

## 新交通システムの開発実験——CVSの場合——

越 正 毅\*・石井 威望\*\*・井口 雅一\*\*

### 1. CVS の概要

CVS とは、Computer-controlled Vehicle System を略したものであって、一言で表現すれば専用軌道ネットワーク上を走る無人タクシーシステムとでもいうべきものである。乗客は、見知らぬ他人と乗合わせることなく、発駅から着駅まで乗換えや途中駅での停車なしに旅行することができる。つまり、純粋な意味における PRT である。

TRANSPO '72 に実物大で出展された 4 種の輸送システムをはじめ、モルガンタウンに建設されるボーイング社のシステム、空港で実用化されているウエスチングハウス社のスカイパス、谷津遊園地で実際に運行している VONA、その他多くの新交通システムは、基本的に乗合制であって、水平エレベーター、あるいは専用軌道上のマイクロバスシステムと呼ぶことのできるものである。

乗合制の輸送機関は、本来 2 点間の線輸送に適したものであって、面としての都市内に適用する場合には、発着地の組み合わせ数の制約から固定路線方式とならざるを得ず、乗客は乗換えと途中駅での停止とを甘受しなければならない。

これらの線輸送機関としての諸システムと本来の面輸送機関としての CVS との根本的な相違点は、まさにこの個別輸送と乗合輸送との違いからくるものであってこれが、もろもろの CVS の特徴を規定しているといつてよい。

CVS 車両の大きさは当然のことながら小さく、4 人乗り（主座 2+副座 2）で、軽量である。これに伴って軌道構造も軽量小断面になり、軌道建設コストが下がる。

車両 1 台当りの輸送人員は小さいので、車線容量を高めるために、きわめて多数の車両をきわめて短い車両間隔（1sec 内外）で運行できなければならない。とくにネットワーク内で個々の経路に対応した、すみやかな分岐が必要である。

\* 正会員 工博 東京大学助教授 生産技術研究所

\*\* 工博 東京大学助教授 工学部産業機械工学科

ネットワークはきわめて密（最小 100m メッシュ）であり、駅（オフラインステーション）配置も密（最小 100m 間隔）である。無用の途中駅での停止はないので、駅間隔はいかに密であっても旅行時間を増大させることはない。

CVS はその個別性によって、次の 2 つの点で乗合制線輸送機関に対比して重要な利点を持っている。

第一は、治安である。深夜サービスあるいは 24 時間サービスは当然必要とされようが、夜間の車内治安の問題は、無人中量乗合システムにとって致命的と予想される。

第二は、都市内物流輸送の負担能力である。乗換えなしに面輸送ができるという CVS の性質は、途中駅の積替えが不要であるということの意味するので、密なネットワークとあいまって、適当な荷役設備と端末集配システムとを組み合わせることによって、CVS が都市内物流をかなりの程度負担できる能力を少なくとも潜在的に有していることを示している。都市内物流問題の重要性は一般に認識されているよりはるかに大きく、たとえば東京では、都の内内物流のほとんど 100% が自動車に依存しており、都内走行キロの約 40% 程度が物流目的であると推定され、しかし伸びも大きい。このような事情を考えると、都市内自動車交通問題は、人の輸送よりむしろ物流の解決が重大な鍵であるともいえるのである。

CVS が個別輸送機関としての機能を持つということとは、そのシステムの中に乗合制の車両の運行をこぼすことを意味するものではない。通勤ピーク時などには、連結車タイプの 20 人乗り程度の CVS バス（固定ルート）を運行して輸送能力を上げることは技術的にはきわめて容易である。

### 2. CVS の開発経路

昭和 45 年 3 月に開幕した EXPO '70 において、交通ゲームと呼ばれるシステムが出展された。これは 2 人乗りの多数の特殊なミニカーを個別にコンピューターで制御して、5m 間隔の 6×6 の格子状ネットワーク上を走らせるというものであった。

