

都市における鉄道連続立体交差事業の効果に関する基礎的研究*

A Basic Study on Effect of Railway Grade Separation in Urban Areas

並木 昭夫**・ 椎名 彪***

1 はじめに

鉄道連続立体交差事業（以下、“連立事業”とする。）は、市街地における平面鉄道の一定区間を連続的に高架化または地下化するものであり、多数の踏切を一挙に除去することにより、踏切事故、交通渋滞等が大巾に解消できるなど交通体系整備機能を有しているばかりでなく、市街地の一体化、高架下空間の出現等、土地利用面の効果（ポテンシャル機能）が非常に大きく、多様な機能をもつ都市整備事業と言う事ができる5)、6)。

連立事業の効果は2つに大別でき、1つは建設投資による有効需要創出、雇用機会の増大等のフロー効果と言われるものであり、もう1つは、社会資本の形成による効果でストック効果と言われるものである。フローの効果の研究は、産業連関分析等の経済分析の手法によるもので、兵庫県・姫路市⁴⁾の例があり、またストックの効果では、天野・戸田²⁾、大阪市³⁾等の例がある。

しかし、現実の連立事業をみる限り、その実施による効果は、上記の例に示されているよりも、より広範囲に及んでいるものと考えられ、さらに連立事業の実施と併わせ区画整理事業、駅前広場整備等を実施することにより、周辺地域が一変するということは、経験的によく知られているところである。従って、このような連立事業の実施にあたっては、その効果が最大限活かされるよう、周辺市街地整備等を含めた総合的な計画を立案することが望ましく、そのためには、事業計画を事前に評価する手法を確立する必要がある。

本論文は、この様な背景の下に、下記の事項を明らかにし、連立事業実施によるストック効果を対象として連立事業計画の評価手法確立の一助にしようとするものである。

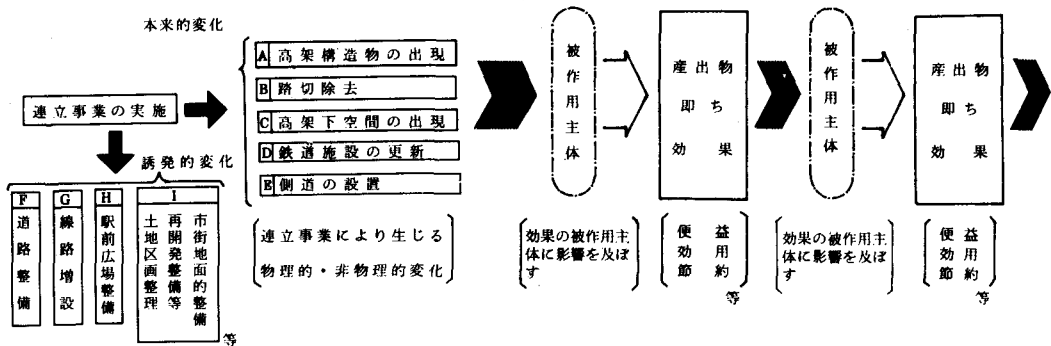
- ① 連立事業によるストック効果の全体像の把握
- ② 効果計測のための枠組みの提示
- ③ 上記枠組みに沿った事例における効果計測、および効果の有無、効果の計測可能性の検討
- ④ 費用便益分析による事業効果の評価方法の改善

2 前提条件

2-1 定義

- (1) 連立事業：市街地における平面鉄道を連続的に高架化または地下化する事業
- (2) 効果：連立事業により生じる物理的变化が第1次的要因となり、それが地域住民、自動車利用者、歩行者等の主体に作用し、主体等の行動、状態、ストックに出現する変化内容（便益、効用、節約等）とする。

図 1. 連立事業効果の発生機能とその流れ



- * 連続立体交差事業，効果影響の因果連鎖，効果計測枠組
- ** Akio NAMIKI 正会員 首都高速道路公団理事
- *** Takeshi SHIINA 正会員 建設省都市局特定都市交通施設整備室室長

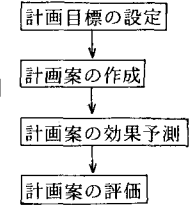
4. 効果計測のための枠組の作成

前章で、作成した因果連鎖図に示される効果項目は膨大な数に及ぶ。連立事業の事業効果を把握するために、これら各効果項目を個々に全て計測することは非常に困難であり、また効果の2重計測の問題も生じるであろう。従って、これら効果項目を一定の視点で選択し、事業効果を計測する上での枠組を作成する必要性は高い。

