

都市開発容量と交通環境水準とのトレードオフ分析 *

Trade-off Analysis between Urban Development Volume and Traffic Environment Quality

柏谷 増 男 ** 村 橋 正 武 *** 朝 倉 康 夫 **** 下 岡 英 智 *****
By Masuo KASHIWADANI Masatake MURAHASHI Yasuo ASAKURA Hidetomo SHIMOOKA

When we discuss congestion problems in cities we must analyze relationships among the level of infrastructure improvement, the amount of urban development demands and the standard level of the quality of life through economically efficient land use patterns. A model which is a mixture of the maximum road network capacity model and a Herbert-Stevens type land use allocation model is presented in this paper. It is applied to Matsuyama city and it is found that improving the quality of life decreases the amount of urban development effectively.

1. はじめに

我が国の社会資本整備はその経済力に比べて劣っており、市民は物質的豊かさとはうらはらに、空間的には貧しい都市生活を送らざるを得ない。このような状況を打開するためにより一層の社会資本整備が必要ではあるが、現在の我が国、特に大都市圏では財政的にも空間的にもさらに種々の社会的条件の面でも制約が厳しく、大幅な施設整備を短期間に達成することは極めて困難である。

* キーワード：都市成長管理、都市モデル、道路網容量

** 正会員 工博 愛媛大学教授 工学部
土木海洋工学科 (〒790 松山市文京町3)

*** 正会員 工博 東京都計画局 総合計画部長
(〒160 東京都新宿区西新宿 2-8-1)

**** 正会員 工博 愛媛大学助教授 工学部
土木海洋工学科 (〒790 松山市文京町3)

***** 学生員 愛媛大学大学院 工学部
土木工学専攻 修士課程 (同上)

したがって我々が都市生活の質的向上を目指そうとすれば、施設整備だけではなく、開発需要の制御や土地利用形態の変換をも含む総合的な都市管理政策を見出さねばならない。本研究はこうした都市政策分析のためのモデル開発を目的としている。モデルは対象とする課題に応じて何種類か作られるべきであり、従来のような大規模な土地利用・交通シミュレーションモデルを開発するものではない。むしろ特定の課題にのみ焦点をあてた課題オリエンティッドなモデルを目指している。

ここでは、筆者らが近年研究している道路ネットワーク容量と容積率との関係を主な課題として、都市管理政策のための分析モデルについて考察する。

2. 東京の過密都市問題と都市管理方策

東京都は平成2年から4年にかけて、東京集中問題あるいは均衡のとれた都市づくりの検討を行なっている。ここでは、それらの報告書についての筆

者の意見を述べることにする。

まず、平成2年報告書¹⁾では、都市キャパシティをその都市が受け入れることができる産業や人口の量と定義し、都市キャパシティはインフラ整備水準あるいは都市生活の質によって定まると述べている。そして、社会的に合意が得られる生活の質を前提にしてキャパシティの量を定めるべきとしている。さらに、「生活の質」の向上と現状の「がまん」についてもふれている。

ここに現われた指摘は大筋としては正しいものであり、特に都市生活の質によって都市キャパシティが決まるという考え方は注目に値する。というのは、従来の過密論が単なる都市活動量の密度や高さ等の物理的指標値、あるいは住宅や道路混雑等の断片的な指標を用いて語られていたのに対して、都市生活の質こそが都市計画の最大の目的であり、インフラ整備水準をも含めて総合的に分析することの必要性を述べているからである。しかしながら、このような意味でのキャパシティ決定は容易ではなく、論理性の優れた分析モデルが必要とされる。また、分析モデルが開発されることによって記述内容がより明確になることが期待される。例えば、「がまん」については、それはある何かを達成するためにそのことを犠牲にしている状態であろう。つまりトレード・オフである。したがって、この「がまん」にまつわる相対する2つの指標値を明示的に表わさなければ「がまん」の程度を明確に出来ないことになる。また、この報告書では世論調査では都民の8割が交通量規制に賛成していると指摘しているが、世論調査に現われる数字で政策を決めようとすることは、分析の論理性という一面だけから見れば、必ずしも望ましいことではない。規制のメリットとデメリットを明らかにしたうえで政策立案者が判断すべきであろう。以上を要約すると、課題分析のための論理的モデルが開発されねばならない。

平成4年の報告書²⁾では、まえがきで“都市空間の有限性と公共性を強く認識し、今後の都市づくりに対する公共的関与の必要性を主張した”と述べており、従来の考え方からさらに一步踏み込んで、公共のルールのもとでの都市開発整備の方策を検討している。この考え方自体については異論はないが、都

