

通勤交通における各種交通手段の交通抵抗の大きさに関する研究

On Travel Impedance of Journey to Work by Mode.

松浦義満*，沼田道代**

By Yoshimitu MATSUURA and Michiyo NUMADA

This study attempts to analyse and value the travel impedance of journey to work by mode, based on a housing demand mechanism (at a micro-level). The major results of this study are as follows: (1) the value of the free time getting from a travel time saving is equal to the sum of all unit time values of each travel impedance components such as travel time to work, money cost, physical energy expenditure and so on, (2) the relative of the free time falls down in inverse proportion to the maximum travel time to and from work, (3) the relative maximum travel impedance is always equal to unity, and (4) by using the above three characteristics of travel impedance, it can be a easy job for us to estimate the impedance by mode.

And this approach is demonstrated with some effective data.

1 まえがき

一つの都市圏あるいはより広く十数個の都市を包含する圏域における人間活動の空間的分布を分析して、その活動の合理的配置を論じようとする際、それらの圏域における各地点間の空間的隔たりをいかに表現すべきかという問題に常に悩まされる。それは、多くの研究者によって指摘されているごとく、人々は日常の活動において各地点間の隔たりを単に地理的な距離として捉えているのではなく、それらの地点間を移動する際に費やす時間的、経済的、心理的、さらには身体的な犠牲量等を総合した抵抗量、いわゆる交通抵抗で捉えていると考えられ、その内容が極めて複雑であるからである。

しかし、交通抵抗は都市あるいは地域における経

済活動の空間的分布およびその規模の決定に主要な役割を果たす因子の一つであるため、この交通抵抗の定量的な表現方法に関する研究は都市計画、地域計画および交通計画において避けては通れない課題であると考えられる。

交通抵抗を構成する因子の内容およびそれらの重みは通勤、業務、買物、レジャー等のトリップ目的により異なり、またそれらには個人差もあると考えられる。このため、それらの交通抵抗を定量的に表現することは容易ではない。しかし、分析の対象を絞り、適用の目的を明確にしたときには、その目的に耐えうる交通抵抗を推計することができると考えられる。

この研究では、都市における居住人口分布および通勤目的の交通手段別分布交通量の推計モデルに適用することを目指して、通勤交通における交通手段別交通抵抗を定量的に表現することを試みる。主な研究内容は住宅立地の視点から通勤の交通抵抗を論

* 正会員 工博 金沢大学助教授 工学部 土木建設工学科

** 正会員 金沢大学助手 工学部 土木建設工学科
(〒920 金沢市小立野2-40-20)

じ、その論旨に沿って交通抵抗の定量化を試みることである。

2 交通抵抗研究の沿革

交通抵抗をいかに表現すべきかは古くから交通経済学、経済地理学、地域経済学、都市経済学、交通計画学等において検討されてきた。発表された研究成果の数は膨大であり、それらを詳細にレビューすることは、この限られた紙面では不可能である。ここでは、交通抵抗の扱い方の変遷の輪郭を断片的に概観する（列举する文献も少数にとどめる）。

（1） 従来取り上げられてきた交通抵抗因子

空間的隔たりが経済活動をいかに阻害しているかを研究課題として最初に取り上げたのは経済学の1分野である交通学である¹⁾。その交通学では、1870年頃すでに、地点間の空間的隔たりは距離自体ではなく、その距離を克服するに要する時間と貨幣費用であると指摘している。しかし、その後およそ90年間、研究の対象として実際に取り組みられてきたものは主に旅客の運賃と貨物の輸送費であり、距離の克服はそれらの費用の相対的低下にあるという視点に立った議論が展開されてきた。時間距離を交通抵抗因子の一つとして具体的にに取り上げるようになったのは1960年代に入り、時間価値の概念が導入されるようになってからである²⁾。その後、交通時間を貨幣換算する方法が盛んに討議されるようになった³⁾。