4-1 効果項目選択の基本的考え方

一般に交通計画の評価プロセスを最も単純化して示せば図-4の通りである。ここで、「計画案の評価」は「作成された計画案」が当初「設定された計画目標」に対しどのようなパフォーマンスを持つか、「計画案の効果予測」の結果を基になされる。すなわち、効果予測の枠組設定、計測手法の考え方等は評価結果を直接左右するものであり、計画目標との対応が十分に考慮される必要がある。

図-4 評価プロセス



連立事業の計画目標は、連立事業がねらいとする下記の3つの側面から設定されることとなる。

- ① 交通体系の改善
- ② 沿線環境の改善
- ③ 周辺市街地ポテンシャルの増進

効果項目の選択にあたっては、これら現実的要請としての連立事業の計画目標に対するパフォーマンスが十分に評価できることが重要であり、同時に、漏れが少なく連立事業の効果を幅広く把握できる効果計測の枠組みが必要となる。

4-2 効果項目選択の方法

第3章において作成された効果の因果連鎖図は、連立事業の実施による物理的变化からの波及効果として考えられる効果項目を整理したものである。効果項目の選択は、計画目標との対応を考慮し、これらの列挙された効果項目を連立事業がねらいとする①交通体系の改善、②沿線環境の改善、および③周辺市街地ポテンシャルの増進、という3つの側面から整理を行ない、効果計測の枠組みの設定を行なおうとするものである。これら3つの連立事業の目標に対して生じるであろう効果の内容と主として考えられる効果の帰属主体を整理すれば表-1に示す通りである。

表-1 連立事業のねらいと予想される効果

目 標	予想される効果	主として考えられる 帰 属 主 体
交通体系の改善	交通施設利用者に生じる直接効果（時間節約等）であり、これが、更に各種の間接効果をもたらす。	○利用者（自動車利用者、鉄道利用者、歩行者） ○事業者
沿線環境の改善	この効果は、事業が沿線住民等へマイナス効果およびそれらの対策の効果も含め様々な形態が想定される。	○沿線住民
ポテンシャルの増進	交通体系の改善と相まって沿線地域のポテンシャルを向上させる効果を考える事ができる。	○沿線地域 ○自治体

効果項目の選択は技術的に効果の把握が可能な効果項目に再構成するものとし、下記の方針に従って選択を行った¹⁾。

- ① 効果項目をできるだけ減らす。．．．．． Minimum size
- ② 連立事業効果に対する説明力が高い項目を選ぶ。．．．．． Complete
- ③ 効果項目相互の2重計測の可能性をできるだけ排除する。．．． Non redundant

4-3 効果把握のためのフレームワーク

前節の方法により、因果連鎖図に示された各項目をレビューし、項目の選択を行い、事業効果把握のためのフレームワークを作成した。作成したフレームワークを、表-2 において□で囲んで示す。

表-2 効果把握のためのフレームワーク

効果の特性		把握する効果			
効果の分類					
交通体系上の効果	安全性増進効果	踏切事故損失の解消	事故危機感からの解放		
	走行時間単縮効果	踏切解消による時間節約 踏切事故による列車遅延の解消 列車遅延による時間損失の解消 バス運行の改善（安定度）	電車運行のスピードアップ 所要時間の短縮	横断交通の分散	
	走行費用節減効果	燃料節約 列車遅延による経費削減	踏切事故による渋滞の解消		
	交通量増加効果	演習交通客量の増大 自動車交通の増大	歩行者交通の増大		
	その他	踏切不要による経費削減 電車乗務員の労働条件の改善 鉄道経営の健全化 バス利用客の増加 バス経営の改善 道路側事故便益及び渋滞解消による便益の発生	軌道設備の改善 電力・信号施設の改善 線路線形の改良 騒音・振動の減少	車両保有台数の削減 鉄道利用客の増加 旅客収入の増加 鉄道経営の改善 歩行抵抗の増大	利用客サービス水準の低下 駅利用客サービス水準の向上 電車乗心地の向上 緊急活動支援の改善
沿線環境・都市活動への効果		騒音の影響範囲の拡大 電波障害 日照の発生 補償問題の発生	通へい施設役割	イライラの解消（自・歩） 環境の変化 電車からの好転等 沿線環境の改善	ランドマーク 景観の悪化 庄田地の発生 CATVの整備促進 ブライパシーの技術
ポテンシャル効果	高土地の土地利用促進	高土地の土地利用促進	高架下空間の公共的利用の創出 高架下空間の商業的利用の創出 高架下空間の横断道路利用の創出	火災延焼の防止 沿線土地利用の変化	都市防災性の向上 遠隔地の開発促進
	市街地の交通量の増加	市街地の交通量の増加	アクセシビリティの変化（自動車） アクセシビリティの変化（歩行者）		
	市街地の交通量の向上	市街地の交通量の向上	沿道ポテンシャルの増大 自由道路の確保	駅周辺交通動線の整備 道路ネットワークの改善 歩行空間の発生	地域の一体性増大 駅裏の解消及び開発促進
	都市整備上の効果	都市整備上の効果	職業施設整備及び合理化 駅旅客流動スペースの拡大 駅施設の高架下収容 駅付近幹線道路の整備 駅広場の整備 駅周辺再開発整備 駅広場の再開発	都市安全性の向上 都市整備の促進 地域の発展 駅周辺再開発の動機づくり	貨物ヤード移転の動機づくり

