

6. 3 車両感知器

6. 3. 1 車両感知器の機能

車両感知器（以下、感知器と略す）は、車の存在を検出して交通データとして集め、信号制御の中で下記のような種々の機能を果たす。

1) エリア制御用感知器（周期、オフセットを決定するために用いる）

いくつかの信号交差点の集合体であるサブエリアは、それぞれの信号に共通の周期と最適なオフセット（時間差）パターンを、感知器から収集したデータを元に、予め用意されたいくつかの制御プランの中から選んだり、計算により算出したりして選択する。選択方法は、第5章に述べたとおりである。

同様にして、サブエリアとサブエリアの境界にある交差点（それぞれのサブエリアに含まれる）間でも、それぞれのサブエリアが同じ周期であればオフセットの調整がとられる。このようにして、全体エリアのコーディネート制御が成立する。

2) スプリット制御用感知器

スプリット、すなわち、ある周期が与えられた信号交差点（重要交差点）で交差するそれぞれの方向に与える青信号時間は、感知器からのデータにより算出され決定される。この場合、感知器からのデータは、それぞれの方向の交通流の飽和度に加工され利用される。

3) 感応制御用感知器

交差点の交通処理容量は、特定の流入、流出方向の青時間の延長により改善されるが、その交通需要は当該車線に設置された感知器の感知信号によって得られる。感応制御には、半感応、全感応、右折感応、フローレート感応などがある。

4) 渋滞表示用感知器

ウォールマップに表示される渋滞長などの交通状況は、感知器からコンピューターを経由して供給される。

5) 交通データ統計用感知器

交通データ統計の必要な箇所を選定し、感知器を設置する。この感知器からのデータは、将来の信号増設計画立案や、制御プランの改善に使われる。

6. 3. 2 車両感知器の標準配置

感知器は、第5章の5.4の「制御手法のコンセプト」に従い次のように配置する。

1) コーディネーション、スプリット制御、フローレート感応用感知器の配置

コーディネーション、スプリット制御、フローレート感応用感知器の標準配置は、サブエリア（図6.3.1）に対して、重要交差点を対象として図6.3.2に示すような配置となる。

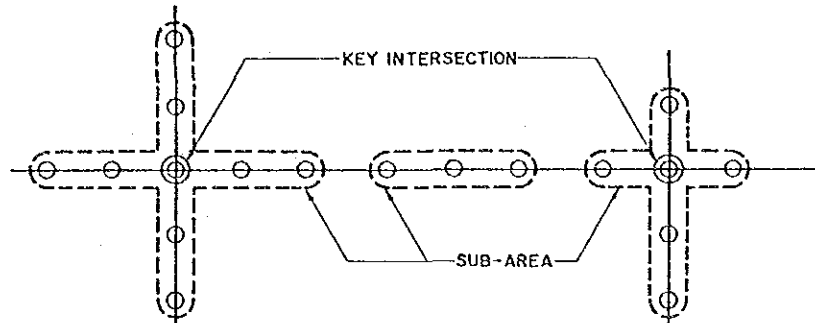


図 6. 3. 1 重要交差点とサブエリア

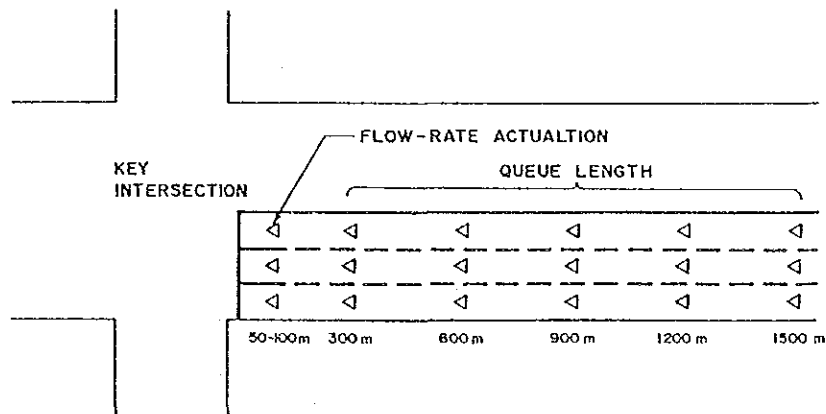


図 6. 3. 2 重要交差点のフローレート用車両感知器の標準配置

2) 右折感応用感知器の配置

右折感応用感知器は右折専用車線に設置される。右折感応用感知器の標準配置は、図6.3.3に示すとおりである。

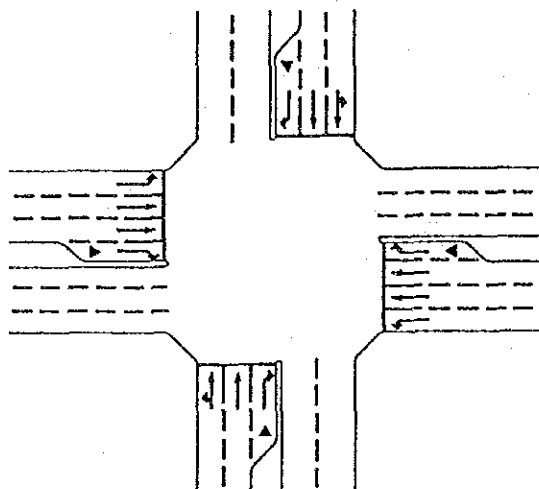


図6.3.3 右折感応用感知器の標準配置

3) 交通データ統計用感知器の配置

交通データ統計用の感知器の標準配置は、図6.3.4に示すとおりである。

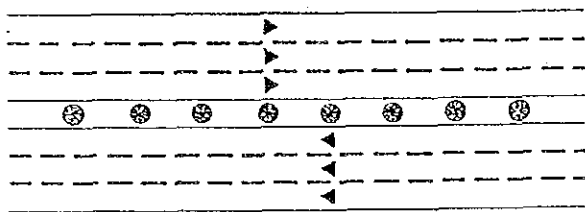


図6.3.4 交通データ統計用感知器の標準配置

6. 3. 3 車両感知器の実際配置

標準配置に従って、感知器を配置することが理想であるが、コスト高や設置場所の問題があり現実的でない。ここでは、ATCシステムの機能を維持しつつより経済的な感知器の配置を以下の手順により検討を加えた。

- a. ATCシステム対象エリアの道路ネットワーク上に、種々の機能の感知器をプロットすることにより、異なる機能の感知器が同じ位置にオーバーラップして配置されていることをチェックし、供用出来る様にし、感知器の無駄をなくす。
- b. シミュレーションなどにより、渋滞長がそれ以上伸びないことがわかっていてる地点の渋滞表示用感知器を除外して減らす。
- c. 複数のレーンに計画された渋滞表示用感知器は、代表する車線のみを設置とし、感知器数を減少を図る。
- d. 流入方向が異なるが、同じ信号ステージを感応する右折感応用感知器のうち、原則として、交通量が多い流入方向の感知器を減らす。

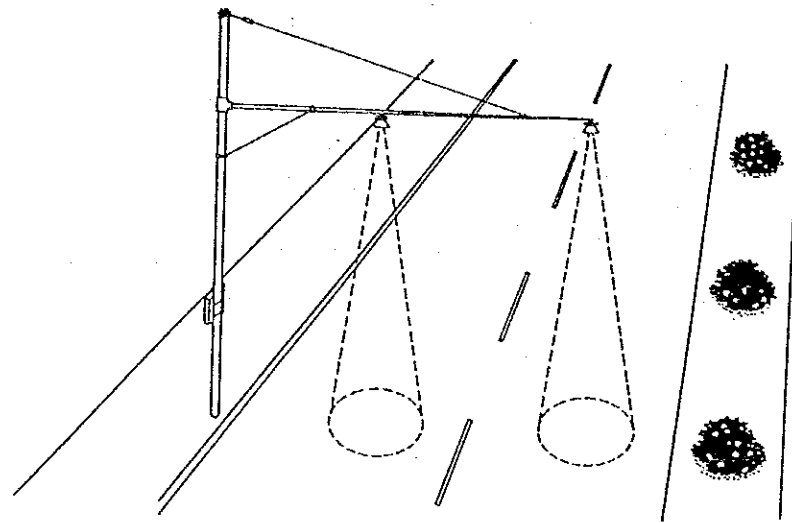
ATCシステム全エリアの必要感知器数は、628ユニット（箇所数ではない）であり、表6.3.1に機能別感知器の数量内訳を示す。

表 6. 3. 1 機能別感知器の数量

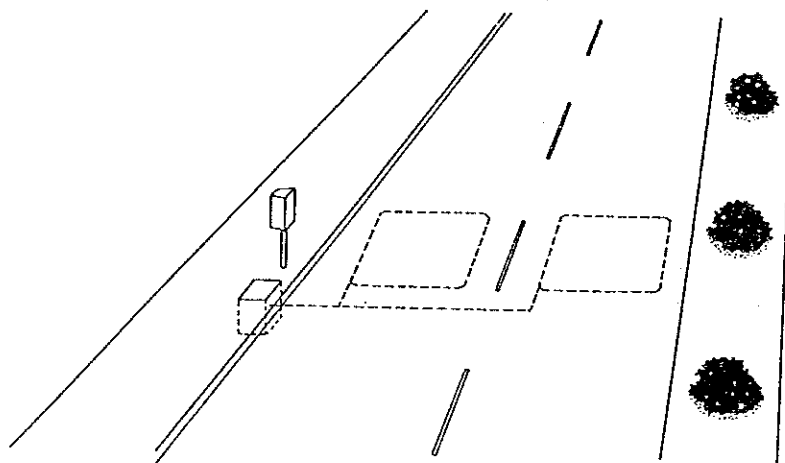
| Functions | Detector Units |
|---|----------------|
| -Coordinated Area Control & Split Control | 296 |
| -Vehicle Actuated Control | 72 |
| -Congestion Indication | 10 |
| -Compiling Traffic Statistics | 45 |
| Total | 423 |

6. 3. 4 車両感知器のタイプ

感知器のタイプは、ループ誘導式感知器（以下ループ式感知器と略す）と超音波式感知器（以下超音波式感知器と略す）が考えられる。両者とも、性能的に安定し、コストがリーズナブルで最も広く採用されている。図6.3.5にタイプ別感知器を示す。



ULTRA SONIC TYPE



LOOP TYPE

図6. 3. 5 車両感知器の種類

ループ式感知器、超音波式感知器の選択は、それぞれの得失を考慮し設置場所の特性に応じて行う。原則として、超音波式感知器を採用する。その理由は、以下に示すとおりである。

- a. 成長の急な都市では、路面を掘削する工事（上水道、下水道、ガスなど）が頻繁に行われ、ループ式感知器ではループコイルのフィーダー線が度々切断されることがある。
- b. 感知器設置時の交通規制が、最小限の時間で済む

ループ式感知器は以下の地点に設置する。

1) 景観維持道路

景観が美しく、これを維持する必要がある通りには、ループ式感知器を設置する。図6.3.6にこれに該当する道路を示す。

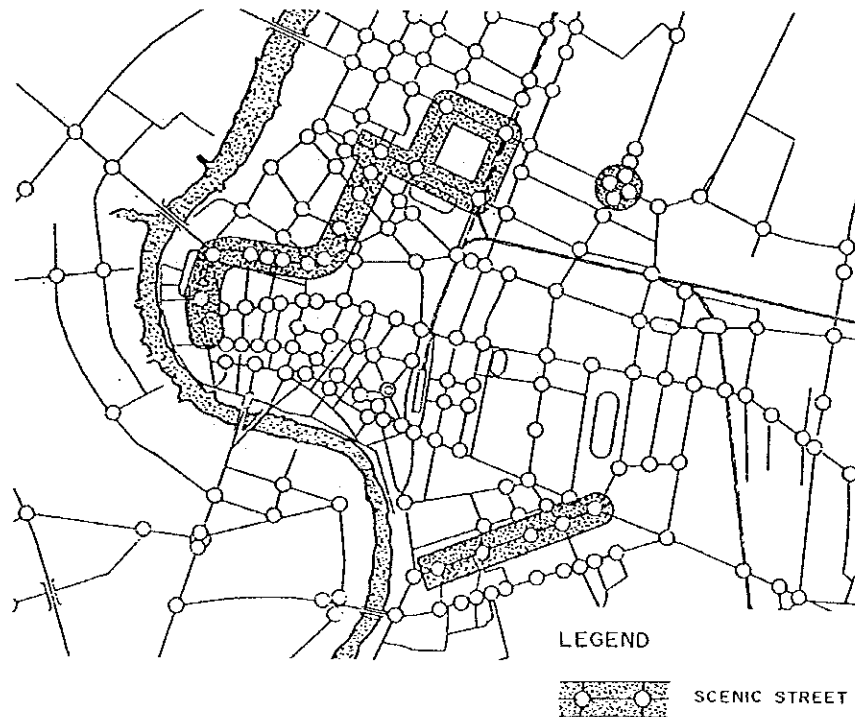


図 6. 3. 6 景観維持道路

2) 広幅員道路

超音波式感知器は、ブーム（横木、アームとも云う）を路側から張り出しトランスデューサーを車線上空に取り付ける必要があるが、ブームは歩道から3車線までしか届かない。したがって、片側4車線以上の広幅員道路においてはループ式感知器を採用する。ただし、歩道橋がブームの代用に利用できる箇所では、超音波式感知器を採用する。

3) 街路樹の枝で厚く覆われたストリート

超音波式感知器は、路面と情報の木の葉の間で乱反射し性能が安定しないため、街路樹で覆われた道路（車道部）では、ループ式感知器を採用する。

以上の考えを基に適用区分すると、ループ式感知器と超音波式感知器のユニット数は表6.3.2に示すとおりとなる。

表 6. 3. 2 タイプ別必要感知器の数量

| Functions | Loop | Ultra-sonic |
|---|------|-------------|
| -Coordinated Area Control & Split Control | 32 | 264 |
| -Vehicle Actuated Control | 42 | 30 |
| -Congestion Indication | 0 | 10 |
| -Compiling Traffic Statistics | 0 | 45 |
| Sub-Total | 74 | 349 |
| Total | | 423 |

6. 3. 5 感知信号の集約

感知器からの感知信号は、ATCシステムエリアのあらゆる場所で発生し、最終的にATCセンター（コンピューター）に伝送される。TOTから借用する回路数を節約するために感知信号は近傍の伝送装置を内蔵した信号制御機に集約される。

そのために、TOTの回線借用料金体系を考慮すると、基本的に交差点から300m以内の感知器と信号制御機を結ぶためのケーブルを敷設することを計画する。信号制御機に内蔵された伝送装置の容量は、感知器の配置を考慮すると感知器16ユニット分を中央のコンピューターに送る能力が必要である。

交差点から300m以上離れている感知器については、その1つに伝送装置を内蔵させ近傍の感知器（これも交差点から300m以上離れている）と結合することとする。図6.3.7に、典型的な感知信号を集約するプランを示す。

