

都市における径路誘導システムの実験

広瀬登茂司・鈴木伸夫

1. はじめに

工業技術院大型プロジェクト「自動車総合管制技術」の研究開発の一環として、昭和52年10月の初めから、53年9月末までの1カ年間、東京都内の一般街路上で「径路誘導システム」実験が行なわれた。この実験システムは、面的に把握した街路の交通状況をもとに、最短時間で目的地に到着できる径路へ車両を誘導するシステムである。一連の実験の結果、このシステムが実際の都市の交通環境の中で有効に機能することが確認できた。以下にこのシステムと実験の中心であった「最短時間径路誘導機能の確認実験」の結果を中心として紹介することとしたい。なおプロジェクト全体については、これまでいくつかの論文が発表されており、その中の数編を末尾にあげたので参照していただきたい。

2. 実験システムの機能

都市の道路網上の交通状況を俯瞰した時、車両が特に集中している道路と比較的すいている道路があるのが普通である。この時車両にうまく径路をわりあてて各々の目的地へ誘導すれば、局地的な混雑が解消でき、道路の有効利用が図れるであろう。このような考え方が「自動車総合管制プロ

ジェクト」の径路誘導システムの基本概念であり、この概念にもとづき昭和48年度から工業技術院の指導のもとに、プロジェクト参加各社で研究が開始された。

さて、このシステムは特性の把握がきわめて困難とされる交通流を対象として機能するものであり、また一般ドライバーや地域住民、国の諸機関と密接なつながりをもついわゆる「社会システム」である。このようなことから、開発した技術を組み込んだ実験システムを実際の都市に建設して、機能の確認実験とシステムに対する意識調査を行なうことが当初から計画されていた。しかし、この実験システムと将来の実用システムとは車両の誘導手法に大きな違いがある。すなわち、実用システムでは誘導をうける車両が多いので、同じ方向に向かう車両を、何本かの代替路に配分する必要がある。一方、実験システムでは誘導をうける車両が少なく配分する意味がないため、最短時間径路に車両を誘導するように決められた。そして、交通状況の現状把握、予測、誘導指示の伝達など要素機能と最短径路誘導というシステム機能の確認実験が行なわれることになったのである。

さて、開発されたシステムは図1に示すように車載機と路上機およびセンター・システムで構成されている。センター・システムは、路上機とよぶミニコンを通して収集した現在の交通状況をもとに、将来の交通状況を予測して最短径路を算出する。そしてその結果を交差点ごとに目的地と誘

ひろせ ともじ トヨタ自動車工業㈱
すずき のぶお 自動車総合管制技術研究組合

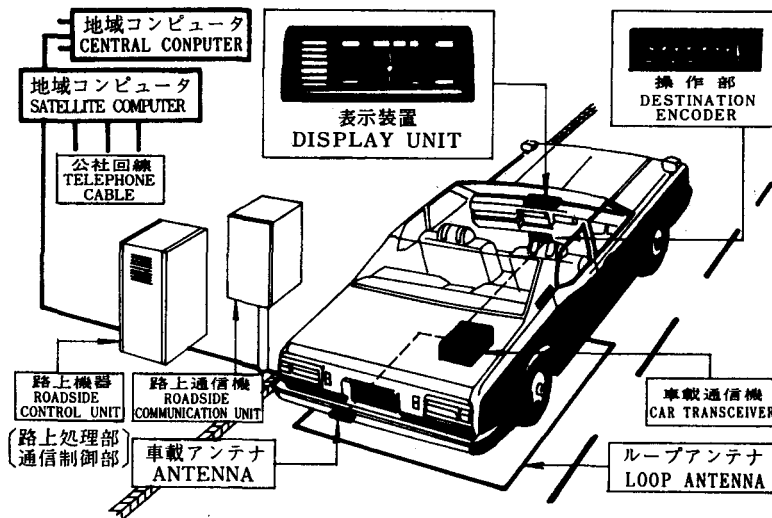


図 1 経路誘導システム構成図

導方向とを対応させた形の索引表（ガイド・テーブル）にまとめ、路上機へ送出する。こうしたプロセスは、計算機の処理量と交通状況の同定の見地から検討され、15分周期（誘導周期）で繰り返されるように定められた。