5. 効果の計測

前章で作成した効果把握のためのフレームワークに沿って計測方法を設定し、過去に事業の完了した数事例において効果を計測することによって、効果の有無の確認、効果の計測可能性の検討を行った。

5-1 交通体系上の効果

交通体系上の効果は、効果の内容に応じ、大きく次の4つに分けることとする。

- ① 踏切事故の解消による効果
- ② 走行時間短縮
- ③ 走行費用節減効果
- ④ その他の交通体系上の効果

(1) 踏切事故の解消による効果

踏切事故の解消による効果は、連立事業前に踏切事故によって生じたような生命、財産への損害が皆無となる事による効果と踏切事故防止のための費用、労力が削減される効果に分けられる。

踏切事故解消——事業前10年間の踏切事故件数の実績により算定した。

踏切事故防止に要する費用等の解消——踏切に設けられている遮断機や警報機に対する維持費と、踏切警手の人件費を用いて算定した。

(2) 走行時間短縮及び走行費用節減効果

踏切がなくなることにより、まず、踏切における遮断待ちや一旦停止がなくなり、これが、踏切部を横断する自動車交通に時間短縮や燃料費の節減等の効果をもたらすと考えられる。

一方、直接踏切部を横断していなかったう回交通についても、これがもとのルートへ転換することにより、走行距離が短縮し、所用時間短縮や燃料消費の節減がもたらされることが考えられる。

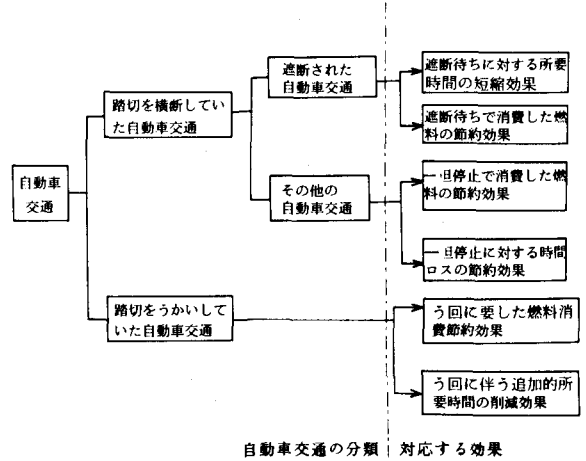
これを図式で示せば、図-5の通りである。 図 - 5 走行時間短縮及び走行費用節減効果

- ・踏切横断交通——遮断された自動車台数と遮断時間を用いて算定した。
- ・踏切う回交通——道路ネットワークへ自動車ODを配分し、算定した。

(3) その他の交通体系上の効果

その他の交通体系上の効果としては、軌道設備の改善等による列車騒音、振動の減少及び電車乗心地の向上がある。

- ・列車の騒音・振動の減少——事業実施前後の騒音・振動と、周辺住民の意見を基に把握した。
- ・電車の乗心地の向上——鉄道利用者からの意見を基に把握した。



5-2 沿線環境等への直接効果

沿線環境等への直接効果としては、騒音、電波、日影等の環境に対する効果と、イライラの解消、ランドマーク等の心理的な効果がある。

- ・環境に対する効果
 - ・心理的な効果
- 住民への意識調査で効果を把握する。

5-3 ポテンシャル効果

ポテンシャル効果は、土地利用上の効果であり、踏切除去あるいは自由通路確保等により、ネットワーク機能が向上し、それによって地域内の生活、業務交通上のアクセシビリティが改善されて生ずるものである。表-3の様に連立事業実施は、多面的にアクセシビリティ向上に寄与すると考えられる。

