

街路と容積のバランスから見た市街地整備の在り方に関する研究

A study of optimal balance between street area and floor area in business district

福田 敦* 榛沢 芳雄** 野村 和宏** 小山 茂君

By Atsushi FUKUDA, Yoshio HANZAWA, Kazuhiro NOMURA, Shigeru KÖYAMA

The aim of this paper proposes a linear programming model to find out the balance between the street area and the floor area. So, this model give the optimal floor area based on maximizing of benefit under the constraints which is given from street area and bulk regulation. Benefit is subtraction the cost from the rent, which include operating cost, depreciation and street construction cost. Street area calculate by the number of pedestrian which estimate from floor area.

Through a case study it is shown that it is necessary to have much street area for high density land use.

1. まえがき

近年、東京都心部を中心として市街地再開発事業等による市街地の整備が活発に行われている。これらの事業を通して、社会資本を整備するとともに、土地の立体的利用を進め、良好な市街地を創出することが必要である。特に、新規の土地供給が困難である業務地区においては、既成市街地の高度利用を推進することによって、新たな空間を創出することが考えられる。

反面、高度利用による土地の効率的利用の促進は、

新たに立地する活動から大量の交通を発生させると考えられ、高度利用を支えるためには、かなりの交通施設の整備が必要であると考えられる。この点に関して交通計画の分野では、土地利用から発生する交通と、交通施設のバランスを図るという考え方に基づき、広島P.T.以来、研究がなされている。

しかし、市街地の高度利用は、広域的交通計画の視点に比較すれば、極めてミクロな範囲での問題であり、このレベルにおいて立地量に対してどの程度の街路量を確保することが、土地を効率的に利用し、かつ交通との良好なバランスを図ることになるのかは、あまり明確にはされていない。

本稿では、業務地区において床面積から発生する交通に対応する街路を確保する場合を前提として、高度利用によって土地をどの程度有効利用出来るかを文献1)で提案した線型計画モデルによって分析(〒274 千葉県船橋市習志野台7-24-1)する。また、容積率の規制緩和等の土地の有効利用(〒371 群馬県前橋市鳥羽580)の上で問題とされる点に関して若干の検討を試みる。

* 学生員 工修 日本大学大学院 理工学研究科

** 正会員 工博 日本大学教授 理工学部交通土木工学科

** 正会員 工修 群馬工業高等専門学校講師 土木工学科

*** 学生員 日本大学大学院 理工学研究科

(〒274 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
(〒371 群馬県前橋市鳥羽580)

2. 分析方法

本稿では、以下の手順で研究を進めた。

- ①東京大手町地区における交通の発生・集中の特性の把握及び、床面積との関係における街路上の交通量の推計方法の検討を行う。
- ②街路と容積のバランスを街路面積と床面積の関係として捉え、その考え方を整理する。
- ③1画地を想定し、ここで建物の建て替えが行われる場合の、街路面積と床面積の決定を線型計画問題として定式化する。
- ④1画地の場合を複数の画地からなる地区における問題に拡張し高度利用の問題を検討する。

交通量推計において大手町を対象地区としたのは、同地区が高度利用が進んでおり、また街路がかなり整備されている理由からである。

3. 街路上の交通量推計

高度利用を行う場合にどの程度の街路を確保しなければならないかを知るためには、ピーク時間に街路上に存在する交通量を推計しなければならない。この交通量の推計には、四段階推計法の応用が考えられるが、ビル内の通過交通が多い地区などは、床面積当たりの交通発生・集中単位を求めるのが困難であり、また経路が複雑となるので現実的ではない。そこで、街路上に存在する交通量を地区の要因から直接推計する方法を検討する。(文献3)

対象地区である大手町地区での12時間断面交通量の調査の結果から、ピーク時間は午前8時から9時の間であり、交通目的のほとんどが通勤であることが類推できる。また、表-1に示す様に、交通手段の95%以上が徒歩である。自動車の利用は、平均乗車人数が2人と仮定しても7%程度しかない。したがって、比較的公共交通機関が整備されている業務地区の場合は、歩行者交通の推計を検討すれば十分であると考えられる。