市空間の公共性をより具体的に考察すると、都市空間をマスとして捉えるのみならず、ある広がりを持って各地点が結合された分布空間として認識する必要がある。つまり、都市空間をネットワークシステムとして捉えたうえで、キャパシティ論や均衡論を展開すべきである。東京都の一連の報告書はこの点を無視してはいなく、都心部と周辺部、あるいは鉄道混雑が山手線外側断面で生じていること等問題の空間的記述はなされている。しかしながら、都市活動や都市施設の分布特性については述べられていても、その両者の関係を具体的に組み合わせるべく仕組まないシステムを提案し切れていないといううみがある。

こうした検討を具体的に進めるためには、都市の空間的広がりを表現できる分析システムが必要である。以上、筆者の第2の論点は、都市キャパシティ論あるいは、均衡のとれた都市づくりを検討するためには、空間的特性を表現できる分析システムの開発が望まれることである。

3. 分析システムの一提案

3. 1 個別課題対応型モデル

都市生活の質を主要パラメータとして、都市施設整備と都市活動との相互関係を明示的に表現でき、かつ、都市の空間的特性をも表現できる分析システムの開発が必要であると述べてきた。実用性の面でも評価されるシステムの開発は容易ではないが、検討すべき課題をしばり込むことにより、汎用型ではなく課題対応型のシステムを目標とすれば、開発の可能性は若干たりともあり得るのではなからうか。従来の都市モデル開発は Comprehensive Planning Model、つまり、様々な開発プロジェクトや政策の効果を表現する汎用目的型現象記述モデルであった。これに対して、本論文で考えているモデルは個別課題にのみ対応させ、その課題に関する利害得失を表わすことを目的とした計画分析モデルである。従って、まず課題をどのように認識して行動主体を明確化するか、また各行動主体間の相互関係を具体的にどう表現するかといった点がモデル作成上の重要事項となる。

3. 2 道路ネットワーク容量下での容積率配分計画

この問題は都市開発、すなわち床面積の増大に対する道路混雑問題を取り上げたものである。問題に関係する主体は、道路網整備者、個々の経済活動主体、容積率を配分する都市計画主体及び交通の質的条件パラメータで暗黙に表われる抽象的市民の4者である。

都市内の道路網を早急に整備することは極めて困難であり、東京都においても都市計画道路の整備率は平成3年度末で47%に過ぎず、10年間で5.1%上昇したにとどまっている。²⁾このような状況から、ここでは、対象とする道路ネットワークは問題に所与として与えられることとする。考え方によれば容積率指定は道路網整備よりもより長期的視点から検討すべきかも知れない。法定容積率についてはそのような課題認識もあり得ようが、本論では誘導容積率制度での引き下げ容積率に関する問題を扱うこととしているので、容積率配分は道路網整備よりも短い期間に対応していると想定している。このように問題に応じてモデルの前提は異なり、モデル表現手法も変わってくるので、個別課題対応型モデルと呼んでいるのである。道路ネットワークの形態を I_ℓ (添字 ℓ は道路ネットワークの便宜的番号)とし、その集合を Π で表わす。

個々の経済活動主体は、静学的な完全競争市場での立地主体であると仮定する。従って立地配分は都市全体でのつけ価値額合計値の最大化によって表わされ、この値を Y で表わす。この場合の立地配分には物理的に定まる立地点の空間制約条件と、土地利用主体の需要制約条件とが必要である。都市計画主体が配分する容積率の合計は個々の経済主体が立地しうる床面積の合計になるので、需要制約条件は都市計画主体が制御し得る条件となる。土地利用形態を添字 k で表わし、各土地利用形態ごとの需要量を D_k で与えると、床面積需要量はベクトル D で表わされる。交通の質的条件パラメータは大まかに言えばリンク混雑度で表わされ、問題にはリンク容量制約式が課せられる。個々のリンクを添字 a で表わし、その混雑度を R_a とする。各リンク一様の混雑度を想定する場合には単に R で表現するが、リンク毎に変える場合にはベクトル R で表現する。また、道路ネットワークの機能停止条件が変わればネットワーク容量が異なって来るので、厳密にはこの点も