アクセシビリティは接近性の指標であって、地点間の距離、所要時間等によって定まり、その効果は土地利用変化や施設立地の要因として作用するポテンシャル効果として扱われる。

連立事業による都市整備上の効果として土地区画整理事業等の面的整備事業の促進効果を指摘できるが、これもポテンシャル効果の結果と考えられる。全国で行なわれる連立事業の事例をみると、区画整理事業や市街地再開発事業を併行して実施するケースが数多い。昭和56年度の例では、全国70ヶ所の事業地区の内、区画整理または市街地再開発事業を伴うものは、37例と過半数に達している。これは連立事業と同時に施行する事で事業効果を相乗的に高められるためと思われる。(表-4参照)

つぎに土地利用上の効果として大きなものに高架下空間の利用がある。これは駅周辺の高度利用可能地域に新たに連立事業の結果として生ずるものであり、地域によっては多様な利用法が図られ、その効果は非常

表-3 アクセシビリティ改善に関する効果項目

項 目	内 容
歩行者 アクセシビリティ	自由通路の確保 線路で分断されていた地域相互間の疎通性が自由通路によって確保され、その結果、線路に対し、反対側に位置する施設へのアクセシビリティが向上する。
踏切解消	踏切解消分の時間短縮によって、アクセシビリティの向上が図られる。
側道設置	側道が歩行者道路として利用され、アクセシビリティの向上が生じる。
自動車 アクセシビリティ	踏切解消 踏切解消で遮断待ち時間、一旦停止時間がなくなり、その結果、アクセシビリティ改善が図られる。
う回交通 解消	う回交通解消による走行距離短縮、走行時間短縮によってアクセシビリティの改善が図られる。

に大きい。また公共・公益施設の立地が行なわれる例も多く、都市施設整備上の効果もある。

以上よりポテンシャル効果は次の様に把握した。

表－４ 面的整備事業の促進効果（例）

連立事業箇所	関連する事業	事業を施行した目的・効果
福岡市西鉄大牟田線	土地区画整理事業	土地区画整理事業により、鉄道駅の移転を図りこれにあわせた市街地整備を行っている。
浜松市－国鉄東海道本線	土地区画整理事業	土地区画整理事業により、連立事業のための高架化用地確保がスムーズに行なえた。連立事業によって市街地の一体化が強められ区画整理地区の中心性を高める事ができた。

- ・アクセシビリティ——５－１で検討した踏切横断交通量及び踏切のう回交通量を算定することにより、事業前後の自動車のアクセシビリティの変化度合を算定。
- ・駅施設による効果——連立事業前後の鉄道業務施設面積の変化により計測。
- ・高架下空間発生による効果——高架下空間面積とその利用状況により把握。
- ・市街地の一体化——鉄道を挟む両地域間の歩行距離について、両地区間の疎通性の向上による変化度合を算定。

５－４ 事例における効果の計測

以上の効果の計測方法に従い、過去に事業の完了した数事例において実際に効果を算定した。結果を表－５に示す。

効果の計測においてはややデータ面でカバーしきれない効果項目もあったが、大半の項目については、効果を確認した。この結果、連立事業の効果が、単に踏切解消といった部分的なものにとどまらず、経済・社会的にみて幅広く多様な効果・影響を及ぼす事が確かめられた。今後は、この様に多様な機能を有した連立事業を、いかに評価するかが課題となろう。

