

香港政府のERP実地テストの成果

マイケル・J・克蘭シー*

本論文は、先に発表された香港におけるエレクトロニック・ロード・プライシング（電子式賦課金制度、以下ERPと略す）システムのパイロット実験に関する論文（本誌 Vol. 10, No. 2、1984年6月号）をフォロー・アップしたものである。香港は、交通渋滞を制御する目的で電子式の道路通行料賦課制度をテストした世界最初の都市である。ここでは、約2,600台の車両を対象に、その道路使用に基づく正確な「模擬」請求書を作成するシステムの設置と運用が成功したことを報告している。また、本論文には交通予測についての報告も含まれており、そこでは、ERPが十分な数のドライバーに影響を及ぼして、通行の時間または形態を変更させ、相当規模の経済的便益を生む可能性が示唆されている。

The Outcome of the Hong Kong Government's on Road Testing of Electronic Road Pricing

Michael J. CLANCY*

This paper follows up an earlier IATSS paper on the Hong Kong Electronic Road Pricing Pilot Scheme (IATSS Review, June 1984 Edition). Hong Kong is the first city in the world to test on its roads an electronic method of road pricing to control its congestion. This paper reports on the successful installation and performance of the equipment in compiling accurate 'mock' bills based on the road usage of about 2,600 vehicles. It also reports on the transport forecasts which suggested that electronic road pricing could influence sufficient motorists to change their time or mode of travel and yield substantial economic benefits.

序論

香港政府は、ERPが渋滞の解消に利用可能であるかを判定する目的で、1983年7月から1985年7月までパイロット計画を実施した。このパイロット計画の主たる目標は、次の2点にあった。

- (a) 香港の道路網の交通混雑部分を通行する車両を、近年の技術進歩を活用することによって、正確かつ持続的に識別することが可能か否かをテストする。
- (b) 1991年の交通事情を予測し、渋滞を許容可能な水準に抑え得るERPの設計可能性を事前評価する。

技術のテスト

ERPシステムの構成要素及び設計に関する詳細な記述は、本誌 Vol. 10, No. 2、1984年6月号の「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」に収録されている。このシステムの基本的構造は、Fig. 1に図示した通りである。各車両には、電子式ナンバープレート（ENP）の小ユニットが装備される。車両が「料金加算所」（toll site）の道路下に埋設された電磁ループを通過する際に、ENPは特定のコードを発信する。このコードは、ループによって受信され、路傍のマイクロコンピュータに記憶される。コードは通過の時刻及び地点に関するデータを付されて、定期的に中央オフィスのコンピュータ数基に伝送される。これらのコンピュータは、コードを車両の登録番号と照合して、各車両の道路使用の日時と地点に関する記録を保存する。この記録に基づいて料金表を適用し、当該車両がピーク時間帯に交通量の多い道路を使用したか否かに応じた道路使用料を課することができる。

* (前) 香港政府交通部首席事務官
Former Principal Assistant Secretary, Transport
Branch, Hong Kong Government
原稿受理 昭和60年9月5日

システムの最終アウトプットは、請求書であり、そこで適用される使用料金は、十分な数のドライバーに影響を与えて渋滞を減少させ得るような水準に設定される。

電子式ナンバー・プレート (ENP)

パイロット計画では、約2,600台の車両にENPが搭載された。これらの車両の多くは政府所属のものであったが、民間企業、バス会社、貨物輸送車所有者、ミニ・バス運行業者、軍などに属する自主参加車両もあった。車両の構成は、香港の交通の代表的なサンプルとなるものであり、あらゆる大きさの乗用車、貨物車両、さらにはバス、ミニ・バス、自動二輪車、特殊自動車が含まれていた。

ENPは英国で設計・製作され、1984年11月から装備が始められた。ENPは、Fig. 2 に示すような形で車両下部に溶接された。装備担当チームが、作業工程と様々な車種及び型式に応じた若干の応用技術になじんだ後には、1時間当たり10~12台の装備が可能となった。従って、平均装備時間は5~6分ということになる。ENP搭載後、識別コードは中央コンピュータに記憶された車両登録番号と照合された。欠陥ENPは1件しか記録されておらず、この1件

