

複数駅を考慮した駅前広場整備の効率化に関する基礎的研究*

Study on optimal station plaza planning considering demand transfer among multiple stations*

紀伊 雅敦**

By Masanobu KII**

1. はじめに

首都圏では鉄道は主要な交通手段であるにもかかわらず、多くの駅前には結節施設が十分整備されておらず、朝夕を中心に慢性的な交通混雑や輻輳が見られる。一方、駅前広場の整備においては、地権者、鉄道事業者、交通管理者など事業の関係主体が多く、これら主体間の調整および用地取得に多大な費用と労力を要し、構想から竣工まで数十年にわたる場合も少なくない。

駅広の整備を促進し、上述の問題の解決を図るためには、その効率的な整備方策の検討が必要である。その一つとして、複数の駅で結節点の役割を調整しつつ整備を重点化する計画概念が提案されている¹⁾。これはバスや自動車など道路系の末端需要を重点整備駅に集約する一方、他の駅では歩行環境を向上させるなどその機能の差別化を図るものである。重点化による整備の促進が期待される一方、需要誘導を考慮することでより高い整備効果を目指すものといえる。しかし、従来の広場整備は個々の駅で独立に行われており、駅間での役割の調整方法については明示的に示されていなかった。

既往研究では、個別の駅特性に応じた整備方策を検討する事を目的として様々な駅の分類方法が提案されているが^{2,3,4)}、それらは駅間での需要誘導や役割の調整を考慮したものではない。一方、鉄道施設整備のための需要予測手法として駅・端末手段の選択行動モデル^{5,6)}の研究が数多くなされてきたが、これは与えられた整備シナリオの元での需要推計を目的としたものである。また交通施設以外の要素を考慮した駅空間評価の試み^{7,8)}も見られるが、具体的な

施設整備との関連は不明な部分も存在する。

本研究は、駅間での需要誘導を考慮した効率的な駅前広場整備の効果について検証し、その結果に基づき広場整備あり方を検討するものである。ただし、単純化のため、交通機能のみを分析対象とし、広場整備の効率性は、一般化交通費用の削減分から整備費用を除いた純便益で計測する。この純便益を最大化する広場整備と従来型の個別計画による整備パターンとを比較することで、効率的な整備のあり方について検討を行う。

次章ではまず、本論文における駅前の機能と整備効果計測の考え方を示したうえで、最適整備問題を定式化する。3章では駅選択行動をモデル化し需要に対する駅前整備の影響を考察する。4章では得られたモデルを最適整備問題に当てはめ、得られる結果と従来型の広場整備方法とを比較することで、その効果を検証し、整備の重点化の必要性を検討する。

2. 最適整備問題の定式化

(1) 分析の対象と設定条件

本論分の目的は駅間での需要誘導を考慮した広場整備の効率性向上の可能性を検証することである。駅前広場整備の効果は、結節交通の円滑化のみならず、環境、景観、防災などの面でさまざまな効果を有するが⁹⁾、ここでは需要に影響する交通機能のみを考慮の対象とする。

駅前広場の交通機能は、駅へのアクセス交通を円滑化し、所要時間の短縮や通行の快適性向上など、その一般化費用を減少させるものと考えられる。分析における広場整備状況の表現としては、広場の有無、広場面積、端末手段別の施設量、施設・構造物配置など様々なレベルがある。ここでは、駅間での需要変化に着目すること、効率性向上を首都圏レベルでマクロに把握すること、整備費用を概算する必要性などから、広場面積を用いる。

*キーワード: 公共交通計画, ターミナル計画

**正員, 工博, 運輸政策研究所

(東京都港区虎ノ門 3-18-19,

TEL: 03-5470-8415, FAX: 03-5470-8419,

e-mail: kii@jterc.or.jp)

広場整備の交通行動への影響は、一般化費用を低減させるものとして集約的に捉える。その際、対象とする交通行動は駅の選択行動とし、トリップの生成、端末手段の選択への影響は対象としない。言い換えると、鉄道利用の総トリップ数は変化しないものとし、また端末交通手段別の影響は考慮しない。なお、この交通行動モデルと駅広整備の効果は3章で扱う。

駅広整備による利用者便益は、鉄道利用による都心までの一般化交通費用の減少分として捉え、整備効果はそこから整備費用を除いたものの純現在価値(NPV)で表現する。なお、整備費用に関して、用地費は平成12年公示地価より駅ごとに推計し、工事費、補償費については平成9年の街路事業費調査¹⁰より推計したものを用いる。