表－５ 効果の把握結果

項目 機能分類			区 分	事業前				事業後				検証	
				都城	福岡	浜松	佐賀	都城	福岡	浜松	佐賀		
交通体系上の効果	踏切事故解消による安全性増進効果	踏切事故の解消	事故件数	10 ^(例)	46	3	—	0	0	0	—	○	
		踏切事故防止に要する費用等の解消	踏切警手	3 ^(例)	4	13	—	0	0	0	—	○	
			警報機	11 ^(例)	48	29	—	0	0	0	—	○	
	走行時間短縮及び走行費用節減効果	踏切横断交通	平均遮断率	福岡では40%				9%				○	
		踏切う回交通	う回交通の時間便益	大阪 ^(例) では、う回交通に対する横断交通の時間便益は約1.1倍								○	
	アクセシビリティの増大効果	自動車の所要時間と土地利用等との関連	アクセシビリティの向上とともに、都市活動の強さと関連性の高い自動車利便性が高くなったことが示されている。(文献2)								○		
その他の効果	電車の騒音・振動(意識調査より)	振動では、調査回答者の70%が減少したとしている。								○			
	電車の乗心地(意識調査より)	乗心地では、調査回答者の相当数の人が改善されたとしている。								○			
沿線環境、都市活動への効果			騒音・電波・日影(意識調査より)等の環境問題	電波障害-障害対策工事の実施による対応あり。								—	
			イライラの解消、ランドマーク等の心理的なもの(意識調査)	町並の悪化の指摘を受けるよりも、むしろ都市的景観が増加したとの反応を得た。								○	
			プライバシーの侵害(意識調査より)	大半は気にならないとしている。								—	
ポテンシャル効果			駅施設の改善	コンコース面積(㎡)	0 ^(例)	284	337	(佐賀)98	747	1,493	847	(佐賀)1,070	○
			高架下空間の発生	高架下面積(㎡)	—	—	—	—	—	16000	—	(佐賀)27000	○
			市街地の一体性(意識調査より)	鉄道を挟んで反対側への行米の回数は、連立事業前後の比較をすると、著しく増加した。								○	

※ ○：検証できた事を示す。

6. 評価手法の基礎的検討

従来、公共事業の評価では、評価視点、評価主体の違いにより、様々な手法が検討されている。ここでは事業効果を国民経済的観点で評価する費用便益分析の連立事業への適用について分析を行う。

6-1 従来の事業効果の把握

従来の連立事業の事業効果の把握は、踏切除去のみに着目した計測が行われており（表-6 参照）計測された効果を便益額とし、建設費を費用とする費用便益分析により評価されている。

本研究で整理された連立事業の効果

表-6 従来の事業効果計測の項目と算式

については、定性的内容の効果までをただちに取り入れる点については議論を置くとして、貨幣換算が可能な項目であって、かつ事業効果として大きいものがあれば、それらの効果項目をできるだけ評価テーブルに取り入れる事や、効果の計測法について、より実態に即した方式を検討する等の改良を行なう必要性は高い。

対象項目	基本式	パラメータ解説
踏切事故便益	$A_1 \cdot D + A_2 \cdot W + A_3 \cdot C$	A_1 : 死者に対する費用 D : 事故1件あたりの平均死者数 A_2 : 負傷者に対する費用 W : 事故1件あたりの平均負傷者数 A_3 : 物損に対する費用 C : 事故1件あたりの平均物損数
燃料節約便益	$M_1 \times Q \cdot (1 - R_{24})$	M_1 : 一日停止追加燃費 Q : 実測交通量(台/日) R_{24} : 24時間遮断率
時間節約	$M_2 \times \frac{T}{N} \times Q \times R_{24}$ $M_2 \times a \times Q$	M_2 : 一分あたり時間価値 a : 一日停止時間 T : 踏切遮断時間(分/日) R_{24} : 24時間遮断率 N : 踏切遮断回数

（資）「鉄道高架化事業調査の取扱い」建設省

以下では、従来の連立事業評価へのB/C分析適用をレビューし、事業のもつ広範な事業効果を反映できるよう、その改良方法を検討する。

6-2 評価対象項目の拡大について

前述のとおり従来の方法で効果として取りあげられている項目は、踏切事故便益や時間便益であって、いずれも連立事業がもたらす一つの事象変化である踏切除去に着目した分析と考えられる。

これに対し、連立事業による事象変化及び効果は既出の如く、広範な内容であって、そのうちのいくつかの項目は、B/C分析への適用が可能と考えられる。ここでは、上記の効果項目に追加し得る効果として、高架下空間利用便益を取りあげた。この項目を前出の基準と対比した結果を表-7に示す。

6-3 便益計測方法改良の検討

踏切廃止による燃料節約便益と時

表-7 追加した効果項目についての考察

間節約便益は、従来のB/C分析結果をみると、大きな比率を占めている。しかしながらその便益計測方法を詳細にみてみると、つぎの様な問題点がある。

効果項目	効果帰属主体	便益の二重計測可能性からみた事項	費用との整合からみた事項
高架下空間利用便益	鉄道事業者	効果帰属主体が既往の効果項目のそれと重なっており、問題ないと判断される。	高架建造費用は、連立事業費中に既に計上されており、問題ないと判断される。

