

業務地区における必要歩行者空間の検討に関する基礎的研究*

A Study on Needed Space for Pedestrians in CBD Area

亀山 勝** 榛沢 芳雄*** 小山 茂****

by Masaru KAMEYAMA, Yoshio HANZAWA and Shigeru KOYAMA

On an intensive land utilization plan in Central Business Districts(CBD), it is very important that the needed space should be provided to pedestrians, because most of person which commute from stations to their office by walk have the needed space, it is required to estimate the pedestrian flow on each side walks or connecting underground passages.

Therefore, on this research, an applicable technique was tested by applying to Ootemachi district in peak-hour and examined for the needed space of pedestrians.

As the result of this research, this model could be shown on the estimation of the needed space for pedestrians in the study area.

1. はじめに

今日の業務地区では、大量輸送機関の整備拡充が促進され、また建物の建て替えにより建物床面積が増大している。これに伴い、業務地区に集中する交通量も増加する傾向にある。現在は、社会基盤整備においても量より質を求められている。すなわち、歩行者空間の質が問われてきている。しかし、集中する就業者の増加分に対して、これを補うための歩行者空間の整備は立ち遅れ、ネットワークの円滑化が図られていない。

特に、業務地区における就業者は、大多数が鉄道

駅を利用し、建物（就業場所）まで通勤している。

これにより、通勤時における鉄道駅と建物間の歩行者空間では混雑が生じ、安全・快適性などの面から最適な歩行者空間が提供されていないと考えられる。

そこで、どこにどれだけの歩行者が通行し、その通行量に相当する歩行者空間の確保を検討する必要がある。その検討方法には、ある断面における歩行者交通量を観測し、必要空間面積を算出する方法がある。しかし、その地点での交通量は分かるが、他の地点との関係が求められない。それ故、対象地区の全てのネットワークの影響を取り込んだOD交通量を考慮できる方法が望まれる。

我々が既存文献¹⁾²⁾で提案した通勤時における業務地区の歩行者交通量推計方法は、数カ所の任意街路（地下連絡路などを含む：以下リンク）の観測交通量と仮定したOD交通量を基に、ネットワーク上のすべてのOD別リンク交通量を推計するものである。なお、モデル精度の検討においては、小さい地

* キーワード：必要歩行者空間、需要予測

** 学生員 日本大学大学院 理工学研究科

*** 正員 工博 日本大学教授 理工学部交通土木工学科

****正員 工修 日本大学助手 理工学部交通土木工学科
(〒274 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

区を対象にしてコードンライン（地区内の地下連絡路ではスクリーンライン）を設定し，流入・流出交通量調査を行ない，生成交通量を算出し，ならびに建物に関しても出入口ごとで流入・流出交通量調査を行なった．その結果を基に，建物について床面積と集中交通量の相関分析をした結果， $r=0.92$ の相関係数を得ることができた．

しかし，実際にネットワークを拡大する場合，当然のことながらOD交通量の算出は困難になると考えられる．

そこで本研究では，業務地区での通勤時間帯における就業者行動に着目し，鉄道駅の統計資料データ（乗降客数⁴⁾）から得られる発生交通量と建物床面積から得られる集中交通量の関係から仮のOD表を作成する歩行者交通量推計方法の改良型を提案する．

さらに，実際の地区の歩行者ネットワークに適用し，歩行者交通量と歩道幅員の関係から必要歩行者空間の検討を試みる．

2. 歩行者交通量推計方法

(1) 概要

本研究が提案する推計方法は，対象地区における発生・集中交通量を鉄道駅（統計資料より得られる乗降客数）と各建物（床面積）により求める．これを基にした推計値と同対象地区の数カ所の任意リンクの観測交通量より誤差修正を行ない対象地区全てのOD別リンク交通量を推計するものである．

推計方法の手順としては，第一段階として対象地区を構成するいくつかの対象街区（複数建物の集まり）と鉄道駅とのマクロ的視野によるネットワーク（以下，マクロネットワーク）を作成し，対象街区への全てのリンクの歩行者交通量を推計する．これにより，鉄道駅から対象街区への歩行者交通量の流動を捉える．