も車両が装備現場を離れる以前に発見された。

料金加算所

すべての装置は耐久性テストを受けた。このテストの目的は、フル・システムの導入に踏みきった際にも、香港の特殊な事情、とりわけ夏期の高温多湿に装置が耐え得ることに関し、政府が確信を得られるようにすることにあつた。従って、パイロット計画の実施地には、香港の金融センターであり、交通の中心となり、一般に最も混雑する商業地域の1つでもある中心部 (Central District) が選ばれた。初期の結論では、加算所位置の設定は「遮断・スクリーン線」 (cordon and screen line) 方式によるのが、システムのパフォーマンスに関する正確な評価を可能にするうえで最も効果的であるとされた。Fig. 3 に示した18カ所の料金加算所のうち7カ所によって、遮断線、即ち中心部を囲む境界線が定められる。この地域区分は、フル・システムにおける道路使用料賦課と渋滞制御のために用いられるゾーン区分と実質上大差ない。7地点は、中心部へ流入する方向の交通のすべてを捕捉する。その他の6地点は、流出方向の遮断線上にあり、図示された隣接地域への侵入地点を形成している。残りの5地点はスクリーン

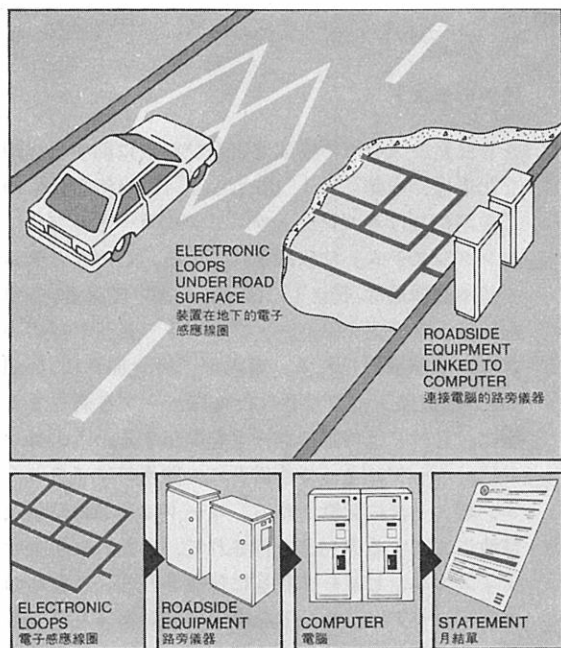
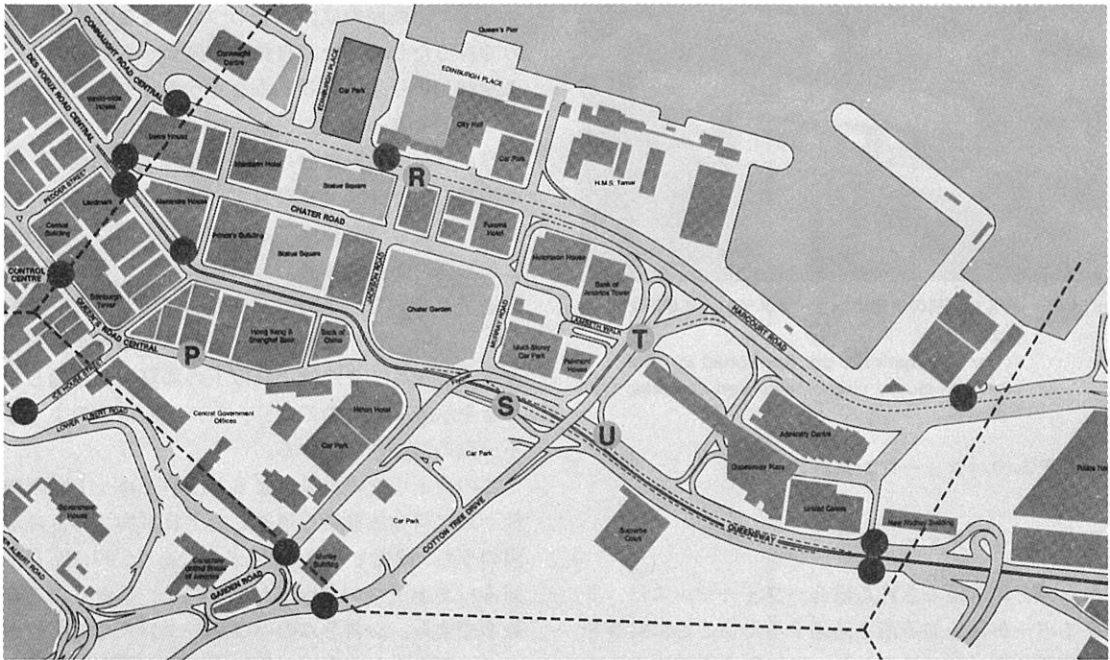


Fig. 1 香港のERPパイロット計画の説明図
Diagrammatic illustration of the Hong Kong electronic road pricing pilot scheme



