首都圏駅前の交通結節機能の必要性と役割分担に関する基礎的分析*

Analysis on station plaza functions as transfer node
and its strategic assignment in Tokyo metropolitan area*

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，朝夕の交通の混雑，輻輳が日常的に見られる．同時に，これら駅周辺の多くは高密な市街地となっており，広場整備には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．昨今の地方財政の衰退，今後の高齢社会におけるモビリティ確保の重要性を鑑みれば，整備を重点化し効果の出現を早めるとともに，未整備駅での自動車交通の制御等により良好な交通環境を創出することが都市・交通政策上必要である．

本研究では，交通結節施設を重点的に整備すべき駅を抽出するために，駅および端末手段の選択行動モデルをベースに，広場整備の便益と費用を算定する分析フレームを作成する．これを首都圏の駅に適用し，B/C が一定の水準をみたす駅を抽出，整備すべき面積の算定を試みる．この結果と，現在計画中の広場面積，および駅前広場計画指針 [1)] の算定式より得られる面積を比較し，駅前の役割分担の効果について考察を行う．

2. 整備計画の評価方法

⑴ 整備重点化策と需要誘導策としての役割分担

従来の駅広整備は，個別の駅について端末手段別の交通需要から必要とされる施設別の面積を積み上げ計画されてきた．その際，他の駅広整備の影響や機能の分担などは明示的には取り入れられてこなかった．しかし，先に述べたように，整備の重点化を図るためには，役割分担を考慮し効率的に整備することが必要である．当然のことながら，駅前広場は交通結節機能が必要とされる場所に整備すべきだが，その整備により，一部の利用者は駅の選択行動を変更し，結果，交通需要自体が変化することになる．従って，整備の効率化のためには，その需要変化を織り込んだ整備計画の策定方法が必要である．

役割分担は駅間で交通結節機能に違いを持たせることで，端末需要の誘導と整備の重点化をはかり，効率的な整備を目指すものである．本論では，その方法として，従来の費用便益分析における純現在価値（NPV）を最大化する整備計画を算定する分析フレームを作成，首都圏に適用し，駅前広場の役割分担について考察を行う．

⑵ 分析のフレーム

役割分担の効果をNPVで計測する際に，整備に伴う需要変化を考慮するために，以下のような評価フレームを構築する．

居住地 i，利用駅 j，駅までの端末手段 k の鉄道利用者の都心部までの一般化交通費用を C_{ijk} で表す．j 駅の整備面積を A_j とし，$\mathbf{A}=\{A_1,A_2,\ldots A_J\}$ を首都圏での整備計画とすると，$\mathbf{A}$ のもたらす利用者便益は

$$B(\mathbf{A})=\frac{1}{2}R\sum_{i,j,k}\left(Q^0_{ijk}+Q_{ijk}(\mathbf{A})\right)\left(C^0_{ijk}-C_{ijk}(A_j)\right)$$

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

で表される．ただし，Q^0_{ijk}，C^0_{ijk} はそれぞれ，整備前の利用者数，および一般化費用である．また，$Q_{ijk}(\mathbf{A})$ は $\mathbf{A}$ の元での利用者数，$C_{ijk}(A_j)$ は j 駅に A_j 整備した場合の一般化費用，r は割引率，T は便益の計測年数である．計画 $\mathbf{A}$ の整備費用を次式で定義する．

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

$D_j(A_j)$：j 駅において A_j を整備した場合の整備費用．

このとき，NPV を最大化する計画 $\mathbf{A}^*$ は以下の問題の解である．

*キーワーズ：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）

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

この最大化の条件は$\partial B/\partial \mathbf{A} = \partial D/\partial \mathbf{A}$ である．今，$D_j(A_j)=t_j \cdot A_j$ を仮定し，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．

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

従って，この方程式の解$\Delta\mathbf{A}$ が新たな整備計画となるが，交通需要変化を考える場合，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効果が同値な場合等は現実にあり得るであろう．

従って，役割分担を考えることは，交通需要から決定される施設の整備量を駅毎に求める問題であると同時に，複数の駅における機能の割り当て問題でもある．以降では，これらの問題を同時に決定する方法を提案する．

なお，当然のことながら，需要変化を考えない場合は，便益は当該駅のみの整備面積で決まるため，$\nabla^2 B(\mathbf{A})$は対角行列となり最適解は一意に求まる．