次に，第二段階（既存文献の推計方法）として対象街区上の流入・流出点と対象地区内の各建物とのミクロ的視野（ある街区内の各建物を出入口別に分割したもの）によるネットワーク（以下，ミクロネットワーク）を作成し，対象地区内の全てのOD別リンク歩行者交通量を推計する．

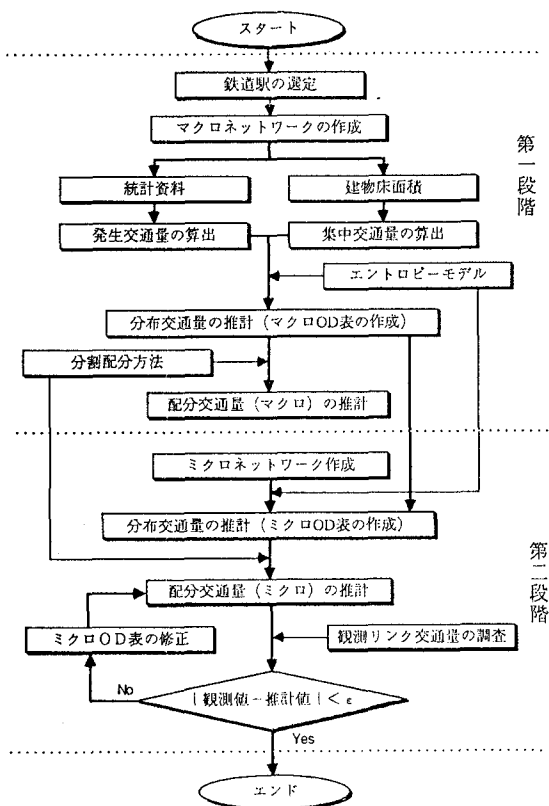


図-1 推計方法のフロー

(2) 第一段階の推計手順

① 対象とする鉄道駅の選定

始めに，対象街区へ通勤する歩行者が利用する鉄道駅の選定を行なう．選定の方法は，鉄道駅からの業務徒歩圏⁴⁾（JR駅が800m，地下鉄駅が250m）が対象街区に影響するか，しないかの検討を行ない，影響を与える鉄道駅を選定鉄道駅とする．

② マクロネットワークの作成

手順①の選定鉄道駅と対象地区ならびにその周辺の街区（以下，周辺街区）を用いて，ネットワークを作成する．

③ 発生交通量の算出

本研究では，通勤時（リンクが最も混雑する時間帯）の歩行者交通量を対象としているので，発生交通を選定鉄道駅のみと仮定する．

また，通勤時の歩行者はほとんどが就業者であり，その行動は習慣的であることを考慮すると鉄道利用に際し，定期利用者がほとんどであると考えられる．

そこで，各選定鉄道駅の発生交通量は，統計資料

における定期利用の乗降客数（但し、乗り換えは除く）とする。

④ 集中交通量の算出

選定鉄道駅から発生する歩行者交通量は、業務徒歩圏に含まれる街区だけに集中すると仮定する。また、その時の集中交通量は街区を構成する各建物床面積に比例する。よって、それぞれの街区への集中交通量は、業務徒歩圏内の建物床面積と各街区の建物床面積の比率から式（１）を用いて算出を行なう。

$$Z_j = S_i \times F_j / \Sigma F_j \quad (1)$$

但し、 S_i ：選定鉄道駅 i の発生交通量

Z_j ：街区 j の集中交通量

F_j ：街区 j の建物床面積

なお、周辺街区の集中交通量は、対象街区を通過するものと通過しないものに分けて考える。その方法として、選定鉄道駅から周辺街区への集中交通量について、対象街区通過の有無をマクロネットワーク上でダイクストラ法を用いて最短経路を探索して算出する。