第2次大戦後発展してきた交通計画学においては分布交通量、交通手段別交通量、配分交通量の各段階の交通量の推計方法の研究と併行して交通抵抗の研究が行われてきた。その初期には通勤交通が研究対象として取り上げられ、交通手段選択と住宅立地点選択との関連が追求されている⁴⁾。そして、通勤者は各交通手段の交通速度、貨幣費用、利便性、快適性を考慮して交通手段選択を行っている⁵⁾と指摘している。しかし、交通速度、快適性、利便性の具体的な評価方法は示されていない。1960年代に入り、交通計画、とりわけ交通手段選択の分析に種々の抵抗因子を組み入れることができる非集計行動モデルが提案され、乗車時間、端末時間、貨幣支払額、利便性、快適性等を取り上げて、それらの因子の重みを算出することが試みられてきた⁵⁾。その他、現在までに指摘されてきた交通抵抗因子には待時間、乗り換え

時間と回数、階段の昇降、身体エネルギー消費量、マストラの運転間隔と混雑率、到着時間の不確かさ、道路の混雑度等である。また交通抵抗には個人差があることが指摘されている。

上記のごとく、交通抵抗の構成因子は、年代が進み分析の対象が細分化されるにつれて、より細かく分類されるようになった。

（2） 交通抵抗因子の定量化と変遷

前項で取り上げた抵抗因子のうち最も重要な因子は交通時間およびその交通時間を貨幣換算するための時間価値であると考えられる。時間価値の測定方法の歴史は日本交通政策研究会⁶⁾の手によってまとめられているので、そちらに譲ることにする。ここでは紙面の都合で、利便性、快適性のごとく因子それ自体を定量的に捉えることが難しい因子がどのように取り扱われてきたか概観することにする。

利便性および快適性の定量化が試みられるようになったのは比較的新しく、1970年代に入ってからである。このとき、利便性は乗り換え回数、運転間隔、両端末所要時間で表されるものとし、それらの因子を非集計モデルに組み込んで定量化することを試みている。1970年代後半には、それらの因子の重みを心理学における比較判断法により推計することが試みられている⁷⁾。

快適性は最も定義し難い因子の一つである。トリップの途上において素晴らしい景色にふれることを快適性として捉えたものもあり、また着席の可能性あるいは車内の混雑で捉えたものもある。快適性を車内の混雑で捉える研究においては、乗客の混雑回避意識は乗車駅における乗車位置選択行動に現れるという見方にたつて、その選択行動から混雑非効用を推計している⁸⁾。

この文献調査の結果に基づいて、従来指摘されてきた人の移動における交通抵抗因子をまとめると表-1のようになる。

3 通勤交通の実態の分析

この章では通勤交通における交通抵抗を算出するために必要とする代表交通手段別の最長トリップ長と交通速度、および両端末トリップ長を昭和53年度東京都市圏P、T調査結果を用いて分析する。代表交通手段としては、鉄道、自動車、バス、徒歩を取り上

表ー１ 従来指摘されてきた人の移動
における交通抵抗因子

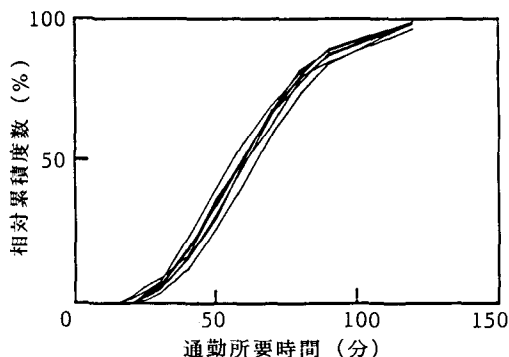
項 目	抵 抗 因 子
時 間 費 用	時間価値,所要時間
マストラによる 所要時間	乗車時間（着席と立席）,待 時間,乗り換え時間,両端末時 時間
自動車による 所要時間	交通混雑（到着時間の不確実 さ,ピーク時と非ピーク時）
貨 幣 費 用	運賃（マストラ）,走行費と 駐車料金（自動車）
利便性（マスト ラ）	乗り換え回数,運転間隔（待 時間）,駅間隔とバス停間隔
快 適 性	着席の可能性,車内の混雑, 途上の楽しさ
疲 勞	身体エネルギー消費量,階段 の昇降
安 全 性	交通事故の危険度
個 人 属 性	交通抵抗感（性別,年齢,所得 職業,自動車保有・非保有）

