

新交通システムの問題点と対策

PROBLEMS OF SO CALLED GUIDE WAY SYSTEM AND A COUNTERMEASURE

西亀達夫*

By Tatsuo NISHIKI

There are many places where they have no efficient transportation, though they are being worried by traffic jam. To solve this problem we studied qualities and quantities of urban transport, and located some kinds of transportation to the adequate positions in the spectral field of traffic demand. Consequently we noticed that the construction cost is too expensive when the density of traffic is under some degree. In order to reduce the construction cost and business expenditure, we propose a light vehicle and high frequency system. To lower axle load, width of the car is contracted. This means reduction of axle load, at the same time, of carrying capacity. So high frequency system of trains is adopted. It will also present good service to the passengers.

1. ま え が き

大都市近郊や地方中核都市の交通問題解決の一手段として、軌道系中量輸送機関の必要性が論ぜられ、その導入に伴う問題が多くの人から指摘されている。またその対策も、非常に多岐にわたるものであるが、一般論としては一応まとめられ、特に事業化推進方策が経営収支に及ぼす感度の分析も行われている¹⁾。また多くの調査から軌道系中量輸送機関で受け持つべき輸送需要の分野でありながら、現在考えられている対策では、事業としての成立が危ぶまれる場合があることがしだいにわかってきた。

そこで輸送需要と各種輸送機関との関係を調べて、最も建設が望まれていて、しかも従来の考え方のみでは企業としての採算性が悪いと見送られている、中小規模の輸送需要に対して、最もふさわしい交通機関はどんなものであるかを求めた。これは日本モノレール協会の機関誌に発表した²⁾考え方にさらに検討を加えて、全面的に書き改めたものである。

2. 分担分野と計画輸送量

(1) 各種輸送機関の分担分野

各種輸送機関にはそれぞれに特長があるから、輸送分野もそれに合わせておのずから分担が分かれるはずであるが、その関係を明らかにするためには、まず輸送需要の質と量とを考慮しなければならない。質については、今取り扱おうとしていることが都市内あるいは大都市近郊における交通なので、通勤・通学や都市内の小トリップを中心として考えることにする。

量については、輸送分野を示すためには通常1日1km当たり平均輸送人員(A)と1日1km当たり平均通過人員(B)とがあるが、(A)は年間乗車人員を365日×営業キロで割ったものであるに対し、(B)は年間輸送人キロを365日×営業キロで割ったものである。いずれも1営業キロ当たりの数量であるから輸送密度を表わすといえるが、(A)が1営業キロ当たりに平均化した乗車人員を表わしているのに対し、(B)は輸送人キロを表わしているわけで、輸送機関の分担分野を表わすには多くの例にならってここでも(A)で示すことにする。

輸送を分担する機関としては、鉄道(都市内あるいは近郊の高架鉄道および地下鉄)、モノレール、新交通シ

* 正会員 工博 不動産建設(株)顧問(元鉄道技術研究所長)
(〒110 台東区台東1-2-1)

表一 最小曲線半径と車両の長さとの関連

関係法規	最小曲線半径 (m)	関連	車両長の実例	
			交通機関	1両の長さ(m)
日本国有鉄道建設規程(内線)	200	鉄道	近郊鉄道	20以上
地方鉄道建設規程(軌間1,067, 1,435mm)	160		地下鉄	15.0~19.5
軌道建設規程	11	モノレール	跨座型	6.8~15.5
			懸垂型	10.4~16.5
			ガイドウェイ	8

ステム(以下ガイドウェイと略称する)の3種とするが、これらはそれぞれ関係法令や基準等により、線路条件や車両の定規等が定められている。

輸送分野を輸送量で表わしその分担を知るためには、まず現実に使われている車両の1両の長さや規程上許されているその路線の最小曲線半径との関連をみる必要がある。これらをまとめると表一のようになる。

各種の輸送機関が分担すべき輸送分野を決めるためには、その機関の輸送量と現実の経営状況とを対比して考えなければならない。

地下鉄は高架構造のものに比し一般に建設費が高いため、輸送量が大きくなければならないのは当然である。わが国の各都市の地下鉄の1日1km当たり輸送人員と営業損益とをみると、表二のとおりである³⁾。これは昭和57年度のみ統計であり、また建設後間もない都市が含まれているので、この表だけで決定的なことはいえないが、およその見当として、約20000人/日・km以上の輸送需要がないと採算がとれないとみなされる。しかし最近では建設費を低減させるため小型化の研究が進んだので、今後は一般論として15000人/日・km程度まで適用範囲が拡大されるものと考えられる。

モノレールやガイドウェイは原則として高架構造であるため、地下鉄より少ない輸送需要に対しても採算がとれるはずであるが、あまり少なければいずれも採算がとれなくなるのは当然である。現在わが国で営業中のものうち、東京・湘南両モノレール、神戸新交通、大阪市交通局の南港ポートタウン線および山万の昭和57年度

表二 各都市地下鉄の輸送量と営業損益(昭和57年度)

都市名	区分	輸送量 (人/日・km)	鉄軌道業 営業損益(千円)	償却後営業 収支率(%)
札幌市		17,295	-7,059,718	134.0
帝都高速度 交通営団		34,331	37,552,052	76.1
東京都		19,892	-4,363,250	109.7
横浜市		11,105	-2,632,910	149.7
名古屋市		15,672	-1,430,108	104.0
京都市		18,439	-2,580,357	150.7
大阪市		25,166	11,005,035	88.6
神戸市		9,777	-2,730,226	234.5
福岡市		6,095	-5,181,539	282.1

