

香港におけるエレクトロニック・ロード・プライシングシステム

マイケル・J. クランシー*

本論文は、1983年7月より1985年6月にかけて、香港政府がパイロット規模で実験を行うエレクトロニック・ロード・プライシングシステム（電子式賦課金制度、以下ERPと略す）について述べるものである。第1部は、香港においてピーク時間帯に私家用車両の運行を制限する必要がある理由を説明し、ERPの試験運用に踏み切るに至るまでの経緯と、ERPが混雑の緩和になるという簡単な実例を述べる。第2部は、この料金システムの技術面の事項を述べる。第3部においては、ERPの各種の方式を香港に適用した場合、その効果を予測するためのモデルによる分析技術の概要を記載するものである。

Electronic Road Pricing System in HongKong

Michael J. CLANCY*

This paper describes the electronic road use pricing system which the Hong Kong Government is testing in a pilot scheme from July 1983 to June 1985. Part I deals with Hong Kong's need to have measures restraining the use of private vehicles at peak periods; sets out the developments which led to the decision to undertake an electronic road pricing pilot stage; and provides some simple illustrations of how road pricing should reduce congestion. Part II covers the technical components of the system. Part III outlines some of the transport modelling techniques which will be used to forecast the benefits of different ERP pricing strategies and arrangements in Hong Kong.

1. 香港における道路使用規制の必要性

1-1 交通政策の目標

香港は、世界でも人口密度が最高であり、530万人の人口が九龍半島および香港島北岸の約165平方マイルの地域（Fig.1）で、市街地の高層住宅に居住している。香港には、勤勉で企業心に富む市民が住み、良好な港湾の他には、これといった天然資源はない。従って、市民の生活水準はひたすら国際貿易と、香港が世界市場で競争力を持つか否かにかかっている。香港の輸出货量が世界市場で14番目に大きいということは、以上の事実を裏付けている。

香港が国際貿易において成功するためには、まず第1に物品、サービスおよび人間が香港地域内を効率よく移動できるということが必要となる。このような観点から、香港政府の交通政策は以下のような目標に基づいて立案されている。

- (a) 多種かつ広範囲に、公共交通機関の拡充および改善を行う（公共交通機関とは、バス、地下

鉄、電気鉄道、路面電車およびフェリーなどを指す）

- (b) 道路網の整備
(c) 道路利用態様をより効率化すること

特に(c)に関しては、政府の方針はバスおよび路面電車などの公共交通機関を優先としている。これら公共交通機関は道路の利用者の $\frac{1}{4}$ を輸送しているにもかかわらず、道路の占有のわずか $\frac{1}{4}$ を占めるにすぎない。

1-2 道路空間と需要・供給のアンバランス

1970年代において、香港政府は道路の建設が需要に追いつかず、渋滞が次第に激しくなることを憂慮するようになった。1970年の前半に「交通総合調査」(Comprehensive Transport Study:CTS)を実施し、道路渋滞の問題が発生しつつあることを警告し、個人による自動車の所有規制に関し勧告を行った。この勧告は1970年代には実行されることがなく、その結果はFig. 2に示されるような状況となった**。

経済が世界的な石油危機より回復するにつれて、自動車の所有は急速に成長した。1976年より1981年までの間に、私家用自動車台数は年間13%の増加率となり、CTSの無制限増加予測をも上回る勢いと

* 香港政府交通部首席事務官
Principal Assistant Secretary, Transport Branch,
Hong Kong Government
原稿受理 昭和59年3月



Fig.1 香港全図

The map of Hongkong

なった。他方、政府は道路の建設に相当な財源を投資し続けた。1969-70年と1980-81年を対比すると、道路建設に対する支出は、現在価格で年24%の増加を続けたが、このような公共投資にもかかわらず、交通可能な道路の総延長は平均年2%程度増加したに過ぎない。