Fig. 2 ENP(電子式ナンバー・プレート)の車体下面への溶接装着
The welding of an Electronic Number Plate to the underside of a car



香港中心部のパイロット段階料金加算所は、賦課金方式の可能性を実証している。B,C,F,G,J,L,Nの各地点のいずれか1カ所を通過することなしに中央ゾーンへ入ることは不可能である。また中央ゾーンから隣接ゾーンへ出る際には、A,D,E,H,K,Mの各地点のうちのいずれか1カ所を通過せざるを得ない。(P,R,S,T,Uの5地点は、パイロット・システムをテストするための加算所である。)

Fig. 3 香港中心部の地図。パイロット計画における料金加算所設置点を示す。
Map of the central district of Hong Kong showing toll sites installed for the pilot scheme

線を形成し、これによってゾーンの一方の側からもう一方の側へと移動する交通の大部分が遮断される。この5つのテスト地点は、システムの自動的評価を可能にする。

要約すれば、これらの地点は広範な条件をカバーするものであり、そこには1車線から4車線までが含まれ、交通状態も自由な流れから渋滞まで多様であり、車線維持の遵守状況も、車の流れの速度もまちまちである。ループは潜在的な干渉源、即ち、街灯、路面電車軌道、ネオンサイン等のすぐ近くに設置された。いくつかの料金加算所は、坂の途中やカーブ付近を選んで設置された。

各加算所には、検出ループと受信ループの双方が路面下に埋設されている。設置に必要なスロットは通常、ダイヤモンド・チップ・ソーにより1晩で掘削でき、翌日の晩にはループを設置できるから、工事に伴う交通遮断の必要はほとんど生じない。

1984年12月から、料金加算装置 (toll station) は、路上のキャビネット中に収納されて、ループ、電源、及びデータ送信ラインと接続されるようになった。1985年2月初めまでに、中央ゾーンへの侵入地点の

料金加算所は、すべて機能を始め、3月初めには、全システムが稼働態勢に入った。

取り締まり

このシステムの設計上の特徴の1つは、システムを不正回避して道路使用料を免れようとする車両をすべて識別できることにあった。取り締まりは、可能なかぎり自動的に行われるよう図られた。料金加算所の1つには、加算所を通過する車両を撮影できるよう調整された有線テレビ・カメラ2台が設置された。フル・システムにおいては、ENP不搭載車両、または故障したENPを搭載した車両が通過すると、自動的にカメラが起動する方式となろう。パイロット計画では、大多数の車両はENPを搭載していないため、論理を逆にして、ENP搭載車を撮影した。料金加算所で撮影された写真 (Fig. 4) は、スロー・スキャン方式により管制センターに伝送され、完全な画像が受信され次第ビデオ・カセットに録画される。



Fig. 4 料金加算所の有線テレビ・カメラによる車両の自動撮影

A car automatically photographed at a toll site with closed circuit television cameras

システムのパフォーマンス評価

要求されるパフォーマンス

システムに要求される総合パフォーマンスは、ドライバーが料金加算所を通過するたびにごとに料金を加算される一方、通過しないのに料金を請求されることがないと、必然的に期待し得ることである。パフォーマンス仕様は、誤った所有者に対し請求する確率を取引1,000万件につき1件未満としている。この極めて高い精度を保証するために、システムが有効な取引の一部を拒否することも、時折生じる。しかしながら、仕様はまた、取引の99%超が請求目的上有効でなければならないと規定している。このパフォーマンス水準でなら、通行料の請求もれが時折あることにドライバーが気づく可能性は、ごく低いであろう。

パフォーマンスの測定

車両識別に関するシステムの総合パフォーマンスを測定する唯一の方法は、車両に料金加算所を通過させ、その取引が管制センターに正しく記録されているのを確認することである。エラー発生率はごく低いから、システム・エラーの計測を可能にするだけの量の正確なデータを経済的、効果的に収集するには、マニュアル調査は不適當である。従って、システムは自己チェックの目的にも用いられねばならない。コンピュータからのデータが正確なものとして受入れられる前に、システムに大きなエラーがないことを確認するために、入念にコントロールされた小規模なマニュアル調査が実施された。1週間のテストで400件を超える料金加算所通過が記録され、うち99.5%以上は成功裏に記録されていた。これは