歩行者数の調査として、図-1に示す10区画の歩道上で、ピーク時間の断面交通量を計測した。歩道面積の算定をするために、求めなければならない交通量は、ある瞬間に歩道上に存在する歩行者数であるので、ピーク時間の断面交通量から式(1)で換算する。

表-1 建物からのピーク時発生・集中交通量(大手町地区)

方向 ビル	流入		流出	
	人	車	人	車
大手町ビルディング	4196 (98.9%)	48 (1.1%)	1568 (97.5%)	40 (2.5%)
新東京ビルディング	3360 (97.9%)	73 (2.1%)	422 (91.9%)	37 (8.1%)
NTT	929 (99.3%)	7 (0.7%)	42 (85.7%)	7 (4.3%)
三菱商事別館	2532 (98.5%)	39 (1.5%)	346 (93.8%)	23 (6.2%)
K銀行	1243 (96.7%)	42 (3.3%)	55 (80.4%)	13 (19.1%)

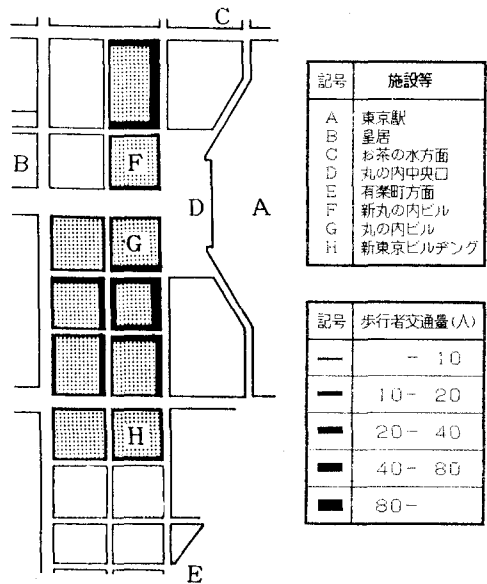


図-1 大手町地区における歩行者断面交通量

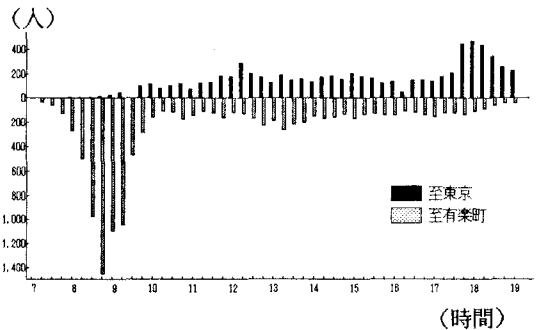


図-2 歩行者交通量の変動(12時間)

$$q = (Q/3600) \times (L/v) \cdots \cdots (1)$$

但し、 q ：ある瞬間に歩道上に存在する歩行者数

Q ：ピーク時1時間の歩行者断面交通量

L ：歩道長

v ：平均歩行速度

平均歩行速度は、同地区における平均で1.41m/secである。なお、地下連絡路は、含んでいない。

歩行者交通量の推計は、重回帰によって求める。説明変数は、その区画の床面積、背後の区画の床面積、駅までの距離、歩道上および建物内の地下鉄の出入口の数とする。その区画の床面積は、発生・集中交通量を説明する変数として取り上げる。背後の区画の床面積及び駅までの距離は、通過交通量を説明する代理変数として取り上げる。また、地下鉄及び地下通路については、一部の調査の結果、歩道部と同程度の交通量があり歩道上の歩行者数の推計にかなり影響があると考えられる。しかしその利用形態を見るとは、建物の近くにある出入口を利用する傾向が強いため、地下鉄出入口の数を指標として取り上げる。ここで、背後の区画の床面積は、次の様に算定した。歩行者は、各区画から駅へ最短経路を通るものと仮定し、各区画の発生交通量の代理指標と考える床面積を各経路に配分し、その区画毎の総和を用いた。駅までの距離は、各街区の重心から駅までの距離の逆数の2乗を用いる。計算の結果、重相関係数は、背後の区画の床面積を用いたCASE2の場合 $R=0.948$ であり、歩道上の歩行者の推計が十分

