

都市鉄道のワンマン化にむけた調査・研究^{*}

—— 大規模鉄道新線の事例 ——

The Study of One-man Operations on Urban Railway

**

**

加藤 新一郎

名越 次郎

原田 吉和

by Shinichiro KATO, Ziro NAGOSHI, and Yoshikazu HARADA

(1) Background and Purpose: Railway enterprises have been converted from labor intensive industry into equipment one, because of the wide spread of automatic ticket dispensers and one-man-operated trains in the metropolitan railways. This paper is to study the effects and problems on the sound management of a company operating a newly constructed urban railway when one-man-operated trains are introduced.

(2) Outline: This paper is to propose a concrete plan of introducing one-man-operated trains by using a development-oriented new large scale railway as a model.

(3) Conclusion: On the assumption that one-man-operated trains be introduced, a case study has been carried out to measure the effectiveness of investment by changing the combination of investment costs including one for platform doors and personnel and other expenditures. It has been confirmed that one-man-operated trains are an effective system enough to meet the requirements of sound management of rail company as well as more diversified and sophisticated railway systems and passenger services.

Problems to be solved in the future are to proceed technical development in simpler platform doors and monitoring system on the ground that are suitable to urban railways.

1. はじめに

(1) 今後の鉄道事業の方向

鉄道事業者は、規模の大小を問わず、労働生産性の向上や経営基盤強化を図るため、種々の努力・工夫を重ねてきている。また、労働状況は人手不足が深刻化しており、労働省雇用政策研究会報告（平成4年4月）によると、労働力人口は2000年をピークに減少に向かうとしている。

これに対し、近年、首都圏内の鉄道における自動改札のめざましい普及や、地下鉄の「ワンマン運転」等に見られるように、鉄道事業は今や労働集約産業

から装置産業へと転換してきている。

21世紀に向けて、今後とも電気・機械設備機能の向上を背景として、鉄道分野においても、経営効率向上のための省力化・自動化の流れは、より強まってくると思われる。

(2) 鉄道新線を取り巻く環境

一方、都市鉄道新線の経営環境を考えた場合、街づくり・宅地供給を基礎とした人口張り付きの進捗度合いによって、路線の鉄道利用者数は大きく左右されることになる。

従って、安定経営のためには、都市・開発者側の強力な開発推進とともに、鉄道事業者の経費削減に向けた努力・工夫が不可欠である。

(3) 本研究の目的

以上の認識に立って、鉄道新線運営会社の安定経営を図ることを想定して、ワンマン運転化した場合の効果と検討課題、そして技術課題は何か？また、先進事例の各鉄道事業者は、どのような対策により

*キーワード：鉄道計画・都市鉄道・ワンマン運転

**正会員 日本鉄道建設公団 東京支社 調査課

(108 東京都港区芝5丁目33-8)

*** 日本鉄道建設公団 東京支社 調査課長

(同 上)

導入を行ったのか？

以上の問題提起を行い、検討した結果、大規模新線におけるワンマン運転への道すじとして、一つの具体的提案を行うことができた。

ここでは、ワンマン運転の実情把握とともに鉄道新線をモデルとした新たな運転形態検討の概要を述べる。

2. ワンマン運転の現状

わが国の普通鉄道旅客列車で、「ワンマン運転」が初めて実施されたのは、昭和46年8月の関東鉄道竜ヶ崎線佐貫－竜ヶ崎間(4.5km)である。この区間は、単線主体であり、合理化・省力化施策は鉄道の存続を図るための有効な手段となった。

その後の地方中小私鉄複線区間や神戸・大阪の公共交通における実施をうけ、都市鉄道においては、昭和59年1月、福岡地下鉄が6両編成地下鉄として、全国初のワンマン運転を開始した。このワンマン運転においては、運転士の作業軽減を図るため、自動列車運転装置(ATC)を搭載することにより、運転士の操作を発車ボタンを押すだけへと簡素化させた。