3. 駅および端末手段の選択行動

(1)モデルの特定

式 (1)における交通量 $\underline{Q_{ijk}(\boldsymbol{A})}$，および一般化費用 $C_{ijk}(A_j)$を求めるための，選択行動モデルの特定を行う．ここでは，利用者の行動を駅と端末交通手段の同時選択とし，ロジット型のモデルを仮定する．ゾーン i に居住する人が，駅 j，端末手段 k を利用する効用を次式で表す．

$$V_{ijk}(A_j)=a_{1k}\cdot L_{ij}+a_2\cdot p_j+a_{3k}+a_{4k}\cdot f(A_{0j}+A_j)$$

$$f(A) = 1/\{1+\exp(a_{5k}(A)+a_{6k})\} \qquad (5)$$

L_{ij} はゾーンi と駅 j 間の距離，p_j は j 駅から渋谷，新宿，池袋，東京までの平均運賃，A_{0j} は j 駅で整備済みの面積，$a_{1k}, a_2, a_{3k}, a_{4k}, a_{5k}, a_{6k}$ はパラメータを表す．また，式 (5) は整備面積が増加するに従い，交通費用の減少率が逓減することを表している．居住地 i，利用駅 j，端末手段 k の交通量は次式で得られる．

$$Q_{ijk}(\mathbf{A}) = Pop_i \cdot \frac{\exp(V_{ijk}(A_j))}{\sum_{j'\in Ji}\sum_{k'\in Ki}\exp(V_{ij'k'}(A_{j'}))} \qquad (6)$$

表—1 モデル推定結果

		徒歩	自転車	バス	自動車
距離(km)		-1.69 (-19.64)	-0.73 (-8.56)	-0.32 (-4.54)	-0.27 (-2.24)
運賃(千円)		-4.13 (-5.64)			
定数			0.14 (0.40)	-10.21 (-0.38)	-1.30 (-0.25)
広場面積(ha)	a_4	10.99 (0.88)	8.91 (0.70)	18.49 (0.75)	7.30 (1.30)
	a_5	-3.12 (-0.60)	-3.23 (-1.20)	-2.41 (-1.67)	-5.21 (-0.46)
	a_6	-3.34 (-4.65)	-2.16 (-1.44)	-2.41 (-1.72)	-1.75 (-1.33)
尤度比		0.28			
相関係数		0.80	0.64	0.48	0.37

Pop_i はゾーンi の居住者数，J_i はゾーンi から利用可能な駅の集合，K_{ij} は ij 間で利用可能な端末手段の集合を現す．なお，一般化費用を次式で定義する．

$$C_{ijk}(A_j) = -V_{ijk}(A_j)/a_2 \qquad (7)$$

こ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 30km^2 未満の 1467 ゾーンを，駅は端末交通手段が得られている 1141 駅を対象とした．また，端末交通手段は徒歩，自転車，バス，自動車に集約した．推定の結果を表—1 に示す．

この結果を見ると，距離と運賃以外のパラメータの有意性はかなり低い．これは，首都圏全域を対象としていることが原因と考えられるが，次節において本モデルの特性について検証を行う．

(2)選択行動に対する広場整備の影響

前節で得られたモデルにおける選択行動の特性を確認するために，広場整備の影響を，次式で定義される利用者の限界的便益を用いて表す．

$$e_k(A_0) = -\left.\frac{\partial C_k}{\partial A}\right|_{A0}\cdot\Delta A = -\frac{a_{4k}}{a_2}\left.\frac{\partial f_k}{\partial A}\right|_{A0}\cdot\Delta A \qquad (8)$$

これは，既存の A_0 の広場に，新規にΔA を整備した場合の，一人当たりの便益の増加額とみなしうる．この指標を端末手段別にまとめたものを図— 1に示す．ここで，横軸は A_0 であり，縦軸はΔA =1000m^2 とした時の利用者便益である．これを見ると，いずれの端末手段においても広場面積が大きくなるに従い，限界的な便益は低下しており，1ha を超える広場の駅では，バス以外の端末利用者の便

益はほぼ 0 である. また, 自動車の限界便益は, 他と比較して急激に減少している. これは, 鉄道駅端末交通としての自動車利用においては, 小規模な車寄せや短時間の駐停車場があれば, 十分である可能性を意味している.

便益額について見ると未整備駅においては, 歩行者の28円から自動車利用者の116円まで大きくばらついている. 既存の CVM 調査 [2]によると駅前広場に対するWTP はおよそ 20 円から90 円程度となっており, やや過大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.

