し、清水<sup>6)</sup>は原単位の時空間的変動構造の分析と需要推計への応用の必要性を訴えた。杉恵<sup>7)</sup>は2つの時間断面で行われたパーソントリップ調査の結果をもとに両年に共通する推計式を求めようとした。外国においては、同様な研究がKassoff<sup>8)</sup>、Douglas<sup>9)~12)</sup>ほかにおいてみられる。いずれも推計式の評価はおもに時間断面でなされ、時系列分析は不十分である。

以上の従来の研究の方法を整理すると次のようになる。1つは発生量を説明変数から直接求める方法で、回帰分析により推計式を求めている。2つは発生原単位を求め、単位指標を乗すことにより発生量を求める。このとき、原単位を一定値とする場合と、原単位を変動するものと考え、説明変数との関係を回帰分析により推定する場合とに分かれる。さらに原単位法に属するものとしてcategory analysis methodがある。これは要因をカテゴリー分けし、それぞれのカテゴリーに原単位を与える、各カテゴリーに配属される単位数を乗じて発生量を求めるものである。また、単位としては人口、世帯が従来よく使われてきた。

このような研究成果は交通計画の実現において大きな力を発揮してきたが、おおむね時間断面での分析にとど

\* 正会員 工博 大阪大学教授 工学部土木工学科

\*\* 正会員 工修 大阪大学助手 工学部土木工学科

まっており、時系列分析に耐え得るまで推計式を高めることが今後必要であると思われる。

### 3. 通勤者生成原単位の定義とその特徴

#### (1) 通勤発生現象

通勤とは空間的に相異なる自宅と職場の移動のことであり、通勤者の発生と増加は産業革命以後の産業構造の変容と密接な関連がある。機械化大工業の出現は農業社会から工業社会へと産業構造を変え、あわせて生産手段の集中する都市へと人口移動をうながした。工業化の初期においては小経営における住み込み、工場敷地内での寮生活にみられるように、職住の分離は不完全であったが、工業化の発展が企業の大規模化と雇用者の増大、地価の上昇を伴って大規模に展開するにつれ、激しく進行し、ニュータウンを創るほどにもなっていった。同時に住居と職場を移動する通勤者が多量に集中的に発生するようになった。

#### (2) 通勤者生成原単位の定義

従来、通勤発生原単位の単位として人口、世帯が使われることが多かった。この原単位を人口 10 万以上の都市を対象に求め、都市規模との関係で変動状況をみたのが図-1, 2 である。なお、この原単位の分子は通勤者数である。都市規模が小さくなるにつれ都市数が増えるとともに、原単位の変動が大きくなってくる。人口を単位とした原単位は 0.24 から 0.42 の間を変動し、世帯を単位としたものは 0.86~1.82 の間に大きくばらついている。

ではなぜ原単位がばらつくのか、通勤者数/人口の原単位を例に考えてみよう。人口を仕事をもっているかどうかの視点で分けると、就業者と非就業者に分類される。そして非就業者には老人、子供、失業者などが含まれる。

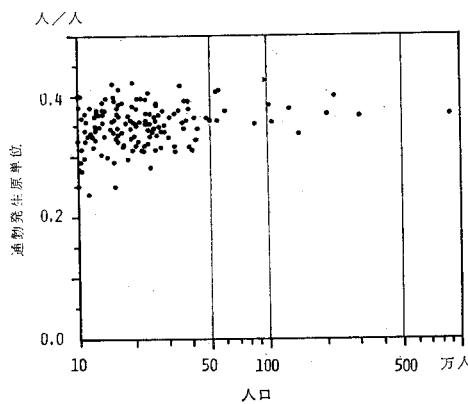


図-1 人口と原単位の関係

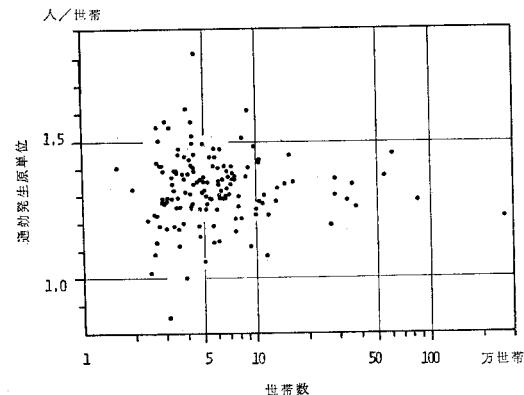


図-2 世帯数と原単位の関係

れる。人口を単位にとるとこれらの構成比の違いが原単位の変動要因として入り、原単位のばらつきを大きくする原因となる。分析の手順としてはまず、就業者の中での通勤者の割合、つまり就業者を単位とした原単位の変動原因を探る必要があると思われる。そこで本研究では原単位を次式のように定義し、通勤者生成原単位と称することにした。

$$\text{通勤者生成原単位} = \frac{\text{通勤者数}(T)}{\text{就業者数}(W)} \quad (1)$$

データは 1970 年の国勢調査を用い、通勤者数は各都市について、当地に常住する就業者数から自宅就業者数を減じて求めた。また、対象都市は人口 10 万人以上 151 都市である。