の輸送実績と鉄軌道業の営業損益と全事業の経常損益とをみると、表三のとおりである³⁾。

この表は昭和57年度単年度の実績であり、また営業損益には減価償却費は計算に入っているものの、営業外費用(利息配当金等)が含まれていないし、また神戸、大阪、山万のガイドウェイの場合は開業後日が浅くて輸送需要が十分伸びていないうえに、減価償却の負担が大きい時期における損益計算なので、この表だけで単純に輸送機関としての適否を判断することはできないが、少なくとも兼業を含まない鉄軌道業のみで収益が上がっているかまたはその見込みがあることが望ましい。

これらの事項に、各都市の地下鉄、モノレールおよびガイドウェイの免・特許の状況等を加えて総合的に判断すると、各種交通機関の受け持つべき輸送分野は、およそ図一のようになると思われる。ここでは、参考までに、昭和57年度の各種輸送機関の輸送実績(1日1km当たり平均輸送人員)を記入してある。

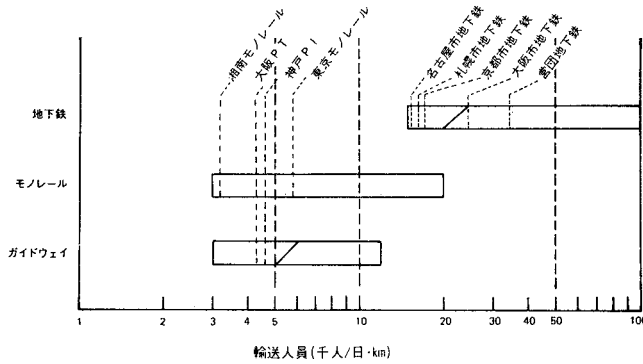
こうしてみるといろいろな問題に気がつくが、それは次の3点に要約される。

a) モノレールやガイドウェイは、輸送人員として3000~20000人/日・km程度を分担すべきだとは思われるが、そのうち3000~6000人/日・km程度の範囲でははたして本当に黒字経営になるのだろうか。

b) 地下鉄の分担分野は15000人/日・km程度以上

表三 各社の輸送数量と営業損益(昭和57年度)

企業体	輸送数量		鉄軌道業 営業損益				全事業 損益		開業年月日
	年間輸送人員(千人)	1日1km当り平均輸送人員(千人)	営業収益(千円)	営業費・減価償却費を含む(千円)	営業損益(千円)	営業収支率(%)	経常損益(千円)	税引後損益(千円)	
東京モノレール(株)	28,118	5,926	5,213,675	4,393,724	819,951	84.3	330,869	129,718	39.9.17
湘南モノレール(株)	7,724	3,206	943,475	911,950	31,525	96.7	-77,452	-77,452	46.7.2
神戸新交通(株)	11,317	4,845	1,562,730	2,644,574	-1,081,844	169.2	-2,238,840	-2,238,840	56.2.5
大阪市 南港ポートタウン線	10,244	4,252	851,033	3,463,626	-2,612,593	407.0	—	—	56.3.16
山万(株)	62	383	14,236	55,893	-41,657	392.6	780,087	449,133	57.11.2



図一 各機関の輸送分野の分担 (57年度統計による)

と考えられるが、実際問題として、人口数十万人の地方中核都市においては、輸送需要は将来にわたって10000人/日・km前後しか見込めないのに、都市の機能や景観から、どうしても地下に入れなければ市民の賛成が得られない場合が多い。これに対しては、小型化による建設費の低減だけでは対応できそうにない。

c) モノレールやガイドウェイの分担の下限を3000人/日・kmにしたのは、上述のような理由や次章以下で検討した結果による一応の目安であるが、一方一般道路上の混合交通としてのバスの輸送能力の限界が、1000~1500人/日・kmくらいと考えられることから、その間の1500~3000人/日・kmくらいの輸送需要に対しては、従来とは異なる新しい交通機関を考え出す必要がある。

これらの問題のうち、今回はa)について検討する。

(2) 計画輸送量

モノレールやガイドウェイを導入しようとする地方公共団体が、その事業計画を立てるときは、まずその都市の交通の現状分析を行い、既存の計画や政策ビジョンから将来の交通需要を予測して交通計画の基本的方向を求め、公共交通機関網を立案し、各路線ごとの輸送需要の予測から、当該路線の経営採算性を検討する。

そのとき計画輸送量としては、1日1km当たり平均輸送人員(A)で表わすが、輸送計画を立てるときには、最も混雑する区間で最も混雑する時刻の1時間当たり片道輸送人員(C)を知る必要がある。パーソントリップ調査等から詳細な輸送人員の推定が行われているときは、(C)の値はもちろんわかっているから、その値から輸送計画を作ればよい。しかし、一般論としてある輸送機関のある輸送分野に対する適否を論ずるような場合は、(A)に対し別に(C)を仮定せざるを得ない。