そして、昭和62年7月には、仙台地下鉄が、ファジィ制御によるATC導入・運転席テレビモニタ装

備によるワンマン運転開業を行った。

さらに、東京圏においても、平成3年11月には営団南北線が、12月には都営12号線が相次いでワンマン運転地下鉄として開業した。

表-1に示すように新交通はもとより、地下鉄においてもワンマン運転が積極的に推進されてきている状況にある。

また、このうち、仙台地下鉄・都営12号線・営団南北線・福岡地下鉄における列車編成・ホーム形式等についてまとめたものが表-2である。

列車編成は、福岡地下鉄と都営12号線の6両編

表-2 事業者別ワンマン運転対策比較

	仙台地下鉄	都 営 12号線	営団南北線	福岡地下鉄
列車編成	4 両 (6両)	6 両 (8両)	4 両 (8両)	6 両
ホーム形式	島 式	島 式	島式が基本	島式が基本
安全監視	車上モニタ	車上モニタ	地上モニタ ホームドア	地上モニタ
運転台位置	右 側	右 側	左 側	左 側
ホーム要員	な し	状況に応 じ 配 置	な し	な し
信 号 保安設備	ATC,ATO	ATC,ATO	ATC,ATO	ATC,ATO

表-1 旅客列車のワンマン運転実施状況

平成4年4月1日現在									
事 業 者 名	線 名	区 間	車種別	実施年月日	両 数	備 考			
仙 台 市	南 北 線	13.6 八乙女－富沢	複	昭62.7.15	4	地下鉄			
山 万	ユ－カリト 丘 線	4.1 ユ－カリト 丘－ユ－カリト 丘	単	昭57.11.2	3	案内軌条式鉄道			
埼玉新都市交通	伊 奈 線	12.7 大 宮－内 宿	単・複	昭58.12.22	4,6	案内軌条式鉄道			
東 京 都	都 営 12号 線	3.8 光 が 丘－練 馬	複	平 3.12.10	6	地下鉄・鉄輪リニア			
	上 野 懸 垂 線	0.3 上野動物園東重 －上野動物園西重	単	昭60.4.2	2	懸垂式鉄道			
営 団 地 下 鉄	南 北 線	6.8 赤羽岩園－駒込	複	平 3.11.29	4	地下鉄			
西 武 鉄 道	山 口 線	2.8 西武池袋線 －西武球場前	単	昭60.4.25	4	案内軌条式鉄道			
千葉都市モノレール	2 号 線	8.0 千城台－スズノボリ	単・複	昭63.3.28	2	懸垂式鉄道			
横浜新都市交通	金沢シーサイドライン	10.6 新杉田－金沢八景	複	平 1.7.5	5	案内軌条式鉄道			
名古屋鉄道	モリハバスターミナル線	1.2 大山遊園－動物園	単	昭37.3.21	3	跨座式鉄道			
桃花台新交通	桃 花 台 線	7.4 小牧－桃花台東	複	平 3.3.25	4	案内軌条式鉄道			
神 戸 新 交 通	ポートアイランド線	6.4 三 宮－三 宮	単・複	昭56.2.5	6	案内軌条式鉄道・無人運転			
	六甲アイランド線	4.5 住 吉－マリノバ	複	平 2.2.21	4	案内軌条式鉄道・無人運転			
大 阪 市	南港モノレール線	6.6 住之江公園－中津頭	複	昭56.3.16	4	案内軌条式鉄道・無人運転			
大阪高速鉄道	大阪モノレール線	6.6 千里中央－南茨城	複	平 2.6.1	4	跨座式鉄道			
福 岡 市	1 号 線	9.8 姪 浜－博 多	複	昭59.1.20	6	地下鉄			
	2 号 線	4.7 中西川端－貝塚	複	昭59.1.20	6	地下鉄			
北九州高速鉄道	小 倉 線	8.4 小 倉－金 武 丘	複	昭60.1.9	4	跨座式鉄道			

ATC (Automatic Train Control:自動列車制御装置) 先行列車との間隔及び進路条件に応じて、列車の速度が許容運転速度以下となるよう減速制御を自動化した設備。

ATO (Automatic Train Operation:自動列車運転装置) ATCの減速制御の機能の他加速制御、所定位置停止制御など列車操縦操作全般を自動化した設備。

