

1. はじめに

世界中で発展している ICT 技術は、鉄道業界にも大きな影響を与えている。ICT 技術導入のメリットは、鉄道業者が効率的な輸送サービスを実現できるだけではない。例えば車両内の情報提供装置やホームドアがきちんと整備されれば安全性と識別性の向上が図られ、その結果乗客にもメリットが生まれる可能性が大いにあるのである。ICT 技術はもはや、安全な鉄道輸送サービスを行うためにはなくてはならないものとなった。

その ICT 技術の「目玉」として、2013 年に「無人自動運転機能」を搭載した N700A 系（東海旅客鉄道）という画期的な新幹線車両が登場した。この「無人自動運転機能」は、従来の人間による運転よりも効率的な加減速システムを実現し、電力消費の抑制とダイヤの正確さに特化したもの。スピードアップやダイヤ乱れ時に大きな効果を発揮するとされている。まだ N700A 系新幹線は数が少なく増備途中であり、「無人自動運転機能」の使用開始時期も未定だが、鉄道の常識が変わる歴史の転換点となる技術ではないだろうか。「新幹線無人運転実現！」というニュースが待ち遠しい。

この他にも山手線（東日本旅客鉄道）・有楽町線（東京地下鉄）など首都圏ではホームドア設置プロジェクトが進行しており、まさに今、鉄道業界では ICT 技術の導入が盛んであるのだ。しかしこのような ICT 機器は、導入にコストや手間が多くかかるため、特別な路線を除き導入がなかなか進められてこなかった。ではなぜ最近、このような ICT 技術導入の傾向が強まっているのか。これは近年の鉄道業界の傾向に原因がある。

ここ最近、鉄道業界は少子高齢化と人口減少による乗客数と収入減少の傾向がある。この傾向は日本全国で継続しており、この勢いが止まる見通しはない。さらに格安航空機や高速バスの台頭で交通競争は激化しており、運賃値上げやサービスのレバレッジダウンは断じてできない状況に陥っているのだ。問題はそれだけではない。「ながら歩き」や自殺による傷害事故発生件数が増加し続けており、収入が減少するなかこちらの対策費も大きくなっているのだ。事故が多ければ事故処理費はもちろんのこと人件費の高騰やサービスの低下、信頼の喪失に直結する。

ではどうすれば良いのか。その二つの問題の対策として講じられているのが「ICT 導入による効率化・コスト削減」の方法である。例えば全ての列車が無人的となり「完全無人運転化」が実現すれば、運転士は不要となる。運転士用の人件費や施設管理費などのコスト削減に大きく貢献させることができるはずだ。また山手線などのホームドア設置の件であれば、ホームドアや転落防止装置、情報案内装置が各駅に配属され、その結果事故数の減少を達成できれば、事故処理費や駅員そのものの削減につながり、やはり大幅なコスト削減を実現することができるのである。

実際に、東京メトロ南北線では最新の ICT 機器（ホームドア・ホーム監視装置・停止位置調整装置・自動放送装置等）が実用化されており、大都市圏でありながらワンマンかつ半自動運転を実現することができ、その結果車掌の廃止と人身事故発生件数 0 件、乗務員の業務負担削減に成功している。ICT 機器導入にはコストが付き物だが、長期的にみればコスト削減につながる。つまり、ICT 技術で実現する“コストをかけてコストを削減する”方法こそが、安全性と効率性を両立する輸送サービスを生み出すのである。

そこで本論文では、「鉄道の無人運転は可能か」というテーマで現在の鉄道向け ICT 技術と、ICT

技術導入の際の課題となる事項を考察し、最終的には「どのようにすれば無人運転を実現できるのか」をキーワードに鉄道と ICT について追及する。果たして、混雑度・ダイヤの過密度が高く、輸送障害発生件数も多い首都圏でさえも「完全無人運転化」は実現できるのだろうか。

目次

1 はじめに

2 鉄道の無人運転化とは

3 運転士に替わる ICT 技術

3.1 運転士補助・減速編

3.1.1 減速補助装置 ①ATS

3.1.1.1 ATS とは

3.1.1.2 ATS の種類と動作

3.1.1.3 ATS から ATC へ

3.1.2 減速補助装置 ②ATC

3.1.2.1 ATC とは

3.1.2.2 ATC の動作

3.1.2.3 次世代 ATC ～デジタル ATC ～～

3.1.2.4 デジタル ATC の動作

3.1.2.5 デジタル ATC の長所と短所

3.1.2.6 ATC の今後

3.1.3 減速補助装置 ③TASC

3.1.3.1 TASC とは

3.1.3.2 TASC の動作

3.1.3.3 TASC の応用 ～ATO との連携～

3.1.4 運転士補助・減速編から考える課題

3.1.5 運転士補助・減速編 課題を克服するには

3.2 自動運転編

3.2.1.1 ATO とは

3.2.1.2 ATO の動作

3.2.1.3 ATO の実用例

3.3 自動列車運行における安全確保を考える

3.3.1 監視カメラの設置

3.3.2 電話・通話機の設置

3.3.3 列車の遠隔操作

3.4 運転士に替わる ICT 技術；鉄道運転の今後

4 車掌に替わる ICT 技術

4.1 車掌に替わる ICT 技術 情報提供；文字情報編

- 4.1.1 車内案内表示機とは
- 4.1.2 車内案内表示機の種類
- 4.1.3 車内案内表示機の動作
- 4.1.4 車掌に替わる ICT 技術 文字情報提供編の課題
- 4.1.5 文字情報提供編 課題を克服するには
 - 4.1.5.1 “WiMAX” の採用
 - 4.1.5.2 新しい車内案内表示機
- 4.1.6 車掌に替わる ICT 技術 まとめ
- 4.2 車掌に替わる ICT 技術 音声放送編
 - 4.2.1.1 自動放送装置とは
 - 4.2.1.2 自動放送装置の動作
 - 4.2.1.3 自動放送装置で放送可能な内容
- 4.2.2 車外スピーカー
- 4.2.3 車掌に替わる ICT 技術 音声放送の課題と今後
- 4.3 車掌に替わる ICT 技術 ドア開閉編
 - 4.3.1 鉄道のドア開閉
 - 4.3.2 ドア開閉が原因で生じてしまった事故
 - 4.3.3 ドア開閉上の弊害
 - 4.3.4 ドア開閉の改良 ～ICT 技術によるドア改良
 - 4.3.5 無人運転を実現するためには
 - 4.3.6 車掌に替わる ICT 技術 ドア開閉編まとめ

5 駅員に替わる ICT 技術

- 5.1 ホームドア編
 - 5.1.1 ホームドアとは
 - 5.1.2 採用線区
 - 5.1.3 ホームドアの課題
 - 5.1.3.1 コスト
 - 5.1.3.2 車両の不統一
 - 5.1.3.3 ホームそのものに問題がある
 - 5.1.3.4 新たな問題
 - 5.1.4 課題を踏破する最新技術
 - 5.1.4.1 西武鉄道の例・戸袋ホーム柵
 - 5.1.4.2 東急電鉄と JR 西日本の例・上昇式ホームドア
 - 5.1.4.3 相模鉄道の例・折衷型
 - 5.1.5 車掌に替わる ICT 技術 ホームドアの今後

5.1.6 ホームドア編から情報提供編へ

5.2 駅員に替わる ICT 技術 情報提供編

5.2.1 情報提供装置とは

5.2.2 発車標

5.2.2.1 発車標とは

5.2.2.2 発車標の基本的な機能

5.2.2.3 発車標の種類

5.2.3 列車接近表示灯

5.2.4 異常時案内ディスプレイ

5.2.5 駅員に替わる ICT 技術 情報提供編の課題

5.2.5.1 緊急時・異常時への対応はどのようにするのか

5.2.5.2 障がい者が有る方にはどのように対応するのか

5.2.5.3 「ながら歩き」

5.2.5.4 駅に行かないと分からない？

5.2.6 駅員に替わる ICT 技術 課題を克服するには

5.2.6.1 障がい者の方への対応

5.2.6.2 「ながら歩き」への対処法は

5.2.6.3 スマホと駅外案内機の設置

5.2.6.4 タブレット端末の設置

5.3 駅員に替わる ICT 技術の今後

6 無人化を支える ICT 技術のメリット

6.1 人件費の削減

6.2 少子高齢化に対応

6.3 エネルギー使用の効率化・ダイヤの正確さ

6.4 信頼向上～人間のミスによる事故を防ぐ～

6.5 安全・安定でいてほしい という思いに応える

6.6 まとめ

7 総合課題編

7.1 相互直通運転による弊害

7.2 乗務員・駅員の処遇

7.3 激しすぎる混雑

7.4 乗客の不安

7.5 乗客のモラル

7.6 異常時対応

8 結論 鉄道の無人化はどこまで進められるか

9 終わりに

10 参考文献・参考資料・参考 URL

2. 鉄道の無人運転とは

とある平日の朝 7 時半。通勤客でごった返す未来の山手線ホームだ。朝のラッシュ時の多くの通勤・通学客と車両の姿に変化は見られないが、1 つ大きな違いがある。…この駅には駅員が誰もいないのだ。さらに走行している列車の中にも乗務員はいない。つまり、「無人運転化」されているのだ。

…誰もいなくなってしまうと不便なのではないか？という疑問が浮かぶ。しかし駅構内にはフルカラーLED や液晶ディスプレイを用いた「文字情報提供装置」と、音声で列車情報と列車接近を知らせる「自動音声放送装置」が整備されており、次の列車の行先や時刻はすぐに分かる。乗客は特に戸惑い・苦痛を感じることなく、安全に電車に乗ることができる。

いざ、車内に乗ってみるとやはり運転士はいない。この車両は新交通システムで採用されているような「自動運転装置」を搭載しており、従来の人間による運転よりも正確に・効率的に運転することができる。朝ラッシュ時ということもあり、乗車していた山手線は 1 つ前を走る列車に追いついてしまったが、「デジタル ATC」の効果を発揮し、従来よりも近い距離まで接近した後緩やかに停止した。その後再発車し、駅停車の際も定位置にきちんと停車した。

もちろん車掌も乗車していない。だが車両には「自動放送装置」が、駅ホームには「ホームドア」が整備されており、乗降客への駅名周知や列車進入による事故防止の徹底が図られている。満員状態が続きドア付近まで客があふれてきたが、車両のドアに設置されている「ドア挟み検知装置」のおかげでドアに人や物がはさまれてもすぐに再開閉し、安全を確保できた時のみ扉が閉まっているようだ。その効果が積み重なり、多くの通勤客でホームが埋まってしまっているのにも関わらず大きな事故・混乱は全く起こっていない。これこそ、「無人運転化」がなされた鉄道の姿なのである。

ここで「鉄道の無人運転化」とは、運転士や車掌等の人の介入を無くすだけではなく、ICT 機器の導入により、事故や混乱が発生する可能性を極めて低く抑えることができた状況で列車の運転を実現する事と定義する。例えばただ人件費のコスト削減という目的でワンマン化を進めるという事例は全国で見られる。しかしそうしたものではなく、ICT 化されなければ実現できないシステムや環境が充実され、その結果人の手を必要としなくなった状況のことを「鉄道の無人運転化」と定義するのである。

今回の研究では、そうした ICT 機器導入の動きのうち、列車の自動運転に関する技術について①運転士に替わる ICT 技術 ②車掌に替わる ICT 技術 ③駅員に替わる ICT 技術の観点から考察していく。はたして、「鉄道の無人運転化」は実現しうるものなのだろうか。あるいは、無人運転を妨げる原因は何が有るのかをモットーに、話を進めていきたいと思う。

3 運転士に替わる ICT 技術

3.1 運転士補助・減速編

鉄道運転の大きな特徴は、運転士は基本的に発車・加速・減速・停止の過程をこなしていただくという点である。バスや飛行機のように急な進路変更や急停止をする事は全くない。そのため、鉄道運転の機械化は他の公共交通機関よりも容易に進める事ができた。

しかし同時に鉄道には 1000 人規模の人々が同時に乗車するという他の公共機関には無い特徴があり、運転士はその事を考慮して細心の注意を払って乗務している。特にブレーキは場合によっては車内での転倒事故につながる事もあり、慎重さが必要とされるため古くから運転士を補助する機器の開発・実用が行われてきた。それらはいくまでも“運転士補助”の装置であり、無人化が完全に実現してしまうと“用無し”とされてしまう可能性がある ICT 機器でもある。しかし一方で無人化技術の基になっている装置もあり、将来にわたって鉄道に欠かせない技術である事は間違いないのである。

そこでこの章では「運転士に替わる ICT 技術」の中でも特に運転士補助に特化する役割を担う重要な ICT 機器について考察する。

3.1.1 運転士補助・減速編

ここではブレーキを中心に行う ICT 機器を検証する。

運転士のブレーキ補助の機器は「普通鉄道構造規則第 159 条」、およびそれを吸収・合併して制定された「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」における以下の記述

鉄道には、自動列車停止装置を設けなければならない。ただし、自動列車制御装置を設けた場合並びに列車の運行状況および線区の状況により列車の運転の安全に支障を及ぼすおそれのない場合は、このかぎりでない。

にのっとり、日本を走る車両のほとんどに搭載されている物である。法律で記載されるほど、鉄道のブレーキには慎重さと正確さが求められているのである。

なおこれらの機器はアルファベットで表現されるシステムが多いが、この呼称は一般向け雑誌や各社のホームページ等で掲載されている物を使用する。厳格には会社により名称が異なっても、同じ機能を有する物についても同じ名称の機器として取り扱うこととする。

3.1.1.1 減速補助装置 ①ATS

3.1.1.1.1 ATS とは

ATS(Automatic Train Stop)とは自動列車停止装置の名称。列車が赤信号に近づくと警報を発し、万が一赤信号を通過した場合には減速又は非常ブレーキをかけて列車を停止させる安全装置のことをいう。国鉄時代から開発・改良が進んだ装置であるが、現在の JR グループを始め未だに多数の路線がこの ATS 装置を使用している。

初期の ATS は運転士の“ブレーキ補助専用機”の性格がとて強く、強制停止措置やブレーキ弛緩機能はついていなかった。しかし近年になり各社に合わせた研究・改善が進み、これらの

機能の追加や根本的なシステム改良が行われるなどより安全な鉄道運転を可能にしている。

3.1.1.2 ATSの種類と動作

ATSの基本的な動作は「赤信号を感知すると列車を減速するよう促し、万が一赤信号を通過してしまうと非常制動を自動で行う」ことである。しかし上記の通り近年はJR各社で改良が進んだため、同じATSの名称でも全く違うシステムであることがある。ここではその種類も確認しながら、ATSの動作について追求する。

(1) ATS-S

国鉄時代から継承されたATSの種類としては最も原始的なシステム。その仕組みは

- ① レールに流れる電流(軌道回路¹という)を利用して赤信号を感知すると運転士に警報音で減速を促す。
- ② 運転士が見誤って赤信号を通過してしまった時のみ、非常制動処置を行って列車をすぐに停車させる動作を行う。

である。運転士がATS警報確認のボタンを押してしまうと動作は中断してしまうため、運転士のミス次第では赤信号を暴走する危険があった。そのため現在では使用されているところは少なく、現存は元国鉄路線であった第3セクターの路線などに限られている。

(2) ATS-Sn

ATS-Sの改良版。減速の方法に改良が加えられ

- ① 車両上に設置されているATSの機器が、レール上に設けられた2つの地上設備(地上子²という)を通り抜けた時間から距離・速度を計算する。
- ② 車両上のATS機器が、赤信号がある時点までの距離を把握する。
- ③ ATSがブレーキ力を算出して運転士に知らせる。

という仕組みに変更された。最大の変化は、赤信号前で止まるために必要な減速をATS上で行えるようになったことである。そのため運転士は急停止を防止しつつ適切な速度・ブレーキングを行うことができるようになり、乗り心地の向上を図ることもできる。(但しATS-S同様に

¹ 軌道回路…レールに電流を流し、車輪を通じて情報の送受信を行うことができるようにしたシステムのこと。本来ならば「閉塞区間」と呼ばれる一定のレールの距離の範囲で流れている電流が車輪によって遮られると、その軌道回路上に「列車が存在している」という情報が各地に伝達される。ATCはこの仕組みを最大限に使用している。

² 地上子…レールの間に設置されている地上据え置き型機器のことで、列車の下部に設置されている情報受信機に向けて 距離や速度照査・勾配等この先列車が走る線路条件を送信する ICT 機器。現在地情報送信など取り扱える情報は1つに限られる。

赤信号を通過した場合は自動で非常制動処置が行われる。)

但し、いくら計算できても赤信号を通過するまでは非常制動措置は行われず。あまりに高い速度で赤信号に接近してしまうと減速が間に合わない可能性があるのだ。

(3) ATS-P (P ; Pattern)

ATS システムの決定版とも言える現在の主流 ATS。今までの ATS-Sn では地上子を多数設置 (2 つ 1 組を多数設置) しなければならず、コストを考慮して線路間に大量の地上子を設置することができなかった。その結果地上子の間隔が開いてしまい、いざという時のブレーキング開始に制限が生まれ、理想的な減速効果を得られない事があった。しかしこの ATS-P でその問題は解決する。

ATS-P は地上子による速度照査³を止め、路線間に設置されているトランスポンダ⁴と呼ばれる信号中継用地上双方通信設備と、車両上の情報受信機を組み合わせ速度照査・列車制御を行う方式に変更し、ATS-Sn よりも多くの地点から確実なブレーキングを開始することに成功している。その結果、赤信号はもちろん速度制限区間前での減速が確実なものになった。