ここで定義した通勤者生成原単位は、交通計画上、通勤トリップのコントロール・トータル算出のための有用な情報を与えるものと思われる。つまり、比較的、大きなゾーンに対する通勤トリップのコントロール・トータル値を推計する際に、通勤トリップ生成のもとにある通勤者数を正確に推計し、統いて、通勤者の中で休暇や病気などで勤務を休む人々や、勤務先を経由せずに、直接、業務活動に移る人々などの通勤行動をとらない人を推計し、通勤者の推計値から、この値を減じた推計値をもとに、通勤トリップを推計する方法が考えられるが、このような場合、ここで定義した原単位による通勤者数の推計は、通勤トリップ推計のいわば第 1 段階を占めるという点において有用であろう。また、ここで定義した原単位を量化する際に国勢調査で得られた就業者および自宅以外での就業者数のデータを用いたが、交通計画上、国勢調査の就業者の定義が妥当か否かについては、交通計画の種々のケースに応じて議論されるべきものと思われるが、少なくとも、通勤トリップのコントロール・トータル値を求める第 1 段階のステップとして位置づけた範囲においては妥当であると思われる。

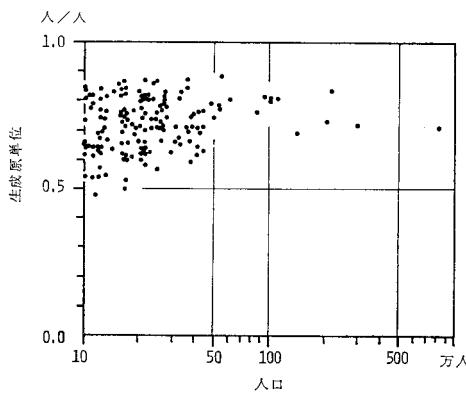


図-3 人口と原単位の関係

## (3) 原単位の変動（人口と原単位）

式(1)で定義した通勤者生成原単位（以下、原単位と略称する）を都市別に求め、人口規模との関係で変動をみたのが図-3である。人口規模が小さくなるにつれ変動が大きくなっている。このことは都市により産業構造が異なるためであり、人口が少ない都市ほど多様な性格をもつためであろう。たとえば、農業人口が比較的多い都市、中小零細事業所が多い都市では、原単位が低くなり、大都市周辺の衛星都市では高くなることが想像される。いずれにせよ、原単位の変動を都市の産業の内部構造に立ち入って分析する必要があろう。

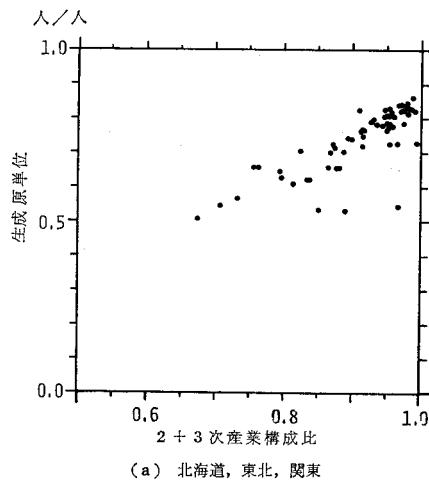
## (4) 2・3次産業就業者構成比と原単位

産業構造の高度化は、1次産業の衰退、2次、3次産業の発展を伴いながら進行しているのが特徴的である。このような産業の発達はとりもなおさず通勤者の増加を促している。このような観点に立てば、人口との関係ではうまく説明し得なかった原単位の変動特性を産業構造との関係である程度説明し得るようと思われる。そこで産業構造を示す代表的な指標として2、3次産業就業者構成比をとり、これらの指標と原単位との関係をみることにした。

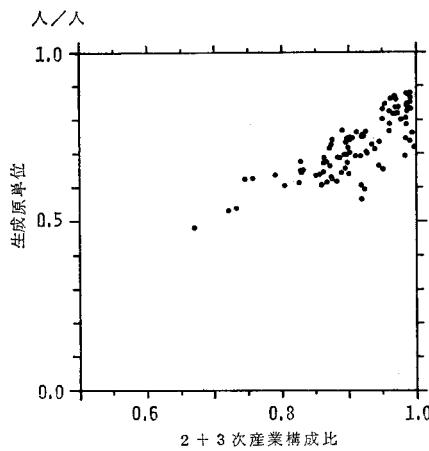
表-1に各産業の就業者構成比（以下、構成比と略称する）と原単位の相関係数を示した。いずれの指標とも正の相関関係を示すが、2次と3次産業を合わせた構成比（2+3次産業構成比）との相関が最も高く、続いて2次産業、3次産業の順となった。2+3次産業構成比と