げ、二輪車は除くことにする。二輪車を除く理由は、使用するデータでは機動力の異なる自転車とバイク・オートバイのデータが一括されているからである。

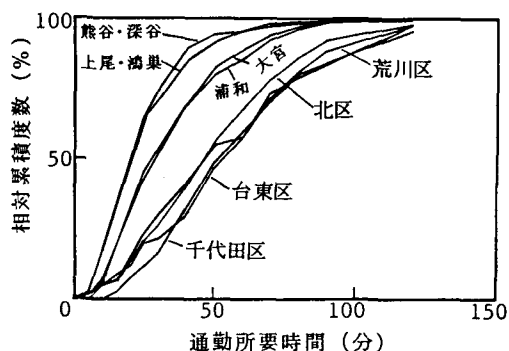
（１） 代表交通手段別最長トリップ長

ここでいう最長トリップ長は各交通手段が単独で存在した場合のそれぞれの交通手段の最長トリップ長を指す。

いま、都心部ゾーン（千代田区,台東）と高崎線に沿った６つのゾーン（荒川、北、浦和、上尾・鴻巣、熊谷・深谷）を取り上げて、これらのゾーンで従業する就業者の通勤目的の代表交通手段鉄道と自動車のトリップ長分布を相対累積度数分布の形で描くと図ー１、２のようになる。図ー１を眺めると代表交通手段鉄道の分布曲線は比較的好くまとまっており、都心部従業ゾーンと郊外部従業ゾーンの間に大きな差異はないものと判断される（ $\chi^2 = 23.2 < 122 = \chi^2_{0.05}(98)$ ）。従って、この図から読み取られる最長トリップ長（この研究では９５パーセンタイルのトリップ長をその値とする）は鉄道個有の値であると考えられる。



図ー１ 通勤目的の従業ゾーン別トリップ長分布の相対累積度数（鉄道）



図ー２ 通勤目的の従業ゾーン別トリップ長分布の相対累積度数（自動車）

他方、代表交通手段自動車の場合には、相対累積度数分布は、図ー２にみられるごとく、従業ゾーンが都心部に位置するか、郊外部に位置するかによって大きく相違している。自動車のトリップ長分布にこのような差異が現れる原因は都心部と郊外部における走行速度の相違にもあると考えられるが、最も大きな原因は都心部ゾーンと郊外部ゾーンの間では鉄道網の整備の度合と駐車難しさの度合が大幅に異なっているからであると考えられる。この考え方に沿ったとき、自動車のみが利用可能な交通手段である場合のトリップ長分布に近い分布形を示すものは、鉄道網が粗であり、自動車の駐車が比較的容易な郊外部ゾーンのものであると考えられる。

代表交通手段がバスおよび徒歩である場合についても同様な図を作成したところ、鉄道の場合と同様に比較的好くまとまりがよく、都心部従業ゾーンと郊外部従業ゾーンの間に大きな差異は認められなかった。各従業ゾーンへのバスによるトリップの分布形がほぼ同形である（ $\chi^2=90.0 < 122 = \chi^2_{0.05}(98)$ ）理由は多

くの場合、バスルートが最も強力な競合手段である鉄道と併行しない方向に設定されているためであると考えられる。従って、P、Tデータから得られるバスのトリップ長分布はバスが単独で存在する場合のものであると判断される。徒歩のトリップ長分布の形にも従業ゾーン間で大きな差が認められなかった。しかし、その分布形は他の交通手段が全く存在しない場合の分布形とは大きく異なっていると考えられる。それは徒歩よりも交通速度が速く、かつ誰でもが利用しうる交通手段がある場合、徒歩トリップはそれらの交通手段に転換しやすいからである。徒歩のみが利用可能な場合の最長トリップ長については第4節で議論する。

上述の検討の結果に基づいて、各交通手段の最長トリップ長は郊外ゾーンのデータから求めることにする。郊外ゾーン上尾・鴻巣および熊谷・深谷で従業する就業者の通勤目的の代表交通手段別トリップ長分布を図-3に掲げる。この図から読み取った各代表交通手段の最長トリップ長を表-2に示す。

(2) 代表交通手段別交通速度

前項のトリップ長分布と対応させるため、この項では熊谷・深谷ゾーンを選ぶ。このゾーンを着ゾーンとする各交通手段のゾーン間所要時間（全目的のデータ）とゾーン中心間距離（直線距離）の関係を求めると図-4のようになる。この図の各速度線は5分あるいは10分間隔の所要時間帯ごとに平均距離を求めて描いたものである。従って、自動車とバスの交通速度はこの図から求められるけれども、鉄道の交通速度を求めることはできない。なぜならば、対象とした地域は鉄道網が粗であり、ゾーン間所要時間とゾーン中心間距離の関係がかなり散らばっていたからである。この図から読み取られる自動車とバスの交通速度を表-2に示す。鉄道の交通速度は、時刻表から求めたところ、およそ45km/hであった。