結合するためのケーブルは、MBAやTOTのポールへの共架により空中に敷設することとするが、これが不可能な区間については、歩道の下に埋設することとする。

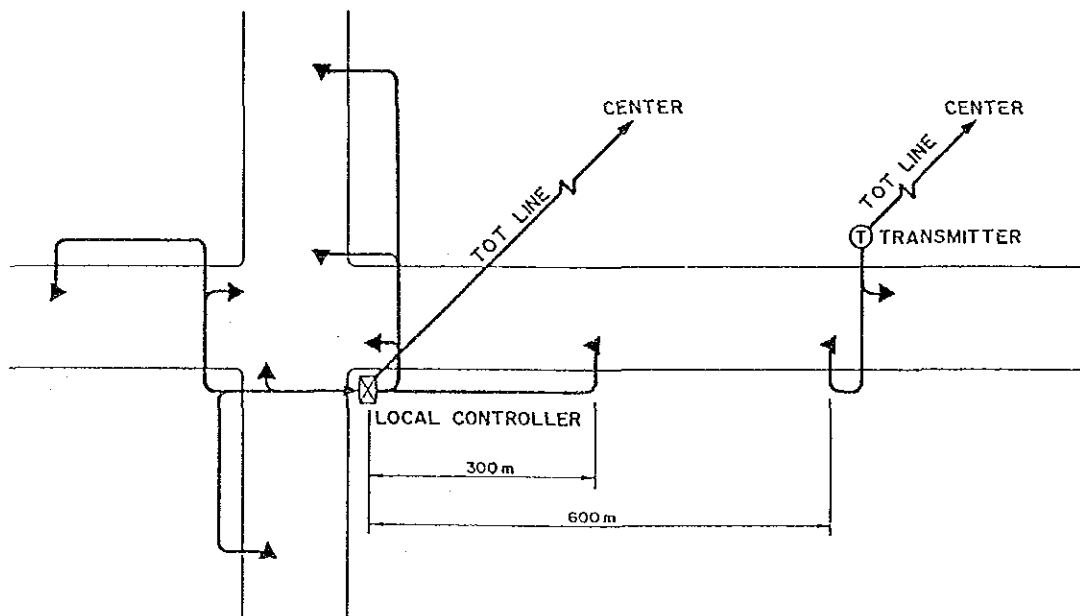


図 6. 3. 7 感知信号の集約プラン

6.3.6 標準設置計画

感知器の設置の標準は、図6.3.8、図6.3.9に示すとおりとする。

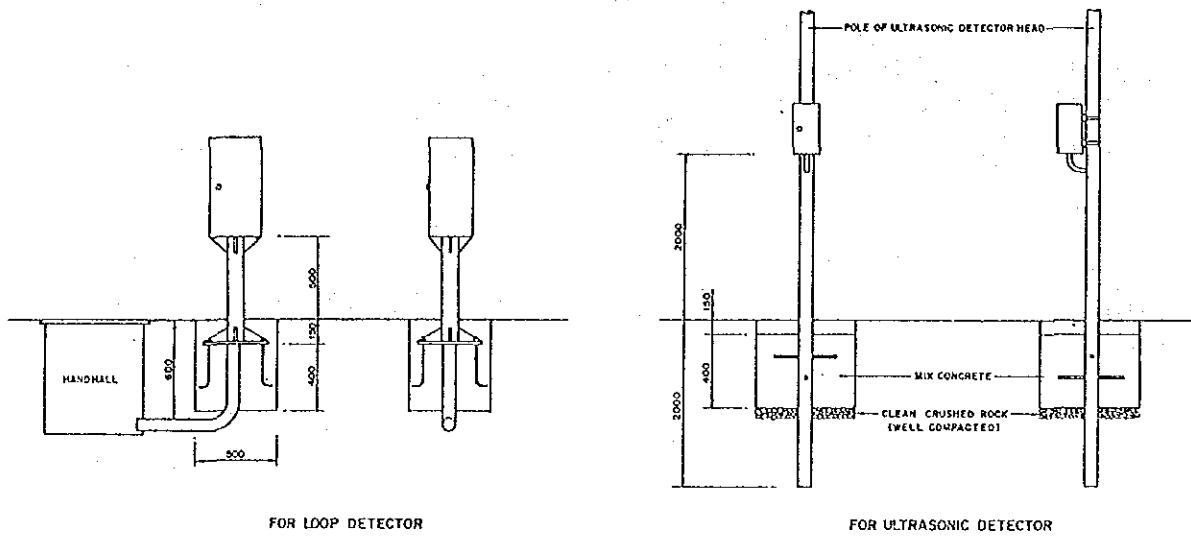


図6.3.8 感知器のキャビネット

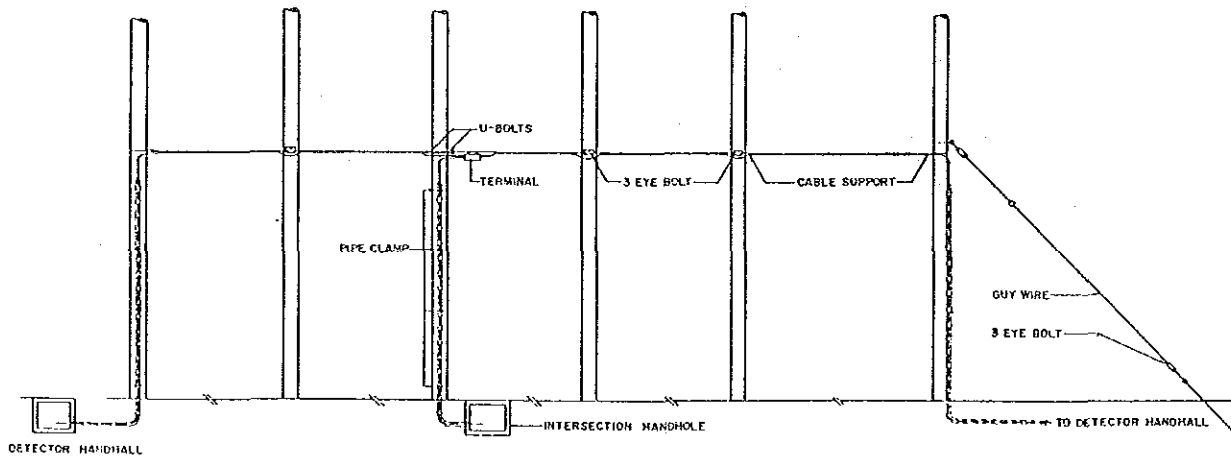


図6.3.9 感知器の架空線

6. 4 信号制御機

6. 4. 1 信号制御機の機能

第5章で述べられた制御ロジックも含めて、中央のコンピューターと機能を分担し、信号制御機は以下のような機能を持つ。なお、端末伝送装置は信号制御器に内蔵されているが、その機能については後の節で別途述べるものとする。

1) オンライン制御

中央のコンピューターからのその時々制御プランをリアルタイムベースに変換して、信号灯器をオンライン制御する。

2) 感応制御

- a. フローレート感応制御
- b. 右折感応制御

3) バックアップ機能

- a. タイムオブデイ制御
- b. フラッシング

4) 手動制御

手動制御はATCシステムにおいては、めったに使われないものとして設計される。そのかわり、ATCセンターからの意図的介入がそれに取って換わる。

6. 4. 2 交差点周辺の標準設置計画

1) 標準設備

交差点周辺における標準設備は以下のとおりである

(1) 更新する設備

信号制御機はオンライン用のものに更新するものとする。

(2) 再利用される設備

以下の設備は、再利用されるものとする。

- a. 信号柱と灯器
- b. ハンドホール
- c. 埋設された配管（コンジット）

(3) 追加される設備

以下の設備は、追加されるものとする。

- a. 既設の灯器の視認性が不足しているものには高いポールに灯器を付けたものを追加する。
- b. BMAとTOTの責任分界点として端子箱を追加する。

(4) 配線

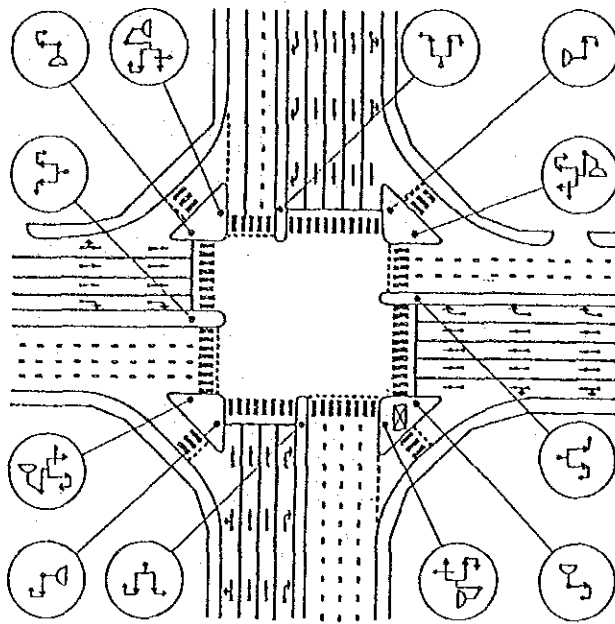
感知器用の配線の余裕を既存のコンジットに見いだすために、現在は少ない芯数のケーブル多数がコンジットに通線されているのを、30芯程度の多芯のケーブルに張り替えると共に、端子台を設けて灯器用の配線を分岐する方法をとる。

2) 標準設置計画

交差点タイプ別の交差点周辺の設備の標準設置計画は、図6.4.1(1)~(3)に示すとおりである。交差点タイプは、表6.4.1に示すとおり7タイプに分類した。このうち、Dタイプ交差点、Uタイプ交差点およびETAランプ交差点は新設交差点である。Uタイプ交差点は、車両のトリップ長を短くし、重要交差点での交通需要を減少させるために中央分離帯を開きUターン信号機を設備するものであり、ETAランプ交差点は、ETA第2期線のランプ取り付け部において流出入を安全かつ円滑に行うために信号機を設置するものである。

表6.4.1 信号制御交差点の種類

| Type | Major Approach | Minor Approach | Remark |
|------|-------------------|-----------------|----------------------------------|
| K | Key intersection | | |
| A | 5 lanes or more | 5 lanes or more | |
| B | 5 lanes or more | 4 lanes or less | |
| C | 4 lanes or less | 4 lanes or less | |
| U | U-turn signal | | New |
| ETA | ETA ramp junction | | ETA Second Stage Expressway; new |

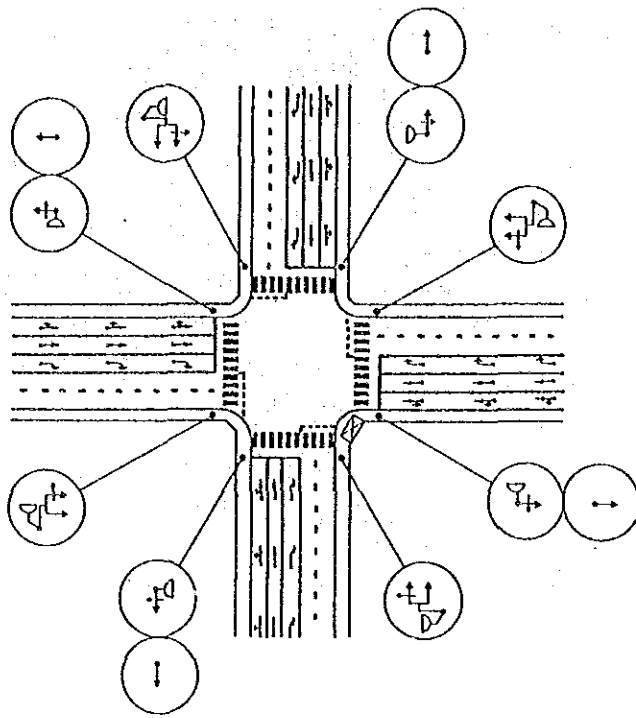


TYPE - K

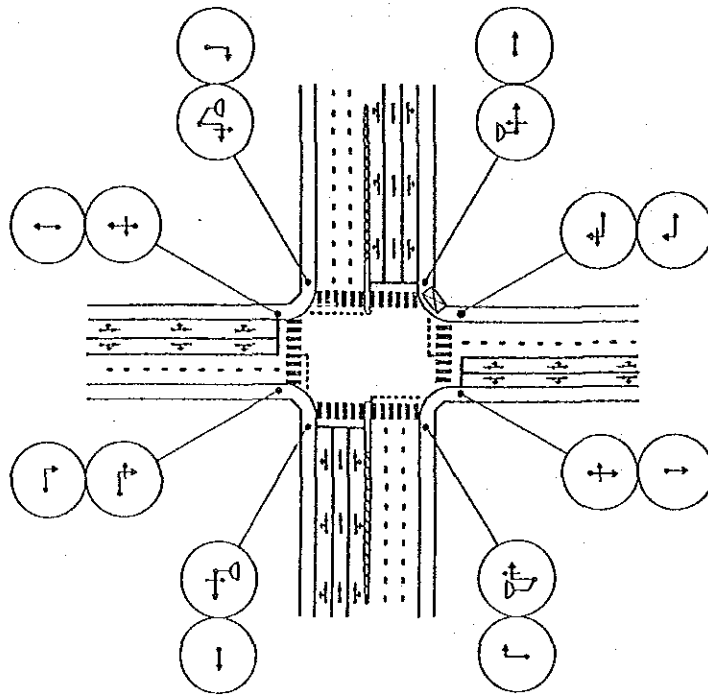
SYMBOLS FOR ASPECTS

| SYMBOL | ITEM | SYMBOL | ITEM | SYMBOL | ITEM | SYMBOL | ITEM |
|--------|------|--------|------|--------|------|--------|---------------------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | PUSH BUTTON |
| | | | | | | | TRAFFIC SIGNAL CONTROLLER |
| | | | | | | | ULTRA SONIC TYPE DETECTOR |
| | | | | | | | |

図 6. 4. 1 (1) 交差点周辺設備の標準設置計画

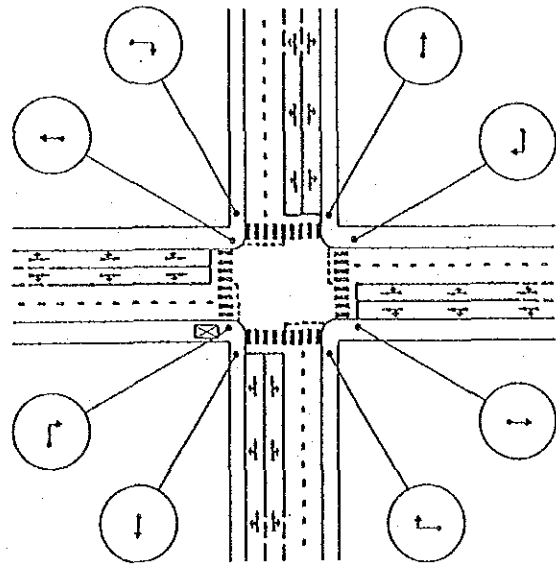


TYPE-A

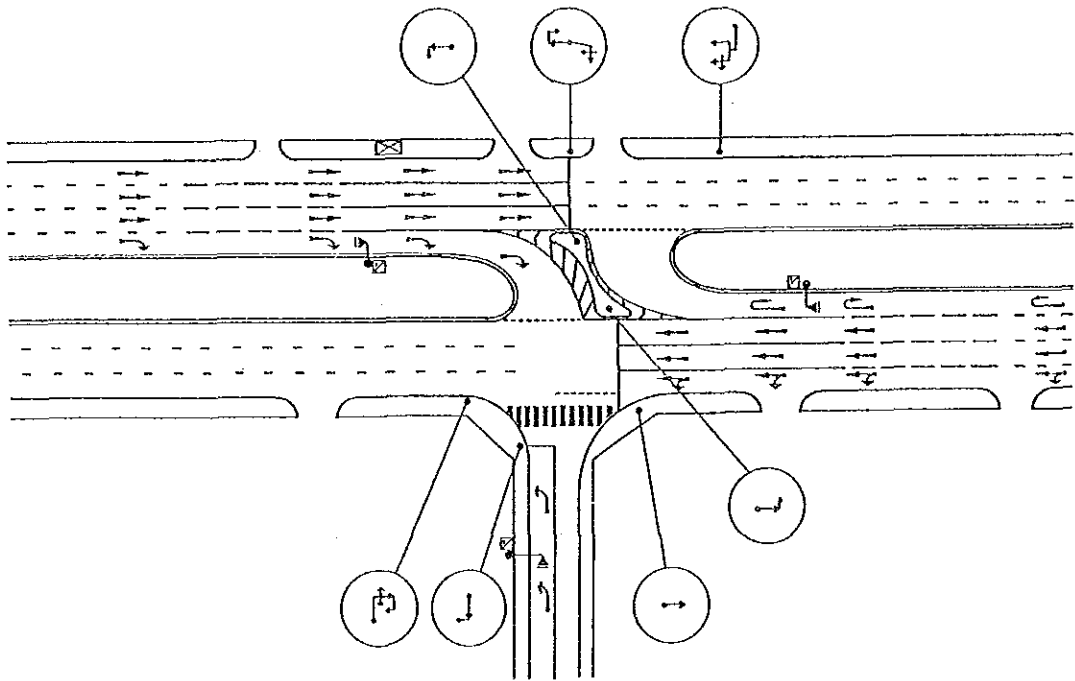


TYPE-B

図6. 4. 1 (2) 交差点周辺設備の標準設置計画



TYPE - C



TYPE - U

図 6. 4. 1 (3) 交差点周辺設備の標準設置計画

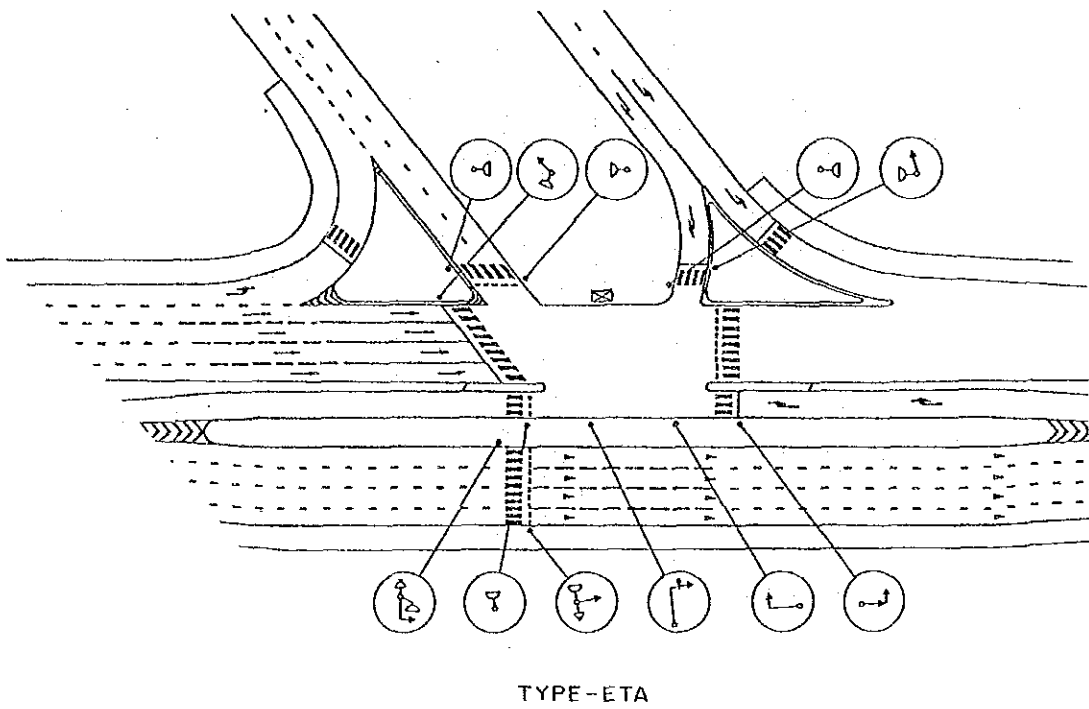


図 6. 4. 1 (4) 交差点周辺設備の標準設置計画

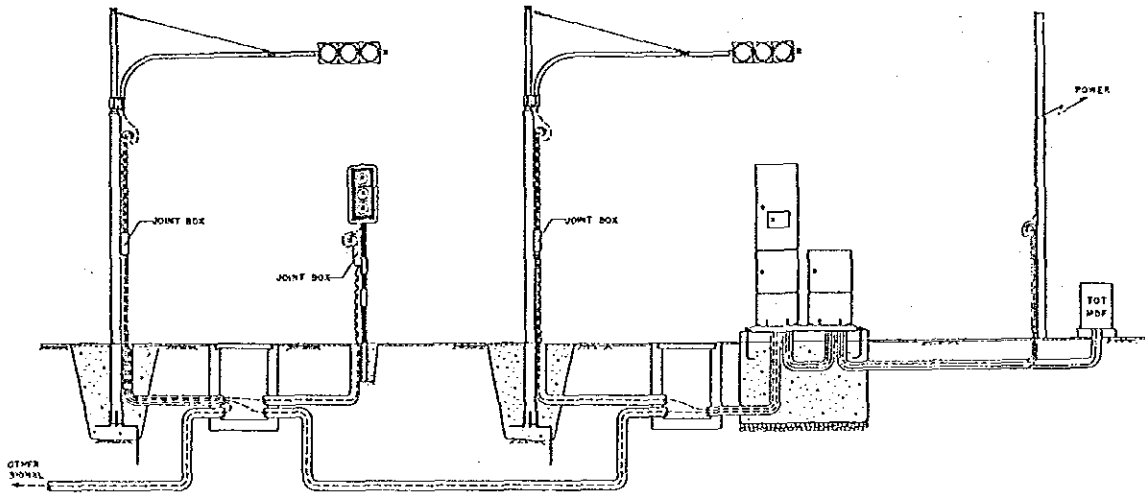


図 6. 4. 2 交差点信号施設計画

6. 5 通信回線と伝送システム

6. 5. 1 最大伝送データ需要

伝送機器間の伝送には次の4種のペアーがある。

- a. センター ---> 信号制御器
- b. 信号制御機 ---> センター
- c. センター ---> 伝送機器付感知器
- d. 伝送機器付感知器 ---> センター

