

交通量収集自動化に関する検討

昭和52年6月

建設省土木研究所
道路部道路研究室

目 次

第 1 章	は じ め に	1
第 2 章	本装置の具備すべき機能および前提条件	3
2. 1	業務の効率化	3
2. 2	データ欠測	4
2. 3	精 度	5
2. 4	具備すべき機能	5
2. 5	オンライン集中化の前提条件	5
第 3 章	交通量収集装置の各種方式	6
3. 1	方式の列挙	6
3. 2	通信系の構成	11
3. 3	方式別の比較	13
3. 4	データ欠測の検討	14
第 4 章	通信方式の検討	17
4. 1	データ量と通信速度	17
4. 2	公衆回線と特定回線	19
第 5 章	拡張性の検討	23
5. 1	車種別交通量の計測	23
5. 2	平均速度の計測	25
第 6 章	ハードウェアの基本設計	29
6. 1	適応できるハードウェア	29
6. 2	端末の機能と構成	30
6. 3	センタ装置の機能と構成	33
6. 4	機器実装図	37
6. 5	コストの試算	37
第 7 章	あ と が き	42
	参 考 文 献	45

第 1 章 は じ め に

交通量常時観測調査は、昭和 34 年に着手され、すでに 20 年近い歴史を持つに至っている。

この間、調査方法の細部を決める「調査要綱」は、何回か改訂が行われたが、昭和 42, 3 年ごろには、今日の形に固っていたようである。観測調査に関する各種業務は、すべてこの調査要綱に基づき実施されているわけである。

観測に使用する機器には、車両感知器と交通量収集装置（トラフィックカウンタ、記録器とも呼ばれる）がある。

この中で、車両感知器についても精度等の検討すべき問題点があるが、本報告書で検討を加えるのは、交通量収集装置のみである。

交通量の機械観測が始った昭和 30 年代の前半には、ゴムホース式車両感知器とグラフ式トラフィックカウンタがコンビで使用された。ゴムホース式車両感知器は、設置工事が簡単であるが、ゴムホースが切れ易いという致命的欠陥があったため、今日では、2, 3 日の臨時観測を除き、ループ式や超音波式の車両感知器に席をゆずってしまった。

グラフ式トラフィックカウンタは、交通量 20 台ごとに山の形を 1 つ書かせるものである。機械構造が単純ではあるが、回収した記録紙を読み取り、データを集計するには多大の手間を要する欠点があったため、順次印字式やさん孔式に置き変って行った。

印字式トラフィックカウンタは、当初輸入品が試験的に使用されていたが、昭和 41 年に国産品が出てから、据置型のみならずポータブル型もあったことがあって、広く使用されている。印字式では、グラフ式に比べ、記録紙の読み取りは簡単になったが、データ集計をコンピュータで行わせるには、別途データをカードにせん孔し、コンピュータに入力してやる必要があった。また、印字式トラフィックカウンタは、複雑な計数・印字メカニズムを備えているため、今日では他の同規模の機械に比べ、信頼性が高いとは言えない。

さん孔式トラフィックカウンタは、昭和 42 年から使用されている。さん孔式トラフィックカウンタの紙テープ出力は、そのままコンピュータに入力できたから、紙テープの回収からデータ集計までの業務の手間が大幅に減少した。そのため、今日新設される常時観測用トラフィックカウンタには、ほとんどさん孔式が採用されている。

さん孔式トラフィックカウンタでは、事後のデータ集計業務が簡単になったとは言え、月 1 回の観測地点巡回によるさん孔テープの回収と補正観測業務はまだ残っている。

また、路側の悪環境にメカニカルなさん孔機を置くことは、信頼性の上からも望ましいことではない。

さん孔式トラフィックカウンタが生れたあとも、エレクトロニクス技術は日進月歩で、特にコンピュータ技術、データ通信技術、半導体技術（LSI 技術）の進歩は、著しいものがある。これ等の技術進歩を取り入れ、トラフィックカウンタを新しい視野に立って見直すことは、意義深いことと

考える。

一方、常時観測調査全般についても、その見直しをしようという動きがある。この中で取り上げられている問題には、データの収集方法に関すること、データの活用に関すること、拡張性に関することなどがあるが、そこで取り上げられている現行トラフィックカウンタの改善点は、次の点である。

ア) 精 度

イ) データの欠測

ウ) 手間がかかること。集計完了が遅いこと。

このうち、精度は車両感知器の問題であるが、精度の検定等は、トラフィックカウンタにも関係がある。

トラフィックカウンタの検討に当っては、当然これらの点を踏まえるべきであるが、この他にも、次の点を考慮しなければならない。

ア) コスト（初期建設コスト、運用維持コスト）

イ) 拡 張 性

拡張性には、観測地点の増加、観測項目の増加、データ処理内容の充実が考えられる。このうち、近年必要性が強くいわれ始めた、公害対策のための車種別台数計測や速度計測への拡張は、差し迫った問題であろう。本報告書では、車種別台数計測と速度計測への拡張性について検討を加えるが、基本設計としてまとめる装置は、交通量常時観測の現行わくの中にとどめることとした。

第2章 本装置の具備すべき機能および前提条件

交通量収集装置の検討にあたっては、第1章で述べた現状の問題点である。

ア) 手間と時間

イ) データ欠測

ウ) 精 度

について、さらに分析を行い、新収集装置が具備しなければならない基本的な機能を明らかにしておく必要がある。

2.1 業務の効率化

「手間と時間」を詳しく言えば、データを回収し報告書を作成するまでに、人手を必要とせず、かつ短時間で終了することである。これに、経費が安く済むこと、という条件を加えて「業務の効率化」と考える。

(1) データ回収の手間

トラフィックカウンタの観測結果は、月1回人手で回収されていて大きな作業量になっている。

(2) 補正観測の手間

観測結果の回収時に、人手により補正観測が行なわれ、大きな作業量になっている。

(3) データまとめの手間

回収したデータを、月1回工事事務所単位で時間交通量調査表としてまとめるが、さん孔式以外の場合には集計処理に適した媒体（カード、紙テープ等）へ変換する作業が必要である。

(4) 観測機器の維持

データを回収する際、さん孔式なら紙テープ、印字式なら用紙の交換を行い、必要であれば時計（曜日、時刻）を人手で修正する。

(1)の回収の手間については、人の巡回をやめる代りにオンライン化し、工事事務所等で自動的にデータが収集できるようにすれば良い。このとき(4)の業務は端末では不用になるが、データを収集する工事事務所等で必要になる。このため、1対1でオンライン化するのではなく、データを収集・出力する装置を1つにし、各端末のデータをそれに集中化すれば、それだけ作業量を減らせる。

(2)の補正観測については、本来感知器の精度に依存する事項が多く、収集装置自体だけではあまり有効な改善策は無いようである。

(3)については、さん孔テープ、印字記録紙といった中間媒体を無し、データ観測から報告書作成までのプロセスをすべてオンライン自動化することが考えられる。ただし、このためには月報作成業務の大巾な変更と、電子計算機によるデータ処理システムの導入が必要になる。一歩ゆず

って、中間媒体をすべてさん孔テープに統一することでも、人手による作業はかなり改善されるであろう。このためには、さん孔テープの出力フォーマットを統一することも有効である。

2.2 データ欠測

データ欠測は機器の故障や、人間が誤って機械を操作することで発生する。前者については故障停止時間を短縮することである。後者については誤った操作をしても欠測にならないような機構にするということも考えられるが、原則的には、できるだけ人間の操作を必要としない機械にするのが望ましい。

(1) 故障時間の短縮

第一には、機械の信頼性を向上させ、できるだけ故障の発生を低下させることが必要である。このためには機械をできるだけ全電子化し、高信頼設計の機器とするのが有効である。

次に故障が発生したとき、できるだけ短時間に復旧させることが必要である。このため、端末の機器を常時監視し、短時間で故障発生を検出することが有効である。また、観測されたデータを検定しておき、異常が無いかをチェックしておくことも故障を早期に発見し、復旧させるうえで意味がある。

これらを効率良く行おうとすれば、端末と中央間をオンライン化することが望ましい。

これらの大きな要因以外には、

- ア) 修理しやすい機器に設計する。
- イ) サービス保守体制を整備する。

等も考えられる。

(2) 設操作による欠測の防止

すでに述べたように、できるだけ人間が操作する必要の無い機械にする必要がある。このための具体策としては、

- ア) できれば、紙テープ、印字用紙等の中間媒体を無くする。これができない場合には、できるだけその数を減らす。
- イ) 人手による時計操作はやめ、高精度時計を使用するか、あるいは高精度の親時計で自動修正されるようにする。
- ウ) 無停電用のバッテリーメンテナンスはやっかいであるから、メンテナンスフリーのバッテリーを定期交換させるか、あるいは無停電化をやめる。

ことなどが考えられる。

ア、イの事項についても、オンライン集中化は有効な手段と言える。

2.3 精 度

計測精度の問題は、本来車両感知器の性能により決定される。ただし、交通量収集装置として、その精度維持のためにデータを常に検定し、異常があればこれを早期に人に通知するのは、間接的であるが意味がある。

2.4 具備すべき機能

2.1～2.3の検討をまとめると、オンライン集中化することは唯一の解決策ではないにしても、各々の問題を効果的に解決する手段だと考えられる。

これを機能として具体的に示すと次のとおりである。

- 交通量を観測し、正1時間単位でこれを集計し、さん孔テープへ出力する。
- 集計結果の出力は国道工事事務所、あるいは出張所（またはこれに相当する管理事務所）とする。
- 交通量の観測から集計結果の出力までは自動的に行なわれ、人手を要しない方式とする。
- 通常、保守点検以外には観測地点に設置する機器は人手による操作を必要としないこととする。ここで言う保守点検とは数ヶ月～1年程度の間隔で行うものとする。

2.5 オンライン集中化の前提条件

オンライン集中化する場合の条件として、次のことを仮定する。

- 1観測地点で処理する車両感知器数は最大8（4車線×2方向）とする。
- 観測データは事務所に集中化するものとし、1事務所が管理する観測地点数は最大15とする。
- オンライン化するための通信回線としては、電々公社の特定通信回線（専用線）、公衆通信回線（加入電話線）、あるいは自営の専用回線とする。

第3章 交通量収集装置の各種方式

第2章で検討した機能を満たす具体的機器を列挙し、比較する。

3.1 方式の列挙

図3.1～3.4に、A), B), C), D) 各方式の構成図を示す。

以下、各方式の概要を説明する。

A) 方式

観測地点には車両感知器と、これらのオンオフパルス信号を通信回線へ乗せるための搬送受信装置を設置する。一方、国道工事事務所（以降事務所）へは搬送受信装置と、これからのオンオフパルスを入力して交通量の計数・集計、ならびに紙テープへの出力を行う収集装置を設置する。各観測地点と事務所間には専用回線または電々公社の特定通信回線を敷け、各観測地点から常にデータ（オンオフパルス情報）を送る。

収集装置の集計処理までは車両感知器に対応して1対1で行なわれるが、出力処理はすべての車両感知器に共通な制御部で処理される。

B) 方式

観測地点には車両感知器と、これからのオンオフパルス信号を入力して交通量の計数・集計を行う収集装置を設置する。この収集装置は紙テープさん孔装置を制御する機能を持ち、その制御指令は搬送受信装置により、通信回線を介して事務所へ送れるものとする。事務所には紙テープさん孔装置と簡単なインタ・フェース装置、および通信回線で送られて来る制御指令を復調・再生する搬送受信装置を設ける。