むろんこれらの特性は, 前節で示されているように, 不安定なパラメータ推定結果に基づいており, 実際の選択行動は, 居住地や鉄道駅, あるいは利用者の属性に応じて多様であると考えられる. しかしながら, この分析から得られる解釈は我々の直感と合致しており, 首都圏の平均的な駅及び端末手段の選択行動を表すモデルと見なして以降の分析を行う.

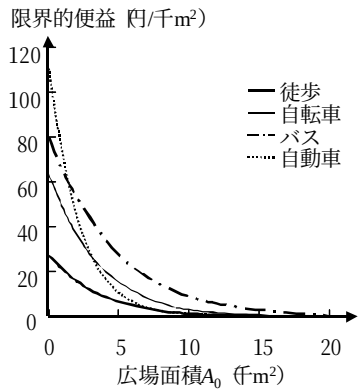
4. 整備効果と役割分担

(1) 整備計画の導出と効果

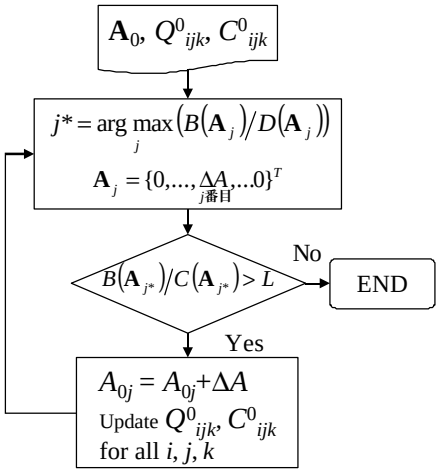
前章のモデルに基づき式 (1)の解を整備計画 $\mathbf{A}$ として求める. ただし, 操作変数が1141 個と多いこと, また, 複数の局所解の存在が想定されることから, 整備面積を千 m^2 単位で離散化した上で, 組み合わせ最適化問題として解く. ここでは, 最も単純な局所的探索 [3]を用いた. 計算のフローを図—2 に示す. 分岐条件における L は「1」の時, 式 (3)の条件を満たすが, 整備基準に対する効果の感度を見るため, L={1, 1.5, 2}の場合について分析を行った. また, 現在都市計画決定されている広場の整備効果, および広場整備指針の算定式から得られる広場面積 [4]を整備した場合の効果についても分析を行った.

なお, 式 (1)における割引率 r, 計測年数 T はそれぞれ 4%, 30 年とした. また, 便益の算定は, 居住地から駅までの交通に加え, 従業地から駅までの交通も含めて行った. 居住ゾーン, 従業ゾーンの発生交通量は, 大都市交通センサスの定期券調査より駅別の交通発生ゾーン比率を求め, それを普通券調査にも拡大して求めた. また整備費用は単位面積あたりの道路整備事業費を地価から推定する算定式を作成し, 駅周辺の公示地価と整備面積より求めた. これらの結果を表—2 に示す.

ここで, 端末便益比とは, 総便益に対する端末手段別の便益の比率を表す. NPV を見ると, 本分析から得られる整備計画と比較して, 実際の都市計画および算定式の整備計画ではかなり低くなっている. 原因として, 駅数, 整備面積より, 前者は過小, 後者は過大である可能性がある. すなわち, 今後更なる駅広の整備推進が必要であるが, 従来の算定式では過大な整備水準が要求されていることが示唆される. 一方で, 役割分担を考慮した場合には相対的に大きな効果を得られる可能性がある.



図—1 広場整備の限界的便益



図—2 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		770	595	423	203	972
整備面積(ha)		300	182	112	87	315
整備費用（兆円）		3.95	2.35	1.40	1.05	6.21
総便益（兆円）		7.45	5.59	4.04	1.40	6.45
費用便益比		1.88	2.38	2.88	1.34	1.04
純現在価値（兆円）		3.50	3.24	2.64	0.35	0.23
端末便益比	徒歩	0.38	0.38	0.38	0.29	0.36
	自転車	0.27	0.28	0.28	0.28	0.27
	バス	0.30	0.29	0.28	0.38	0.33
	自動車	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

端末別便益比を見ると, 都市計画, 算定式では相対的にバスの値が高い. このことは従来の整備計画において, 駅広が基本的にバス等の道路系公共交通と鉄道の乗り継ぎ施設として位置づけられてきたことを反映していると考えられる. しかし, 首都圏では鉄道アクセスの約 6 割が徒歩であることを鑑みれば, 駅の利用特性に応じたより多様な整備方策が, 効果の面でも望まれるといえよう. 本分析で得られた整備計画では便益比でみると徒歩の比率が高く, 実際に都市計画決定されたものと比べて歩行者の利便を高めうるものと考えられる.