交通の質的条件に含まれる。ネットワーク停止条件を ϕ で表わすこととする。

そうすると、本論文が対象とする個別課題は、道路整備水準 I_ℓ が与えられた時に、交通の質的条件 (R, ϕ) をパラメータとし、都市計画主体が想定した床面積需要量 D のもとで、各経済活動主体が市場原則に従って立地した結果を誘導容積率制度下の引き下げ容積率として定めることとなる。この場合の計画に対する経済活動主体の反応は Y の値として表わされる。 I_ℓ, D によって設定された場で (R, ϕ) に対する Y のレスポンスを見極めることによって、社会的に合意しうる容積率配分計画を見出すことになる。なお、ここで対象としている個々の土地利用主体は土地を所有していないと仮定している。もしも土地所有者をモデルに入れたとなれば、容積率を配分される所有者と配分されない所有者とが現われ、両者の間の平等性の欠如が重要な問題となり、このような課題設定が意味を持たなくなる。

3. 3 モデルの定式化

(1) モデルの前提

対象地域である都市圏をいくつかの地区に分け、それらを添字 i 、また地区 i の敷地面積を N_i で示す。対象地域には現時点で既存の土地利用があるとす。土地利用形態を添字 k で表し、日照等の近隣環境条件のみによって定まると考えられる容積率規制値を u_k とする。施設容量については代表例として道路のみを取りあげる。道路ネットワークは外生的に与えられ、ネットワーク内のリンクを a 、また、リンク容量を C_a で表わす。

土地利用形態 k が地区 i の建物床面積 1 m^2 に示すつけ値家賃を b_{ik} とする。なお、つけ値は本来利益水準、もしくは効用水準に対して定められるが、ここでは簡単のためそれらを省略する。ここで、単位期間あたりの建物建築費相当額は、建物の階数にかかわらず床面積 1 m^2 につき各土地利用形態ごとに一定値 f_k で表せるものとする。単位期間を一日とし、 b_{ik} と f_k との差額をフロア地代 β_{ik} (円/ m^2 /日)と定義する。また、土地利用形態 k が床面積 1 m^2 あたり発生させるカートリップ数を α_k とする。

(2) 発生交通量のリンク負荷係数

与えられた道路ネットワークとOD交通量のもと

で均衡配分交通量が観測されたと仮定し、地区 i で発生する単位交通量がリンク a を通る割合を発生交通量のリンク負荷係数 Q_{ia} と呼ぶ。

Q_{ia} の値は与えられたネットワークと既存土地利用状況の下での配分シミュレーションによって求められる。厳密に言えば、モデルの解、すなわち配分床面積によって発生交通量が変化するために Q_{ia} の値は変化するはずであるが、容積率配分というマクロな検討を行なっているので、その値の変化については考慮しないこととする。

(3) モデルの定式化

地区 i 用途 k の既存床面積を G_{ik} 、変数である配分床面積を Z_{ik} とする。配分モデルは以下のようになる。

$$\max Y = \sum_{ik} \beta_{ik} \cdot Z_{ik} \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_i (G_{ik} + Z_{ik}) = D_k \quad (2)$$

$$\sum_k (G_{ik} + Z_{ik}) / u_k \leq N_i \quad (3)$$

$$\sum_{ik} Q_{ia} \cdot \alpha_k (G_{ik} + Z_{ik}) \leq RC_a \quad (4)$$

ここで、 D_k は都市圏全体の用途 k の将来土地利用面積であり、前もって作成されるマスタープランから外生的に与えられる。現在先進国の大部分では急成長都市はほとんど考えられなく、 D_k の値はせいぜい既存床面積の数％増し程度の値と考えられる。

(4) 課題のシステム分析

図-1 は、提案したモデルを用いた場合の容積率配分計画に関するシステム分析の概要を示したものである。

まず、道路ネットワーク I_L については道路整備主体が都市計画主体と事前の検討を行なったうえで決定するものを用いる。ここで事前の検討が必要な理由は ID 及び (R, ϕ) の与え方によっては配分モデルに解が存在しない場合があり得るためである。次に、都市生活の質を表わすパラメータ (R, ϕ) を設定する。さらに、床面積需要量についても検討すべき値 ID を設定する。ここで、 ID の値を確定しない理由は、配分モデルの目的関数値を低下させることによって、より大きい ID に対する床面積配分が可

能なためである。つまり、立地主体の経済的効率性を低下させれば ID を大きくしうるからである。すなわち、このモデルでは (R, ϕ) と ID と Y とにトレード・オフが存在している。この3者の関係を明らかにした上で関係者の合意形成を図った後に容積率配分計画が決められることになる。