表-1 産業構成比と原単位の相関係数

| 産業構成比     | 相関係数 |
|-----------|------|
| 2+3次産業構成比 | .793 |
| 2次産業構成比   | .512 |
| 3次産業構成比   | .288 |



(a) 北海道、東北、関東



(b) 中部、近畿、中国、四国、九州

図-4 2+3次産業構成比と原単位

ことは、両産業とも通勤者を増加させるものでありながら、構成比においては一方が高ければ一方が低くなるといった具合に相互に制約しているためであろうと思われる。

図-4に2+3次産業構成比と原単位の関係を示した。平均的な傾向より原単位が低くなる都市には、桐生、足利、一宮といった織維関係の地場産業をもつ都市や、東京、大阪、名古屋などの大都市が含まれ、逆に高い都市には東京、大阪周辺の衛星都市が多い。2+3次産業構成比により原単位の変動をマクロ的には性格づけられたが、平均的な傾向からはみでる都市がいくつか存在するようになり、これらの都市も含めて一般的に説明しようとするなら、さらに産業構造に立ち入って分析する必要があるようと思われる。

正の相関がよいということは、裏を返せば1次産業構成比と負の相関がよいことを示している。また、2次、3次産業それぞれの構成比との相関がよくないという

#### 4. 産業構造を考慮した原単位

##### (1) 産業別構成比および産業別原単位と原単位との関係

原単位の変動については、3.において2+3次産業構成比と正の相関関係にあるということが判明したが、さらにここでは産業構成をもっと詳しく分類し、原単位の変動要因について考察する。

それぞれの都市においては産業構造に特殊性があり、工業都市、中枢管理都市、観光都市とかさまざまな性格を呈している。これらの都市の性格は各産業に従事する就業者の構成比の差異による場合が多く見受けられる。このような産業構成の差異に加えて、農業従事者では通勤者は少なく、公務員が多いといったように産業によって原単位が異なる。そこで、ここでは産業による就業者構成比、通勤者生成原単位の違いを考慮して、式(1)で示した原単位とこれら指標との関係を探ることにする。

式(1)で示される原単位  $G$  は、産業分類を考慮すると式(2)となる。

$$G = T/W = \sum t_i / \sum w_i \quad \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 $t_i : i$  産業の通勤者数

$w_i : i$  産業の就業者数

さらに、産業別通勤者生成原単位 ( $u_i$ ) を導入すると、 $t_i$  は式(3)となる。

$$t_i = u_i \cdot w_i \quad \dots \dots \dots (3)$$

また、産業別就業者構成比 ( $x_i$ ) は式(4)となる。

$$x_i = w_i / \sum w_i \quad \dots \dots \dots (4)$$

式(3)、(4)を式(2)に代入すると、次の式(5)が得られる。

$$G = \sum u_i x_i \text{ ただし } \sum x_i = 1 \quad \dots \dots \dots (5)$$

このように原単位  $G$  は、産業別就業者構成比 ( $x_i$ ) と産業別通勤者生成原単位 ( $u_i$ ) の積の総和で示された。この式より理解されるように、産業別通勤者生成原単位(産業別原単位と略称する)が各都市で一定値をとるとても産業別就業者構成比(産業別構成比と略称する)が変化すれば  $G$  は変動することになる。

本研究では産業分類を1970年の国勢調査の産業大分類に従うものとする。この場合、産業は14項目に分類され、統計表では一部統合されて11分類となっている。分類数が式(5)を実用式として使う場合、多いと思われるが、これより分類を少なくすると一般的に認められている分類は3分類しかなく、これでは分析が粗くなるのでここでは11分類で分析し、将来、簡略化を試みることにする。11分類した場合の産業を表-2に示した。

表-2 産業別原単位および構成比(1970年)

|            | 原 単 位 |          |              | 産業構成比 |          |              |
|------------|-------|----------|--------------|-------|----------|--------------|
|            | $\mu$ | $\sigma$ | $\sigma/\mu$ | $\mu$ | $\sigma$ | $\sigma/\mu$ |
| 農、林、狩猟業    | .064  | .074     | 1.16         | .085  | .068     | .80          |
| 漁、水産養殖業    | .531  | .290     | .55          | .005  | .012     | 2.19         |
| 鉱業         | .903  | .089     | .10          | .002  | .007     | 3.04         |
| 建設業        | .799  | .057     | .07          | .080  | .017     | .22          |
| 製造業        | .843  | .084     | .10          | .288  | .105     | .36          |
| 卸売、小売業     | .647  | .084     | .13          | .223  | .040     | .18          |
| 運輸、通信業     | .893  | .041     | .05          | .034  | .012     | .35          |
| 金融、保険、不動産業 | .968  | .016     | .02          | .070  | .019     | .26          |
| 電気、ガス、水道業  | .993  | .006     | .01          | .007  | .003     | .37          |
| サービス業      | .719  | .054     | .08          | .165  | .037     | .22          |
| 公務         | .992  | .004     | .00          | .039  | .019     | .48          |