(A)と(C)とはその定義からわかるとおり、本来直接の関係はない数字である。しかし実際には両者は非常にその数値が似ていることが多く、そのため誤って混

用されることが多い。(A)に対し(C)をどの程度に仮定すべきかを知るために、帝都高速度交通営団と東京都営地下鉄の10線路と、路線延長が十数km以下で(A)の値が数千人程度の路線の交通量をまとめると表一4のようになった^{31,41)}。

ここで(γ)の値に注目すると、各路線の性格に応じ種々の傾向がみられるが、詳細は別の機会に譲ることにする。なお表一4の下8例から、4.(4)の輸送計画の節では、(γ)を1および0.7と仮定した。

3. ガイドウェイ

(1) 基本仕様

現在わが国で営業されているガイドウェイは、神戸新交通(株)ポートアイランド線、大阪市交通局南港ポートタウン線、山万(株)ユーカリが丘線、埼玉新都市交通(株)伊那線の4線であり、さらに桃花台新交通(株)桃花台線、西武鉄道(株)山口線、横浜新都市交通(株)金沢シーサイドラインが目下工事中で、その他非常に多くの都市で、その建設が要望されているにもかかわらず、さまざまな理由で、ガイドウェイの普及は思うにまかせない状況にある。そのため建設省と運輸省とは、昭和58年8月「新交通システム基本仕様」⁹⁾を調達して、ガイドウェイのスムーズな発展を促している。

この基本仕様は、今後の技術の進歩を阻害しないよう慎重に検討して、必要最小限の基本的項目のみを定めたもので、これに従うべきであることはいうまでもない。ただこの基本仕様を定めるにあたって行われた試算では、輸送密度(A)が5000人以下では収支が成り立たなくなっている⁶⁾。ということは、(A)がほぼ6000人以上の場合はこの基本仕様で計画を進めるべきであるが、(A)が最終的に6000人に達しないような路線については、別途の検討が必要を示している。

(2) 輸送密度6000人/日・kmの場合の収支計算

中小規模のガイドウェイについて、モデル線を仮定し

表—4 路線別各種交通量（昭和57年度）

線名		延長 (km)	年間輸送人員 (千人)	1日1km当り 平均輸送人員 (A) (人/日・km)	最混雑区間 最混雑時1 時間当り片道 輸送人員(C) (人/h)	同区間1日 輸送人員 (D) (人/日)	比率 (γ) = C/A	集中度 (δ) = C/D (%)	混雑区間 調査日時
帝都 高速 度交 通管 営 団	日比谷	20.3	390,947	52,763	60,967	174,797	1.16	35	三ノ輪→入谷 57.11.17(水) 7:50~8:50
	銀座	14.3	394,094	75,504	42,407	185,252	0.56	23	赤坂見附→虎ノ門 57.11.17(水) 8:00~9:00
	丸の内	27.4	415,933	41,589	50,827	145,588	1.22	35	新大塚→茗荷谷 57.11.17(水) 8:00~9:00
					44,917	157,504	1.08	29	四谷→赤坂見附 57.11.17(水) 8:00~9:00
	東西	30.8	382,599	34,033	46,089	131,879	1.35	35	高田馬場→早稲田 57.11.17(水) 7:50~8:50
					76,239	184,877	2.24	41	南砂町→東陽町 57.11.17(水) 7:50~8:50
	千代田	24.0	357,715	40,835	70,334	195,525	1.72	36	町屋→西日暮里 57.11.17(水) 7:40~8:40
	有楽町	10.9	122,247	30,727	30,969	97,662	1.01	32	東池袋→護国寺 57.11.17(水) 8:00~9:00
半蔵門	5.1	61,339	32,951	30,526	91,231	0.93	33	渋谷→表参道 57.11.17(水) 8:00~9:00	
東京 都	浅草	18.3	171,346	25,653	28,177	105,022	1.10	27	泉岳寺→三田 56.11.11(水) 7:50~8:50
	三田	22.5	157,380	19,163	26,710	98,565	1.39	27	西巣鴨→巣鴨 56.11.18(水) 7:40~8:40
	新宿	14.1	109,253	21,229	23,582	83,176	1.11	28	新宿→新宿三丁目 56.11.26(水) 7:50~8:50
名古屋市	地下鉄4号	5.7	23,857	11,467	7,833	29,872	0.68	26	西高蔵→金山 57.10.29(水) 8:00~9:00
総武 流山電鉄	流山	5.7	4,302	2,068	2,528	11,886	1.22	21	小金城趾→幸谷 57.11.17(水) 7:05~8:05
江ノ島 電鉄	江ノ島	10.0	15,085	4,133	1,658	7,233	0.40	23	由比ヶ浜→和田塚 57.11.25(水) 6:30~7:30
小田急	多摩	9.1	9,303	2,801	2,333	10,219	0.83	23	五月台→新百合ヶ丘 57.11.9(水) 7:04~8:02
東京 モノレール	羽田	13.0	28,118	5,926	5,518	28,697	0.93	19	浜松町→大井競馬場前 57.6.28(水) 8:00~9:00
湘南 モノレール	湘南江ノ島	6.6	7,724	3,206	2,832	9,121	0.88	31	富士見町→大船 58.5.19(水) 7:10~8:10
大阪市	南港 ポートタウン	6.6	10,243	4,252	2,002	9,793	0.47	20	住之江公園→平林 56.11.10(水)より推計
神戸 新交通	ポートアイランド	6.4	11,317	4,845	2,406	12,596	0.50	19	三宮→貿易センター 57.10.26(水) 8:00~9:00