一方、車両が主要交差点の手前に埋設された通信ループを通過する時に、車載機はドライバーが出発時に操作部に入力した目的地を示す7桁の目的地コードと車載機番号を路上機に送信する。路上機は目的地コードをもとにガイド・テーブルを検索し、車両の誘導方向を求めて車載機に返送する。このデータが車載機表示部（図2）に表示さ

れドライバーに伝達されることとなる。なお交通状況を把握する方法として2種類の方法が採用された。1つは路上機と車載機との交信時に収集される車載機番号、交信時刻、交信地点などのデータを処理し、交差点間の旅行時間として把握する方法であり、そして他の1つは車両感知器で収集されるデータを処理し、交差点間の旅行時間として把握する方法である。

このシステムは東京西南部の渋谷区、港区、品川区、世田谷区にまたがる約30km²のエリア（図

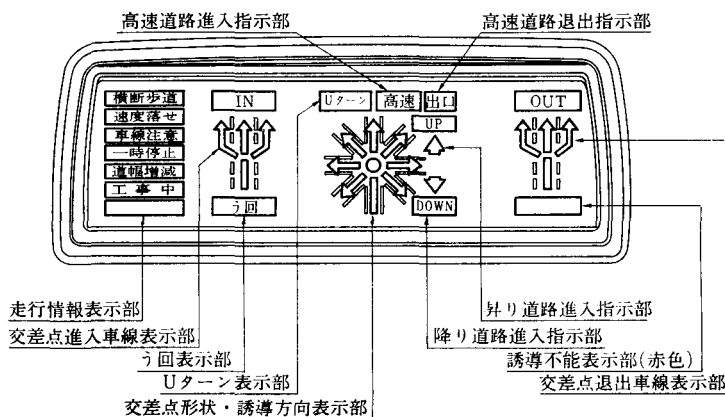


図 2 経路誘導用車載機表示部（プラズマ・ディスプレイ型）

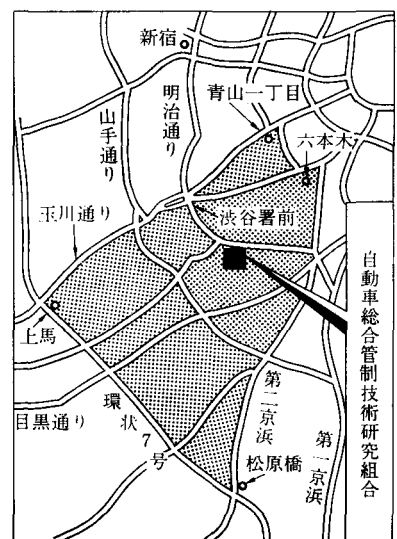


図 3 実験エリア

3) に設置された。実験の対象となった道路網は総延長約 100 km におよび、70 の主要交差点とこれらを結ぶ主要道路および首都高速道路の一部で構成されている。

3. 実験の結果

実験は渋谷区恵比寿に設立された自動車総合管制技術研究組合を拠点として、40 台の専用実験車両を運用して行なった。その他、旅行時間データを収集するために表示部のない車載機を搭載した 1000 台のタクシーと一般公募によるモニター車 300 台が参加した。まず「最短経路誘導機能の確認実験」について紹介する。

(1) 実験の概要

この実験の目的は、誘導をうけて走行する車両(誘導車)が、ドライバーが径路を選択して走行する車両(自由走行車)よりも早く目的地に着けるかどうか、またどれだけ早く着けたかを確認することにある。このことから実験結果はつぎに示す目標性能評価式

$$r = \frac{n}{N} \times 100$$

による有利性割合 r で評価することとした。 N は 5 km 以上離れた同一の出発地と目的地の間(OD)で、誘導車と自由走行車がレースを行ない、異なる径路を走行した場合(有行試行)の数である。 n は各有効試行において以下の方法で与えられる得点の総和である。誘導車と自由走行車の旅行時間をそれぞれ、 t, T とすると、有行試行で得られる得点はつぎの 3 種、1 点 $\dots t \leq 0.9 T$, 0.5 点 $\dots 0.9 T < t \leq 1.1 T$, 0 点 $\dots 1.1 T < t$ のいずれかとする。

ところでこのシステムの機能は、ドライバーの交通環境に関する知識や時間帯の違いによる交通状況の相異により左右されることが考えられる。こうしたことを確認するため、いくつかの水準を設けて実験を行なうこととした。ドライバーの組合せについては実験エリアの道路網や交通状況を熟知している「プロドライバー」と地理を知って