注)  $\mu$ : 平均値,  $\sigma$ : 標準偏差

##### (2) 原単位推定式への試み

式(5)は各都市について、それぞれの固有の数値を代入することによって恒等的に成立つものである。しかし、これは原単位の推定式ではなく、一般的な推定式をつくるためには、産業別原単位か構成比を各都市について普遍的なものとして決める必要がある。もし、両者が各都市について一定とおけるならば、原単位  $G$  は一定となる。しかし、前章での分析から判明したように、こうすると無理が生じてくる。よって産業別原単位か構成比のどちらか安定しているものを各都市共通のものとして決める必要が生ずる。

そこで、産業別構成比、産業別原単位の変動状況を知るために、151都市について、平均、標準偏差、変動係数を計算した。表-2に示したように、産業別構成比の平均値は製造業が最も高く29%，続いて卸売・小売22%，サービス17%，農・林・狩猟9%となった。以上の三者で68%を占めた。また標準偏差も製造業が最も高く11%，続いて農・林・狩猟7%，卸売・小売4%，サービス4%となり、農・林・狩猟の標準偏差が高いことが特徴的である。

一方、産業別原単位の平均値は電気・ガス・水道、公務が0.99を超え、続いて運輸・通信、鉱が0.90以上となった。0.8台は金融・保険・不動産、製造の2産業であり、0.7台は建設、サービスである。卸売・小売は0.65であり、農・林・狩猟は最も低く0.06であった。標準偏差は漁・水産・養殖が最も大きく、続いて鉱、製造、卸売・小売となり、小さいのは公務、電気・ガス・水道、運輸・通信であった。

産業別構成比と原単位の変動を変動係数により比較すると、農・林・狩猟を除いた全産業において原単位の方が小さく、変動が少ないことが判明した。農・林・狩猟の場合、原単位そのものが小さいので、この程度の変動では問題にならない。そこで、産業別構成比は変数とし、産業別原単位を一定値をとる係数とし、式(5)を

推定式として発展させることにした。また、発生量推定の場合、経済指標を与件とすることにより、産業別構成比を変数とするのが妥当である。表-2 の産業別原単位の平均値を式(5)に代入したものを、ここでは原単位モデルとよぶことにする。そして、この原単位モデルは、従来の人口などを原単位としたものに比べて、原単位の変動構造を産業構造との関連で定式化し、将来の産業構成の変化に応じて原単位を予測できるといった点に特徴がある。

なお、この原単位モデルにより、原単位を推計する際には、説明変数である産業別構成比を推計する必要がある。このことは、とりもなおさず産業別就業者数を予測することである。就業者の推計についての研究<sup>13)</sup>は、計量経済学の分野で行われており、国レベルでは人口推計に統いて、精度がよいようである。しかし、地域、都市レベルでの推計は人口と同様に、国レベルに比較して精度が落ち、その推計方法は重要な研究対象となっている。本モデルでは、このような経済指標を与件としているが、通勤者の推計精度を高めるうえでも、これらの経済指標の推計精度の向上が必要である。

### (3) 原単位モデルの適合性

原単位モデルの適合性を示す指標として、パーセント RMS 誤差を用いることにした。この指標は次式で示される。

$$\text{パーセント RMS 誤差} = (\sqrt{\sum (y_i - Y_i)^2 / n} / \bar{y}) \times 100\%$$

ただし、

$y_i$ : 実際値、ここでは各都市の実際の原単位

$\bar{y}$ : 実際値の平均値

$Y_i$ : 推定値、ここでは各都市の原単位の

推定値

$n$ : データ数、ここでは都市数

1970 年の 151 都市について、産業別原単位の平均値(表-2)で係数  $u_i$  を表わした原単位モデルにより推定原単位を求め、パーセント RMS 誤差を計算したところ 7.4% の誤差となった。この誤差は比較的小さいと思われるが、個別に都市をみると誤差が大きいところも考えられるので、原単位の実際値と推計値を図上にプロットし、この様子を調べることにした。図-5, 6 に示したように、推定値が実際値を大きく上回る傾向のある都市には、足利、桐生、甲府、岐阜、一宮などの都市があり、逆に下回る都市には、豊中、吹田、高槻、枚方、茨木などの都市がある。前者の都市はよく知ら

れていますように、繊維産業を中心とした地方都市であり、後者は衛星都市といった特徴をもっている。これら

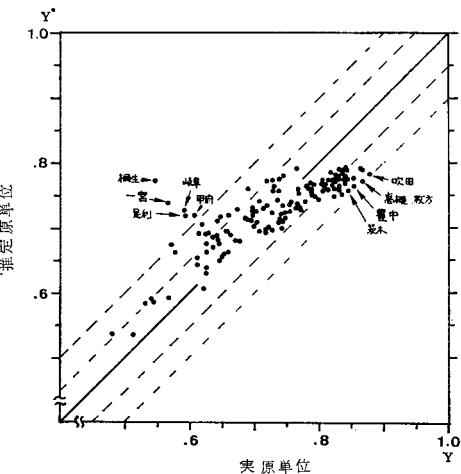


図-5 推定原単位と実原単位の関係 (1970 年)