以上の設定により、駅前広場の整備効果をマクロに捉えることが可能となる。以下ではこの整備効果を最大化する各駅の広場整備面積を求める問題を定式化する。

(2) 分析のフレーム

居住地 i の鉄道利用者について、都心部までの一般化交通費用を C_i で表す。また、広場の機能は面積のみで表されるものとする。 j 駅の新規整備面積を A_j とし、 $\mathbf{A}=\{A_1, A_2, \dots, A_J\}$ を対象地域における全駅の整備面積とすると、 $\mathbf{A}$ のもたらす利用者便益は

$$B(\mathbf{A}) = R \cdot \sum_i Q_i \cdot (C_i^0 - C_i(\mathbf{A}))$$

$$\text{where } R = \frac{1 - 1/(1+r)^T}{1 - 1/(1+r)} \quad (1)$$

で定義される。ただし、 Q_i 、 C_i^0 はそれぞれ、居住地 i の利用者数と整備前の一般化交通費用である。この Q_i は整備前後で変化しないものとする。 $C_i(\mathbf{A})$ は整備 $\mathbf{A}$ のもとでの一般化交通費用、 r は割引率、 T は便益の計測年数である。ここで整備 $\mathbf{A}$ の事業費用を次式で定義する。

$$D(\mathbf{A}) = \sum_j D_j(A_j) \quad (2)$$

ここで、 $D_j(A_j)$ は j 駅での面積 A_j の広場整備に要する事業費を表す。このとき、NPV を最大化する整備 $\mathbf{A}^*$ は以下の問題の解である。

$$\text{Max. } \{NPV(\mathbf{A}) = B(\mathbf{A}) - D(\mathbf{A})\} \quad (3)$$

この最大化の条件は $\partial B / \partial \mathbf{A} = \partial D / \partial \mathbf{A}$ である。今、費用は $D_j(A_j) = \tau_j \cdot A_j$ と表されると仮定し、また、 $\mathbf{A}^* = \mathbf{A} + \Delta \mathbf{A}$ とすると、 $\mathbf{A}$ が $\mathbf{A}^*$ の近傍にあるならば、近似的に次式が成立する。

$$\nabla B(\mathbf{A}) + \nabla^2 B(\mathbf{A}) \cdot \Delta \mathbf{A} = \tau \quad (4)$$

ここで、現状の広場面積ベクトルを $\mathbf{A}$ とするならば、新たな最適整備計画はこの方程式の解 $\Delta \mathbf{A}$ となる。ただし、交通費用が複数駅の広場面積に応じて変化し、かつ1つの駅が複数の居住ゾーンから利用される場合、一般に $\nabla^2 B(\mathbf{A})$ が正定値または正則であることは保障されない。このことは、複数の局所解あるいは無数の解が存在することを意味する。例えば、2つの駅のうちどちらか一方だけを整備することが最適であり、かつどちらを整備しても全体として効果が同等な場合は現実にはあり得るであろう。

以上の設定に基づき最適整備を考えるためには、交通需要から必要とされる施設の整備量を駅毎に求めるのみならず、選択可能な複数の駅における広場整備量を同時に考慮することが必要となる。

3. 駅選択行動のモデル化と特性

(1) モデルの特定

ここでは、式(1)における一般化交通費用 $C_i(\mathbf{A})$ を求めるため、駅選択行動モデルの特定を行う。なお、選択行動としてロジットモデルを仮定する。ゾーン i に居住する人が、駅 j を利用する効用関数として、以下の2つの式を仮定する。

$$V_{Lij}(A_j) = a_1 \cdot L_{ij} + a_2 \cdot p_j + a_3 \cdot E_j + a_4 \cdot (A_{0j} + A_j) \quad (5)$$

$$V_{Rij}(A_j) = a_1 \cdot L_{ij} + a_2 \cdot p_j + a_3 \cdot E_j + a_4 \cdot f(A_{0j} + A_j)$$

$$f(A) = 1 / \{1 + \exp(a_5(A) + a_6)\} \quad (6)$$

L_{ij} はゾーン i と駅 j 間の距離、 p_j は j 駅から都心ターミナル(ここでは渋谷、新宿、池袋、東京を設定)までの平均運賃、 E_j は急行停車ダミー、 A_{0j} は j 駅の現在の広場面積、 $a_1 - a_6$ はパラメータを表す。また、式(6)の f は駅前広場の効用への寄与を表しており、 $b_4 < 0$ 、 $b_5 > 0$ を仮定すると、広場面積の増加に伴い、効用は一貫して増加するが、その増加率は減少する