システムが所期の成績を収めつつあることを示すものであったし、また、自動的な調査から得られる、より詳しい結果も有効とみなしうることを確信させるものでもあった。

パイロット計画における予備加算所 (Fig. 3) は、車両識別のチェックを実施するのに利用された。例えば、P加算所を通過するすべての車両は、その後E加算所で識別されるし、同様に、S加算所を通過するすべての車両は、その前にK加算所で識別されている。不一致があれば、それは車両が識別されることなく1またはそれ以上の加算所を通過したことを示唆するものであり、システムはこのような不一致の詳細を記録する。

このチェックの結果によると、パイロット計画の後半期に料金加算所を通過した1日平均2万台の車両のうち、捕捉もれは0.3%未満であり、99.7%を上回るパフォーマンス水準が示された。しかも、この数字ですら、システムのパフォーマンスを過小評価しているかもしれない。というのは、警察用自動二輪車等の小車両や道路清掃車は、任務遂行上「不法な挙動」を行うことを許されており、このため捕捉もれとなった可能性があるからである。

ループ設置点

電子ループは、車両の識別と探知の両面で極めて有効であることが実証された。料金加算所は、概ね99%の実用信頼度を達成した。保守チームが待機していれば、99.9%の信頼度が達成可能であろう。これは、各加算所の平均「休止時間」(down time)が6カ月につき4時間未満であることを意味する。

中央オフィス・コンピュータ

パイロット計画期間中には、一群のミニ・コンピュータ (Fig. 5) が路傍の装置を高い信頼度で制御し、料金ステーションから受信する記録を道路使用料請求書用にソートした。ソフトウェアの些細なエラーの発生は若干あったが、これらは容易に修正された。パイロット計画では、実際の請求書は発行されなかったが、中央コンピュータは、運輸省の車両登録コンピュータから得た所有者データと料金加算装置通過記録(1日2万台以上)を総合し、これに仮想料金表を適用して正確な請求書を作成した。請求書は、パイロット計画の自主参加者宛に発行されたが、その目的は例示用に限定されていた。



Fig.5 パイロット計画の料金加算所18カ所から送られる情報を処理するミニ・コンピュータ
The mini computers used for processing information from the 18 pilot scheme toll sites

有線テレビ・カメラ

テレビ・カメラに関する評価結果は、大々的に自動化された取り締まりシステムの実現可能であることを示唆している。料金加算所のカメラと中央管制オフィスとの連絡は良好に機能した。有線テレビ・カメラは正しい時間に持続的に起動した。管制センターに伝送された写真の大多数は登録番号の判読に十分な鮮明さを備えていた。写真本体に付属する文章には、地点、データ、撮影日時、及び撮影理由が示される。可能なカメラ増設位置に関する詳しい調査の結果、自家用車がバスの陰に隠れる等の、車両による撮影妨害の問題は、重大ではないことが確認された。カメラが適切な位置に設置されていれば、ENPを搭載しない有線テレビ設置地点を通過する車両の95%が、最初の通過地点で（不鮮明になることなく）撮影されよう。ENP非搭載車が持続的にカメラを回避できる可能性は極めて低い。

ERPが交通状況に及ぼす効果

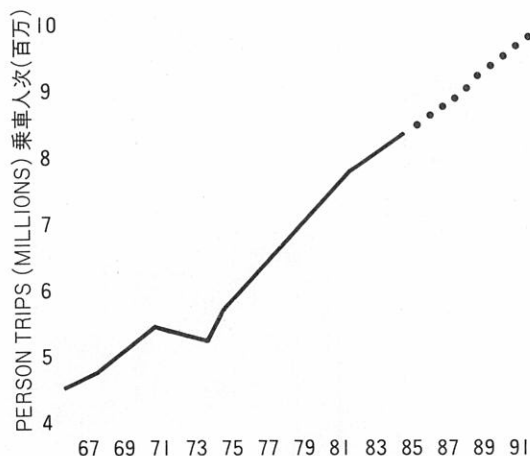
前述したように、ERPシステムが技術的には非常に上首尾に機能することが、パイロット計画により実証された。政府はこのほか、公共交通機関に依存している大多数の人々のために、ERPが渋滞を

解消させる方向で、十分に有効な影響を及ぼす見込みがあるか否かを知る必要もあった。このため、パイロット計画には第2の主要素として、交通量増加の分析、将来の交通量及び交通事情の予測、並びに自動車保有者の価格に対する感度の査定を行うことが含まれていた。価格感度を査定する目的は、自動車保有者が妥当な料金に対して反応するか否か、また、一部の通行については、公共交通機関を利用したり、通行時間をずらしてピーク時間帯を避けたりするか否かを判定することにあった。従って、パイロット計画の主要部分の1つは、より伝統的な交通コンサルタント業務にかかわるものであった。

