

径路誘導システムの実用化に 関する定量的評価

小林文彦・近藤 豪

1. はじめに

自動車総合管制技術の中心となる径路誘導システムは、運転者が車内装置に目的地に応じたコードナンバーをセットすると、車が主要な交差点にさしかかるたびに、車内表示板上に交差点形状とともに右左折直進の指示情報を示してくれるものである。したがって、運転者はその指示通りに走行すれば、最短時間で道に迷うことなく、目的地に到達することができるという画期的なシステムである。

このシステムの技術的な可能性は、当プロジェクトのパイロット実験で立証されているが、ここで忘れてはならないことは、このシステムがきわめて社会システムとしての色彩が濃いということである。たとえば、このシステムに技術的な問題がないとしても、それで即実用化というわけにはいかない。すなわち、このシステムを社会的容認性の高いシステムとして、社会への定着化を進めていくに当たっては、実用化時の費用便益に関する詳細な分析を行なうとともに、各関連省庁との調整をどのようにして、いかなる事業体制のもとで、どのような費用負担ルールにのっとり、どのような形で当システムの導入を進めていくかといった問題に関して、きめ細かな検討が必要である。

ここでは、こうした自動車総合管制技術の実用化に関して行なった研究成果のうち、径路誘導システムの実用化時における費用便益に焦点を絞って並べてみたい。

2. 評価の対象となるシステムの明確化

自動車総合管制技術の効果を定量的に把握するためには、まず評価の対象となるシステムを明確にしておく必要がある。パイロット実験におけるシステムは、あくまでも実都市での自動車総合管制技術の技術的裏づけを主目的とするもので、それをそのまま評価の対象とすることはできない。とりわけ径路誘導システムは、より広い地域に、より多くの自動車を対象にしてこそ、より大きな効果が期待できるという特性があり、評価の対象とすべきシステム規模も、勢いパイロットシステムとは異なったものとならざるを得ない。しかし、あまり広い地域を対象とすることは、データ整備状況や作業量等の問題から、机上検討に限界があり、この検討では、一応東京都区部全域の約1500主要交差点を対象に、径路誘導を行なうことを想定している。したがって、システム構成もパイロットシステムとは異なっている。たとえば、対象地域がパイロットシステムの約20倍と広いため、システムの管理単位を適当な大きさに区分する必要がある。地域レベル、地区レベル、ゾーンといった階層構造を考えている。また、システムの基本仕様についても、原則としてはパイロット

こばやし ふみひこ、こんどう つよし トヨタ自動車工業(株)

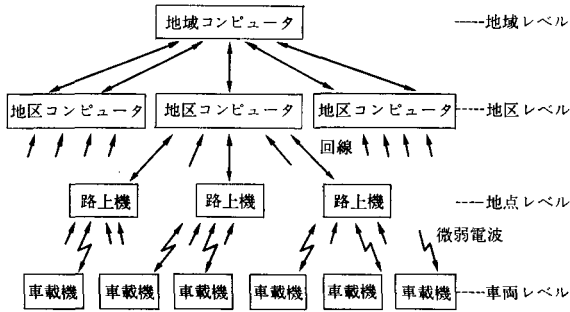


図1 径路誘導システムの基本構成

表1 実用システムとパイロットシステムの相違

項目	本システム	パイロットシステム
対象地域	東京都23区	渋谷を中心とした地域28.0km ²
車載機普及率	90%以上	≈0 (約1300台)
路上機数	5000基 (単独型 1基/リンク)	103基 (一括型 1基/交差点)
交通流配分	有り	無し
地区	32地区 (地区コンピュータ 32組, 地域コンピュータ 1組)	4地区程度 (地域コンピュータ 1組)

実験の径路誘導システム仕様に準じているものの、いくつかの点で相違がある。たとえば、情報量や工事上の問題等により、路上機を1交差点当り1基から4基へと変更したこと、車載機の高普及を前提としているため交通流の配分を考慮していることなどがある。これら想定した実用径路誘導システムの基本仕様を図1に、またパイロットシステムとの主な相違点を表1に示す。

3. 評価項目の選定

さて、自動車総合管制技術の実用化によって期待される効果は、単に自動車交通関係の分野だけでなく、広く社会に波及するものと考えられる。とくに、東京という大都市においては、経済活動水準や土地利用形態などにまで、多大な影響を与える可能性を持っている。しかし、その影響をすべて解きほぐし、客観的に把握することは事実上困難であるため、想定されるさまざまな影響のなかで、とくに期待される効果を重点的に整理する必要がある。