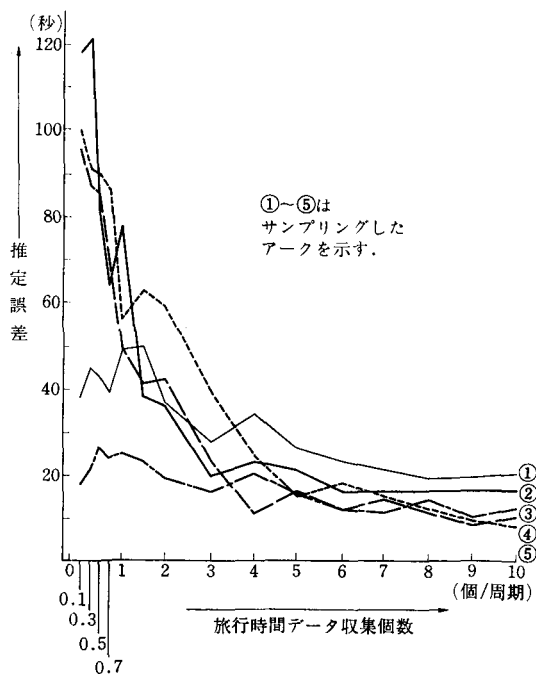


図 4 旅行時間データの 1 誘導周期あたりの収集個数と推定誤差の関係

いる程度の「一般ドライバー」の 2 水準を設けた。

(2) 実験の経過

実験の開始当初は経路誘導の基礎となる旅行時間データの収集を行なった。また、この期間にはシステムに実装した旅行時間の推定・予測アルゴリズムで用いるシステム定数類を更新するとともに、データ数不足に対処するための予測アルゴリズムの改良なども行なった。その後本格的な実験に入ったが、旅行時間データの収集個数の不足と地域的偏在によりシステムが十分機能していないことが判明した(前期実験)。こうしたことに対処するため、実験車の配車計画を改良しデータ収集個数を増やした実験を行なった(後期実験)。これによりシステムの性能は若干向上したが、なおも所定の目標には到達することができなかったため、実験データの解析をさらに進めた。その結果、旅行時間の推定・予測精度を安定させるためには、1 誘導周期あたり 6 個以上の旅行時間データが収集される必要があることが判明し(図 4)、再度実験方法の検討が必要となった。従来どおり

表 1 実験結果

出発地 ↓ 目的地 (距離km)	走行種別	レース数		勝：敗	平均旅行時間 (秒)	*有意性	システムの有利性割合		旅行時間短縮率 (%)
		総数	有効						
六本木二 ↓ 柿木坂 (9.3)	誘導	35	34	30：4	1771.3	有	79.4	76.1	10.8
	自由 (一般ドライバー)				2064.7				
	誘導	19	12	8：4	1746.7	無	66.7		
	自由 (プロドライバー)				1811.3				
上馬 ↓ 白金二 (7.5)	誘導	32	32	26：5 1分	1652.8	有	78.1	75.0	9.3
	自由 (一般ドライバー)				1871.9				
	誘導	17	12	9：3	1665.7	無	66.7		
	自由 (プロドライバー)				1742.7				
上馬 ↓ 天現寺 (7.0)	誘導	28	26	25：1	1238.9	有	82.7	76.3	15.5
	自由 (一般ドライバー)				1528.1				
	誘導	15	12	8：4	1238.1	無	62.5		
	自由 (プロドライバー)				1353.9				
大崎広小路 ↓ 上馬 (6.0)	誘導	27	24	22：2	1322.4	有	77.1	72.1	9.1
	自由 (一般ドライバー)				1503.1				
	誘導	15	10	7：3	1334.6	無	60.0		
	自由 (プロドライバー)				1393.8				
		計 188	計 162	勝敗 135:26 1分				平均 75.0	平均 11.0

注) *誘導車と自由走行車の平均旅行時間の差の統計学的な有意性を検証するために、危険率5%で有意差検定を行なった結果を示す。

注) 旅行時間短縮率 = $\frac{\text{自由走行車の旅行時間} - \text{誘導車の旅行時間}}{\text{自由走行車の旅行時間}}$

の方法でODのすべての代替路上で十分なデータ数を確保するには1000台以上の専用実験車が必要となり、到底実験は不可能である。そこで、これまでの実験結果をもとに、合計80%程度の割合で最短時間径路になっている3本の代替路を各ODごとに選出し、これらの径路上で必要量のデータが収集できるように配慮して実験を行なった(特別実験)。