ホームドア :ホームにおける旅客の安全確保を図るため、ホームと軌道部とを仕切る設備である。乗降時は列車のドアとホームドアが連動して開閉する構造となっている。

ATC制御自動運転装置 :熟練運転士の持つノウハウやノウハウに頼らず、走行時の状況に即した乗り心地や停止制度などを総合的に調和させ、柔軟に列車をコントロールするシステム。

成が最長で、将来的には営団南北線が8両化になる予定である。ホーム形式は島式が基本である。運転台については、仙台地下鉄と都営12号線は島式ホームによる安全管理面から右側運転台としている。

一方、営団南北線と福岡地下鉄については、地上モニタ方式であるが他線との相互直通運転を考慮して、左側運転台にしたと思われる。また、営団南北線については、ホームドアが採用されている。

ホーム要員は基本的には無配置で、乗務員の支援設備としてATO・ATC等は各事業者とも設備している。

3. モデル線の設定

ワマン運転を検討するための、モデル線を次のとおり設定した。

(1) 路線の概要

- ①開発型鉄道新線とする
- ②路線長60km程度の都市鉄道とする
- (2) 輸送需要想定
 - ①利用人員：開業時 47万人/日
熟成時 62万人/日
 - ②輸送密度：開業時 13万人/キロ・日
 - ③最大通過断面：開業時15万人/終日・片道
 - ④ピーク時輸送量：開業時 4.8万人/時

(3) 要員想定

首都圏における民鉄線の平均的鉄道事業をイメージするため、要員想定については、平成元年度関東大手民鉄7社の平均原単位を用いた。その結果は表-3のとおりとなった。このうち、「運転」における、運転士に対する車掌の比率は7社平均と同じ80

%とした。したがって、この場合の内訳は、運転士120人・車掌100人となった。

4. ワンマン運転人件費削減効果

モデル線においてワマン運転を行った場合の、車掌100人削減による人件費削減額を算出した。

この結果、人件費削減額は①平成元年度価格(750万円/年・人)で年間平均約7.5億円(20年間で150億円)、②名目価格で年間平均約15.5億円(20年間で310億円)となった。これは、人件費の約1割に相当する額である。

5. ワンマン運転の検討課題と具体的対策

(1) ワマン運転導入に関わる主な検討課題

- ①ワマン運転に適正な輸送量であるか
 - 乗降人員及び混雑率見込みはどの位か
 - ②乗降監視をどのように行うか
 - ホーム要員を配置すべきか
 - モニタをどのように設置すべきか
 - ホームドアを設置すべきかどうか
 - ③ATO実施のための車両費の増加は
- これらについて、以下に具体策を示した。

(2) 混雑率・乗降人員の推計

ラッシュ時の乗降に最も時間がかかるのは、車内混雑が高く、しかも乗車人員が多い駅である。この2つの要素が重なった駅の発車が最大の検討課題となる。

①混雑率

モデル線におけるラッシュ時混雑率想定は図-2の通りとなった。このうち、熟成時における最混雑区間は、F駅～E駅の179%となった。これは、図-1に示したように、福岡地下鉄のラッシュ時160%台(最大200%台)と比べ同程度と想定され、ワマン運転導入検討の対象になりうると考えられる。

②乗降人員

図-2に示したように、郊外部は乗車人員が多く、都心側は降車が多くなっており、この内乗降に最も時間がかかるのは、L駅・J駅・E駅と想定された。

(3) ホーム要員の検討

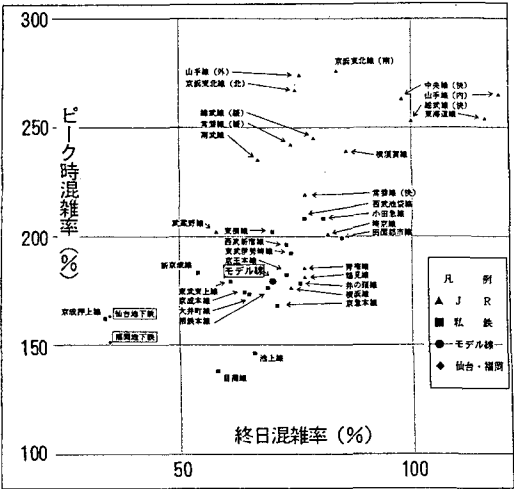
現状のホーム要員配置は朝ラッシュ時混雑率200%程度に達する駅においては、概ね1名から5名の要員配置を行っているが、新線においては、ホーム形状を良くし要員を減らす傾向となっている。仙台・都営等