このうち信号制御器からセンターの伝送データが最も大きな需要を持っている、なぜなら、最大167の感知器データを送る需要が含まれているからである。この伝送データ量は、表6.5.1に示すとおりで、信号の1周期毎に約8,000ビットである。

表6. 5. 1 信号制御機からセンターの伝送データ量

| Item | Volume |
|---------------------------------|------------------|
| Detector data | About 2,700 bits |
| Local controller data | About 600 bits |
| Reserve and protocol control | About 4,700 bits |
| Total | About 8,000 bits |

トラフィックレスポンスなシステムにおいては、上記のデータ量が可及的、速やかにCPUに送られて処理、返送されて信号制御パラメータ、スプリットに反映される必要がある。

6. 5. 2 通信回線の信頼性

TOTは、通信回線の信頼性の目標値として次のように述べている。通信ネットワークとバックアップシステムはこの条件下で考慮される。

- a. 24時間以内に80%の回復を目標値
- b. 7日以内に99%の回復を目標値

6. 5. 3 通信回線計画

ATCシステムでは、伝送の需要量と回線の信頼性を与件とし、システムの信頼性を確保するため、次のようなネットワークを採用する。

- a. TOTのPCMネットワークを専用回線として借用することとする。これ

- は、局間がPCM（パルスコードモジュレーション）で結合され、局と加入者端末機間はメタリック回線によって構成される。
- b. 2ワイヤー方式で使用する。
 - c. 回線構成は1:1とする。

図6.5.1は、ネットワークの概略イメージを示したものである。

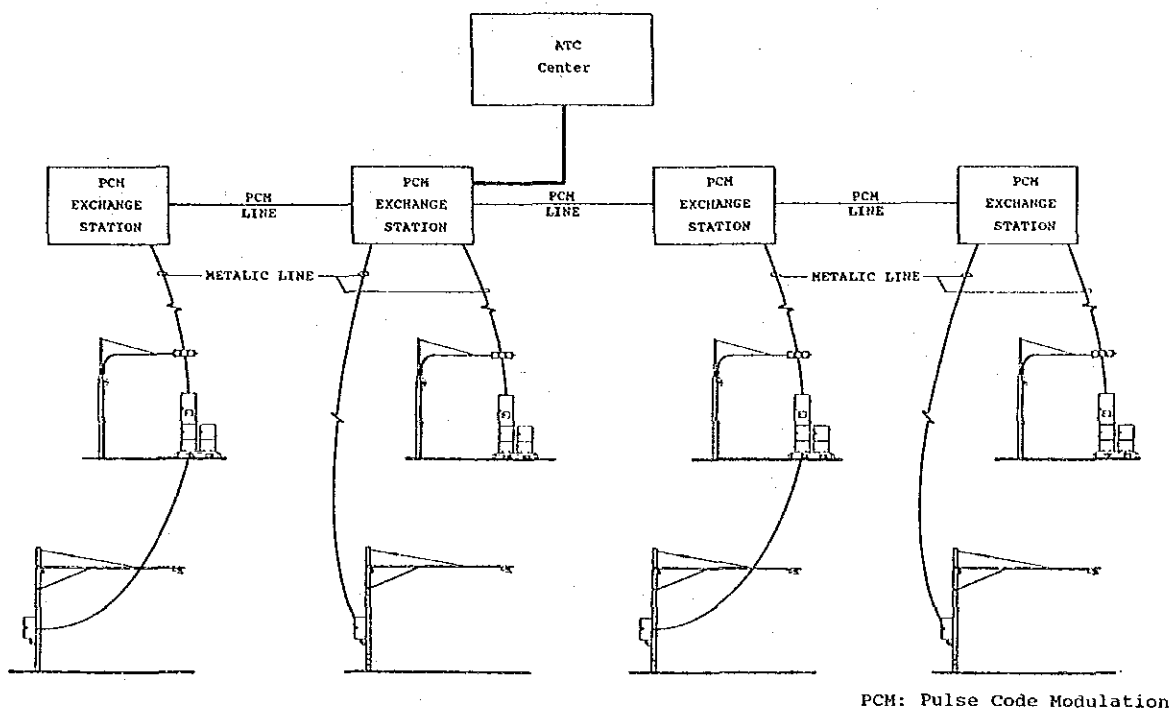


図 6 . 5 . 1 通信回線計画

6. 5. 4 伝送システムと機器

1) 伝送システム

伝送システムは、以下の通りとする。

| | |
|--------------|--|
| 回線 | ----PCMネットワークの2ワイヤー方式 |
| 通信モード | ----フル・ディプレックス |
| モジュレーションメソッド | ----FSK (FREQUENCY SHIFT KEYING)あるいは PSK (PHASE SHIFT KEYING) |
| レスポンドモード | ----SRM (SYNCHRONOUS RESPONSE MODE) |
| プロトコルレベル | ----データリンクレベル |
| データレンジ | ----バリアブルデータレンジ |

上記のうち、モジュレーションメソッドについては、FSKよりPSKの方が低い周波数を使うのでPCMの透過性がよいことと、ノイズ耐性がよいためリコメンドする。また、伝送速度については、2400bpsの方がトータルのスループットを向上させるためリコメンドする。

2) 伝送機器

伝送機器は、図6.5.2に示すとおり構成される。回線数は、中央機器の容量を320回線とするが、実装数は信号制御機対向分235回線、感知器対向分35回線、合計270回線程度と考えられる。

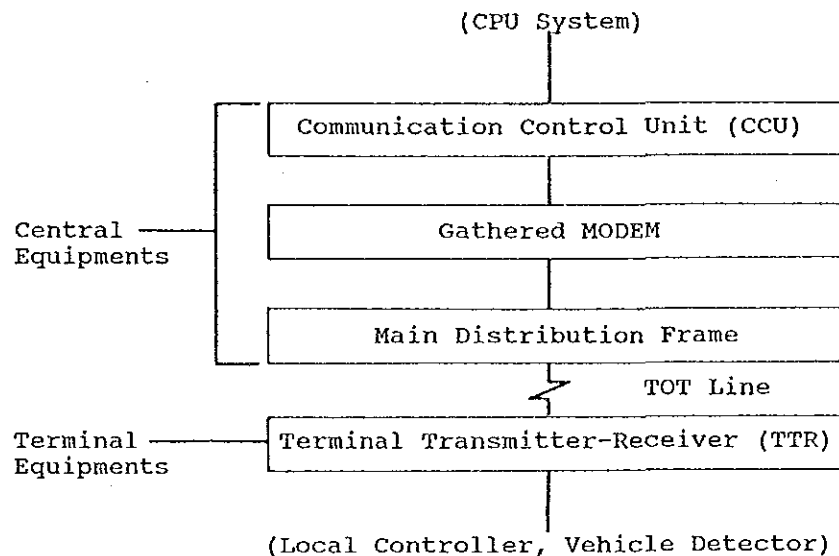


図6. 5. 2 伝送機器

(1) 通信制御装置 (CCU)

通信制御装置は中央処理装置システムから受け取ったデータを伝送手順に則りパラレル-シリアル変換し、端末から送られるデータを伝送路誤りチェックをしながらシリアル-パラレル変換し、CPUシステムに受け渡す機能を有する。

(2) 集合変復調装置

集合変復調装置は、通信制御装置が生成したシリアルな信号列を回線を通じて遠距離に送達するため、搬送波に乗せて発信する役割をもつ。また、逆に端末より着信した搬送波からシリアルな信号列を抽出して通信制御装置に受け渡す機能を有する。

(3) 主配線盤 (MDF)

中央機器におけるTOTとBMAの間の回線の責任分界点として主配線盤を設ける。主配線盤は専用回線の端子台の集合体であり回線保護装置 (PD)、試験切取り器、避雷器 (アレスター) を回線毎に備える。

(4) ターミナル・トランスミッターレシーバ (TTR)

ターミナル・トランスミッターレシーバは通信制御装置の機能と変復調装置の機能をコンパクトに一体化した端末側の伝送機器で、信号制御器や感知器のキャビネットに内蔵され、それらのデータを伝達する。

6. 6 マンマシンインターフェイス

ATCセンターは、BMA1のトラフィック・エンジニアリング・ディビジョンがある建物の1階に設置されるものとする。ATCセンターは、コントロール室とコンピューター室により構成される。コントロール室には交通データ情報が集中され状況に応じた対応策の意志決定や関係者への指令、交通渋滞情報の広報活動などが行われる。これらの活動に役立つ情報をATCシステムから供給したり、対応策を実施するためATCシステムを操作するなどの機器をマンマシンインターフェイスと総称する。

6. 6. 1 表示機器と機能

表示機器としてウォールマップ・ディスプレイとキャラクターCRT・ディスプレイを併用するものとする。

1) ウォールマップ・ディスプレイ

総合的な交通状況を表示するため、ウォールマップ・ディスプレイを採用する。ウォールマップ・ディスプレイの壁面の大きさは、高さ約6m、幅約6mとし、バンコク首都地域の道路網が、中心部は小さめの縮尺で、周辺部は大きめの縮尺で描

かれる。表示板は点灯表示器を含むモザイクで形成される。

(1) 点灯表示器による表示内容

- a. 渋滞度と行列長
- b. 現場での手動操作
- c. ATCセンターからの意図的介入

(2) 以下の項目は、必要に応じて、シンボルを描いた磁石シートを貼付けて表示する。

- a. 車線を制限するようなインシデント
- b. 臨時の交通規制
- c. その他

(3) キャラクターCRT・ディスプレイ

ホストコンピュータに集められた交通データ情報は、操作用のワークステーションに付帯したキャラクターCRT・ディスプレイで観察できる。

6. 6. 2 ワークステーション

ワークステーションとは、ミニコンピュータ・セットでホストコンピュータに結合し、多目的交通制御用コンソールとして使われるようになってきた。以下のようなATCシステムの操作は、ウォールマップディスプレイに対面する位置に置かれたワークステーションからインプットして実行される。

1) 意図的介入

(1) グリーンバンドコントロール

特定の車両が通過するルートと方向をインプットすることにより、再優先のオフセットがアレンジされる。

(2) マニュアルプラン・セレクション

サブエリアまたは交差点に対して特定の制御プランまたはパラメータの組合せを命令する。これにより混雑しているエリアからの流出促進などのストラテジーが実現する。

(3) ステータス・セレクション

ステータス即ちステージシーケンスのパターンやフラッシングなどを選ぶ。

2) 事象インプットと解除

車線が制約される事象をインプットまたは解除する。

3) オフライン・ジョブ

(1) 運用記録

以下の運用記録が必要に応じて、時報、日報、週報、月報として出力される。

- a. 感知器データ
- b. 制御プラン選択履歴
- c. 機器フェールの履歴
- d. 現場手動の履歴

(2) 交通データ統計処理

交通データ統計を目的とした感知器データを処理し磁気テープに記録する。

(3) 制御プランの更新入力

道路の新設や改良等により交通状況が変化すると制御プランを変更する必要がある。これに対応してアレンジされた新しい制御プランを入力する。

4) その他のコミュニケーション機器

マンマシンインターフェイスとはカテゴリーを異にするが、コントロール室には以下のようなコミュニケーション機器が備えられていることが望まれる。

- a. ラジオ放送局ブース
- b. 無線電話 (BMA、交通警察、消防署)
- c. 電話
- d. ファクシミリ

6. 7 中央処理装置と付属装置

6. 7. 1 ハードウェア構成

1) 階層構造

近飽和、過飽和の時はスプリット制御をプラン・インフォメーション・メソッドで実行するが、これはかなり重いタスクである。この場合のスプリット制御プランの更新インターバルは、信号の周期に近いが、ないしは同一である事が望ましい。この様に重く、多彩なタスクをこなしながら、感知器から中央処理装置を経由し信号制御器に至るスループット時間を最短にしつつ、必要な制御容量を確保するため、階層構造を備えたコンピューター複合体が採用される。上位のコンピューターとしてのホストコンピューターと、下位のコンピューターとしてのフ

フロントエンドプロセッサが負荷となるタスクを分担する。

2) デュアルシステム装置

ホストコンピュータはバックアップとオフラインジョブ用をかねて、デュアル構成とする。

3) 制御容量と将来の拡張

制御容量は、本調査の対象交差点が235交差点であることから考えて、約300交差点分の関係機器と設定する。将来の拡張に対してはフロントエンドプロセッサの増設で対応するものとする。300交差点を越える拡張については、回線借用料を考慮すると、サブセンターを新設する案が考えられるが、その検討は将来行うものとしここでは考えないものとする。

4) 機器構成

(1) ホストコンピュータ

ホストコンピュータは32ビットマシンのスーパーミニコンピュータと呼ばれるクラスを採用する。

(2) フロントエンドプロセッサ

フロントエンドプロセッサは、その中核となるマイクロプロセッサチップとして32ビット、12MHzと同等かそれ以上の性能であることとする。フロントエンドプロセッサ1台当り64回線に対向するものとする。ホストコンピュータ、フロントエンドプロセッサおよびその周辺装置のハードウェア構成は、図6.7.1に示すとおりである。また、これにマンマシンインターフェイスを加えたATCセンターのレイアウトを図6.7.2に示す。

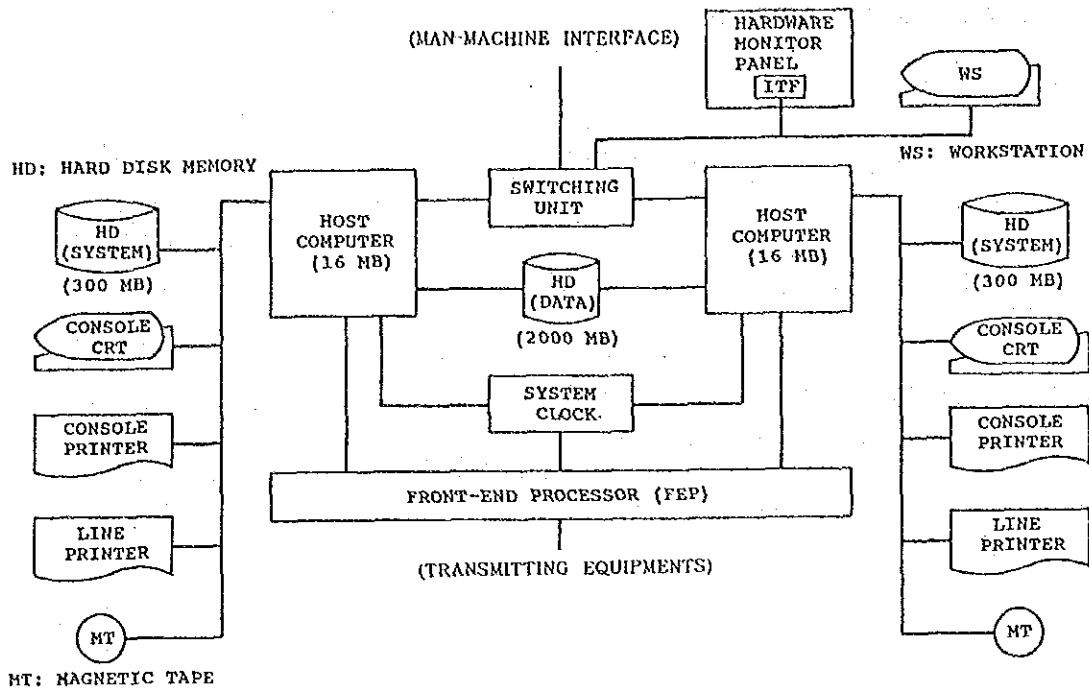


図 6. 7. 1 ハードウェア構成

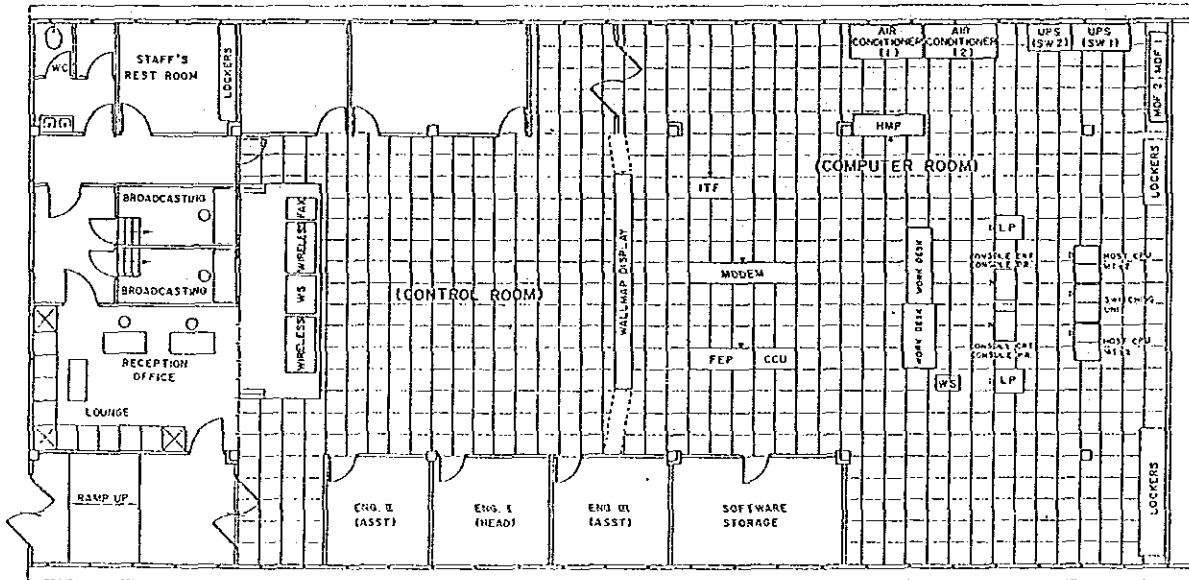


図 6. 7. 2 ATCセンターのレイアウト

6. 7. 2 ソフトウェア構成

ソフトウェアの構成は、図6.7.3に示すとおりである。リアルタイムベースでの処理フローは、太線で示してあり、この流れが負荷から見て最もクリティカルなものとなる。コスト見積りは、図6.7.3のそれぞれの機能モジュールについて、開発コストの減価償却費分、カスタマイゼーションのコスト、制御プラン作成コストとそれらを有機的に結合するシステムジェネレーションのコストを含めたものとする。