(2)地区レベルでの役割分担の効果

前節の分析により, 首都圏レベルでは, 役割分担を考慮することで従来型の計画手法と比較して高い整備効果を得られる可能性が示されたが, ここでは, 地区レベルで見たときの交通行動の変化と, 便益の発生状況を調べる.

対象を首都圏西部郊外の長津田駅周辺とする. この駅は, 東急田園都市線とJR 横浜線の結節駅であり, 終日乗降人員が 78,000 人で, 5,300m^2 の広場が計画されている.

ここではL=2 の場合について, 長津田駅と周辺のつくしの駅, 田奈駅の, 本分析より得られる広場面積, 端末別の需要変化, 便益変化を表—3 にまとめる. ただし, これらはモデルによる現況再現値からの変化を示す.

これを見ると, 7 千 m^2 の広場を整備する長津田駅ではバス利用者が大きく増加しており, 便益に占める割合も 47%と非常に大きいことがわかる. 一方, 3 千 m^2, 2 千 m^2 と比較的小規模な整備を行うつくしの駅, 田奈駅では歩行者は微減しており, それ以外は増加している. 便益を見ると, 歩行者と自転車でそれぞれ 62%, 68%を占めており, これらの駅では, バス・自動車等, 道路系交通との結節機能よりも, 歩行者, 自転車利用者のための施設整備が重要であることが示唆される.

長津田駅に係わる需要の移動を図—3 に示す. これは長津田駅を利用する居住地 (灰色部)の利用者が, 広場整備によりどれだけ他の駅から長津田駅にシフトしたかを示している. これを見ると, 青葉台, 十日市場などの需要の大きい駅からのシフトに加え, 周辺の駅の需要がある程度集約されている様子が読みとれる.

5. おわりに

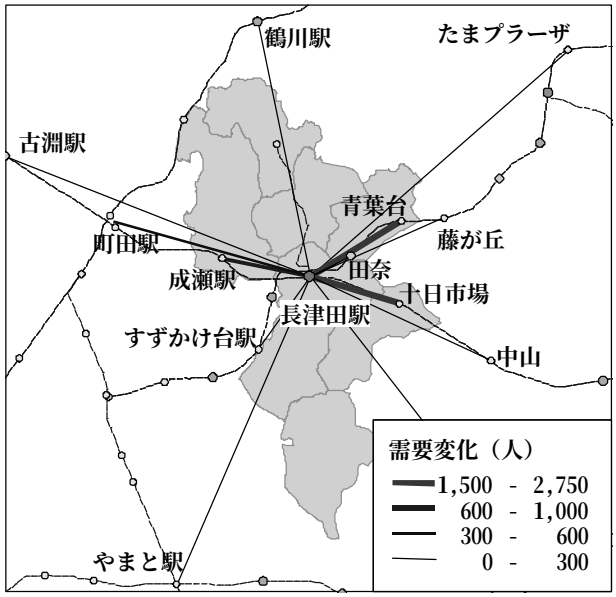
本研究では, 役割分担を考慮した整備は, 交通需要の集約と重点化による効率化をもたらし, より高い効果を達成しうる可能性を示した. 従って, 今後の駅前広場整備では, 従来の個別駅の分析に加え, 需要変化を含めた駅間での役割分担を考慮することが重要である. そのためには, 都市・交通マスタープラン等での駅前の整備方針の策定, あるいは重点整備駅の選定に際して役割分担を明確に扱える分析手法の導入が必要である.

なお, 分析上の課題として, 駅端末選択モデルの精度の向上, 整備計画算定における複数の局所解の推定などがあげられる. また, 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必要である.

表—3 地区レベルでの整備効果

駅名 (整備面積)		徒歩	自転車	バス	自動車
長津田 (0.7ha)	需要変化	319	3960	7036	996
	変化率	0.03	0.71	1.59	1.19
	便益	78.8	149.1	234.8	33.8
つくし野 (0.3ha)	需要変化	-505	544	729	169
	変化率	-0.09	0.28	0.60	0.73
	便益	27.8	29.5	28.5	6.3
田奈 (0.2ha)	需要変化	-321	383	395	106
	変化率	-0.05	0.17	0.33	0.48
	便益	24.1	23.9	18.6	4.4

単位 :需要変化 (人), 便益 (万円/日)



図—3 駅選択行動の変化

参考文献

1)建設省都市局 :駅前広場計画指針, 技報堂出版, 1998
2)建設省都市局 :都市内道路評価手法検討調査報告書, 2000
3) 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
4)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