通信回線はA)方式と同じく、専用または特定通信回線を用いる。

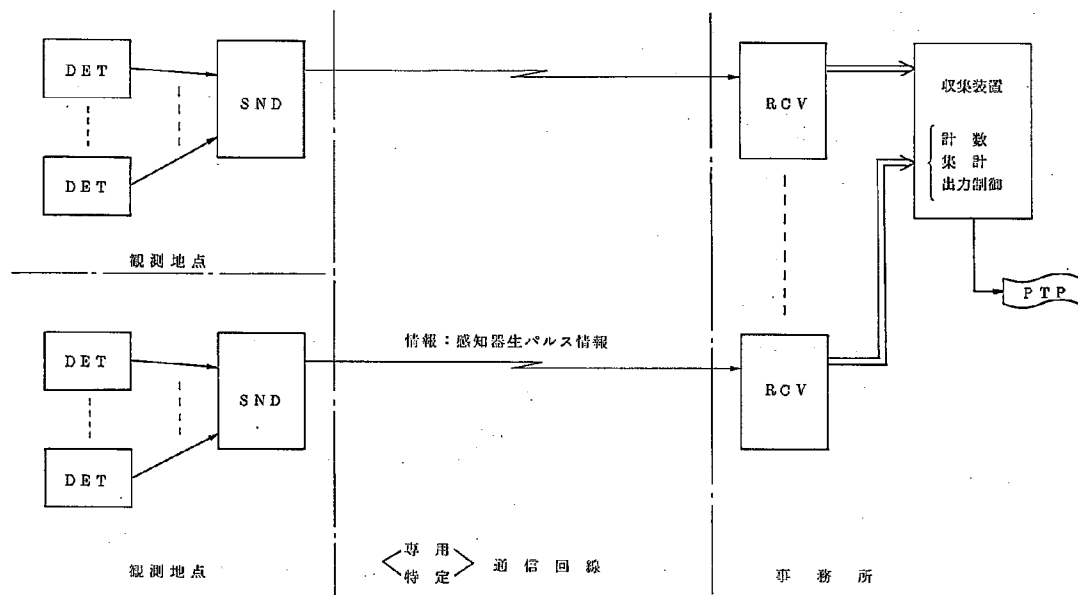
本方式では事務所に、観測地点数と同じだけ紙テープさん孔装置が必要である。

C) 方式

観測地点にはB)と同じく、車両感知器と交通量の計数・集計を行う収集装置を設置する。但し、収集装置には紙テープさん孔装置の制御機能は無く、事務所へ集計結果のデータを送る機能だけを持たせる。一方、事務所へは観測地点との通信を行う搬送装置と、観測地点から送られて来た集計データをもとに、紙テープへデータを出力する制御装置を設置する。

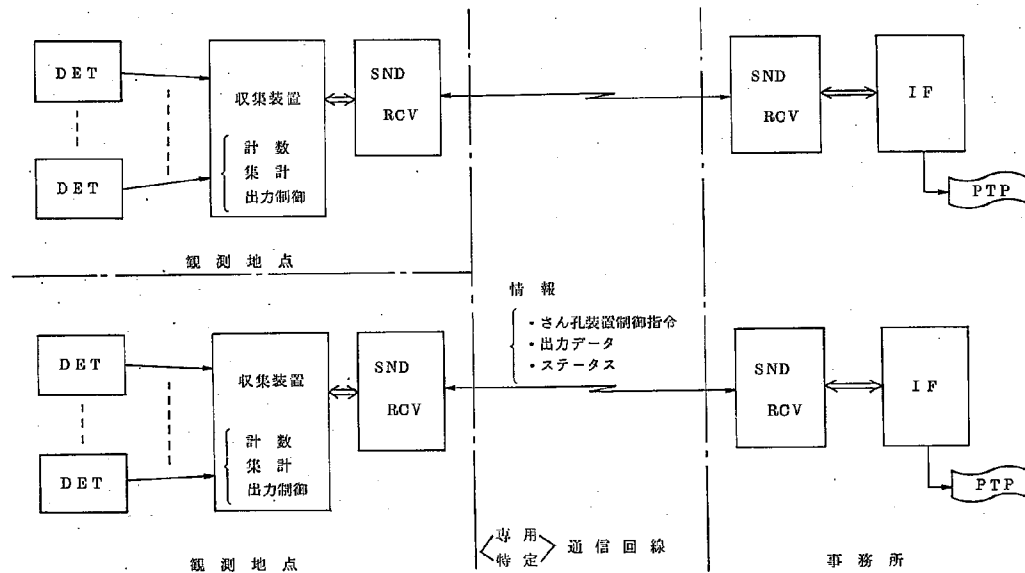
収集装置では、正時ごとに交通量を集計し、結果をメモリへ蓄積しておく。事務所の制御装置では、次の正時までには各収集装置を順次呼び出し、収集装置に蓄積してあるデータを集め、紙テープへ出力する。

本方式では通信回線として、A), B) 方式での専用あるいは特定回線以外に、公衆通信回線（加入電話）も使用できる。



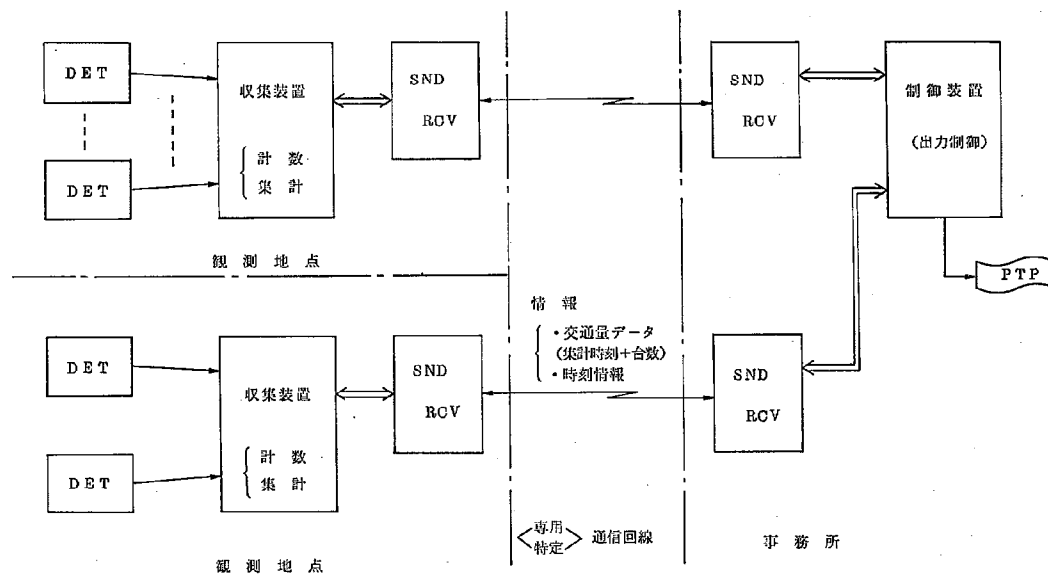
PTP : 紙テープさん孔装置
 RCV : 搬送受信装置
 SND : 搬送送信装置
 DET : 車両感知器

図 3.1 A) 方式・システム構成



PTP : 紙テープさん孔装置
 IF : 出力インターフェース
 SND/RCV : 搬送受信装置
 DET : 車両感知器

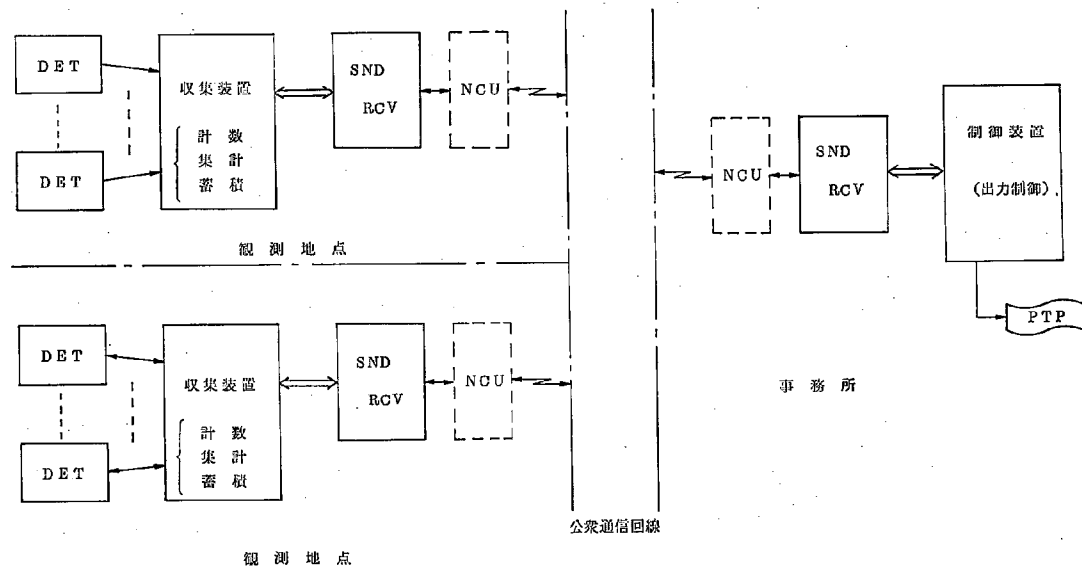
図 3.2 B) 方式・システム構成



* 公衆回線の場合の通信系は図4参照

PTP : 紙テープ穿孔装置
 SND/RCV : 搬送受信装置
 DET : 車両感知器

図 3.3 C) 方式・システム構成



＊ 専用，特定の場合の通信系は図-3参照

PTP : 紙テープ穿孔装置

NCU : 制御装置

SND/RCV : 搬送受信装置

DET : 車両感知器

図 3.4 D) 方式・システム構成

D) 方式

基本的な構成、機能はC)方式と同じであるが、観測地点の収集装置に数十時間分以上のデータ蓄積メモリを付加する。すなわち、観測地点では、正時ごとに集計した交通量データに、いつのデータかを示す時刻情報を付加し、順次メモリへ蓄積する。事務所の制御装置では1日1回（あるいはそれ以上の周期で）各収集装置を呼び出し、その時点までに蓄積されているデータを収集装置から受取る。収集装置のデータ蓄積能力を大きくする主なねらいは、公衆通信回線を使用した際、事務所の制御装置との通信回数を減らすことで、通信費用を大巾に低下させることができることにある。

本方式でもC)方式と同じく、通信回線として専用、特定、公衆のいずれも使用できるが、上に述べた理由で公衆回線の使用にねらいがある。

以上のような各方式の特徴をまとめると、次のとおりである。

すなわち、A)方式は車両感知を除くすべての機能を事務所の収集装置に集約したシステムである。

B)方式はこれと逆に、ほとんどすべての機能を観測地点の収集装置に集約したシステムである。事務所の紙テープさん孔装置は、1箇所の観測地点と1対1の関係にあり、独立な観測器の出力装置だけを空間的に集約化したものと言える。

C), D)方式では、車両の感知、計数、交通量の集計については観測地点の収集装置が、各観測地点のデータを取りまとめて出力する処理については事務所の装置が、それぞれ分担して行うシステムである。