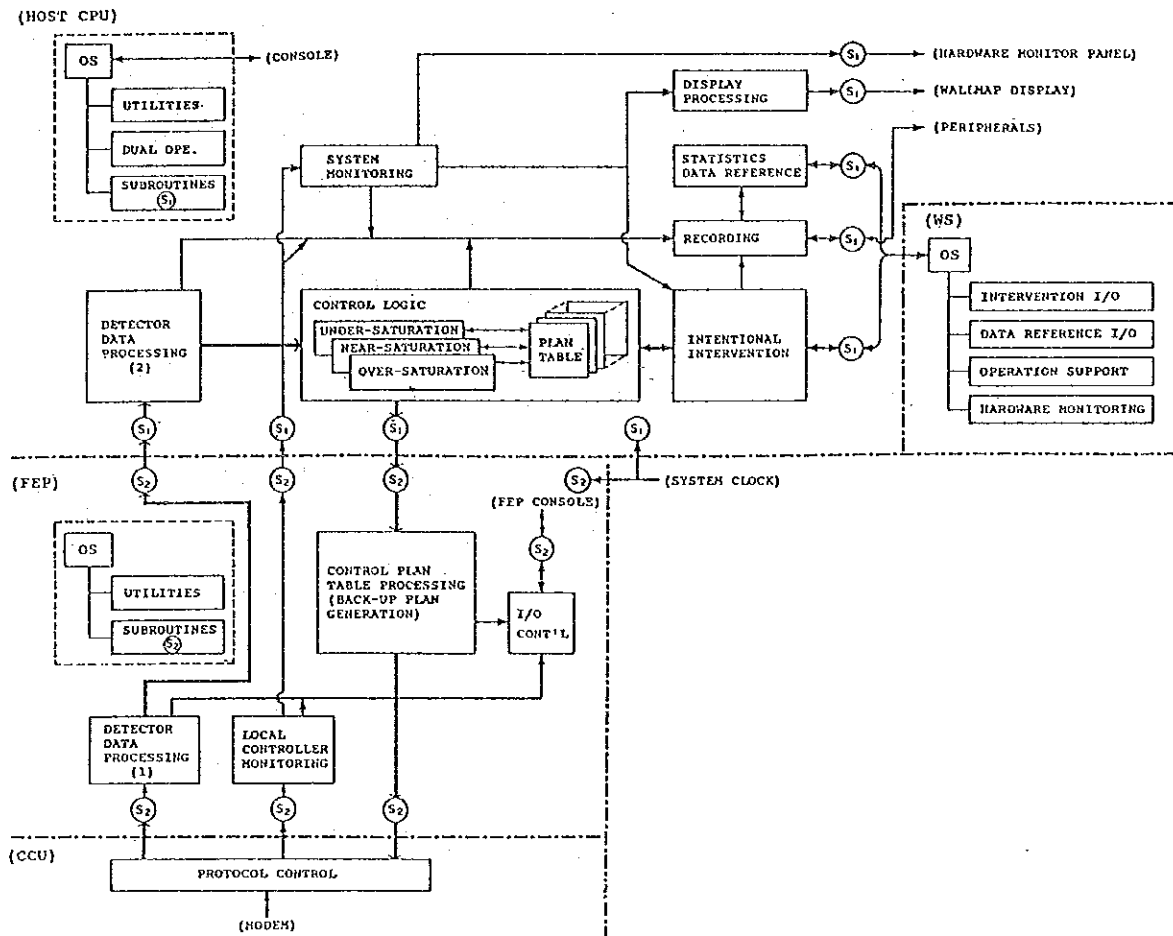


図 6. 7. 3 ソフトウェア構成

6. 8 バンコクATCシステム

前節までを統合し、バンコクのATCシステムを図6. 8. 1に示す。

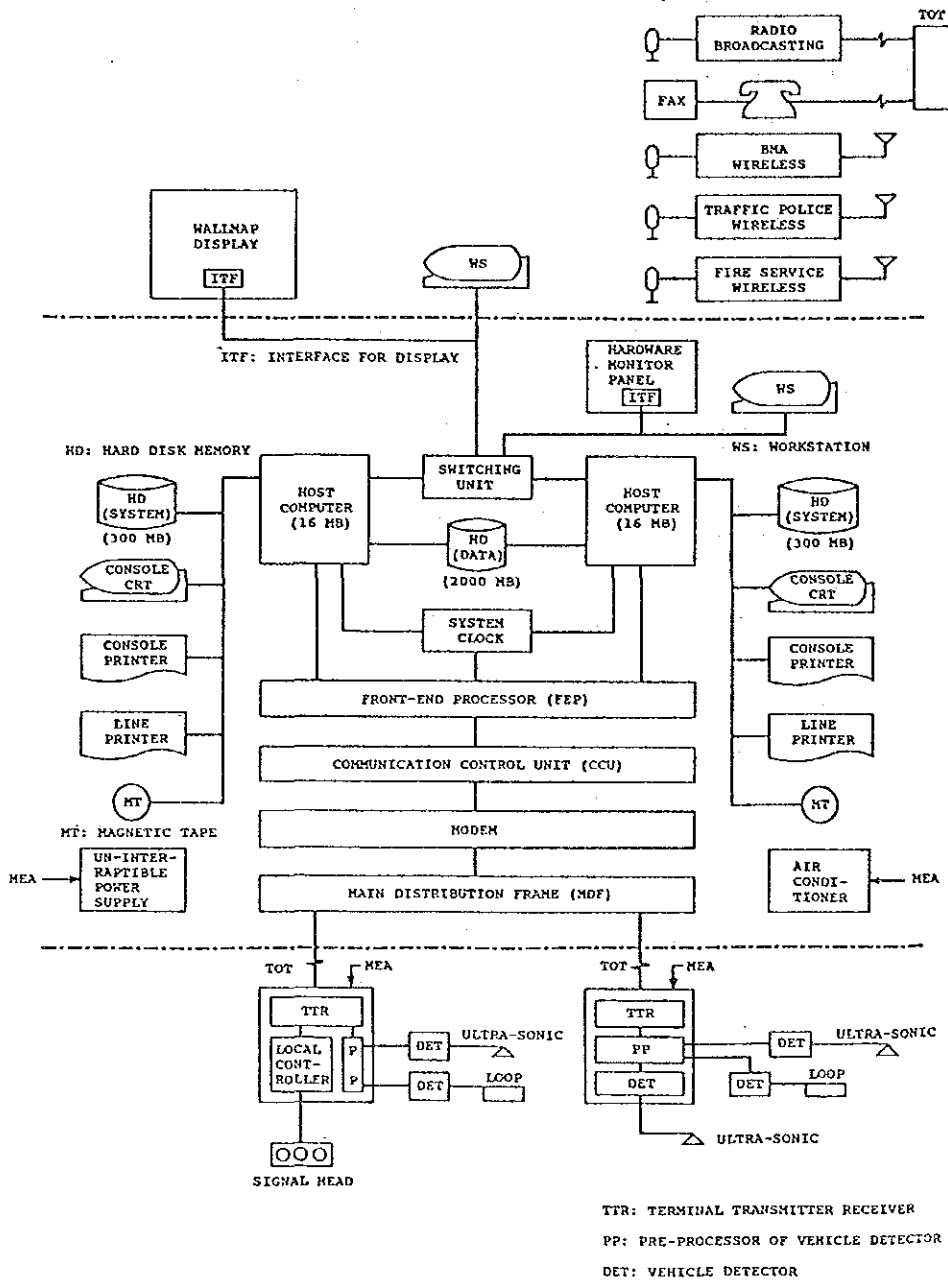


図6. 8. 1 バンコクATCシステム

第7章

事業費積算および実施計画

第7章 事業費積算および実施計画

7.1 実施計画

本計画対象エリアのATCシステムの実施は1993年のシステム・オペレーションに向けて、段階施工を導入する。ステージング・プランは表7.1.1に示すとおりで、ステージはステージ1とステージ2に分類される。

表7.1.1 ステージングプラン

| | 1990 | 1991 | 1992 |
|------|--|-------|--|
| | | ステージ1 | ステージ2 |
| 目標地域 | 143交差点 | | |
| 端末機器 | <ul style="list-style-type: none"> ローカルコントローラー143基 関連車両感知器 | | <ul style="list-style-type: none"> ローカルコントローラー92基 関連車両感知器 |
| 中央機器 | <ul style="list-style-type: none"> ホストコンピューターおよび周辺機器 143交差点での制御計画 143交差点へのソフトウェア ウォールマップディスプレイおよび143交差点用モニターパネル エアコン、UPS 全マンマシンインターフェース 端末機器数に見合ったFEP、CCUおよびモデム | | <ul style="list-style-type: none"> 追加交差点での制御計画 92交差点へのソフトウェア 追加端末機器を処理するために必要なウォールマップディスプレイおよびモニターパネルへのインターフェースライン 端末機器数に見合ったFEP、CCUおよびモデム |

ステージ1の対象エリアは図7.1.1に示すとおりで、チャオプラヤ川とラチャウイッティ道路～ディンデン道路とミドルリング道路とラマ4道路とサトン道路に囲まれる範囲とする。対象信号交差点は143交差点である。またステージ2の対象エリアは本計画対象全体エリアからステージ1のエリアを除外した残りのエリアである。その対象信号交差点は92交差点である。

ステージ分類の方法はATCシステムの全体エリアに対して、ATC効果が高いと推定されるエリアを1走行台Km当りの遅れ時間効果による評価によって選出したものである。次にその方法と結果を示す。

ATC全体エリアに対してミドルリング道路内を中心に、対象信号交差点の数をできるだけ類似するように7つのエリアに分割した。その際、分割するそれぞれのエリアはできるだけ一体系した交通特性と道路ネットワークを持つ様に考慮した。図7.1.1に対象エリアの分割を示す。

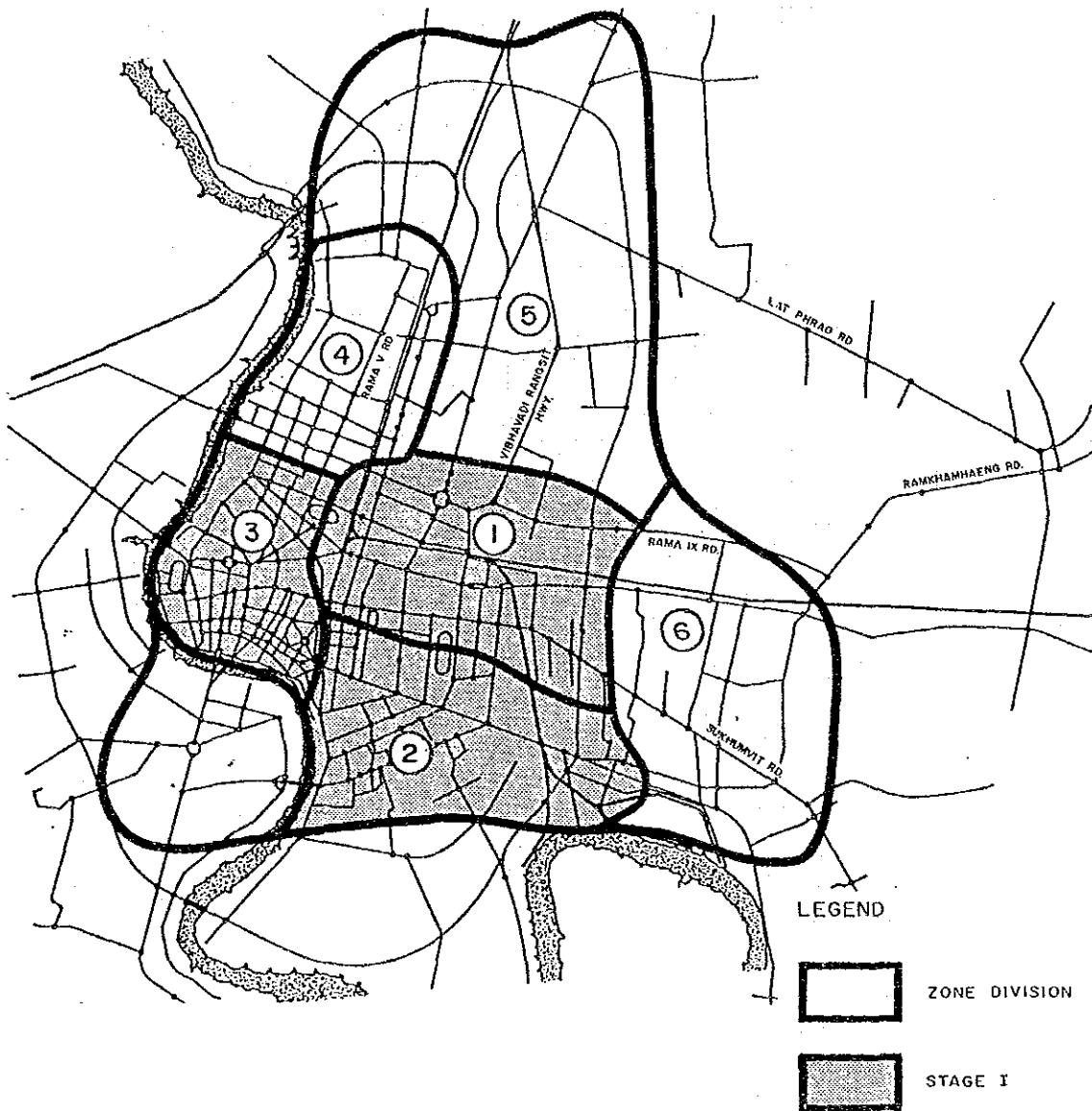


図7. 1. 1 ステージ別対象エリア

ATC全体エリアに対して、ATCシステムの有無の分類で朝ピーク時間帯における下記に示すゾーン別評価インデックスをシミュレーションによって算出したものである。

評価インデックス $I_i = \Delta D_i / S_i$

i = 分割エリア

ΔD_i = 各エリア毎の (ATC無しの総遅れ時間
- ATC有りの総遅れ時間)

S_i = 各エリア毎の総走行台キロ

表7.1.2にエリア別評価値を示す。この結果、CBD地区であるエリア1、2、3の評価値が約60秒/1走行台Kmから70秒/1走行台Kmと他に比べて高く、ATC導入効果を示している。その他エリア4、5、6、7は約20秒/1走行台キロ以下と低い値を示した。この様な状況から評価値が50秒/1走行台Km以上を示す、エリア1、2、3は優先的にATCの導入を行うものが有利と判断し、このエリアをステージ1と設定した。

表7.1.2 エリア別評価値

| Zone | Index (seconds per vehicle-km) |
|------|--------------------------------|
| 1 | 68 |
| 2 | 73 |
| 3 | 61 |
| 4 | 20 |
| 5 | 21 |
| 6 | 20 |
| 7 | 12 |

以上のステージ構成に従い、ATCシステムのステージング・プランを表7.1.1に示す。ステージ1の工程は1990年の年央から1992年末までとし、ステージ2の工程が1992年の1年間とする。

ステージ1では、端末機器に関して、143対象交差点の信号制御機および車両感知機の設置を行う。また、中央機器に関して、ホストコンピュータとそれらの付属施設の設置を行い、ソフトウェアのリアルタイムの部分について作成する。その他、エアコン、無停電電源装置 (UPS)、マンマシンインターフェイス、フロントエンドプロセッサ (FEP)、通信制御装置 (CCU)、変復調装置等の設置を行う。

ステージ2では、端末機器に関して、残りの92対象交差点の信号制御機および車両感知器の設置を行う。また、中央機器に関して、増設される交差点分の制御プランを設定し、ソフトウェアの運用支援の部分を作成する。ウォールマップディスプレイとハードウェアとハードウェアモニターテーブルの表示インターフェイス回路は端末機器増設に見合う分について設置する。その他、FEP、CCU、変復調装置等の設置を行う。

7. 2 事業費積算

7. 2. 1 建設費積算の基準

ATCシステムの事業費積算に伴い、建設費の算出は次に示す事項を基準として行った。表7.2.1は主な既存の工種の単価を示す。

- 1) 既存工種の単価は1989年3月時点におけるデータを基準とした。
- 2) 新規の工種の単価は1989年3月時点におけるデータに労務費、資材費、機材費を積み上げて算出した。
- 3) 輸入機器の関税、取引税、市税は CIF 価格に対して下記の比率を乗じて算出した。

- a. 磁気ディスク装置、磁気テープ装置 : 34.0873%
- b. その他の中央機器 : 56.4352%
- c. 端末機器、その他の信号機材全般 : 32.9231%

- 4) 外貨交換レートは米ドル1.00=25.0バーツとした。

表7. 2. 1 既存工種単価

| Item | Unit | Cost(Baht) |
|--|---------|------------|
| 1. Hand Hole | 1 unit | 1,200 |
| 2. Conduit Work | | |
| Under side walk | | |
| 100 mm x 1 duct | 1 meter | 450 |
| 100 mm x 2 ducts | 1 meter | 860 |
| Under carriage way (night work) | | |
| 100 mm x 1 duct | 1 meter | 885 |
| 100 mm x 2 ducts | 1 meter | 1,720 |
| 3. Cabling Work through Conduit | | |
| 2 core cable | 1 meter | 32 |
| 4 core cable | 1 meter | 50 |
| 8 core cable | 1 meter | 100 |
| 12 core cable | 1 meter | 125 |
| 4. High Pole with Boom Installation Work | 1 set | 13,000 |
| 5. Traffic Signal Head Installation Work | | |
| 1)Horizontal 3 aspects | 1 head | 15,000 |
| 2)Horizontal 3 aspects with 1 arrow | 1 head | 20,000 |
| 3)Horizontal 3 aspects with 2 arrow | 1 head | 25,000 |
| 4)Horizontal 2 Head of aspects | 1 head | 30,000 |
| 5)Vertical 3 aspects | 1 head | 13,500 |
| 6)Vertical 3 aspects with 1 arrow | 1 head | 19,000 |
| 7)Vertical 2 Head of 3 aspects | 1 head | 28,000 |
| 8)Pedestrian Signal | 1 head | 9,000 |
| 9)Pedestrian Rush Button | 1 unit | 3,500 |
| 6. Low Pole Work | 1 set | 1,600 |

Note ; Unit cost includes material cost, cost of labour and depreciation of machine & tool.