行えると考えられる。但し、今回分析した大手町地区は、地上部のほとんどの歩行者が東京駅にアクセスしていると仮定して、歩行者の経路を 意的に与えており、駅勢圏の設定及び経路については検討を残している。同様に駅までの距離を用いたCASE3の場合 $R=0.753$ となり、重相関係数は、高くないが推計は可能である。回帰式は式(2)、式(3)となる。

$$\bar{q}_i = \mu X_i' + \lambda_1 u_{1i} + \lambda_2 u_{2i} + \theta \cdots \cdots (2)$$

$$\bar{q}_i = d X_i + \mu L_i^{-2} + \theta \cdots \cdots (3)$$

$$\text{但し、} X_i' = \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij} X_j$$

q_i ：歩道上の歩行者数

X_i ： i 区画の床面積

ε_{ij} ： i 区画への j 区画の床面積の配分率

L_i ： i 区画から駅までの距離

u_{1i} ： i 区画の歩道上の地下鉄出入口の数

u_{2i} ： i 区画の建物内の地下鉄出入口の数

θ ：定数項

4. 街路と容積のバランス

街路と容積のバランスを、ある区画の床面積量に対してそこから発生する歩行者及び通過する歩行者（発生交通量がほとんど歩行者である場合）が快適に歩行できる歩道面積を確保することと考えると、このバランスは街路面積と床面積の関係として捉えることができ、式(2)または、式(3)から検討できる。すなわち、この式は、床面積と歩行者数の関係を表しているので、歩行者一人当たりの必要歩道面積 ϕ が与えられれば、床面積当たりの必要歩道面積が求まる。

ここで問題となるのは、歩行者一人当たりの必要歩道面積である。歩行空間の研究では、この面積を歩行者の歩行状態との関係で論じられる場合が多い。例えば文献3)によれば、歩行状態は7ランクに分けられ、その中で人が他の人と触れ合わずに歩ける最低限の歩行状態（制約状態）の歩道面積は、 $3.7\text{m}^2/\text{人}$ 以上となる。また文献4)の調査結果では、 $4.0\text{m}^2/\text{人}$ 以上で歩行者は、拘束を受けないことが示されている。

しかし、この値を計画に使う場合は、かなり大きな値を想定しなければならない。その理由は、歩行

表-2 歩行者交通量の回帰結果

要因	CASE 1	CASE 2	CASE 3
床面積 (X_i)	0.219 (0.188)		2.475 (0.727)
駅までの距離 (L^{-2})			2.209 (0.567)
歩道上地下鉄出入口 (u_{1i})	24.819 (0.811)	20.970 (9.236)	
建物内地下鉄出入口 (u_{2i})	-24.264 (-0.657)	-29.123 (12.947)	
背後の区画の床面積 ($\sum \varepsilon_{ij} X_j$)	0.244 (0.953)	0.228 (0.035)	
定数項	25.650	29.593	-166.694
重相関係数 (R)	0.971	0.948	0.753

() 内は、偏相関係数

者が歩道上に存在する場合必ずしも一様に分布する訳ではなく、粗と密な部分が出来るためであり、この値は密な部分での最低限度を意味するからである。

実際、大手町での計測でも歩行者一人当たりの歩道面積は、平均で21.4㎡/人と大きな値となっている。本研究では、この値を歩行者に対する歩道のサービスレベルとして考える。

街路面積と床面積の関係を図-3に示す。街路面積と床面積の関係には、交通量との関係の他に道路斜線制限があり、合わせて示す。

ここで、一辺の長さがaの正方形の区画の周りに幅員lの車道があり区画の周りの内側に幅員wの歩道を取ると想定し、 ϕ をそれぞれ10、20、30㎡/人と仮定しており、車道幅員が一定であるので、図-3では、歩道率（歩道面積/区画面積）を街路率の代りに用いる。