(注) 民鉄統計年報(昭和59年3月発行)、都市交通年報(昭和59年版)より作成。

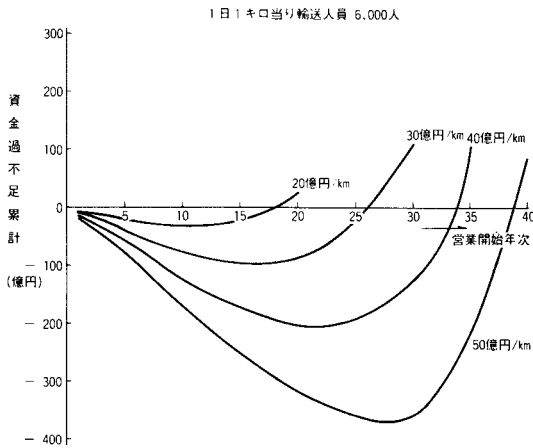
て経営収支の試算を行った。

路線としては、大都市近郊の団地等から最寄り鉄道駅までの場合を想定して、路線長(営業キロ)7km、8駅、輸送密度(A)は6000人とした。これに対し1km当たりの総建設費(車両費その他を含む)を20~50億円に変化させて経営収支計算を行った。計算の前提として、事業主体はインフラストラクチャー補助を受ける第三セクター方式とし、その率は現行どおり44.9%とした。おもな計算条件は表—5のとおりである。総建設費をパラメーターとしているので、インフラ外費用は総建設費の55.1%とし、その内訳(用地費、車両費、その他)は、総建設費に対する比率を神戸・大阪の実績から求めて各

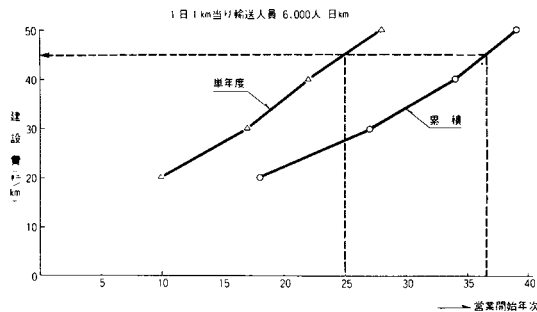
パラメーターごとに計算し、5年の建設期間中の消化の割合も神戸・大阪の実績による比率を使用した。また1人当たり人件費、1km当たり職員数、動力費、車両修繕費等も神戸・大阪の実績から求め、金額については、開業予定の昭和64年度ベースに換算した。運賃については現行の公共交通機関の平均値をとって64年度に換算し、その後は3年ごとに12.5%ずつ上昇するものとし、また一般の物価上昇率も年4%とした。また輸送数量も6000人に達するのは開業後30年目で、当初はその60%とした。その結果各営業年度における資金過不足の状況は図—2のようになった。またこの結果から、縦軸に1km当たり総建設費横軸に営業開始後の年数を

表一五 経営収支計算条件

		設 定 条 件	
1	開 業 区 間	昭和64年度全線開業、経営収支計算期間55年間（建設期間5年含む）	
2	建 設 計 画	昭和59年度建設開始、昭和63年度建設終了	
3	補 助	インフラストラクチャー補助 補助率 44.9%	
4	1人平均運賃	昭和64年開業時 190円	
	輸送人員の増加	初年度は、最終輸送人員の60%とする、対前年度上昇率は1.7%とし開業30年で100%とする	
	運賃上昇率	3年ごとに12.5%	
	雑収入	運賃収入の5%	
5	受取利息	利率 2.5%/年	
	人件費	昭和64年度ベース 7,000千円/人・年	人件費上昇率 4%/年
	諸経費	職員数は1km当り22人とする	
		動力費 51円/km（昭和64年度ベース）	
		車両修繕費 125円/km（昭和64年度ベース）	
	減価償却	開業初年度の車両は、最終必要車両数の60%とし、開業30年で100%とする	
経費上昇率 4%/年			
借入金利息	車両 定率法 耐用年数 13年		構築 定額法 総合耐用年数 45年
	6.05%/年		
出	建設資金	インフラ部 44.9%	国庫補助 44.9%×2/3=29.9% 自治体補助 44.9%×1/3=15.0%
		インフラ外部 55.1%	出資金 55.1%×1/5=11.0% 借入金 55.1%×4/5=44.1%



図一 收支と営業年数



図二 建設費と黒字転換の営業年数

として、単年度および累積で黒字に転換する年次をつなぐと、図一三のようになった。この図でわかるように輸送密度（A）が6000人の場合は、1km当たりの総建設費を45億円で仕上げても、単年度で黒字転換するの

に25年を要し、累計では黒字転換するには37年程度を要することになる。このような営業収支の状況を改善するには、

- a) 総建設費を30億円程度まで低減すること
- b) 運営の方法を改善して諸経費を低下させること
- c) 特別運賃の設定、補助率等の制度の改善

が考えられるが、このうちc)については別の機会に議論することにして、主としてa), b)について検討する。

4. 軽量車両高頻度運転（LVHF）の提案

（1）基本的考え方

前述のように中小規模の輸送需要に対しては、総建設費を極度に低くしなければならないが、それにはその半分近くを占めるインフラストラクチャーの建設費の低減を図る必要がある。そのための抜本的対策は、構造物設計の基本である設計荷重すなわち軸重を小さくすることである。軸重が小さくなれば、これは全線に及ぶことなので、総建設費の低減に非常に貢献する。