その特徴的な仕組みは以下の通りである。

- ① レール上に設置されてあるトランスポンダの上を列車が通過すると、トランスポンダから車両に向けて次の赤信号 (速度制限区間) までの距離情報が伝送される。
- ② 車両上でデジタル情報を受信。そのデータを基に次の赤信号までどれくらいの速度で走ればよいのかを「速度照査パターン⁵」上から算出する。
- ③ 赤信号までの残り距離と現在の速度、そして走行中の車両のブレーキング性能を考慮し、決定された走行パターンで走行できるよう自動で速度を調整する。
- ④ 走行パターンに基づく最適な走行が実現している場合にはブレーキ力を弛緩して走行を維持する。途中で赤信号が青信号に替わればブレーキングは完全に解除される。

³ 速度照査…走行中の列車の速度を求めるために自動で行われる ICT 機器による速度計算のこと。ATS の場合、2 つ以上の地上子間またはトランスポンダを通過した時に列車の速度を求める方法が一般的。ATC では軌道回路を通じて受信する情報を基に、最適な走行距離を計算しながら走行する。

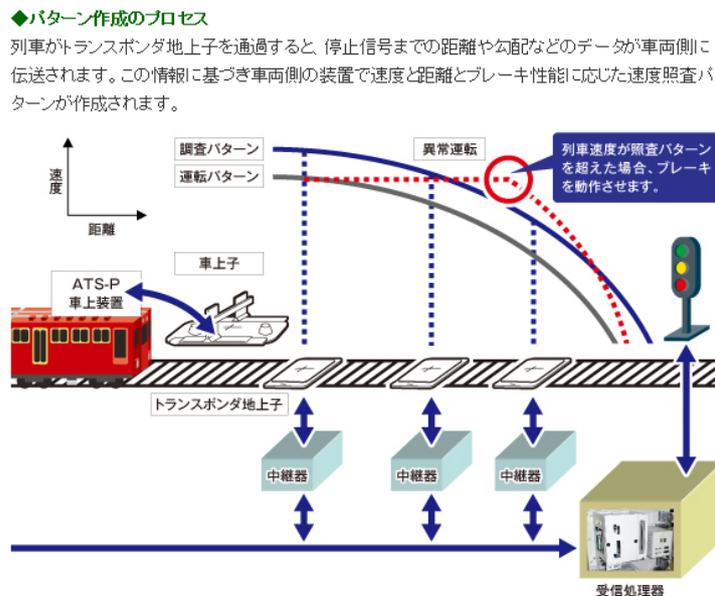
⁴ トランスポンダ…車両と地上間での情報通信を目的に設置されている ICT 機器。主に信号機・先方列車までの距離と信号機に掲げられている表示の伝送を行う。情報の伝達は LAN ケーブルを使用するため膨大な数の地上子設置のリスクを省略できる。また車両側からの情報受信も可能なため、デジタル ATC における速度照査の基本となっている。

⁵ (速度照査) パターン…地上子やトランスポンダから得られた情報を基に、ATS が停止信号までの距離と現在速度を計算して生み出した理想的な走行曲線のこと。赤信号までに停止するための限界速度ともいえる。現在の車両のブレーキング性能や途中の減速区間、勾配による速度変化も考慮されて計算される優れたもの。そしてこのパターンに当てはまらない走行曲線をとっている場合は強制的に減速措置が取られる。

⑤ 赤信号が近づく時にはブレーキ力を高め、確実に信号機前で停車する。

ATS-P はこのように、現在走行している地点から赤信号までの間、その列車にとって最もふさわしいブレーキングと走行ができる「パターン」を、ATS が選んで制御を行うことから ATS-P とよばれている。

【図表 1 ; ATS-P 作動の概略イメージ】



<http://www.signal.co.jp/products/railway/technology/report/2010/03/ats-2.php>

※日本信号株式会社 「ATS-P」より画像引用。

ATS-P は高性能だが ATS-S/Sn との互換性が無く、新しく ATS-P 化を図る際には走行車両とレール上の設備一式をいっぺんに変更しなければならない弱点もある。「コストか安全か」。鉄道会社はどちらをとるのだろうか。

(4) ATS-Ps

ATS-Sn を基本に、ATS-P の一部システムを合成した物。地上子を2つセットにして至近距離に置くのではなく、地上子を適度な位置において動作させることで ATS-P のような素早い動作環境と、ATS-Sn との互換性を確立した。よって ATS-P とは全くの別物で、コスト削減と新機能の確立を両立した折衷タイプといえる。

(5) 私鉄の ATS

ATS という名称を用いる義務はないが、上記の「普通鉄道構造規則第 159 条」および「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」にのっとり各社で ATS 型装置が使用されている。ただしより高頻度発車とダイヤ乱れ修正の迅速化を図るため ATS を更に進化させた ATC に更新する動きが活発で、例えば東武鉄道東上線では 2 年後に ATS を更新してデジタル ATC 化されることが決定している。その一方、中小私鉄では未だに旧型 ATS を使用している路線もあり、“安全格差”

が広がっている。

今後 ATC 化される京王電鉄・東武鉄道（東上本線）、地下鉄と直通運転を行う路線（埼玉高速鉄道・東急電鉄等）以外のほとんどの私鉄線で ATS（自社に特化した改良版）が使用されており、もうしばらくは ATS が主役になりそうである。

3.1.1.3 ATS から ATC へ

以上、現存する ATS についてまとめたが、形式にこだわらず ATS は信号を重視して速度制御が行われていることが大きな特徴である。目の前の信号が赤ならば 1 つ前の列車が何キロ先を走ろうが止まるのである。さらに初期の ATS に至っては運転士の技能次第では信号を無視して暴走することも可能で、もし「うたた寝運転」などが起こっていたらとんでもない大惨事が起こってしまう危険性がある。

そのような状況の中、JR 西日本福知山線尼崎付近にて「福知山線脱線事故」が発生してしまった。事故当時運転士は ATS を切っていたとされ、肝心の減速システムが発動せずに起きてしまった事故であった。この事故を受け国土交通省は列車の自動列車停止装置の安全性・信頼性向上を図るため「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」を一部改正し、鉄道会社に列車制御システムの精度向上を呼びかけることになった。

その省令を受け鉄道会社は ATS の改良に追われている。大手私鉄や JR 京浜東北線、山手線ではすでに ATS の使用を取りやめ、新しい列車制御装置の採用に踏み出した。

次の項目では、その ATS を更に進化させた ATC という列車制御装置を追求する。鉄道の安全確保はどこまで進むのだろうか。

3.1.2 減速補助装置 ②ATC

3.1.2.1 ATC とは

ATC (Automatic Train Controller) とは自動列車制御装置の略称である。ATS とは違い、地上の信号を使わず信号と同様の機能を持った「車両信号」を使用することで、ブレーキング制御の精度向上・乗り心地向上・列車運転密度の増加を図ることを可能にした新しい列車制御装置である。1964 年東海道新幹線から採用が始まり、信号機が存在しにくい地下鉄と、速度が速すぎるため目視での信号確認がしづらい新幹線を中心に採用が進んでいたのだが、上記の「福知山線脱線事故」での省令変更に伴い一般的な地上路線であっても ATC を採用する鉄道会社が増えている。

ATC は ATS に比べブレーキング面が大幅に強化され、最大の長所は速度超過を感知した場合、運転士の操作に優先して ATC によるブレーキングが行われるようになったことである。ATS でも自動的に減速する仕組みは確立していたが、運転士による操作よりも ICT 機器の操作が優先される制御装置はこの ATC が初めてである。(control ; 支配・調整)

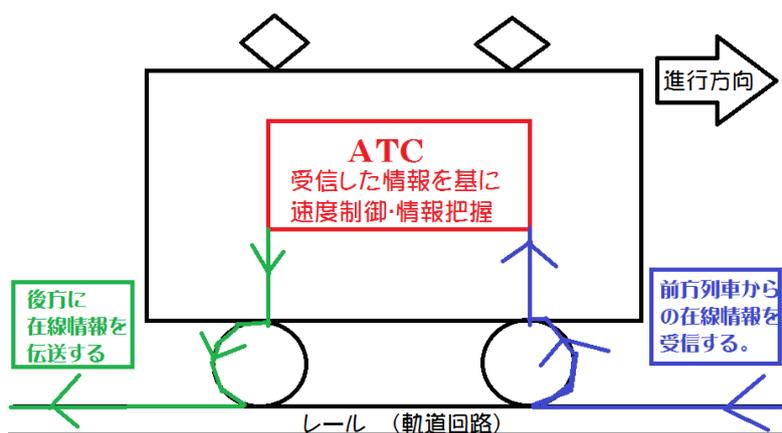
3.1.2.2 ATC の動作

ATC は ATS の技術を進化させた物であり、ATS-P に近い仕組みで起動する。しかし ATC を動作させるには少し厳しい条件があり、従来の信号機を廃止するため電流を流し続けることができる軌道回路の存在が必要不可欠である。また ATS とは互換性がないため、設備を一式更新することも必要で、ATC 導入の際には(先ほどの ATS-P の整備にも当てはまることだが)「コストか安全か。」のトレードオフの問題が存在している。

そして基本的な ATC の仕組みは

- ① 地上 ATC 装置 (トランスポンダと同様の情報伝達装置) が、先方列車の位置を軌道回路に伝送し、後方から来る列車に信号を流す。
- ② 軌道回路上に列車が走ると、電車の車輪を通じて車両上の情報受信機に先方の列車位置が伝達される。なお、この際に列車の進行方向後方に向けて軌道回路及び地上 ATC 装置上に「先方列車情報」が流れていく。その情報を次の後方列車が受信し、同じような情報受信・伝達を繰り返すことで常に列車の在線位置を把握し続けることができる。
- ③ その情報を基に、車両上の ATC が現在の列車位置・先方列車との距離を計算する。ATS と根本的に違うのは、専用地上設備と連携してレール (軌道回路) 及び車両上の機器を使用することからブレーキング制御を自由に行うことができることと、停止目標の位置が赤信号ではなく先方列車であること、そして速度照査用の速度探知に地上子ではなく自車両の車輪径を使用し、確実な速度制御を可能にした点である。
- ④ ATS-P と同様に、自車両のブレーキ力を考慮しつつ「先方列車に衝突しない時点までに行うべきブレーキング」、つまりパターンを算出する。この時 ATS とは違い、“何キロまで速度を低下させるのか” を運転士に速度メーター上で知らせる機能が取り付けられているため、列車の操作性の向上が図られている。
- ⑤ 運転士のブレーキングが間に合わなかった場合、短時間で大きな減速を行う必要がある場合、現在の速度がパターンよりも著しく超過している場合は ATC のブレーキングが最優先で作動する。
- ⑥ “パターン” に追従するブレーキングが完了すると、ブレーキ力を緩め急制動による振動を防ぐ。【図表 2】

【図表 2 ; ATC 動作の簡略図】



ATC は、以上の 6 段階を踏んで作動している。必要作業数は増えたが ICT 機器によりブレーキングがいつでも可能になり、「無事故」実現の目標に大きく近づくことができた。例えば ATC の導入により、ラッシュ時には今までは実現できなかった距離にまで列車間隔を詰めることができ、増発と遅延時分の防止拡大を実現している。

この ATC のシステムの安全性は新幹線でも証明されている。

3.1.2.3 次世代 ATC ～デジタル ATC へ～

ATC の速度照査・パターン算出は従来の ATS よりも明確性・即時性に優れており、新幹線や地下鉄等において効果を発揮している。しかし ATC は

- ① 誕生後 50 年（1964 年～）が経過しシステム構築に陳腐化がみられること
- ② 軌道回路より受信した車輪間隔に基づき、その時その時のブレーキングを行うという特徴があるため、朝ラッシュ時における“列車の団子状態”にはブレーキの弛緩と制動を繰り返してしまい、乗り心地の悪化が目立つこと

の問題が生まれ、改良が求められるようになった。

この問題を解決するため、2001 年、JR 東日本の京浜東北線鶴見～南浦和間において、ATC を進化させたデジタル ATC という ICT 機器が登場する。ここではそのデジタル ATC を検討する。このシステムは新幹線にも応用され、こちらは DS-ATC と呼ばれている。

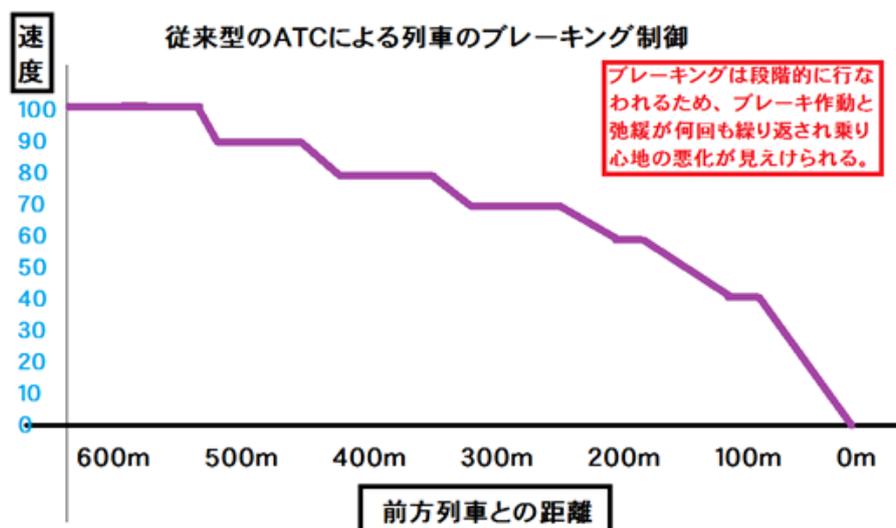
3.1.2.4 デジタル ATC の動作

デジタル ATC 最大の特徴は“車上主体型”と呼ばれるシステムに変更された点である。

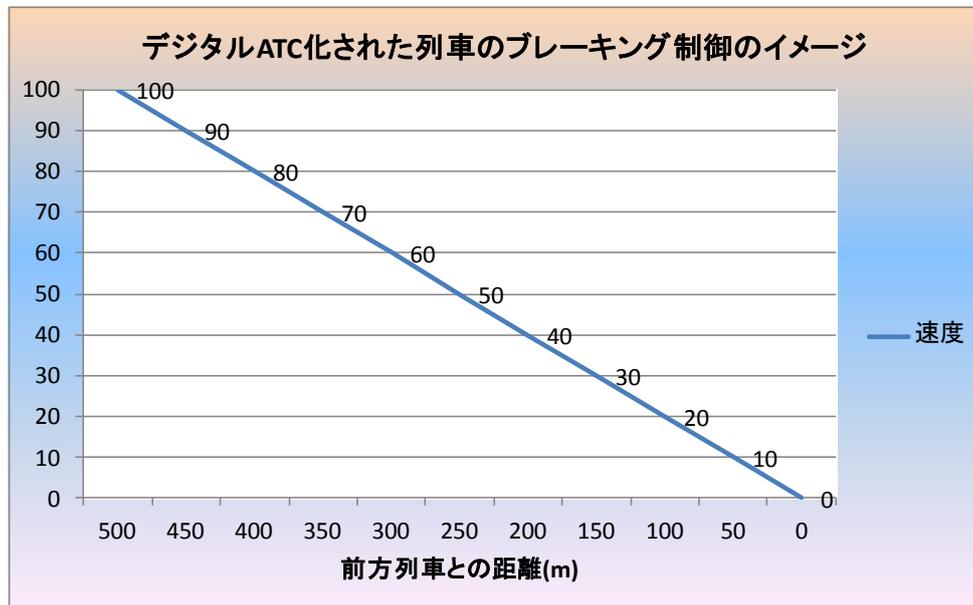
従来の ATC ではトランスポンダや専用地上装置が連携した信号伝達を行っていた。（特に“地上主体型”と呼んで区別する。）だがこのデジタル ATC では、軌道回路と電車に取り付けられた車上装置が、デジタル符号伝送による先方列車の情報把握と信号受信を交互に行うことで、大幅な施設整備費の削減とより車両特性に合わせたブレーキング制御ができるようになったのである。

以下の【図表 3】と【図表 4】は、ATC 装置を使用したブレーキングのイメージを簡単に示したものである。

【図表 3；従来の ATC による列車のブレーキ制御のイメージ】



【図表 4 ; デジタル ATC による列車のブレーキ制御のイメージ】



つまり、デジタル ATC は前方列車の位置を把握した後のブレーキ制御が一括で行われるようになったため、大幅な乗り心地の向上と無駄なエネルギー消費を防ぐ事ができるのである。実際には車両の性能を考慮し、先方列車に衝突しない限りの距離まで列車の速度を調整し続ける。

3.1.2.5 デジタル ATC の長所と短所

デジタル ATC の最大の長所は

- ① “車上主体型” になったことで、将来的に新型車両を製造し、電車の性能が大きく変わったとしても、ATC 装置自体を大幅に改修する必要が無くなったこと。
- ② “車上主体型” になり、よりきめ細かな速度制御・パターン算出が可能になったこと。特に一括制御によるブレーキ制御は乗り心地の向上に貢献している。
- ③ 無駄な減速が無くなった事による電力消費量の削減。電車は、惰性走行が最も効率的な走行であり、この区間を長くできる事は省エネにつながった。
- ④ 列車間隔の大幅な削減が可能になったこと。

の4つがあげられる。他にも地上設備のコスト削減等も期待できる。

ただし、デジタル ATC と従来の ATC とは互換性がないため、万が一京浜東北線の車両が、他路線の線路を走行せざるを得なくなった時の対応が全くできないという弱点もある。

また電気指令による高度な情報伝達・ブレーキ制御を行うため、電気指令式ブレーキを搭載した車両でないとデジタル ATC を採用する事ができない。比較的車両の入れ替えが早い新幹線・JR 東日本の首都圏路線ならまだしも、製造後 30 年～の旧型車両が残る私鉄各社には搭載が難しいのだ。