⑤ 分布交通量の推計

手順③と手順④で算出した発生・集中交通量を基に式（２）のエントロピーモデル⁵⁾を用いて分布交通量（マクロOD表）を推計する。なお、式（３）と式（４）の a_i と b_j は、発生・集中交通量の制約条件を満たす均衡因子である。

$$T_{ij} = a_i b_j S_i Z_j \exp(-\lambda C_{ij}) \quad (2)$$

$$a_i = [\Sigma b_j Z_j \exp(-\lambda C_{ij})]^{-1} \quad (3)$$

$$b_j = [\Sigma a_i S_i \exp(-\lambda C_{ij})]^{-1} \quad (4)$$

但し、 T_{ij} ：ODペア ij の交通量

λ ：パラメータ（任意の値）

C_{ij} ：ODペア ij の最短経路長（m）

⑥ 対象地区への配分交通量の推計

手順⑤で得られたOD交通量を手順②で作成したマクロネットワークに配分して、配分交通量（各リンクの交通量）を推計する。なお、配分方法は、10分割の容量制限付き分割配分法を用いる。

（３）第二段階の推計手順

⑦ ミクロネットワークの作成

対象地区を構成するそれぞれの対象街区において、選定鉄道駅から対象地区への流入・流出点（交差点など）と対象地区内の各建物（出入口）を結ぶネッ

トワークを作成する。なお、対象街区を通過して周辺街区に集中する交通量を扱うために、それぞれの周辺街区をいくつかまとめて周辺地区とし、そこに仮想ノードを設け、それを発生・集中ノード（セントロイド）として、対象地区の流入・流出点と周辺地区の仮想ノードを仮想リンクで結ぶ。

⑧ 分布交通量の推計

手順⑤の推計結果（マクロOD表）を基にして、対象地区を構成する各対象街区への集中交通量について、各建物へその床面積より、手順④の算出と同様の方法で式（５）、式（６）を用いて算出する。

$$\Sigma B_j = \Sigma Z_j^* \quad (5)$$

$$B_j = B \times F_j / \Sigma F_j \quad (6)$$

但し、 Z_j^* ：対象街区 j への集中交通量

B_j ：対象地区内の建物 j への集中交通量

F_j ：対象地区内の建物 j の床面積

なお、手順⑤で推計したマクロOD表における対象地区を通過する交通量も考えて、式（２）のエントロピーモデルを用いて分布交通量（ミクロOD表）を推計する。

⑨ 対象地区内の配分交通量の推計

手順⑥で推計したミクロOD表をミクロネットワークに手順⑥と同様の方法を用いて、配分交通量（各リンクの交通量）を推計する。

⑩ ミクロOD表の修正

観測リンク kl の観測値 F_{kl}^* と手順⑥で推計したリンクの推計値 F_{kl} との残差を式（７）より求める。

$$\delta F_{kl} = |F_{kl}^* - F_{kl}| \quad (7)$$

この残差 δF_{kl} が基準値（ ε ）以下になるまで次に示す修正を行なう。そして、観測リンク kl におけるODペア ij の交通量を f_{kl}^{ij} とし、式（８）により F_{kl} に占める f_{kl}^{ij} の割合にしたがって、 δF_{kl} を各ODペアのOD交通量に割り当てる。

$$\delta f_{kl}^{ij} = \delta F_{kl} \times f_{kl}^{ij} / F_{kl} \quad (8)$$

式（９）により、 δf_{kl}^{ij} をODペア ij が通過する観測リンクの数 m^{ij} で平均し、観測リンク交通量によるODペア ij の交通量の修正値 $\delta_1 T_{ij}$ とする。

$$\delta_1 T_{ij} = \Sigma \delta f_{kl}^{ij} / m^{ij} \quad (9)$$

ここで Σ は、観測リンクの数だけ計算する。

この $\delta_1 T_{ij}$ を用いて T_{ij} （ODペア ij の交通量）を修正する。

以上より、修正後のOD交通量 T_{ij}' は、式（10）

となる。

$$T_{ij}' = T_{ij} + \delta_i T_{ij} \quad (10)$$

この T_{ij}' を用いて手順⑨にもどり、残差が基準値（収束する値）になるまで繰り返す行なう。

3. 歩行者交通量推計方法の適用

対象地区は、都心の業務地区であり、大量輸送機関が整備されている東京大手町地区とした。

対象時間帯は、朝の通勤時である8:00～9:00として、適用を試みる。

始めに、第一段階の推計として対象地区を構成する対象街区に影響を及ぼす選定鉄道駅を決定し、その対象街区および周辺街区を結ぶマクロネットワークを作成した（図-2参照）。各街区への集中交通量は、仮想リンクで結ぶ仮想ノードとして扱った。