一般に、ある1つのプロジェクトを実施した場合、そのプロジェクトが主に意図した効果だけでなく、それ以外の効果が発生する場合が多く、どこま

でプロジェクト効果として費用効果分析を適用すればよいか明確な基準はない。

本システムの実用化に伴う効果についても同様であるが、今、期待される効果を大きく2つに分類して考えてみることにする。

すなわち、自動車利用主体に対して直接的に効果を与えるものを直接的効果とし、企業、公的機関などの組織や地域社会などの他の主体に対して与える効果を間接的效果として分類するわけであ

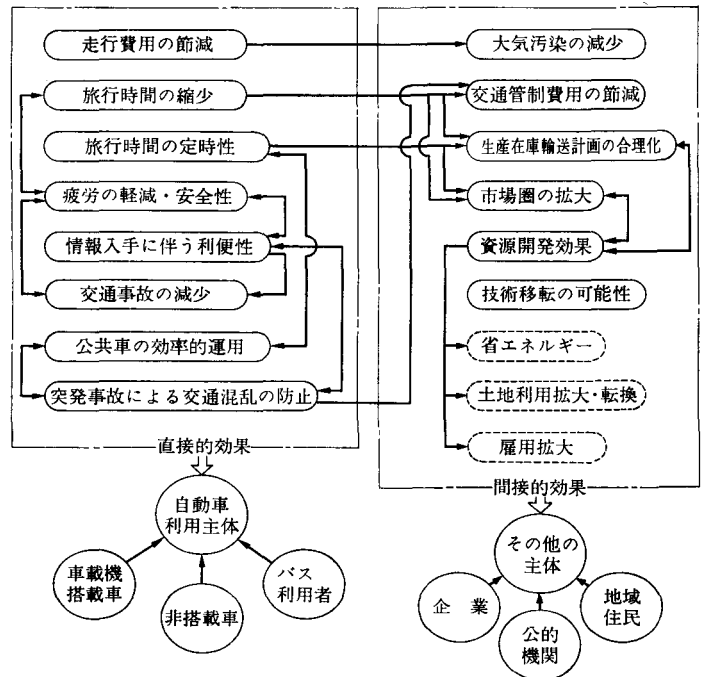
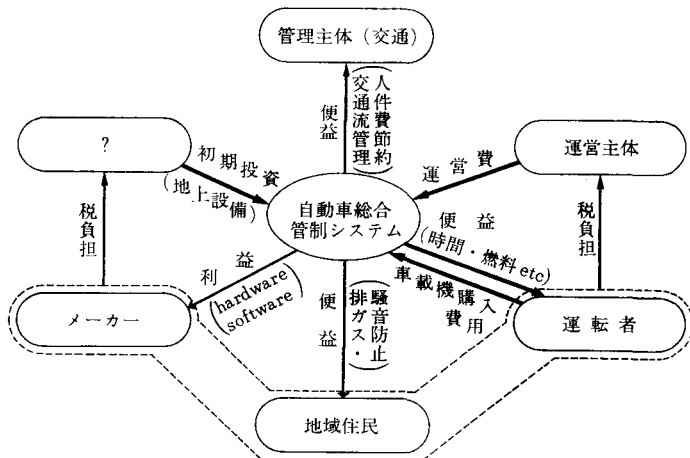


図2 効果の相互関連

図 3 主体別の費用と便益の関係



る。前者は、いわば本システムが直接的に意図した効果で、後者は、それ以外に得られる効果や直接的効果が蓄積され、その結果社会的にみて新たな価値を生み出すような効果が含まれている。

図2は、こうした効果の分類基準によって、具体的に考えられる効果を抽出するとともに、それらの相互の関連性について整理したものである。

本システムの実用化に伴う費用便益分析を進めるうえで、これらの種々の効果について定量的に把握する必要がある。しかしながら、システムの開発途上にある現時点で、これらの効果をすべてにわたって測定し評価に結びつけるには自ずから限界がある。そこで、ここでは既存のデータを収集分析し、コンピュータ・シミュレーションによって予測しうる効果を中心として、その効果を定量的に把握することにした。その結果、走行時間の減少、走行時間の定時性、大気汚染の減少、燃料消費の節約、交通事故の減少、突発事故による交通混乱の防止等の効果に関して定量的な推定を行なった。そして、それらの効果を比較検討してみると、走行時間の減少による経済便益が当システムの効果の中で最も大きな便益をもたらすものであることがわかった。