昭和 45 年 4 月からこの技術を延長し、新しい都市内

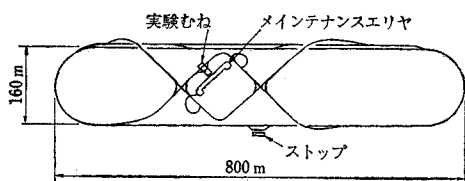


図-1 東村山実験の試験コースレイアウト

交通システムとして実用化するための研究が機械振興協会においてはじめられた。この第一次基本研究は同年7月にまとめられ、CVSの概念設計の骨格ができ上がった。このシステムは、おおむね3~5年後には完全に実用化できると予想される個別技術のみに基づくものとし、全体としては革新的であっても、決して空想的ではない範囲でまとめられた。

続いて同年9月から翌昭和46年3月までの間に、第二次基本研究が行なわれ、技術的基本仕様を定めることを目的として、車両、軌道の縮尺模型の作製、大型コンピューターによるシミュレーションなどが実施された。

昭和46年4月以降は、それまでの研究成果に基づいて、縮尺模型実験と、実物大の開発実験との準備がはじめられた。前者については、同年10月から11月にかけて開催された第18回東京モーターショーにおいて、15×15mの広さの1/20都市模型に、同縮尺の車両模型約60台をコンピューター制御で走らせる実験が公開された。実物大開発実験は、昭和46年11月から本式に発足した。都下東村山市に位置する通産省機械技術研究所の敷地内に試験走行路を建設し約2年間にわたって実用化に必要な各種の開発テストを行なうことになっている。

この実験の規模は次のようなものである。

試験走路 (図-1)

- 総延長：4.8km—車線
- 平面交差：2か所
- 車線変更部：1か所
- 高速分合流部：4か所
- ストップ (オフラインステーション)：2か所
- コンテナ荷役設備：2か所

車両

- 乗用車：約60台
- 荷物車：約40台

コンピューター

FACOM 230-35, HIDIC 350, TOSBAC 40 の計3台

およそのスケジュールとしては、昭和47年秋にメンテナンスエリア240mの走路を完成して少数の車両による基礎実験を行ない、翌昭和48年秋から走路全延長と車両全数を用いたフルスケールの制御実験に入るという工程となっている。

この東村山における実験と併行して、大型のシステムシミュレーション、フィジビリティ研究、応用研究などが進められる。

第一次基本研究以来、CVSの一連の開発研究は(財)機械振興協会によって行なわれており、東京モーターショーにおける模型実験以降は、同協会内の新機械システムセンターが計画の中心となっている。研究開発は、同システムセンターに設けられた開発委員会(委員長 渡辺茂・東大工学部教授)の指導のもとに、関連諸企業の参加、協力を得て進められている。

### 3. CVS ネットワーク

CVS ネットワーク・システムは、パスと呼ばれる低速高密度のネットワークと、スーパウェイと呼ばれる高速低密度のネットワークとの2つのサブシステムから成っている。

パスはストップ(駅)と直接連絡し、平面交差を許容し、メッシュ間隔は最小100mまで可能である。最高速度は40km/hである。

スーパウェイではストップとの直接連絡はなく、平面交差もない。メッシュ間隔は最小1km程度で、標準設計速度は60km/hである。パスのネットワークとは、モジュールゲートと呼ばれるインターチェンジで連絡される。モジュールゲートは、スーパウェイの各リンクに1か所ずつ設けられるのが原則である。

ストップは、パスから分岐した側線に設けられ、パスの各リンクに1個以上設けられる。ネットワークの建設空間としては、高架(既存街路上)、地下、ビル貫通の3とおりが考えられる。

高架方式は既存都市への第一次の適用には主流とならざるを得ない方式であると想定され、コスト的にも最も安価である。CVS車両は、後述のように電動、ゴムタイヤ支持であり、とくに防音防塵には留意されている。1車線幅員は緊急歩道を加えても2m強、桁の活荷重は350kg/m程度であるので、かなりスレンダーな構造とすることが可能である。高架区間におけるストップの構造としては、ビルの外壁まで側線を引き出してビル内