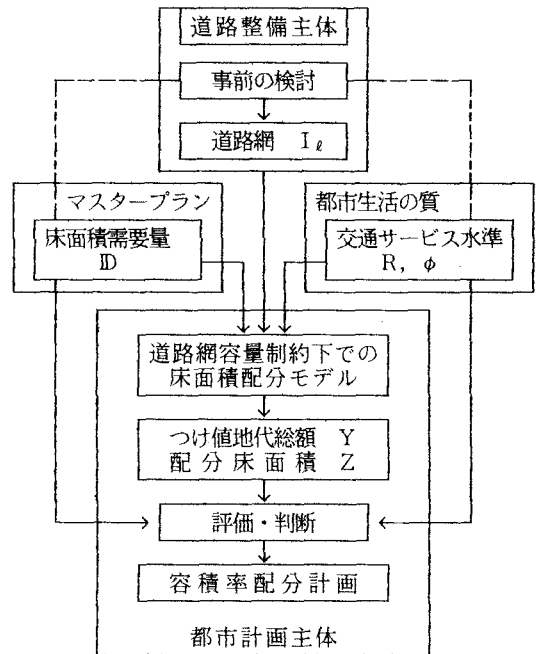


図-1 容積率配分計画関連図

4. 松山都市圏でのモデルの試算³⁾

4.1 ゾーニングと道路ネットワーク

松山市を61の地区に分割した。なお、市内外のOD交通量の取り扱いのため、市外の道路網を考慮して市外に12の集約ゾーンを設けている。また、道路網については2000年時点で想定されるものを用いている。

4.2 土地利用形態

土地利用形態は商業、業務、工業、一般住宅、アパート、その他施設、計6種類である。

(1) つけ値家賃

土地所有者が現在の指定容積率に相当する建物を建てた時のつけ値家賃収入の地代相当分の現在価値がその地点の地価になっていると仮定して、地価データからつけ値家賃を算出した。すなわち、まず松山市内で地価評価が行なわれた地点を上記の土地利用

表－1 都心からの距離帯別フロア地代平均値 (1,000 円/㎡/年)

距離 (Km)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
商業	215.1	79.2	64.9	46.1	38.8	29.8	33.5	37.6	19.0	6.0
業務	102.6	67.3	57.3	47.5	41.7	28.6	32.0	30.2	16.3	8.5
工業	37.4	49.2	46.5	41.8	34.9	23.7	23.7	19.1	11.4	9.7
一般住宅	39.1	51.4	48.4	43.9	35.6	27.0	27.9	22.7	12.6	13.5
アパート	49.9	60.3	53.7	45.3	36.8	28.4	30.7	24.6	13.3	12.5
その他施設	20.7	42.4	41.9	38.5	33.2	24.4	25.8	18.3	11.1	12.2

用形態で分類した後、それぞれについてヘドニック推定式を得た。次に、この推定式を用いて各ゾーンの土地利用形態別地価を計算し、割り引き率を0.05と仮定して、月間地代に変換し、さらにその値を各ゾーンの平均指定容積率の値で割った値を床面積に対するつけ値家賃と定めた。表－1は、都心からの距離帯ごとにフロア地代の値を示したものである。概略的ではあるが、商業やビジネスの地代が他に比べて高いこと、都心から郊外に向けて地代が低下していることなどがわかる。

(2) 床面積需要量

表－2は、1980年と1991年のゾーン別、利用形態別床面積を示したものである。この期間の床面積増加量を各土地利用形態別の床面積需要量の基準値 D_k^0 とし、 D_k^0 の D_k^0 に対する比 S の値を需要量のパラメータとする。

表－2 活動別床面積 (1000㎡)

	1979	1991	増分 (1979-91)
商業	1,493	1,852	359
業務	774	1,302	528
工業	2,225	2,561	336
一般住宅	9,466	11,847	2,381
アパート	1,289	2,797	1,508
その他施設	787	1,159	372