3.1.2.6 ATC の今後

ATC のシステムの安全性は大変高く安定しており、新幹線の無事故記録を代表とする日本の鉄道の基本になりつつある。近年では京王電鉄、京浜急行電鉄、東武鉄道で ATC の採用が決定し工事が進行している。やがて JR 各社でも首都圏を中心に「ATS の置き換え」という話題が出てくるものだと思う。福知山線脱線事故のような悲劇を繰り返さないためにも、日本全国で ATC が広まってほしい。

このように広まりを見せる ATC だが、ついに ATC の技術を使ってブレーキング補助の域を超え、「自動停止」を実現する運転補助装置が完成する。あくまでも“運転補助”だった立場から、“運転の主演”へと ICT 機器が進歩する時代がやってくるのだ。

次の項目では、夢の鉄道運転無人化の第一歩となる「完全自動列車停止装置」に進んでいく。事故を繰り返さない鉄道の未来へ。

3.1.3 減速補助装置 ③TASC 編

3.1.3.1 TASC とは

TASC(Train Automatic Stop-position Controller)とは地上設備と車両設備が連携した高度情報通信システムにより、定められた駅の停止位置までの距離を自動的に測定し、停車までの措置を行う装置である。1970 年代以降から実用化が始まり、東京地下鉄銀座線が日本初の導入事例である。ATS・ATC が人間の操作を第一条件として、あくまでもブレーキング補助を主な役割としているのに対し、TASC は異常時以外 ICT 機器による自動制御を担い、停車の際に TASC の機能が前端的に作用する点が大きな違いである。TASC は ATO (Automatic Train Operation 自動列車運転装置；後述) の停車システムの基礎でもあり、ATO 採用路線は必ず TASC も採用されている。

TASC はコスト削減や地上空間走行を主とするため ATO を採用する事が難しい路線に適しており、JR 山手線、東急多摩川線・目黒線・池上線などではホームドア・可動式ホーム柵のある駅の停止位置の精鋭化用に整備されている。(そのため TASC 採用路線=ATO 採用路線とはいえない。) ATS・ATC と比較すると知名度は低めであるように思われる装置だが、鉄道運転無人化においては最も頼りになるブレーキング補助システムなのである。

平成 25 年 12 月現在の TASC 採用路線は以下【図表 5】の通りである。

【図表 5；TASC 採用路線 (平成 26 年 1 月現在)】

TASC採用路線			
JR線	山手線		
私鉄線	東急目黒線	東急池上線	東急多摩川線
	東武東上線(和光市駅のみ)		
	西武有楽町線(小竹向原駅のみ)		
	京阪京津線(御陵駅のみ)		
	あおなみ線		
地下鉄線	東京地下鉄銀座線	丸ノ内線	
	大阪市営地下鉄今里筋線		

3.1.3.2 TASC の動作

TASC の主な動作は減速～停車までに制限され加速や速度調整機能は備わっていない。TASC の基本的な動作は以下の手順で行われる。

- ① 地上子から現在の位置情報と次の駅までの距離がデジタル通信で送信される。
- ② 車両側の受信機が、情報を基に列車の速度制御を行う。列車の速度が、TASC が導き出した理想的な速度パターンと一致していなければ、TASC が作動し列車に自動的にブレーキがかかる
- ③ 停止位置に近づくと急制動・急停止の振動が発生しないように列車を止めるため計算が行われる。この時 TASC による多段ブレーキ制御⁶が行われ、通常の運転士によるブレーキ操作では実現できない細かな制御を行うことが可能。その結果従来の運転士による運転制御と比べても遜色のないブレーキングを実現している。
- ④ 停車。もちろん停車時にブレーキを弱めて衝撃を抑える機能もある。
なお、③の段階で迅速かつ正確なブレーキ反応が求められるので、電気指令式のブレーキ装置を備えた新型車両にのみ設置が許される。

3.1.3.3 TASC の応用 ～ATO との連携～

前項目の動作はATO (Automatic Train Operation 自動列車運転装置) に応用され、情報を基に列車が自動で加速～停止まで行う機能の1つとして TASC の機能が組み込まれている。この ATO は日暮里・舎人ライナーや東京地下鉄副都心線などにおいて既に実用化されており、乗務員の負担削減に貢献している。但し現在のところ、雨天時や踏切・危険物飛来などの恐れのない新交通システムや地下鉄に採用が限られており、全線地上区間の路線では TASC による運転士補助が主流となっている。しかし TASC・ATO どちらも運転士のミスによる停止位置オーバーの撲滅に最適な機能を持っていることは確かである。

3.1.4 運転士補助・減速編から考える課題

(1) 鉄道のブレーキ力

鉄道車両は鉄車輪と鉄レールの組み合わせで動く。この方法は、摩擦抵抗が少ないため省エネルギーで大きな車両を容易に動かすことができる利点を持っている。しかし、その一方でブレーキン

⁶ 多段ブレーキ制御…電気指令式のブレーキング制御機のみが行うことができる、デジタル ATC および TASC で使用されるブレーキ制御方法。通常のブレーキング制御はあらかじめ車両そのものに設定されている段階 (強弱の違いで 0～8 などに分かれる。車両により異なる) をうまく組み合わせで行う。しかしより最適なブレーキングを実現するため、TASC や ATC 起動時に車両側のコンピュータが、通常にはない強さのブレーキングを電気指令し、より無駄のない減速と速度調節を行う。このシステムのことを総称して多段ブレーキ制御という。

グがとても緩慢なものになってしまうという大きな弱点が生まれてしまった。以下の【図表 6】は快晴時における一般普通自動車の停止距離をまとめたものであり、【図表 7】は快晴時、空走距離を 1 秒・減速度を 5Km/s と仮定したときの停止距離をまとめたものである。

【図表 6；非常制動を使用した場合の普通自動車の停止距離（晴天時を想定）】

非常制動を使用した時の普通自動車の停止距離(晴天)			
速度(Km)	空走距離(m)	制動距離(m)	停止距離(m)
20	6	3	9
30	8	6	14
40	11	11	22
50	14	18	32
60	17	27	44
70	19	39	58
80	22	54	76
90	25	68	93
100	28	84	112

注) 空走距離は 2 秒間を想定

※データ完全引用 社団法人 東京指定自動車教習所協会 発行
「学科教本 警視庁教習課程準拠 2011 年 第 25 年度版」 p78 より

【図表 7；非常制動減速度⁷を 5 Km/S と仮定した場合の鉄道車両の停止距離（晴天時を想定）】

減速度を5Km/Sと仮定した場合の鉄道車両の停止距離(晴天時を想定)			
速度(Km)	1秒間と仮定した場合の空走距離(m)	制動距離(m)	停止距離(m)
20	5.6	$4s \cdot 5.5m / 2 = 11m$	16.5
30	8.4	$6s \cdot 8.3m / 2 = 25m$	33.3
40	11.1	$8s \cdot 11.1m / 2 = 44.4m$	55.5
50	13.9	$10s \cdot 13.8m / 2 = 79m$	70.4
60	16.7	$12s \cdot 16.6m / 2 = 99.5m$	116.3
70	19.4	$14s \cdot 19.m / 2 = 135.8m$	155.2
80	22.2	$16s \cdot 22.2m / 2 = 177.8m$	200.0
90	25.0	$18s \cdot 25m = 225m$	250.0
100	27.8	$20s \cdot 27.7m / 2 = 277.8m$	305.6
	1秒間にそのまま進行する距離。	0キロになるまでの時間s × 平均時速に換算した後 の1秒あたりの走行距離m	空走距離+制動距離

あくまでも仮定から計算した数値だが、鉄道車両は自動車と比較して明らかにブレーキング制御

⁷ 減速度…列車のブレーキング制御を全体的に見たとき、平均してどれほどのブレーキングが行われるかを示す数値。s は 1 秒間を意味し、「1 秒間に何キロの割合で速度が落ちる」という意味である。今回の 5Km/s の場合、平均して 1 秒間に 5 キロずつ減速していく性能という事になる。日本の一般的な鉄道車両は、平均して 4~5Km/s の減速度を持っている。世界ではさらに減速度の高い車両もあるが、日本では①滑走を防止するため②立ち客が倒れない限界値③レール・車輪への負担を極力抑えるため この値が決定されている。

が劣っており、万が一の時に急停止を行うことができないのである。今回は勾配や曲線、ATC 等によるブレーキング補助が完全でない状況の中で減速度と走行距離を計算したが、悪天候の場合にはさらに停止距離が伸びる。急遽雨が降ってきた…という状況はいくらでも発生するのにも関わらずだ。

ここで ATO が実用化されている路線を振り返ってみると、地下鉄と新交通システム⁸が圧倒的に多いことが分かる。つまり、雨天時や降雪時の影響とブレーキの停止距離が鉄軌道よりも少ない路線にしか導入されていないのだ。これはつまり、「荒天の恐れがある路線には ATO は適さない」という安全確保のための判断があるものだと考えられる。車輪が急空転し乗り心地が悪化したり、停止位置をオーバーする危険性をあらかじめ予防しているのである。

降雪はともかく、雨天は日本全国いつでも・どこでも発生する可能性がある気象変化である。そして、悪天候下でブレーキング制御がうまく作動しない事象同様である。」

自動制御を行う際に、これに対応できない可能性がある以上、ATO 又は TASC 導入に非積極的な姿勢が見られてもおかしくはないのである。

(2) ダイヤ“過重視”の現実

日本では、通勤ラッシュ時を中心に世界では信じられないようなアナウンスがしばしば行われている。「次の列車は2分遅れで走行しております。本日は列車が遅れまして申し訳ありません。」この放送は日本の鉄道の正確さが生み出してしまった“ダイヤ過重視”ともいえる異常ではないかと私は考えている。1つの列車が何らかの理由で停車してしまった場合、その後の列車が次々とその停止している車両に追いついてしまういわゆる“団子状態”がその典型的な例である。ATS や ATC もこの“団子状態”に最適な走行が実現できるように開発されたと言っても過言ではない。

もちろん時刻表通りに走行する事が最適であることは当然である。しかし、だからといってむやみに列車を走らせればよいのかといえばそうではない。

“団子状態”になってしまうのであればあらかじめそれを予測し、停止している列車の前後列車も停止させ、列車の等間隔運転を実現するべきなのである。そのようにしないと、乗客は停止して遅れが出た列車に集中する。その結果乗降時間に時間がかかり、ますます遅れていく。前の列車には追いつけなくなり、後ろの列車は駅間で停止してしまった。駅間で停止した列車の中で緊急事態が発生してしまったら…事態は悪化するばかりなのである。

そのため、ダイヤ“過重視”は問題だと私は考える。尼崎の福知山線脱線事故もこれが原因で発生してしまった事故であった。無人化された列車は TASC に乗っ取り決められた速度で走行するため、“団子状態”の回復は難しいのではないだろうか。つまりダイヤの過重視の風潮がある限り、等間

⁸ 新交通システム…既存の鉄軌道をコンピュータ制御で自動化、省力化した輸送システム。ゴム車輪を使用した小型車両やリニアモーターカー、モノレールが多い。主な例はゆりかもめ・日暮里舎人ライナー。自動運転を実現したものもある。

隔で時間調整することはできないし、万が一の事態が起こってしまう危険性が高まってしまうのだ。

3.1.5 運転士補助・減速編 課題を克服するには

運転補助用 ICT 技術の最高峰である TASC の採用が進まないのは、悪天候時におけるブレーキング調整に失敗する恐れがあるからである。人間の操作であれば、いくらでも強弱をつけて操作できる…という考えが消えた事は無い。

では、機械を推し進めるにはどうしたら良いのか。それには ICT 機器がいつでも本領を発揮できるような環境を作ればよいである。

ここでは私なりの課題克服法を述べ、鉄道のブレーキング制御を考察していきたい。

(1) 駅構内の線路上部に屋根をつければよい。

通常車両で運行しているのにもかかわらず、地下鉄路線に TASC を設置できたのは悪天候に見舞われる機会がないことが大きな要因の 1 つである。そこで、地上を走る鉄道でも同様の環境を作ることができれば、TASC のようなブレーキングシステムを導入しても問題が無くなる物と考えられる。しかし地上全線に渡って屋根やシェルターを設置することは不可能である。そこで、駅構内の線路上部に屋根を設置する対策法を提案する。雨が降っても線路が濡れていなければ、少しでも滑走距離を削減し、通常（快晴時）と同様のブレーキングを行うことができるはずだ。また屋根の増設はホームにいる乗客にも強風・大雨・雪から逃れられるメリットもある。新しい技術開発も不要で、今すぐの対応策として受け入れやすいのではないだろうか。

しかしレールが濡れていなくても、車輪が濡れている場合の制動距離の削減には効果がない。そこで、それと付随してもう 1 つの対策を提案したい。

(2) 車輪自体に高熱を発生する。～水滴を高熱蒸発させ滑走を防ぐ～

鉄道車両のブレーキングは、鉄車輪に対して空気又は電気を使用して行っており、これが制動距離を異常に伸ばしてしまう原因の 1 つである。特に、濡れた鉄車輪と鉄のレールの組み合わせは滑走と空回りを引き起こしやすく、車や新交通システムのブレーキングとの大きな違いとなっている。

では、TASC 他ブレーキング補助システムを正確に起動させるにはどのようにしたらよいのか。その対策法として提案したいのが車輪自体に高熱を発生させ、レールについた水滴を蒸発、消滅させることで極力通常時（快晴時）と同じブレーキングを実現させようというものである。レールにこのような機器を設置することはコスト面から不可能であり、また高温による変形を引き起こす可能性が高いので、車輪そのものに熱を伝える事ができる機器を取り付けるのだ。上記「屋根付きレール」と併せ、駅構内及び減速の必要がある区間のみ限定して作動するようにすれば無駄なエネルギー消費をする必要もないだろう。起動開始は TASC と同様に位置情報を把握した際に行えばよい。その仕組みはモーターなど、高速回転をすると熱を発生させる機器から高熱を取り出し、その熱を車輪に吹きかければ良いだけである。

(3) 余裕のあるダイヤ設定を。

安全性を高めるには余裕のあるダイヤ設置を行い、悪天候時に早めのブレーキングを行ってもダイヤに影響がないようにすればよいのである。JR 中央線や東京圏私鉄では、朝ラッシュ時に 1 時間あたり 30 本運転を実施している路線もある。このような路線では、微弱の遅延でも後方列車に多大な影響を与えるため、効率のよい運転環境が実現しづらい。運転士・自動運転装置には遅延回復のためギリギリのブレーキングが必要とされ、その結果ここに悪天候などの条件が追加された場合にオーバーラン等が発生しやすくなってしまふのだ。

しかし、あらかじめその状況も考慮された余裕のあるダイヤが構築されていればこのような問題はすぐに解決される。必要以上の加減速の必要もなくなり、ICT 機器の負担削減も期待できる。実際に JR 西日本では尼崎福知山線脱線事故を受けて“ゆとりダイヤ”なる余裕のあるダイヤに再編された。以降大きな事故は無く、効果が有った様である。

減速補助装置において、悪天候時の滑走が問題点とされているならば、余裕のあるダイヤを用いて早めにブレーキングを行う事ができる環境を作ればよい。やや時間がかかっても、確実に 1 回で乗車処置を完了する安定性の方が乗客にも好まれるはずだ。ICT 技術が人間の負担を削減してくれるのなら、人間も、何らかの形で ICT 技術の負担を削減する処置を取ってやらなければならない。しかしたったそれだけの事をするだけで、いくらでも ICT 技術機器の本領を発揮に直結させる事ができるのではないだろうか。

3.2 自動運転編

3.1 では運転士が存在する運転形式の中のブレーキング補助装置を考察してきた。現状では在来線から新幹線に至るまで ATC が普及しており、鉄道運転方法の主流となっている。

しかし平成 20 年 6 月 14 日開業の東京メトロ副都心線を初めとする多くの地下鉄と「新交通システム」ではさらに進化した列車運行が行われている。高度の ICT 技術の結晶、「自動運転装置」を使用した自動運転制御方式である。運転士による操作を最小限に抑えるタイプと完全に無人で作動するタイプがあるが基本的な動作方法は同じで、発車の合図を確認した後、加速・速度維持・減速・停止を自動的に行う機能を持っている。…今後の鉄道運転無人化の基本となるシステムが、やっと実用化されてきたのである。

そこで 3.2 では既に実用化されている自動運転装置について考察する。基本的な仕組みを確認すると共に今後広がる可能性はどれほどあるのだろうか。



3.2.1. 1ATO とは

ATO (Automatic Train Operation ; 自動列車運転装置) とは主に運転士のブレーキング補助を主任務とする ATS・ATC・TASC とは異なり、加速から停止まで列車進行の一連の動作を ICT 機器が自動で制御する運転装置である。1960 年代以降、ATC 装置の改良の名のもと開発・研究が進められた後、新交通システムや地下鉄で採用されており、ダイヤと停止位置の精鋭化に貢献している。

それだけではなく完全に運転士・車掌を廃止した営業体系を実現することも可能で、“ゆりかもめ”を始めとする新交通システムでは無人運転が実現している。まさに鉄道運転無人化にはなくてはならない装置といえよう。

ATO 並びに自動列車運転装置は人間よりも計算能力・正確さに長けている。とはいえ、完全に自動化のためには厳格な機械設計がされていなければ安全な鉄道輸送はできない。そのため「普通鉄道構造規則 ; 161 条」および「鉄道に関する技術上の基準を定める省令 ; 第 7 章・54 条」において