(3) 両端末所要時間

図-4をみると、自動車とバスの時間・距離線はほぼ原点から発しているけれども、鉄道の時間・距離線は所要時間軸におよそ25分の切片をもっている。これは鉄道利用トリップの平均的な両端末所要時間を表しているものと考えられる。

バス利用トリップにも両端末所要時間があるけれども図-4には顕著に現れていない。これはゾーン

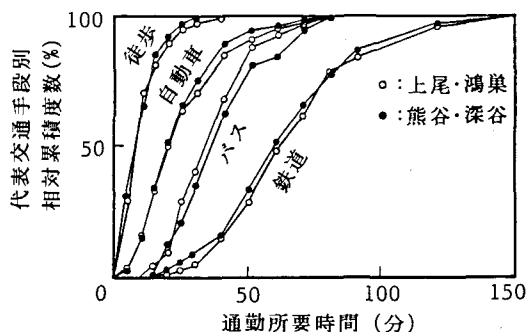


図-3 通勤目的の代表交通手段別トリップ長分布(従業ゾーン:上尾・鴻巣,熊谷・深谷)

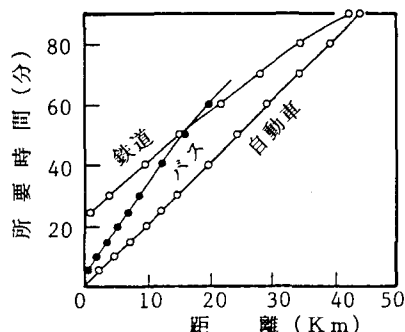


図-4 代表交通手段別交通速度(着ゾーン:熊谷・深谷)

ペア毎の集計データを用いたことにもよるが、バス停間隔が短く、かつバスによるトリップ長が短いことにも起因していると考えられる。

4 通勤交通における交通抵抗の定式化

この研究では既に発表した微視的な住宅需要メカニズムの論旨⁹⁾に沿って通勤交通における各種交通手段の交通抵抗を定量的に表現する方法を考察する。

(1) 住宅需要メカニズム

ここで取り上げる住宅需要メカニズムは、「通勤交通は住宅需要という本源的欲求を充足するために発生する派生的な事象である」という観点に立って展開されている。そして、他の条件が一定の場合、この住宅需要メカニズムを構成する基本的因子は世帯人員1人当たり（以下、1人当たりと呼ぶ）の所得I、1人当たりの床面積A、1人当たりの住宅費用P、および往復の交通抵抗Tであるとし、それら基本的因子間の相互関係を次のように導いている。

$$A = \alpha_0 \exp(\gamma I + \nu T + 1) \quad (1)$$

$$P = \beta \Pi \quad (2)$$

ここに、

$\alpha_a \exp(1) : I=0$ の世帯が $T=0$ の地点に求める 1 人当りの床面積

β と γ : 係数

Π : 住宅費負担力 ($I - I_a$), I_a は住宅費を負担できない世帯の 1 人当りの所得を表す。

である。また、 ν は

$$\nu = 1/\beta \Pi \quad (3)$$

である。なお、 T は実質的な交通抵抗を世帯人員で除した値である。またこの研究では所得、住宅費のごとく貨幣表示される指標を次式のように定義した相対値で表すことにする。

1 人当りの所得あるいは住宅費 (相対値)

$$= \frac{\text{1 人当りの所得あるいは住宅費 (実際値)}}{\text{都市全域の 1 人当りの平均所得 (実際値)}}$$

この住宅需要メカニズムの主な特徴は交通抵抗 T と trade off の関係にある基本的因子は 1 人当りの床面積であることである。

(2) 交通抵抗と所要時間の関係

ここでは一つの通勤目的のトリップは n 個の手段トリップ (待時間も一つの手段トリップとみなす) により成立しており、各手段トリップ k の交通抵抗は時間費用、貨幣費用、および身体エネルギー消費量の 3 つの因子より構成されていると仮定する (第 2 節に述べたごとく、過去においては、数多くの抵抗因子が数え上げられてきたが、ここではこれらの 3 つの基本的因子に限定する)。このとき往復の通勤トリップの交通抵抗 T は