(3) 地区環境条件を考慮した活動 k の容積率

法定容積率を基準にして、商業、業務では 600%、アパート、工業、その他の施設では 400%、一般住宅では 200%と定めた。

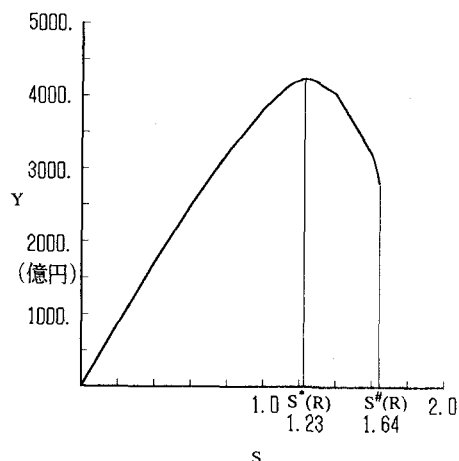
(4) 発生交通量原単位

昭和54年パーソントリップ調査結果より床面積1000㎡あたり発生交通量原単位を商業 38.18、業務

75.52、工業 11.69、一般住宅及びアパート 9.11、その他施設 25.52と定めた。

4. 3 計算結果

図－2は、標準的な混雑度である $R=1.25$ の場合について S の増加に伴う Y の値の変化を示したものである。 S が小さいときには道路網容量制約は厳しくないため、 Y の値は S の値にほぼ比例して増加する。 $S=1.23$ で Y は最大値を取り、その後、 Y の値は S の増大と共に低下し、 $S=1.64$ を越えると実行可能解は存在しなくなる。 $S=1.23$ をつけ値総額を最大化の点で経済的開発容量、 $S=1.64$ を物理的開発容量と呼ぶと、 $S=1.23$ から 1.64 までの間は都市開発需要量を受け入れることは出来るが経済的な利益はむしろ低下している領域であり、過密領域と名づけることが出来る。モデルの解を見ると S の値が小さいときには道路網容量制約の影響は小さく、フロア地代の面から見た効率的配分すなわち、フロア地代の順に各活動の床面積が都心部から配分されている。 S の値が大きくなると都心部での立地は道



図－2 $R=1.25$ の時の S と Y との関係

路網制約を破ることになるためほとんどすべての活動の床面積は郊外に配分されることになり、その結果Yの値は急速に低下している。つまり、この図は過度の需要量が経済的利益を失なわせることを示している。

図-3は、異なるSの値に対するRとYとの関係を示したものである。なお、 $R=1.00$ 、 $R=1.05$ 、 $R=1.10$ では $S=0.2$ についても実行可能解は存在しなかった。 $S=0.2$ 、 0.4 のときにはRの変化に対してYの値は変わらず、この程度の需要のもとでは道路網の容量は十分である。Sの値が 0.8 以上になるとRの値が小さい場合にYの値は大きく低下しており、道路網容量制約の効果が現れている。また、Rの値の増大とともにより大きいSのもとでのR-Y曲線による抱絡線の存在がうかがわれる。つまり交通環境水準を向上させると許容しうる床面積需要量と達成可能なフロア地代収入額は低下している。特にRの値が小さいところではYの値は急激に低下している。このことは道路環境水準を高めることにより道路網容量が低下するため、各活動を郊外に立地させねばならないからである。逆に、交通環境水準の悪化を許容すれば、道路網制約に余裕が生じ、商業やビジネス等都心部でのフロア地代が特に高い活動の床面積を都心部に集めることが可能となり、Yの値を格段に大きく出来るのである。

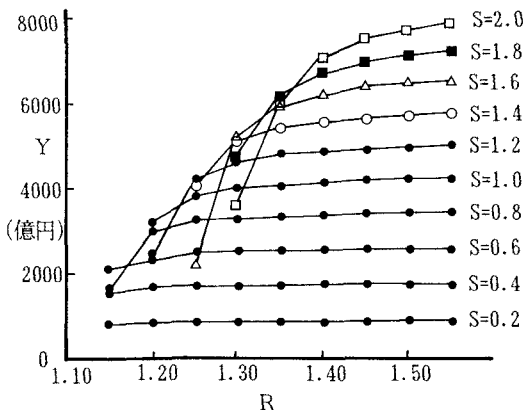


図-3 異なるSに対するRとYとの関係

5. おわりに

本研究では都市生活の質をパラメータとして、都市施設と都市活動との関係を表現する。都市政策分析用具としての都市モデルを提案し、簡単な適用計算を行なった。計算の結果、与えられた道路網と交通環境水準のもとで、(イ) 経済的には非効率だが物理的には需要量を受け入れられる過密領域が存在すること。(ロ) 交通環境水準を向上させると都市開発需要量が相対的に小さい場合にはフロア地代収入の低下は少ないが、相対的に大きい開発需要量のもとではフロア地代収入の低下が大きくなること等がわかった。計算結果は道路網のネットワーク特性を含めて計算条件に依存してはいるが、一般的な意味で示唆に富んだ結果が得られたと思われる。今後は、より現実的な状況設定のもとで検討を加えたい。

参考文献

- 1) 東京都、東京集中問題調査報告書、1990.
- 2) 東京都、活力とゆとりのある都市「東京」の形成1992.
- 3) Kashiwadani M., Asakura Y. and H. Shimooka, Floor Area Ratio Allocation Planning under a Road Network Constraint, a paper presented at 13th PRSLO, 1993.