そこで、この走行時間の減少による便益を貨幣価値に換算するとともに、パイロット実験施設の費用をもとに投資コストを試算し、当システムの

費用便益が種々の条件下でどのようになるかを検討してみた。

なお、費用便益分析に当っては各主体別にその検討を行なうことが必要であり、この各主体別の費用と便益を考慮せず、単にこれらを総合しただけの評価に問題のあることはいうまでもない。たとえば、車載機を例にとると、車載機を購入する側からみれば費用であっても、メーカーからみれば便益と考えることができる。この各主体と費用便益の関係を主なものについて一例として図3に示したが、この図はあくまで一例で、便益についてはともかく、費用の負担者については、今後、当システムの実用化を進めていくうえで検討しなければならない重要課題の1つであろう。したがって、ここでは各主体別の費用便益分析を行なうことは避け、図3の矢印の太線の部分を総合して、社会的な費用および便益として考慮するに止めている。

4. 費用と便益の試算

経路誘導システムを導入した場合の交通流の変化については、いろいろな方法で予測する他ないが、これをシミュレーションにより行なうことも有力な方法である。この場合、交通流のミクロの変化のすべてを1500交差点を対象としてシミュレートすることはできないため、2つのモデルによ

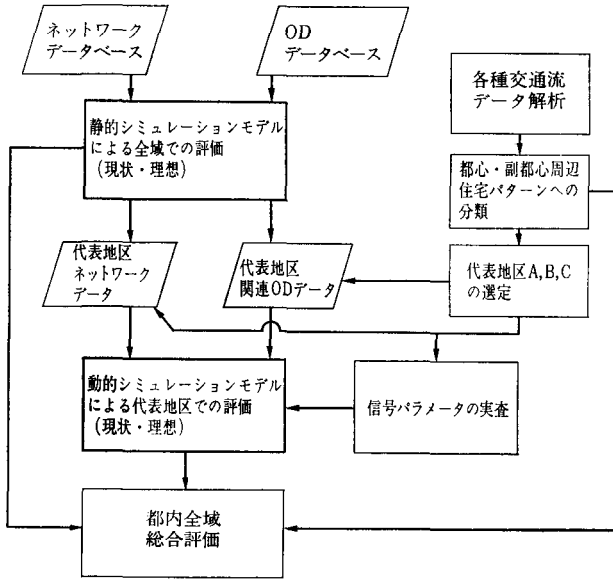


図4 全体評価の考え方

り、その相互関係をみることにより推定する方策をとった。ここでは、紙面の都合上、簡単に2つのモデルの概要を表2に、全域の総走行所要時間の減少値の算出手順を図4に示しておく。

この結果、システムの導入による東京都全域における総走行所要時間の改善率は、車載機が100%普及した状態において表3に示すように、朝の時間帯では約3.6%、昼間では約9%であると推定された。

この走行所要時間短縮による節約時間を調査データをもとに貨幣価値に換算すると、年間約800億円と推定される。

一方、投資コストのほうは、将来の技術的進歩をどう判断するのか、あるいは大量生産によるコストの低減をどう考えるのかといった種々の難しい問題をかかえており、今の時点において正確に試算することはきわめて難しい。ここでは、一応パイロットシステムにかかった費用をもとに、実用化した場合のコストを見積もって見たところ、センターならびに路上施設の初期投資として約200億円、運営費用として約22億円という数字が得られた。この他に、このシステムには車載機が必要

表2 モデルの特徴

	(イ)静的シミュレーションモデル (トリック構造) モデル	(ロ)動的シミュレーションモデル (SKYATモ) デル
基本ロジック	ネットワークは各リンクごとに道路特性曲線を有しており、ODの分割単位ごとに指定された径路への割付を行なうことにより各種交通流の実現が可能である。	信号を考慮した個別車両の追従走行シミュレーションが可能であり、交差点ガイドテーブルにより、目的地までの走行径路の指定が可能である。
モデルの仕様	対象道路ネットワーク 約1500交差点ネットワーク	Max 100交差点ネットワーク
必要コアエリア	60 Kwords	240 Kwords
処理時間(CPU)	≒60分(等時間配分ケース)	≒20分(90分シミュレーション時)

表3 総走行所要時間の改善率

時間帯		総走行所要時間	改善率
朝 (8~9時)	現状値	1.39×10^5 (hr)	3.6 %
	理想値	1.34×10^5 (hr)	
昼 (14~15時)	現状値	1.18×10^5 (hr)	9.3 %
	理想値	1.07×10^5 (hr)	