表-3 モデル線要員想定

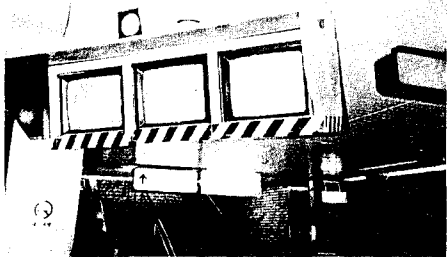
	7社平均原単位 ①	モデル線の条件 ②	モデル線の要員 ①×②=③
線路保存	0.850人/km	120Km	100人
電路保存	0.926人/km	—	110人
車両保存	0.00333人/千両	40,000千両*	130人
運輸	14.1人/駅	19駅	270人
運転	0.0561人/千両	4,000千両*	220人
小計			830人
管理	0.194	830人	160人
合計			990人

ワマン運転事業者におけるホーム係員は、原則無配置となっている。

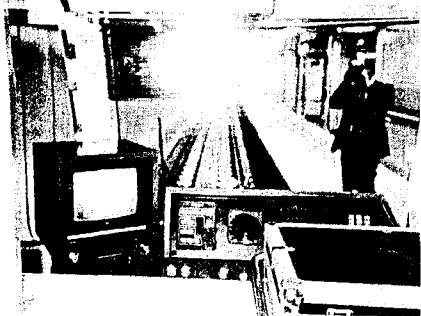
モデル線のホーム要員数については、関東大手民鉄7社の平均をとると、全19駅で朝ラッシュ時43人、昼間時26人配置できるが、今後の自動化の進展を想定すれば、ホームの有無を考慮しつつ、主要駅だけの配置で良いと思われる。



図ー１ 主要路線における混雑率実績



写真ー１ 地上モニタの例（福岡地下鉄）



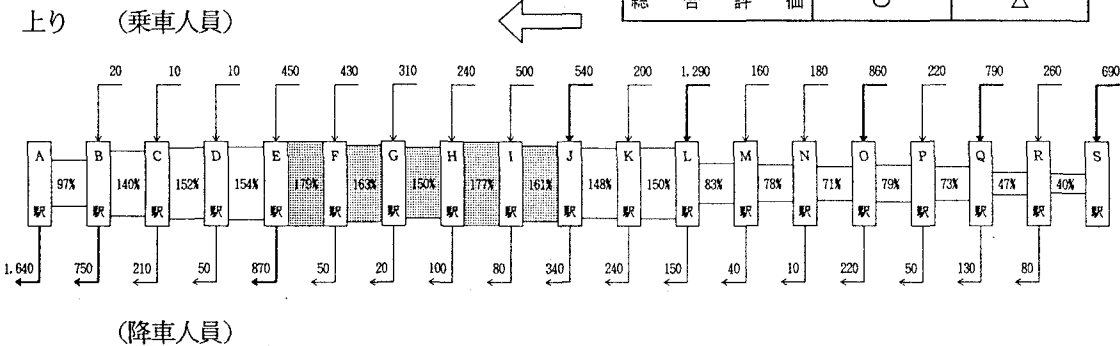
写真ー２ 車上モニタの例（都営12号線）

表ー４ モニタ方式の検討

		地上モニタ方式	車上モニタ方式
出発監視	ホーム有	○	○
	ホーム無	△	△
		ホーム要員又は監視センターの応援が必要となる。	
経済性		○	△
モニタ寸法の制約		○	△
視認性		△	○
総合評価		○	△