交通の増加

参考資料とする目的から、交通網計画達成時の予測通行需要に基づいて、1991年の道路交通状況の予測が行われた。総通行件数は、1981年から1991年の間に20%以上増加すると予測されている。これは交通システムが収容しなければならない平日の通行数、年間20万件ずつ増加することを意味している。予測の詳細は、Fig.6に示されている。

憂慮すべき点は、毎日の通行の1/5以上を通勤・通学が占めており、この種の通行はピーク時間帯に集中しがちであるということである。予測では、1981



交通システムは、毎年40万の通行増加に対処しなければならない。

Fig. 6 交通量の1日当りの増加予測(延べ通行人員)
Forecast growth in daily passenger trips

年から1991年の間に通勤・通学量が30%増加するとしている。これには労働人口の増加が反映しているだけでなく、新市街(New Town)への住宅のシフトが進む一方で、職場は大半が中央市街地に残ることも反映している。

交通形態の面から見ると、乗用車及びタクシーの利用は、1981年から1991年の間に25%の増加が予測されている。いうまでもなく、この種の車両は、道路空間の利用効率が最も悪い。

交通渋滞

1991年の交通渋滞予測は、Fig. 7に示されている。特定の戦略的ボトルネックがいくつかあるが、これらは道路建設をさらに進めることで対処可能であるかもしれない。しかしながら、商業地区の多くにおけるディストリビューター・ネットワークは、将来の交通の流れに対処し得ないものと予測される。これらの交通密集地区では、1つの交差点で信号待ちの列ができ、それが他の数カ所の交差点にも影響を及ぼすことになる。

すべての車両が渋滞の一因であるのはむしろであるが、乗用車とタクシーは主要道路の渋滞の主たる源泉になるものと予測される。九龍半島及び香港島の市街地への入口では、自家用車が車両の流れの60~65%を占めるものと予測される。港を横断する交通については、交通量の75%を乗用車とタクシーが占めると予測されている。各種の理由から、香港

政府は、ERPシステムの対象は、少なくとも当初期間中は、自家用車のみとすることを考慮している。それゆえ、ERPシステムのテストにおいても、この基準が採用された。

ERPシステムの3種の設計のテスト

3種のERPシステムがテストされ、1991年を対象とした「参照」状況における移動・交通事情にどのような影響を与えるかが考察された。各システムは、総じて「渋滞がなければ無料」の原則に基づいて設計された。ERPの主要な利点の1つは3渋滞が問題となる時間及び地点に焦点を合わせ得る能力にある。このため、ERPシステムは、いずれも主要市街地に集中配置され、車の流れが比較的スムーズな都市周辺の新市街には設置されなかった。

また、3種のシステムは、すべて1日の時間帯に応じて異なる料金体系を持っていた。ピーク時間帯金は、8時から9時30分までと17時から19時までの両時間帯を対象に設定された。9時30分から17時までの時間帯についてはインターピーク料金が設定された。しかし、週末や平日の夜間(19時30分以降翌朝7時30分まで)の通行については、いずれのシステムでも無料としている。

各システムで用いられる料金加算所の数は、導入されたゾーンの数に応じて、100カ所を若干上回る程度から300もの多数に至るまでの幅があることが判明した。テストされたゾーン・システムはいずれも、市街地全域をカバーし、正しい方法で料金を徴収したと仮定すれば顕著な便益を生むであろうとの結果を示した。

Fig. 8はシステム設計の一典型を示している。

これの特徴は、有料ゾーンが相当広いにもかかわらず、わずか115カ所の料金加算所で境界線を形成できることである。香港ドル表示の料金が境界地点に示され、料金は進行方向の如何にかかわらず課される。即ち、ドライバーは、交通量の多い地区への侵入に対して代価を支払うか、または地区を出る際に地区内での道路利用に対する代価を支払うことになる。香港島で交通量が最も多いのは東西回廊道路であり、九龍半島では主として南北方向の交通量が多い。これらの動きは、ゾーンの形状によってコントロールされる。境界の各部分で料金が異なるのは、このためである。