(3) 実験の結果

特別実験は図5に示すODで実施した。実験結

果を表1に示す。誘導車の有利性割合は平均75.0であった。また旅行時間を比較した結果、誘導車は自由走行車に対し、162回の有効試行中135勝26敗1引き分けとなり、旅行時間の平均短縮率は平均11%であった。図6に各ODでの実験結果を示す。これらのことからこのシステムの機能がほぼ十分であることを確認できたといえよう。

交通状況とこのシステムの機能との関連については、各ODごとに混雑時間帯と非混雑時間帯を設定して検討したが、明確な結論を得るにはいた

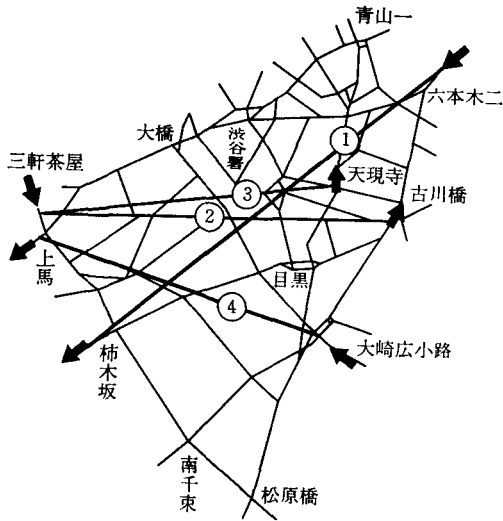


図5 特別実験を行なった4つの出発地・目的地の組合せと実験道路網

① 六本木二→柿木坂 ② 上馬→白金二
 ③ 上馬→天現寺 ④ 大崎広小路→上馬

らなかった。一方、このシステムは管制員が入手情報にもとづいて路上機に指令を出し、誘導車を突発事故等が発生した地点を迂回させて誘導する機能をもっている。この機能の効果は、

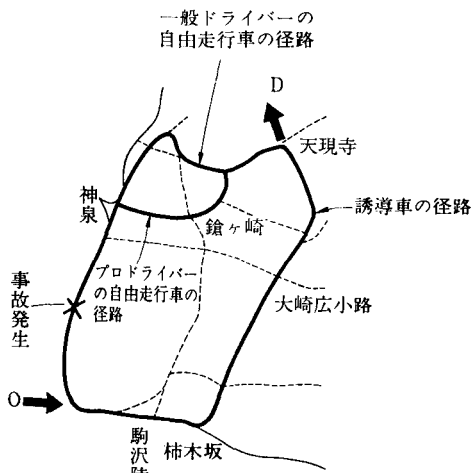


図7 迂回指示の効果

誘導車の旅行時間	1246秒
自由走行車(一般)の旅行時間	1691秒
自由走行車(プロ)の旅行時間	1467秒

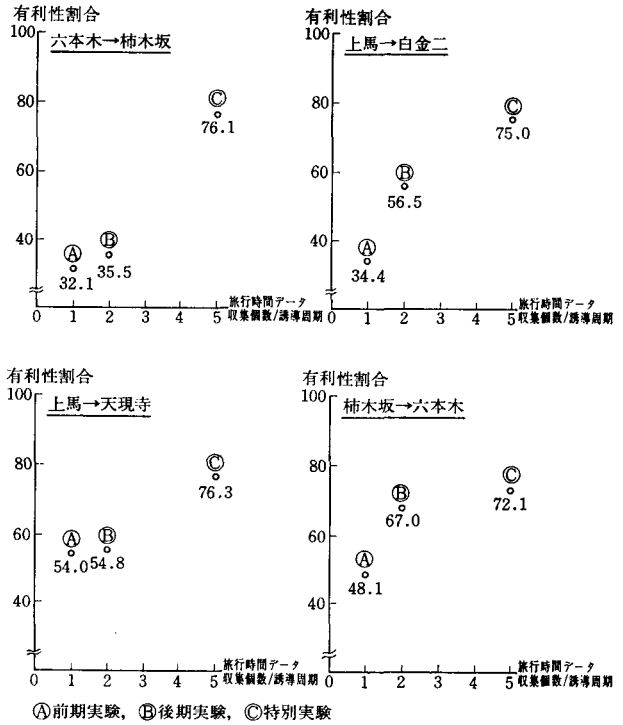


図6 OD別有利性割合の状況

実験中偶然に発生した事態により確認することができた。すなわち自由走行車が事故渋滞にまきこまれていた時、誘導車はどこおりになく目的地に到着できたのである(図7)。また、図8はOD間距離と有利性割合の関係について整理してみたものである。距離が増すにつれて有利性割合が減少するとも考えられる。