【「普通鉄道構造規則」の第百六十一条】

- 1 自動列車運転装置は、自動列車制御装置を設けた鉄道以外の鉄道に設けてはならない。
- 2 自動列車運転装置は、次の基準に適合するものでなければならない。
 - 一 旅客等の安全が確認された後でなければ列車を発車させることができないものであること。
 - 二 自動列車制御装置の制御情報が指示する運転速度以下に目標速度を設定し、円滑に列車の速度を制御するものであること。
 - 三 列車の停止位置に円滑に列車を停止させるものであること。
 - 四 ブレーキ装置の操作装置の操作が行われた場合には、自動運転状態が解除されるものであること。

【「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」第七章 第一節 54条より】

- ・閉そくを確保する装置等
- 第五十四条 閉そくを確保する装置は、進路上の閉そく区間の条件に応じた信号を現示し、又は閉そくの保証を行うことができるものでなければならない。
- 2 列車間の間隔を確保する装置は、列車と進路上の他の列車等との間隔及び線路の条件に応じ、連続して制御を行うことにより、自動的に当該列車を減速させ、又は停止させることができるものでなければならない。
- 3 第一項又は第二項に掲げる装置を単線運転をする区間において使用する場合は、相対する列車が同時に当該区間に進入することができないものでなければならない。

という条文があり、自動列車運転装置の搭載についてやや厳しめの基本原則が記述されている。

3.2.1.2 ATOの動作

ATOはATS-Sn、ATS-P、ATC、TASCの技術を基に作動しており、TASCは、これらブレーキング補助装置に加速～惰性走行⁹の機能が追加されたものとしてとらえることができる。例えば速度照査パターン算出は現状のATSで採用されている地上子・トランスポンダを使った情報通信方法と、ATCの地上設備と車両上の信号とが連携した情報通信方法を応用して行われている。減速～停止の動作に至ってはTASCと全く同じである。(ATOはTASCを包括している装置と考えられる。)

だが1つだけATS・ATCには無い大きな相違点がある。それはATOを使用し列車運転の場合、「運転操作の主役がICT機器であること」だ。ATOを採用し、ワンマン運転を行っている地下鉄

⁹ 惰性走行…モーターの電気を切ってそれまでの勢いで走ること。最も電力効率が良い状態で走る事ができるため、ATOでは惰性走行の時間を多めに取るように制御される。

路線の場合、列車の発車安全確認やドア開閉は乗務員が行うが、加速～惰性走行の一連の流れは全て ATO による完全管理下に置かれている。乗務員は運転台に設置されている発車ボタンを押せばよいだけである。¹⁰新交通システムは中央司令室の監視の下、発車の段階から完全に自動化されている。

【写真 1 ; ATO 対応車両の運転台参考資料】

画像は副都心線対応の東武車両の運転台であるが、基本的な作りは他の ATO 採用路線の車両でも同じである。

赤 ホーム監視用モニター

青 通常は使わない制御装置

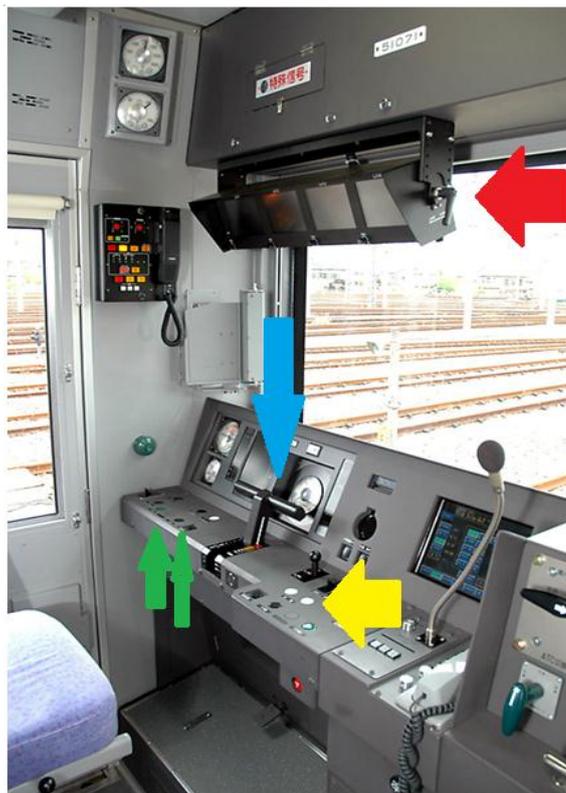
黄色 発車開始ボタン 2つある。

緑 ドア開閉ボタン 座ったままドア開閉ができるようにここに設置されている

※画像引用先

「テツドウホビダス 編集長敬白・東武 50070 系・9000 系改造車誕生。」

<http://rail.hobidas.com/blog/natori09/archives/2007/04/post-506.html>



3.2.1.3 ATO の実用例

(1) 地下鉄・在来線での実用例

新交通システムに比べ大型の車両を使う地下鉄や在来線はその分乗降客数も多く、万が一の緊急事態が発生した場合駅構内や車両内で深刻な混乱やパニックが起こる危険性がある。そのため完全無人運転化は実現されず運転士が乗車した上での ATO の採用がされている路線がほとんどである。こうした路線では通常は ATO による自動運転が行われるが、異常時・故障時や運転士の技能低下を防ぐため一時的に手動運転が行われることがある。¹¹

平成 26 年 1 月現在、ATO を導入している路線は【図表 9】の通りである。

¹⁰ ドアの開閉を確認した後、運転士が発車用のボタンを 2 つ同時に押すことで誤作動を防止しつつ、正確な運転を可能にしている。

¹¹ ドアの開閉は運転士が行う。ただし ATO が定位置に停車し、ドアの開閉に支障がない事を判断した後でないとドア操作を行う事ができないようになっている。

【図表 8 ; ATO 採用路線】

ATO採用路線			
私鉄線	首都圏新都市鉄道(つくばエクスプレス)		
	埼玉高速鉄道		
	北神急行電鉄		
地下鉄	東京地下鉄丸ノ内線	千代田線(綾瀬～北綾瀬)	
	有楽町線	南北線	副都心線
	都営地下鉄三田線		大江戸線
	横浜市営地下鉄 全線		
	名古屋市交通局桜通線		
	京都市地下鉄東西線		
	大阪市営地下鉄長堀鶴見緑地線		
	神戸市営地下鉄西神線	山手線	海岸線
	福岡市営地下鉄 全線		
モノレール	多摩都市モノレール		

多摩都市モノレールを除き全線が一般鉄軌道の路線で、各線で車体規格（長さ・ドア数、位置）の統一がされている。また首都圏新都市鉄道を除き地下鉄又は長大トンネル線であり、天候や踏切等事故の起きる可能性が少ない条件の揃う路線が目立つ点が特筆される。

(2) 新交通システムにおける実用例

【図表 9 ; 新交通システムにおける ATO 採用路線】

ATO採用路線	
新交通システム	東京都交通局 日暮里・舎人ライナー
	每浜リゾートライン
	ゆりかもめ 東京臨海新交通臨海線
	横浜新都市交通金沢シーサイドライン
	愛知高速交通東部丘陵線
	大阪市交通局南港ポートタウン線
	神戸新交通 全線

いずれも鉄のレールと車輪を使わない「新交通システム」であり、車体長も 6m へ、編成も 5 両へと輸送力が小さい路線に採用が進んでいる。運転は中央指令所からの監視と操作に基づいて行われており、緊急事態が起こっても迅速な対応ができるように運営されている。

3.2.2 自動列車運行における安全確保を考える

項目 3.1・3.2 において鉄道運転の速度制御装置について追求した。その進化系として、ATO は「鉄道運転無人化」普及の火種になり得る ICT 技術である。ATO 採用路線では運転士は発車確認ボタンを押すこと・ホーム監視・ドア開閉のみを行い、肝心のハンドルを握ることは少ない。車掌は乗車すらしておらず、もはや運転士は車掌の代わりと安全確認そのために乗務していると言っ

でも過言ではない。

では ATO が整備されれば簡単に鉄道運転無人化ができるのかと言えばそうではないだろう。事故・運転見合わせ・停電・混雑・故障・事件・けんか・犯罪…乗客数が増えれば増えるほど、輸送障害の起きる可能性は高くなるのである。2011 年 3 月 11 日には、日本は未曾有の大震災に襲われ、東北地方だけでなく首都圏にまで被害が出てしまった。その際に東北新幹線は緊急地震速報を受信して自動的に停止し、脱線や事故被害からは免れたものの運転再開はなかなか実現しなかったという事例があった。不安と混乱の中、車内では車掌や運転士の旅客案内が行われ、その結果大きな混乱や暴動が起こることはなかったのである。つまり、緊急事態対応は人間の方が優れているという事である。

ではもし完全に無人化されている車両でこのような大震災が起きてしまったら…又は、「乗客が急性心筋梗塞で意識不明！！」という状況になってしまったら… 現状の設備と ICT 技術だけでは迅速な対応をすることは難しい。無人運転を実現するためには新しく乗客と列車の安全を確保する新 ICT 技術の導入が必要になるのである。

そこでこの 3.3 では無人化技術が進捗して運転士が不在となった列車において、緊急事態が発生した場合の安全確保装置に重点を置き、無人化における最大の課題「異常時対応」をクリアするにはどうしたら良いのか、私なりの予想と提案をしていく。これは ATO を採用する予定のない路線でも安全確保の観点から言えば有効になるものだろう。

3.3.1 監視カメラの設置

車内状況把握のため列車の車内に（監視）カメラをとりつけるのはどうだろうか。実際に JR 埼京線や JR 東海道新幹線ではカメラを取り付けて犯罪防止に役立てている例もあり、「鉄道にカメラを設ける」という概念は世間からも受け入れやすいはずだ。地下鉄の電波送受信には“WiMAX”に代表される無線 LAN の高速情報通信技術を用いればよい。また”ダミーカメラ“に代表されるように「監視カメラ起動中」という文面それだけでも、精神的な分野から犯罪抑制にも役立つ。鉄道における例ではないが、千葉県銚子市ではゴミの不法投棄を防止するために防犯カメラを設置したところ、設置後に不法投棄が行われた事が無くなったという事例がある。安全対策として監視カメラを設置することは大いに有効であると考えられる。今後、特に痴漢や犯罪の被害が多い東京首都圏において、設置される路線が増えるものと予想する。

3.3.2 電話・通話機の設置

さらに一般の方が容易に司令室に連絡が取れるように電話機・通話機の設置も行えばよりいっそう安全性が高まる。通話機が設置されていれば車掌・運転士がいなくとも、監視カメラで得られた情報を基に迅速な旅客案内が実現できる。

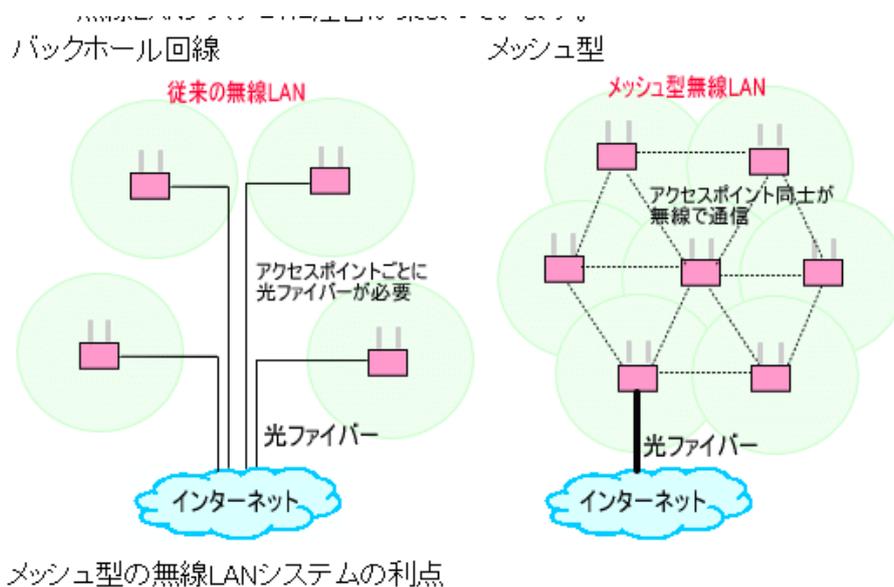
新交通システムでは日暮里・舎人ライナーなどにおいて既に実用化もされており、一から始める新開発の必要性もなく、設置におけるコストもさほど膨大な物にならないはずだ。

3.3.3. 列車の遠隔操作は可能か。

唐突な故障対応には列車の「遠隔操作」を行うようにできれば良いだろう。とはいえ鉄道路線は車やゲーム機通信とは違い、数十キロ～数百キロの範囲に渡って営業を行っているため、一般的な赤外線通信では列車の操作を中央司令室から行うことは難しい。一般的な赤外線は照査可能範囲が 1m~2m だが、距離測定用の赤外線センサを用いれば 1Km 程度まで使用することは可能である。しかし、赤外線センサのために高価なメタルケーブルを使用した通信システムを整備することは、コスト面から不可能である。(路線延長が長いため。)そこで、現在の ICT 技術の流行である無線 LAN と光ケーブルとの連携を中心に、長距離間での通信を可能にした「メッシュ型無線 LAN」を使用する提案をしたい。

メッシュ(“網目”の意味)型無線 LAN とは、ある程度の地上設備までは光ファイバーを使用した通信を行い、遠隔操作を行う媒体の付近からは無線 LAN による情報通信に切り替えて情報伝送を行う情報通信方法である。情報の送受信用にアクセスポイントをいくつも経由させ、情報の通り道をいくつも用意することで情報伝送の確実性が向上すると共に、無線 LAN の有効エリアを拡大し続けることができるのである。

【図表；メッシュ型無線 LAN の仕組みの概略図】



※画像引用 <http://www.geocities.jp/hibiyank/musen/mesyu.htm> より。

近年のメッシュ型無線 LAN の成功例として、2013 年以降福島第一原発のがれき処理に役立たせるため、無線 LAN と光ファイバーを用いた情報伝送を使用して、建設機器を約 500m 離れた位置から遠隔操作に成功した事例(鹿島建設株式会社)や、光ファイバーをとことん延長させ、約 30Km 離れた地点から建設機器を遠隔操作する実験に成功したという事例(西松建設株式会社)があり、その信頼性は高い物として評価されている。

上記の鹿島建設株式会社のレポートを引用すると、『ファイバーケーブル使用は各機器が IP アドレスで管理され、建設機械操作情報、現場カメラの映像情報、ガイダンスシステム情報を全て LAN

化して伝送する第4世代のネットワーク無人化施工システムを日本で初めて導入したことにより可能となりました。また無線基地局から建設機械間は5GHz帯無線メッシュLANを使用しました。当社の超長距離隔操作実証実験のノウハウを活かし、光ファイバーの敷設されている場所であれば、映像遅延も従来とは変わらず、距離に関係なく安定して遠隔操作ができることが実証されました。』¹²とある。つまり、この事例を全く同じように列車にあてはめれば、路線長30Km程度の路線であれば遠隔操作が可能と言うことなのである。例えば山手線は一周約34Km。副都心線は約20Kmであるので、遠隔操作をするためならこの技術で十分な効果が期待できる。

どうしても無線LAN接続がうまくいかなければ光ケーブルからの情報伝送を行う施設を増設していく必要があるが、従来のメタルケーブルによる配線コストや大量の作業員を常に待機させておく必要性が無くなるため、それほど鉄道企業にとっても負担にならないはずだ。

新しい通信方法メッシュ型無線LAN。近いうちに鉄道業界でもその名を聞くことになるだろう。やがて、鉄道とインターネットとは切っても切れない関係になると考察している。

3.4 運転士に替わる ICT 技術；鉄道運転の今後

以上、ATSからATOまで鉄道の無人運転に関するICT技術を検証してきた。特にTASC・ATOは運転士に替わるICT機器の代表例とも言える存在であり、運転士の負担削減に貢献している。JRではまだまだ採用路線は少ないが、私鉄では実用例も増加し続けている。

そして、今後もこの流れは続くだろう。将来の鉄道業界は少子高齢化と、就労人口減少に伴う収益・乗務員数の減少が見込まれている。それこうまく対応していくためには、現時点で可能なものを全てICT機器に取り替えておき、業務の効率化と将来的な人手不足を予防するという方法しかないからである。

しかし完全無人化には課題が多い。特に混雑や異常時には人間による対応が必要になってしまうのだ。よって私は乗務員1名とATOがセットになった列車の運転スタイルが一般的な物に成り行くと思う。車掌がいなくなり、運転士の主任務が安全確保と異常時対応となるスタイルである。これなら単純に人件費も半分になるし、ATOによる自動運転が中心だから運転士に過度な負担がかかることもなくなる。企業にとっても、乗務員にとっても“おいしい”展開になるのである。

そのうち運転士という言葉が鉄道業界から無くなり、「乗務員」もしくは「列車長」という名前になるかもしれない。運転が自動化され、人間による運転の機会が極端に減ったためだ。現在のところ、このような時代が来ることはまだまだ先のことと思われるが、その実現に向けた第一歩は、もうすでに踏み出されているのである。

¹² 鹿島建設株式会社「災害現場で活躍する「次世代無人化施工システム」」
<http://www.robotaward.jp/apply/robot10.pdf> より文章を完全引用。

4. 車掌に替わる ICT 技術

4.1 車掌に替わる ICT 技術 情報提供；文字情報編

鉄道車掌の主な業務は

- ①次駅・運行状況・乗り換え案内放送
- ②列車のドア開閉
- ③運転指示（運転は運転士の仕事だが運転指示自体は車掌の仕事である）
- ④緊急時の乗客の安全確保