1982年において、香港には道路1km当り280台の車があり、これは世界最高である。そして、この渋滞問題から逃避する方法がないことは明らかであり、もし規制措置が採られない場合、道路渋滞は極端に悪化し、道路交通は、香港のように活気ある商業社会にとっては許容されないような状態になるものと予測された。

** 総合交通調査 (CTS) に関する注釈 : Fig.2 および挿入図において、曲線①および②はCTSの子測による自動車保有台数の概数を示している。挿入図の曲線①は、1973年の保有台数より無制限に増加した場合であり、下側の曲線②は段階的な車両税の増加率によって抑制を課した場合の増加状況を示している。抑制した増加をテストする試みが、想定された道路網の容量に対して適当な1年間行われたが、その結果、1973年に経験したものよりひどくなかった。これは妥当と見なされた。なお今日では、CTSによって想定された道路建設の落ち込みを認識しなければならない。

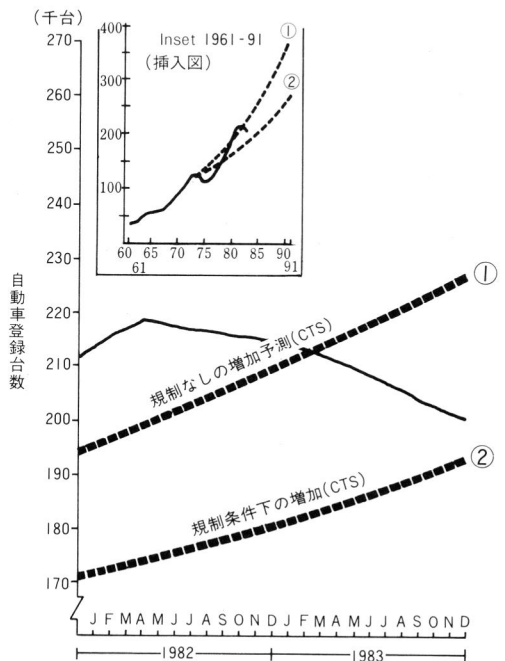


Fig. 2 自家用車登録台数(1982~83年)

Private car registrations 1982-83

政府が憂慮したのは、現在の状況や過去の傾向のみではなく、自家用車両の増加に関する予測が、より一層深刻なものであるということである。

1-3 道路空間に対する需要を増大させる予測要因

道路に課せられる需要が今後、一層増大する要因として、下記の5項目を指摘できる。

- (1)人口の増大は継続し、1991年には620万人となる。
- (2)経済成長も継続している。1983年に国民総生産の実質成長率は5.9%であった。つまり、より多くの商品やサービスが移動することとなる。
- (3)世帯は小さくなりつつある。1971年においては、世帯の平均家族数は4.6人であったが、1981年には4人にまで減少した。1991年には1世帯3.5人になると予測されている。このように世帯が少なくなるにつれて、世帯間を行き来する人の数は増加する。
- (4)人々は職場からより遠くに居住するようになりつつある。1970年代の傾向としては、「新界」(New Territories)、特に新市街(New Towns)に住宅が開発されたことがあったが、新市街において住宅開発に対応して新しい職場と新しい娯楽施設を増加させるという構想は、残念ながら実現しなかった。この結果、新界に住む人々は、通勤と娯楽のために旧市街地へ往復する必要性が増大した。
- (5)生活水準は向上を続け、人々は豊かになるにつれて自分の車を所有したがるようになった。仮りに自動車の増加が年5%に規制されたとしても、1991年には30万台の車が保有されることとなる(1981年には21万1,000台)。さらに、車の増加に規制が加えられない場合、多くの西欧諸国に見られたようなS字型の増加があるものと想定すれば、1991年には50万台近くに達するものと予想される。

1-4 道路渋滞要因に対する政府の対応

上記のような道路渋滞の増大要因に対して、政府は規制政策が必要であり、特にピーク時に自家用車で混雑する道路への対策が重要だと考えた。1982年5月には、車の新規登録に対する課税を2倍とし、年間の車両税を3倍にし、ガソリンへの課税を倍にした。