$$T = 2 \sum (\alpha + b f_k V_k + c e_k) t_k \quad (4)$$

と表される。ここに

f_k : 交通抵抗 k の単位距離当りの貨幣支払額

e_k : 交通手段 k の単位時間当りの身体エネルギー消費量

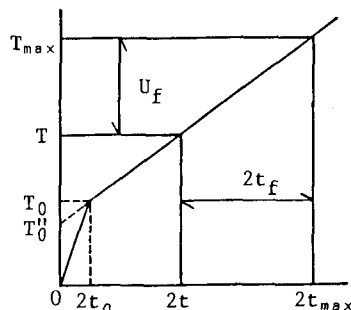
V_k : 交通手段 k の交通速度

t_k : 交通手段 k の利用時間

α : 単位交通時間当りの時間費用

b と c : 係数, である。

式(4)で表される交通抵抗を非効用の側面から捉えたものである。この交通抵抗は、もう一つの側面、すなわち通勤時間の短縮による自由時間の増加という効用の側面から捉えることができる。いま、平均的な就業者が通勤 (片道) に費やしうる時間には限



図一5 交通抵抗 T と通勤所要時間 t の関係

界 (t_{max}) があると仮定し (図一5 参照), その最長所要時間に対応する交通抵抗を T_{max} とおき、自由時間価値を $@$ とおくと、通勤時間 (往復) を短縮することによって獲得する自由時間 $2t_f (=2t_{max} - 2t)$ の効用 U_f は

$$U_f = T_{max} - T = 2 @ t_f \quad (5)$$

表される。この式と図一5に掲げられた記号を用いて往復の交通抵抗を表すと次式のようにになる。

$$T = 2 @ t + (T_0 - 2 @ t_0) = 2 @ t + T_0'' \quad (6)$$

ここに、 t_0 は両端末の合計所要時間である。

式(4)と式(6)は通勤の交通抵抗を一方は非効用という側面から、他方は自由時間の効用という側面から捉えたものであり、これらは等しくなければならない。この条件に基づき、自由時間が代表交通手段 m の利用時間を短縮することによってのみ獲得できるとしたとき、自由時間の価値 $@_m$ は

$$@_m = \alpha + b f_m V_m + c e_m \quad (7)$$

のように表される。このとき、自由時間価値は通勤交通における単位時間当りの時間費用 α , 貨幣費用 $f_m \cdot V_m$, 身体エネルギー消費量 e_m によって構成されていることになる。

(3) 代表交通手段別最長通勤所要時間

住宅と自由時間を獲得するための予算 (住宅のための予算は実質的なものであるが、自由時間のための予算は観念的なものである) が与えられ、かつ各世帯が合理的な選択を行うとすれば、それらの世帯は住宅と自由時間がもたらす効用を極大にするように住宅規模と住宅立地点を決定すると考えられる。この極大効用は、図一6に見られるごとく、住宅規模 A と交通抵抗 T の間における無差別曲線と価格線が接する点 (A, T) において得られる。このときの無差別曲線は式(1)で表される。また、価格線は次

式のように設定できる（図－6 参照）。

$$E'' = P A - T \quad (8)$$

ここに、 E'' は自由時間を獲得するための予算であり、意識上の価値を表示したものである。また、 P は単位床面積当りの住宅価格である。

住宅立地点 $\hat{T}$ は次式のごとく得られ、住宅立地点

$$\hat{T} = \beta \Pi - E'' \quad (9)$$

は自由時間に対する予算 E'' と住宅費負担力 Π によって決定することになる。

交通抵抗の最大値 $T_{\max}$ は自由時間に対する予算 E'' がゼロのときの値であるから、

$$T_{\max} = \beta \Pi \quad (10)$$

のごとく与えられる。

次に、自由時間価値 $@$ と最長通勤所要時間 $t_{\max}$ の誘導結果を説明する。これらの値は1人当りの床面積 A と通勤所要時間 t の代替関係から得られる。この代替関係は式(1)と(6)から、次式のように得られる。

$$A = A_0 \exp(\gamma l + 2 \eta_m t) \quad (11)$$

ここに

$$A_0 = a_0 \exp(2 \nu T_0'' + 1) \quad (12)$$

$$\eta_m = \nu @_m \quad (13)$$

である。式(3)と(13)から、自由時間価値 $@_m$ は

$$@_m = \beta \Pi \cdot \eta_m \quad (14)$$

のごとく導かれ、パラメータ η_m が一定のとき $@_m$ は住宅費負担力 Π に比例して変動することになる。また、式(7)に示すごとく $@_m$ は利用交通手段 m の交通速度、貨幣費用、身体エネルギー消費量の大きさにより変動するから、パラメータ η_m は利用交通手段ごとに異なる値をとることになる。