また人件費を節約するため完全無人運転とするが、それにはそれ相応の建設費がかかるので、その設備に対しては列車頻度を上げて投資効果を高めなければならない。だから問題は運転時隔を何秒まで短縮できるかということである。もちろんいかなる場合でも安全は絶対の要件であるが、その上に立って列車頻度を上げるならば、これは待たずに乗れるという意味で旅客へのサービスの向上になり、ひいては輸送需要の喚起にもつながる。また列車頻度を上げれば、一列車の連結両数が少なくなつて駅のホームが短くなり、建設費の低減にもつながる。

（2）軸重の軽減

軸重を軽減するためには、車両の単位長当たりの重量

を小さくしなければならないから、車両の幅を通常の車両より小さくして2mとする。長さは従来と同じく8mとする。その概略平面図を図-4に示す。図中図の部分、床下に収容しきれない機器類に対する予備空間である。

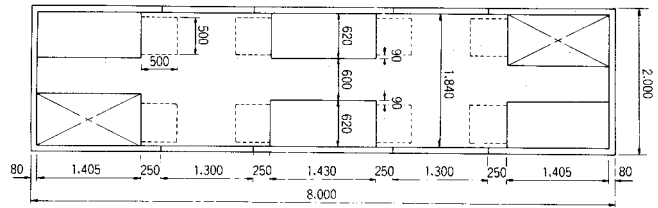


図-4 車両概略平面図

高頻度運転のためには駅停車時は小さいほどよく、その間に確実に乗降できるように、8m電車としては異例の2出入口とした。なお出入口の大きさは通常の通勤電車の場合と全く同じである。しかしこれでは座席数が少ないので、出入口広間にそれぞれ4個の補助椅子を設けた。なお車幅を2mにしたため対向する長椅子の間は600mmとなるので、その間には人は立たないことにした。これは短い停車時の確保の点で望ましいことである。

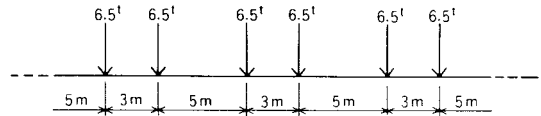


図-5 設計荷重

乗車人員の算定は、定員乗車では座席数のほかに補助椅子の間で車両長手方向の床面積に対し1人当たり0.2m²とし、やや混んだ状態では補助椅子をたただ出入口広間に対し1人当たり0.2m²とし、また満員時には1人当たり0.14m²として計算した。その結果をまとめると、表-6となる。定員乗車時の座席率は58.8%である。

が、本格的な車両設計を行っていない現段階ではやむを得ないので、VALと同じとして、1160kg/mが可能とみなす。すると空車重量は1160×8=9280kgとなる。これに対し満員時は58人乗車できるので、1人当たり60kgとすれば、1車の総重量は12760kg、ほぼ13tとなる。

次に車両の重量であるが、将来の軽量化の見通しを立てることは困難なので、現在使用されているゴムタイヤ方式の車両から類推する。現在わが国で使用されている各社のバスの各種類ごとに車長1m当たりの重量を求め、これを大型バスと中型バスとに分けて平均すると、表-7のように大型で854kg/m、中型で666kg/mとなった。またフランスのルール市で1982年部分開業した新しい地下鉄VALの2両編成の列車について同様の計算をすると1160kg/mとなる。車両の幅や公共交通機関としての類似性から判断すれば、提案車両の場合は小型バスと同程度で700kg/mくらいが可能かと思われる。

したがって構造物設計荷重としては、図-5に示すような6.5tの連行荷重とすることができる。

(3) 運転時隔1分の可能性

列車の運転時隔を短縮するうえで最も関係の深いことは、駅の閉塞区間がある列車が占有する時間であるが、列車の間隔制御を連続的に行ういわゆる連続クロージング方式を採用すれば、運転時隔を最小にすることができる⁷⁾。図-6は中間駅の場合で、駅を出発した列車が余裕距離を過ぎてその先頭が図のa点に達したとき、後続列車の先頭がちょうど図のb点に来ていたとすれば、両列車の時間間隔が最小運転時隔である。

- A: ブレーキ空走時間 (秒)
- T: 最小運転時隔 (秒)
- V_m: 列車の最高速度 (km/h)
- l_A: ブレーキ空走距離 (m)
- l_S: 余裕距離 (m)
- l_t: 列車長 (m)
- l_{a,b}: 加(減)速距離 (m)

表-6 乗車人員

	座席	立席	計人
定員乗車時	12 × 8 = 20	7 × 2 = 14	34
やや混んだ時	12	16 × 2 = 32	44
満員の時	12	23 × 2 = 46	58

表-7 各種車両の重量

車種	巾 (mm)	長さ (mm)	定員 (人)	車両重量 (kg)	車長1m当りの重量 (kg/m)	車両総重量 (kg)
大型バス	2,418	10,937	69	9,416	854※	13,385
中型バス	2,243	7,138	40	5,423	666※	7,732
VAL (2両編成)	2,060	25,540	124	29,500	1,160	44,000
L V H F (本提案)	2,000	8,000	34	9,280	1,160	12,760