目標は、自家用車の登録台数の増加を年率5%以下に抑制することであった。結果としては、世界的不況の香港に対する影響がこの政策の効果を増大させることとなり、自動車保有者数は1982年の5月以

来9%減少することとなった (Fig.2)。

自動車保有台数の増加率ではなく、保有台数そのものが減少したにもかかわらず、ピーク時の混雑には目立った改善は見られなかった。この現象は、車の保有を抑制するこの財政措置が、主として週末および終業後に車を使用するといった、限られた使い方しかしない車保有者(marginal owner)に車を手放させる結果に終わったためと推定される。

政府は、税制による対策は効果が薄く、また不公平なもので、本来の目的である「車の使用」の抑制を、「車の所有」を通じて間接的に統制するという非能率的な方法であることを認識するに至った。そこで、車の使用に直接影響を与え、また、より公平な賦課金制度について種々検討を行った。

1-5 道路渋滞に対する賦課金の効果

香港においてなされるべきことは、ピーク時の交通量を減少させ、交通機関の遅れや、交通時間の不確かさを低減させることである。Fig.3には、ピーク時における交通量と、信号交差点における遅滞時間との関係を示してあるが、これによって賦課金制度がどのような効果を持つか想定することができる。

香港における多くの交差点の状況は、Fig.3のカーブが急激に立ち上る部分に相当している。図によれば、交通量が1時間900台であれば、平均遅滞時間は1.2分である。仮りに交通量が100台/時減少しただけでも、残る800台の各車両の待ち時間は36秒と大幅に減少する。

賦課金制は、いわば供給が制限された品物——人口密度の高い市街地道路——に価格を付ける効果を

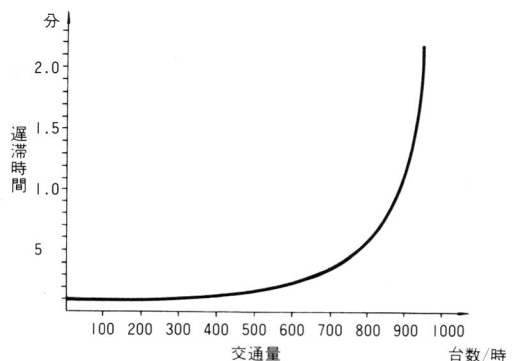


Fig. 3 渋滞に対する賦課金制の効果 (信号交差点に到達した車両の平均遅れ)

The effect of road pricing on congestion average delay to vehicles arriving at a signalised junction

狙ったものである。料金を課する目的は、車利用者の一部（すなわち、車利用者の中で道路の該当道路の利用がそれほど重要ではなく、他の時間帯に通行するか、他の交通機関を利用するか、または通行の回数を減少させる可能性のある者）に、ピーク時間の通行を止めさせようとするものである。この経済原理は Fig.4 のように表すことができる。

交差点における遅滞が増大するにつれて、車利用者にかかる費用負担は増大する（車の運用費の増加と、かかる時間の経済損失）。さらに、交通量が増大するにつれ、社会限界費用を示す曲線は利用者平均費用よりもはるかに急速に増加する。道路に料金を課することによって、Fig.4 における需要、供給の平衡点 B の状態とすることができれば、車利用者は他の人と同様に社会費用を負担することとなる。

賦課金制によるメリットは、Fig.4 に示されたものよりはるかに大きくなる可能性がある。平均的遅滞が少なくなれば、車両の運行時間が正確になり、バスはより短時間で運行できるだけでなく、その時間表も正確となる。毎月 1 億 2,500 万人以上のバス利用者があることを考えると、これは非常に重要な改善といえる。さらに、車の発進、停止回数の減少によって排気ガスの量が低減され、事故の減少をも期待できる。

1-6 香港における賦課金制検討の経緯

シンガポールにおいては、中心商業地区 (Singapore Central Business District) に対して地域賦課金制度がある。これは数年間の運用実績があり、資料も整っているため、この制度について詳細な検討が行われた。この例では、特別料金が設定されると朝のピーク時の自家用車の通行が 75% も減少したことが注目される。しかしこの制度は、香港においては商業商店地区が分散し、土地利用形態が複雑であるため、これを導入することはできない。