ことを表している。居住地*i*、利用駅*j*の交通量は次式で得られる。

$$Q_{ij}(A) = Q_i \cdot \frac{\exp(V_{ij}(A_j))}{\sum_{j' \in J_i} \exp(V_{ij'}(A_{j'}))} \quad (7)$$

ここで Q_i はゾーン *i* の居住者数、 J_i は居住ゾーン *i* から利用可能な駅の集合を現す。また、駅別の一般化交通費用ならびにゾーン *i* の期待最小交通費用を次式で定義する。

$$C_{ij}(A_j) = -V_{ij}(A_j) / a_2 \quad (8)$$

$$C_i(A) = -\ln \sum_{j' \in J_i} \exp(V_{ij'}(A_{j'})) / a_2 \quad (9)$$

式(5)、(6)で与えられる2つのモデルのパラメータを、平成7年の首都圏大都市交通センサスのデータを用いて推定した。居住ゾーンは交通センサスの基本ゾーンのうち、面積が30km²未満の1391ゾーンを、駅は基礎データが得られている1108駅を対象とした。また、居住ゾーンから駅までのOD数は6523である。両モデルの推定の結果を表—1に示す。

この結果を見ると、式(5)と(6)のモデルは、推定精度、有意性ともにほとんど差がない。しかし、直感的には広場の限界的效果はその面積の増大とともに低減するものと考えられる。図—1は両モデルによる交通量の推計値と観測値の残差を、広場面積が3万m²以上の駅について示したものである。横軸は広場面積を示し、縦軸は残差を表す。棒グラフは残差の分布範囲を示しており、上辺は最大値、下辺は最小値、模様は境界は平均値を示す。左は式(6)のモデルの残差であり、右は式(5)のものである。これより、線形を仮定したモデルでは特に大規模な駅前広場について、その効用および交通需要を過大推計しており、これを式(3)の問題に適用する場合、過大な広場整備が最適解として得られる可能性がある。したがって、以下の分析では式(6)のモデルを用いる。なお、広場面積が3万m²以下の駅については、両者の残差はほぼ同様な分布を示している。

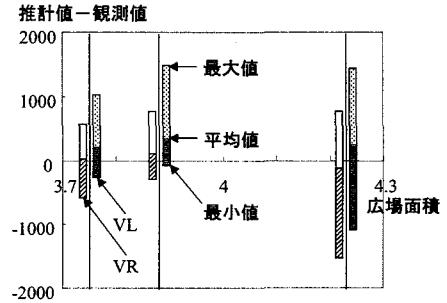
(2) 駅選択行動に対する広場整備の影響

前節で得られた選択行動モデルの特性を確認するために、広場整備の影響を、式(6)と(8)より定義される利用者の限界便益を用いて表す。

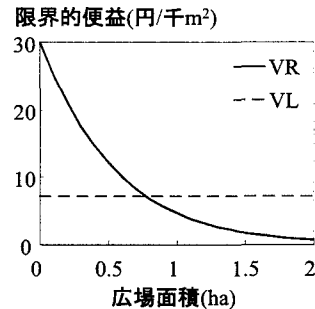
表—1 モデル推定結果

	VL	VR
距離(km)	-1.35 (-147)	-1.35 (-147)
運賃(千円)	-6.05 (-55.0)	-5.60 (-50.2)
急行停車ダミー	0.40 (26.8)	0.37 (24.4)
広場面積(ha)	a_4	0.44 (38.2)
	a_5	1.94 (11.3)
	a_6	3.01 (13.8)
尤度比	0.27	0.27
相関係数	0.85	0.86

() t 値



図—1 交通モデルの残差特性



図—2 広場整備の限界の便益

$$e_i(A_0) = -\frac{\partial C}{\partial A} \bigg|_{A_0} \Delta A = -\frac{a_4}{a_2} \frac{\partial f}{\partial A} \bigg|_{A_0} \Delta A \quad (10)$$

これは、現在面積が A_0 の広場に、新規に ΔA を整備した場合の、1人1回の利用当たりの便益の増加額と解釈される。この指標の A_0 に対する変化を図—2に示す。ここで、横軸は A_0 であり、縦軸は $\Delta A = 1000\text{m}^2$ とした時の利用者便益である。参考として、式(5)における限界の便益を破線で示す。実線は式(10)より得られる限界の便益の変化を示したものである。これを見ると、広場のない駅に整備する場合、約30円の便益増加が見込まれるが、広場面積が大き