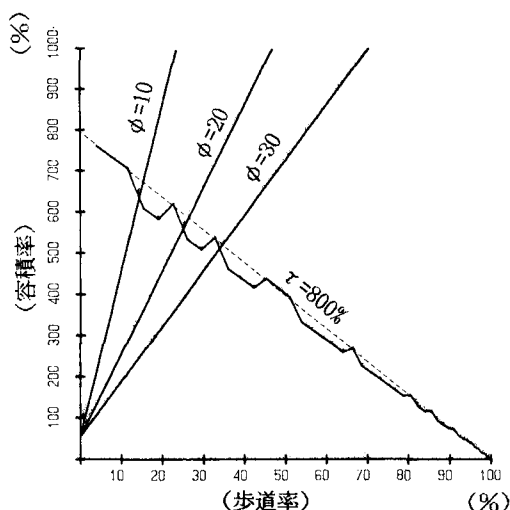


図-3 街路率と容積率の限界との関係

この図に示す通り、歩道量と床面積量の関係は、上記の2つの関係から説明できる。

例えば、 ϕ が20㎡/人の場合は、歩道率24%までは、交通量との関係において、歩道率24%以上では、道路斜線制限によって床面積量の限界が定まることになる。

歩行者一人当たりの必要歩道面積 ϕ について見ると、値が大きくなると傾きが大きくなり、設定する値によって、床面積の限界量が大きく変化する。従って、バランスを考える場合その設定が重要となる。

5. モデルの定式化

高度利用の問題を、前節で検討した街路と容積のバランスの下で線型計画問題として定式化する。

今、次の仮定を設ける。

- ①対象地区は、一辺aの正方形の区画からなり、各区画には、床面積Fの建物が1棟建っている。
- ②交通手段は全て徒歩とし、自動車は考慮しない。したがって区画の間に幅員lの車道があるものと仮定する。
- ③近くに鉄道駅が一つあり、全てその駅を利用する。
- ④建物所有者は、床面積を賃借している。

市街地における高度利用は、建物の建て替えによって行われ、その場合の主な床面積の供給主体は、民間の建物所有者である。所有者が建物の建て替えを行う場合、建て替え後の賃借収入が最大になるように、床面積を決定すると考えられる。この問題に関しては、文献5)において建物の建て替えにおける改築費等の投資限界を求める問題として検討されており、建て替え後の賃借収入から経常費、建て替え費用を減じた額を収益としている。また、建て替え費用は、全て借り入れるものとし、その支払いは利子の支払いおよび減価償却によってなされるものとしている。従って本研究では、目的関数を、収益の現在価値の最大化として、式(4)に定式化する。

$$Z = \sum_{i=1}^n \{ (E_i P_i - Q_i) - S_i (k + \frac{1-r}{Y}) \} X_i \dots (4)$$

但し、 X_i : i区画の建て替え後床面積

E_i : i区画の床面積の賃借有効率

P_i : i区画の賃借料

Q_i : i区画の経常費用

S_i : i区画の建て替え費用

k : 利子率

r : 償却時の建物の価値の残存率

Y : 償却年数

また、新たに必要となる歩道の整備は、建物所有者の負担と考える。歩道整備費用は、式(2)から求める歩行者量に一人当たりの必要歩道面積と単位整備費用を乗じて求めるものとする。

従って、建物所有者は、次の目的関数を最小化す

と考える。

$$Z_2 = \sum_{i=1}^n \omega_i \phi \left(\mu \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij} X_j + \theta \right) \cdots (5)$$