英国政府運輸省との契約の下で、香港政府は賦課金制度、特に ERP の制度について研究を行ってきた。このような電子技術方式は、技術が十分成熟さえすれば、香港の複雑な渋滞問題に対する解決法になるものと思われる。この方式の予備調査は 1982 年 11 月に行われ、1983 年にはコンサルタント・エンジニアの Transpotech 社が香港の賦課金制度開発を請負うことになった。

パイロット計画は 1983 年 7 月に正式に発足し、1985 年 6 月に完了の予定である。設備は 1984 年の 6 月より 12 月までの間に設置される。パイロット設備

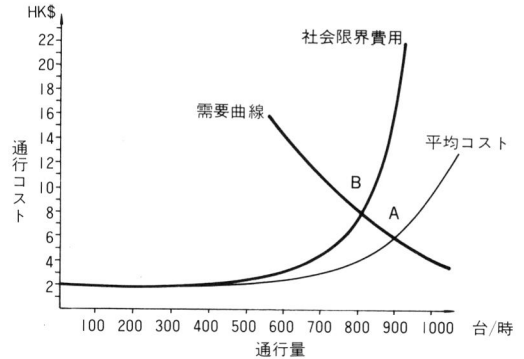


Fig. 4 賦課金の経済的側面：道路利用の社会限界費用を求めるための料金賦課

The economic case for road pricing : imposing a toll to bring the demand for and marginal social costs of road use

は将来の全体システムの一部をなすもので、1985 年の前半を通じて運用される。

2. ERP システムのパイロット計画の概要

2-1 車両識別装置の搭載

香港で採用すべく開発中の ERP システムは、すべての車両に「車両識別装置」(vehicle identification unit) を搭載することが前提となっている。このような車両搭載装置は頑丈で、装置に勝手に手を加えられない構造であり、耐久性の優れたものでなければならない。

この装置を付けた各車両は、路上器 (toll outstations) で識別される。路上器は市街地の 200~300 個所に設置され、道路に埋設された電子式ループで車両を検出する。車両の識別が行われた後は、データはコンピュータによって照合、記録され、ピーク時に混雑する道路に通行料が導入されれば、道路利用者に料金が賦課されるという仕組みである。

このシステムの第 1 の長所は、道路のそれぞれの渋滞度に応じて異なった料金を課するという選択的料金が可能なことである。さらに、車両の種類に応じて異なった料率を設定することができる。また、システムは常時稼動して車両の認識コードを記録するが、夕刻および深夜の料金は特別料金または無料とすることも可能である。

2-2 技術面の概要

ERP システムは次の 4 つの主要要素より構成されている (Fig.5)。

(a) 個々の車両を間違いなく識別するユニット——電子式ナンバープレート (以下 ENP と略す)