3.2 通信系の構成

方式を決定するうえで、通信系をどう構成するかは重要な要素となる。

通信系の要素としては、情報の多重化方式と伝送制御、および使用する回線がある。すでに述べた各4方式とこれらの要素間にはほとんど自由度は無いが、可能な組合せを含めて、A)~D)方式との関係を整理すると表3.1のとおりである。

A)方式の場合には伝送される情報が、感知器の生パルス信号であるから、FDM, TDMどちらも可能である。しかも、1回線の多重化数（1観測地点の車両感知器数）が多い場合にはFDMはTDMよりコスト上不利である。また、TDMでは伝送系でパリティチェックを付加するのが一般的であるが、これにより伝送系で誤ったデータのある程度は除却できる。このため、方式選択をするうえでは一応TDMとする。

B), C), D)ではTDMが一般的であるが、ここで言うTDMはA)のものは全く異なったものである。すなわち、B)では伝送される情報が、観測地点から事務所方向へは出力データ（コード付されている）と制御信号を多重化したもので、逆に事務所から観測地点へは出力装置の状態信号であり、伝送系は上り下り2方向が必要である。

表 3.1 通信方式との組合せ

○：適， ×：不適

方式	多重化方式		回 線		伝 送 制 御
	*1FDM	*2TDM	専用/特定	公 衆	
A) 方式	○	○	○	×	FDM: なし TDM: サイクリック伝送方式*3
B) 方式	×	○	○	×	端末が主局の、一種の入出力装置制御
C) 方式	×	○	○	○	確認応答による手順制御、主局は中央
D) 方式	×	○	○	○	同 上

*3 サイクリック伝送方式：信号を常時一定時間間隔でサンプリングし、これを時分割多重で伝送する方式

*2 TDM：時分割多重 (Time Division Multiplexing)

*1 FDM：周波数分割多重 (Frequency Division Multiplexing)

C), D) 方式の場合には、伝送されるのがデータあるいは制御のための「メッセージ」であり、一般的には ISO 国際標準コードでコード化された「文字列」を時分割多重伝送するものである。この方式では通信される内容に送り側でチェック符号を付け、受け側でチェックし、誤りがあればデータを再送するから、伝送誤りに対し非常に強くなる。そのかわり、他の方式にくらべ制御は非常に複雑になる。

通信回線は、A), B) いずれの方式でも専用（自営）回線または特定回線（電々公社）で可能である。

C), D) ではこれらの他に、電々公社の公衆通信回線も使用できる。これは特定回線にくらべ回線の使用料を非常に安くできるものである。ただし、専用回線が使用可能であれば、あえて公衆回線や特定回線を用いる必要は無い。

なお、C), D) では特定、公衆どちらでも使用できるが、これの混在はシステム構成（ハード、ソフト）の複雑さや、コスト面から考えると好ましくない。

3.3 方式別の比較

表 3.2 に、各方式の比較を示す。

表 3.2 方式ごとの比較

(◎>○>△>×の順で良い)

項 目	A) 方式	B) 方式	C) 方式	D) 方式
観測地点でのデータ蓄積	なし	1時間分データ	1時間分データ	集信時間分(1日程度)データ
障害の通報	可	困難	可	可
伝送系でのエラー訂正	不可	不可	可	可
公衆回線の使用	不可	不可	可	可
紙テープさん孔装置の台数	1台/1事務所	1台/1観測点	1台/1事務所	1台/1事務所
高精度を要する計	1台/1事務所	1台/1観測点	1台/1事務所	1台/1事務所
日付の管理	事務所の収集装置で自動	出力されたデータを後処理する	事務所の制御装置で自動	同 左
日付修正	事務所の収集装置を人手で操作	観測点の収集装置を人手で操作	事務所の制御装置スタート時に人手操作	同 左
機器障害での欠測	観測点	障害時間中 欠測	同 左	障害時間+最大集信時間分 欠測
	事務所	障害時間中 欠測	同 左	障害時間が集信時間以内なら欠測しない。これを越す分 欠測
機器サイズ	観測点	◎	○	○
	事務所	○	△：観測点対応で出力機器が必要なので不利	○
保守性	○	△：出力機器が多く、その分手間になる	○	○
ハードウェアの信頼性	○	○	○	○
感知器増加の処置(感知器自体の問題は除く)	事務所の収集装置の設定を変更	観測点の収集装置の設定を変更	観測点の収集装置と事務所の制御装置の設定を変更	同 左
観測点増加の影響	伝送装置の追加と上記処置	出力装置、インターフェース伝送装置の追加	制御装置の設定変更と、伝送装置の追加	同左、但し公衆回線なら、伝送装置の追加は不要
概略コスト	◎	△	○	○

以上の比較をまとめると、以下のとおりである。

- A)方式は他の方式より構成が単純である。特に観測地点の装置が非常に簡単で、その分保守性、信頼性、コスト面で優れている。
- D)方式は、観測地点の装置が工事事務所の装置のバックアップになっている。このため事務所の装置が停止してもほとんど欠測は発生しない。
- C), D)方式では、公衆通信回線が使用でき、特定通信回線を使用するのに比較し、通信コストを非常に安くできる。特にD)方式では通信回数が小さく、この効果が大きい。
- B)方式は、1つの観測地点のデータを手入するという範囲では最も単純であるが、幾つもの観測地点のデータを集中化した場合には機器の量が最も大きく、コスト、信頼性、保守性等で欠点が目立つ。

3.4 データ欠測の検討

観測地点で一旦データを蓄積し、その後事務所でこれを集約するシステムと、観測地点では一切データを蓄積しないシステムとでは、データの欠測のあらわれかたに違いがある。すなわち、

- ① 観測地点の装置（以下端末）で障害が発生したとき、修理が完了するまではどちらのシステムでもデータ欠測する。しかし、端末でデータを蓄積しないシステムでは、常に事務所の装置（以下中央）と端末間で通信しているから、端末の障害発見時間が短くなることがあり、その時間差分だけ有利である。
- ② 伝送回線を含む通信系に障害が限定されるような場合には、端末でデータを蓄積するシステムでは修理完了までデータを保持し、その後中央でデータを収集することで欠測しないことがあり、有利である。
- ③ ごく短時間の停電のように、端末が短時間停止し、すぐに自動的に復旧するような障害でもデータ蓄積するシステムではそれまで蓄積してあったデータが欠測する。

一方、データ蓄積しないシステムでは、その障害中のデータは実質的な欠測とはならず、有利である。

- ④ センターが障害の場合、データ蓄積しないシステムでは修理完了まですべての端末のデータが欠測する。データ蓄積するシステムでは修理完了するまで、端末でデータを保持できれば欠測にならず、有利である。

と言える。

A)方式は端末で一切データ蓄積しないシステムであり、D)方式はデータ蓄積するシステムである。特にD)方式で蓄積する時間を数十時間以上に設定してあれば、上記②、④の修理完了までデータ保持することが現実で可能で、通信系と中央での障害に対して欠測しないシステムとなる。

B), C)方式は、1時間分のデータまでは端末で蓄積してあり、A), D)の中間的なシステムである。

データの欠測率を、全観測時間に対するデータが欠測となった時間比、とすれば欠測率 δ は

$$\delta = \frac{[\text{MDT}]}{[\text{MTBF}] + [\text{MDT}]}$$

MTBF : 平均故障時間間隔 (Mean Time Between Failures)

MDT : 平均故障時間 (Mean Down Time)

である。

ごく単純化したモデルで定量的な分析を行う。

仮定]

	A) 方式	B) 方式	C), D) 方式
中央MTBF	5×10^3	1×10^4	5×10^3
端末MTBF	5×10^4	1×10^4	1×10^4

* 端末1ヶ所分に対する中央装置分

管理員勤務 A.M. 9:00 ~ P.M. 5:00

修理時間 ○ A.M. 9:00の時点で発見されたものは、当日P.M. 5:00まで

○ 上記以外…翌日 P.M. 5:00まで

D)方式のデータ収集 1日1回

(1) 端末障害での欠測

端末で障害が発生した場合の欠測の期待値 E_T は

$$\text{A) 方式: } E_{T1} = \frac{1}{24} \cdot \sum_{t=9}^{22} t = 20.5 \text{ [時間]}$$

$$\text{B) 方式: } E_{T2} = \frac{1}{24} \cdot \sum_{t=10}^{23} t = 21.5 \text{ [時間]}$$

$$\text{D) 方式: } E_{T3}^* = 24 + 8 = 32 \text{ [時間]}$$

である。センタの停止時間を無視した場合には、年間での欠測時間は、

$$T_T \approx \frac{E_T}{[\text{MTBF}]_T + E_T} \times 24 \text{ [時間]} \times 365 \text{ [日]}$$

[MTBF]_T: 端末のMTBF

であるから、各方式の年間欠測時間は次のとおりである。

A 方式 3.59 [時間/1端末・年]

B,C 方式 18.9 [時間/1端末・年]

D 方式 27.9 [時間/1端末・年]

*1 1日1回集信するなら、障害発生時刻に無関係に1日分のデータと、修理時間の8時間分、データ欠測になる。

(2) センター障害での欠測

センター障害が発生した場合の欠測の期待値を E_C とする。A方式では端末の障害と同じである。D方式では、通信周期と同じ24時間分の蓄積メモリしか持たない場合でも、修理時間の8時間分だけの欠測になる。B、C方式では端末に1時間分の蓄積機能があるから、

$$E_C = \frac{1}{24} \cdot \sum_{t=9}^{32} t = 20.5 \text{ [時間]}$$

になる。

端末の障害時間を無視するとすれば、年間欠測時間は

$$T_2 = \frac{E_C}{[MTBF]_C + E_C} \times 24 \text{ [時間]} \times 365 \text{ [日]}$$

[MTBF]_C: センターのMTBF

であるから、

A, C 方式	.....	35.8 [時間/年]
B 方式	.....	17.9 [時間/年]
D 方式	.....	14.0 [時間/年]

になる。

モデルを単純化し、 T_1 と T_2 を加えて、欠測を求めると、

A 方式	.....	0.45 %
B 方式	.....	0.42 %
C 方式	.....	0.62 %
D 方式	.....	0.45 %

以上是最も単純な場合であるが、D方式の場合端末で24時間分以外に8時間分のメモリを余裕に持たせるとすればD方式の T_2 は0になる。また、紙テープさん孔装置を人間が操作する際のミスで欠測するデータや、実時間時計の誤差のため観測データが無意味となる分についての分析はしていない。