さて、このシステムが最短経路探索計算に用い

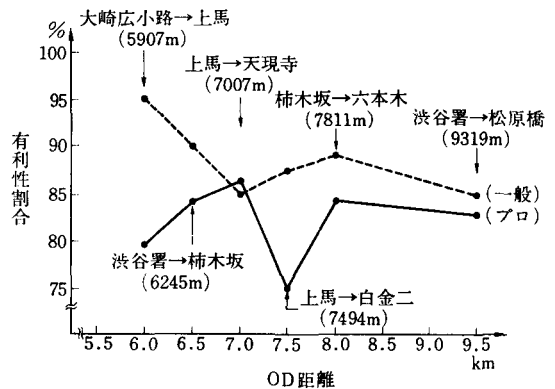
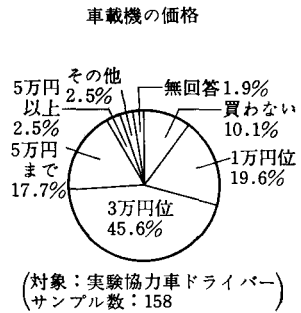
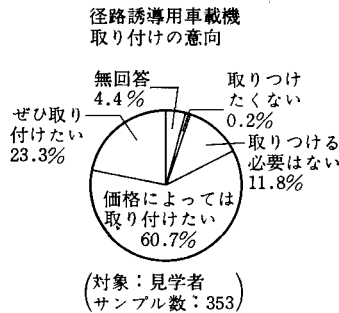
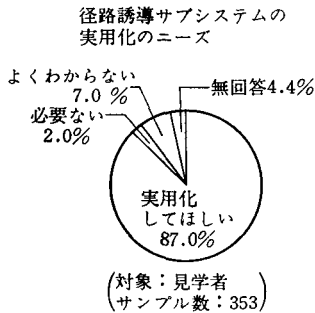


図8 OD距離別有利性割合

(1) システム導入に関する意見



(2) 車内表示のドライバーへの影響

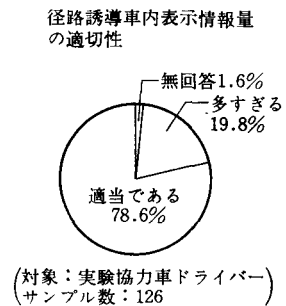
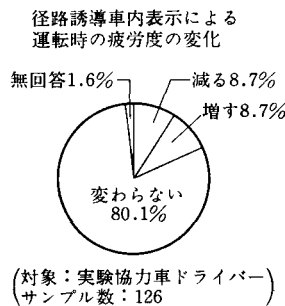
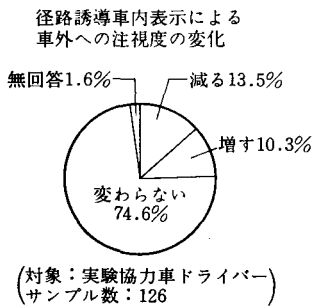


図 9 意見調査結果の例

る道路網は、遠方の地点は省略（縮退）した形とされていた。これは、主としてコンピュータの処理負荷の軽減を目的としたためであるが、このことから実際の最短時間路とシステムが求めた最短時間が異なるなどの誘導誤差が発生することが予想された。しかし、縮退の影響が出る4つのODの実験データを解析した結果では、径路が一致しないケースは半数近くを占めたが、旅行時間の増加率は平均2%程度であり、道路網を縮退しても実際にはあまり問題がないことがわかった。以上が「最短時間径路誘導機能の確認実験」の主な結果である。

つぎに「径路誘導システム」が本来もっている「道案内機能」の確認実験の結果について説明しよう。「道案内実験」はまったく地理も知らないドライバーも参加させて「最短径路誘導機能の確認実験」に準じた形式で実験を行なった。実験時にドライバーにアンケート調査を行なった結果で