なるに従い、限界的な便益は低下し、2ha.でほぼ0となる。既存のCVM調査¹¹⁾によると駅広整備に対するWTPは約20円から90円程度となっており、このモデルの推定値は便益をやや低めに推計している可能性があるが、おおむね常識的な値といえよう。

なお、本モデルでは駅前整備の効果を集約的に捉えている。例えば、駅前整備によりバス路線が導入され、駅へのアクセシビリティが向上するなどの効果も暗に含まれている。したがって、あくまでもここで捉えられた広場整備の効果は、広場整備に伴い発生する様々な効果を織り込んだものであり、首都圏におけるその平均値を表していることに留意する必要がある。

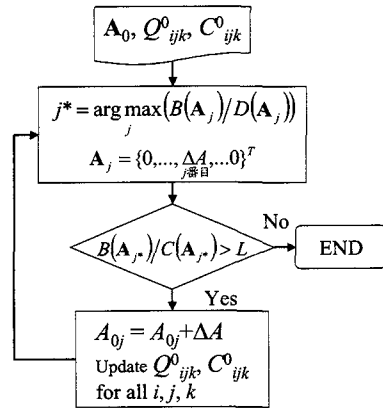
4. 最適整備の効果と特徴

(1) 最適整備量の探索と効果

ここでは、前章のモデルを式(1)に代入し、式(3)の解を最適整備 A として求める。対象は交通行動モデルの推定に用いたゾーンと駅である。式(3)の解を導出する方法として、一般的には数理最適化手法が用いられるが、ここで対象とする操作変数は首都圏における全1108駅と多く、また、複数の局所解が存在しうることから計算上の困難が想定される。そこで、整備面積を千 m^2 単位に離散化し、組み合わせ最適化問題として解く。ここでは、最も単純な局所的探索¹²⁾を用いる。計算フローを図—3に示す。分岐条件の L は費用便益比を表しており、 $L=1$ の時、式(3)の条件を満たす。ただし、整備基準に対する効果の感度を見るため、 $L=\{1, 1.5, 2\}$ についても分析を行う。また、現在都市計画済みで未整備の駅前広場、および広場整備指針の算定式から得られる広場面積¹³⁾を全駅で整備した場合の効果についても分析する。

式(1)における割引率 r 、計測年数 T はそれぞれ4%、30年と設定した。また、便益の算定は、居住地および従業地から駅までのアクセス交通について行う。居住ゾーン、従業ゾーンの発生集中交通量は、大都市交通センサスの定期券調査より駅毎に発生集中交通量のゾーン比を求め、それを普通券調査に拡大して求めた。また整備費用は各駅の単位面積あたりの事業費と整備面積より求めた。結果を表—2に示す。

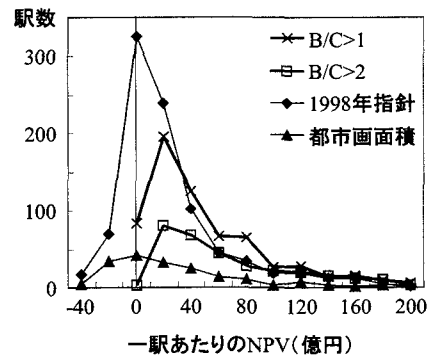
NPVを見ると、最適整備の結果と比較して、実際の都市計画および算定式の整備計画ではかなり低い



図—3 局所的探索のフロー

表—2 広場整備の効果

	L=1	L=1.5	L=2	都市計画	算定式
駅数	676	482	340	194	963
整備面積(ha)	364	208	124	83	314
整備費用(兆円)	4.70	2.67	1.56	1.03	6.21
総便益(兆円)	9.06	5.67	4.69	1.47	7.05
費用便益比	1.92	2.46	2.97	1.43	1.14
NPV(兆円)	4.36	3.90	3.11	0.45	0.85



図—4 NPVの分布

ことがわかる。駅数を見ると、都市計画されたものは少なく、算定式では多い。このことから、首都圏全域で純便益を最大化するには現在都市計画決定されている以上に駅広の整備を推進することが必要であるが、すべての駅に既存の算定式を当てはめた場合、過大な整備水準が要求されることが示唆される。一方、純便益を最大化するよう整備を行う場合には相対的に大きな効果を得られる可能性がある。