(3) 停電による欠測

端末での停電回数や継続時間を予想するのは困難である。ここでは瞬間停電の影響についてのみ検討する。

A方式では、停電中のみ欠測になるが、瞬間停電の場合は実質的に欠測は0と見做しても良いであろう。B、C方式は1時間分のデータを蓄積しており、正時から停電発生までのデータは実質上1時間分のデータ欠測と考えられる。D方式では24時間のデータ蓄積をする場合、1回の停電で期待値として

$$E = \frac{1}{24} \cdot \sum_{t=1}^{24} t = 12.5 \text{ [時間]}$$

の欠測が発生する。

第4章 通信方式の検討

第3章に示したA), B), C), D) 4つの方式を、通信の面で整理すると、表4.1のようになる。

表 4.1 通 信 系 の ま と め

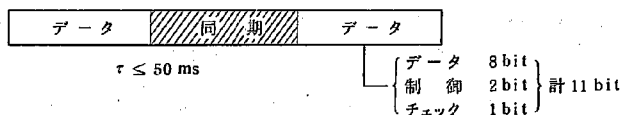
項 目		A) 方 式	B) 方 式	C) 方 式	D) 方 式
通 信 デ ー タ	観 測 点 → 事 務 所	車両感知器出力の オンオフ生パルス	さん孔テープへの 出力符号と、制御 指令	1 時間単位の交通 量(台数)と、通信 制御のための各種 情報	同左、および観測 時刻識別用の情報
	事 務 所 → 観 測 点	—————	さん孔装置の状態 情報	通信制御のための 各種情報	同左、および時計 校正用の時刻情報
通 信 時 間		常 時	1 回(数秒) ————— 1 時間・1 観測点		1 回(数十秒) ————— 1 日・1 観測点
通 信 の 主 導 権		—————	観 測 点	事 務 所	
伝送中のエラー		エラーがあればデータを棄てるが、訂 正は不可		エラーがあればデータを棄て、再度デ ータを送りなおす	
適 用 回 線		特定通信回線 (あるいは自営専用線)		公衆通信回線、あるいは特定通信 回線	
伝 送 方 式		時分割多重 (あるいは周波 数分割多重)	時 分 割 多 重		

4.1 データ量と通信速度

A)方式では、通信されるデータは車両感知器の生パルス信号である。この信号を50ms周期でサンプリング処理するとすれば、伝送回線はこれ以上の速度で伝送する能力を持つ必要がある。

1観測点の最大車両感知器数を8とすれば、時分割多重伝送する場合、

$$B \geq \frac{11 \times 2}{50 \times 10^{-3}} = 440 [\text{bit/sec}]$$



以上の通信速度が必要である。この速度はごく一般に使用される電々公社のD-1規格特定通信回線を使用すれば問題なく実現できる。

B), C), D) 方式では、一旦加工されたデータおよび制御用の各種情報であり、A)方式のように

通信速度を規定する要素は無い。特に、特定通信回線あるいは自営専用線を使用する場合には、通信時間と通信コストは無関係であるから、通信機器コスト、汎用性、一般性だけを考慮して通信速度を決定すれば良い。

しかし、C)、D)方式で、公衆通信回線を使用する場合には、極端に通信速度が遅いと通信コストが高くなるから、適当な値以上の通信速度にしておく必要がある。

D)方式で、観測地点で24時間分データを蓄積するとした場合で検討する。

1車線の最大容量を1,800台/1時間とし、車線数(=感知器数)を n とすれば、最低

$$11 \cdot n \text{ [bit/1時間]}$$

のデータ量となる。これに観測時刻の情報等を加え、データ処理のしやすさから1 byte (=8 bit)を単位とすれば、

$$2 + 2 \cdot n \text{ [byte/1時間]}$$

さらに、観測精度の検定・校正のため4 byte (/1感知器)の余裕をとるとすれば、

$$2 + 6 \cdot n \text{ [byte/1時間]}$$

となる。これを最大8感知器実装し、24時間分をまとめて送るとすれば、1,200 byte (=9,600 bit)になる。

通信時間 t [sec] は、通信速度を B [bit/sec]、伝送効率を μ とすれば、

$$t = \frac{M}{B \cdot \mu}$$

である。但し、 M は1回の通信で伝送される総データ量(単位 bit) である。

実際の通信にあたっては、データを符号化し冗長を与えたり、1電文を適当な長さに区切って、エラーがあったときその1電文だけを再送するようにしたりする関係から、伝送効率 μ は1より小さくなる。通信回線の誤り率が高(回線の品質が悪い)ければ μ は小さくなり、誤り率が低ければ μ は使用する符号体系で決まる一定値 (< 1) に近づく。使用する回線の誤り率が $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度の場合で $0.4 \sim 0.7$ 程度になる。

一方、公衆通信回線では、通話する2地点(厳密にはそれを収容する電話局)間の距離によって、単位料金で通話できる時間が決まっている。常時観測の観測地点と工事事務所の間はせいぜい数十Km、多くは20Km以内にある。20Kmでの上記通話時間は80秒であるが、この時間内に通信を完了することを条件にした場合、 μ は最悪の0.4として

$$B \geq \frac{M}{t \cdot \mu} = \frac{9,600}{80 \times 0.4} = 300 \text{ [bit/sec]}$$

となる。

この値はあくまで一応の目安であり、 B が多少異なっても通信コストはほとんど変化しない場合もある。たとえば、ほとんどの場合1観測点での車両感知器数は4以下であろうから、その

場合にはBが160 bit/sec あれば通信コストは300 bit/sec の場合と同じである。

この検討結果から、公衆通信回線を使用するにしても、伝送方式としては、一般的な周波数変調の符号伝送で良いことがわかる。機器コストが高くなる、位相変調等の高速伝送を導入してもこれ以上通信コストの低減はできない。

4.2 公衆回線と特定回線

データ通信に使用できる伝送回線としては、電々社の公衆通信回線と特定通信回線が一般的である。もちろん専用線も使用できるが、ごく短距離の場合や、既に通信回線用としてケーブルが架設されている場合を除き、建設コスト、保守性から、一般には適用できない。

公衆、特定2つの回線の比較を表4.2に示す。

表 4.2 一般的な回線の比較

項 目	特 定 通 信 回 線	公 衆 通 信 回 線
回 線 の 接 続	常に接続されている。	必要なときのみ接続する
通 信 の 即 時 性	良 い	ダイヤル呼出し時間が必要
シ ス テ ム 構 成	1:n*1のシステムでも、センターにn個の通信機が必要。但し、構成は単純	どんなシステムでも、基本的には1ヶ所に1個の通信機で良い。但し、細制御の複雑さがある。
通 信 コ ス ト	高 い	データを適当に蓄積してから送れば安くなる
一 般 的 な 適 用 規 準	データに即時性が要求されるか、あるいはデータ量が多いとき使用	左の条件以外で、運用コストを安くしようとするとき使用

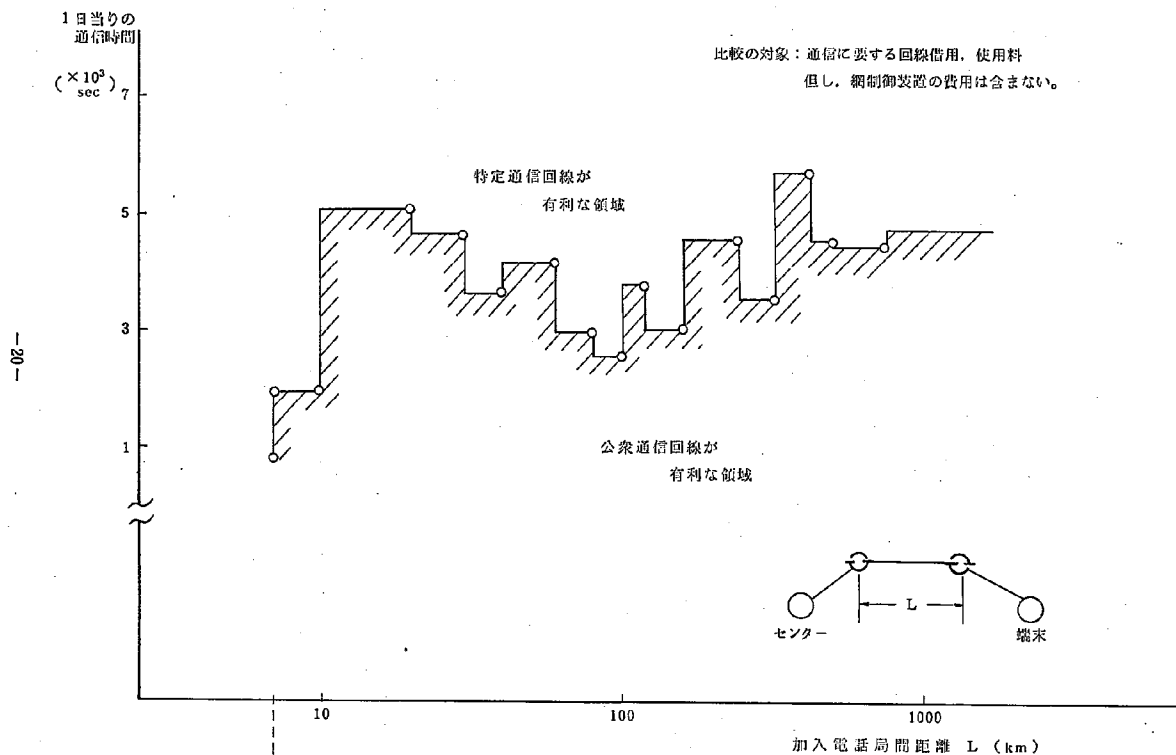
*1 1ヶ所のセンターに対し、nヶ所の端末が接続されるもの

公衆通信回線を使用すると、通信の即時性が劣るほかに、通信すべきデータが非常に多い場合に、通信コスト面でも特定通信回線より悪くなる。しかし、この欠点は常時観測の通信系として見ると、

- 当面要求されるデータは1時間単位の交通量だけで、データ量として少ない。また拡張性を考慮しても、さほど増加しない。
- 観測結果の出力に即時性は要求されない。極端には、観測から1ヶ月後にデータを回収しても良い。

の理由で、欠点とはならない。

通信コストの比較は一般論としては図4.1のようになる。すなわち、公衆通信回線を使用する際、データを蓄積して1日1回まとめて通信するとすれば、1日の通信時間4,000 sec~6,000 sec



同一区域内

図 4.1 局間距離と通信時間に対する回線比較

に兩回線のコスト分岐点があり、それ以下の通信時間なら公衆通信回線が有利である。

4.1節の検討結果では、通信回線を300 bit/sec に選び、8車線分のデータをまとめて送ったとしても、1日約80 sec程度でしかなく、問題無く公衆通信回線が有利である。

1つのモデルを設定し、通信コストを試算してみる。図4.2に示すようなセンタ（事務所）と端末（観測地点）を仮定する。各端末とセンタ間の距離ならびに各端末の車両感知器も図のように定める。

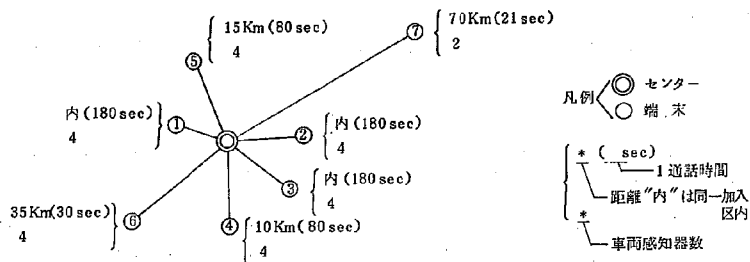


図 4.2 モデル・システムの回線構成

ここで伝送効率を0.4、通信速度200 bit/secとして通信時間を求める。データ蓄積時間1時間（C方式）と24時間（D方式）では次表のとおりである。

車両感知器数	1 回 の 通 信 時 間	
	蓄 積 1 時 間	蓄 積 24 時 間
2	1.4 sec	33.6 sec
4	2.6 sec	62.4 sec

蓄積時間が1時間の場合には、どの地点の通話も1通話時間（10円で通話できる時間、図4.2参照）以下で通信できる。蓄積時間が24時間の場合には、⑥の地点が3通話、⑦の地点が2通話時間になる。