である。特に①の「次は〇〇～」という案内は車掌の大きな特徴であり代名詞であった。

ところが業務の効率化や人件費削減を狙って地方閑散路線や首都圏の一部地下鉄などで「ワンマン運転」が始まっており、車掌の代わりに運転士が車掌の仕事を引き受けるという業務体系を取る鉄道会社が増えてきている。代表例としてホームドアを採用し、その結果安全性の向上を実現する事が出来た埼玉高速鉄道¹³を始めとする地下鉄と、赤字を抱えるため、少しでも経営難から逃れようとワンマン化に踏み切る多くの地方閑散路線がワンマン運転を実施している。

しかし乗客数がわずかな地方閑散路線ならまだしも、1 時間に何本も列車があり、混雑も相当なものである首都圏内では「ワンマン運転」を推し進める事は簡単なことではない。

上記の埼玉高速鉄道は、開業当初よりホームドア（フルスクリーンタイプ）や最新の停止位置調整装置 ATO・車輻性能統一（20m4 ドア6両）が整備されていた「ワンマン運転用」路線であり、その他の JR 各線や大手私鉄線とは「ワンマン化」を推し進めるうえで状況が異なっていたのだ。そのため可動式ホームドア設置と関連して JR 山手線 E231 系用に TASC（定位置停止装置 Train Automatic Stop-position Controller）という高度な停止位置調整 ICT 技術が開発され、実用化されている現在でも車掌は必要だという風潮は消えていない。

だが少し考えてみると、常にドア開閉を行うエレベーターや自動ドア、鉄道に極めて近い形態を持つ新交通システムはすでに無人化技術が確立しており、運転士はもちろん操作員もいないのである。また次駅案内放送に関しては 1990 年代以降大手私鉄の車両を中心に「自動放送装置」が登場しており、平成 14 年以降では JR でも採用が始まっている。もはや主要幹線では車掌が肉声で放送をする事自体が少なくなっているのだ。さらに「交通バリアフリー新法」制定以降、近年の新造車両車内には LED や LCD を使用した文字放送で情報提供をする車内案内表示機の搭載が義務づけられており、これも車掌の業務負担削減に貢献しているものとみられる。

この近年の流れから考えれば、車掌を減らす事、もしくは ICT 機器で置き換えることは不可能ではない。車掌の代わりになりえる最新技術はどこまで進んでいるのだろうか。

今回の章では、「車掌をなくすには情報提供；文字情報編」として考察する。

¹³ 埼玉高速鉄道…平成 13 年度の開業当初より人身事故発生件数 0 を実現。全駅に可動式ホーム柵が設置されているだけでなく、ATO や車内案内表示機といった最新の ICT 技術を盛り込んで開業した。

4.1.1 車内案内表示機

車内案内表示機とは、車掌の肉声とは違い LED 又は LCD を使用して文字情報を車内に提供する機器の事である。車両のシステムを通じて自動で情報を表示し、更新する。

近年の車内案内表示機の主流、は LED 又は LCD を使用した文字放送を表示する車内案内表示機である。この機器は車掌による肉声の放送と比べ

- ①乗客が何度でも情報を確認できる事
- ②乗客の聞き逃しや聞き間違いを防ぐ事が出来る事
- ③乗客に1度に多くの情報を提供できる事
- ④聴覚が不自由な方にも分かりやすい情報提供ができる事
- ⑤その他さまざまな運行情報を提供できる事
- ⑥車掌の言い間違いによるトラブル回避を期待できる事
- ⑦LCD タイプの場合、デジタルサイネージとして今までになかった動画広告を採用でき、新たな収入源を確保できる事。(一部の対応可能車両に限る)
- ⑧外国語表記も同時に行う事が出来る事

というメリットがある。JR 東日本の場合、1990 年から山手線 205 系の 11 両編成の内 1 両で LCD を使用したニュース・天気・情報提供サービスが開始され、ここから車内案内表示機の歴史が始まったといえる。現在の液晶画面と比べると当時は画質が悪く画面も大きくなかったが、ラッシュ時の“ストレス緩和”や情報提供方法の革新を伴う新しい車内環境づくりがスタートしたのである。

また車内案内表示機は国土交通省「交通バリアフリー新法」の 32 条において

第 32 条

5 客室には、次に停車する鉄道駅の駅名その他の当該鉄道車両の運行に関する情報を文字等により表示するための設備及び音声により提供するための設備を備えなければならない。

6 客室内の旅客用乗降口の戸又はその付近には、当該列車における当該鉄道車両の位置その他の位置に関する情報を文字及び点字により表示しなければならない。ただし、鉄道車両の編成が一定していない等の理由によりやむを得ない場合は、この限りでない。

という記述が有り、バリアフリーの推進の為今後（2000 年代後半以降）の新造車には文字放送を表示できる機器の搭載が義務付けられた。そのため新造当初は設けられていなかった比較的古い車両にも、更新工事に伴い車内に案内表示機器を取り付ける鉄道会社もある。

この章では現在最も発展が著しい「車内案内表示機」について考察し、車掌に替わる ICT 技術を追求する。

4.1.2 車内案内表示機の種類

- (1) LED (Light Emitting Diode 発光ダイオード) 式

1980 年代後半¹⁴から登場した車内案内表示機の形式。点 1 つ 1 つを組み合わせる文字を作り、その文字を点滅やスクロールさせる効果で乗客に注意を呼び掛ける事も出来る。車両により①横一列のもの ②縦 2 列横 2 列のもの ③目的に応じて複数が設置されているものに分かれているが基本的な機能は同じである。一般通勤型電車ではドア上部、新幹線や特急型電車には車内のデッキ扉の上部に取り付けられているものが多く、外国人や子供にも情報を提供できるようにひらがな・カタカナ・漢字・ローマ字全てに対応する。

3 色 LED とフルカラー LED のタイプが有り、特にフルカラー LED タイプのものは目立つ色とそうでない色を使い分け、視認性の向上と迅速な情報提供を可能としている。

【写真 1 ; 東武 30000 系電車における 3 色 LED 式車内案内表示機】



(2) LCD (Liquid Crystal Display 液晶ディスプレイ) 式

東武鉄道 9050 系車両を皮切りに 1990 年代以降から使用が開始された小型テレビ型の車内案内表示機。この日本初の LCD は画質や通信性能に問題があったため早々と撤去されてしまったが、平成 14 年登場の JR 東日本の山手線向け E231 系 500 番台から本格的に採用が再開された。LED に比べさらに視認性が向上し、様々なレイアウトで旅客情報を提供できるようになったほか、一度に表示できる文字数が抜群に多くなり、乗客サービスの向上につながることから現在では新型電車の標準装備になっている。車両によりドア上か天井部につりさげられて設置されている。

さらに LCD タイプでは写真や動画を使用した情報提供も可能となり、JR 東日本では「トレインチャンネル」、JR 西日本では「WEST ビジョン」という名称でデジタルサイネージ (電子広告) 事業の中心となっている。

ただし、大型液晶は機器設置に場所とコストを必要とする。

¹⁴ JR 東日本では通勤電車は平成 3 年登場の 209 系から、特急電車は平成元年登場の 651 系から採用している。私鉄電車はそれより以前から取り付けられていた車両もある。

【写真 2 ; 山手線 E231 系における液晶式情報案内表示機】



注) 画像は左側の広告画面のもだが、実際には右側に運行情報専用の画面もある。

(3) “地下鉄式”¹⁵ (路線図型)

東京地下鉄の一部車両で使われているタイプ。ドア上にある路線図の中で、現在位置と開く扉の位置を LED 方式で点滅させる事で案内する。

路線図全てを表示するので、今現在どこにいるのかがとても分かりやすいのだが、新駅開業や運転変更の際には表示機を丸ごと交換しなければならない弱点がある。また運行状況などを表示する事は出来ない。

【写真 3 ; “地下鉄方式” の車内案内表示機】



※画像引用 http://livedoor.blogimg.jp/kuninaka_mai_k/imgs/d/c/dc011121.jpg?58edab05 より

¹⁵ 地下鉄式は正式な呼び名ではない。車内案内表示機の中でも特に路線図に重視した設計となっているためこのように表現した。また、採用しているのも東京地下鉄の車両のみである。

(4) 幕式・紙式

幕式は東武鉄道 6050 系でのみ採用されているタイプで、車輛の外側にある行き先表示と全く同じものが車内にもあるというもの。直通運転が多く車輛の種別と行き先が複雑な東武鉄道において、行き先表示については大きな効果が挙げられると思われるが、幕式なので緊急時や他路線の運行表示をする事は出来ない。

紙式は LED 方式が普及していなかった時代の古い車両に使われている形式で、大抵の場合はその会社の路線図がドアや天井部に貼られているだけのものである。路線図の書き方により乗換えや停車駅案内はいくらでも丁寧にカバーできるが、乗っている列車がどこにいるのか・次の駅はどこか等の情報提供は従来の車掌の肉声に頼らざるを得ない。

【写真 4 ; 東武 6050 系の幕式車内案内表示機】



※画像引用 <http://photozou.jp/photo/show/162630/7723752> より

4.1.3 情報提供装置の動作

「交通バリアフリー新法」の制定により鉄道各社は車内に文字情報を表示できる機器を車内に取り付けなければならなくなった。平成 4 年その先駆けとして登場した東武 9050 系電車ですでに LCD 使用の画期的な情報提供方式は考案されていた。しかし鉄道独特の弱点である高速移動・振動・地下空間という環境の為表示の性能は悪く、その LCD は早々と撤去されてしまったのである。

東武 9050 系登場から 10 年、JR 東日本は山手線向け新型車両の開発と共に LCD による文字情報提供を実現する新システムを実験・検証していた。日々進化する ICT 技術をふんだんに盛り込んだこの機能は VIS (Visual Information System) とよばれ、鉄道運行状況のほか写真・動画広告も放送可能とする新技術であった。やがて平成 14 年、その装置は実用化され山手線でサービス提供が開始される。その後 VIS 対応車両は破竹の勢いで増備され、首都圏ではほとんどの車両が VIS・LCD 搭載車となった。

ここではその VIS を中心に高度情報提供装置の実用例について追求する。

(1) JR 東日本 VIS 編

VIS(Visual Information System)とは平成 14 年製造の E231 系電車以降の JR 東日本の車両に搭載されている車内案内表示機能の名称。ドア上部に LED タイプは 1 つ、LCD タイプは 1 つ又は 2 つ設置されている車内案内表示機に次駅案内と運行状況、お知らせや注意放送を表示する情報通信機器の事である¹⁶。

途中駅に設置してある地上の情報送信設備から、駅停車中に SS 無線・ミリ波または無線 LAN・WiMAX を利用して列車上にある受信機で情報を受信し、その情報を車内にある車内案内表示機を通して文字化又は映像化する。情報の送受信は自動であり、運転中でも乗務員が何かしらの操作をする必要はない。そのため列車の運行状況や緊急停止時の注意喚起画面などを素早く表示する事が出来るようになり、その結果乗務員の負担削減と乗客へのサービス向上に貢献している。

さらに列車側の情報を地上に送り返す事も可能であり、大幅な遅延や緊急時が発生した際に中央指令室にリアルタイムで異常を通報する事ができ、その結果も迅速な情報提供を実現することができる。

【写真 5 ; 山手線 E231 系の VIS 用機器】



LCD を本格採用した E231 系 500 番台車両からは写真・動画を使用したデジタルサイネージ事業も開始されたが、一般的な運行情報だけでなく動画配信も VIS を介して行われており、山手線の場合、主要駅に設置されたミリ波無線型の情報伝送装置を使用し、即時性の求められるニュース配信や、最新の広告への書き換えが行われている¹⁷。

¹⁶ VIS は旅客案内機能全体を指すものであり、LED や LCD の文字表示機器を表す言葉ではない。

¹⁷ 山手線 E231 系電車の当初の動画配信は、SS 無線型情報伝送装置を使用して車両基地のみで行われていた。だがその後、即時性の高いニュース配信を行えるようにするため、平成 17 年より現在の伝送システムに変更されている。

LCD 方式の動画広告は、乗客には「飽きない車内環境」を、企業には「不特定多数が広告画面を見る事による大きな経済効果」をもたらすことから好評となり、平成 18 年度以降製造された中央快速線向け E233 系 0 番台を筆頭に JR 東日本や各私鉄の新型通勤車両の標準装備となっている。平成 14 年以降、山手線を始めとする中央快速線・京浜東北線、常磐快速線の全列車に搭載されている他、特急「成田エクスプレス」向け E259 系や「スーパーひたち」向け E657 系など特急型車両にも導入されており、特に重要な首都圏全域にサービスが提供されている。さらに東海道線や京葉線、埼京線・横浜線・南武線など今後も VIS を有する路線と車輛数を増加させていく方針である。

(2) 私鉄編 ～VIS と類似する車内案内表示機の採用～

私鉄電車でも、JR 東日本の VIS とは別名称ながら同機能を有する車内案内表示機能を搭載する車両が多数存在している。具体的な例を【図表 1】に表す。

【図表 1 ; 大手私鉄が採用している VIS と類似する車内案内表示機】

・東京急行電鉄 ; TIP (Train Information system for Passenger) 平成13年登場の5000系電車から採用。
・小田急電鉄 ; TVOS (Train Vision Odakyu System) 平成14年登場の3000系電車より採用
・相模鉄道 ; SIS (Sotetsu Infovision System) 平成21年登場の11000系電車より採用
・西武鉄道 ; S-TVS (Seibu-Train Vision System) 平成20年登場の30000系電車より採用。運行状況やお知らせ・次駅案内にはFOMA回線を、動画広告配信にはミリ波を使用している。
・東京地下鉄 ; TVIS (Tokyo Metro Vision) 平成18年登場の10000系電車より採用
・東武鉄道 ; TVS (ToBu Visual System?) 平成23年登場の東武50070系電車より採用。東武鉄道は平成4年に車内案内表示機に初めてLCDを採用した会社であり、画質や品質が確立してきた今、再びLCDが本格採用されたのかもかもしれない。
・埼玉高速鉄道 ; SaiNet Vision 平成13年(開業年) 2000系電車より採用。 LED表示機と車内で向かい合わせに設置されており、1両に4台設置されている動画広告配信専用のLCD。再生にはDVDを使用するためDVDが交換されなければ同じ映像が流れる事になる。

その他京王電鉄・京浜急行電鉄・横浜新都心交通。阪急電鉄・JR 西日本など一部の車両に限るが VIS に類似したシステムを採用し始める会社は多く、まだまだ対応車両数は少ないもののこの傾向は今後永続していくはずだ。

VIS のような高度情報通信機器が整っていない会社は、車輛に搭載されている運行管理システム上で LCD や LED に直接次駅案内や運行状況の提供を行っている。

【写真6；東急5050系におけるVISと同様の車内案内表示機】



4.1.4 車掌に替わる ICT 技術 文字情報提供の課題

一見万能な車内案内表示機にも課題は有る。主に設置に関する事象であり、

- ① 駅に設置する高度情報通信専用機械のコスト。特に旧型車両も多く走る会社には、少数の新型車両の為に多額のコストを投資する事は難しい。
- ② 停車時間の長い駅でしか情報更新に必要な送受信が行えない。または情報通信の為に有る程度の停車時間が必要。(SS 無線使用車輛の場合)
- ③ ①②のため全駅に高度情報通信機器を設置する事は難しく、その結果分刻みの情報更新は難しい。
- ④ ②のため速達性が求められる特急電車には設置が難しい
- ⑤ 「交通バリアフリー法」にのっとり新たに車両に文字表示機器を搭載する場合、車内案内表示機の位置確保のため、車輛の大規模な改装が必要になる。
- ⑥ VIS など高度情報通信機器に対応していない路線に乗り入れを行う場合、その対応ができなくなる
- ⑦ 長大トンネルで電波障害は起きないのだろうか？ という課題である。

だが当然この課題を乗り越えなければ車掌を廃止する一連の流れにたどり着く事は出来ない。

現在この課題に対処できる技術はどこまで研究が進んでいるのだろうか。

JR 東日本の研究結果を基に現在の最新技術を検証する。

4.1.5 文字情報提供編 課題を克服するには

4.1.5.1 “WiMAX” の採用

平成 21 年登場の特急「成田エクスプレス」向け E259 系から、VIS に情報通信機能面で大きな変化が訪れた。まずその背景には、成田エクスプレスは首都圏と成田空港を結ぶ“国際特急”であ

り、誰にも分かりやすい情報提供と確実な通信環境が求められていた事実がある。さらに特急列車である以上速達性が優先事項であったし、東京駅と成田空港駅は地下空間であった。現状の技術では VIS 設置が難しかったのである。

そこで、JR 東日本では VIS の改良を実行に乗り出し、試験用車両を走行させるなど研究を重ねてきたのである。そして、開発・実用化されたのが WiMAX を使用した情報提供である。

各駅に情報通信設備を設置するのではなく、車両と指令センター間でデータを直接送受信する通信体制に変更したことが大きな特徴。さらに高速通信性に優れる無線 LAN を使用する事で、

- ①駅に設置する VIS 情報更新通信設置を廃止することでコスト削減を実現。
- ②WiMAX の無線 LAN は、エリア内であれば走行中でも通信が可能であり、速達性が求められる特急列車の停車駅削減と停車時間の短縮の双方を実現する事が出来る。
- ③電波が届きにくい走行空間でも車内にブロードバンド接続環境を整備する事が可能になり、お客様の要望にこたえる事が出来る。
- ④成田空港や東京駅周辺などの地下トンネル内でも迅速で確実な情報提供を行う事が可能になり、地下空間でも鮮明な映像を映し出す事が出来る。
- ⑤“国際特急”として、一般的な鉄道運行状況よりも高いリアルタイム性が求められるフライト情報に対応する事ができる。
- ⑥外国人の方に対応するため外国語表記の充実を図る事ができる