となってくるが、この費用に関しては、将来は1台につき3万円という数値を用いている。

以上の計算値をもとに、当システムの費用便益が車載機の普及過程によってどうなるのかをつきに述べるような仮定のもとで検討してみた。

(仮定1)

径路誘導システムの建設後 x 年間に必要な費用 TC と、システムから受ける便益 TB を次式により求める。

$$TB = \sum_{i=1}^x B(i) / (1+r)^i \quad (1)$$

$$TC = IC(x) + RC(x) + CC(x) + CRC(x) \quad (2)$$

ここで、 $IC(x) = IC_0 \sum_{N=0}^{\lfloor \frac{x}{n_{ic}} \rfloor} (1+r)^{-N \cdot n_{ic}}$

ただし $\left(\begin{matrix} N \\ i=0 \sim x \end{matrix} \right)$

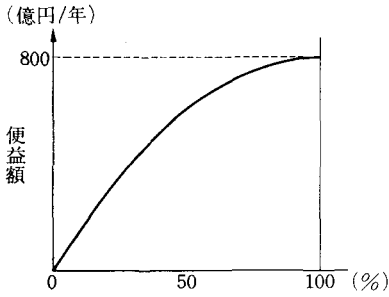


図5 車載機搭載車混入率 β

$$RC(x) = RC_0 \sum_{i=0}^x (1+r)^{-i}$$

$$CC(x) = a \cdot S \cdot \sum_{i=0}^x \left(\alpha'(i) + \frac{\alpha_i}{n_{cc}} \right) \cdot (1+r)^{-i}$$

$$RCC(x) = RCC_0 \cdot S \cdot \sum_{i=0}^x \alpha(i) \cdot (1+r)^{-i}$$

ただし, IC_0 ; 初期投資費用 → 200億円

RC_0 ; 年間運営費用 → 25億円/年

RCC_0 ; 車載機1台当りの

年間維持費用 → 1000円/年台

a ; 車載機の単価 (取付費用を含む)

→ 3万円/台

S ; 東京都区部の

総車両台数 → 180万台

r ; 社会的割引率 → 6%

n_{ic} ; 地上施設の耐用年数 → 7年

n_{cc} ; 車載機の耐用年数 → 6年

$\alpha'(i)$; i 年後における車載機搭載率

$\alpha(i)$ の増加率

(仮定2)

走行所要時間の短縮による便益と車載機搭載車混入率の関係は, シミュレーション結果により, 図5と式(3)に示すような2次曲線で近似できる。

$$B(\beta) \doteq 800 \cdot (2-\beta) \cdot \beta \text{ (億円/年)} \quad (3)$$

(仮定3)

車載機搭載率 (車載機搭載車両数/登録車両数) は, 図6のように5年後に $\frac{\alpha}{2}$, 最終的に α に漸近するロジスティック曲線 (Case A) と, 初年度いきなり α となるようなステップ関数

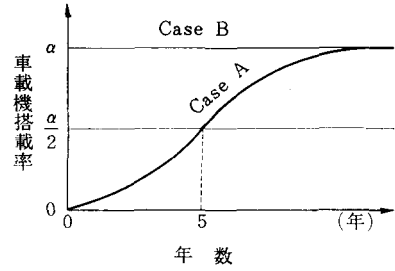


図6 車載機搭載率

(Case B)の2つのケースを想定する。

さらに, 車載機搭載車混入率 (実交通流の中に占める車載機搭載車両の比率) として, つぎ2のケースを想定する。

Case 1……車載機搭載車混入率 β と車載機搭載率 α が等しい場合

Case 2……東京都区部内の走行距離の大きい車両から順に車載機を搭載した場合

以上, 3つの仮定のもとに(1)式と(2)式により計算できる総費用と総便益の年推移の一例を図7に示す。また, 総費用 TC と総便益 TB が等しくなる年数を社会的償還年数とよぶことにすれば, この社会的償還年数は最終到達車載機普及率 α_{max} が100%の場合, 図7から Case 1 で約4年, Case 2 で約2年と推定できる。図8は最終到達車載機搭載率 α_{max} の関数として, この社会的償還年数をそれぞれのケースについて示したものである。