なお、本稿による推計結果は第二段階のみとし、対象地区内のミクロ的視点における推計結果について以下に述べる。

(1) 適用条件

対象とする大手町地区のマクロネットワークを図-3に示す。なお、第一段階のマクロ的推計により確認した対象街区を通過する周辺街区への交通量の扱い方として、同一方向の流出点（交差点、地下出入口）をそれぞれ周辺地区として仮想ノードとした。リンク数は620（この内仮想リンクは87）、ノード数は208（この内仮想ノードは31）、発生ノード数は9（選定鉄道駅）、集中ノード数は33（建物および周辺地区）である。

分布交通量（マイクロOD表）の推計について、エントロピーモデルのパラメータは、実際に配分した結果、観測リンク交通量との誤差が最小となるように何回か推計を行なって0.01と決定した。

配分交通量の修正段階における修正回数は、数回修正を試みて、5回と決定して行なった。

なお、観測リンク数は82ヶ所で行なった。

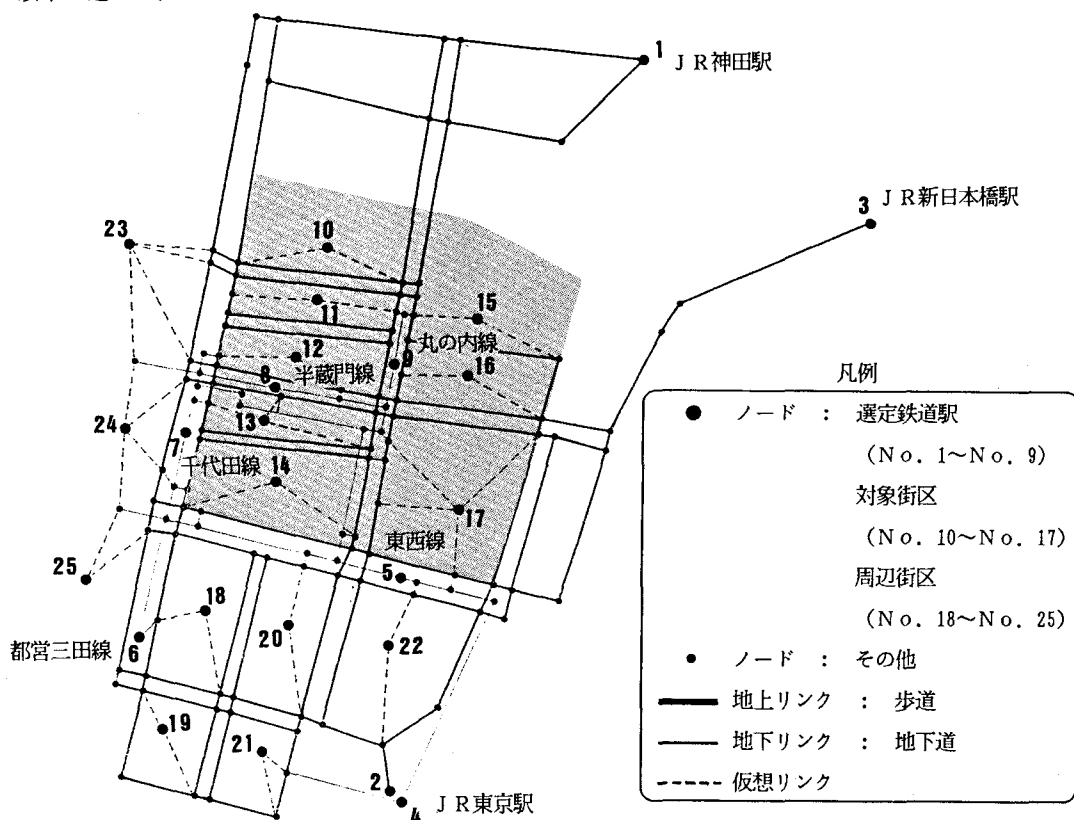


図-2 マクロネットワーク

凡例

- ノード : 選定鉄道駅, 対象地域
(No. 1~No. 11)
建物
- ノード : その他
(No. 12~No. 42)
- 地上リンク : 歩道
- 地下リンク : 地下道
- - - 地上仮想リンク
- - - 地下仮想リンク