各代表交通手段の最長通勤所要時間 $t_{\max}$ は交通抵抗の最大値 $T_{\max}$ により規定される。従って、代表交通手段 m の最長所要時間 $t_{m \cdot \max}$ は式(6), (10), (14)から

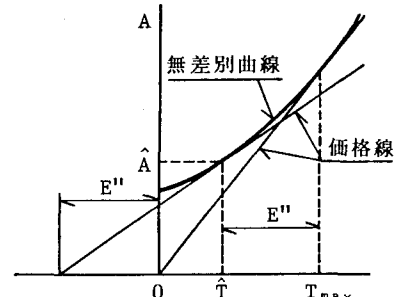
$$t_{m \cdot \max} = (1 - T_0'' / \beta \Pi) / 2 \eta_m \quad (15)$$

のごとく得られる。さらに、両端末のトリップがないとき、すなわち T_0 がゼロのとき最長所要時間 $t_{m \cdot \max}$ は次式のごとく表される。

$$t_{m \cdot \max} = 1 / 2 \eta_m \quad (16)$$

(4) 相対交通抵抗

式(6)と(14)から、通勤トリップの交通抵抗 T は住宅費負担力 Π の大きさに応じて変動することがわ



図－6 1人当りの床面積 A と交通抵抗 T の間における消費者均衡

かる。これは妥当な結果であるが、常に Π が表面に出てくるため議論が複雑になる。この弊害を除くために交通抵抗を $\beta \Pi$ で除した値、すなわち相対交通抵抗 T' を次式のように設定することにする。

$$T' = T / \beta \Pi \quad (17)$$

この相対交通抵抗は無次元化された指標となる。このとき相対交通抵抗の最大値 $T_{\max}$ は式(10), (16), (17)から

$$T'_{\max} = 2 \eta_m t_{\max} = 1 \quad (18)$$

と表され、式(7)と(14)で表される自由時間価値 $@_m$ の相対価値 $@'_m$ は

$$@'_m = a' + b' f_m V_m + c' e_m = \eta_m = 1/2 t_{m \cdot \max} \quad (19)$$

と表される。ここに

$$a' = a / \beta \Pi, \quad b' = b / \beta \Pi, \quad c' = c / \beta \Pi \quad (20)$$

である。式(19)から交通手段 m を利用する際の時間節約に対する相対的自由時間価値は $\eta_m (=1/2 t_{m \cdot \max})$ に比例して決定していることになる。

両端末トリップを伴わないときの交通手段 k の相対交通抵抗 T'_k は

$$T'_k = 2(a' + b' f_k V_k + c' e_k) t_k = 2 \eta_k \cdot t_k = 2 @'_k \cdot t_k \quad (21)$$

と表される。また、複数 (n 個) の手段トリップで成立しているときの相対交通抵抗 T' は

$$T' = \sum_{K=1}^n T'_k \quad (22)$$

と表される。

(5) 相対交通抵抗、所要時間、距離の関係

以上の展開の成立に従って、相対交通抵抗、所要時間および通勤距離の相互関係を図解で説明すると図－7のようになる。この図では、代表交通手段として鉄道と徒歩を取り上げ、鉄道の両端末は徒歩としている。図－7の第4象限は速度図であるから、

実測値を用いて描くことができる。また、第4象限と第2象限における各代表交通手段の最長トリップ長 $\hat{t}_{max}$ と両端末平均所要時間 t_g にも第3節で述べた実測値を適用できる。それらの実測結果を用いると実際の相対交通抵抗、所要時間、距離の関係を描くことができる。鉄道利用トリップにおいて、両端末トリップがないときの最大トリップ長 $t_{R,max}$ が ($\hat{t}_{R,max} + t_g$) であることは説明を要しないであろう。