表-3 典型都市の原単位

|                                  | 実<br>原<br>単<br>位<br>$Y$  | 推<br>定<br>原<br>単<br>位<br>$Y^*$       | 製<br>造<br>業                          |                                      | 卸<br>売<br>・<br>小<br>売<br>業           |                                      |
|----------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                  |  |                                      | 原<br>単<br>位                          | 構<br>成<br>比                          | 原<br>単<br>位                          | 構<br>成<br>比                          |
| 全<br>国                           | .725   | .724                                 | .843                                 | .288                                 | .647                                 | .223                                 |
| 原都<br>市<br>単<br>位<br>が<br>低<br>い | 足<br>利<br>.529<br>桐<br>生<br>.547<br>甲<br>府<br>.605<br>岐<br>阜<br>.593<br>一<br>宮<br>.567 | .716<br>.770<br>.717<br>.726<br>.737 | .591<br>.551<br>.612<br>.550<br>.572 | .510<br>.540<br>.257<br>.338<br>.501 | .434<br>.424<br>.513<br>.576<br>.567 | .175<br>.189<br>.270<br>.248<br>.192 |
| 原都<br>市<br>単<br>位<br>が<br>高<br>い | 豊<br>中<br>.853<br>吹<br>田<br>.879<br>高<br>槻<br>.868<br>枚<br>方<br>.867<br>茨<br>木<br>.845 | .766<br>.784<br>.774<br>.772<br>.759 | .901<br>.921<br>.946<br>.940<br>.942 | .307<br>.293<br>.363<br>.375<br>.339 | .831<br>.832<br>.798<br>.817<br>.810 | .280<br>.238<br>.196<br>.195<br>.212 |

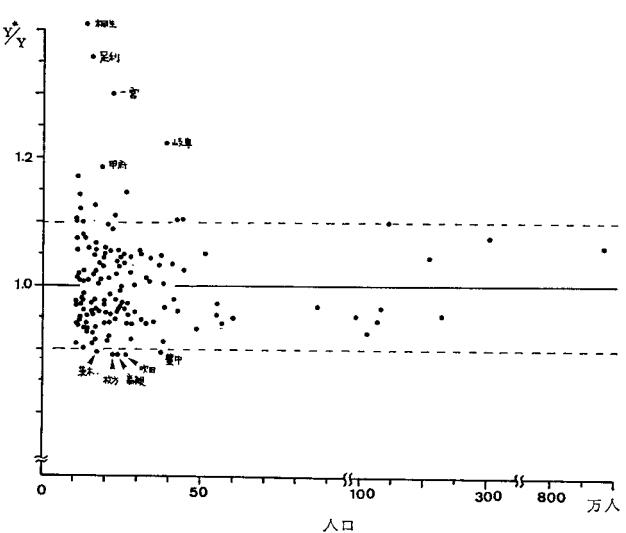


図-6 推定原単位 ( $Y^*$ ) / 実原単位 ( $Y$ ) の人口規模別分布 (1970 年)

の都市について主要産業である製造業、卸売・小売業の原単位をみると表-3に示すように、原単位が低い都市(足利、桐生、甲府など)の製造業、卸売・小売業の原単位は全国平均に比してかなり低く、逆に原単位が高い都市(豊中、吹田、高槻など)は高い。推定値が実際値に適合しない原因には、このように製造業、卸売・小売業原単位をモデル式で設定した値(全国平均で代表した)が実態とかけ離れたものになっていることが挙げられよう。

## 5. 原単位モデルの時間的安定性

ここでは前章で定義した原単位モデルの時間的安定性をみるために、新たに1975年の国勢調査データによる産業別原単位を求め、先に求めた1970年との比較を通じて安定性を検討するとともに、これにより原単位モデルの係数を決定し、モデルの妥当性を検証することとした。この分析に際して、せめて過去20年くらいのデータが欲しかったのであるが、1970年以前は求めるデータがなかったため、やむを得ず、両年度比較にとどめた。また、10万以上の都市数は1975年には175都市と1970年に比べて24都市の増加があった。

### (1) 原単位の変動

1975年で人口10万以上の都市について、1970年の場合と同様に原単位を求め、その変動を図-7に示した。1970年の断面分析において $2+3$ 次産業構成比と原単位は正の強い相関関係がみられたが、この特徴は1975年においても強く現われた。さらに各都市での原単位の推移をみると、いずれの都市においても $2+3$ 次産業構成比の増加とともに原単位も増加した。ただ、 $2+3$ 次産業構成比がほぼ100%に近い都市では $2+3$ 次産業構成比はほとんど増加しないにもかかわらず、原単位は増加した。これらのことから、各都市の原単位は個々別々にはばらついているものの、大きくは $2+3$ 次産業構成比の増加の波に乗って増加し、さらに2、3次産業内においても通勤者の発生程度が高くなっていることが理解される。なお原単位の平均値は1970年0.725であったものが1975年では0.773と0.048増加し、 $2+3$ 次産業構成比の平均値も91.0%から93.8%へと增加了。