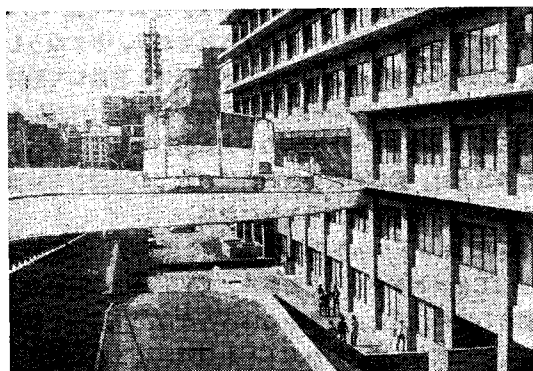


写真-1 ビル外壁に側線を引出してストップをつくる方法

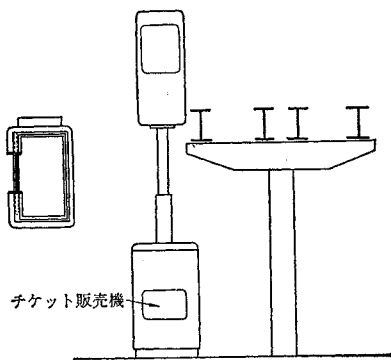


図-2 エレベーターを用いた高架ストップ

にストップを設ける方法(写真-1)、油圧(または水圧)エレベーターを歩道の上に設け、高架プラットフォームなしに高架ストップをつくる方法(この場合はもちろんエレベーターはCVS制御系に属し、エレベーターに乗ったときからCVSに乗ったことになる・図-2)などがありうる。

地下方式は建設単価が高くなるので、限られた場合に適用されるのみであろう。ストップの構造は、やはり図-2と同様なエレベーターを用いた方式が望ましい。この方式は何よりも治安問題の解決に有利である。個々のCVSストップでの乗降客数は普通きわめてわずか(現在のバスストップ以下)であるから、地下駅の人気のないプラットフォームは治安上の問題になりうる。エレベーター方式にすることによって、地上にCVSと公共スペースとの境界を設定することができる。

ビル貫通方式は、大規模な都市改造の際などに適用しやすい方式で、この場合にはビル内のエレベーターホールにCVSストップを設けるようにすると、ほぼ理想的な形態となるであろう。CVSの建築限界は軌道部分を含めても高さ約2.5m弱であるから、ビルの普通の1階に収められるし、振動、騒音も問題にならない程度になしうと思われる。都市美観という点では、高架方式よりは、はるかに受け入れやすいであろう。

いずれの場合にも、CVSストップにおいてはCVS軌道と乗場との間はドアで仕切られており、ドアのうしろに車両が停まって、はじめて車両ドアと連動して乗降口ドアが開く。エレベーター方式(図-2)の場合には、もちろんエレベーターと車両のドアは連動して開閉する。このことは、乗客の安全と同時に、駅での空調を可能にするので快適性をも増すことになる。

CVSネットワーク建設の技術的な課題は、急速無公害施工とコストダウンとである。CVSはその面輸送機関としての性質上、当初からある程度以上の規模で運用しなければならず、しかもCVS初期コストの約半分がウェイおよびストップその他の建設費であると概算され

るので、都市活動や住民生活に迷惑をおよぼさないように、急速かつ低コストで建設することが必須である。この点は、CVS開発の重要研究課題の一つとして研究されつつある。

#### 4. CVSの車両

CVS車両は、基本的には写真-2および写真-3に示されるような乗用車(パーソナルカー)と、積載量400kg程度の貨物車(ワゴン)とから構成される。このほかに、システム構成上は身障者用特殊車、作業車、緊急車などがあるが、標準車の変形として設計される。

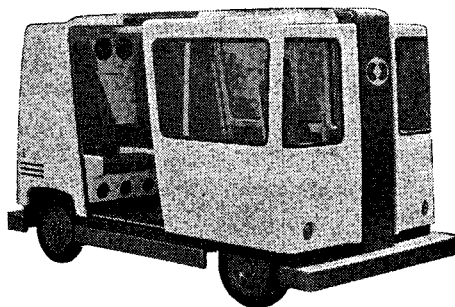
標準車の性能は最高速度80km/h、通常最高運行速度60km/h、通常最大加減速度0.2g、最小回転半径5m、登坂能力6%(60km/hで)といったものである。車両寸法は、長さ3m×幅1.6m×高さ1.8m程度で、総重量は約1t弱である。

車線容量を上げるために車頭間隔を詰めることが必要となり、緊急時のバックアップとして2gの減速度の緊急ブレーキが各車に装着される。緊急制動時の乗客保護の手段として、背の高い背もたれを持つ座席を進行方向に対して後向きに配置するようにする。これによって、理論上0.7secの車頭間隔(40km/hのとき)が衝突の危険なしに可能となる。