といった情報通信環境の精度向上だけでなく、「特急成田エクスプレス」ならではの課題も同時に対処する事が出来たのである。

この E259 系「成田エクスプレス」では、LCD に文字情報を表示する機能にとどまっているが、平成 22 年登場の京葉線向け E233 系 5000 番台では、「トレインチャンネル」の写真・動画広告配信にも WiMAX を利用し、京葉線の弱点であった東京～潮見付近までの長大トンネル区間（約 5 キロ）での鮮明な動画映像配信に成功している。

このように VIS は WiMAX の長所①大容量通信 ②高速移動に対応 ③常時接続をフル活用することで進化を遂げる事が出来たのである。これならば、駅周辺の土地が狭い駅や列車のスピードダウン、接続の不安定に全く臆することなくスムーズな情報提供を実現する事が出来るだろう。

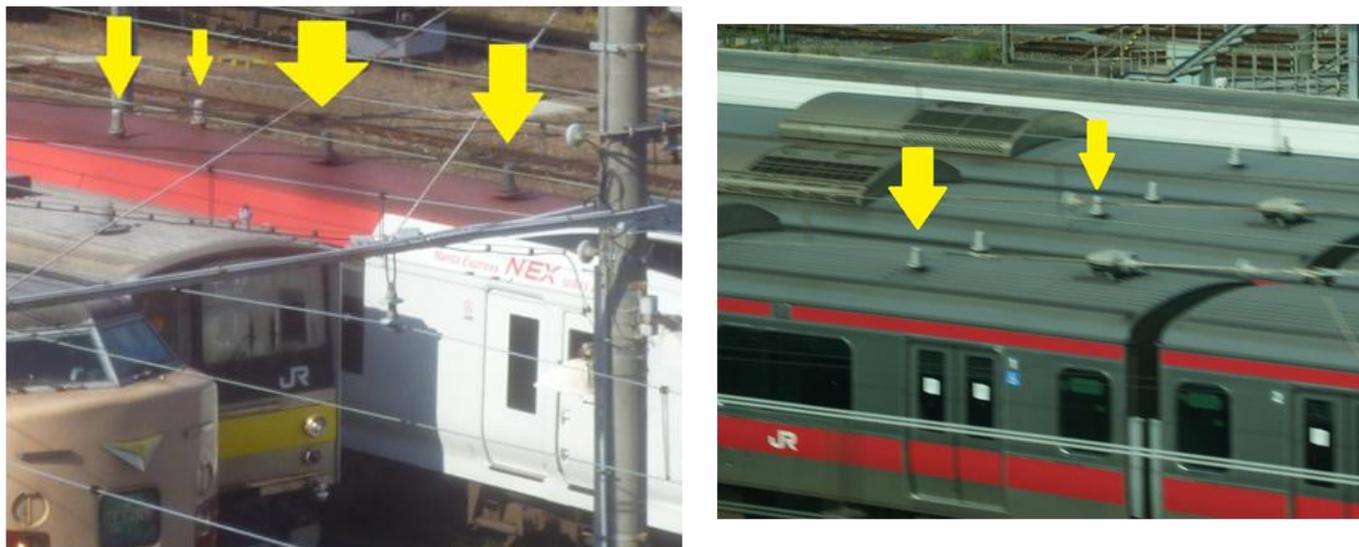
注) WiMAX について説明を加える。

WiMAX とは従来よりも高速でデータの通信ができる新規格の大容量モバイルブロードバンド通信方式の 1 つであり、ICT 関連企業において従来の無線 LAN と区別するために WiMAX という名称をつけられた。WiMAX ルーターとともに用いるため、まだ対応できるパソコンは限られているが、全く有線を必要としない点で引っ越しや出張時のノートパソコンのインターネット使用に便利であるとされている。(IEEE802.16 で承認) 一般的な無線 LAN (例えば Wi-Fi) と比較して①大容量通信 ②高速移動に対応 ③常時接続可能という長所が有る。

WiMAX とは株式会社 UQ コミュニケーションズ他各社の高速無線 LAN システムの商品名の 1 つであるのだが、JR 東日本は UQ コミュニケーションズと共同して鉄道向け高速無線 LAN システ

ムを開発し、VIS のさらなる進化を実現する事ができたため、この項でも“WiMAX 対応”という文面を使用した。

【写真7；成田エクスプレス E259 系と京葉線向け E233 系の WiMAX 用アンテナ】



黄色矢印の箇所に設置されているもの。左；E259 系 右；E233 系

4.1.5.2 新しい車内案内表示機

平成 18 年以降、「交通バリアフリー新法」の制定により文字情報を放送する車内案内表示機の搭載が義務となったため、新造当初は LED や LCD が設置されていなかった車両にこれらの機器を設置する必要が生じた。しかしこれらの機器を搭載する事は簡単な事ではない。大型の LCD タイプを設置するためにはドア上部や天井の補強が必要で、その結果車輻の大規模改善が必要となってしまうし、比較的小スペースで使用可能な LED タイプは、LCD に比べ情報量や明瞭性、使用電力の点で劣ってしまうのである。

故にこの 2 つのうちどちらを採用するかは、鉄道会社にとって悩みの種であったのであるが、平成 24 年以降コイト電光株式会社から、従来の横長 LED 表示機のスペース内にぴったり収まる LCD 表示機「パッとビジョン」という新型車内案内表示機が登場し、京王電鉄 8000 系車両を皮切りに採用例が他社に広まっている。

この「パッとビジョン」のような新しい表示機が普及していけば、大きなスペースがなくても LCD の長所を生かして情報量を豊富にする事が出来る。従来の LED に比べ使用電力は 3 分の 1 程度、さらに「即時取り換え可能」という長所が有り、コスト削減と車掌に頼らずとも詳細で正確な情報提供を行うことの 2 点を両立させる事が現実に可能になっているのである。

【写真 8；東武 10030 系のパットビジョン採用例】



広告よりも狭いスペースであるのみ関わらず液晶画面を採用する事ができたため、明確性は従来の 3 色 LED タイプよりも抜群に良い。東武鉄道の他に京王電鉄でも採用が進んでおり、今後製造後 20 年程度の車両に対して設置が進んでいくものと思われる。

4.1.6 車掌に替わる ICT 技術 ～車内案内表示機編まとめ～

今後は、「パットビジョン」を始めとする低コスト型 LCD の開発・普及と、VIS のような高度情報通信設備が一般化し、全国に普及していくのは間違いない。

地方閑散路線ではコストの問題が懸念されるが、光ケーブルの接続と共に無線 LAN の広範囲なエリアカバーをもってすれば、国の通信環境整備政策、特に地方地域周辺のインターネット環境整備と同時に情報網を設置する事が出来るはずだ。地方閑散路線では過疎化が進む箇所が多く、高齢化が進んでいる。そこでは耳だけではなく目で情報を確認したい方が多くおられることであろう。ならばコストがかかっても文字情報を得意とする車内案内表示機を整備しておく事は全く損ではない。便利で優しい鉄道は誰からも愛されるのだから。

日本全国の膨大な数の鉄道車両全ての車内案内表示機を更新・整備するには大変長い時間がかかると思われるが、やがて 20 年も経てば、「この電車 LED なんて使ってやがるぜ」という会話をあらゆる場面で聞く事になるかもしれない。そして、その第 1 歩は始まっているのである。つまり、車掌による情報案内はもはや過去のものになりゆくのである。

4.2 車掌に替わる ICT 技術 音声放送編

・「次は〇〇～〇〇線はお乗り換えです～」という音声放送は“車掌の代名詞”ともいえる存在であり、古くから次駅案内や乗り換え案内は車掌の肉声のみで行われてきた。

しかしこの音声放送は、

- ① 言い間違い・聞き違いによるトラブルの原因となってしまうこと
- ② 橋の上やトンネル内ではほとんど聞こえないこと
- ③ 平成 18 年施行の「**バリアフリー新法¹⁸**」において、「出来る限り外国語を併記すること」という記載が明文化されたのだが、一般的な車掌の放送では外国語に対応しにくい

という課題があるのだ。特に③においては、急停車時や詳細な乗り換え案内時にとっさに外国語放送をする事は難しいと判断されたのか、各社では駅路線図やステッカー、車内案内表示機で外国人向けの対応がなされてきたほどである。

しかしこの肉声放送のみの状況は、平成 4 年に東武鉄道 20050 系¹⁹が初めて「自動放送装置」を設置して以来、大手私鉄で車掌の音声に代わる音声放送システムが整備され始めたことから事態は変貌していく。この「自動放送装置」では日本語はもちろんのこと外国語放送も開始され、例えば長野オリンピック時には長野新幹線でフランス語放送が実施されるなど、「自動放送装置」は国際化が進む日本を支える存在として実用化されてきたのである。

当初から整備されているのは 1990 年代から現在にかけて製造された大手私鉄の新型車両中心であったが、現在では古い車両でも追加設置改造が施される傾向が有り、今やこの「自動放送装置」は日本全国に普及している。前章の「車内案内表示機」の設置と共に「車掌を置き換えることができる」列車環境の整備が実現されてきたのである。平成 14 年からは JR でも山手線・常磐快速線の E231 系電車から自動放送装置が導入され、通勤客のみならず観光客にも明確な情報提供をする事が可能になっている。

この項目では、すでに車掌の替わりとして機能している「自動放送装置」について詳細に追求し、「車掌をなくすには」編の重要項目としてこれらの機器を考察していく。

4.2.1.1 自動放送装置とは

車掌の肉声による音声放送ではなく、ICT 機器によるコンピュータ音声を用いて次駅や乗り換え、緊急放送を行う装置。鉄道車両だけでなく路線バスなど一般公共交通機関でも用いられている。「自動放送装置」導入のメリットは、車掌による肉声の放送と比較して

- ①外国語放送に優れている。(外国語放送を同時に行う事が出来る)
- ②車掌の業務負担の削減が可能。
- ③声の大小や高低に関係なく、聞き取りやすい情報提供が可能。

¹⁸ 平成 18 年施行の「**高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律 (通称バリアフリー新法)**」で“外国人にも配慮した案内をする事”の記述が有る。

¹⁹ 平成 4 年に登場した一般向け通勤型車両。地下鉄日比谷線の直通運転開始を想定して自動放送装置が搭載された。音声は東武線内と日比谷線内で異なるタイプが使用される。

という点である。まさに近年の日本の国際化や鉄道運営の効率化を両立できる優れ物といえる。

4.2.1.2 自動放送装置の動作

今回のターゲットである山手線においては、すでに平成 14 年より「自動放送装置」が使用されている。山手線の場合 E231 系電車に設置されている TIMS (Train Information Management System) とよばれる車両運行管理システムにより完全に自動で作動しており、TIMS が列車の位置を自己判断し、その情報を「自動放送装置」に送信する。そして「自動放送装置」が受信したデータを基に次駅案内等の音声を流す仕組みになっているのだ。

列車の位置測定方法に関しては車両やシステムにより違いがみられ、

- ①電車の車輪径を基にある程度走行したのち放送を開始するもの
- ②GPS 機能を使って位置特定をしたのち放送をするもの
- ③出発後何秒という時間測定を行って放送を行うもの

がある。一連の動作は「自動放送装置」そのもので集中的に制御されるが、車掌が特に注意を促す場合や肉声放送を行う際には車掌による放送が優先され、「自動放送装置」の音声は途切れる仕組みになっている。また近年の新型車両には、非常ブレーキ使用を使用した情報を感知するとすぐに「急停車します。ご注意ください」という放送がされる車両もあり、車掌よりも早く乗客へ迅速な注意を促す事も出来る。

古い車両では車掌や乗務員がボタンを押すことで作動するものもあるが、この「自動放送装置」により基本的に車掌は放送に関して何もする必要がなくなったのである。

4.2.1.3 自動放送装置で放送可能な内容

基本的な放送内容は

- ① 日本語の次駅案内・乗り換え案内
- ② 英語の次駅案内・乗り換え案内
- ③ 比較的駅間距離が長い区間ではこれに加えて、優先席や携帯電話使用などのマナー文と
- ④ 今後の停車駅と所要時間
- ⑤ 高崎線・東海道線などグリーン車が連結されている車両にはグリーン車の利用方法である。

JR 東日本では平成 14 年以降に新造された新型車両全てに「自動放送装置」を搭載させているが、駅名・乗り換え案内等を除き音声スタッフや放送文は路線や車輛間での差は殆どなく、放送内容の共通化によるコスト削減を狙っている。

一方で私鉄各社は、JR 各社よりも早く自動放送に乗り出したためか古い車両と新しい車両とで異なったタイプの自動放送が使用されているケースが多く、あまり統一されていないようである。但し相互直通運転を行っていて他社の路線に乗り入れをする車両は、乗り入れ時に限りその他社線

向けの放送が行われる²⁰など共通化の動きもみられる様である。

各私鉄も基本的な放送内容は日本語と英語による次駅案内と乗り換え案内、マナー文等であり、JR とは大きな違いは見られない。

さらに新幹線や特急列車、観光列車では車内メロディが使用されることもある。これは特に乗客の注意を引くために放送されているものであり、決して車掌による肉声放送では実現する事が出来ない機能である。

4.2.2 車外スピーカー

「自動放送装置」と前章の「案内表示機」が完全に整備されれば、車掌の存在はもはや必要ないかのように思える。しかし現状のままではまだまだ 100%の満足とは言えない。地方閑散路線を中心に多く存在する無人駅において、いかに分かりやすい情報提供を行うかという課題が残っているためである。

通常、無人駅では出発の合図放送や停車駅案内は全く行われない。「無人運転化」が実現した場合でも同じだが、車内だけではなく駅に居る人にも直接注意を促すと共に、旅客案内放送をする必要が有るのだ。特に地方閑散路線の沿線は高齢者が多いと思われるので、目だけでなく耳でも分かる情報を提供しなければならないのである。そのためには既存の設備のみでは対策を立てる事は出来ない。

そうした課題を克服するために開発・実用されているのが「車外スピーカー」である。

これはその名の通り車体側面の上方に取り付けられている放送装置であり、乗降促進メロディ・半自動ドア取り扱い案内・ドア開閉時の注意促進を車体の外に向かって放送できるものである。ホームの発車ベルが鳴り終わってもまだ乗降が続いている時や、もとから自動放送装置が設置されていない駅で効果を発揮する。

私鉄では 1992 年頃より東武鉄道・京王電鉄・東京急行電鉄・各地の路面電車から、JR では平成 18 年頃より中央線向け E233 系電車から本格的に採用が始まって以来首都圏・地方閑散路線向けに関係なく設置が進んでいる。

但しこの機械を作動させるには車掌が車内・車外どちらに放送するかを切り替える必要があり、今後車掌が不在となった時にどのように作動させるのかという問題点もある。

²⁰ 東急東横線と相互直通運転を行っている東武鉄道の車両は、東武線内では東武線内用の放送形式を行い、東急線内では東急の新型車両と合わせた東急形式での放送を行っている。

【写真9；京成 3500 系の車外スピーカー】



4.2.3 車掌に替わる ICT 技術 音声放送の課題と今後

現在の状況では技術的な問題はほとんどない。外国語への対応も車掌よりも確実に無事に行うことができるだろう。無人駅や、無人化された駅では車両からの旅客案内を、車外スピーカーと車内の両方で放送すればよい。駆け込み乗車防止用に、ドアが閉まる時にはブザーが流れる仕組みになれば効果は更に大きくなるだろう。これは無人駅でなくとも有効だと思われる。

ただし、完全に音声放送で全ての情報提供を行おうとすると少々の不便が生じる。多岐にわたる乗り換え案内、特に発車時刻案内はその時間帯を走るダイヤ1つ1つに対応する音声データを組み込む必要があり、この作業には相当の苦労を費やすことが予想されるのである。「1時間に一本」などの路線ならまだしも、3大都市圏の高頻度の列車ダイヤ1つ1つ専用に音声情報を作成することは作業時間とコストを考えると難しいと思われる。

そのため音声放送を完全に ICT 化するためには、全車両に自動音声放送を設置する事はもちろんのこと、時刻表を見なくとも暗記できるような列車ダイヤの構築とその他の情報提供装置との連携がどうしても必要となる。例えば、文字ディスプレイで現在時刻に最も近い路線発車時刻表（1時間分ほどを）を表示し、音声では乗り場のみを案内するといった具合である。こうした条件が揃えば、情報提供の分野において車掌を廃止する事は十分可能だ。近年の情報提供装置の設置状況から考慮すれば、その“未来”はすぐそこにまで来ているのではないだろうか。

4.3 車掌に替わる ICT 技術 ドア開閉編

ドア開閉は、案内表示機や放送装置が自動化するなか未だに人間による業務が中心となっている作業である。“半自動運転”型のATOを採用している路線でさえもドア開閉は運転士が行い、不慮の事故防止と厳格な安全確保を実現しているように思える。しかし鉄道運転無人化が実現するとその運転士・車掌がいなくなり、通常時はとにかく、異常時には“ドアが自らの判断で開閉を行う”必要が生じる。その状況で駆け込み乗車や戸挟み事故に対処することはできるのだろうか。

そこで 4.3 ではドア開閉の自動化および乗務員が不在となった場合でも安全にドア開閉を行うことができる状況について追求し、車掌に替わる ICT 技術の普及がどこまで進むのか考察していく。エレベーターのような運転スタイルを、鉄道も採用できるだろうか。