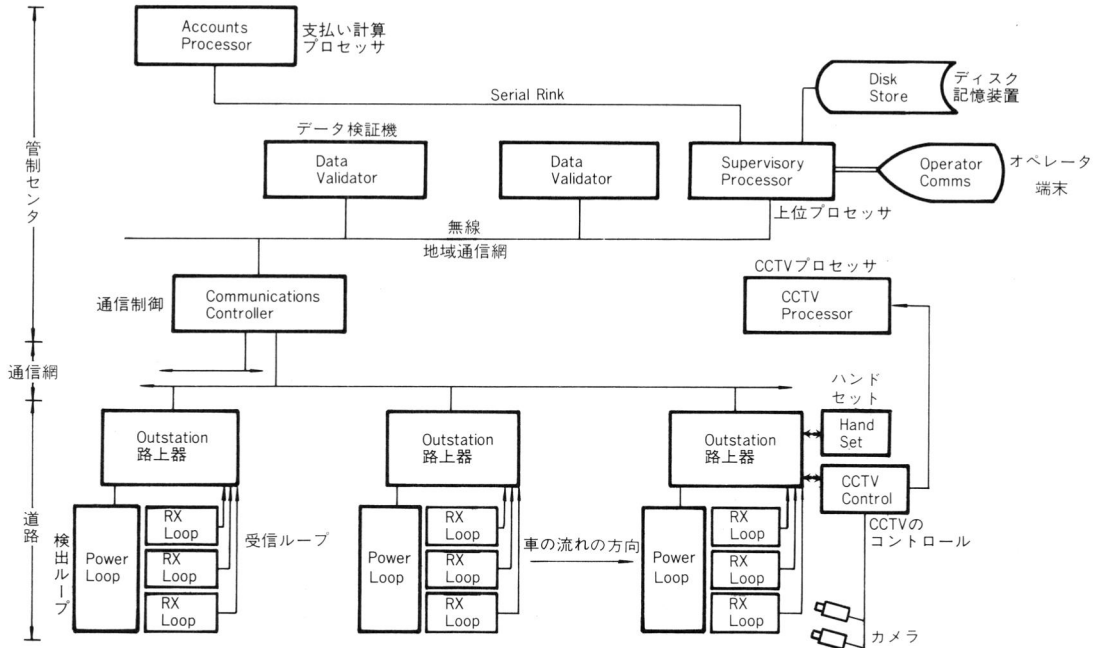


Fig. 5 ERPシステム：パイロット実験のシステムの概要

**Hong Kong electronic road pricing scheme :
system outline for the pilot stage**

(b)車両の通行を記録し、時刻、場所および車両の型式を記憶する装置——データ収集および確認装置

(c) ENP を搭載せず、または ENP に手を加えることによって料金を不払いにしようとする車両を検出、識別する方法——制御ステーションおよび「取り締まり装置」

(d) 車両に課せられた料金を算定、記憶し、請求書を発行する支払い装置

主要要素の詳細を以下に説明する。

i) ENP

ENP はビデオ・カセットほどの大きさで、重量は 600g である。バッテリーは必要とせず、自動車用バッテリーにも接続されない。装置は路面に埋設されたループよりの電磁誘導により作動する。

ENP はその製造工程でそれぞれ固有の暗証番号(コード)を与えられる。装置が運用されるとコンピュータに記憶された登録記録と照合され、特定の車両が間違いなく識別できるようになる。装置が路面のループによって一時的に起動させられると、その装置は固有のコード番号と他の必要なデータ(例えば車両の種別——トラック、タクシー、乗用車等)を路面下のループへ発信する。

ENP は車体後部の下面に溶接される。この ENP は香港における使用条件に合わせて特別に開発されたものであるが、同様な車両識別装置の信頼性はすでに実証されている。パイロット計画の段階では、香港の代表的な車種に対して約3,000台の車に ENP が実装されている。

ii) データ収集および検証

ENP によって、道路際にある路上器(料金加算所)が車両の通過を記録する。この路上器では、路面にループが埋設されており、ループは情報処理装置(Fig. 6)に接続されている。このループは車線のすべてに設けられており、2つの車線にまたがって走る車両も捕えることができる。

実際には2つのループがあり、1つは車両の ENP を作動し、他の1つが ENP のコード信号を受信する。車両の識別暗号と関連情報——場所、時刻など——は受信の後、一般の電話回線によって管制センターへ送られる。パイロット計画においては18の路上器が、混雑のひどい香港中心部(Central District)を取り囲む線と、地区内主要個所に計18基設置されることになっている。