- 5) 間接工事費のうち、オーバーヘッドはステージ1を18ヶ月、ステージ2を12ヶ月として積み上げにより算出した。
- 6) 間接工事費のうち、利益は直接工事費にオーバーヘッドを加えたものの12%とした。
- 7) 調査・管理費（詳細設計＋施工管理）は建設費（直接工事費＋間接工事費）の10%とした。
- 8) 予備費として建設費の10%を計上した。
- 9) リバーシブルレーン等の交通管理計画は別途事業費積算を行った。

7. 2. 2 稼働費積算の基準

ATCシステムの稼働費は次に示す事項を基準に算出した。

- a. 運用コストは1989年7月時点におけるデータを基準とした。
- b. 回線借用料については既存と新規の両方を計上した。
- c. 電力料はATC導入に伴う増分（ATCセンターと車両感知器）を計上した。
- d. 人件費と維持管理・外注費用はATC導入に伴う増分を計上した。

7. 2. 3 プロジェクト・コスト積算

バンコクATCシステムのプロジェクト・コスト積算は表7.2.2に示すとおりである。

7. 3 運用・保守およびその体制計画

前述のATCシステムの目的を十分に達成するために、システム機器が常に良好な状態に維持しておかねばならない。そのために運用および保守体制を十分に整えておくことが必要である。

システムの効果的運用に関しては、現在の道路利用者に最良の交通条件等を提供するとともに、将来、システムのレベルアップ、拡張、あるいは道路計画の検討にも最善と考えられる運用組織を確立し、十分な経験と技術を修得した運用スタッフを確保することが必要である。

また保守に関しては、定期的保守体制を十分に整え、システムの信頼性を高めるとともに、万一、システム機器に障害が発生した場合、迅速な復旧作業により、障害による影響を最小限に止めることが可能な体制を整えておくことが必要である。

表 7. 3. 1 バンコク ATC システムのプロジェクトコスト積算

(Unit: Baht 1,000)

| Stage | No. Description | 1 Central Equipments | 2 ditto Install- ation | 3 Inter- section Equipments | 4 ditto Install- ation | 5 Detector Equipments | 6 ditto Install- ation | 7 Adjustment work on site | 8 Staff Training | 9 Project Management cost | 10 Profit | 11 Tax | 12 Conti- nency | 13 Engineering Service | Import Duty |
|-------|------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------|-----------|-----------------------|------------------------------|----------------|
| I | Financial (Foreign) | 261,815 | 0 | 112,086 | 17,478 | 29,893 | 11,406 | 0 | 2,572 | 57,548 | 0 | 0 | 21,208 | 30,010 | 520,588 |
| | Financial cost (Local) | 63,943 | 3,420 | 40,180 | 17,478 | 11,896 | 11,406 | 0 | 2,242 | 4,910 | 68,375 | 28,717 | 12,138 | 3,334 | 205,152 |
| | Financial cost | 324,658 | 3,420 | 152,279 | 17,478 | 41,789 | 11,406 | 10,688 | 0 | 34 | 112,686 | 28,717 | 6,696 | 3,334 | 150,833 |
| II | Economic cost | 261,815 | 3,420 | 113,995 | 17,478 | 32,007 | 11,406 | 10,688 | 2,730 | 59,485 | 68,375 | 28,717 | 33,344 | 30,010 | 785,720 |
| | Financial (Foreign) | 32,534 | 0 | 74,113 | 0 | 15,894 | 0 | 10,248 | 0 | 14,257 | 0 | 0 | 9,616 | 14,485 | 170,887 |
| | Financial cost (Local) | 13,959 | 689 | 26,494 | 12,737 | 6,266 | 6,288 | 0 | 0 | 3,648 | 32,320 | 13,575 | 6,146 | 1,576 | 123,718 |
| Total | Financial cost | 294,149 | 0 | 180,199 | 30,215 | 45,827 | 17,694 | 20,936 | 2,522 | 66,605 | 618,438 | 42,292 | 18,284 | 4,910 | 388,870 |
| | Financial cost (Local) | 77,002 | 4,089 | 66,687 | 30,215 | 18,202 | 17,694 | 0 | 242 | 8,558 | 100,665 | 42,292 | 9,559 | 4,910 | 214,057 |
| | Economic cost | 371,151 | 4,089 | 252,886 | 30,215 | 64,029 | 17,694 | 20,936 | 34 | 75,163 | 639,177 | 42,292 | 49,106 | 49,106 | 1,080,325 |
| Total | Financial cost | 294,149 | 4,089 | 189,538 | 30,215 | 49,031 | 17,694 | 20,936 | 2,730 | 73,739 | 632,231 | 42,292 | 33,147 | 44,195 | 866,268 |
| | Financial cost (Local) | 13,959 | 689 | 26,494 | 12,737 | 6,266 | 6,288 | 0 | 0 | 3,648 | 32,320 | 13,575 | 6,146 | 1,576 | 123,718 |
| | Economic cost | 312,108 | 4,778 | 216,032 | 42,952 | 55,297 | 23,960 | 10,248 | 2,730 | 77,387 | 664,551 | 55,867 | 39,293 | 6,491 | 1,000,000 |

| Stage | Description | Inter- section Improvement | Operating cost |
|-------|------------------------|----------------------------------|-------------------|
| I | Financial (Foreign) | 9,821 | 12,957 |
| | Financial cost (Local) | 5,015 | 12,088 |
| | Financial cost | 2,173 | 2,840 |
| | Economic cost | 14,819 | 25,045 |
| II | Financial (Foreign) | 553 | 13,225 |
| | Financial cost (Local) | 281 | 12,015 |
| | Financial cost | 60 | 2,844 |
| | Economic cost | 834 | 25,241 |
| Total | Financial (Foreign) | 10,374 | - |
| | Financial cost (Local) | 5,296 | - |
| | Financial cost | 2,213 | - |
| | Economic cost | 15,670 | - |

7. 3. 1 運用管理

運用管理の主な業務内容は以下に示すとおりである。

1) ATCセンターの運用管理

- a. 中央演算処理装置との対話、緊急時交通制御やプログラム手動選択の指令に関する交通管制
- b. パトロールカー、緊急車等および関係機関との情報交換
- c. 各種交通指導
- e. システムのプログラミングおよびオペレーティング
- f. 情報収集書類の記録および管理図書類等の作成

2) ATCシステムの拡張等に伴う運用管理

- a. 交通状況の定期的調査
- b. 信号機の現示、信号制御パラメータ等のチェックや修正
- c. 信号施設の増設、移転等の検討
- d. 上記業務に伴う交通環境の改善検討

7. 3. 2 保守管理

保守管理は各システム装置に精通した技術者の一定数の確保が必要であり、経済的あるいは技術的な面で困難が多い。したがって、システムならびに機器全般に精通した業者が保守サービス業務を受託し、責任を負うことにする。そのためBMAはシステムの運用に力を注ぎ、システムの効果を十分に発揮させることが出来るように体制をとる。保守管理の主な業務内容は以下に示すとおりである。

- a. 機器の点検作業
- b. 故障修理

7. 3. 3 要員計画

前述のATCシステムの保守・運用業務内容に基づき、スタッフの体制は下記に示すとおりである。

1) シニアトラフィックエンジニア (1名)

- a. 運用、保守の全般にわたり、ATCセンターを統括する。
- b. 保守の業者を監理する。
- c. 交通問題等への各種交通指導をオペレータに指示する。

2) システムエンジニア (1名)

- a. 感知器データ、ヒストリーレポートを分析する。

- b. コントロールプランを微調整、アップデートする。
- c. システムの増設・改善をプランする。
- d. ソフトウェア保守の業者に指示する。

3) 電子エンジニア (1名)

- a. 機器を定期点検、オン・コールベースの修理を受託した業者に指示する。
- b. 伝送機器の保守で、TOTの保守部門との連絡調整を行う。
- c. システムの増設・改善のプランに参画する。

4) オペレータ (5名)

6時～21時 2名×2交替

21時～6時 1名

全員、現ATCシステムから引き継ぐものとする。

- a. マンマシン・インターフェイスを介し、交通状況を監視する。
- b. シニアトラフィックエンジニアの指示のもとに、コントロール室のワークステーションをオペレートして、ATCシステムに介入する。
- c. 交通警察等の関係機関とコミュニケーションする。

第 8 章

ATC システムの評価

8章 ATCシステムの評価

8.1 評価の方法

費用便益分析手法に従って、ATCシステム・プロジェクトを評価する。すなわち、ATCシステムを導入することによって増加する費用と、期待される便益とを割引きキャッシュフロー分析を通じて比較する。

費用はATCシステム導入に係わる初期投資額とその運営費である。信号設置のためのガントリーや交差点改良のためのチャンネルリゼーションのための費用はATCシステムの有無に拘らず、いずれ必要となる費用であるから、評価の際の費用には含まれない。

便益はATCシステム導入によってもたらされる車両走行費用（VOC）と旅客の時間費用（TTC）の節減額である。これらはATCシステムによる交通制御と現状の方法による交通制御の両ケースについてコンピュータシミュレーションを行い、その結果を比較して推計される。

評価は、旅客や特定の事業者の立場ではなく、タイ国経済の観点からなされる。従って、費用と便益はいずれも税や補助金などの移転費用を除いた経済価格で計測される。

ATCシステムの経済的耐用年数を15年間とし、供用開始年から15年間の便益を計量する。ATCセンターの機器や制御機器、感知器等の15年後の残存価値は考慮しない。割引キャッシュフロー計算における割引率は、タイ国の資本機会費用の利率として一般に用いられている年率12%を適用する。

評価はステージ1と2の両方を前章で示したスケジュールに従って実施した場合と、ステージ1のみを実施した場合の両ケースについて行う。

8.2 経済コストの推計

第7章の財務価格で推計したプロジェクトコストから諸税を除外したものを経済コストとする。外貨交換レートや賃金などの潜在価格はタイ国経済の現状からみて適用する必要はないと判断する。財務コストに含まれていない政府保有施設（例えば、ATCセンターのオフィス費用、駐車場費用など）は機会費用として経済コストに加えるべきであるが、初期投資総額に比較して著しく少額であるので無視する。

財務コストから除いた移転コストは、輸入機器の関税、事業税、地方税および人件費に係わる所得税である。それぞれの算出根拠は次のとおりである。

- (1) 関税はタイ国関税局（Customs Department）発行の1988年9月改定版の関税率表（Customs Tariff of Thailand）の税率を適用した。
- (2) 地方税と事業税はプロジェクトコストの4.5%とした。

(3) 国内人件費に対する平均的な所得税率は7%とした。

ATCプロジェクトの経済コストは総額866.3百万パーツとなり、これは財務コストの80%に相当する(表8.2.1)。この経済コストで投資額を示すと、表8.2.2のようになる。

表8.2.1 プロジェクトの経済コスト
(1000円-ツ)

| ステージ | 財務コスト | 経済コスト |
|-------|-----------|---------|
| ステージ1 | 785,720 | 634,887 |
| ステージ2 | 294,605 | 231,381 |
| 合計 | 1,080,325 | 866,268 |

表8.2.2 経済コストによる年別投資額

| | | (1000円-ツ) | | |
|-------|-----------------|-----------|----------------------|---------------------|
| ステージ | | 1990 | 1991 | 1992 |
| ステージ1 | 設計費等 | 18,006 | 12,004 | |
| | 建設費 (うち中央機器) | | 604,887 (265,035) | |
| ステージ2 | 設計費等 | | 5,674 | 8,511 |
| | 建設費 (うち中央機器) | | | 217,196 (33,203) |
| 合計 | | 18,006 | 622,565 | 225,707 |

表8.2.2に示すように、総投資額の内には、ATCセンターの中央コンピュータおよび周辺機器のコストが298.1百万パーツと、全体の約1/3を占めている。特に、ステージ1については、中央機器のコストは総投資額の42%を占めている。しかし、ステージ1で設置される機器類はステージ2で拡張されたATC地区に対しても使用される。従って、評価のための分析においては、中央機器のコストはステージ1と2のそれぞれがサービスする地区の大きさに応じて配分するのが妥当である。配分比率はそれぞれのステージの対象信号交差点数とする(ステージ1は143ヶ所、ステージ2は92ヶ所)。この考え方に従って年別投資額を修正すると表8.2.3のようになる。

ATCシステムの運営費はシステムの保守のための人件費が主なものであり、経済コストでステージ1については22.2百万パーツ/年、ステージ1と2の全体については22.4百万パーツ/年と推計される(表8.2.4)。

表 8. 2. 3 経済評価のための年別投資額

| | | (1000千円) | | |
|-------|----------|----------|-----------|-----------|
| | | 1990 | 1991 | 1992 |
| ステージ1 | 設計費等 | 18,006 | 12,004 | |
| | 建設費 | | 521,322 | |
| | (うち中央機器) | | (181,480) | |
| ステージ2 | 設計費等 | | 5,674 | 8,511 |
| | 建設費 | | | 300,751 |
| | (うち中央機器) | | | (116,758) |
| 合 | 計 | 18,006 | 539,000 | 309,262 |

表 8. 2. 4 ATCシステムの運営費

| (1000千円/年) | | |
|------------|--------|--------|
| ステージ | 財務コスト | 経済コスト |
| ステージ1 | 25,045 | 22,205 |
| ステージ2 | 25,241 | 22,397 |

8. 3 ATCの便益

ATCシステムの導入効果を計測するために、ATCシステムのステージ1、ステージ2の両方が供用される初年度である1983年の自動車OD交通量を予測し、これを用いてコンピュータによる交通流シミュレーションを行なった。OD交通量の予測に当たっては、この調査と平行して実施されている「バンコク首都圏道路交通調査 (SIMR-JICA)」で作成された将来人口フレームと1985年の自動車OD表とを用いた。

1) 交通流シミュレーション

シミュレーションは4章で提案した Two-way Reversible Lane System (case 5) による交通管理方式を前提として行った。ATCによる信号制御を実施した場合 (with ATC case) としない場合 (without ATC case) それぞれの設定条件は次の通りである。

a. 交通感应型制御

現況ではサイクル長や現示時間は現地での交通状況を見た警察官の判断に頼っており、手動のため一定していない。この観点からは、手動制御は固定周期式よりは良い交通感应式であると言えるが、ATCシステムによる交通感应式制御よりは効率が悪い。

手動式で制御されている信号はコンピューターによるシミュレーションは難しいので、ATCシステムに用いたものと同様の交通感应型のアルゴリズムを「ATCシステム無し」のケースに適用する。これによりATCシステムの便益はある程度低く見積られることになる。

b. 飽和交通流率

ビデオによる観測によると、飽和交通流率は現況の手動式制御の下では比較的低い。したがって飽和交通流率は「ATCシステム無し」のケースには低い水準に定めたが、「ATCシステム有り」のケースで交通量が近あるいは過飽和の場合には最適サイクルによって保証され得るとの仮定の下に高い交通流率を用いた。

c. 信号系統化

「ATCシステム有り」のケースでは信号は系統制御されるが、「ATCシステム無し」のケースでは各信号は系統制御無しで個別に制御される。

朝、昼、夕の3時間帯に対してシミュレーションを行い、総遅れ時間と総停止回数を求めた結果を表8.3.1に示す。総遅れ時間では朝ピーク時で28%、日中で27%、夕ピーク時で27%の減少がATCシステムの導入に期待出来る。

表 8. 3. 1 ATCの導入による総遅れ時間と総停止回数の減少

| | Without ATC | | | With ATC | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 朝ピーク 7-8:00 | 昼ピーク 13-14:00 | 夕ピーク 17-18:00 | 朝ピーク 7-8:00 | 昼ピーク 13-14:00 | 夕ピーク 17-18:00 |
| 総遅れ時間 (時間) | 17,201 (1.00) | 10,086 (1.00) | 13,808 (1.00) | 12,321 (0.72) | 7,818 (0.78) | 10,102 (0.73) |
| 総停止回数 (1000回) | 1,230 (1.00) | 665 (1.00) | 1,040 (1.00) | 836 (0.68) | 531 (0.80) | 752 (0.72) |

注：()内はATCを導入しない場合を1.0としたときの比率

2) VOCとTTC原単位

前述の中長期道路交通計画調査において、バンコクにおける自動車1,000台km当りの自動車走行費用(VOC)と旅客時間費用(TTC)が1989年、1996年、2006年のそれぞれについて推計された(詳細は中間報告書II道路計画編6章を参照)。1989年のVOC、TTCの原単位を表8.3.2、表8.3.3に示す。

3) ATCシステムの導入による経済便益

ATCのシミュレーションを行った道路ネットワークは781のリンクから成る(ステージ1は447リンク、ステージ2は334リンク)。これらの各リンクの交通量にVOC、TTCの原単位を乗じたものの総和を求めることによって、対象地区全体としての1時間当りの総交通費用を求める。ATCを導入した場合、しない場合の双方について、この総交通費用を求めるとその差がATCプロジェクトの経済便益である。

上記の計算を行うに先だって、対象地区内の交通量の車種構成を考慮してVOC、TTC原単位を統合しておく。ATC計画地区を図7.1.1のように7ゾーンに分割すると、各ゾーンの平均的な車種構成は表8.3.4のごとくである(1989年1月の交通量調査結果に基づく)。

表 8. 3. 2 1989年速度別車両走行費用

(Baht/000 Km)

| Speed (Km/h) | Motor-cycle | Passenger Car | Light Bus | Medium Bus | Heavy Bus | Light Truck | Medium Truck | Heavy Truck | Taxi | Samlor |
|--------------|-------------|---------------|-----------|------------|-----------|-------------|--------------|-------------|-------|--------|
| 5 | 995 | 5,504 | 4,744 | 8,936 | 15,968 | 4,967 | 7,529 | 9,567 | 5,396 | 2,475 |
| 10 | 899 | 4,838 | 3,404 | 6,159 | 11,957 | 3,591 | 5,656 | 7,259 | 3,817 | 1,586 |
| 15 | 795 | 4,266 | 2,796 | 5,028 | 10,055 | 2,987 | 4,867 | 6,223 | 3,189 | 1,271 |
| 20 | 726 | 3,866 | 2,471 | 4,429 | 9,044 | 2,671 | 4,428 | 5,634 | 2,876 | 1,104 |
| 25 | 675 | 3,562 | 2,258 | 3,995 | 8,416 | 2,467 | 4,167 | 5,289 | 2,680 | 998 |
| 30 | 635 | 3,326 | 2,117 | 3,733 | 7,963 | 2,328 | 3,970 | 5,012 | 2,548 | 927 |
| 35 | 607 | 3,143 | 2,015 | 3,544 | 7,628 | 2,235 | 3,851 | 4,850 | 2,455 | 878 |
| 40 | 583 | 2,988 | 1,945 | 3,394 | 7,351 | 2,168 | 3,759 | 4,718 | 2,376 | 843 |
| 45 | 565 | 2,861 | 1,893 | 3,284 | 7,118 | 2,115 | 3,715 | 4,653 | 2,320 | 816 |
| 50 | 552 | 2,766 | 1,848 | 3,221 | 6,914 | 2,083 | 3,668 | 4,588 | 2,285 | 796 |
| 55 | 539 | 2,686 | 1,826 | 3,188 | 6,833 | 2,054 | 3,639 | 4,549 | 2,260 | 785 |
| 60 | 531 | 2,686 | 1,807 | 3,159 | 6,767 | 2,033 | 3,621 | 4,529 | 2,239 | 782 |
| 65 | 536 | 2,689 | 1,812 | 3,169 | 6,712 | 2,017 | 3,622 | 4,540 | 2,224 | 786 |
| 70 | 533 | 2,692 | 1,820 | 3,192 | 6,738 | 2,007 | 3,631 | 4,561 | 2,210 | 794 |
| 75 | 534 | 2,704 | 1,835 | 3,222 | 6,752 | 2,007 | 3,663 | 4,619 | 2,205 | 805 |
| 80 | 539 | 2,720 | 1,868 | 3,289 | 6,806 | 2,013 | 3,734 | 4,740 | 2,206 | 821 |