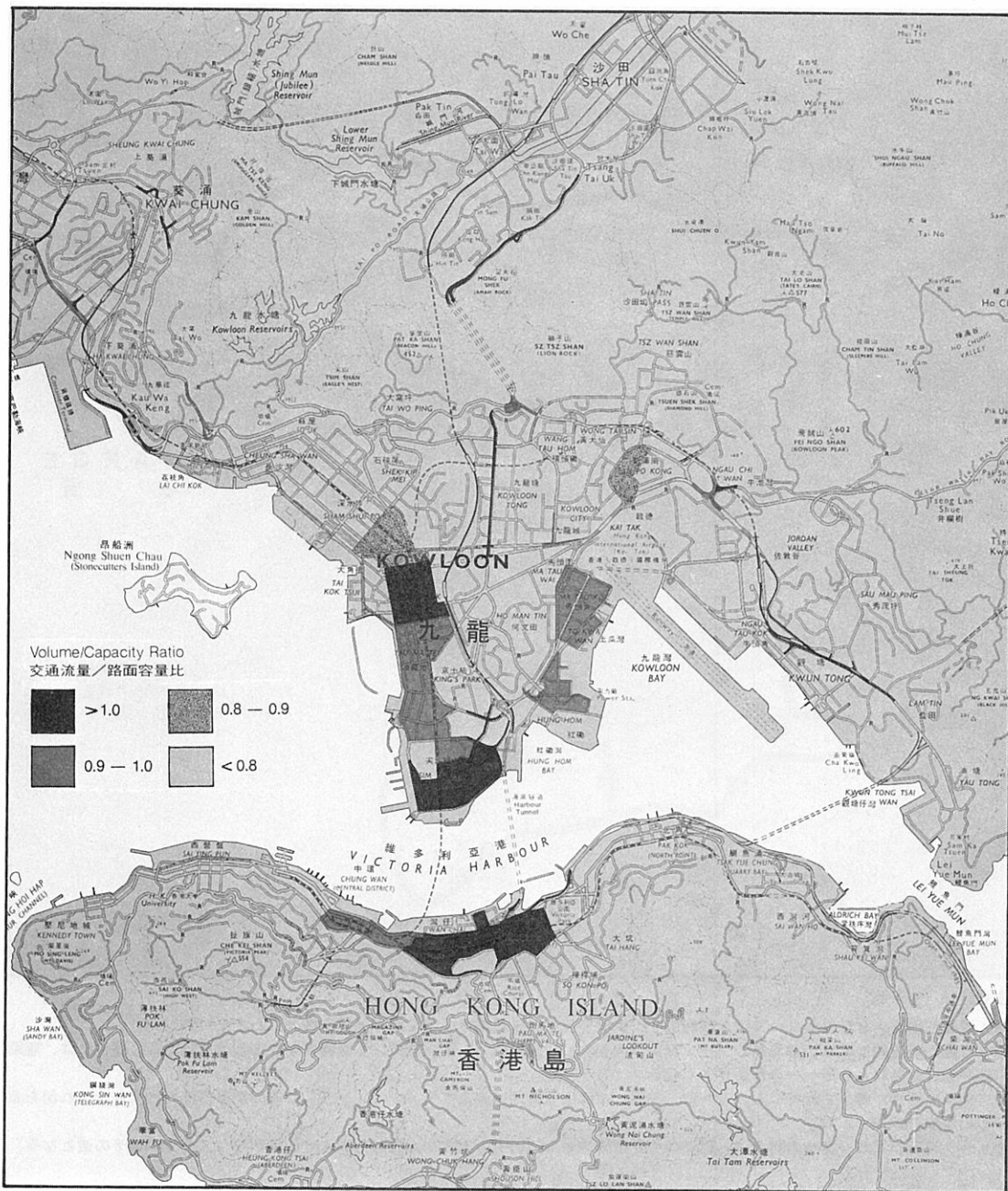


Fig.7 1991年における主な交通渋滞の予測
Forecast main traffic congestion in 1991

1991年の朝のピーク時における交通状況，自動車保有規制は現行のままであると仮定している。

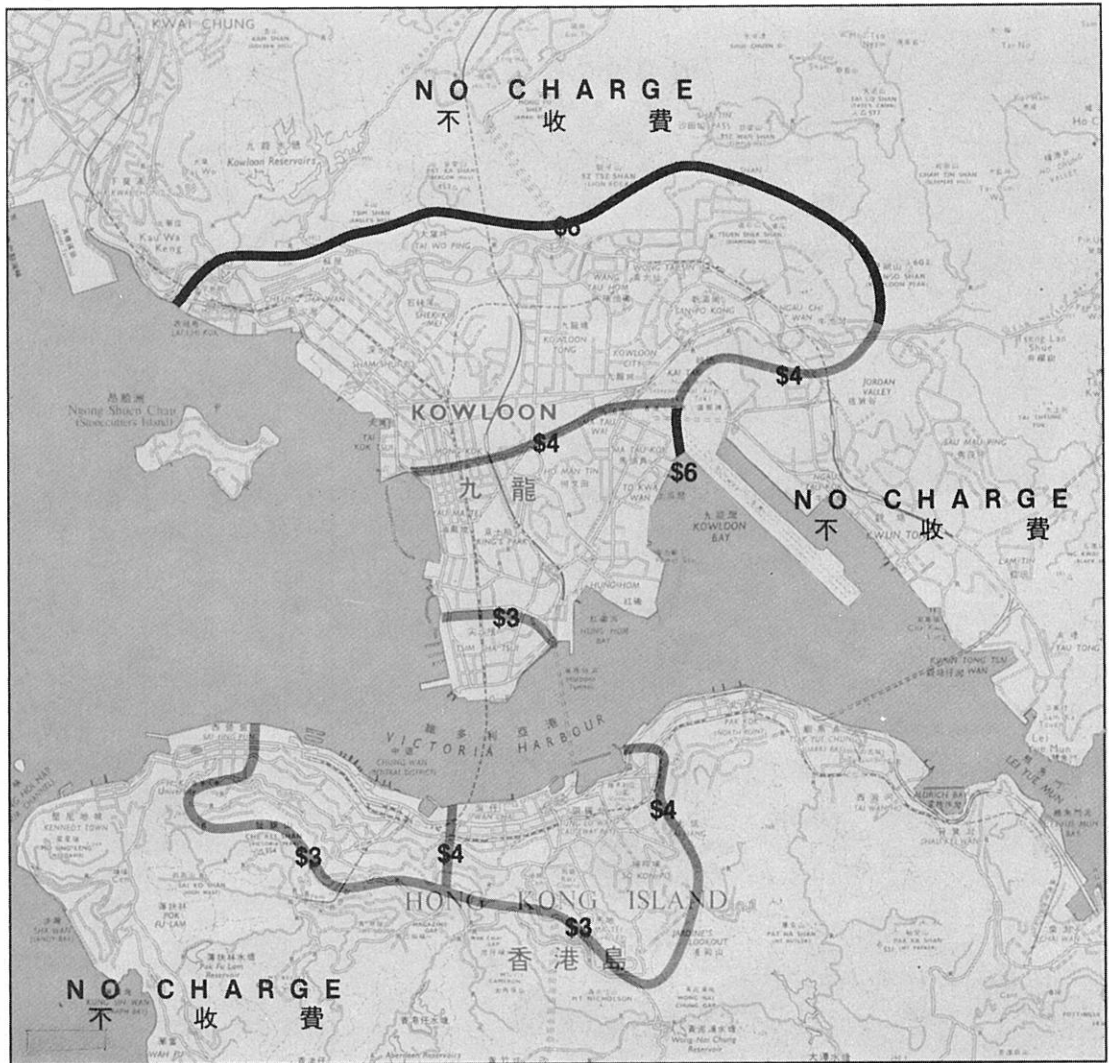
制度の効果

香港の車両走行距離の総計のうち、ERPが適用される可能性のある時間帯に該当するのは、わずか半にすぎない。このうちのさらに半の走行距離はERP有料地区外の走行であるから、料金は全く課さ