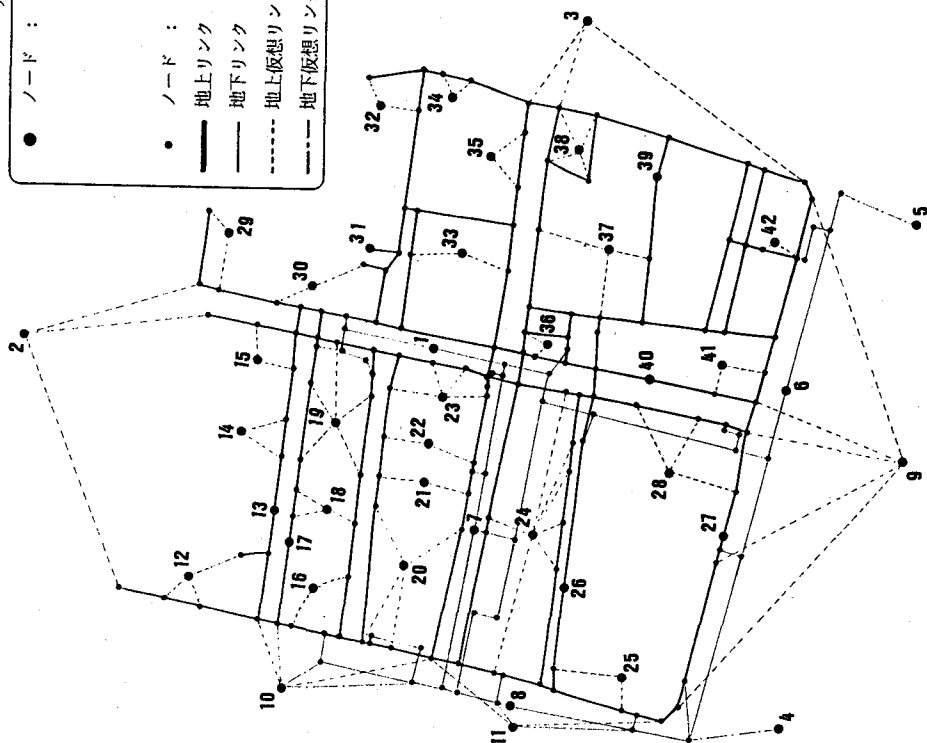


図-3 ミクロネットワーク

凡例

- 2000人/h
- 4000人/h

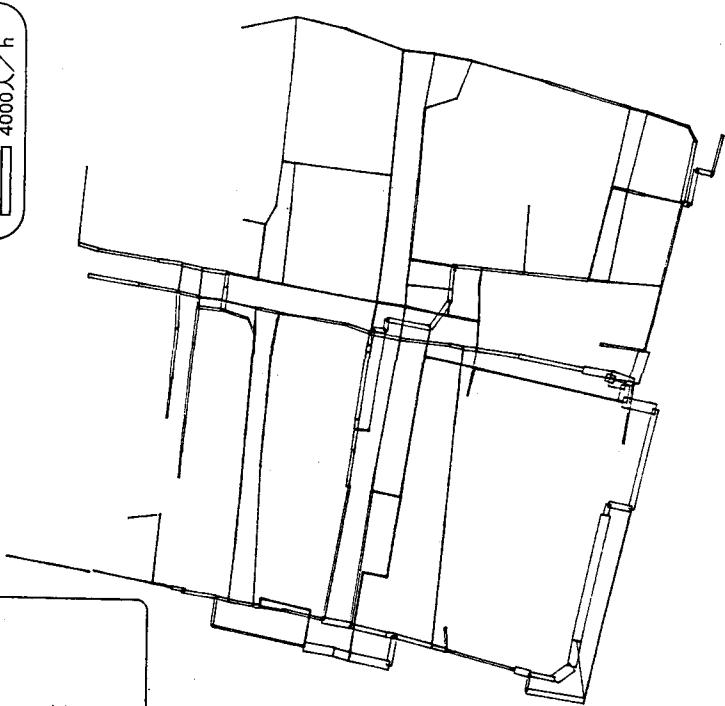


図-4 各リンクの推計交通量(2方向合計)