表 8. 3. 3 1989年速度別旅客時間費用

(Baht/000 Km)

| Speed (Km/h) | Motor-cycle | Passenger Car | Light Bus | Medium Bus | Heavy Bus | Light Truck | Medium Truck | Heavy Truck | Taxi | Samlor |
|--------------|-------------|---------------|-----------|------------|-----------|-------------|--------------|-------------|-------|--------|
| 5 | 5,480 | 14,700 | 10,360 | 22,800 | 55,340 | 0 | 0 | 0 | 8,180 | 8,180 |
| 10 | 2,740 | 7,350 | 5,180 | 11,400 | 27,670 | 0 | 0 | 0 | 4,090 | 4,090 |
| 15 | 1,827 | 4,900 | 3,453 | 7,600 | 18,447 | 0 | 0 | 0 | 2,727 | 2,727 |
| 20 | 1,370 | 3,675 | 2,590 | 5,700 | 13,835 | 0 | 0 | 0 | 2,045 | 2,045 |
| 25 | 1,096 | 2,940 | 2,072 | 4,560 | 11,068 | 0 | 0 | 0 | 1,636 | 1,639 |
| 30 | 913 | 2,450 | 1,727 | 3,800 | 9,223 | 0 | 0 | 0 | 1,363 | 1,363 |
| 35 | 783 | 2,100 | 1,480 | 3,257 | 7,906 | 0 | 0 | 0 | 1,169 | 1,169 |
| 40 | 685 | 1,838 | 1,295 | 2,850 | 6,918 | 0 | 0 | 0 | 1,023 | 1,023 |
| 45 | 609 | 1,633 | 1,151 | 2,533 | 6,149 | 0 | 0 | 0 | 909 | 909 |
| 50 | 548 | 1,470 | 1,036 | 2,280 | 5,534 | 0 | 0 | 0 | 818 | 818 |
| 55 | 498 | 1,336 | 942 | 2,073 | 5,031 | 0 | 0 | 0 | 744 | 744 |
| 60 | 457 | 1,225 | 863 | 1,900 | 4,612 | 0 | 0 | 0 | 682 | 682 |
| 65 | 422 | 1,131 | 797 | 1,754 | 4,257 | 0 | 0 | 0 | 629 | 629 |
| 70 | 391 | 1,050 | 740 | 1,629 | 3,953 | 0 | 0 | 0 | 584 | 584 |
| 75 | 365 | 980 | 691 | 1,520 | 3,689 | 0 | 0 | 0 | 545 | 545 |
| 80 | 343 | 919 | 648 | 1,425 | 3,459 | 0 | 0 | 0 | 511 | 511 |

シミュレーションを行った1日の3時間帯の便益を推計し、その結果と対象地域内の平均的な交通量の日変動パターン(図8.3.1)に基づいて1日当りの便益を求める。但し、便益を算出する時間帯を7:00AM~7:00PMとしその他の時間帯の便益は無視する。

表 8. 3. 4 ゾーン別車種構成

| 車種/ゾーン | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乗用車 | 35.8 | 35.8 | 23.1 | 33.7 | 33.7 | 35.8 | 23.1 |
| ピックアップ* | 15.9 | 15.9 | 18.2 | 20.6 | 20.6 | 15.9 | 18.2 |
| 中型・大型トラック | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 6.2 | 6.2 | 3.0 | 5.0 |
| タクシー、サムロー | 16.4 | 16.4 | 13.4 | 10.3 | 10.3 | 16.4 | 13.4 |
| 中型バス | 0.9 | 0.9 | 2.6 | 2.0 | 2.0 | 0.9 | 2.6 |
| 大型バス | 3.6 | 3.6 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 3.6 | 4.7 |
| オートバイ | 24.1 | 24.1 | 32.7 | 20.0 | 20.0 | 24.1 | 32.7 |
| その他 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 2.2 | 2.2 | 0.4 | 0.3 |
| 合計 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

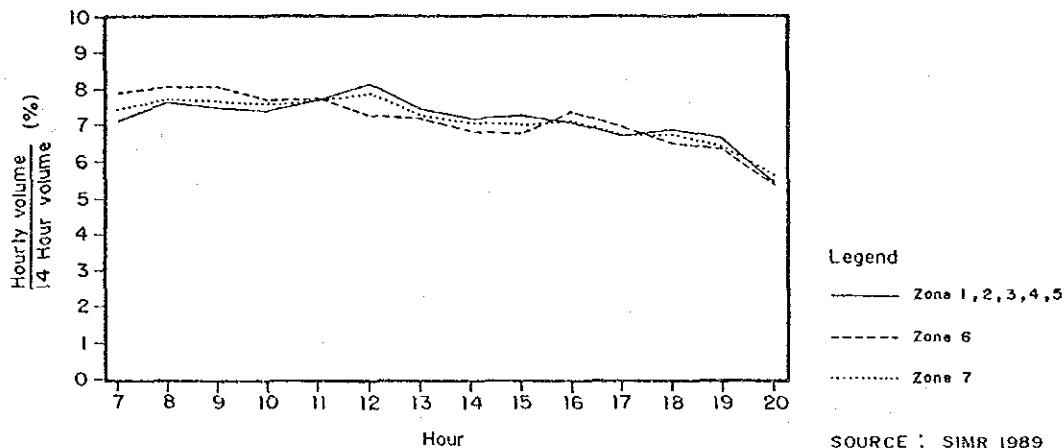


図 8. 3. 1 シミュレーション・エリアにおける交通量の時間変動

便益を推計する15年間は、交通量と車線構成は不変とする。これは、特にピーク時には現在既にほとんどのリンクが過飽状態に陥っており、更に大きな交通量に対してシミュレーションを行うことが困難なためであるが、実施には将来少しでも交通量が増加するとすれば、この仮定によってATCプロジェクトの便益は控え目に推計されることになる。

表8.3.5に1993年から2007年までの推計した便益を示す。ステージ1と2を実施することによる初年度の便益額は1,101百万パーツと見積られ、これは総経済便益額866百万パーツを越える。この便益額の約1/4はVOC節約から発生しており、残りの3/4がTTC節約から発生している。将来は人の時間価値は上昇するので、2007年にはこの便益額は1,763百万パーツ、初年度便益の1.6倍まで増加する。

ステージ1では総便益額の約70%が発生し、ステージ2で残りの30%が発生している。ステージ1エリアには57交差点が、ステージ2エリアには43交差点があることを考慮するとステージ1はステージ2よりも高い経済効率を持つと言える。

表 8. 3. 5 1993年から2007年間の経済便益額

Million Baht

| Stage I | | | Stage II | | | Stage I+II | | | | | |
|---------|------------|------------|----------|------|------------|------------|-------|------|------------|------------|-------|
| Year | VOC Saving | TTC Saving | Total | Year | VOC Saving | TTC Saving | Total | Year | VOC Saving | TTC Saving | Total |
| 1993 | 181 | 540 | 722 | 1993 | 89 | 290 | 379 | 1993 | 271 | 830 | 1,101 |
| 1994 | 185 | 570 | 755 | 1994 | 91 | 306 | 397 | 1994 | 276 | 876 | 1,152 |
| 1995 | 189 | 599 | 788 | 1995 | 94 | 322 | 415 | 1995 | 282 | 921 | 1,203 |
| 1996 | 192 | 629 | 821 | 1996 | 96 | 337 | 433 | 1996 | 288 | 966 | 1,254 |
| 1997 | 195 | 654 | 848 | 1997 | 97 | 351 | 448 | 1997 | 292 | 1,004 | 1,296 |
| 1998 | 198 | 678 | 876 | 1998 | 99 | 364 | 462 | 1998 | 296 | 1,042 | 1,338 |
| 1999 | 200 | 703 | 903 | 1999 | 100 | 377 | 477 | 1999 | 301 | 1,080 | 1,380 |
| 2000 | 203 | 727 | 931 | 2000 | 102 | 390 | 492 | 2000 | 305 | 1,118 | 1,423 |
| 2001 | 206 | 752 | 958 | 2001 | 103 | 403 | 507 | 2001 | 309 | 1,155 | 1,465 |
| 2002 | 209 | 777 | 985 | 2002 | 105 | 417 | 522 | 2002 | 314 | 1,193 | 1,507 |
| 2003 | 212 | 805 | 1,017 | 2003 | 107 | 432 | 538 | 2003 | 318 | 1,237 | 1,555 |
| 2004 | 215 | 835 | 1,049 | 2004 | 108 | 448 | 556 | 2004 | 323 | 1,283 | 1,605 |
| 2005 | 218 | 866 | 1,082 | 2005 | 110 | 464 | 574 | 2005 | 328 | 1,330 | 1,656 |
| 2006 | 221 | 898 | 1,116 | 2006 | 112 | 482 | 592 | 2006 | 333 | 1,380 | 1,709 |
| 2007 | 224 | 931 | 1,151 | 2007 | 114 | 499 | 612 | 2007 | 338 | 1,431 | 1,763 |

8. 4 評価と結論

ATCシステムの便益とプロジェクトコストとの比較による、内部収益率（IRR）、現在価値（NPV）、便益／コスト比率（B/C）の評価指標の計算結果についてプロジェクト全体の評価（ステージ1とステージ2）を表8.4.1に、ステージ1だけの評価を表8.4.2に示す。割引率はタイで通常、公的に使用されている12%を適用した。

このプロジェクトのIRRは極端に75%と高く、全ての初期投資額は12%の割引率の下に、システム開始後12.1カ月で回収される。NPVは5,631百万バーツを示し、B/Cは8.3となる。

ステージ1のみを評価するとIRRは74%である。全プロジェクトを実施した場合に比べてやや低いものの極端に高いリターンが保証されている。B/Cも7.5と高い。

この種の経済評価をどのように測定するか議論の多いところである。本調査では、時間価値は対象エリアの経済的な市民活動の生産性に基ずいて計測したものである。たとえこの単位時間価値が認められた場合でも、節減した旅行時間数分のほんの少しのものをこの価値とするのは異論があるだろう。そこで確定的なVOC節減便益だけを取るとIRRは17.2%と計算されるが、ATCプロジェクトは、なお経済的にフィジブルである。

インフラストラクチャーの公共交通プロジェクトで非常に高い内部収益率のものは数少ない。そのためこのプロジェクトは非常に高い優先度を与えるべきで、このプロジェクトの詳細設計と実施計画およびファンドの獲得の準備を緊急に開始することを強く勧告するものである。

表 8. 4. 1 ATCプロジェクトの評価 (ステージI、ステージII)
(1,000 Baht)

| Year | Cost | Benefit | B-C | B-C discounted by 12% p.a. |
|--------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1990 | 18,006 | | -18,006 | -16,007 |
| 1991 | 539,000 | | -539,000 | -429,688 |
| 1992 | 309,262 | | -309,262 | -220,127 |
| 1993 | 22,397 | 721,658 | 699,261 | 444,393 |
| 1994 | 22,397 | 1,151,967 | 1,129,570 | 640,949 |
| 1995 | 22,397 | 1,203,027 | 1,180,630 | 598,144 |
| 1996 | 22,397 | 1,254,088 | 1,231,691 | 557,154 |
| 1997 | 22,397 | 1,296,225 | 1,273,828 | 514,478 |
| 1998 | 22,397 | 1,338,363 | 1,315,966 | 474,550 |
| 1999 | 22,397 | 1,380,500 | 1,358,103 | 437,273 |
| 2000 | 22,397 | 1,422,639 | 1,400,242 | 402,536 |
| 2001 | 22,397 | 1,464,776 | 1,442,379 | 370,223 |
| 2002 | 22,397 | 1,506,914 | 1,484,517 | 340,213 |
| 2003 | 22,397 | 1,622,050 | 1,599,653 | 327,321 |
| 2004 | 22,397 | 1,745,983 | 1,723,586 | 314,893 |
| 2005 | 22,397 | 1,879,384 | 1,856,987 | 302,915 |
| 2006 | 22,397 | 2,022,979 | 2,000,582 | 291,373 |
| 2007 | 22,397 | 2,177,544 | 2,155,147 | 280,254 |
| Total | 1,202,223 | 22,188,096 | 20,985,873 | 5,630,778 |
| Internal Rate of Return (%) | | | 75.1 | |
| Net Present Value (million B.) | | | 5,631 | |
| Benefit/Cost Ratio | | | 8.27 | |

表 8. 4. 2 ATCプロジェクトの評価 (ステージIのみ)
(1,000 Baht)

| Year | Cost | Benefit | B-C | B-C discounted by 12% p.a. |
|--------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1990 | 18,006 | | -18,006 | -16,077 |
| 1991 | 533,326 | | -533,326 | -425,164 |
| 1992 | 22,205 | | -22,205 | -15,805 |
| 1993 | 22,205 | 721,658 | 699,453 | 444,515 |
| 1994 | 22,205 | 754,812 | 732,607 | 415,701 |
| 1995 | 22,205 | 787,965 | 765,760 | 387,958 |
| 1996 | 22,205 | 821,118 | 798,913 | 361,388 |
| 1997 | 22,205 | 848,494 | 826,289 | 333,724 |
| 1998 | 22,205 | 875,869 | 853,664 | 307,840 |
| 1999 | 22,205 | 903,245 | 881,040 | 283,671 |
| 2000 | 22,205 | 930,620 | 908,415 | 261,148 |
| 2001 | 22,205 | 957,995 | 935,790 | 240,194 |
| 2002 | 22,205 | 985,370 | 963,165 | 220,732 |
| 2003 | 22,205 | 1,016,543 | 994,338 | 203,461 |
| 2004 | 22,205 | 1,048,704 | 1,026,499 | 187,537 |
| 2005 | 22,205 | 1,081,881 | 1,059,676 | 172,856 |
| 2006 | 22,205 | 1,116,108 | 1,093,903 | 159,321 |
| 2007 | 22,205 | 1,116,108 | 1,129,213 | 146,842 |
| Total | 906,612 | 14,001,801 | 13,095,189 | 3,669,843 |
| Internal Rate for Return (%) | | | 73.9 | |
| Net Present Value (million B.) | | | 3,670 | |
| Benefit/Cost Ratio | | | 7.50 | |

付 録

世界におけるATCシステムの概要

付 録

世界におけるATCシステムの概要

1. 主要な国におけるATCシステムの現況

1. 1 英国

1) 一般

現在英国には約 5,000基の信号制御器をコーディネートできる24の信号システムがある。この種のシステムの最大なものはロンドンにあり、ニュースコットランドヤードにあるコンピューターは 1,200基の信号制御器と電話回線で結ばれている。

フィクスト・タイムの信号システムの多くはTRANSYTをもとにしたタイミングプランを用いている。TRANSYTはオフラインの最適化手法であるが後に詳述する。現地の交通状況の変化に適応できるように、しばしばこのプランは手動的に部分修正を加えている。フィクスト・タイム信号システムは非常に効率の高いことが実証されているが、高い効果を常に維持するための全く新しい信号プランをその都度製作する費用を捻出することが難しいことが経験でわかっている。フィクスト・タイムプランを実行する必要性とその費用が、最近英国で発注される大部分の信号システムがSCOOTによる交通感應式のコントロールを指定している主な原因であるといわれている。ある場所では従来のフィクストタイムシステムが、高度に自動化された交通対応システムをもったSCOOTで置き換えられている。

SCOOTは高度に自動化された交通対応型のシステムでありその内容を次に述べる。

2) SCOOT

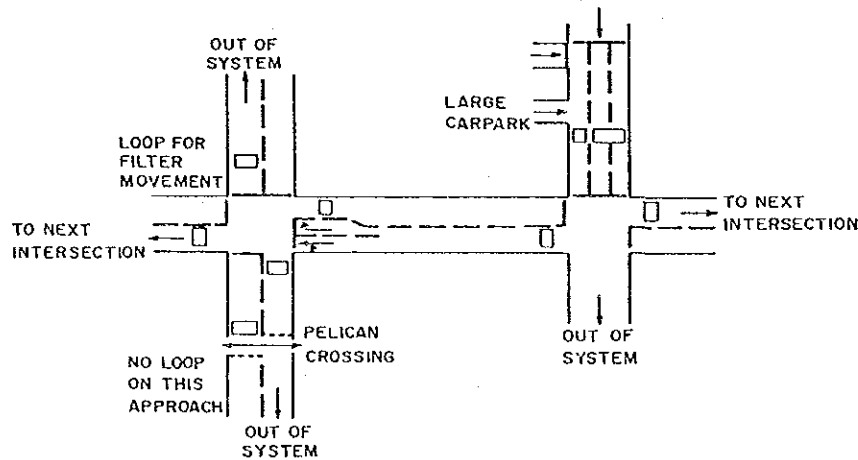
SCOOT (スプリット、サイクル、オフセットの最適化手法) は現在世界で最もよく知られたオンラインのプラン形式コントロール法の一つである。これは英国で1973年来開発されたものである。SCOOTではプレタイムのプラン選択を原則的に行っているが、次に述べるように二つの交通対応型コントロールを有している。

- a. 青信号スプリットとオフセットはサイクル毎にリアルタイムと交通対応ベースで選択プランの値の近くで修正される。
- b. コンピューターに内蔵された信号プランは上述したリアルタイム修正の結果によって自動的に更新される。

使用中のプランの信号タイミングの値は、現在値と修正値とを指数函数的に平滑化することにより、常時再調整する。このように自動的に更新する機能があるので、更新作業を必要としないことは勿論、原プランを特に製作する必要もない。任意の既往の交通信号セッティングを基にしてこのシステムは使用開始できる。車両感知器は全交差点の流入部の各車線の上流側終端から5~15mの位置に配置され、車両の通過と、そのリンクの先づまりを感知する。TRANSYTで使用されているものと同様な車群の密度分布を用いて、下流側の停止線の到着交通流を予測し、これにより遅れ、停止回数、渋滞長を決めるために「飽和度」を使用する。青信号スプリットを微妙に調整して各アプローチの飽和度がバランスするように修正する。SCOOTシステムではサブエリアを固定し、共通サイクル長は2.5分毎に上、下限の間で更新し、最も負荷の大きい交差点の各アプローチの飽和度の最高値が90%であるようにする。サイクル時間を変えるとともに、オフセットはそれぞれのリンクの遅れと停止回数の加重和が最小になるように定める。