は「地図などで現地を確認する必要がない」、「交通規制を気にする必要がない」、「立体交差点でとまどうことがない」等の意見が圧倒的であり、運転時の負担が軽減され安全性も向上するという確認を得た。また、実験により道を知らない人の走行距離が誘導により30%程度も短縮されるという結果なども得られた。

さて実験期間を通じてシステムの見学者やモニター車のドライバーに行なった意見調査結果を示そう。この調査はこのシステムの社会的評価のためのデータと将来の実用システムの設計に必要な基礎データの収集を目的として行なったものである。各種の調査結果の中から、図9に「システム導入に関する意見」と「車内径路誘導表示のドライバーへの影響」の調査結果を示す。図に示すように、調査対象者の80%以上がこのシステムの実用化や車載機の購入に関連して、積極的な意見をもっていることがわかった。車載機の価格に

については、量産すれば3万円程度になるという試算結果もあり、「経路誘導システム」の実用化の方法如何によっては、かなり普及がすすむことが考えられよう。また、運転中の車内表示のドライバーに対する影響についても、この調査結果およびGSR(皮膚電気抵抗反射計測機)計測値の解析結果から、ほぼ満足すべき状態にあることが確認できた。

他の多くの実験結果については、その一部が参考文献[3]~[6]に記述されているので、興味のある方は参照していただきたい。また、この実験システムに装備した旅行時間の推定・予測方法の評価は、本誌の別稿に述べられているので、そちらを参照していただきたい。

4. おわりに

約1カ年にわたる大規模な実験は、無事所定の目的を果たして終了した。実験中をふりかえてみると、事前には思いも及ばなかったできごとがいくつか発生した。旅行時間データ収集車として選定したタクシー行動範囲が思いのほか、かたよって、なかなか十分な量の旅行時間データが収集できず、システムの機能を十分に発揮させるために苦慮したことや、タクシーの客待ちによる旅行時間と走行中の時間が区別できなかったために、異常に大きな旅行時間データが収集されてしまい、その除去に苦慮したことがあった。一方、通信回線や供給電源の安定性に関する認識に、現実と相違があったため路上機が停止し、十分な誘導ができなくなったこともあった。また、路側に駐車している車や工事などをよけるために、実験車が車線をまたいで走行すると、路上に埋設したアンテナとうまく交信ができないということもあった。これらのことはノウハウとして、将来の実用システムの設計に生かすことができれば幸いである。

最近、欧米においても本システムと類似のシステムの研究が活発化しており、わが国でも、建設

省、警察庁などが、開発した技術に着目し、通産省では「新自動車走行システム委員会」を発足させて建設省、警察庁、運輸省、郵政省などと協力して検討を進めようとしている。

本実験の成果をふまえた、よりよい自動車交通システムが1日も早く実現されることを望みつつ筆をおくこととした。

参考文献

- [1] 自動車総合管制技術の研究開発—昭和48年度~昭和51年度の成果を中心として—昭和52年8月通産産業省工業技術院
- [2] パイロット・システム実験結果の概要
昭和53年10月 通産産業省工業技術院
- [3] 松本俊哲, 三上 徹, 油本暢勇, 田部 力: “自動車総合管制システム” 電子通信学会誌, Vol. 62, No. 8, 8/79 p.p. 870~887
- [4] 鈴木伸夫, 藤井治樹, 広瀬登茂司, 坂本堅太郎; “自動車総合管制技術—パイロット・システム実験について”—第13回日本道路会議, 10/79, p.p. 334~336
- [5] 広瀬登茂司, 岩本俊輔, 山田惟忠他: “交通制御および交通情報提供に関する今後の方向—「自動車総合管制技術」パイロット・システム実験より—” 第13回日本道路会議 10/79 p.p. 340~342
- [6] 藤井治樹, 広瀬登茂司, 小出公平, 三木茂: “通産省大型プロジェクト「自動車総合管制技術」—パイロット・システム実験を中心として” トヨタ技術, Vol. 29, No. 3, p.p. 87~99

次号予告

特集 政策科学の実践

環境アセスメント——川崎市の事例	松本秀雄
日本の経済計画	春田尚徳
省エネルギー——火力発電所の温排水利用	中村 理
PPBSの教訓と政策科学への道	福島康人
事例研究	
支店の現金在庫分析(数量化理論I類の応用)	相野谷義則