(6) 徒歩の最長トリップ長

第3節では、徒歩のみが利用可能な交通手段であるときの徒歩の最長トリップ長は実測できなかった。この徒歩の最長トリップ長は、代表交通手段鉄道の両端末の交通手段が徒歩であるとみなしうるときには、図-7の作図により容易に推計できる。第3節で得られたデータを用いて推計するとその最長トリップ長は 67.5 分となる。しかし、都市交通が徒歩で行われていた時代の都市境界は都心から 60 分のところにあったといわれている。このため、この研究では、その 60 分を採用することにする。

5 各種交通手段の交通抵抗の大きさの推計

各交通手段のそれぞれが単独で存在する場合の最長トリップ長 $t_{m,max}$ が与えられると、式(16)からパラメータ η_m が算出される。この η_m と各種交通手段の単位交通時間当りの貨幣費用 $f_m \cdot v_m$ および身体エネルギー消費量 e_m を式(19)に当てはめると交通手段の数 k だけの測定方程式が得られる。このとき、 $k \geq 3$ であれば、最小自乗法により定数 a' および係数 b' , c' が算出される。それらの数値を式(21)に適用すると、交通手段 k の交通抵抗が得られる。

(1) 貨幣費用

一般に、徒歩以外の交通手段を利用する際には、何らかの形で貨幣費用がかかる。しかし、わが国では、多くの場合、通勤費用は雇用者によって負担されている。このため、この研究では貨幣費用は通勤の交通抵抗としては作用していないと仮定する。

(2) 身体エネルギー消費量

各交通手段を利用する際に利用者が費やす身体エネルギー消費量に関して労働医学の分野で研究され、次の関係式が得られている。そして、R.M.R (エネルギーある作業による毎分エネルギー消費の増加分 = (R.M.R) x (毎分基礎代謝量)

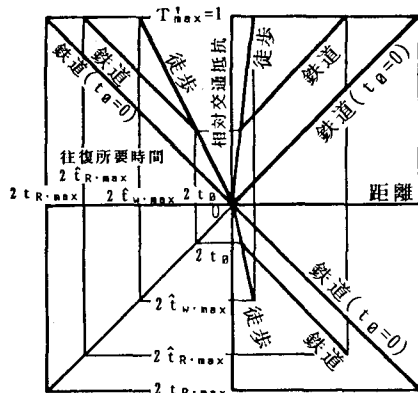


図-7 相対交通抵抗、所要時間、距離の相互関係

ギー代謝率) は表-3のように与えられている。いま、就業者の平均年齢を40才とするならば、男女平均の毎分時基礎代謝量は0.85 (Kcal/分) である¹⁰⁾。これらの値を用いて通勤時の各動作の単位時間当りの消費エネルギーの増加分 e を求めると表-3の右辺のようになる。

(3) 係数 a' と c' の算出

労働医学の分野では、表-3にみられるごとく、鉄道、自動車、バスは乗物として一括されており、それらの単位時間当りのエネルギー消費量(増加分)は同一であるとみなされている。交通手段別分担率等を検討するための交通抵抗を算出しようとするときには、労働医学の成果をそのまま適用することはできない。それは鉄道、自動車、バスの単位時間当りのエネルギー消費量 e が異なっていると考えられるからである。最長トリップ長の側面、これらの交通手段を比較すると、鉄道のトリップ長が最も大きい。これは、自動車、バスに比べ鉄道利用のエネルギー消費量が最も少ないためであると推測される。ここでは、この推測に基づいて、表-3の乗物のエネルギー消費量は鉄道の値であると仮定し、その値と徒歩の e 、および表-2に掲げられている鉄道と徒歩の η を式(19)に代入して係数 a' , c' を算出すると

$$a' = 1.389 \times 10^{-3} \text{ (1/分)}$$

$$c' = 2.772 \times 10^{-3} \text{ (1/Kcal)}$$

を得る。これら係数を式(19)に代入すると

$$\theta'_m = 1.389 \times 10^{-3} + 2.772 \times 10^{-3} \cdot e_m \quad (23)$$

を得る。この式を用いて逆算した自動車とバスの e_m を表-3に括弧で示す。

表一 2 交通抵抗に関わる諸指数

交通手段	最長トリップ長 (分)	交通速度度 m/分	η (1/分)
鉄 道	135(110+25)	750	3.70×10^{-3}
自動車	61	493	8.19×10^{-3}
バ ス	66	273	7.57×10^{-3}
徒 歩	60	71	8.33×10^{-3}