れない。従って、走行距離総計のうち、有料となる公算が大きい部分は、わずか半にすぎない。

Fig.9は、1991年の基準的な状況における自動車交通が、典型的なERPシステム、または自動車保有規制による影響をどのように受けるかを示したものである。ERPの主な抑制効果は、ピーク時間帯

Inter Peak 9.30am-5.00pm



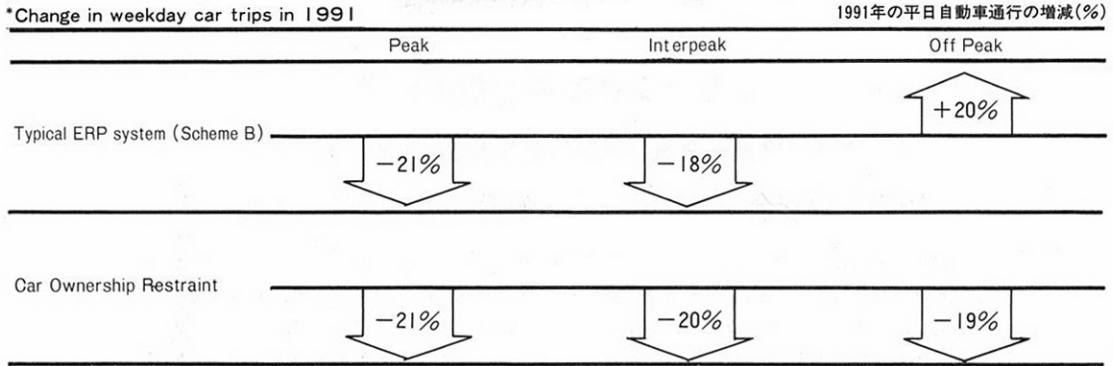
主な特徴 (B計画)