4.3.1 鉄道のドア開閉

鉄道車両最大の特徴は片側 1~6 枚のドアが全車両に取り付けられており、しかもそれらは乗務員により一括操作されるという点である。鉄道車両は 1~17 両で走行しており、1 台で扉数 1~3 枚のバスや飛行機のドア開閉とは操作時に求められる慎重さや正確さの度合いは全く異なる。例えば JR 東日本の常磐快速線の E231 系を例にすると、この車両は 1 両 20 メートルの 4 ドアで通勤ラッシュ時には最高で 15 両連結される。すると通勤客でごった返す状況の中で片側 4 ドア×15 両で 60 枚のドアが、幅 20 メートル×15 両で 300 メートルの範囲で開閉されることになる。そのため車掌一人で乗客の安全な乗降を実現することは難しく、通勤ラッシュ時には駅員と一体となって列車の運行を支えている。

4.3.2 ドア開閉が原因で生じてしまった事故 ～人間の操作には限界がある～

2007 年、山手線でベビーカーがドアに挟まった状態で列車が動き出し、あわや大惨事につながる事故が発生した。幸い大事には至らず列車運行は再開したが、日本でも屈指の混雑率を誇る山手線では片側 4 ドア×11 両で 44 枚のドアが、幅 20 メートル×11 両で 220 メートルの範囲で開閉されることになっており、もはや車掌 1 人の判断では安全なドア開閉を行うことは不可能に近い…という状況のまま列車の運転が行われている。

駅には安全確認用のモニターや自動放送装置が設置されてはいる。しかし急曲線や急勾配上にある駅では車掌がホームの端まで見通すことは不可能であり、今後もドア挟まりによる事故が起きてしまうことは多々あるだろう。これではどんなに列車の性能やダイヤが良くても安全な輸送を行うことはできない。これはやはり、いつまでも人間によるドア開閉が中心である現在の状況に問題があるからだと思う。

4.3.3 ドア開閉上の弊害

ドア挟み事故が起こる原因は何だろうか。

- ① 駆け込み乗車 …発車チャイムが鳴り終わっているにもかかわらず強引にドアに走り込む行為のこと。どちらかという鉄道会社の責任と言うより個人のモラルの問題だが、ドア開閉を難しいことにする最大の原因である。
- ② 混雑 …国土交通省のデータによると現在日本で最も混雑する区間は JR 東日本の総武緩行線の錦糸町→両国間で平均混雑率は 201% である。総武緩行線の車両は 1 編成あたり定員が 1600 名ほど。混雑率 201% ということは 1 編成に 3232 人が乗っている事になる。2 位は山手線の上野→御徒町間の 200%。

このような路線では車内は身動きもできないほどの混雑となり、当然ドアのすぐそばまで人

であふれることになる。するとドアに相当の負担がかかってしまい故障やドア挟みの原因となる。最悪の場合傘や鞆をドアが挟んだまま発車し、その結果走行中に接触事故・落下事故を起こす原因となってしまうのである。

③ 車掌のみの判断では安全なドア開閉が行えない場合

例えば先頭車の部分は暗い地下空間で後尾車は明るい地上空間である場合。外はまぶしく見にくい中、暗いホームの端にいる乗客を確認することはできるのであろうか。

以上大きく分けて 3 つの原因が挙げられる。どれにも当てはまることは、「今すぐの処置」で解決できない中長期的な解決策が必要な点である。特に混雑によるドア故障の件についてはドア開閉のみの問題ではない。

そこで近年ではドア開閉の環境を変えるのではなく、ドアそのものに ICT 技術を導入してドア開閉の弊害に対処しようという動きが高まっている。

4.3.4 ドア開閉の改良 ～ICT 技術導入によるドア改良～

片開きから両開きへ、片側 3 枚から 4 枚へ…のようにドアは常に改良を重ねられてきた。また開閉システムも変化し、圧縮した空気力でドア開閉を行う「空気式」から電子指令による「電気式」に改良されていく。しかしそれだけの機能では乗降時の安全を 100%保証できるわけではない。そのためドアそのものに ICT 技術を組み込み、非常時にはドアそれ自体が危険を察知して自動開閉を行えるようにされたドアが登場している。

異常検知はドアの先端部分にあるゴム状になっている箇所に設置されているセンサーで感知する。ゴム部分に異常に大きな力が加わると、中にあるセンサーが「異物挟み込み」と判断しドアを再び開く仕組みになっている。

(1) “力加減調整型”

京成電鉄 3000 系他私鉄車両で採用されているこのドア開閉用 ICT 技術は、定められた時間だけドアの閉まる力を弱め、ドア挟みを乗客の力だけで解消できるように設定された機能を持っている。そのためここでは“力加減調整式”と表現する。その仕組みは

- (1) ドアが閉まり始める
- (2) ドアは閉まるが、約 5 秒間物や指を挟まれてもすぐに抜けるように完全に閉め切らずにドアの閉まる力に余裕を持たせておく。
- (3) 5 秒間で異常を検知しなかった場合、ドアの閉まる力を最大限にして安全を確保する。

というものである。京成電鉄の旧型車両はドアの閉まる力が最大限の状態であり続けたため物が挟まると乗客が自分の力では対処しにくく、異常が発生するとドアの再開閉や駅員の処置が必要になりその結果遅延が発生していた。しかしこの 3000 系車両の“力加減調整式”ドア技術によりそのような事態は軽減されたに違いない。

(2) “自動再開閉型”

“力加減調整型”のようにドアの力を調整するのではなく、異常を検知した場合に扉が自動で再開閉を行うことで車掌の負担削減と列車全体の遅延防止に役立つ機能を持つドアのこと。駅員や車掌がいない新交通システムや近年登場の新型車両では標準装備であり、安全確保と定時運行に貢献している。この基本的な機能は

- (1) ドアが閉まる
- (2) 異常を検知。するとドアそれ自体が再開閉の動作を行う
- (3) 再びドアを閉める。異常がなければ発車。

ただしこの再開閉機能は両開きの車両もしくは一度きりの使用であれば問題はないが、複数回の動作や片開きの車両ではドア 1 枚あたりの開閉時間が長くなってしまい、その結果列車遅延が起きやすいという弱点がある。私自身、無人運転を行っている日暮里・舎人ライナーの朝ラッシュ時において、混雑で人がドア付近までいっぱいになった状況の中で自動再開閉機能が作動し続け、2~3分ほど列車が止まってしまったこと体験をした事がある。

次の列車は駅のすぐ手前まで接近して停止しており、遅延が拡大する原因になってしまったのだ。

(3) ホームドアとの連携

JR山手線や地下鉄路線・新交通では、より安全なドア開閉を実現するためにホームドアとの連携をしたドア開閉を行っている。ホームドアの開閉は、車両が停車した際に地上子に「停車」という情報が車両から送信され、その情報を受信したホームドアが車両のドアと共に開くというシステムで行われている。(ATO 運転による乗務員操作タイプを除く)

国土交通省が定めた「公共交通機関の車両等に関する移動等円滑化整備ガイドライン」によると、万が一車両とホームドアに乗客が挟まれてしまった場合に備え検知器の取り付けが義務化されており、車両とホームドアの間に人が挟まれてしまった場合にはホームドアから出発の指示が出ないようになっている。

ホームドアと連携することにより、ホームに「壁」ができるので発車・停車時の安全性は極めて高くなる。さらにホームドアは車両のドア開閉よりもゆっくりとした開閉を行うため、万が一乗客がホームドアに接触した時にもケガの心配はないというメリットもある。

但し、いくら安全とはいえ単純に考えても乗務員・車両が取り扱うドアの枚数は2倍になる。山手線なら4ドア×11両×2で88枚のドアを取り扱うことになる。そのため慎重さを求めるため、今までの倍の安全確認が必要になり運転時間に支障が出やすいというマイナス面がある。

4.3.5 無人運転を実現するためには

4.3.4 で取りあげたドアは十分高性能である。しかしどれも乗務員の動作を基本にしている「乗務員サポート」という存在であり、ホームドアのない一般路線で完全無人化が実現した場合にはやや安全性と効率性に欠ける。ホームドアがあっても、車両のドアとホームドアの間に人が閉じこめられてしまう事故も起きている。ラッシュ時には激しい混雑でドアに異常な圧力がかかり、その結果

ドアの再開閉がうまくいかなくなり、ダイヤ乱れが起きる事もあるようだ。つまり、乗務員あるいは車両からの一括操作のみでは安全なドア開閉を行うことはできないということなのだ。

ではどうすればよいのか。そのためには、ドアをバラバラに制御できるようにすればよい。現代の ICT 技術を使用すれば可能なはずである。4.3.5 では、私の考えに基づいて鉄道ドアの進化について考察したい。

・自動ドア化の提案

日本のビルにはほとんどの箇所で自動ドアが設置されている。人間がドアの前に立つとセンサーが感知して自動的にドアを開け、そして誰もいなくなると閉まる装置である。もちろん、一連の動作に人間による操作は全くない。(一部ボタン式を除く) …この装置を鉄道車両に応用できないだろうか。車掌に全く頼らずに ICT 技術の使用のみでドア開閉・乗降を実現するのである。

まず駅で降りたい人が車両のドアの前に立つ。そして完全に停止を確認した後列車が止まるとロックが解除され自動でドアが開く。乗る人は降車が終了した後乗車すればよい。乗車が終わればドアは自動で閉まるので、夏期の冷房と冬期の暖房効率は飛躍的に高くなる。“省エネ”が叫ばれる今、電気使用量を削減できる。人感知のセンサーは赤外線等どれでもかまわないが、上・右・左から感知できるようにしたい。

駆け込み乗車対策も簡単である。発車時分になりチャイム・放送が流れ終わった瞬間以降は人を感知してもドアが開かない仕組みを作ればよいだけだ。ただし停止していると乗車できるのかできないのかが不明瞭になるため、例えば乗車可能な時は青、チャイム放送中は黄色、乗車不可能(完全にドア閉め完了)の時は赤色など色で電車の状況を知らせてくれる信号のような装置が併設されてあげばよい。この信号は、ホームの中でも特に階段付近に設置してあげれば駆け込み乗車防止の観点で効果は倍増する。

またホームドアがあればさらに駆け込み乗車対策は確個たるものになる。ただしそれだけでは不安なのでドアの再開閉機能は持たせておくと、両開きタイプとして開閉時間の短縮を図る。

視聴覚に障害を持つ人のためにドア上部にはドア開閉時のみ点滅・音声が流れる機器を設置する。この装置自体は現在でも多くの車両で採用されているので実現は容易だろう。

ドア開閉感知だが、人の通り抜けを確認した数秒後(2~3秒後)に閉まるようにしたい。一般的に列車の乗り降りには人々が並んだ状態で行われるため、人の通過を確認した後すぐにドアが閉まってしまうと通勤客でごった返す中では危険と混乱、乗車時間の長大化を招いてしまうからだ。反対に、何十秒も開いたままだと駆け込み乗車の危険性や空調効率の面で劣化して自動ドアの意味がなくなってしまう。

混雑路線では自動ドアが閉まるときに障害が発生しやすくなる。これに対応するため、ドア付近に人間の滞留を確認するとドアの開閉速度が低くなる機能を取り付けると共に“力加減調整型”の機能を取り付け、戸挟みが発生しても乗客が自分で戸挟みを解消できる環境を整備する。前述の通り発車時分になると強制的にドアを閉める機能があるので、ラッシュでドア前に人が滞留してしまってもドアの開閉を行うことができる。

乗客の乗降用ではないが、特急成田エクスプレス用 E259 系電車や北海道の 789 系電車では列車と列車をつなげる際に必要となる前面のドアに自動ドアを採用している。

風や雨などの被害を最も受ける電車の前面部分に設置が完了しているのなら、側面部分にも設置はできるはずだ。

4.3.6 車掌に替わる ICT 技術 ドア開閉編 まとめ

JR 東日本を初めとする各鉄道会社ではドアそのものにも改良を重ね、乗務員の見落としを少しでも減らし、事故を未然に防ぐ ICT 技術の導入に積極的である。山手線の場合ホームドア設置は平成 24 年度以降だが、新型のドアを採用した E231 系 500 番台電車は平成 14 年度の登場であり、この事からもホームドアや自動運転装置などに比べ、早い段階から改良ドアが各地で実用化されていることが分かる。今後もドアの改良は進んでいき、やがて自動化につながっていくことと思っている。さて、ドア開閉編をもって「車掌に替わる ICT 技術」を終了し、続いて「駅員に替わる ICT 技術」に移る。この章の課題をクリアすれば、無人化への道は近い。

5. 駅員に替わる ICT 技術

5.1 ホームドア編

国土交通省発表の平成 24 年度版「[輸送障害に関する事項](#)」によると、平成 24 年度に発生した鉄道輸送障害は 5881 件であった。そのうち「線路内人立ち入り」、「自殺」等鉄道会社の部外原因²¹は 2231 件で、全輸送障害の 37.8%を占める。【図表 1】

【図表 1；平成 24 年度の鉄道輸送障害発生件数】

さらに「自殺」は 631 件、「ホームにおける人身死傷事故」は 429 件となっており、全国どこかで1日 1.175 件の頻度で事故が発生している事になる。また近年は「ながら歩き」²²などホームでの接触事故・転落事故も増加傾向にある。国土交通省発表のデータでは、ホーム上接触事故は 175 件発生しており、前年比 27 件（20%）の増加となっていた。様々な対策が功をなし死亡者数はやや減少したのだが、全体の人身傷害事故発生件数は減らないのである。

こうした現状において、既存の設備のみではホーム上から駅員をなくす事は不可能なのである。事故が多発する以上、運転士や整備員を減らす事も難しいかもしれない。

そこでホームドアの設置という概念が生まれるのである。

平成24年度の鉄道輸送障害発生件数			
主要因	発生件数	増減数	比率
部内原因	1637件	119	28%
係員に起因するもの	262件	-8	
車両に起因するもの	917件	36	
施設に起因するもの	458件	91	
自然災害	2013件	103	34.20%
水害	528件	-43	
雪害	304件	-57	
風害	560件	223	
地震	62件	-102	
その他	559件		
部外要因	2231件	381	37.90%
自殺	631件	30	
動物との接触	514件	202	
その他事故等	1145件		
合計輸送障害数	5881件	603	100%

5.1.1 ホームドアとは

ホームドアとは、車輛ではなく駅のホームについている乗降用のドアの事である。車輛が駅の所定位置に停車するまでは乗客と電車の接近を防ぐ「壁」になる役割も持っており、乗客の安全確保と列車の定時運行を同時に図る事が出来る装置である。

車掌が車輛のドア開閉とは別にホームドアの開閉も行って作動するタイプもあるが、基本的には車輛から送られる「停車」の情報を受信した後に自動で作動する。

²¹ 部外要因…車輛・機械故障など鉄道会社側の責任ではない事件や輸送障害の事。

²² 「ながら歩き」…スマートフォンや携帯型ゲーム機などを操作しながら歩く動作の事。視線が下向きになり、周りへの注意が削がれる事から危険行為とみなされている。

国土交通省によるとホームドアには厳格には2つのタイプに分かれている。

(1) ホームドア（フルスクリーンタイプ）…電車の側面全体に及ぶ大規模な扉のついたもの。日本では比較的开業が新しい路線（日暮里舎人ライナー・東京メトロ南北線全線など）で使用されて始めた段階だが、韓国地下鉄など世界では日本より以前から採用されていた。駅の構造がホームドアで埋め尽くされるような形になるため、開業当初からホームドアを採用できる鉄道、及び新交通システムのみには設置は制限される。

フルスクリーンタイプのホームドアには

- ① 両とホームドアとの隙間の閉じ込め・挟み込み防止装置を設置する事
- ② ドアの開閉を音声や音響で知らせるシステムを設置する事
- ③ 開口部に点字ブロックを併設する事

の3つが規定²³されており、ホームドアがない駅に比べ目の不自由な方も安全に鉄道を利用する事が出来るのだ。

(2) 可動式ホーム柵…電車の側面窓あたりまでの高さを持つ可動扉が付いたもので、近年設置が進んでいるホームドアの種類としては最もポピュラーな形式。JR 在来線や多くの私鉄各線だけでなく、地下鉄や新幹線にまで普及している。

フルスクリーンタイプよりも設置に必要なコストと作業時間の削減を図る事ができるほか、比較的プラットホームを占有せずに済むためプラットホームの狭小化を防げる事、乗客が列車の進入を確認しやすい事のメリットが有る。

国土交通省によるとフルスクリーンタイプ導入の注意点①～③の他に、「身を乗り出したり、背丈の長いものがホーム柵に立てかけられたときに列車に設置しないような高さにする事」という記述が有る。

国土交通省の方針では2000年の「新大久保駅転落事故」発生以降、1日の平均利用者数が10万人を超える駅については「優先的に設置を考慮すること」という方針²⁴に変わっているが、未だにホームドア・可動式ホームは新設鉄道路線を除き「努力義務」であり、設置はなかなか進まない現状が有る。平成25年9月現在ホームドア・可動式ホーム柵の設置完了駅数は564駅にとどまり、9000駅を超える日本全



²³ 「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（通称バリアフリー新法）」に対応する「公共交通機関の車両等に関する移動等円滑化整備ガイドライン」内の記述より引用。

²⁴ 国土交通省「「ホームドアの整備促進等に関する検討会」中間とりまとめの概要」より引用。一日10万人を超える利用駅の人身事故発生確率は1日あたり1.82件と非常に高い。

国の駅の中では設置率は 10%にも到達していない。

そのため国土交通省は新しくホームドア・可動式ホーム柵の実験的設置を行う鉄道会社に対して補助金を支給するなど、ホームドア・可動式ホーム柵の設置には積極的な姿勢を見せている。