### (2) 産業別原単位の時間的安定性

1975年の産業別原単位と産業別構成比を表-4に示した。変動係数は全産業において原単位の方が小さくなかった。表-5に1970年との比較を示したが、これでわかるように、原単位は建設業、運輸・通信、電気・ガ

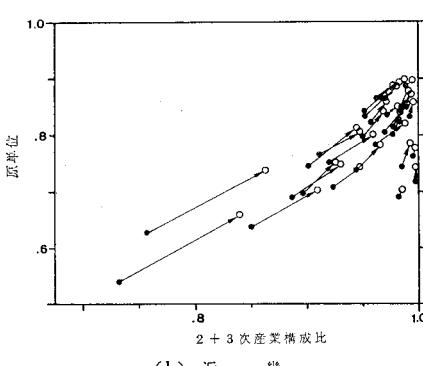
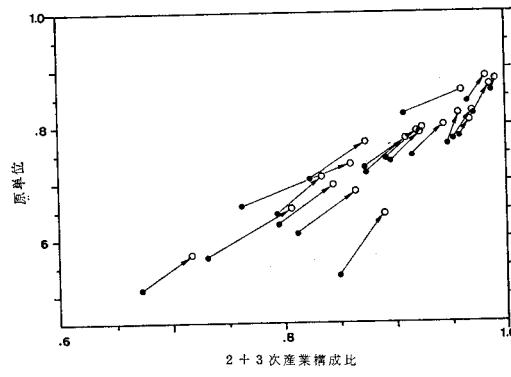


図-7 原単位の70年から75年への推移

表-4 産業別原単位および構成比(1975年)

|            | 原 単 位 |          |              | 産業構成比 |          |              |
|------------|-------|----------|--------------|-------|----------|--------------|
|            | $\mu$ | $\sigma$ | $\sigma/\mu$ | $\mu$ | $\sigma$ | $\sigma/\mu$ |
| 農、林、狩猟業    | .137  | .097     | .71          | .058  | .049     | .85          |
| 漁、水産養殖業    | .621  | .292     | .47          | .004  | .010     | 2.50         |
| 鉱業         | .913  | .079     | .09          | .002  | .005     | 2.50         |
| 建設業        | .789  | .070     | .09          | .090  | .017     | .19          |
| 製造業        | .862  | .097     | .11          | .268  | .093     | .35          |
| 卸売、小売業     | .701  | .086     | .12          | .239  | .037     | .16          |
| 運輸、通信業     | .906  | .055     | .06          | .041  | .014     | .34          |
| 金融、保険、不動産業 | .960  | .041     | .04          | .069  | .016     | .23          |
| 電気、ガス、水道業  | .984  | .060     | .06          | .007  | .002     | .29          |
| サービス業      | .783  | .062     | .08          | .178  | .033     | .19          |
| 公務         | .985  | .054     | .06          | .041  | .018     | .44          |

表-5 産業別原単位と構成比の70年、75年比較

|            | 原 单 位 |      |       | 産業構成比 |      |       |
|------------|-------|------|-------|-------|------|-------|
|            | 70年   | 75年  | 75-70 | 70年   | 75年  | 75-70 |
| 農、林、狩猟業    | .064  | .137 | .083  | .085  | .058 | -.027 |
| 漁、水産養殖業    | .531  | .621 | .090  | .005  | .004 | -.001 |
| 鉱業         | .903  | .913 | .010  | .002  | .002 | .000  |
| 建設業        | .799  | .789 | -.010 | .080  | .090 | .010  |
| 製造業        | .843  | .862 | .019  | .288  | .268 | -.020 |
| 卸売、小売業     | .647  | .701 | .054  | .223  | .239 | .016  |
| 運輸、通信業     | .893  | .906 | .013  | .034  | .041 | .007  |
| 金融、保険、不動産業 | .968  | .960 | -.008 | .070  | .069 | -.001 |
| 電気、ガス、水道業  | .993  | .984 | -.009 | .007  | .007 | .000  |
| サービス業      | .719  | .783 | .064  | .165  | .178 | .013  |
| 公務         | .992  | .985 | -.007 | .039  | .041 | .002  |

ス・水道、公務を除いて増加したが、減少した産業の原単位の差は 0.01 以下でわざかであった。最も大きな増加を示したのは漁・水産・養殖の 0.090 増、続いて農、林・狩猟、サービス、卸売・小売で 0.05 以上の増加を示した。このようにはほぼ 0.01 以下の変動を示す鉱、建設、金融・保険・不動産、運輸・通信、電気・ガス・水道、公務の原単位はほぼ安定しているとみて差し支えなかろう。また、農・林・狩猟については原単位の変動はあるものの、原単位自体は低く、産業構成比も小さいので原単位モデルにおいて原単位  $G$  の変動への寄与は小さいと考えられ、漁・水産・養殖については産業構成比がきわめて小さいので  $G$  への影響は小さい。重要なのは製造、卸売・小売、サービスの原単位の変動である。