ただし、この表より得られる知見はあくまでも首都圏全域のものであるため、これらの結果はより詳細に検

討されるべきであろう。そこで、各ケースの相違点を把握するため、1 駅当たりの NPV の分布を図—4 に示す。ただし、式(1)、(9)では、駅別の整備効果把握できないことから、ここでは式(8)を用いた台形公式¹⁴⁾により計算を行った。なお、台形公式による純便益の総和はログサムを用いたものに対し、ケースにより 0.1%から 0.7%程度過大に推計されている。

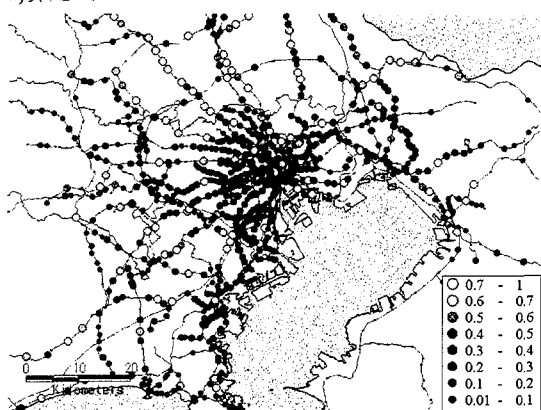
図—4 の横軸は 1 駅当たりの NPV の階級、縦軸はそのクラス毎の駅数を表す。NPV>20 のクラスでは $B/C>1$ と算定式の分布はかなり類似していることがわかる。相違点は、前者は NPV が負となる計画は採択されないのに対して、算定式ではそのような計画を多数含んでいることである。一方、 $B/C>2$ では NPV>60 では算定式とほぼ同じ分布となるが、それ以下の駅数はかなり少ない。一方、実際に都市計画決定されているものは、分布の傾向は他のケースとほぼ同様であるが、やはり NPV が負となる計画を含んでいる。ただし、この NPV の算定は現在の人口分布に基づいており、将来人口の想定により結果は大きく異なることに注意する必要がある。例えば、ニュータウンのように大幅な人口増加が見込まれる地域においては、現在人口を用いた推計では過小評価となる。

(2) 最適整備の特徴と整備のあり方

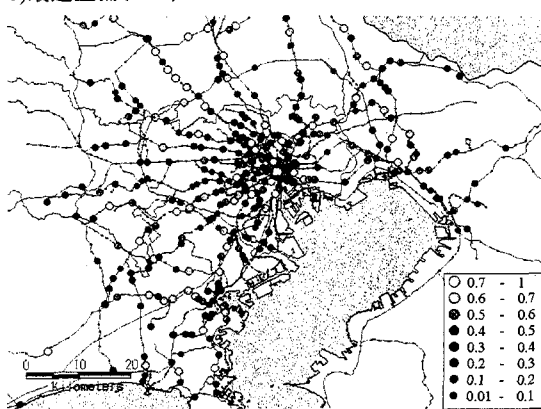
前節の分析より、従来の算定式を用いる方法に比べ最適整備では整備される駅数は少ないものの、高い純便益を得られることが示された。これは、駅前広場の重点整備が首都圏全域で見た場合効率的であることを示唆している。この重点化がどのような場所で行われているかを見るために、整備駅と追加整備面積を地図上にプロットしたものを図—5 に示す。ここで a)は算定式による整備量を示し、b)は $L=2$ の場合の最適整備量をプロットしたものである。また、図中の円は各駅の整備面積を表し、色の濃いほど小規模な整備であることを意味する。

これより、算定式と比較して最適整備では特に都心部、近郊部における小規模整備が少ない一方で、5 千 m^2 以上の中規模の整備割合が多くなっている。これらの地域は駅勢力圏が小さく、他の駅と重複していることから、駅間での需要移転の可能性が高く、その場合に整備の重点化が効率を向上させるといえる。また、郊外部では駅密度が低いと必要移転の可能

a)算定式



b)最適整備(L=2)



図—5 整備駅と広場面積

性は低く、特に放射路線では各駅で広場を整備することが、効率性の観点からも必要であると言える。一方、外縁部では需要自体が小さいことから、整備の効率性は低いものと判断され、整備駅は非常に少なくなっている。