但し、 ω_i ：単位 m^2 当たりの歩道整備費用

ϕ ：一人当たりの必要歩道面積

従って、この地区全体全体での目的関数は、式(6)を最大化することになる。

$$\begin{aligned} Z &= Z_1 - Z_2 \\ &= \sum_{i=1}^n \left\{ (E_i P_i - Q_i) - S_i \left(k + \frac{1-r}{Y} \right) \right\} X_i \\ &\quad - \sum_{i=1}^n \omega_i \phi \left(\mu \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij} X_j + \theta \right) \\ &= \sum_{i=1}^n \left\{ (E_i P_i - Q_i) - S_i \left(k + \frac{1-r}{Y} \right) \right. \\ &\quad \left. - (\omega_i \phi \mu \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij}) \right\} X_i - \sum_{i=1}^n \omega_i \phi \theta \quad (6) \end{aligned}$$

次に、各制約条件式を設定する。まず、各床面積に対する建築規制を制約条件として定式化する。建築規制としては、道路斜線制限があるがその制約の掛かり方は複雑である。しかし、図-3に示した様に道路斜線制限が制約としてかかる範囲では、道路斜線制限が容積率制限よりも緩くなるので、敷地面積に法定容積率と法定建ぺい率を乗じて求まる建築限界内で床面積が決まると考えることが出来る。従って、制約条件は、式(7)となる。

$$X_i \leq \rho \tau (a - 2w_i)^2 \cdots \cdots (7)$$

但し、 w_i ：歩道幅員

ρ ：法定建ぺい率

τ ：法定容積率

歩道幅員 w_i は、式(2)から求まる歩行者数から次の様に書ける。

$$w_i = \frac{1}{2} (a - \sqrt{a^2 - \phi \left(\mu \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij} X_j + \theta \right)}) \quad (8)$$

従って、式(7)は、式(8)を代入して式(9)に書きなおされる。

$$X_i + \rho \tau \phi \mu \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij} X_j \leq \rho \tau (a^2 - \phi \theta) \cdots (9)$$

次に、賃借料に対する制約条件式を設定する。先に述べた様に建物所有者は、建て替え後の賃借料が建て替え前の賃借料よりも高く設定すると考える。但し、建て替え前の賃借料には、減価償却等は含まないものとする。

$$\begin{aligned} &\left\{ (E_i P_i - Q_i) - S_i \left(k + \frac{1-r}{Y} \right) \right\} X_i \\ &\quad - \omega_i \phi \left(\mu \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij} X_j + \theta \right) \\ &\quad \geq (E_i P_i - Q_i) F_i \cdots (10) \end{aligned}$$