各センタ、端末の回線を収容する電話局を4級度数局^{*1}とすれば、年間での総通信費用は次のとおりである。

○ 蓄積時間1時間（C方式）

$$10 \text{ [円]} \times 24 \text{ [回/日]} \times 365 \text{ [日]} \times 7 \text{ [端末]} + 2,300 \text{ [円/日]} \times 8 \text{ [ヶ所]} \times 12 \text{ [ヶ月]} \\ = 834,000 \text{ [円/年]}$$

*1 度数局：1級から5級まであり、級により月額の固定料金が違う。

○ 蓄積時間 24 時間 (D 方式)

$$10 \text{ [円]} \times 365 \text{ [日]} \times (5 + 3 + 2) \text{ [通話]} + 2,300 \text{ [円/月]} \times 8 \text{ [ヶ所]} \times 12 \text{ [ヶ月]} \\ = 257,300 \text{ [円/年]}$$

一方、特定通信回線では、各回線の距離で料金が決まる。センターと①～③の端末の回線が同一の電話局に収容されるとすれば、各回線の料金は 6,000 [円/月] である。④～⑦の端末との回線料金はそれぞれの距離で決まり、④で 12,000 [円/月]、⑤で 24,000 [円/月]、⑥で 65,000 [円/月]、⑦で 120,000 [円/月] である。これより、総通信費用は

$$(6,000 \text{ [円/月]} \times 3 + 12,000 \text{ [円/月]} + 24,000 \text{ [円/月]} + 65,000 \text{ [円/月]} + 120,000 \text{ [円/月]}) \times 12 \text{ [ヶ月]} \\ = 2,868,000 \text{ [円/年]}$$

である。

公衆通信回線で、センターの網制御装置^{*2}を電々公社直営とすれば、この借用料は年間 60,000 [円] である。

これらをまとめると、次のとおりである。

特定通信回線		2,868,000 [円/年]
公衆通信回線	{ C 方式	894,000 [円/年]
	{ D 方式	317,300 [円/年]

*2 網制御装置：ダイヤル発信、着信を制御する装置

第5章 拡張性の検討

現在、機械観測で収集している項目は車両の通過台数だけである。ところで、道路の利用状況をより適確に把握するため、単なる台数以外に幾つかの交通情報を観測・収集することも考えられる。この場合、常時観測の業務範囲内で可能性の強いものとして、車種別交通量の計測と平均速度の計測が考えられる。ここでは、交通量収集装置へこれら別種の交通情報を組み込む拡張性について検討する。

5.1 車種別交通量の計測

車種別交通量とは、観測地点を通過する車両を一定の分類で区別し、各種別ごとの交通量を集計するものである。この分類方法には、たとえば大型、小型という区別だけのものや、バス、トラック、小型乗用車、軽自動車、單車といった区分のものが考えられる。

常時観測（機械観測）で車種別交通量を計測するなら、どのような分類方法を採用すべきか、また、そのためのセンサはどうあるべきかは本研究の対象外である。ここでは、検討のための仮定として、通過車両を大型（6 m以上）、小型（6 m以下）の2分類で選別するものを取り上げる。

車種別交通量のセンサは、車両通過のたびに「大型」、「小型」いずれかの判定結果を出力するものとする。これは、交通量収集装置から見ると、一車線当りの情報量が2倍になる。

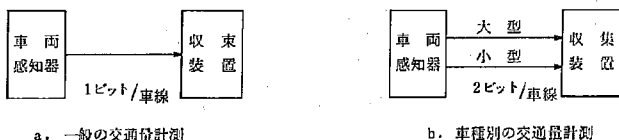


図 5.1 台数計測と車種別計測の違い

情報量が2倍になることによる各方式での影響は、次のとおりである。

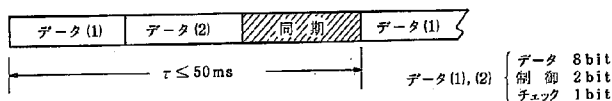
- A方式：観測地点の搬送送信装置の対車両感知器インタフェース回路が2倍必要。観測地点と事務所間の通信系の伝送容量が2倍必要。事務所の計数・集計処理が2倍必要。
- B,C方式：観測地点の収集装置の対車両感知器インタフェース回路、ならびに計数・集計処理が2倍必要。
- D方式：B,C方式で影響する項目以外に、収集装置の集計データを蓄積する機能が2倍必要。

一観測地点で処理する車線数を最大8（4車線×2方向）とすれば、情報量は16ビットである。

いずれの方式でも対車両感知器インタフェース回路、計数・集計処理の機能を16ビットに拡張する必要があるが、これらは単に量的な問題であり、技術上の困難さは無い。すなわち、機器設計段階で、16ビットの情報を処理することへの拡張性を考慮しておけば良い。

A方式ではこのほかに、観測地点と事務所間の通信系に16ビットの処理能力が要求される。4.1で8ビットの場合の通信系について検討してあるが、16ビットにするためには通信速度は次のとおりである。

$$B \geq \frac{11 \times 3}{50 \times 10^{-3}} = 660 \text{ [bit/sec]}$$



これを標準的に使用されるハードウェアで実現するとすれば、変調速度1,200ボーの変復調器が必要である。この速度でのデータ伝送は不可能ではないが、D-1規格の特定通信回線を使用する場合には、誤りが多く発生することもあり、一般には複雑な誤りチェックの機能をもたせる必要がある。また、伝送の制御も8ビット伝送のものと異なり、複雑になる。

以上のことから、A方式では8車線までの車両感知器を処理することという条件を満たすためには、通信系が複雑・高価になり、適応性は良くない。

D方式では観測地点の収集装置でデータを蓄積するためのメモリが2倍必要になる。16ビットの処理を行うためには、集計データの蓄積時間を24時間として、

$$16 \times 16 \times 24 = 6,144 \text{ [bit]}$$

：1データを1時間集計し、蓄積するのに16ビット使用する。

のメモリが必要である。このうち半分は、車種別交通量の計測を行なわない、単なる台数計測でも必要であるから、拡張性によるメモリ増分は3,072ビットである。LSIメモリを使用する場合には、必ずしも増分に相当するハードウェアが増えるわけではないが、そのまま増加するとしても収集装置の機器コストに対し数多の値でしかない。

これらをまとめて表5.1に示す。

なお、いずれの方式でも、さん孔テープへ出力されるデータとしては、処理する車線数が増えたのと同じ扱いになる。

表 5.1 車種別交通量処理の追加方法と適応性

方式	拡張による影響			適応性
	観測地点	事務所	通信系	
A	車両感知器とのインタフェース回路を増加	台数の計数・集計機能を増加	伝送制御、伝送速度の変更により全通信装置を変更	悪い
B, C	- 車両感知器とのインタフェース回路を増加 - 計数・集計機能を増加	—	—	良い
D	- 車両感知器とのインタフェース回路を増加 - 計数・集計・蓄積機能を増加	—	—	良い

5.2 平均速度の計測

平均速度は、交通流の状況を把握するうえで重要な情報の1つである。一般には個々の車両の速度を計測し、この平均値求めた時間平均速度を意味するが、概略の値を知るためには、占有時間^{*1}と平均車長（定数）とから求めた値が用いられることもある。前者では、レーダスピードメータや、2つの車両感知器間を車が通過した時間から個別車両の速度を計測する必要があり、複雑な処理を要するが精度は良い。後者では、1つの車両感知器だけで済み、処理は簡単であるが、感知器領域の変動や平均車長の誤差のため、精度は前者のものより劣る。

ここでは速度計測用センサの適・不適は議論しない。センサと収集装置間のインタフェース信号を仮定し、各方式での適応性についてのみ検討する。

(1) レーダスピードメータによる方法

車の速度を個別に計測し、この平均値を求める方法である。この場合の収集装置とセンサとのインタフェースは、個別車両の計測速度信号になる。

計測結果は1Km/Hを最小単位とし、最高速度の上限を100Km/Hとすれば、情報量として7ビット必要である。これと、車両の存在信号1ビットを合計すると、1車線当り8ビット必要である。

レーダスピードメータから信号を受取った後、収集装置では7ビットの速度信号データの加算処理と、一定時間（たとえば1時間）ごとに加算結果をその時間内の車両台数で割り算する

*1 占有時間：車両感知器が、車両の存在を検知していた時間の累積

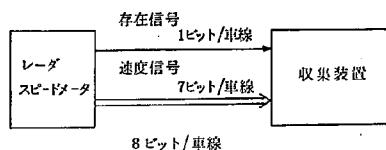


図 5.2 レーダスピードメータとのインタフェース信号

処理が必要である。これらの処理は、A方式では事務所の装置で、B、C、D方式では観測地点の装置で行う。いずれの方式でも、これらの処理は5.1の車両別交通量計測への拡張とは異なり、収集装置の基本機能には無いものであるから、収集装置の機器に大幅な変更が必要になる。ただし、一定時間ごとの割り算処理は、加算結果とその時間内の通過台数があれば、オフラインの後処理でも求められるから、さん孔テープへの出力は上記加算結果と台数だけにするとも考えられる。このようにすると機器の変更、追加はかなり簡単になる。

しかし、A方式の場合には1車線当り8ビットの信号を観測地点から事務所へ伝達す必要がある。このため5.1の検討よりもさらに4倍のデータ伝送能力が通信系に要求され、1本の通信回線で伝送するために複雑・高価な通信装置を用いるか、あるいは通信回線を増やすかする必要がある。このためA方式では適応性が悪いと言える。

(2) 2つの車両感知器による方法

これも(1)と同じく個別の車両速度を計測する方法であるが、インタフェースとしては2つのものが考えられる。

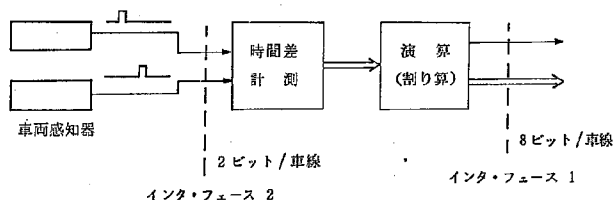


図 5.3 2つの車両感知器による速度計測センサとのインタフェース

図 5.3 のインタフェース 1 では、(1)のレーダスピードメータによる方法と同じく、存在信号 1 ビット、速度信号 7 ビット、計 8 ビットであり、収集装置から見るとレーダスピードメータと全く変わらない。インタフェース 2 では、2つの車両感知器のそれぞれから得られる生パルスをインタフェース信号とし、時間計測以降の処理を収集装置側で行う。この場合には、センサと収集装置とのインタフェース信号数はインタフェース 1 の 1/4 で済むが、収集装置の演算処

理が複雑になる。

いずれのインタフェースで処理するにしても、収集装置の機器には大幅な機能追加、変更が必要である。またA方式では通信系の伝送容量を大きくする必要があり、方式上適応性が悪い。

(3) 占有時間から求める方法

この方法は統計的な誤差をはじめから認め、平均速度の概略値を求めるものである。具体的には次式で計算する。

$$\bar{v} = \frac{V \cdot (L + \ell)}{Q}$$

$\bar{v}$: 平均速度

V : 交通量

Q : 占有時間

L : 平均車長(定数)

ℓ : 車両感知器の感知領域長(定数)