※ 各種のバスの車種ごとの計算値を大型、中型に分けて平均したもの

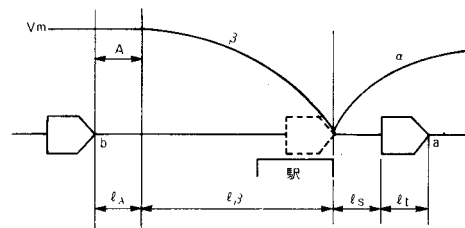


図-6 中間駅

t_g : 信号の現示が変わるに要する時間 (秒)

t_s : 駅停車時間 (秒)

$\alpha(\beta)$: 加 (減) 速度 (km/h/s)

とすれば,

$$T = A + \frac{V_m}{\beta} + t_s + \sqrt{\frac{7.2(l_s + l_t)}{\alpha}} + t_g$$

となる。いま $V_m = 60$ km/h, $\alpha = \beta = 3.5$ km/h/s, $l_s = 8$ m, $l_t = 16$ m (2両編成) とすれば, A は通常 4 秒, t_g は 1 秒程度なので, $T = t_s + 29.17$ 秒となる。したがって t_s を 20 秒とすれば, 列車運転間隔は約 50 秒まで縮められることになる。換言すれば, 10 秒の余裕をもって 1 分間隔の運転が可能になることがわかる。またもし 3 両編成にしても, $T = t_s + 30.25$ 秒となって, 1 分間隔の運転が可能になることがわかる。

ターミナル駅では折返し運転を行うため, 駅を占有する時間が概して長くなるが, その場合でも引上線を設備すれば中間駅の場合と同様になるので, 1 分間隔の運転に支障はない。しかし一般にターミナル駅は既設の鉄道駅に連絡することが多く, したがって地価が高くて引上線が作れない場合が多いので, あえて苛酷な条件となる頭端駅の場合について運転間隔を検討する。図一七は 2 線折返しターミナル駅の場合であるが, 運転間隔に最も大きな影響を与えるのは, 図で下り線を通して b 点に来た列車がわたり線を通して上り線のホーム (①の位置) に到達し, 次に下り線の出発進路が構成されて②の列車が発発し, わたり線を通して a 点に達し, 次に下り線の②の到着進路が構成されるまでの時間である。

上記の記号のほかに

V_p : 分岐器制限速度 (分岐側) (km/h)

l_p : わたり線の長さ (m)

t_{s1} : 到着列車がわたり線を通して①に止まるまでの時間 (秒)

t_{s2} : ②の列車が発発してその先端が a 点に達するまでの時間 (秒)

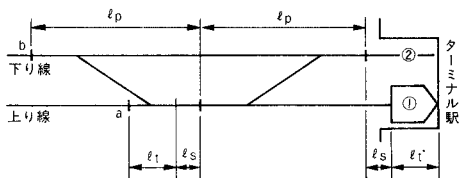
t_t : ポイント転換に要する時間 (秒)

とすれば,

$$T = t_{s1} + t_g + t_t + t_{s2} + t_g + t_t$$

ただし, t_{s1} は

$$a) \quad l_s + 2l_p + l_t \leq \frac{V_p^2}{7.2\beta} \quad \text{なら} \quad t_{s1} = A + \frac{V_p}{\beta}$$



図一七 2線折返しターミナル駅

$$b) \quad l_s + 2l_p + l_t > \frac{V_p^2}{7.2\beta} \quad \text{なら}$$

$$t_{s1} = \frac{7.2(l_s + 2l_p + l_t)}{V_p}$$

t_{s2} は

$$a) \quad l_s + l_p + l_t \leq \frac{V_p^2}{7.2\alpha} \quad \text{なら} \quad t_{s2} = \sqrt{\frac{7.2(2l_s + l_p + l_t)}{\alpha}}$$

$$b) \quad l_s + l_p + l_t > \frac{V_p^2}{7.2\alpha} \quad \text{なら}$$

$$t_{s2} = \frac{3.6(l_s + l_p + l_t)}{V_p} + \frac{2\sqrt{V_p^2 + 7.2\alpha l_s} - V_p}{2\alpha}$$

となる。

ここで, 側方案内型ガイドウェイ用に設計された 9° 片開き分岐器を 2 組, 中間に 10 m の直線を入れてわたり線を構成すると $l_p = 61.662$ m となる。また V_p を 40 km/h とし, t_t は大阪・大宮の実績から 2.5 秒とすれば, $T = 47.65 \approx 48$ 秒となるので, 余裕をもって 1 分間隔の運転が可能になることがわかる。

上記の式をよくみれば, T の値に大きな影響を与えるものは, V_p と列車長さすなわち列車編成両数とであることがわかる。

また 1 分間隔に対し 10 秒の余裕をとることにすれば, T は 50 秒以下でなければならない。そこで V_p を 35 km/h とすれば, 1 両編成で T は 49.44 秒, V_p を 40 km/h とすれば 3 両編成で T は 49.81 秒, V_p を 45 km/h とすれば 4 両編成で 48.31 秒となって, これらがそれぞれの分岐器制限速度の場合の最大編成両数である。このように V_p を高めれば編成両数は計算上はいくらでも多くできるが, これは結局はもっと大きい車両を使う問題につながる。また分岐速度があまり大きくなれば, 遠心力の影響も無視できなくなるし, また側方案内輪の高さと車両重心の位置との関係で転倒に対する検討も必要となる。