当然のことではあるが, Case 1 (車載機搭載率と車載機搭載車混入率が等しいと仮定した場合) より Case 2 (走行距離の大きい車両から車載機を搭載すると仮定した場合)のほうが, また, Case A (自然普及に近いタイプ)より, Case B(法令等による強制的な初期一括搭載に近いタイプ)のほうが, 社会的償還年数は短い。一方, 最終到達車載機搭載率 α_{max} に対しては, 20%程度以上であれば社会的償還年数にそれほど大きな変化はみられない。

このことから, このケーススタディで考慮した時間便益だけに関していえば, 車載機を完全普及

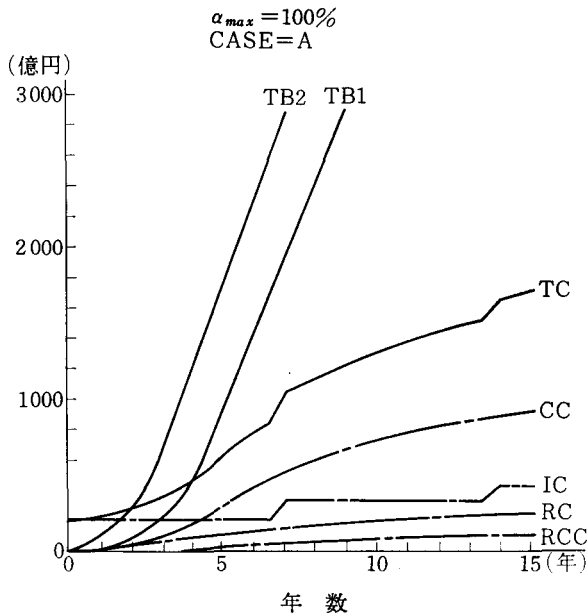


図7 費用-便益 (Case A)

させることは必ずしも必要でなく、できるだけ利用頻度の高い車両（たとえばタクシー）に車載機を搭載し、混入率を20%程度にすれば十分と考えられる。ただし、このことは車載機の完全普及が最適であることを否定するものではなく、このケーススタディで考慮した時間便益以外にも走行便益（燃費節約など）や多くの波及効果が存在することにも注意する必要がある。

いずれにしても、これまでの費用便益分析から明らかなように、当システムが投資効果の大きい社会システムに成長していくかどうかは、車載機の普及をどのように促進するかにかかっているといえよう。

5. おわりに

以上、径路誘導システムの実用化に関する費用便益分析について話を進めてきた。

実用化に当っては、この他にも、システムの普及プロセスや既存システムとの関連性、事業体制の問題、費用負担ルールの問題、さらには関連省庁間の問題といった事柄についても触れなければならない。なかでも、システムのカナメである路

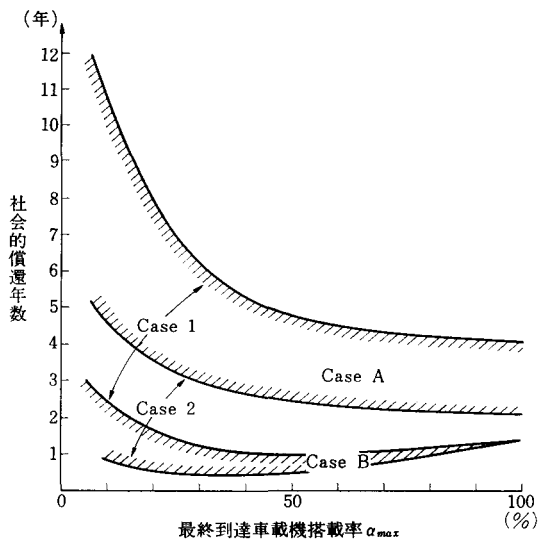


図8 社会的償還年数

上機、車載機をどのように普及させるかといった大きな問題がある。すなわち、システムの中である径路誘導機能、および径路案内機能は路上機が十分普及していない状況では車載機搭載車両へのサービスを十分行なえないし、逆に車載機搭載車両が少なければ十分な情報収集ができないため、システムとして十分機能できないという特性をもち、いかにして径路誘導機能および径路案内機能が実現するような状況をつくりあげていくかということが問題となる。これらの問題については紙面の都合上割愛したが、いずれにせよ、当システムの普及に当たっての今後の最も大きな課題は、いかに国民全体のコンセンサスを取り、行政レベルにのせていくかということであろう。

パイロット実験により、当システムの技術的な裏づけが行なわれ、費用便益分析の結果、かなりの効果があることがわかった現在、プロジェクト研究開発に携わった一員として、これらの問題が1日も早く克服され、できるだけ早い時期に当システムが実用化されるよう期待して筆をおくことにする。