### (3) 原単位モデルの適合性

1970 年のモデルの検定と同様に、1975 年モデルの検定は、1975 年の産業別原単位の平均値（表-4）をモデル式の係数としておき、人口 10 万人以上 175 都市を対象にモデルの適合性を調べたところ、パーセント RMS 誤差は 6.6% となり、1970 年モデルよりさらによい精度を得る結果となった。実際値と推定値を図-8 に示したが、全体として都市の推定値 ( $Y^*$ ) と実際値 ( $Y$ ) の隔たりは小さくなるとともに、推定値が実際値よりも低めにでていた吹田、高槻、茨木などの衛星型都市も  $|Y - Y^*| < 0.1$ ,  $\frac{Y^*}{Y} > 0.9$  となり誤差が小さくなった。また、桐生、足利、一宮など推定原単位が大きくなる都市も誤差が小さくなっている。

### (4) 時間的安定性を考えたモデルの簡略化

推定モデルが備えるべき性質として、時間的一般性を有し、将来時点においても有効性を発揮できるという点

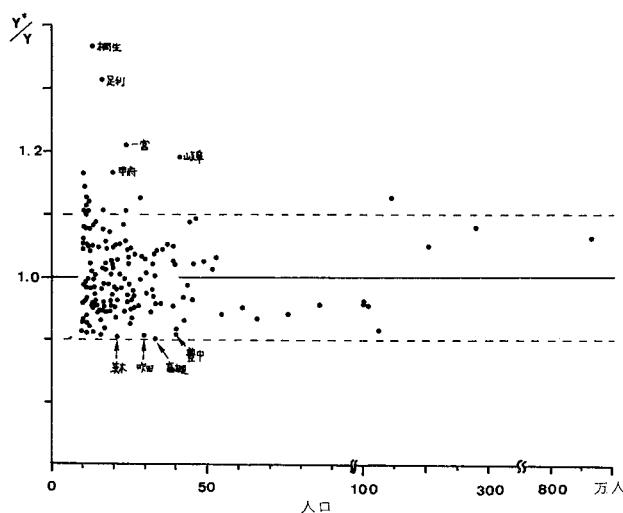


図-8  $Y^*/Y$  の人口規模別分布 (1975 年)

がまず挙げられる。続いて、空間的一般性、つまり、地域の違いにかかわらず、モデルが共通して使えるということ、さらに、できるだけ簡単なモデルで時間的・空間的一般性を具備していることが挙げられよう。このように推計モデルとしては、時間的・空間的一般性、簡略性という 3 つの要素を具備していることが重要である。

本論文ではこれまでの分析において、70 年と 75 年で、それぞれの産業別原単位を導入したモデルにおいて、時間断面でのモデルの復元性は把握したのであるが、時間的一般性の検討およびモデルの簡略化の試みはなされていない。そこで、5.(2) での産業別原単位の 70 年と 75 年の比較結果をもとに、両年の原単位の差が小さい産業については、両年で一定値をとるものとし、差が大きいものについては、それぞれの時間断面での値を使うものとし、簡略化の試みとした。このとき、時間的に安定しているとする判断の目安として、両年での原単位の差がおおむね 0.01 以下であるものとした。これに該当する産業は表-5 より鉱、建設、運輸・通信、金融・保険・不動産、電気・ガス・水道、公務の 6 産業であることが判明した。

また、農・林・狩猟、漁・水産養殖は原単位、構成比とも低く、原単位  $G$  の変化に及ぼす影響が小さいので一定とおいても支障がないとみなした。

そして、70 年と 75 年で共通した一定値をとるとみなしてよい産業については、両年の原単位の差を表-6 に示した。製造、卸売・小売、サービスの 3 産業は構成比が高く、原単位の変動もあり、原単位  $G$  に及ぼす影響が大であるので、両年別々に設定した。表-6 に示す簡略化した産業別原単位を使用した原単位モデルの RMS 誤差は 1970 年で 7.6%，1975 年 6.5% となり、予測精度は比較的よいことが判明した。

表-6 産業別原単位の簡略化

|            | 原 単 位       |      |
|------------|-------------|------|
|            | 70 年        | 75 年 |
| 農、林、狩猟業    | .100        |      |
| 漁、水産養殖業    | .575        |      |
| 鉱業         | .910        |      |
| 建設業        | .795        |      |
| 製造業        | .845   .860 |      |
| 卸売、小売業     | .645   .700 |      |
| 運輸、通信業     | .900        |      |
| 金融、保険、不動産業 | .965        |      |
| 電気、ガス、水道業  | .990        |      |
| サービス業      | .720   .785 |      |
| 公務         | .990        |      |