但し、 F_i ：i区画の建て替え前の床面積

E_i ：i区画の床面積の賃借有効率

P_i ：i区画の賃借料

Q_i ：i区画の経常費用

式(10)における、建て替え前の床面積 F と建て替え後の床面積 X との関係を図-4に示す。 F と X は、

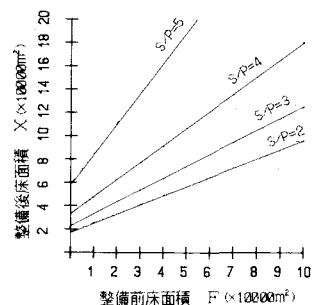


図-4 整備前・後の床面の関係

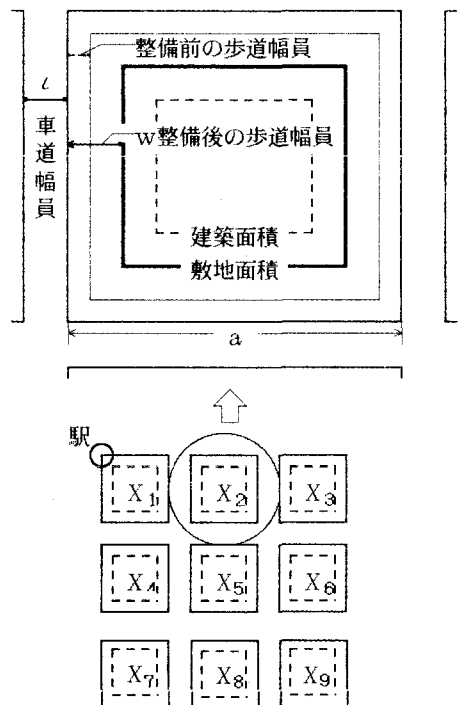


図-5 想定地区の概要

比例関係にあり、建て替え前の床面積が大きい程、建て替えが難しいと考えられる。最後に、非負条件式を加える。

$$X \geq 0, \quad i = 1, n \quad \dots (11)$$

6. 分析結果と考察

分析は、図-5に示す9つの区画からなる地区を想定して行う。

まず、歩道整備の負担が床面積に与える影響を見る。図-6は、一般的な解を図化したものである。対象の9区画の内、駅に近い区画ほど歩道面積が大きく、建物の高さも高いが、敷地面積は小さく床面積も小さくなっている。このことは、駅に近い区画ほど、通過交通量が多く歩道負担の影響を受けていると解釈できる。

歩道のサービスレベルによる違いを比較する。歩行者一人当たりの必要歩道面積 ϕ と地区の総収益の関係を賃借料に対する整備単価 ω 別に表したのが図-7である。但し、法定容積率800%、建ぺい率80%とする。結果によれば必要歩道面積 $\phi=30$ までは、法定容積率による制約によって、建築限界が決っており、 $\phi=30$ 以上においては歩道の負担の制約から決っている。これは、歩行者一人当たりの必要歩道面積 ϕ を高く設定すると敷地面積が大幅に減るためと考えられ、整備単価 ω が大きくなることによって収益も減少する。

また、歩行者一人当たりの必要歩道面積 ϕ を変化させたときの各区画の床面積を図-8に、歩道面積

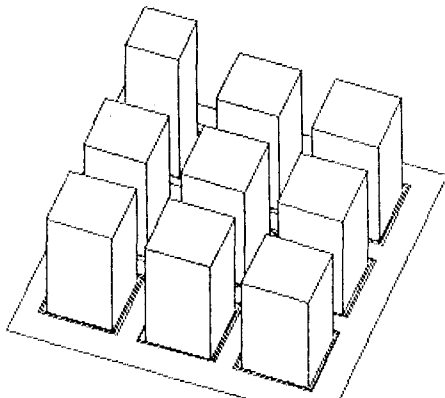


図-6 想定地区における計算結果
($\phi=10$ 、 $r=1000\%$ 、 $\rho=80\%$)

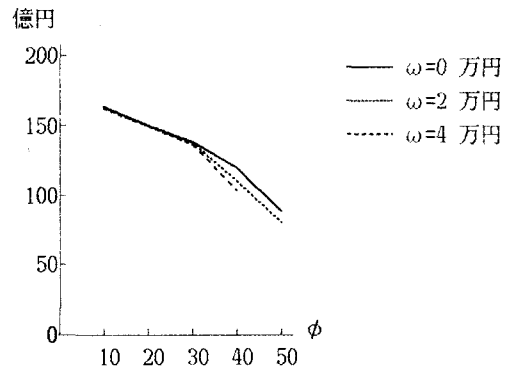


図-7 必要歩道面積と総収益の関係

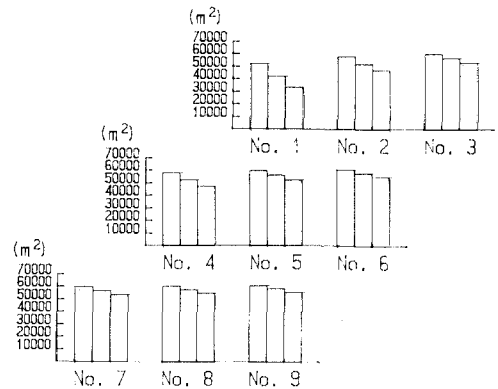


図-8 各区画における床面積
($\phi=10, 20, 30$ $\omega=1$ 万円)

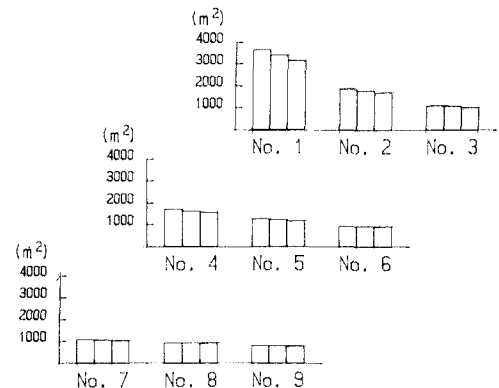


図-9 各区画における歩道面積
($\phi=10, 20, 30$ $\omega=1$ 万円)