しかしながら, 1 分間隔運転の 1 時間当たり最大輸送人員は, 3 両編成で 10 440 人, 4 両編成で 13 920 人となり, あまり多くなれば当然客扱いの問題も起こるので, 別の角度からの検討が必要である。しかし今扱っている 1 時間当たり輸送人員 3 000~6 000 人程度の場合については, 1 分間隔運転なら 2 両編成以下で十分であるから, 分岐速度は 40 km/h 以下でよいことになる。

ここではいわゆる八の字形のわたり線としたが, 通常の鉄道のようなシーサスクロッシングタイプのものできれば, $2l_p$ はもっと短くなるので, 1 分間隔に対しさらに多くの時間的余裕がとれるものと思われる。

(4) 輸送計画

前述のような車両で最小運転間隔を 1 分にして, 輸送需要 (A) が 6 000, 4 500, 3 000 人の場合について輸

表—8 輸送計画

A (人)	開 業 30 年 後			開 業 当 初 (60%)		
	輸送人員 (人)	輸 送 計 画		輸送人員 (人)	輸 送 計 画	
6,000	C	6,000	2両編成 1分間隔=60本/h 6,000人÷60=100人	C	3,600	2両編成 1分40秒間隔=36本/h 3,600人÷36=100人
	E	882	2両編成 6分間隔=10本/h 882人÷10=88人	E	529	2両編成 10分間隔=6本/h 529人÷6=88人
	D	21,000	6分間隔を中心として、時隔調整	D	12,600	10分間隔を中心として、時隔調整
	C	4,200	2両編成 1分30秒間隔=40本/h 4,200人÷40=105人	C	2,520	1両編成 1分15秒間隔=48本/h 2,520人÷48=53人
	E	876	2両編成 6分間隔=10本/h 876人÷10=88人	E	526	1両編成 5分間隔=12本/h 526人÷12=44人
	D	19,091	6分間隔を中心として、時隔調整	D	11,455	5分間隔を中心として、時隔調整
4,500	C	4,500	2両編成 1分30秒間隔=40本/h 4,500人÷40=113人	C	2,700	1両編成 1分15秒間隔=48本/h 2,700人÷48=57人
	E	662	2両編成 7分30秒間隔=8本/h 662人÷8=83人	E	397	1両編成 6分間隔=10本/h 397人÷10=40人
	D	15,750*	7分30秒間隔を中心として、時隔調整	D	9,450	6分間隔を中心として、時隔調整
	C	3,150	1両編成 1分間隔=60本/h 3,150人÷60=53人	C	1,890	1両編成 1分40秒間隔=36本/h 1,890人÷36=53人
	E	657	1両編成 4分間隔=15本/h 657人÷15=44人	E	394	1両編成 6分40秒間隔=9本/h 394人÷9=44人
	D	14,318	4分間隔を中心として、時隔調整	D	8,591	6分40秒間隔を中心として、時隔調整
3,000	C	3,000	1両編成 1分間隔=60本/h 3,000人÷60=50人	C	1,800	1両編成 1分40秒間隔=36本/h 1,800人÷36=50人
	E	441	1両編成 6分間隔=10本/h 441人÷10=45人	E	265	1両編成 10分間隔=6本/h 265人÷6=45人
	D	10,500*	6分間隔を中心として、時隔調整	D	6,300	10分間隔を中心として、時隔調整
	C	2,100	1両編成 1分30秒間隔=40本/h 2,100人÷40=53人	C	1,260	1両編成 2分30秒間隔=24本/h 1,260人÷24=53人
	E	438	1両編成 6分間隔=10本/h 438人÷10=44人	E	263	1両編成 10分間隔=6本/h 263人÷6=44人
	D	9,545	6分間隔を中心として、時隔調整	D	5,727	10分間隔を中心として、時隔調整

(注)* $D \leq \frac{1}{2}AL$ なので、 $\frac{1}{2}AL$ を採用、ただしLは営業キロ。

送計画を立てた。いずれも開業当初は60%しか需要がないものとする。また営業キロ(L)は7kmとする。

必要列車数の計算は、最混雑区間・最混雑時間・1時間当たり片道輸送人員(C)によらなければならないが、2.(2)で述べたように(C)は必ずしも(A)と同じ数値ではないので、その比率(γ)が1の場合と0.7の場合とについて計画する。このとき運転時隔は1分以上とし、乗車人員は満員乗車を基準として1列車の編成両数を求めた。

最混雑区間の片道終日輸送人員(D)は、 $D=C/\delta$ から求めるが、 δ の値としては表—4から22%とした。

(E)は最混雑区間、オフピーク時、1時間当たり平均片道輸送人員であるから、

$$E=(D-C)/(T_0-1)$$

となる。ただし T_0 は1日の営業時間で、ここでは5:00~23:00として18時間とした。オフピーク時の輸送

計画は、(E)について、乗車状況をやや混んだ状態として1列車の編成両数と運転時隔とを求め、これをオフピーク時の平均的輸送状態とみなし、その他の時間帯は適宜時隔調整する。