これを求めるためには、交通量と占有時間の計測が必要である。交通量の計測は本収集装置の基本的な機能であるから、新たに追加する機能は占有時間の計測である。

占有時間は、車両感知器の出力信号が「車両存在」であった時間を累積すれば得られるから、センサと収集装置との間のインタフェースにはなんら追加、変更がいらぬ。収集装置に「車両存在」の時間を累計するカウンタ機能を追加するだけで良い。

以上平均速度を計測するための3つの方法について検討した。A方式は、伝送する情報量が増える個別車両の速度計測に適応性が悪い。B, C, D方式ではこのような問題が無い。占有時間から平均速度を求める方法は、速度の算出を行わずに占有時間と交通量だけを出力し、算出を後処理にゆだねるとすれば、A, B, C, D いずれの方式にとっても、小規模の機能追加だけで良い。

しかし、いずれの方式・方法の組み合わせであっても、収集装置に計測・演算といった機能を追加しなければならない。このため、平均速度計測への拡張性を考えるなら、処理機能の追加・変更が容易なハードウェアで設計されていることが必要である。

B, C, D各方式で平均速度の計測を行う場合、収集装置に具体的にどのような追加・変更が必要かは、収集装置をどのようなハードウェアで構成するかの基本設計による。このような基本機能に影響するような拡張性を考慮するなら、専用ハードウェアよりマイクロ・コンピュータでハードウェアを構成しておくのが好ましい。

B, C, D方式の収集装置をマイクロ・コンピュータ化すると仮定すると、平均速度計測をするための追加項目はおおよそ次のとおりである。

- プログラム : 速度計測用プログラム、同集計処理用プログラムの追加
- ハードウェア : センサ・信号インタフェース回路の追加(基本8回路)

レーダ・スピードメータ	}	72 回路 (8 車線)
2 車両		
感知器	{	
	インタ・フェース 1	
	インタ・フェース 2	 8 回路 (8 車線)
プログラム用メモリの追加	.....	1,000~2,000 バイト
データ用メモリの追加		
B, C 方式	.....	数十バイト
D 方式	.....	400~500 バイト

ハードウェアとしては、以上の内容のものが追加できるよう収集装置を設計しておけば良い。しかし、メンタ・フェース回路を72回路追加できるようにしておくのは、収集装置の基本機能部(交通量の計測だけ)のハードウェア・コストへの影響が大きくなると思われる。このため、収集装置とセンサ間に別途変換装置を設けるようにし、収集装置に拡張性のための影響が大きくならないようにすることも考えられる。

なお、プログラム用メモリーは半固定と考えられるため、追加が必要なメモリ部品以外に、変更を要するものが発生することもある。

第6章 ハードウェアの基本設計

第3章から第5章までで各方式の比較検討を行った。この結果をまとめると次のとおりである。

- 基本的な機能を満すものとしては、A)方式が機器コスト上有利である。
- C), D)方式は、公衆回線を利用できることで、A), B)方式より通信コスト上有利である。特にD)方式でそれが著しい。
- データ欠測については、大きな差は無いと考えられる。
- 手間の問題は、A), C), D)方式では差が無い。B)方式は出力装置が多く、かつ端末の時計修正で、手間がかかる。
- 拡張性については、生データをセンタへ送るA)方式の適応性が悪い。B), C), D)方式では多少ハードウェアコストが増加する程度で、一応適応性は良い。
- C), D)方式では端末と中央間での通信の誤りを極めて小さくすることができる。

以上の内容からは、1つの方式が絶対他より有利であるとの結論付けはし難い。しかし、機器コストとシステム構成の単純からA)方式を、通信コストの面からD)方式が比較的有利と考える。C)方式はD)方式の蓄積機能を除外したものと見なすことができるが、端末の収集装置にかなりのデータ処理能力(特に通信機能)が必要であり、蓄積メモリーのコスト分も実質上ほとんど差の無いハードウェアとなる可能性がある。B)方式は、他に比較し欠点はあるが優れているという面が見い出せない。

以降、本章ではA), D)方式にしぼり、構成、動作の基本設計を行うこととする。

6.1 適応できるハードウェア

A), D)各方式の計数・集計・出力処理を行う装置にどのようなハードウェアを適用できるかについて検討する。

考えられる手段として、次のものがある。

- ① 専用ハードウェア
- ② 汎用ミニコンピュータとプログラムの組合せ
- ③ マイクロコンピュータと半固定プログラムの組合せ

大別して①の専用ハードウェアと、②、③のコンピュータ+プログラムとを比較すると、②、③の長所として、

- a. 処理機能が高く、複雑な処理を行なわせるにはハードウェアだけで作るより比較的容易である。
- b. ほとんどの機能をプログラム化できるから、機能変更もプログラムだけで済むことが多い。これから、比較的可変しやすいということと、標準化されたハードウェアで多くのものに対応できるということが言える。

c. 機能のほとんどがメモリー内のプログラムにあるから、LSIメモリーの使用で機器の小型化が可能である（特にマイクロコンピュータの場合）。

一方、②、③の短所として、

a. 簡単な機能のためにでも、基本的に必要となるハードウェアは減らせないため、ごく単純な装置でも機器は小さくならず、コスト高となる。

b. 障害箇所の発見、修理が容易でない。

c. 処理速度が遅く、高速の信号処理には別途ハードウェアが必要となる。

A, D)方式に上記①～③を適用し、比較すると表6.1のようになる。なお参考のため、B), C)方式についてもかかげる。

表 6.1 各方式別の実現手段と比較

方 式	装 置	実 現 手 段		
		①専用ハード	②汎用ミニコン	③マイクロコン
A) 方式	事務所収集装置	○	△	○
B) 方式	観測地点収集装置	○	×	△
C), D)方式	観測地点収集装置	△	×	◎
	事務所制御装置	△	○	◎

×：不可能，◎，○，△：可能で◎が最も有利で△が不利を示す。

但し、機能の変更や拡張性については無視してある。

比較は大まかなものであり、システム規模によっては評価順位が入れかわる可能性もある。

A)方式では専用ハードとマイクロコンは同等としてあるが、処理する感知器数がせいぜい十個程度であれば、専用ハードがコスト上で有利と思われるが、数十個になるとマイクロコンのプログラム処理の方がコスト的にも有利と考えられる。

拡張性、変更性を考慮するなら、先に述べたプログラム処理の有利性が出てくるため、専用ハードの評価は不利となる。第2章で述べた基本的機能以外に、第5章に示す拡張性をもとと組み込むかどうかについては別途議論を要するところなので、ここではこれ以上検討しない。

ここではA)方式には小規模システムを想定したときのコストメリットから専用ハードウェアの収集装置を、D)方式では通信の複雑さから、観測地点の収集装置はマイクロコンとし、事務所の制御装置には同じく通信の複雑さとコスト面から、マイクロコンを選択する。

6.2 端末の機能と構成

観測地点に設置する端末装置には、以下のような機能が必要である。

A) 方式：① 車両感知器

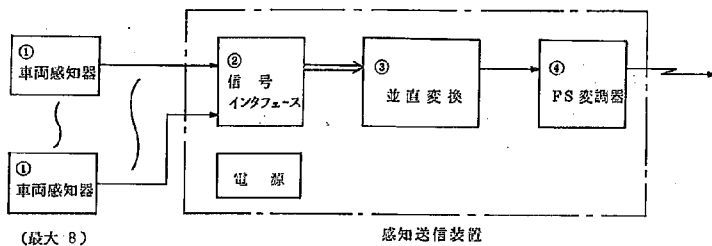


図 6.1 A) 方式端末ブロック図

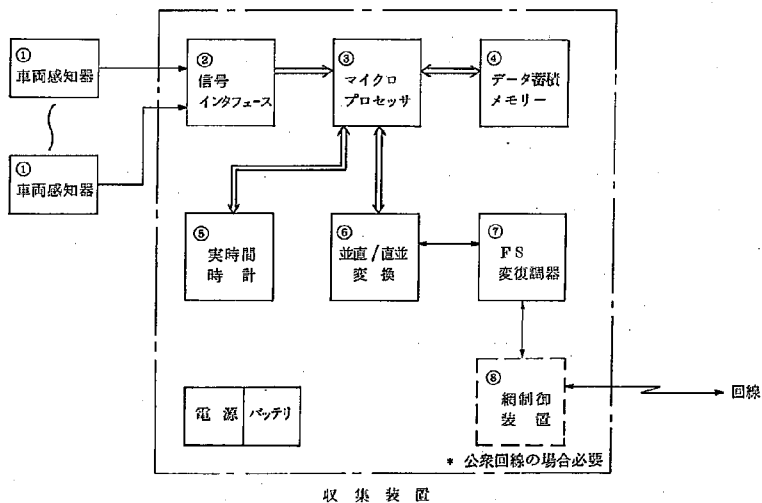
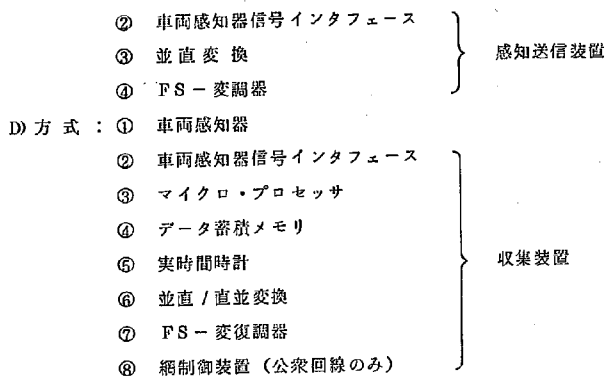


図 6.2 D) 方式端末ブロック図



A)方式では、FDM (周波数分割多重)での通信も可能であるが、車両感知器が多いとTDM (時分割多重)よりコスト上不利であるから、ここではTDMとしてある。図6.1、6.2に各端末のブロック図を示す。

A)方式端末の動作：

- 車両の通過に対応して、車両感知器はオン、オフパルスを出力する。
- 信号インタフェースで、オン、オフパルスを電圧信号に変換する。
- 並直変換部では、常時一定周期ですべて(8回路)の信号インタフェース出力をサンプリングする。
- サンプリングした信号(8 bit)に、スタート、ストップ、パリティチェックの各ビットを付け、1ビットずつ直列に送り出す。
- 並直変換部の出力に対応して、FS変調器の送出するキャリア周波数を切換える。