を図-9に示す。 ϕ の変化に比較して歩道の負担量の大きい区画ほど歩道面積の増加が著しく大きく、また床面の減少も著しく大きくなっていることが分かる。

以上の分析の結果から、床面積に対応した歩道面積を確保することを前提として建物の改築を考える場合、床面積を決定する上での限界は、考えない場合に比べ厳しくなる。逆に考えると、歩道を含む街路が整備されている区画等では交通面からは、高度利用が可能であるといえる。

次に、容積率制限について検討する。法定容積率と地区全体の総床面積の関係は図-10に示す通り、容積率が1000%以上では、床面積の伸びが若干低くなる傾向にあるが、ほぼ比例関係にある。本研究で定式化した問題のなかでは、街路幅員25mを前提としており、道路斜線制限を考慮していないので、容積率が約1000%以上については検討できないが、容積率制限を緩和すればある程度、高度利用が進むと考えられる。

最後に、 ϕ 、容積制限と地区の総収益との関係を図-11に示す。

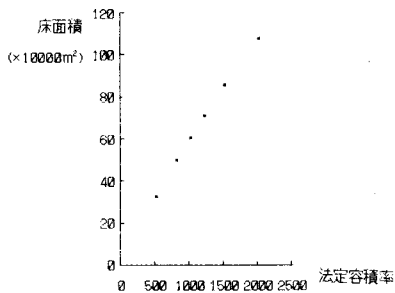


図-10 容積率と床面積の関係

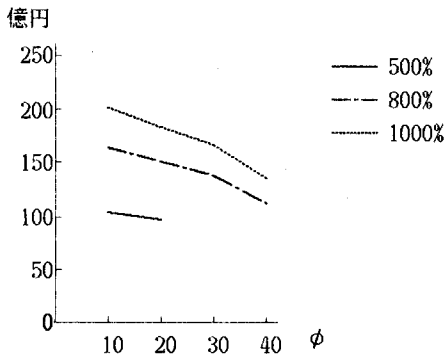


図-11 必要歩道面積と総収益の関係
($\tau=500, 800, 1000\%$)

7. 結論と今後の課題

本研究では、床面積から歩行者交通量及び必要歩道面積を簡便に推計する方法を提案するとともに、この関係を最適床面積決定の線型計画問題に定式化し、高度利用における街路、特に歩道の確保について若干の検討を行った。その結果高度利用によってかなり歩行者が増加することが分かり、また歩道を十分に確保しながら高度利用を進められる可能性を示した。

今後の課題としては、次のことが挙げられる。

①地区特性が異なる場合も含めて、歩行者交通の推計方法をより正確にする。

②1区画内に複数、複数の用途、区画規模および敷地規模等の検討をする。

③床面積に対する需要を考慮する。

参考文献

- 1) 野村和広・福田敦(1985), 高密度土地利用の成立に関する研究, 土木計画学研究・論文集 No.7, P.381~388
- 2) 浅野光行(1984), 市街地の高度利用と都市交通計画の課題, 第7回都市計画シンポジウム論文集P.21~27
- 3) B.S.Pushkarev・J.M.Zupan・月尾嘉男訳(1977), 歩行者のための都市空間, 鹿島出版会, PP.123~183
- 4) 吉岡昭男・桑原玉樹(1981), 歩行者交通と歩行者空間(Ⅲ)-買物・通勤(駅構内通路)の速度, 密度, 交通量-, 交通工学, Vol.16, No.3, PP.13~21
- 5) 小林清周・梨本幸男(1987), ビル・マンションの経営企画と管理, 住宅新報社
- 6) 宮嶋勝(1982), 公共計画の評価と決定理論, 企画センター