iii) 管制センターのシステム

このシステムは一連の情報処理装置システムと、

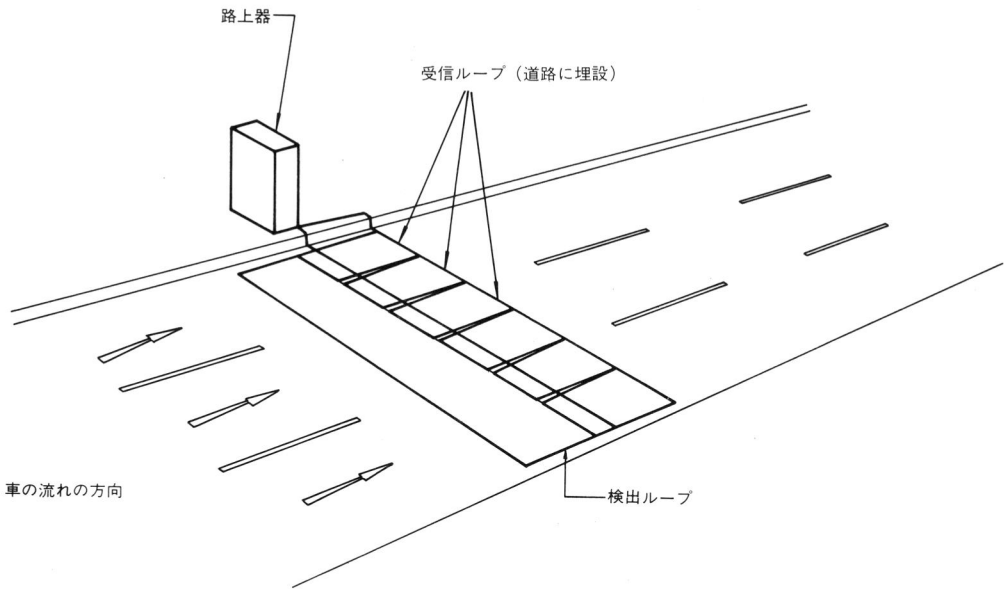


Fig. 6 路上器の代表例(3レーン)
Typical outstation (3 Lanes)

その関連機器より成っている (Fig.5)。

そこでデータは次のように検証する。

- (1)例えば、発行していない暗証番号を使用したり、廃棄された車両の暗証番号を盗用したりすることがないように、暗号を検証する保安コードを持つ。
- (2)車の動きの論理を確める記憶データに対する車の位置を検証する。

上位プロセッサ (supervisory processor) は、車両データに矛盾を生じた場合、これがシステムの一時的故障またはエラーであるか否かをチェックする。もし、矛盾が解決されていない場合には、該当車両は「問題車」としてリストに登録される。このリストにある車が通過すると、路上器より通報がある。

iv) 取り締まり装置

データ収集および検証装置は、正規の暗証番号に応答しない車両、すなわち ENP を搭載していない車両または ENP 妨害装置を持つ車両が通過した場合に、これを識別登録する。また、路上器によっては、テレビカメラが起動し、問題の車両の後部を撮影してそのナンバープレートを読み取る。

具体的には、「取り締まりステーション」には全天候型のケースに収められ、起動信号により作動する有線カメラが各車線に備えられている。映像は記憶され、デジタル信号に変換されて管制センタへ送信される。管制センタでは写真は再生され、ENP 暗証

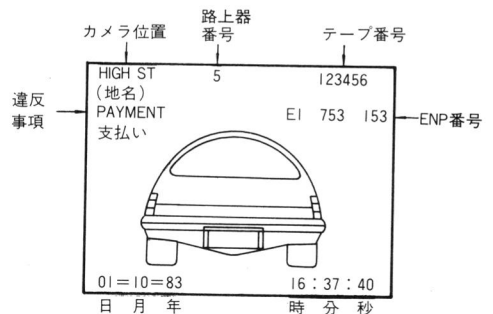


Fig. 7 有線テレビによる取り締まりシステムによるハードコピー作成例

Example of hard copy produced by closed circuit television enforcement system

番号とその他必要なデータとともにビデオテープに記録される。

この段階で、問題の車両の登録ナンバーを用い、運輸省のコンピュータ車両登録システム (VALID) と照合することにより、車の所有者を割り出すことができる。その後、行政措置が取られる。また、Fig. 7 のような映像のハードコピーを作成することも可能である。

v) 料金システム

前述のように、地区のピーク時間帯および混雑の具合に応じて、場所、時刻によって異なる料金を設定することが可能である。この方式により、道路空

間に対する需要に応じて弾力的な対応が可能である。また必要ならば、道路のわきに時間帯により変化する料金を表示することも可能である。道路を夜間有料とすることは考えられておらず、また、朝のピーク後夕方までのピークまでの料金は低く設定するか、無料となろう。