- A計画と同様、B計画もゾーンは比較的広く、少数である。B計画で必要な料金加算所数は、わずか115である。
- A計画と対照的なのは、香港島のゾーンがより大きく、境界線の「支線」を設ける必要がないことである。この場合には、短距離の通行が無料となるケースがより多くなる。
- 方向別料金制が導入されている。これは、一般に朝には市街地に入流する方向の、夕方には流出する方向の、大きな流れがあるとの認識に基づく。
- ピーク時及び準ピーク時の料金は、朝には主要市街地から流出する方向が、流入方向より低額となり、夕方にはその逆となる。

Fig. 8 九龍半島と香港島を対象としたERPシステムの一典型
Typical ERP system covering the Kowloon Peninsula and Hong Kong Island

に現れる。中間のインターピーク時においては、より小さな効果でも十分足りるし、道路の収容能力に余裕のあるオフピーク時の通行件数は、むしろ増加(20%)する。これに対して、自動車保有規制の場合には、渋滞の有無とは無関係に、1日の全期間において通行件数が平均20%減少する。

私的交通から公共交通への交通形態の変化が、公共交通機関に過度の負担をかけるということは全くない。例えば、バスの輸送必要量の増分は、渋滞減少に伴って可能となる運行回数の増加から生じる輸送能力の増分より小さい。



予測交通量水準からの増減は、計画されている交通投資が行われ、交通規制の追加はないと仮定した場合の結果である。

Fig. 9 ERPと自動車保有規制が1991年の平日自動車通行の変化に及ぼす影響の予測

Forecast change in weekday car trips in 1991 resulting from ERP or car ownership restraints

ERPシステムのコスト

ERPシステムのコストは、当初の推定では3億5,000万香港ドルとされていた。しかしながら、パイロット計画は、2億4,000万香港ドルの当初コストで効果的なシステムを導入し得ることを示した。ランニング・コストは年額2,000万香港ドルを超えないであろう。

ERPシステムの便益

道路プロジェクトの収益は、それが生み出す経済的便益の面から表現されるのが典型的である。これらの社会的便益には、移動時間短縮、燃料費節約、車両消耗品及び事故の減少などが含まれる。香港における道路収益率は、30%前後が典型的である。ERPの収益は約300%である。道路増設投資の便益は局地的であるが、ERPの便益は市街地の全体に及ぶ。

便益の主要な源泉は、移動時間短縮が生む価値である。一方、これらの便益とは逆に、道路利用者の一部(平日の通行全体の約3%未満)は、ERPが原因で行動を変える必要に迫られ、このための不利益は先の便益から相殺されねばならない。経済便益の総額は、7~9億香港ドルであり、このうち40%以上は公共交通機関の利用者が享受する。貨物車両を運行する業者も、渋滞の増加が抑制されることに伴う経済的便益を相当に受ける。

渋滞の減少に伴う燃料節減は、1991年の基準的な状況における予測消費量2,200万リットルの9%までの範囲と推定されている。二酸化炭素放出量については、約15%の減少が見込まれる。

ERPの毎月の請求金額は平均140香港ドルと予測される。しかし、ピーク時間帯に自動車通勤を続けるドライバーは、これよりずっと高額(毎月500香港ドル以上)の請求を受けることになろう。この額でも、主要市街地の月間駐車料(1,000香港ドル前後)に比較すると不利ではない。

香港におけるERPの将来性

本論文の執筆時点では、香港政府は、ERPをフル・システムまで進めるか否かに関して、何らの決定も下していない。一方においては、パイロット計画によって、香港の経済・社会の大きな制約となっている交通渋滞を防ぐうえで、ERPが実用的な案であることが示された。しかし、他方では、その後の市民との協議の席において、ERPに対する誤解と危惧が存在することも明らかとなった。ERPに関する最終決定を延期することを提唱する意見も多い。今のところ、1982年5月に導入された厳しい自動車保有規制による登録台数抑制効果が持続しており、渋滞も十分に緩和されている。相当数の議員は、自動車保有の増加が復活し、ERPへの投資が必要となるほどの高水準に達するか否かを、今しばらく観測したいとしている。