単位の平均値をとり、小数点第 3 位を 5 で丸めた。結果を表-6 に示した。製造、卸売・小売、サービスの 3 産業は構成比が高く、原単位の変動もあり、原単位  $G$  に及ぼす影響が大であるので、両年別々に設定した。表-6 に示す簡略化した産業別原単位を使用した原単位モデルの RMS 誤差は 1970 年で 7.6%，1975 年 6.5% となり、予測精度は比較的よいことが判明した。

## 6. まとめ

従来から指摘されているように安定した原単位を求めるることは困難であった。本研究では、なぜ原単位は変動するのかを解明することを最初の問題認識とし、基本的な社会発展の要因で

ある産業構造、特に就業構造によって原単位の変動を説明することを試み、次に原単位の推計式を作成した。これらの一連の研究過程の中で明らかにされた要点をまとめると次のようになる。

(1) 原単位の変動を都市における就業構造の差異により基本的に説明し得た。大きくは産業の発展段階を示す $2+3$ 次産業構成比と正の比例関係にあることを、時間的、空間的に示し得た。

(2) さらに都市の就業構造と原単位の関係を明らかにし、原単位の推計式である原単位モデルを作成した。このモデルでは、原単位は産業別原単位と産業別就業者構成比の積で表現された。

(3) 原単位モデルの係数である産業別原単位の安定性を調べたところ、製造業、卸売・小売業、サービス業を除いて安定していることが、1970年のみならず、75年においても示された。

(4) そして、各時間断面で産業別原単位を都市の単純平均値でもって示した原単位モデルの予測精度を RMS 誤差によりみたところ、1970年で 7.4%、75 年で 6.6% となり、比較的精度がよかった。

(5) さらに、70 年、75 年の産業別原単位の変化を調べたところ、製造業、卸売・小売業、サービス業を除いて、時間的にも原単位が安定していることが判明した。時間的に安定している産業については両年にわたり同一値を設定し、安定していない産業については両年の個別値を用いた簡略化された原単位モデルの予測精度をみたところ、RMS 誤差は 70 年 7.6%、75 年 6.5% となり簡略化しないモデルと同等の精度を示した。なお、安定しなかった 3 産業いずれも時間的に原単位は増加した。

今後の課題としては、本研究で時間的、空間的にも一般性をもつ原単位推計式作成のための第一歩を行ったわけであるが、今後、さらに時系列分析により原単位モデルの一般化を試みる必要がある。そのためには、製造

業、卸売・小売業、サービス業についての原単位の変動構造を把握する必要があるようと思われる。最後に本研究を進めるにあたり助力を頼った大阪大学土木工学科学生、竹村英男氏（現在、建設技術研究所）、芋田晴夫氏（現在、神戸市）ならびに経済分野でのご助言をいただいた大阪大学社会科学研究所教授、筑井甚吉氏に謝意を表する次第である。

#### 参考文献

- 1) 米谷栄二・明神 証・溝畠靖雄：交通需要発生の地域原単位、土木学会誌、Vol. 51, No. 6, 1966.
- 2) 河上省吾：通勤・通学輸送需要の予測について、土木学会論文報告集、No. 145, 1967.
- 3) 黒川 洋：人の発生交通を中心とした諸都市活動の相互関連に関する研究、都市計画、No. 67, 1970.
- 4) 黒川 洋：バーソントリップの発生特性に関する研究、日本都市計画学会学術講演会論文集、1969.
- 5) 青山吉隆：大都市通勤交通の発生・集中および分布の相互関係について、日本都市計画学会学術講演会論文集、1969.
- 6) 清水浩志郎：通勤・通学交通の発生・集中原単位について、土木学会第 31 回年次講演会概要集、1976.
- 7) 杉惠輔寧：交通需要モデルの時間的移転可能性、第 3 回土木計画学研究発表会講演集、1981.
- 8) Kassoff, H. et al. : Trip Generation : A Critical Appraisal, Highway Research Record, No. 297, 1969.
- 9) Douglas, A.A. et al. : Trip generation techniques 1. Introduction, Traff. Engng. Control, Vol. 12, Nov., 1970.
- 10) Douglas, A.A. et al. : Trip generation techniques 2. Zonal Least-Squares Regression Analysis, Traff. Engng. Control, Vol. 12, No. 8, Dec. 1970.
- 11) Douglas, A.A. et al. : Trip generation techniques 3. Household Least-Squares Regression Analysis, Traff. Engng. Control, Vol. 12, No. 9, Jan., 1971.
- 12) Douglas, A.A. et al. : Trip generation techniques 4. Category Analysis and Summary of Trip Generation Techniques, Traff. Engng. Control, Vol. 12, No. 10, Feb., 1971.
- 13) 経済審議会計量委員会：計量委員会第 6 次報告 一新経済社会 7 カ年計画のための多部門計量モデルー、1980.

（1981.3.6・受付）