SCOOTの相対的な効果は場所により時刻により変動するが、良好なフィックスド・タイムプランと比較した英国の5ヶ所の例を平均すると、遅れ時間を約12%減じること成功している。SCOOTを適用する際に考えねばならぬ点は次の通りである。

- a. 数多くの感知器を設置し、維持するにはかなりの費用がかかる
- b. SCOOTは非飽和状態には適用できるが、過飽和状態には適さない。
- c. SCOOTの最大のメリットはタイミングプランを自動的に更新できる点にあるので、労務費の低い都市ではそれ程経済的ではない。



図A-1 SCOOTのループ式車両感知機標準レイアウト

1. 2 フランス

1) 一般

フランスでは、50以上の都市もしくは人口8万人以上の都市に中央制御信号システムが設置されている。フランスにおけるコントロール戦略の典型的な例は次のとおりである。対象地域の全交差点をいくつかのブロック別に分類する。個々のブロックはブロック間の交通の関連性を解析して求める。一つのブロックは、10～50の交差点からなる。地域レベルの戦略は、予めコンピューター化した交通プランの自動的な選択にもとずいている。選択のプロセスは2段階の作業よりなる。

第1にブロックレベルでの選択が行われるが、大工場の作業終了時とか大きなスポーツのイベントとかのように予期できる交通量の変化がない限り、選択は次のように行われる。選択したリンクの混雑度に応じて次の2種類のプロセスのいずれかで3分おきに自動的な交通解析を行なう。

- a) これらのリンクの混雑度が与えられたレベルより低ければ、最適のパラメータパターンを選ぶ。混雑度の計測には、12分間でならした占有率と交通量とを1次的に加算した値を用いる。
- b) 混雑度が与えられたレベルを越えたときは、当該リンクの混雑を救済することに第一優先度を与えるために、選択プロセスは計測点の部分集合だけを用いる。

各ブロックの交通プランを独立に選択した後、交通技術者がブロック間の調整を行なう。ブロックまたはブロック群の持つ特殊な問題を考慮に入れてプランを修正することがある。たとえばあるブロックが渋滞に対する通行プランを選択し、そのブロックの周りのブロックは渋滞していない場合には、周りのブロックでは渋滞しているブロックに流入する交通を制限し、逆に渋滞ブロックからの流出を早めるようにプランの修正を行なう。ある交通プランから他のプランへ変換する作業は一般に1ないし2サイクル、稀には3サイクルかかる。

各ブロックのプラン選択を行なった後に、個々の交差点に対してサイクル毎にセンターのコンピューターにより自動的に局地的な修正がなされる。標準的な車両アクチュエータ制御は普通交通量の少ない夜間に限って実施される。交通渋滞を防ぐ方法として、予め選んだ容量の小さいリンクに過飽和状態を生じないために、過剰な車をより容量の大きい隣接のリンクに導入する。容量の小さいリンクの終端に特殊な渋滞表示用車両感知器を配置し、容量の小さいリンクに代わって交通量を受けもつ大容量リンクの青信号時間をこの感知器で表示される渋滞の度合に応じてサイクルごとに修正をする。

1. 3 オーストラリア

1) 一般

オーストラリアには、約5500の交通信号機がある。その大部分は人口100万以上の都市に設置されている。オーストラリアのATCシステムの制御方法は次の4種に分類できる。

- a. フィクスト・タイム・コントロール：これは今でもメルボルンの都心の一部で使われている。
- b. トラフィック・アダプティブ・セレクションのプリセット計画：車両感知器からの情報により予めセットされた信号制御計画を選ぶもので、ブリスベーンの都市内道路で用いられている。
- c. リンクド・ピークル・アクチュエイテド・コントロール：フィクスト・タイムのATCシステムで車両感応式交差点制御器を使用している。メルボルン、アデレード、ブリスベーンの都市部で使われている。
- d. トラフィック・レスポンス・コントロール：SCAT (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) を使用。SCATについては次に詳しく述べる。

2) SCAT

SCATはオーストラリアのニューサウスウェールズの道路局 (DMR-NSW) で最近開発されたオンラインのプラン形成法式制御方法である。現在世界中で 3,000以上の信号交差点がSCATによりコントロールされている (表A-1)。

表A-1 SCAT実施状況 (1987年9月現在)

| City | Number of signals connected to SCAT | Number of regional computers |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Sydney & other NSW cities | 1,350 | 17 |
| Melbourne | 984 | 14 |
| Adelaide | 300 | 6 |
| Perth | 124 | 2 |
| Canberra | 60 | 1 |
| Hobart | 60 | 2 |
| Darwin | 12 | 1 |
| New Zealand cities | 270 | 8 |
| Shanghai | 30 | 1 |
| Tianjin | 20 | 1 |
| Singapore | 24 | 1 |
| Total | 3,234 | 54 |

SCATで制御されているすべての交差点では、左折専用車線を除いて、全てのアプローチ車線の停止線から1.5m上流側にループ式車両感知器を設けることが要求されている。SCATシステムでは全域をサブエリアにわけ、サブエリアは1ないし10の信号交差点で構成されており、エリア内では共通のサイクル時間を使用する。このサイクル時間はサブエリアの飽和度に応じて各サイクルごとに6秒以内のステップで更新される。青信号時間はサイクルごとに一つの交差点のいくつかのフェーズの飽和度の差が少なくなるようにコントロールされる。種々なVAコントロール戦略にも用いられる。各サブエリアには5つのオフセットプランをインプットデータベースの一部として予め準備し、交通対応方式によりそのうち1つのプランを選択する。

SCATはTRANSYTを用いた微調整フィックスド・タイムコントロールと比較してとくに停止回数を減じるのに成功したことが報告されている。図A-2に示すように停止線近く配置された車両感知器は交通流の変動に感応して飽和度を正確に観測するのに役立つ。しかしこの配置方法では流れ曲線を測定することは不可能である。それ故オフセットプランはSCATでは作れないので別のオフラインの手法たとえばCLOFF SETで作製しなければならない。

SCATは非飽和交通状態に対して適用し得る方法であることに注意すべきである。SCATによると車両感知器は停止線のすぐ近くの上流側に配置することになっているが、この配置方法は低度の飽和度の計測にしか適していない。

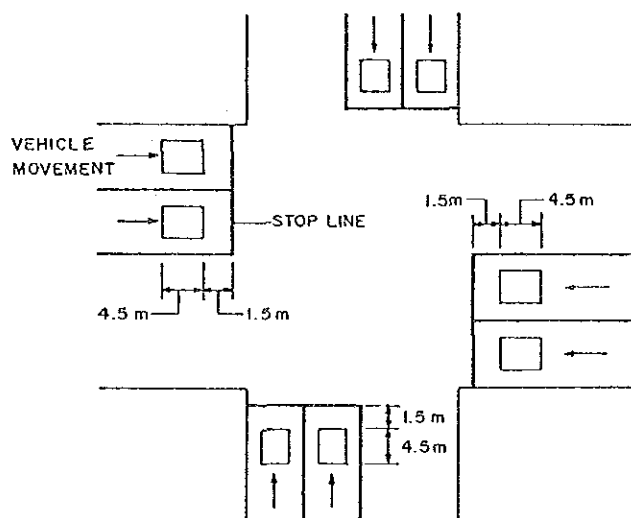


図 A - 2 SCATのループ式車両感知機標準レイアウト

1.4 米 国

1) 一般

アメリカでは、1968年から1975年にかけてFHWAがUTCS（都市交通制御システム）プロジェクトを設立した。このプロジェクトの目的は、世界各国の現状のもとで新しいコンピューター利用の交通制御戦略を開発しテストすることである。UTCSプロジェクトの制御戦略研究開発は次の三つの段階に分けられる。

- a. 第一段階：オフラインの最適解を求める技術により、予め準備されたタイミング・プランを開発する。
- b. 第二段階：現況の交通データをもとに、オンラインでタイミング・プランをコンピューターで計算する。
- c. 第三段階：サイクル毎にタイミング・プランをコンピューターで計算する。

交通技術協会は、1987年1月に米国とカナダの交通信号システムの調査を基にして報告書を作成した。総数245ヶの交通信号システムのうち143ヶが稼働中、58ヶが建設中、44ヶが計画中であった。表A-2に米国における信号システムのリストを示す。ここには信号交差点数 100、車両感知器数 150以上を有するシステムだけを選んだ。

表 A-2 米国における信号制御システム

| State | City | Type of software | No. of signals | No. of detectors |
|-------|----------------|----------------------|----------------|------------------|
| AL | Birmingham | Computran | 278 | 185 |
| AR | Little Rock | Honeywell | 146 | 400 |
| CA | Los Angeles | UTCS Enhanced | 118 | 396 |
| CT | Hartford | UTCS Enhanced | 128 | 255 |
| FL | Dade County | UTCS FORTRAN | 1,500 | 1,400 |
| ID | Ada County | Honeywell | 149 | 300 |
| IN | Evansville | Computran | 207 | 350 |
| KY | Lexington | Computran | 240 | 228 |
| LA | New Orleans | UTCS FORTRAN | 206 | 264 |
| MN | Minneapolis | CSE | 705 | 450 |
| NC | Durham | Sperry SRT | 164 | 180 |
| NC | Winston-Salem | UTCS 2nd Generation | 211 | 548 |
| NE | Lincoln | UTCS FORTRAN | 205 | 400 |
| NV | Las Vegas | UTCS Extended | 345 | 1,080 |
| NY | Nassau County | Sperry SRT | 313 | 190 |
| NY | Nassau County | Other CSI-FORTRAN IV | 120 | 190 |
| NY | New York City | Other NYC VTCS | 3,000 | 2,700 |
| NY | Rochester | UTCS FORTRAN | 312 | 405 |
| TN | Knoxville | Other MTCS | 165 | 277 |
| TX | Dallas | UTCS FORTRAN | 206 | 353 |
| VA | Arlington City | Sperry SRT | 194 | 233 |

これらのシステムのうち約半数はUTCSをベースにしたソフトウェアを使っている。その他のものはシステムコンサルタントや有力コンピューターメーカーによって開発された異ったソフトウェアを使っているが、このうち多くのは初期のUTCSの試験でえられた知識を利用している。タイミングプランはTRANSYTのようなオフラインの最適解法を使っている。現況交通データに基づいたオンライン制御方法（第一段階と第二段階の半ば）は小数ながらいくつかのシステムで試験的に適用されている。

1. 5 日本

1) 一般

1987年3月現在の日本における種々なタイプの交通信号制御の実数を示す。交通信号機の総数は約122,000基で、そのうち34,500基が74都市のATCシステムに配置されている。ATCの制御の基本方針は、原則的に従来のトラフィック・アダプティブなプラン選択タイプである。しかしながら、重要交差点の青信号時間は、トラフィック・レスポンスなプラン形成法によって一般にコントロールされている。ATCシステムの対象地域は、一つのサブエリア内の交通状況の変動が同様になるように、いくつかのサイクル長、スプリット、オフセットなどの信号タイミングは基本的には個々のサブエリアに対して個々に定められる。普通の場合、保守上の理由により超音波感知器が使用されている。車両感知器は、主要交差点の全流入部の停止線から150~200m上流側に配置される。

交通感応方式のプラン選択信号制御は現在世界中広く使われている制御方法なので、東京システムでのプラン選択方法を(2)で詳しく述べる。

表A-3 日本の信号システム(1987年9月現在)

| Type | Number of Traffic Signalized Control Intersection |
|------------------------------|---|
| Area Control (74 cities) | 34,510 |
| Coordinated (3,8860 groups). | 19,499 |
| traffic-responsive | 5,247 |
| pretimed multi-program | 12,584 |
| pretimed single-program | 460 |
| coordinated push button | 1,208 |
| Isolated | 67,795 |
| full traffic-actuated | 1,039 |
| semi traffic-actuated | 6,439 |
| bus/rail-responsive | 390 |
| pretimed multi-program | 39,223 |
| pretimed single-program | 588 |
| push button | 19,471 |
| others | 645 |
| Total | 121,804 |

2) 東京システム

(1) M値

交通状態を測る尺度として交通量 (v) と占有率 (o) の加重和

$$M_{ijk} = a * V_{ijk} + b * O_{ijk}$$

をk番の交差点のj番のフェーズのi番のアプローチの交通状態の尺度として用いる。加重係数のaとbは近飽和状態のときに $a * V$ と $b * O$ とがほぼ等しくなるように定められる。M値は非飽和から近飽和状態のアプローチの飽和度を評価するのに良い尺度だと考えられる。

(2) サイクル長

サブエリアのサイクル長は次のように求められる。k番目の主要交差点のj番目のフェーズのM値は次のように定義される。

$$M_{jk} = \text{Max}_i (M_{ijk})$$

ここにiはアプローチの番号である。k番目の交差点のM値は

$$M_k = \sum M_{jk}$$

と定義される。K番目の主要交差点のサイクル長 C_k は、 M_k の値によって図A-3、A-4に見るように決められている。サブエリアのサイクル長Cはサブエリア内の全交差点の中で最大になる C_k とする。

上記のようにして求めた二つの隣接するサブエリアのサイクルタイムの差が一定値よりも小さいときには、二つのエリアのサイクルタイムの長い方の値を共通値として用いる。この操作は、5ないし15分おきに実施される。

(3) 青信号スプリット

主要交差点の青信号スプリットは、図A-4に示すようにフェーズのM値を基に決定される。主要交差点で近飽和状態の場合には、プログラム形成タイプの制御が採用される。全アプローチの停止線から150~200m上流地点でサイクルごとに感知器の平均パルス長を測定する。この値はP値と呼ばれているが、停止線の飽和度を表す良好な指数であることが判っておりこれを使って全てのフェーズがほぼ同じ程度に飽和するよう青信号スプリットをコントロールする。全フェーズの青信号

時間は直前のサイクルのP値によりサイクルごとに変更される。そのフェーズのP値が全フェーズの平均値より大きい（小さい）ときにはそのフェーズの青信号時間を増加（減少）させる。

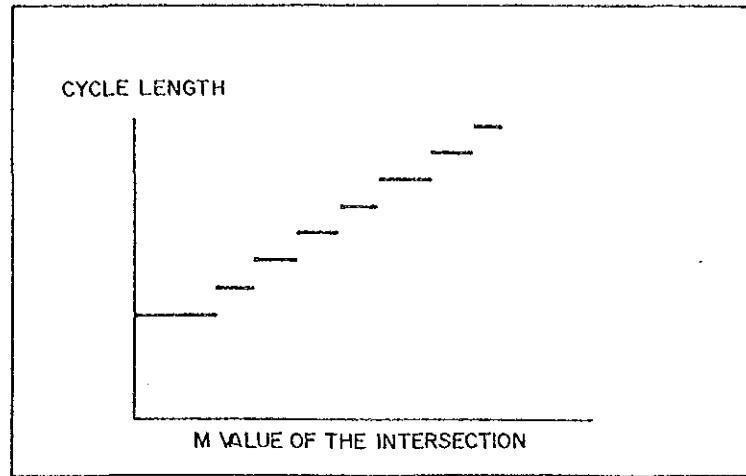


図 A - 3 サイクル長選択モデル

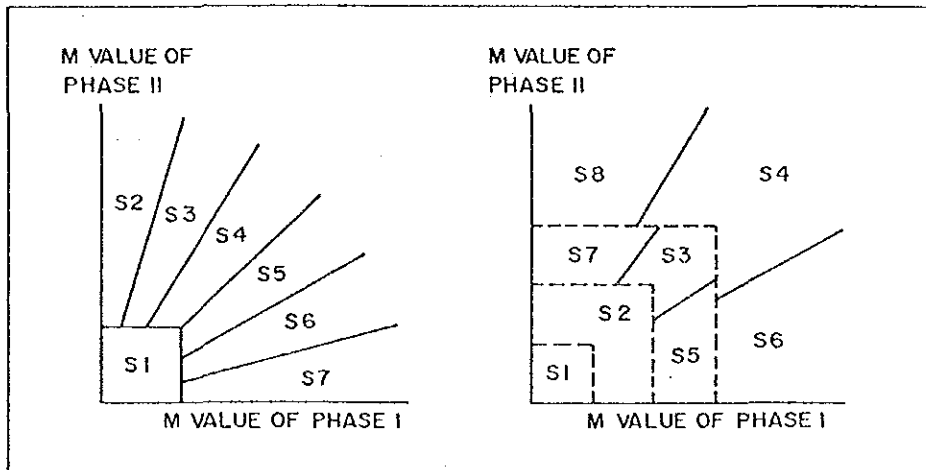


図 A - 4 青信号スプリット選択モデル

この方法は従来の車両感應制御法に対して2つの点で優れている。1つは与えられたサイクルタイムを維持するのが容易であることだ。第2の点は車の流れより先に歩行者の流れを止める必要のないことである。従来の車両感應制御では歩行者の流れ車両用青信号延長時間の前に止めなければならない。これはサイクル長が

長くなり過ぎる原因となり、歩行者の不平の種となる。しかしながら上述の方法では青信号時間はサイクルのスタート以前に決まるので、歩行者の流れを早く止める必要はなく、青信号が突然消滅することもない。

重要交差点の過飽和状態ではスプリットの渋滞長感応制御が採用される。車両感知器は渋滞長を測るために停止線の上流300、500、1000mの地点に配置され、飽和度の高いフェーズ間の渋滞長の差がなるべく縮まるように青信号時間をコントロールする。

(4) オフセット

オフセットのプログラム選択は5分毎に行われるが、オフセットプログラムを使用する時間の最小限度があるので、オフセットプログラムを使用し始めたら、少なくとも15分間はそのまま使うようにする。この最小時間中に新プログラムが選択されても新プログラムは無視して古いプログラムをそのまま用いる。これは一つのプログラムから他のプログラムに移換するのに4サイクルかかることに起因する混乱を避けるためである。

上流側の交差点の流出部に下流側交差点の先づまりの影響が及ぶと、上流側交差点のこの方向の青信号時間は全部使えないことになる。現行の制御プログラムではこのような状況に対して特に考慮していない。改訂プログラムではこの状況を考慮して、流出口の先づまりの影響が流出口に配置された感知器で感知されたときには青信号時間を短くするようにしている。

2. オフライン最適化手法

信号制御のプラン選択タイプの場合には信号タイミングプランのオフラインでの作成が必要となる。交通技術者が手計算でこれを決めることもできるが、それには時間がかかり、特殊技能を要するので現在ではこれらのプランを計算するのにコンピューターを用いるのが一般である。