以上の計算結果を表にまとめると、表—8となる。

この表でわかるように、たとえば(A)、(C)ともに6000人の場合は、2両編成で開業当初はピーク時にも1分40秒間隔でダイヤを組み、オフピーク時は10分間隔を中心として適宜時隔調整してダイヤを組みよ。そして乗車人員が増したら徐々に運転時隔を短縮し、最終的にはピーク時で1分間隔に、またオフピーク時は6分間隔を中心として適宜時隔調整しながら、輸送サービスを行えばよい。

しかし(A)は6000人でも、(C)が4200人の場合は、開業当初は1両編成で、ピーク時は1分15秒間隔で輸送し、オフピーク時は5分間隔を中心として適宜時隔調

整すればよいが、最終的には2両編成にして、ピーク時は1分30秒間隔で、またオフピーク時は6分間隔を中心として適宜時隔調整しながら、輸送しなければならない。いつ2両編成にすべきかは、輸送人員の伸びと営業の実績とに合わせて決めるべきである。

以上のことから、このような車両の2両編成で1分間隔運転を行えば、1時間当たり6000人の輸送が十分安全に行えることがわかる。

5. む す び

(1) 経済的有利性

従来の考え方によってはほとんど採算がとれない、輸送密度(A)が3000~6000人/日・kmの場合に対し、設計の基本である軸重すなわち設計荷重を軽くし、また最混雑時は運転時隔を1分という高頻度にすることを提案した。これは軽量車両(Light Vehicle)高頻度(High Frequency)運転と特徴づけることができる。軸重9tが6.5tになるということは、約28%下がることになるから、駅のホームが短くなることとともに工事費がかなり低減することは明らかである。

また高頻度運転で輸送需要に応じたきめの細かい輸送計画を立てれば、当然総車両数もまた車両走行キロ数も減って、経済的になる。

必要な総車両数は、路線1往復の時間を運転時隔で割ったものに比例するが、4.(2)で仮定したモデル線の例では、従来の標準的考え方による必要車両数66両が52両となって、21%の減少となった。

また収支計算のうちの物件費としての動力費や修繕外注費は、車両の年間走行キロに比例するものであるが、このモデル線の場合、平均乗車キロを3.5kmとして試算すると、輸送需要(A)が6000人の場合で、開業当初の年間総走行キロは821250kmとなったものが、この提案の方法では731659kmとなり、約11%減少した。

以上はモデル線についての試算であるが、ここに提案したようなシステムで具体的な路線について詳細な設計を行えば、従来非採算的で実現できなかった多くの路線が、実現可能となると思われる。

(2) 実務的特長

ここに提案した軽量車両の高頻度運転という新しいシステムは、細部においてさらに詳しい設計が必要ではあるものの、全体としては十分な安全性をもって実現可能なシステムであり、それは下記のような特徴をもつものである。

(1) 安全を最も重視した、クロージングインシステムによる自動運転で、最小時隔を1分としている。

(2) ピーク時は1分程度、オフピーク時でも5~10分程度の時隔を中心としたダイヤを作成して、「いつで

も乗れる」というサービスを提供している。

(3) 列車の遅れを未然に防止するために、8mの車に2出入口を設備して、短時間で人の出入を容易にしている。

(4) オフピーク時は補助椅子を使用することで、座席率の低下を防いでいる。

(5) 座席の間の通路は幅を狭くしたので、原則として人は立たないことにした。

(6) 車両の幅を狭くしたので、軸重が小さくなって構造物が簡素化された。

(7) 構造物の幅が狭くなったため、道路幅もそれだけ狭い所が利用できることになった。また地下や半地下構造が必要な場合は、幅が狭いだけ有利である。

(8) 運転時隔を小さくしたため1列車の編成が2両以下にできて車両総数と年間走行キロ数が節減された。

(9) 1列車は2両以下の編成のため、駅の規模がそれだけ簡素化され、建設費も低減した。

(10) 頭端駅でも1分間隔運転が可能なので、既設駅との接続が容易である。

(3) 今後検討を続けるべき事項

以上はいわゆる中量輸送システムのうち、特に輸送需要の少ない場合についての提案であるが、今後検討を続けるべき事項としては、次の項目が挙げられる。

(1) 車両重量の推定では、フランスのリール市のVALを目標としているが、その可能性の確認

(2) 最適分岐器の設計(通過速度と関連して)

(3) バリヤーフリーシステムも含めて、改集札システムの簡素化

(4) 無人運転とあらゆる異常事態対策(1人乗務方式も含めて)

参 考 文 献

- 1) 黒川 洸：地方都市への新交通システム導入計画の問題点と推進方策，都市計画，No.130，pp.44~49，1984年2月。
- 2) 交通関係技術開発グループ：軌道系都市交通システムの問題点と対策—新・新交通システムの提案—，モノレール，No.53，pp.4~16，1984年6月。
- 3) 運輸省鉄道監督局：昭和57年度民鉄統計年報，政府資料等普及会，1984年3月。
- 4) 運輸省大臣官房：昭和59年版都市交通年報，運輸経済研究センター，1984年5月。
- 5) 建設省・運輸省(通達)：新交通システム基本仕様，1983年8月。
- 6) 日本交通計画協会：「新交通システムの標準化とその基本仕様」の策定に関する検討資料，pp.34~35，日本交通計画協会，1983年3月。
- 7) 吉武 勇・明本昭義：運転保安設備の解説，pp.209~265，日本鉄道図書株式会社，1973年1月。

(1984.9.7・受付)