(モックアップ)

写真-2 CVS乗用車の外観



(モックアップ)

写真-3 CVS乗用車の内部

操向誘導機構としては、信頼性を重視して機械式の機構が採用されている。車線変更と平面交差を可能とするような方式として、軌道中央部の溝に挿入した誘導輪によって前輪を操舵するという方式をとっている。この方式は、また乗心地の改善に有利である。

分岐点での進行方向選択方式は、短車頭間隔という制約から必然的に車上選択（オンボードスイッチング）であり、軌道側には可動部分はまったく存在しない。

支持、駆動は、当面空気入りゴムタイヤ、電動モーター方式である。電力は軌道側から集電するが、緊急用のバッテリーも搭載している。

乗用車の室内は空調されており、電話、荷物室、ゆったりした空間、乗降の容易な大きなドアなどが備えられる。

貨物車については、扱い品種によって何通りかのコンテナを開発する。

## 5. CVS のコントロール

CVS のコントロールシステムは、機能的にみて、車両の運動に直接関連する微視的水準と、全体の交通を制御する巨視的水準とから成る。

パスの1リンクに対してこの区間の微視的制御のために1台の小型コンピューターをあて、カンタムコンピューターと呼ぶ。制御の原理は仮想的な移動セルの鎖を考え、与えられたセルに各車が正確に追従するように制御するというものである。どのセルをどの車両に与えるか

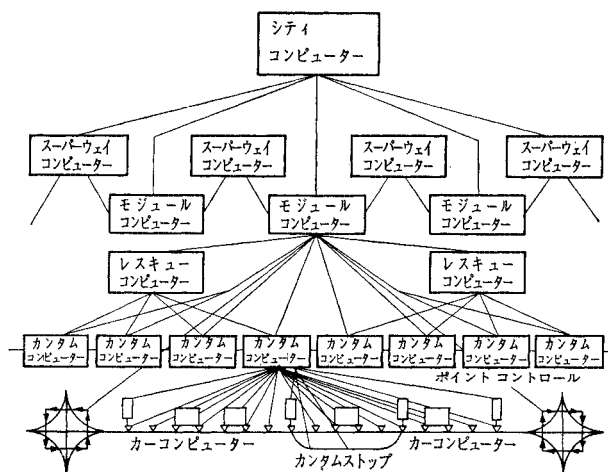


図-3 CVS コントロール系統図

は、上位のモジュールコンピューターから各カンタムコンピューターへ指令される。つまり、モジュールコンピューターは巨視的制御を行なう。同様に、スーパーウェイの1リンクに対して1台のスーパーウェイコンピューターが微視的制御を行ない、その巨視的制御をシティコンピューターが行なう。これら全体の構成は図-3に示されるように多重階層をなしており、二重系または待機系が導入されている。

CVS ネットワークが網目状になっているので、一部が故障しても多数の迂回路が可能であり、容量低下をある程度許容すれば、全システムの停止は避けることができる。このような特性は、保守や異常事態に対するフレキシビリティを高める。

## 新刊発売中

# 市街地土木工事の仮設と安全対策

●B5判 232 ページ・上クロス装 定価 2200 円 会員特価 2000 円 (〒170 円) ●

●市街地土木工事公衆災害対策要綱の改正について / 建設省・鈴木恒夫 ●市街地における大規模掘削工事の安全対策 / 交通営団・蛭川達郎 ●作業場付近の交通対策 / 警視庁・若林徹雄 ●営業線近接工事の安全対策 / 国鉄・田中和夫 ●埋設物の保安処理 / 東京ガス・山口靖之 ●酸素欠乏症 / 労働省・中西吉造 ●土留工 / 鹿島建設・堀井陽三 ●路面覆工 / 都交通局・吉田収一 ●重量物の運搬と架設 / 東京鉄骨橋梁・松岡亮一 ●市街地における杭打ち作業 / 前田建設・中野衛 ●コンクリート地下連続壁の施工 / 大林組・東浦信光 ●足場と支保工 / 大成建設・黒沢透 ●

申込先 〒160 東京都新宿区四谷1丁目 土木学会刊行物頒布係 Tel. 351-4131(直)