1) TRANSYT

いくつかのATCの最適化プログラムが世界で開発されている。最も多く用いられているソフトウェアは英国のTRANSYT法 (Traffic Network Study Tool) である。TRANSYTは静的なネットワークシュミレーションモデルを用いている。そのモデルでは交通流を「cyclic flow profile」で表現し、各サイクルでの発着交通量は同じと仮定している。ネットワークの構成と交通量はインプットデータと前もって与える。TRANSYTは主にオフセットを最適化するので、その区域の遅れと停止回数加重和は試行錯誤と同様な方法で最小になるようにする。サイクルタイムと青

信号スプリットの値を変えていくつか試算し、最適なものを求める。最新の改訂版は標準のマイクロコンピュータを適用できる。

フィックスド・タイム・コーディネーションにTRANSYTを用いた場合、単独の車両感知信号制御に比較して、非飽和状態でネットワーク構成に応じて遅れ時間が20から40%減じることが報告されている。しかし、近飽和から過飽和状態では、信号タイミングの最も重要な目的は、全地域の容量を最大にすることにあるので、重要交差点のサイクルタイムと青信号スプリットがオフセットの代りに重要な関心事項となる。それ故TRANSYTは飽和度の高い状態には適さない。

2) その他

この他にいくつかの最適化手法がある。フランスの都市ではTRANSYTの他に類似のフランスのプログラムTHEBESを最適化手法として用いている。米国で広く使われているUTCSはTRANSYTと似た方法を使用している。西独ではネットワーク交通信号制御のための新しい最適化手法が開発中である。この手法はSIGMAと名付けられているが、国際的に知られたいくつかのモデルで得られた経験を活かしたものである。

3) 問題点

- a. 交通技術者がこの手法を用いるためには、フェーズの配分、フェーズの青信号スプリット全方向の交通量、リンク長などの莫大なインプットデータを必要とする。これらのインプットデータを作るための費用と労力、特に現場の交通調査を実施するためのそれは交通技術者の提供し得る限度を越えたものになることが多い。信号プランを望ましい状態に維持するために頻繁に更新することをしないで廃れてしまうことが多い原因はここにある。
- b. これらのオフライン最適化手法は主に非飽和状態を考慮したものである。日本の都市のように厳しい交通条件には、これらの手法で作製された信号プランは適さない。

3. 代表的システムの制御戦略のまとめ

以下の表A-4に代表的システムの制御戦略のまとめを示す。

表A-4 代表的システムの制御戦略のまとめ

| System | Cycle | | Split | | | Offset | | Location of Detectors |
|------------|-------|----|-------|----|----|--------|----|--------------------------------------|
| | PS | PF | PS | PF | VA | PS | PF | |
| existing * | | | | | | | | |
| Bangkok's | FT | | FT | | | FT | | no detectors |
| UTCS * | TR | | TR | | | TR | | |
| Japan | TR | | TR | FB | | TR | | 150 to 200 m upstream from stop line |
| SCAT * | FB | | FB | | | TR | | close to stop line |
| SCOOT * | FB | | FB | | | FB | | upstream end of the links |

Legends PS : Plan Selection
 PF : Plan Formation
 VA : Vehicle Actuated
 FT : Fixed Time
 TR : Traffic Responsive
 FB : Feed-Back
 * : Adaptation of undersaturation traffic flow

注) 車両感応制御：プラン形成法の最も簡単なものは青信号時間の車両感応（VA）制御である。これはリンクした制御ではなく局知的なスプリット制御である。1つのアプローチからの車の到着は車両感知器で感知され、車両が予め決められた値（一般に2~3秒）より短い間隔で連続して到着する場合には当アプローチの青信号時間は延長される。

4. 交通条件の変動に対応するための種々な方法

信号のタイミングは交通条件の変化に対応して変わらなければならない。交通需要がたとえ同じであっても、道路容量が減じたときは青信号時間を長くしなければならない。道路条件、交通条件に対応して信号タイミングを変えるのにいくつかの方法がある。表A-5にこれらの方法を3つの主要な制御方法にグループ分けして示した。

表 A - 5 ATC方式のマトリックス

| プレタイム制御 | | 車両感応制御 |
|---------|----------------|----------------|
| プラン選択 | プレタイム多段階 選択 | 車両感応多段階 選択 |
| プラン形成 | 未開発 | 車両感応式 プラン形成 |

- 注(1): プラン選択とは交通状況のパターンに従ってオフラインで準備された複数の既定プランからプレセットタイムまたは固定周期に従って一つを選択することである。
- (2): プラン形成とは車両感知器から指示される周期毎の交通需要変動に基づいて信号制御プランが準備されることである。
- (3): プレタイムプラン選択制御
 信号タイミング制御で最も簡単な方法はプレタイムプラン選択制御である。ここでは複数の既定信号タイミングプランから、一般には一日の中の時刻および曜日による既定タイミング・スケジュールに従って一つが選ばれ、切り替えられる。
- (4): 交通感応式プラン選択制御
 2番目に簡単な信号タイミング制御方法は交通感応式プラン選択制御である。ここでは複数の既定プランから、車両感知器が計測した卓越した交通状況に従って一つが選択され、使用される。通常は、プランの選択は15分毎に行われるため、最後の15分の交通状況が次の15分の信号プランを決定する。

図一覧表

- 図 1. 2. 1 調査対象エリア
- 図 1. 3. 1 調査フロー
- 図 1. 4. 1 調査組織

- 図 2. 1. 1 道路交通調査地点
- 図 2. 2. 1 バンコク首都圏の主要道路網
- 図 2. 3. 1 (1) 自動車交通量時間変動
- 図 2. 3. 1 (2) 自動車交通量時間変動
- 図 2. 3. 2 交通量曜日変動 (1)
- 図 2. 3. 2 交通量曜日変動 (2)
- 図 2. 3. 3 交差点飽和度
- 図 2. 3. 4 飽和交通流のビデオ分析結果
- 図 2. 3. 5 12時間交通量の伸び率
- 図 2. 3. 6 旅行時間速度分布
- 図 2. 3. 7 交通事故と自動車登録台数
- 図 2. 3. 8 交通事故多発地点

- 図 3. 2. 1 A T C エリアにおける既存道路交通計画
- 図 3. 3. 1 V/L の累加分布
- 図 3. 3. 2 10 Km/h 以下の旅行速度状況
- 図 3. 3. 3 交通量とリンク長の関係
- 図 3. 3. 4 主要交差点の渋滞長状況
- 図 3. 3. 5 A T C システム制御対象エリア (1993年)

- 図 4. 2. 1 交通方式調査フロー
- 図 4. 2. 2 交通量配分手順
- 図 4. 2. 3 シミュレーション対象地域
- 図 4. 2. 4 シミュレーション手順
- 図 4. 3. 1 1984年の一方通行システム
- 図 4. 3. 2 車線数の現況
- 図 4. 3. 3 一方通行およびアンバランスト・フロー道路の分布
- 図 4. 3. 4 バスレーンの分布
- 図 4. 3. 5 代替案選定手順
- 図 4. 3. 6 代替案の概念図
- 図 4. 3. 7 2方向リバーシブルレーン計画 (ケース5) の車線配分計画
- 図 4. 4. 1 渋滞長: ケース (1)
- 図 4. 4. 2 渋滞長: ケース (2)
- 図 4. 4. 3 渋滞長: ケース (3)
- 図 4. 4. 4 渋滞長: ケース (4)
- 図 4. 4. 5 渋滞長: ケース (5)
- 図 4. 4. 6 渋滞長: ケース (5')
- 図 4. 4. 7 B M A 要望の2方向リバーシブル・レーン案
- 図 4. 4. 8 現況道路網でのケース5とケース5'の飽和度の比較

- 図4.4.9 ディンデン道路にオーバースが無い場合の1993年におけるケース5とケース5'の飽和度の比較
- 図4.4.10 オーバースが無くアンダースがある場合の1993年における飽和度

- 図5.3.1 ATC制御対象エリアの信号交差点
- 図5.3.2 重要交差点の位置
- 図5.4.1 重要交差点の交通状況の分類
- 図5.4.2 バンコク市ATCシステムの構想
- 図5.4.3 中央制御装置の概要
- 図5.4.4 ATCセンター構想

- 図6.1.1 交通量予測の作業方法
- 図6.1.2 1993年将来自動車交通量(午前ピーク時)
- 図6.1.3 1993年将来自動車交通量(午後ピーク時)
- 図6.2.1 改良交差点
- 図6.2.2 タイプ別交差点標準図
- 図6.2.3 リバーシブル・レーン設置区間
- 図6.2.4 東西方向の主要道路断面における時間交通量変動
- 図6.2.5 リバーシブル・レーンの標準交通処理方法
- 図6.2.6 リバーシブル・レーンのための交通施設
- 図6.2.7 (1) 交通施設の標準図
- 図6.2.7 (2) 交通施設の標準図
- 図6.3.1 重要交差点とサブエリア
- 図6.3.2 重要交差点のフローレート用車両感知器の標準配置
- 図6.3.3 右折感応用感知器の標準配置
- 図6.3.4 交通データ統計用感知器の標準配置
- 図6.3.5 車両感知器の種類
- 図6.3.6 景観維持道路
- 図6.3.7 感知信号の集約プラン
- 図6.3.8 感知器のキャビネット
- 図6.3.9 感知器の架空線
- 図6.4.1 (1) 交差点周辺設備の標準設置計画
- 図6.4.1 (2) 交差点周辺設備の標準設置計画
- 図6.4.1 (3) 交差点周辺設備の標準設置計画
- 図6.4.1 (4) 交差点周辺設備の標準設置計画
- 図6.4.2 交差点信号施設計画
- 図6.5.1 通信回線計画
- 図6.5.2 伝送機器
- 図6.7.1 ハードウェア構成
- 図6.7.2 ATCセンターのレイアウト
- 図6.7.3 ソフトウェア構成
- 図6.8.1 バンコクATCシステム

- 図7.1.1 ステージ別対象エリア

図 8. 3. 1 シミュレーション・エリアにおける交通量の時間変動

- 図 A - 1 SCOOTのループ式車両感知機標準レイアウト
- 図 A - 2 SCATのループ式車両感知機標準レイアウト
- 図 A - 3 サイクル長選択モデル
- 図 A - 4 青信号スプリット選択モデル

表一覧表

| | |
|-----------|--------------------------|
| 表2.1.1 | 道路交通調査概要 |
| 表2.3.1 | 主要道路の自動車交通量 |
| 表2.3.2 | 交通事故の経年変化 |
| 表3.2.1 | 道路交通プロジェクト名称 |
| 表3.3.1 | 制御対象エリア選定のための評価基準 |
| 表3.3.2 | A T Cシステム制御対象エリア(1993年) |
| 表4.2.1 | 乗用車換算係数 |
| 表4.2.2 | 既存シミュレーション・モデルの概要 |
| 表4.3.1 | 代替案の概要 |
| 表4.3.2 | 代替案別車線数(1) |
| 表4.3.2 | 代替案別車線数(2) |
| 表4.3.2 | 代替案別車線数(3) |
| 表4.3.2 | 代替案別車線数(4) |
| 表4.4.1 | 各代替案の比較(一方通行の検討) |
| 表4.4.2 | 各ケースでの交差点飽和度の評価(午前ピーク) |
| 表4.4.3 | シミュレーション分布による平均走行速度 |
| 表4.4.4 | 各交差点の飽和度の評価 |
| 表4.4.5 | 各代替案の比較 |
| 表4.4.6 | 総遅れ時間および総渋滞長 |
| 表4.4.7 | 各代替案の比較 |
| 表4.4.8 | 総遅れ時間と総渋滞長(1993年道路網) |
| 表4.4.9 | 交差点飽和度 |
| 表4.4.10 | 渋滞長(午前ピーク) |
| 表4.4.11 | 渋滞長(午後ピーク) |
| 表4.4.12 | 総遅れ時間と総渋滞長(午前ピーク) |
| 表4.4.13 | 総遅れ時間と総渋滞長(午後ピーク) |
| 表5.3.1 | タイプ別制御対象交差点 |
| 表5.3.2 | 道路幅員と交通量の関係 |
| 表5.4.1 | 交通流状況に対応した制御ロジック |
| 表5.4.2 | 交通流状況に対応した制御方法 |
| 表6.2.1 | 改良項目 |
| 表6.2.2(1) | 交差点別改良項目 |
| 表6.2.2(2) | 交差点別改良項目 |
| 表6.2.3 | タイプ別交差点 |
| 表6.2.4 | リバーシブル・レーンのための交通施設の路線別数量 |
| 表6.3.1 | 機能別感知器の数量 |
| 表6.3.2 | タイプ別必要感知器の数量 |
| 表6.4.1 | 信号制御交差点の種類 |
| 表6.5.1 | 信号制御機からセンターの伝送データ量 |

- 表7. 1. 1 ステージプラン
- 表7. 1. 2 エリア別評価値
- 表7. 2. 1 既存工種単価
- 表7. 2. 2 バンコクATCシステムのプロジェクトコスト積算

- 表8. 2. 1 プロジェクトの経済コスト
- 表8. 2. 2 経済コストによる年度別投資額
- 表8. 2. 3 経済評価のための年別投資額
- 表8. 2. 4 ATCシステムの運営費
- 表8. 3. 1 ATCの導入による総遅れ時間と総停止回数の減少
- 表8. 3. 2 1989年速度別車両走行費用
- 表8. 3. 3 1989年速度別旅客時間費用
- 表8. 3. 4 ゾーン別車種構成
- 表8. 3. 5 1993年から2007年の間の経済便益額
- 表8. 4. 1 ATCプロジェクトの評価(ステージI、ステージII)
- 表8. 4. 2 ATCプロジェクトの評価(ステージIのみ)

- 表A-1 SCAT実施状況(1987年9月現在)
- 表A-2 米国における信号制御システム
- 表A-3 日本の信号システム(1987年9月現在)
- 表A-4 代表的システムの制御戦略のまとめ
- 表A-5 ATC方式のマトリックス

略 語 表

ROAD PLAN

| | |
|-------|---|
| BB | Budget Bureau |
| BCD | Building Control Division |
| BMA | Bangkok Metropolitan Administration |
| BMR | Bangkok Metropolitan Region |
| BMTA | Bangkok Mass Transit Authority |
| BTS | Bangkok Transportation Study in 1975 |
| BTSS | Bangkok Transit System Study in 1986 |
| B/C | Benefit Cost Ratio |
| CAB | Cabinet |
| CCSD | Construction Control and Supervision Division |
| CMD | Construction and Maintenance Division |
| CMRT | Committee for the Management of Road Traffic |
| CPD | City Planning Division |
| DD | Design Division |
| DLT | Department of Land Transport |
| DOH | Department of Highway |
| DPP | Department of Policy and Planning |
| DPW | Department of Public Works |
| DTCP | Department of Town and Country Planning |
| ETA | Expressway and Rapid Transit Authority of Thailand |
| ETO | Express Transportation Organization of Thailand |
| FSE | First Stage Expressway |
| GDP | Gross Domestic Product |
| GRP | Gross Regional Product |
| HD | Harbor Department |
| HRT | Heavy Rail Transit |
| KSS | Elevated Toll Road above Klong Saen Saep |
| LRT | Light Rail Transit |
| LTCB | Land Transport Control Board |
| LTPC | Land Transport Policy Committee |
| MOC | Ministry of Communication |
| MOF | Ministry of Finance |
| MOI | Ministry of Interior |
| MPB | Metropolitan Police Bureau |
| MSTE | Ministry of Science, Technology and Energy |
| NESDB | National Economic and Social Development Board |
| NPV | Net Present Value |
| NSC | National Safety Council |
| OCMRT | Office of the Committee for the Management for Road Traffic |
| OFP | Office of Fiscal Policy |
| ONEB | Office of the National Environmental Board |
| OPM | Office of the Prime Minister |
| OPP | Office of the Policy and Planning |
| OPS | Office of the Permanent Secretary (BMA) |
| PCU | Passenger Car Unit |
| PD | Police Department |
| PT | Person Trip |
| PWD | Public Works Department |
| RWD | Right of Way and Land Acquisition Division |
| SRT | State Railway of Thailand |
| SSE | Second Stage Expressway |
| STTR | Bangkok Metropolitan Short Term Transport Review |
| TD | Treasury Department |
| TED | Traffic Engineering Division |
| TPD | Traffic Police Division |
| TSES | Third Stage Expressway System |
| TTC | Travel Time Cost |
| VOC | Vehicle Operations Cost |

ATC SYSTEM

| | |
|-------|---|
| ATC | Area Traffic Control |
| BMA | Bangkok Metropolitan Administration |
| CCU | communication Control Unit |
| DET | Vehicle Detector |
| ETA | Expressway and Rapid Transit Authority of Thailand |
| FIWA | Federal Highway Administration |
| FSR | Frequency Shift Keying |
| GRM | Synchronous Response Mode |
| MDF | Main Distribution Frame |
| MEA | Metropolitan Electricity Authority |
| OCMRT | Office of the Committee for the Management for Road Traffic |
| PCM | Pulse Code Modulation |
| PP | Pre-Processor of Vehicle Detector |
| PSK | Phase Shift Keying |
| SCAT | Sydney Highway Administration |
| TOT | Telephone Organization of Thailand |
| TTC | Travel Time Cost |
| TTR | Terminal Transmitter-Receiver |
| UTCS | Urban Traffic Control System |
| VA | Vehicle-Actuated |
| VOC | Vehicle Operating Cost |

CUD SYSTEM

| | |
|--------|--|
| AASHTO | American Association of State Highway and Transportation Officials |
| ANSI | American National Standard Code for Pressure Piping |
| BMA | Bangkok Metropolitan Administration |
| CAB | Cable Box |
| CAT | Communication Authority of Thailand |
| CBD | Central Business District |
| CMD | Cubic Meter per Day |
| CUD | Common Utility Duct System |
| DBS | Department of Drainage and Sewerage, BMA |
| EGAT | Electricity Generating Authority of Thailand |
| ETA | Expressway and Rapid Transit Authority of Thailand |
| KV | Kilovolt |
| MEA | Metropolitan Electricity Authority |
| MTS | Mass Transit System |
| MVA | Megea-Volt Ampere |
| MWA | Metropolitan Water Works Authority |
| NESDB | National Economic and Social Development Board |
| PTT | Ptroleum Authority of Thailand |
| PVC | Polyvinylchloride |
| SRT | State Railway of Thailand |
| TOT | Telephone Organization of Thailand |

JICA