(2) 適用結果

大手町地区の適用結果として、マイクロネットワークの全てのリンク交通量を示す。

また、推計精度は、観測リンク交通量に対する推計リンク交通量の平方根平均自乗誤差の割合を%で示す% RMS と相関係数を用いて行なった。その結果、% RMS = 59.62となり、相関係数 $r = 0.83$ であった。

4. 歩行者空間の検討

本研究では、朝の通勤時における歩行者空間の検討についてサービス水準⁶⁾を用いて行なう。なお、ここで用いる歩行者交通量は、歩行者交通量の推計に用いた1時間単位の交通量ではなく、1分間単位の歩行者交通量に換算した値を用いて検討を行なった。

歩行者空間の交通量は、サービス水準C(制約)の6.5~20(人/分・m)以下であることが望ましいと考えられる。そこで歩道幅員1(m/分)⁷⁾当りの歩行者交通量により、各リンクにおけるサービス水準の検討を行なった。検討を行なったリンク数は、147ヶ所である。その結果を表-1, 2に示す。

表-1, 2から、サービス水準Cを超えたリンク数は、12リンク存在していることが確認できた。よって、この12リンクについては、歩行者空間の拡大(幅員の拡幅)あるいは代替となる新規歩行者空間の建設が必要になると判断できる。

5. おわりに

本研究では、業務地区での通勤時間帯における就業者行動に着目した歩行者交通量推計方法の改良型を提案した。

さらに、実際の地区の歩行者ネットワークに適用し、歩行者交通量と歩道幅員の関係から必要歩行者空間の算出方法を示した。

今後の課題として、今回は生成交通量に関するデータを鉄道駅の乗降客数と建物床面積のみとして算出したが、他の交通機関(バスなど)も考慮し、同様の方法で検討を行なう必要がある。

表-1 サービス水準の検討

サービス水準 (人/分・m)	リンク数
A 自由	2
B 無制約	58
C 制約	75
D 拘束	12
E 雑踏	0
F 混雑	0
G 渋滞	0

表-2 必要歩道幅員の検討

推計交通量 (人/h)	観測歩道 幅員(m)	サービス水準 (人/分m)	必要歩道 幅員(m)	拡幅幅員 (m)
6982	3.90	29.84	5.82	1.92
6781	3.90	28.98	5.65	1.75
6540	3.90	27.95	5.45	1.55
2964	1.80	27.44	2.74	0.94
2412	1.60	25.13	2.01	0.41
2334	1.60	24.31	1.95	0.35
2431	1.70	23.83	2.03	0.33
2544	1.80	23.56	2.12	0.32
5630	4.00	23.46	4.69	0.69
2201	1.60	22.93	1.83	0.23
3339	2.60	21.40	2.78	0.18
2186	1.80	20.24	1.82	0.02

参考文献

- 1) 小山・榛沢・大川：観測歩行者交通量を基に地区全体の歩行者交通量を予測する一方法，土木学会第46回年次学術講演会講演概要集第4部，pp.156-157，1987.
- 2) 小山茂，榛沢芳雄：大手町地区における歩行者交通量の推計に関する研究，第27回日本都市計画学会，投稿中.
- 3) 財団法人運輸経済研究センター：平成3年版都市交通年報，1991.
- 4) 三菱地所株式会社：丸の内再開発計画-国際業務センターの形成に向けて-，pp.77~177，1988.
- 5) 交通工学研究会編：交通工学ハンドブック，pp.105~106，1984.
- 6) B.S. プシエカレフ，J.M. ジュパン：歩行者のための都市空間，鹿島出版会，pp.123~183，1977.
- 7) 土井元治，天野光一：歩道幅員の決定方法に関する実証的研究，土木計画学研究・論文集，No. 4，pp.237~243，1986.