通信速度については4.1で検討したとおりである。データを伝送するための符号構成を図6.3に示す。

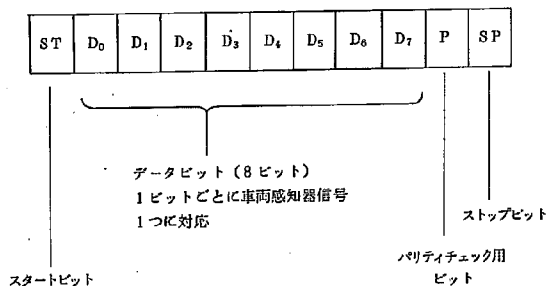


図 6.3 伝送符号の構成案

D)方式の動作：

- 車両の通過に対応して、車両感知器はオンオフパルスを出力する。
- 信号インタフェースで、オン・オフラインを電圧信号に変換する。
- マイクロプロセッサで、一定時間ごとに信号インタフェースの出力をサンプリングする。
- サンプリング結果を前回のサンプリング結果と比較し、車両の通過を検定する。この際、異常信号（信号変換の時間差が短いもの）の検定を行い、これを除却する。
- 車両通過の場合には、データ蓄積メモリーの車両感知器別カウンタに1を加える。
- 定時間時計の正1時間ごとに、カウンタ内容を読み出し、時刻（日、時）を付けて、データ蓄積メモリーの送信用バッファ領域へ移す。同時にカウンタをクリアし、次の1時間の計数を開始する。
- センターで、端末を呼出したときには、FS変復調器を回線に接続する（公衆回線のときのみ）。
- センターから送られて来た信号を復調し、並直/直並変換部で「文字」に組立て、計数処理部へ知らせる。
- 計数処理部で、この「文字」を解読し、「データ送信要求」の場合には、送信用バッファ領域へ蓄積してある交通量データを1文字分ずつ取り出し、並直/直並変換部へ出力する。
- 並直/直並変換部ではこの文字にスタート、ストップ、パリティチェックのビットを付け、1ビットずつ直列に送り出す。
- この直列信号に対応して、FS変復調器では送出するキャリア周波数を切換え、センターへ送る。
- すべてのデータが送出した後に、チェック用キャラクターをデータと同じようにしてセンターへ送る。
 - * 実際の通信にあたっては、さらに複雑な手順でセンターとの確認応答を行い、誤りが発生しないよう、また誤った場合には再度送信するような制御が必要である。
- センターとの通信が終了したら、FS変復調器を回線から切離す（公衆回線のときのみ）。
 - * 端末からセンターへ交通量データを送る以外に、実時間時計の校正や、日付のセッティングのためのデータを、センターからの通信で受取る必要がある。

6.3 センタ装置の機能と構成

工事事務所に設置するセンター装置に必要な機能は以下のとおりである。

- A) 方式：
- ① FS-復調器 各端末に1対1で対応
 - ② 直並変換 " "
 - ③ パルス数計数 各車両感知器に1対1で対応
 - ④ スキャンナ

⑤ 出力制御（紙テープ等）

⑥ 実時間時計

D) 方式：① FS-変復調器

② 直並変換

③ 網制御装置（公衆回線のみ）

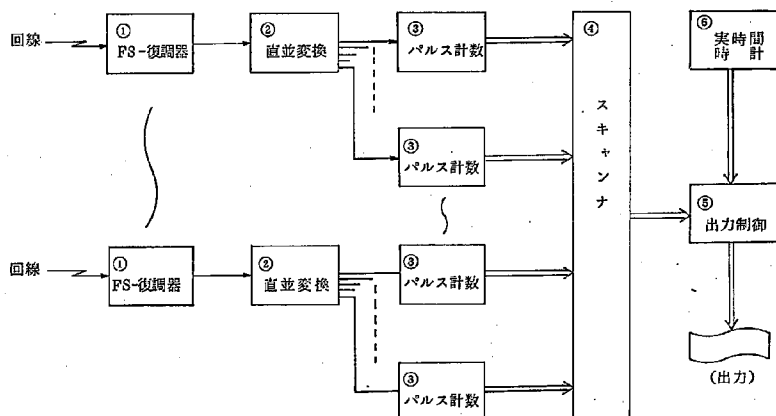
④ ダイアル制御（ " ）

⑤ 接続スイッチ（特定回線のみ）

⑥ マイクロ・プロセッサ

⑦ 実時間時計

各センター装置のブロック図を、図 6.4, 6.5 に示す。



- FS-復調器 } 端末1ヶ所につき1台
- 直並変換 }
- パルス計数 車両感知器1台につき1

実時間時計は“日付”，“時刻”のセット機器付き

図 6.4 A) 方式・センターブロック図

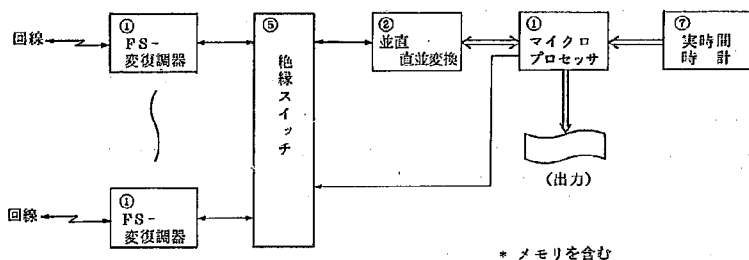


図 6.5-1 D) 方式「特定通信回路」センターブロック図

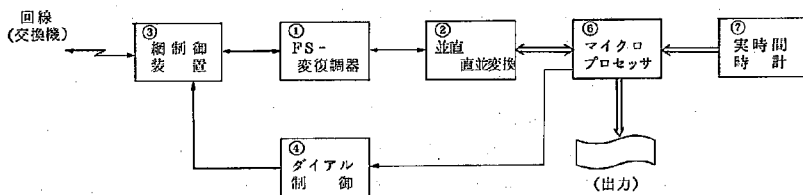


図 6.5-2 D) 方式「公衆通信回路」センターブロック図

A) 方式の動作：

- 端末から送られて来る信号と、FS復調器で直流信号に復調する（各回線ごと）。
- FS復調器の出力信号を直並変換する。この際、パリティチェックをほどこし、正常であればデータ（8ビット並列）をパルス計数部へ出力する。もし異常があれば、データを捨てる。
- パルス計数部（1車両感知器あたり1つ）では入力信号の変化をチェックし、変化（「1」→「0」、あるいは「0」→「1」へのどちらか一方）があれば計数部に1を加える。計数器は10進4桁（4の位は2ビットのみ）とする。
- 実時間時計で、正時ごとに出力制御へ起動信号を出力する。
- 出力制御では起動信号で実時間時計から時刻信号を読み出し、紙テープさん孔装置へこれを出力する。その後、スキャナで順次パルス計数部の計数値を読み出し、これを紙テープさん孔装置へ出力する。このとき、計数器がカウント中なら読み出しを一時遅らせ、計数器の内容が落ち着いたタイミングで読み出す。

- 各計数器内容を順次読み出し、上記のようにすべてのデータをパンチする。

D)方式の動作：

- 実時間時計で時刻をチェックし、データを回収する時刻であれば、端末の呼出しを開始する。
- 特定通信回線での呼出し：
 - 接続スイッチへ呼出す端末番号をセットする。これにより、対応するFS変復調器と並直/直並変換器を接続する。
- 公衆通信回線での呼出し：
 - ダイヤル制御部を起動し、網制御装置へ呼出し要求を行う。網制御装置では電話局の交換器へ信号を送り、回線使用を要求する。交換器からの応答があると網制御装置では、ダイヤル制御部へ電話番号の送出を要求する。マイクロプロセッサではダイヤル制御部を介して、呼出す端末に対応する電話番号の信号を網制御装置へ出力する。呼出しが終了し、相手（端末）が応答すると、回線をFS変復調器へ接続する。
- 呼出しが完了すると、マイクロプロセッサではデータ送信を要求する電文（文字列）を1文字ずつ並直/直並変換部へ出力する。
- 並直/直並変換部では、文字を直列に分解し、スタート、ストップ、パリティチェックのビットを付け、FS変復調器へ出力する。
- この信号に対応して、FS変復調器では送出するキャリア周波数を切換え、端末へ送る。
- 端末から送られて来たキャリアをFS変復調器で復調し、並直/直並変換部で「文字」に組立て、マイクロプロセッサへ送る。
- 端末から送られて来た「文字」を解読し、交通量のデータとしてメモリー内へ取り込む。
- 受信した上記データをチェックし、誤りが無ければ「正常受信」の電文を端末へ送る。誤りがあれば「再送要求」の電文を送る。
- データの受信が終了したら端末との接続を切離す。特定通信回線の場合は接続スイッチの指定を変更することに相当し、公衆通信回線の場合には、回線をFS変復調器と切離すことに相当する。
- 受信した交通量のデータを、紙テープさん孔装置へ出力する。
 - * A方式と異なり、時刻情報は端末から送られて来る交通量データに組み込まれている。このため、実時間時計の情報（現在時刻）は紙テープへ出力しない。
- 上記の動作を各端末について順次繰返す。