支払いと請求書発行のシステムは、いわば電話会社のシステムと同様のもので、定期的に請求書が発行され、料金の内訳書が添付される。請求書の内容に対して問合せがあった場合に備え、さらに詳細な内訳が記憶されている。また、システムには詳細な内訳を請求するための端末器も備えられる。過去の料金の内訳については、マイクロフィルムで参照することができる。

このシステムの運用に当っては、VALID とこの支払いシステムを連係させ、過大な料金未納がある車両の売買を禁止することが考えられている。このようなシステムは、交通規則および駐車違反で過大な罰金を未納している車両の売買に対しすでに適用されている。

3. 交通計画に関する要因

パイロット計画の主要な目的は装置の技術的検証である。装置の各要素はすでに他の応用例で実証されているが、全体がERPシステムにまとめられるのは初めてであるからである。さらに、香港にERPシステムを導入した場合の効果を評価して、交通計画の参考とすることも、このプロジェクトの重要な目的である。

このプロジェクトの評価のために、交通問題を解析する各種のモデルが作成されつつある。

i) マイクロ・モデル

このモデルは2地区を結ぶ回廊の間の人の動きを処理し、別のモードでは、その当該道路と他の道路の人の動きを取り扱う。正確な交通の流れを予測するには十分ではないが、検討の対象となるERPの設置範囲と、各種政策が生み出す効果の範囲を示すのに使うことができる。

ii) ストラテジック・モデル (Strategic Model)

このモデルでは香港を100ないし150の地区に分割し、道路網での車の流れを予測できる。ERPシステムの効果をはかるためには、まず「do minimum」のケースを想定している。ここではERPシステム

は導入されていないが、計画にある道路は完成し、大量輸送機関(地下鉄の延長)も予定通りとした1987年もしくは1991年の状況である。次に、明確に定義された「需要階層」(market segment)に対して分析を行い、ERPシステムの効果を評価する。

理論的には、香港の人口の極く少数部分が料金システムの影響を受けるだけである(ただし、道路の公共機関を利用する多数の人口は、通行時間が短くなることにより大きな利益を受ける)。自動車を使用できるのは人口の12%に過ぎない。

予備的な社会調査によれば、料金システムに対する大多数の反応は通行手段を変えること、すなわち公共機関に切り変えることである。「マージナル・インパクトモデル」(marginal impact model)は、この影響を反映している一方、また、他のインパクト・モデルも、例えば、自動車利用者が通行の時間帯を変え、料金システムの賦課を逃れるためにピーク時間を避けるというようなことに反映される。

iii) 市街地リンクモデルのシミュレーション

このモデルは交差点、または連続したいくつかの交差点の分析を行うものであり、軽減された渋滞と旅行時間をもたらすストラテジック・モデルがいかに交通量の軽減を図れるかを示すのに用いることができる。

これらのモデルを用いることにより、全システムに要する費用と、各種の方式および自動車利用者の挙動に関する想定ケースについて、それぞれの効果を比較することができる。

4. 結言

技術の進歩により、香港のように狭い地域について、使用頻度の多い道路に対してはピーク時に料金を課すという方式で問題に対処することが、有望な対策として十分に検討に値するようになってきた。1985年の前半には、完成した状態のERPシステムの一部が、香港においてパイロット計画として作動していることになる。これは世界において最初の試みである。

技術面での試用結果と、ERPシステムの各種適用方式および想定に対応した効果を比較することにより、香港政府は全体システムの運用にまで進むかどうか決定することが可能となろう。