（４）ホーム監視モニタの検討

ホーム監視モニタは、地上モニタ（写真ー１）と車上モニタ（写真ー２）の２種類があるが、その比較を行った結果、モデル線においては編成長が200mとなることから、3～5画面が必要となり、運転席ではスペース的に設置が難しいため、表ー４に示すように、地上モニタの採用が望ましいと考えられる。



図ー２ モデル線混雑率および1列車あたり乗降人員

(5) 運転席とモニタ設置位置の検討

ワンマン運転を行う場合、非常時対応を考慮すると、一般的にはホーム側に運転席があるのが望ましい。このため、相対式が基本であれば左側、島式が基本であれば右側となる。

モデル線の場合、相対式と島式が混在しているが、相対式の比重が大きいことから「左側運転台」が望ましい。

また、地上モニタ設置位置は、例えば、図-3に示したように、①運転席側（左側）のパターン、②ホーム側（左・右）のパターンが考えられる。このうち①の島式における地下駅の場合、トンネル内空断面の支障が考えられるため、②ホーム側（左・右）の設置パターンが望ましいと考えられる。

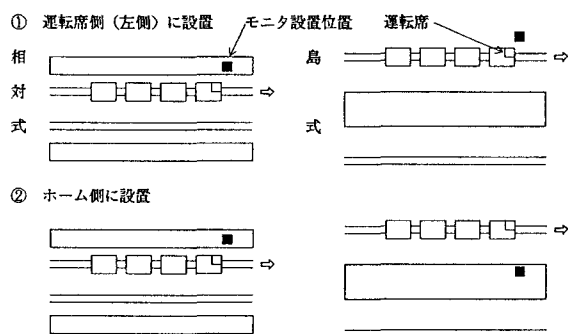


図-3 運転台と地上モニタの設置位置の関係

6. ワンマン・ホームドアのケーススタディ

ワンマン・ホームドアの組合せケース別投資効果を、ケーススタディとして試算した。

(1) ホームドア設置のパターン

ホームドアをどの駅に設置するかについては、その目的・効果等を詳細に検討する必要がある。ここでは、費用対効果の把握を主眼とするため、ケーススタディにおけるホームドアの形式は、①ワンマンを行わないケース2では、ホームドアの最も安いタイプである改良柵型ホームドア（図-4）の全駅設置、②ワンマンを行うケース4では、ホームドアのグレードとして最も高い密閉型タイプ（図-5）を想定した。

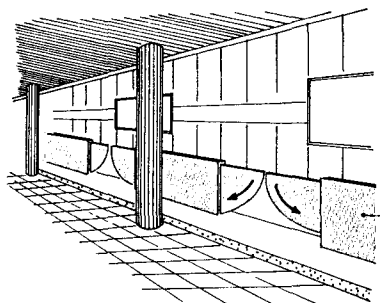


図-4 改良柵型ホームドア

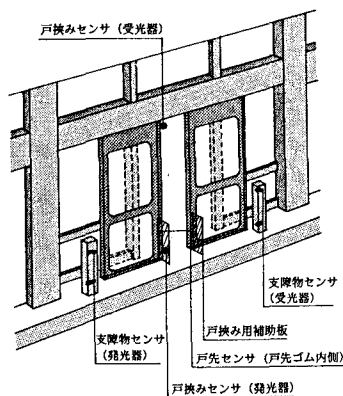


図-5 密閉型ホームドア

(2) 電気関係設備費の試算

①ケース2では定点停止装置等、②ケース3では車上モニタ・ATO設備費、③ケース4では地上モニタ・ATO設備費を見込んだ。

(3) 人件費の算定

ホーム要員は、ワンマン運転の有無とホームドア採用の有無により変動する。

①ケース2は、ホームドア設置による安全度向上が図られるため、ホーム要員は削減できるが、主要6駅については、利用者案内向上のため、その配置を考える。②ケース3では、車掌要員がゼロでホーム要員は必要数見込む、③ケース4では、車掌要員がゼロでホーム要員は主要6駅に配置する。（表-5）