このように駅前広場整備の効率性向上には、費用対効果の高い駅での重点的な整備が必要であると言えるが、資源配分の重点化による不公平が生じる可能性も指摘されよう。実際、整備効果は低いものの、地域の生活の質の向上のために、バリアフリー施設や景観整備など、何らかの整備が必要とされている駅も相当存在する。従って、交通機能のみならず、多様な駅前を実現する整備制度が求められる一方、生活の質指標など効率性以外の整備効果の計測指標の開発も今後必要であろう。

5. おわりに

本研究では、駅間での需要移転を考慮した駅前広場整備の効率化の可能性について検討し、経済的な効率性向上のためには整備の重点化が必要であることを示した。また、得られた整備駅の分布から、首都圏では特に近郊部において重点整備が有効であり、そこでは駅間で交通機能を差別化し、役割分担を行うことが効果的であることが示唆された。これより、今後の駅広整備においては、従来の個別駅の分析に加え、需要変化を含めた駅間での役割分担を考慮することが重要であり、そのための整備指針が必要とされていると言える。

一方、需要の小さい外縁部では、効率性の観点からは整備の必要性が低いとの結果が得られたが、資源配分の公平性や生活の質の向上などの点から整備が不必要であるとは言いきれない。その適切な評価のためには、本論で対象としなかった環境機能や生活の質指標など、交通効率性以外の整備効果の計測手法が必要である。

なお、分析上の課題として、ここでは単純に総面積を用いて便益を算定したが、より明確に役割分担を扱うためには端末手段に対応する施設毎の評価が求められる。

参考文献

- 1) 永井秀忠: 駅前広場の課題と整備の取り組み, SUBWAY, vol. 133, pp. 26-31, 2002
- 2) 依田和夫: 駅前広場・駐車場とターミナル, 交通工学研究会, 1986
- 3) 山口美穂, 竹内伝史: 駅前広場の機能分類と類型別整備方針に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.21(2), pp. 281-284, 1998
- 4) 若宮大輔, 伊豆原浩二, 松井寛: 端末交通手段分担からみた鉄道駅の類型化と駅前広場面積簡易算定式の設定, 土木計画学研究・講演集, No.22(1), pp.455-458, 1999
- 5) 原田昇, 太田勝俊: Nested Logit モデルの多次元選択への適用 - 駅・アクセス手段同時選択の場合 -, 交通工学, Vol.18, No.6, pp.3-11, 1983
- 6) 宮城俊彦, 中島康博: 駅・端末交通手段選択モデルのパラメータ推定について, 土木学会第 50 回年次講演会講演集, pp.160-161, 1995
- 7) 三本松道昭, 坂倉健之, 木下栄蔵: 利用客による駅の評価に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.1031-1034, 1995
- 8) 施文雄, 樗木武, 松岡淳, 佐田真吾: 意識調査に基づく駅前広場整備計画のあり方に関する研究, 土木学会第 49 回年次学術講演会講演集, pp.392-393, 1994
- 9) 建設省都市局: 駅前広場計画指針, 技報堂出版, 1998
- 10) 建設省所管建設事業費等調査総括表, 1998
- 11) 建設省都市局: 都市内道路評価手法検討調査報告書, 2000
- 12) Sait, S. M. et al.: 組み合わせ最適化アルゴリズムの最新手法, 丸善, 2002
- 13) 紀伊雅敦: 首都圏における駅前広場の評価と整備方策, 運輸政策研究, Vol. 4, No. 3, pp. 57-61, 2001
- 14) 森杉壽芳, 社会資本整備の便益評価, 勁草書房, 1997

複数駅を考慮した駅前広場整備の効率化に関する基礎的研究*

紀伊雅敦

首都圏の駅前広場は交通結節点としての重要な役割を有するが、その整備水準は未だ十分ではない。整備促進のためには駅前整備の重点化が必要であるが、効率的な整備駅と規模の選択基準は必ずしも明確ではない。本研究では、駅選択行動を考慮することにより、駅群における最も効率性の高い駅前広場面積を算定する手法を作成し、首都圏を対象に分析を行った。その結果、複数の駅でみた場合、整備の重点化が効率性を向上させる可能性が示された。

Study on optimal station plaza planning considering demand transfer among multiple stations*

Masanobu KII

The station plaza has important role as transport node, but both its number and scale is still not sufficient in Tokyo. As to accelerate the plaza development, improvement of its efficiency is required. In this study, we developed analytical tool for finding optimal scale of multiple station plazas simultaneously considering station choice behavior of railway user. As a result, simultaneous planning and concentration of investment on selected stations is found to be more efficient than individual plaza planning.