6.4 機器実装図

図 6.6, 6.7 に A), D) 方式の端末の実装図を, 図 6.8, 6.9 に センタ装置の実装図を示す。

6.5 コストの試算

図 6.10 に A) 方式, D) 方式 (特定, 公衆通信回線別) のシステムの概略コストを示す。

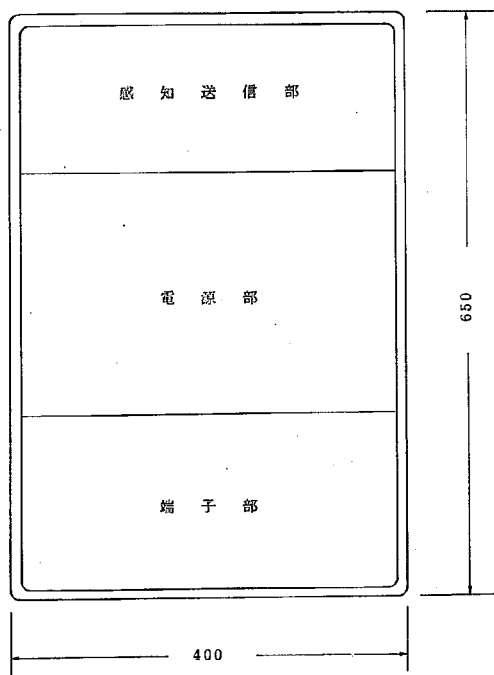


図 6.6 A 方式 端末実装図

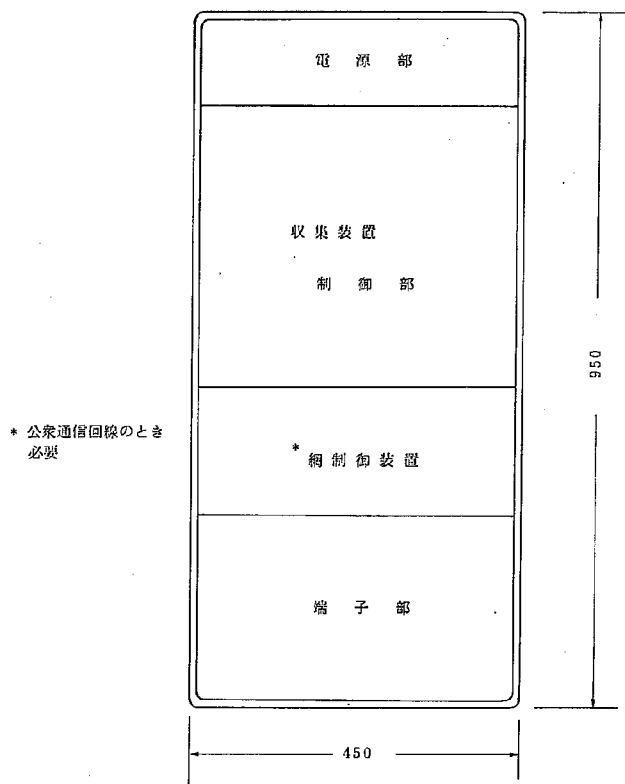


图 6.7 D 方式 端 末 装 装 图

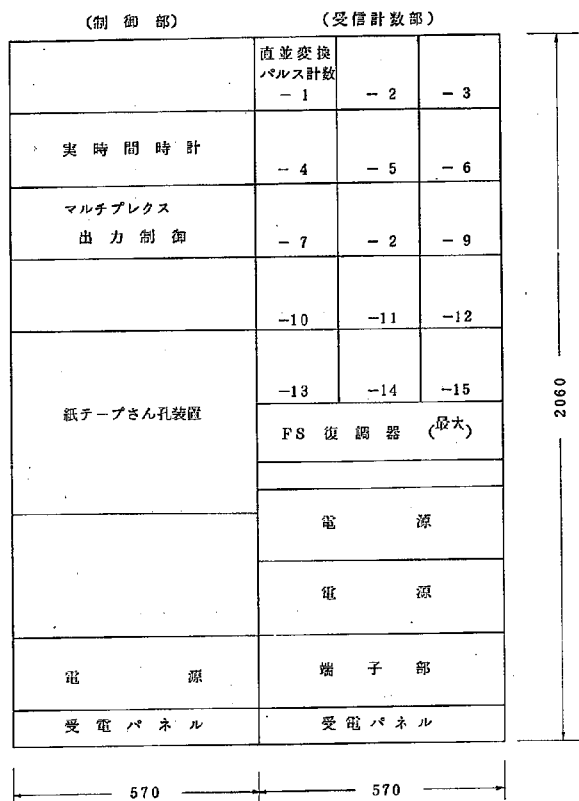


図 6.8 A 方式センター実装図

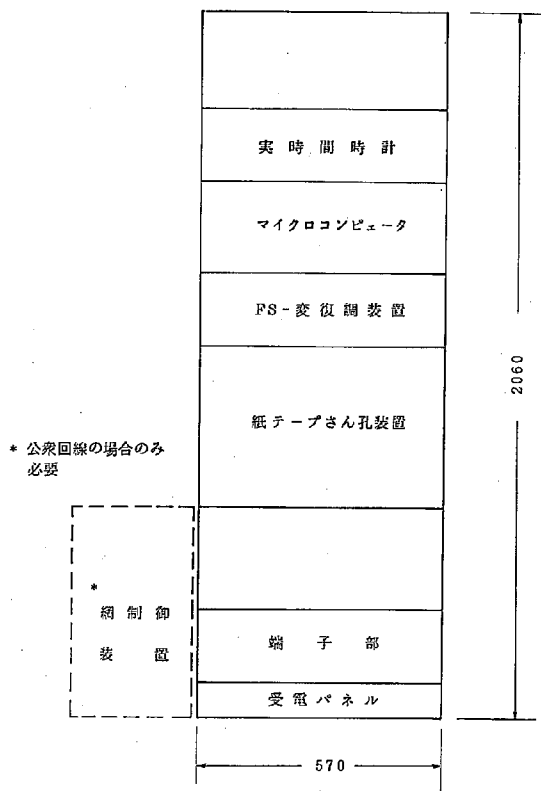


図 6.9 中央装置・実装図案

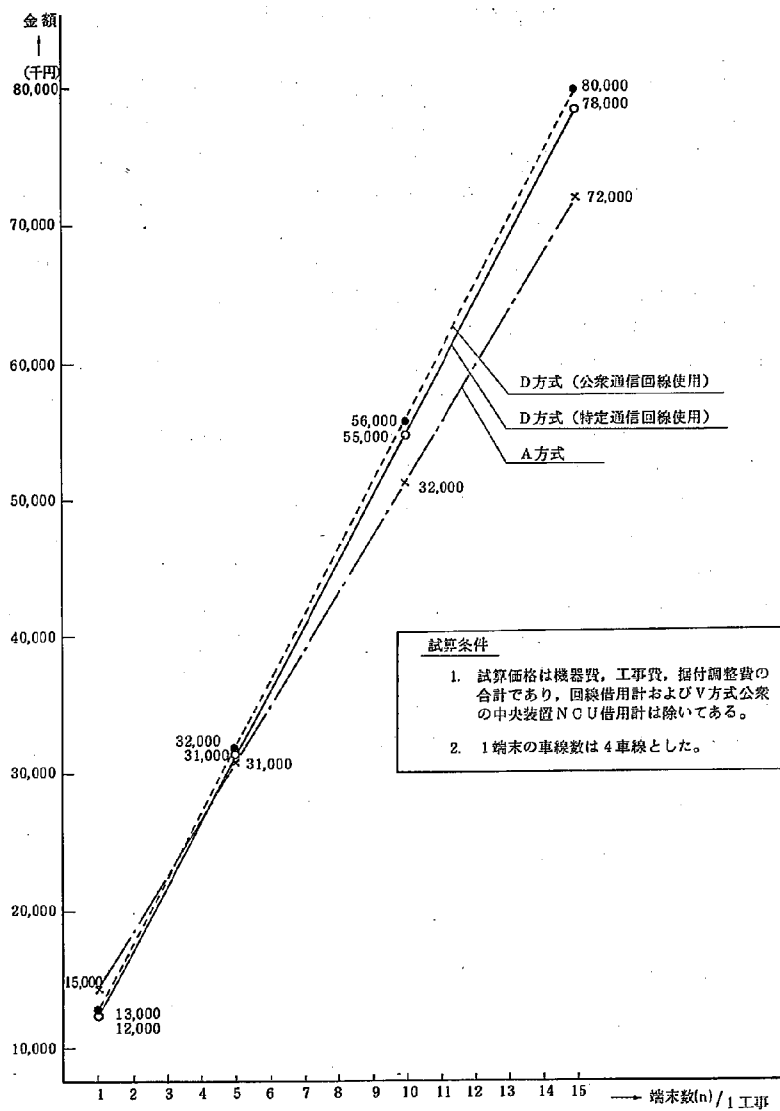


図 6.10 各方式別の試算価格

第7章 あ と が き

交通量常時観測に使用する交通量収集装置について、データ精度の維持向上、データ欠測の減少、維持管理の手間の減少、最終報告書完成までの期間の短縮等の観点から検討した。

これらの問題の解決に当っては、通信回線を用いた集中化とLSIマイクロコンピュータの活用が有力な手段であると考え、この2つの技術を中心に各種方式の比較検討を行った。

方式選択に当って考慮した点は、

- (1) 感知器の出力パルスをそのまま伝送するか、観測点で処理し台数として伝送した方が良いか。
- (2) 使用する回線は特定通信回線および専用線か、それに公衆通信回線を含めるか。
- (3) 伝送方式を周波数分割にするか、時分割にするか。
- (4) 端末にマイクロコンピュータを置くかどうか。

などであった(表7.1参照)。

これらの選択要素を組み合わせて、A～Dまでの4案を作り、さらに詳細に検討した。その結果、A案とD案が優れていることがわかった(表7.2参照)。

A案は、感知器の生データをそのまま事務所に送り、事務所で台数を計測し、1時間ごとに集計処理し、紙テープで出力する方法である。公衆通信回線は使用できないが、観測点におく機器が簡単で、トータル機器コストも一番安い。

D方式は、観測点でデータを処理・蓄積し、24時間ごとに事務所のマイクロコンピュータへ送り、紙テープで出力する方法である。機器コストは、A方式よりわずかに高いが、公衆通信回線が利用できるほか、将来の拡張性に秀れている。

この2方式について、方式的にどちらが優れているかは、純技術的には結論し得なかった。いずれの方式を選択すべきかは、今後進めるべき事務所への適合性などの検討も経て判断すべきであろう。

表 7.1 交通量収集装置の固有技術組み合わせ

感知器データの 処理場所	使用回線	制御の 主導性	伝送方式	端末の制御部 ハードウェア	中央の ハードウェア	方式例	
中央	特定通信回線 および 専用回線	中央	周波数分割に よるビット伝送		専用ハードウェア		
					μコンピュータ		
時間割による ビット伝送				専用ハードウェア	A方式		
				μコンピュータ			
端末	特定通信回線 専用回線 公衆通信回線	中央	時分割による 符号伝送	専用ハードウェア	μコンピュータ		
					ミニコンピュータ		
				μコンピュータ	μコンピュータ	C,D方式	
					ミニコンピュータ		
	特定通信回線 および 専用回線			端末	専用ハードウェア	専用ハードウェア	B方式
					μコンピュータ		

1. D方式は、端末に少なくとも24時間のデータ蓄積機能がある。
2. 感知器のデータを、処理して送る場合は符号伝送、未処理で送る場合はビット伝送を採用せざるを得ない。
3. 公衆通信回線を使用する場合は、端末でデータ処理し、しかも端末にはμコンピュータがほしい。
4. 端末で網制御装置を使用し、中央へダイヤルすることは困難であるので、端末に制御の主導性を置くのは、特定通信回線のときのみである。
5. システム規模が小さいもの（拡張性を考えないことも含む）へのミニコンピュータ適用は考慮しない。

表 7.2 交通量収集装置の方式比較まとめ

		A 方式	B 方式	C 方式	D 方式
方式概要		車両感知器の信号をそのまま事務所へ伝送し、事務所の収集装置で計数処理して紙テープへ出力する。	車両感知器の信号を観測地点の収集装置で計数処理し、出力指令信号を事務所へ伝送して紙テープへ出力する。	車両感知器の信号を観測地点の収集装置で計数処理する。事務所の制御装置で計数結果を1時間ごとに収集し、紙テープへ出力する。	左とほぼ同じ。ただし計数結果の収集は1日1回程度とし、その間のデータは観測地点の収集装置で蓄積記憶する。
機器構成	事務所				
	観測地点				
使用回線		特定回線 (または専用回線)	同 左	公衆回線 (または 特定回線, 専用回線)	同 左
特 徴		小	大 (さん孔機台数多い。 端末の時計修正)	小	小
維持補修の手間		小	やや大 (各観測点対応で 全ハード、工事、 スペースが必要)	小 (A方式より1割程度 高い)	小 (A方式より1割程度 高い)
建設コスト		小	やや大 (各観測点対応で 全ハード、工事、 スペースが必要)	中 (ケーススタディーで D方式の約2.8倍)	小 (ケーススタディー結 果で約32万円/年)
回線借用料		大 (ケーススタディーで D方式の約9倍)	同 左	中 (ケーススタディーで D方式の約2.8倍)	小 (ケーススタディー結 果で約32万円/年)
欠 測 率		1%以下	同 左	同 左	同 左
計測項目の拡張性 さん孔機以外への出力		悪い やや容易	やや良い 困難	やや良い やや容易	やや良い やや容易
		観測地点の機器が簡単にハードウェアのコストが安い。ただし、通信回線の容量から拡張性は困難。	一箇所の観測地点のデータ収集だけで見ると、ハードウェアは安い。多数の観測地点で実施すると割高。データ処理機能の拡張性は困難。	通信機能が高く、回線借用のコスト、拡張性がA、Bより良い。ただし、通信系が複雑な分ハードウェアはコスト高。	ほぼ同左。観測地点の収集装置のデータ蓄積機能のため、回線借用コスト、事務所制御装置の障害についてより優れる。

参 考 文 献

- (1) 交通管理調査・交通量常時観測調査の編成および成果の活用に関する調査研究報告書 その2
（調査成果の活用に関する報告書）
：建設省道路局 昭和51年3月
- (2) 交通量常時観測要綱 建設省道路局
- (3) 交通量常時観測年報 建設省道路局
- (4) 交通量調査マニュアル 高田・木戸ほか 鹿島出版会 昭51年
- (5) データ通信のための通信回線利用マニュアル 植田義明 企画センター 昭52年（改定版）

担 当 者	藤 田 大 二
	野 口 正
	泉 堅 二 郎
	門 脇 孝 男