表－5 ケース別の要員数および人件費の削減額

ケース名	条 件		ホーム 要 員 (人)	車 掌 要 員 (人)	合 計 (人)	ケース1 との差 (人)	年間あたり人件費 の削減額 (億円)
	ワンマン 運転	ホーム ドア					
ケース1	－	－	77	102	179	――	――
ケース2	－	○	10	102	112	△ 67	5.0
ケース3	○	－	97	0	97	△ 82	6.1
ケース4	○	○	10	0	10	△ 169	12.5

(4) ケーススタディのまとめ

以上求めたケース別ホーム・電気関係の設備費・経費及び人件費削減額の金額比較、並びにメリット・デメリットを整理したものが表－6である。これを基本ケースとの比較で見ると、

①ケース2は、ホームの安全度は向上するものの、利子負担が経費減を上回るため投資面では好ましくない。

②ケース3は、人件費減により、ワンマンに必要な設備費（ATO 装置・車上モタ等）を6年程度で償還できることになる。

③ケース4は、ホーム経費の増分と人件費の減を合わせて、年間10.1億円の減少となり、ホーム設置にかかる投資額 115億円を11年で償還できることになる。また、ホームをすべて改良柵形とした場合には、投資額が約4割減となり、償還は8年と早まることになる。

以上、投資効果面から、ワンマン実施のケース3・4（ホームあり）は優れていると判断される。

表－6 ワンマン・ホームドアの

有無によるケース比較

ケース	ワンマン	ホーム	ホーム 電気	設備 費計	ホーム 人件費	経費 合計	メリット (○) デメリット (△)
1	×	×	――	――	――	――	(基本ケース)
2	×	○	5.5 1.6	7.1	2.4 △5.0	△2.6	○ホームの安全度向上 ○経費減△2.6億円 △建設費増 71億円
3	○	×	――	3.6	―― △6.1	△6.1	○経費減△6.1億円 △運転士の負担増 △ホーム監視員増
4	○	○	8.6 2.9	11.5	2.4 △12.5	△10.1	○経費減△10.1億円 ○ホームの安全度向上 △建設費増 115億円

(5) ワンマン・ホームドアの導入パターン

ワンマン運転・ホームドア導入にあたっては、全線・全駅導入の他に、都心側を完全導入とし、郊外部については建設費圧縮を考慮しホームなしというケースや、快速通過駅だけの設置などが考えられる。

6. お わ り に

今後の課題としては、より都市鉄道にふさわしい簡易ホームと地上モタの技術開発を行う必要がある。

一方、大都市圏鉄道を建設するには、建設費増加に対する問題だけではなく、空間の制約や環境への配慮など、種々のハードルを越えなければならない。

そして、今後とも鉄道建設を取り巻く環境は、厳しくなる事が予想されるが、大都市圏の空間使用効率やエネルギー・環境面からも、鉄道の果たすべき役割は増々大きくなるであろう。

この鉄道建設に際しては、開業後の運営主体にとっての営業効率性や事業の発展性ととも、利用者の立場に立った利便性について十分配慮しておく必要がある。この会社運営の立場や利用者の立場に立つことが、施設計画立案のための重要な基本認識であると思う。

今度とも、新しい工夫・技術開発を行って、より快適で利用しやすく、環境にもやさしい鉄道を提案していく事こそが、鉄道技術者の使命であると考えている。

参考文献

- 1) 佐藤 公一：東京に11番目の地下鉄路線誕生間近、運転協会誌、1991年11月
- 2) 小林正好：都営12号線開業、運転協会誌、1991年12月
- 3) 横井 透：日本におけるワンマン運転の実情、鉄道ピクトリアル、1992年2月
- 4) 横井 透：ワンマン運転と安全対策、鉄道ピクトリアル、1992年2月
- 5) 日本鉄道建設公団東京支社：都市鉄道におけるワンマン運転化の調査検討報告書、1992年6月
- 6) 原田吉和：都市鉄道におけるワンマン化の調査・検討、鉄道公団東京支社、1992年7月
- 7) 加藤新一郎：都市鉄道におけるワンマン化にむけて、鉄道公団ラポール、1992年8月