表一 3 通勤時の身体エネルギー消費量 (増加分)

交通手段と動作	R, M, R	単位時間当りの消費エネルギー (増加分) e
乗 物		K c a l/分
鉄 道	1.0	0.85
バ ス	1.0	0.85(2.27)
自動車	1.0	0.85(2.50)
徒 歩	3.0	2.55
手 待	0.2	0.17
休 息	0.0	0.00

注：単位時間当りの消費エネルギーの欄の括弧内の数値は式(23)を用いて逆算して得たものである。

(4) 交通手段 k の相対交通抵抗

交通手段 k が両端末トリップを伴わないときの相対交通抵抗 T'_k は式(21)に上記の α' , c' を代入することにより

$$T'_k = 2 \times 10^{-3} (1.389 + 2.772 \cdot e_k) t_k \quad (24)$$

のごとく表される。通勤交通が複数の交通手段(待時間を含む)で成立している際には、各手段について式(24)の値を算出し、それらを加算することにより、通勤トリップの相対交通抵抗を代表交通手段別に算出することができる。

(5) 待時間の相対交通抵抗

単位待時間当りの相対交通抵抗 η_{wa} は式(23)に表一 3 の手待ちあるいは休息の単位時間当りの消費エネルギーを代入することにより得られる次のような値の範囲にあるものと考えられる。ここでは詳しく説明しないが、P, T データによる鉄道利用率から算出した η_{wa} は 1.548×10^{-3} (1/分) であった。

6 結 論

この研究では個々の世帯の住宅立地点と住宅規模の関連を対象にした微視的な住宅需要メカニズムの論旨に沿って通勤交通における交通抵抗を論じ、各

種交通手段の交通抵抗の定量化を試みた。そして一応の成果が得られた。主な結論は次のごとくである。

- I. 各交通手段が単独で存在するとき、それらの交通手段の利用時の通勤時間節約による自由時間の価値は、式(7)にみられるごとく、時間費用、貨幣費用、身体エネルギー消費量等の交通抵抗因子の単位時間当りの値の合計値に等しい。従って、この自由時間価値は利用する交通手段によって異なる。
- II. そして、その自由時間価値の相対値は、式(19)にみられるごとく、往復の最長通勤所要時間に逆比例する。
- III. 各交通手段が単独で存在するときのそれぞれの最大交通抵抗の相対値は、式(18)にみられるごとく、1 に等しくなる。
- IV. 上記の 3 つの特性を用いるならば通勤の交通抵抗は比較的容易に定量化できる。

なお、この研究では交通抵抗の基本的構成因子として時間費用、貨幣費用、身体エネルギー消費量を取り上げた。これらの他に、表一 1 に掲げるとき抵抗因子が指摘されている。それらの因子の中には次の段階、すなわち交通手段別分担率、駅勢圏等の分析の段階で顕在化してくるものもある。それらの分析の成果は機会を改めて発表する。

参考文献

- 1) 今野源八郎 (編) : 交通経済学, 青林書院社, 昭和38年
- 2) Wingo, Lowdon : Transportation and Urban Land, Washington, D.C., Resources for the future, 1961.
- 3) Hensher, David A. : Review of Studies Leading to Existing Values of Travel Time, Transportation Research Recoerd, No.587, 1976.
- 4) Meyer, J.R., J.F.Kain, and M.Wohl : The Urban Transportation Problem, Harvert University Press, 1965.
- 5) Hensher, David A. and Quasin Dalvi : Determinants of Travel Choice, Saxon house, England, 1979.
- 6) 日本交通政策研究会 : 時間価値の理論とその計測手法の研究, 1988 年日交研シリーズ, A-123
- 7) 谷 明良, 宮武信泰 : 通勤経路選択特性の計量化手法土木学会論文集, No.267, 1977.
- 8) 美谷邦章, 家田 仁, 畠中秀人 : 乗車位置選択行動モデルを用いた混雑費用の定量的評価法, 土木計画学研究論文集, No.5, 1987.
- 9) Matsuura, Yoshimitsu : The Effects of Travel Time to Work on Residential Location Decisions, Proc. of the 1983 WCTR, 1983.
- 10) 沼尻幸吉 : 活動エネルギー代謝, 労働科学研究所, 昭和49年