問題点がある。①踏切における遮断台数の推定にあたって、単に鉄道踏切の遮断に着目するのみで、踏切部の通行可能時の交通容量と同時点の流入交通量の関係による被遮断台数の増加というミクロな配慮が不足している。②また遮断された自動車に対する遮断時間の推定においても、算定式の組み立てから、遮断された自動車各1台あたり平均一回の遮断を見込んでいるが、実態としては流入交通量が増加してくれば、図-6に示す様な遮断回数の増加が発生すると考えられる。

以上の問題点を解消するため、踏切の通行可能時の交通容量を、平面道路交差点の考え方を準用し、仮定するとともに、横断自動車がランダムに踏切に到着し、その到着台数がポアソン分布に従うと仮定して、次式で遮断確率の推定を行なうものとした。

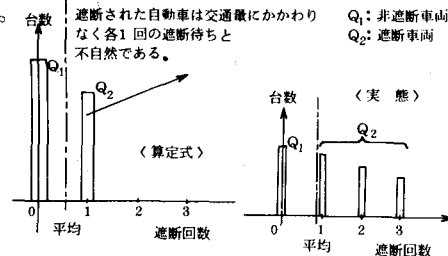


図-6 遮断回数の想定図式

$$P(K \geq C) = \sum_{k=c}^{\infty} \frac{e^{-m} \cdot m^k}{k!} \quad \text{ここに} \quad c: \text{踏切通行可能時の交通容量} \\ m: \text{踏切通行可能時に対する自動車の平均流入強度}$$

また遮断回数推定においても上式を変換して用いることが可能である。これらの方法を適用することにより、より実態に近い踏切における遮断損失（時間、燃料）の推定が可能になると考えられる。

また高架下空間利用便益は、利用の結果生ずる便益額は追加投資を前提とし、連立事業、そのものの投資効果としては不適切と考えられるため、次式の様に土地の限界生産性（地代収入）によって計測するものとした。

$$(\text{高架下空間利用便益}) = (\text{単位面積あたり地代}) \times (\text{高架下利用可能面積})$$

6-4 改良した方法の実際への適用とその結果

以上の費用、便益項目を用いて、プロジェクト・ライフ20年、割引率6%の前提で、総事業効果を福岡市の事例により計算し、これを従来の方法による結果と比較すると、改良法の場合で約2倍程度、費用便益比の向上（割引後ベース）という結果を得た（表-8参照）。

表-8 費用便益計算結果

（単位：百万円）

		費用 (建設費)	便 益				費用便益比 (B/C比)
			踏切事故 便 益 額	走行便益額 (燃料節約)	時間便益額	高架下空間 利用便益額	
従 来 の 方 法	割 引 前	8548.0	266.3	8902.8	5655.7	—	9824.8
	割 引 後	5870.1	80.6	1180.8	1711.2	—	2972.6
改 良 法	割 引 前	8548.0	266.3	6100.5	18326.8	2194.0	26887.6
	割 引 後	5870.1	80.6	1795.6	5251.5	702.7	7830.4

7. まとめ

本論では、連立事業の効果が十分活かされるよう周辺市街地整備等を含めた総合的計画の策定システムの確立に資することを目的とし、連立事業の効果に関するいくつかの分析を行った。その結果、1 連立事業実施による物理的変化を要因とする効果の全体像が明らかとなり、2 連立事業による効果を計量化するための枠組みが設定された。また、3 効果の計測方法に改良を加えることによって効果の計測範囲を大巾に拡大することができた。

これにより、これまで経験的かつ断片的にしか知られていなかった連立事業の効果の全体像が明確となった。特にこのことは、都市の中心部において、連立事業と一体的な市街地整備計画を策定し、総合的な都市整備を進める上での判断のよりどころとなり得るものであると考えられる。同時に、効果測定のパラメータに示される個々の効果について更に適切な計測方法を具体的場において探ることが今後の大きな課題となろう。

参考文献

- (1) 戸田常一：「交通施設計画の総合評価手法とその応用に関する研究」
- (2) 戸田常一、天野光三、近藤光男：「鉄道高架化が都市環境に及ぼすインパクトについて」
都市計画学会学術研究発表会 昭和54年
- (3) 大阪市土木局：「鉄道連続立体交差化の効果測定に関する調査」昭和56年
- (4) 兵庫県・姫路市：「播磨線等連続立体交差化事業にかかる事業効果分析調査」昭和57年
- (5) 並木昭夫、椎名彪：「都市における鉄道連続立体交差事業の変遷と効果に関する基礎的研究」昭和57年
- (6) 並木昭夫、椎名彪：「都市における鉄道連続立体交差事業の整備効果について」