【写真 1；可動式ホーム柵（JR 山手線）イメージ】



5.1.2 採用線区

(1) 新幹線

【図表 2；新幹線におけるホームドア設置完了駅数/全駅数の割合】

新幹線	東北新幹線（8/23 駅）	長野新幹線（8/10 駅）
	東海道新幹線（5/17 駅）	山陽新幹線（1/19 駅）
	九州新幹線（全駅）	

秋田新幹線と山形新幹線は一部区間で在来線区間を走るため、車輛統一の都合や速度の関係で通過路線にホームドアが付いていない。また一部の駅では可動式ホーム柵ではなく、ドア付近以外の箇所一般的な柵（不可動式）が立っているだけの駅もある。（【写真 2】）ただしその際には危険回避の為大幅な減速をする必要があり、円滑な列車運行の妨げになることもある。

【写真 2；東北新幹線における 安全ホーム柵】



(2) JR 在来線

【図表 3 ; JR 在来線におけるホームドア設置完了駅数/全駅数の割合】

JR路線	山手線 (8/29駅)	東西線 (2/9駅)
------	-------------	------------

JR 在来線は日本全国を走る最大の路線網をもっているながら設置は 2 路線に限られている。山手線は JR 在来線グループで初の導入事例として注目されている。そのため目黒駅と恵比寿駅において工事方法・設置方法・運営方法など今後の可動式ホーム柵の本格設置に向けた各実地試験²⁵が行われた。

現在稼働している JR 西日本の可動式ホームドアは山手線と同じ可動式ホーム柵タイプのものだが、今後さらなるコストダウンと本格導入に向けて JR 西日本は独自に新型可動式ホーム柵の研究開発に乗り出しており、研究開発がうまくいけば今後ホームドア設置のスピードが加速する可能性が大いにある。(5-4 課題克服編参照のこと。)

(3) 私鉄

中小私鉄の採用例はきわめて少なく、大手私鉄²⁶が殆どである。

【図表 4 ; 私鉄線におけるホームドア設置完了駅数/全駅数の割合】

私鉄	東武 (東上) 線 (1/38駅)		
	京王 (本線) 線 (4/53駅)		
	小田急線 (1駅)		
	東京急行目黒線 (全駅)	東横線 (2/21駅)	大井町線 (1駅)
	京浜急行 (空港) 線 (1駅)		
	首都圏新都市鉄道 (全駅)		
	あおなみ線 (全駅)		
	名古屋鉄道小牧線 (1駅)	空港線 (1駅)	

どの路線も乗客数の多い終端駅のみ、又は高架化・地下化など新しく改良工事された際に取り付けられたものがほとんどであり、全線にわたって取り付けられているものは東急目黒線・あおなみ線・首都圏新都市鉄道のみである。この中でも開業時から設置されているのは首都圏新都市鉄道とあおなみ線に限られる。

ただし京王線の布田駅は地下化工事の際に他路線とは違いフルスクリーンタイプのホームドアが採用された点が特筆される。これは通過列車の速度が特に高い事が考慮されたものだと考えられるが、これこそホームドアの中でも最も効果のある形状であり、布田駅で人身事故皆無の実績が証明

²⁵ JR 東日本ではこれを本格的な設置に向けた先行試作と案内していたが、他の駅への普及の際に若干の改良がおこなわれた以外変更点は無く、事実上の本格稼働の第 1 例であった

²⁶ 東武鉄道 東京急行電鉄 京王電鉄 小田急電鉄 西武鉄道 相模鉄道 京成電鉄 京浜急行電鉄 の関東 7 社と 阪急電鉄 阪神電鉄 京阪電気鉄道 南海電鉄 近畿日本鉄道 名古屋鉄道 西日本鉄道の関西 7 社のこと。国土交通省の鉄道会社区分にこの記述が有る。

されれば設置を考慮し始める鉄道会社が増えるきっかけとなるかもしれない。

(4) 地下鉄

札幌・仙台・横浜・福岡市営地下鉄では全駅でのホームドア設置が完了している。

【図表 5；地下鉄におけるホームドア設置完了駅数/全駅数の割合】

地下鉄	札幌市営地下鉄 全駅		
	仙台市営地下鉄南北線 (全駅)		
	埼玉高速鉄道 (全駅)		
	都営三田線 (全駅) 大江戸線 (全駅)		
	東京地下鉄南北線 (全駅) 千代田支線		
	丸ノ内線 (全駅) 副都心線 (全駅) 有楽町線 (14/24駅)		
	横浜市営地下鉄ブルーライン 全線		
	名古屋市営地下鉄上飯田線 (全駅) 桜通線 (全駅)		
	京都市営地下鉄東西線 (全駅)		
	大阪市営地下鉄今里筋線 (全駅) 鶴見緑地線 (全駅)		
	福岡市営地下鉄 全線		

地下鉄車両は比較的車輛統一がされている路線や新規開業路線（副都心線など）が多く、開業時には無かったものの全線で設置を完了した路線もある。しかし三大都市圏（東京・大阪・名古屋）では車輛の扉数や他社との相互直通運転による車輛規格の不統一が原因で未だにホームドアが設置されていない路線が多く、ホームドア完全設置の大きな問題となっている。当然三大都市圏の中心を走る路線であればあるほど混雑は激しくなり、その分危険性も増す事になるのだから、こちらを優先して早急なホームドア・可動式ホーム柵設置の手配を進めるべきであるのだが…

(5) モノレール

湘南モノレールを除き全線で採用。

【図表 6；モノレールにおけるホームドア設置完了駅数/全駅数の割合】

モノレール	東京モノレール
	多摩都市モノレール
	舞浜リゾートライン
	スカイレールサービス
	沖縄都市モノレール

モノレールは一般の鉄道路線よりも高い位置にホームが作られる事が多いため、乗客の落下防止を図るため全駅でホームドアの設置が義務付けられている。湘南モノレールは駅に“床”部分を作り、万が一乗客がホームから転落しても大事には至らない設計になっている。

(6) 新交通システム

開業が新しい路線が多く、ホームドア設置完了は早い時期から完成していた。そのため駅員や乗務員の削減もしくは異常時以外の廃止という運行スタイルを行う会社が多い。ここではモノレール

ル・ロープウェイ・一般鉄軌道を除く鉄道事業者を対象とする。

【図表 7；新交通システムにおけるホームドア設置完了駅数/全駅数の割合】

新交通システム	東京都交通局；日暮里・舎人ライナー	
	ゆりかもめ；東京臨海新交通臨海線	
	横浜シーサイドライン；金沢シーサイドライン	
	愛知高速交通；リニモ東部丘陵線	
	大阪市交通局；南港ポートタウン線	
	神戸新交通；ポートアイランド線 六甲アイランド線	
	広島高速交通；アストラムライン	

新交通システムでホームドアの設置がないのは埼玉新都市交通・西武山口線・ユーカリが丘線の三社だけである。これらの路線では乗務員が運転しており、万が一の非常時に対応できる態勢を保っている。

5.1.3 ホームドアの課題 ～なぜ設置が進まないのか～

国内外問わず大きな効果をあげているホームドア・可動式ホーム柵。これが整備されれば新幹線はもちろん日本屈指の混雑路線であり、今回のターゲットでもある山手線の無人運転化にも大きく貢献する事は間違いないのだ。

しかし、現状では大手私鉄でさえ「試験的」「試作的」「実験的」「限定的」な設置しか行われていない。それはなぜだろうか。今回はホームドア・可動式ホーム設置の裏にある課題を検証する。

5.1.3.1 コスト

第 1 の課題は膨大なコスト。例えば山手線の場合、全 29 駅への可動式ホーム柵設置費用（車両へのホームドア対応改造工事費含む）を 500 億円に見積もっている。

1 日の平均利用客数が 100 万人を超える“ドル箱”山手線ならまだしも、大都市圏から郊外まで広範囲な路線エリアを抱える大手私鉄ならば不採算路線を抱えている事も多い。そこにもホームドアを設置するとなった場合、この設置コスト自体とそれを回収できる期間も計り知れない膨大なものとなり、ホームドア・可動式ホーム柵設置の現実味は薄れてしまうのだろう

ホームドア設置後に一切人身事故が起きなくなり、その処理費や人件費がかからなくなるというのであれば話は別だが、実際には（簡易版とはいえ）ホーム柵がある東海道新幹線小田原駅にて数件の飛び込み自殺が発生してしまった事例もある。

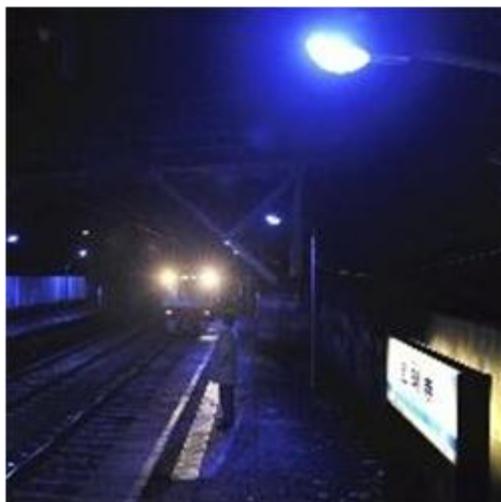
このような事故が有る限り、ホームドアや可動式ホーム柵の導入に至らない鉄道会社が出てきてしまうのは仕方がない事かも知れない。

現在ではホームドアの代わりとして事故防止に「ブルーライト²⁷」を設置し、コストと効果の両

²⁷ ブルーライト…京急が採用を開始して以来各地で広まっている照明方法の 1 つ。「人の心を落ち着かせる」といわれる青色の光で駅構内を明るく照らし、自殺や不法投棄、犯罪の防止に役

立を測る会社もある。

【写真3；京急線ホームのブルーライトイメージ】



※画像引用：<http://blog.campan.info/dogenkasenaika/archive/686> より

5.1.3.2 車両の不統一

こちらも大きな課題の一つ。元々ホームドアや可動式ホーム柵は、「決まった位置に、決まった車両が、決まった時に停車する」ときに有効なものであり、例えば JR 山手線の「全車 11 両 4 ドア」のように全ての列車が統一されてなければ設置は非常に難しいものなのである。

(1) 乗降客数が多いのだがホームドア設置が進まない路線の例

1 日平均利用客数が 100 万人を超える北千住駅を通り、また混雑が激しい東武伊勢崎線（東武スカイツリーライン）を例にすると、

- ① 特急は 6 両又は 4 両で 0 ドア～2 ドア
- ② 快速は 6 両で 2 ドア
- ③ 日比谷線直通普通列車は 8 両で 3 又は 5 ドア
- ④ 浅草行き急行電車は 6 両又は 8 両で 4 ドア
- ⑤ 半蔵門線直通急行電車は 10 両で 4 一部 6 ドア

という状況で、来る列車により全くドア形態と編成車両数がバラバラなのである。さらに車輛の長さやドア間の寸法も異なっており、どこにホームドア・可動式ホーム柵を設置すればよいのかは考えものである。

東武鉄道では前年度 92 件の輸送障害が発生。そのうち接触事故・自殺等による事故数は 63 件を占めている。平均 6 日に 1 度という頻度で事故が起きてしまっているにも関わらず車輛の都合でホームドアの設置は難しく、会社側には悩みの種になってしまっているのだ

立たせようというもの。京急線では実際に自殺防止に効果があったという。

(2) 車輛のシステムが不統一であるためホームドア・可動式ホーム柵設置が行えない例

例えば京成電鉄の場合、京成電鉄車両・北総電鉄車両・都営地下鉄車両 京急電鉄車両の4社の車輛が走行する。さらに各社ごとに分別すると京成は11車種、北総は7車種、都営は1車種、京急は4車種が加わり、最終的に23もの車種が走る事になるのだ。この電車は全て特急型を除き「18m・3ドア」に統一されており、ホームドア・可動式ホーム柵を設置する際の位置決めは簡単である。しかし40年前の車両から今年登場の車輛まで多くの車両システムが存在しすぎるため、ホームドア設置に関係する機器を車輛それぞれに作る必要があり、これが多くのコストと時間を要求する事になるのだ。停止位置をコントロールする ICT 機械 (ATO・TASC など) は電気指令を中心とする機器であり、電気ブレーキ等電気指令設備が行き届いている新型電車ならまだしも、古い車両では更新・設置が難しくなる。このためホームドア・可動式ホーム柵のためにまず新型車両の導入が必要になり、その分コスト増大を呼び、結果的に導入見送りとなってしまふのだ。

この2点の車輛問題が、現在ホームドア・可動式ホーム柵設置の妨げとなっている大きな問題なのである。

5.1.3.3 ホームそのものに問題がある。

大幹線であればある程、線路やホームの設備は古いものとなり大きく重いホームドアを配置する事が困難になってしまう事が有る。

【写真4；盛り土式ホーム】

主な駅のホームの構造の1つに「盛り土」というものがある。これは土を固めた上から、コンクリートで補強しただけという簡単な作りのプラットホームである。この盛り土式に新しくホームドアを設置すると、一旦盛り土を撤去してからホームの土台部分を強化し、さらに鉄骨やケーブルを組み込む等の作業が必要になる。

山手線の場合、多くの駅で盛り土式が採用されていることに加え、作業可能時間が1日2～3時間程度しかないことから、東京・新橋・新宿・渋谷の4駅を除く25駅の可動式ホーム柵の設置に7年程の年月がかかる見込みである。山手線がやや特殊な路線であるに



しても、29駅整備に7年以上かかる現在の技術では、全国の鉄道会社で数年以内にホームドアを完備することは実現しがたい事になりそう。

もう1つ駅が極端な曲線・勾配を描いている場合もホームドア設置を妨げている要因である。南北線や舎人ライナーなどフルスクリーンタイプのホームドアが設置されている路線は始めから全駅が直線状に作られている。しかし地上路線では全ての駅で直線状の駅を作ることは難しく、急曲線や勾配上にある駅も多い。ホームドアの為に駅をすべて作り直すという事は現実性がなく、不可能である。

5.1.3.4 新たな問題

当然、故障やトラブルを未然に防ぐ努力は継続されているが、既存の設備ではありえなかった事故や混乱が起きる事は確かである。そして、それに対処するには当然時間とコストがかかってしまう。

(1) 新型機械導入による係員、社員の養成コスト

…具体的な数字は公にされていないが、確実に発生しているコストである。初期投資の1つであり特に重要視する必要はないだろうが、社員数が多い大手私鉄であればあるほど養成コストは増加してしまう。

(2) ホームドアが故障してしまった場合の列車の運行

…山手線恵比寿駅で一度、初期故障を起こしたホームドアの影響で運転がストップしてしまった事があった。特に人身に関係する事故はなかったものの、定時運行を目的とした機器の故障により被害が出てしまうとは皮肉な結果である。副都心線等ワンマン運転を実施している路線では、故障状況の確認にも時間がかかってしまうだろう。

よって、この項目もホームドア導入に伴う問題点の一つなのである。

(3) 乗降時間が増大する事によるダイヤへの影響は

…山手線の場合、ホームドア導入以前は日中 59 分運転を実施していた（停車時間等を含めるとちょうど1時間で一周する時間）。しかしホームドア導入に伴い停車時間が増大するため、今後は1周約 61 分運転となってしまう予定である。わずか数分…ではあるが、これがもし緩急分離運転を実施している路線であったら、影響は拡大してしまう。

速度の遅い各駅停車の停車時間増大は、後方から来る速達列車にとっては進路妨害にしかならない。高速を維持し続けることはできなくなり、その結果遅延や“団子状態”に陥る原因となってしまうのだ。

(4) ホームが狭くなる事による混雑への対応はどうするのか。

…例えば東京駅や上野駅のように広い駅ならまだしも、地下鉄の駅や高架橋上の駅はどうしてもホームが狭くなってしまう。そのホームに、さらにホームドアを設置するとホームの幅は更に狭くなる。ホームが狭いとラッシュ時に列が乱れ、乗り降りに時間がかかるだけでなく乗客同士のトラブルの原因にもつながる。

つまり、極端に言うとホームドア・可動式ホーム柵の早期導入が実現するか否かは、鉄道会社が「経済的メリットか安全か」のトレード・オフの問題に対しどちらをとるかにかかっているのである。JR 東日本では全支出中人件費は 25%を占め、東武鉄道では 50%弱にまで及んでいる。これを何とか削減するには ICT 機器を導入して業務の効率化を図りたい。だが今後の少子高齢化や人口減少で鉄道の先行きは暗い。そのような状況が待っている中で、各鉄道会社はどのような選択をするの

だろうか。

5.1.4 課題を踏破する最新技術

上記課題のうち、(1)、(2) 以外の問題については最新の ICT 技術を使用する事で改善を実現できる。ここではホームドア設置の課題を踏破するため、鉄道会社と民間会社が手を合わせて制作した新型ホームドアについて検証する。

5.1.4.1 西武鉄道・神戸製鋼所 “戸袋型ホーム柵” ドア数は関係ない！

西武鉄道では1～4ドアの電車が混ざって運転されている。特急や臨時列車を除き走る車両と時間は決まっていないため、長らく西武鉄道にホームドア・可動式ホーム柵は設置されていなかった。しかし、2013年8月より株式会社神戸製鋼所・東京大学生産技術研究所との協力の下「戸袋移動型ホーム柵」の実証実験が行われている。

このタイプは「戸袋移動型」と呼ばれ、あらかじめ電気信号でプラットホームに入ってくる電車の種類を特定し、電車が到着する前にその電車に合ったフォーメーションに自動で変化していく最新型の可動式ホーム柵である。このタイプなら何両でも、何ドアでも、何処に電車が止まっても柔軟に対応できる。現在は新所沢駅で2013年末までの半年間の限定実験中である。

このシステムは相互直通運転が常態化し、同一ホームに様々な車両が乗り入れる日本の鉄道であっても非常に有効なものであり、西武鉄道と同じような悩みを持つ鉄道会社でもホームドア導入への勢いが爆発する第1歩となるかもしれない。

しかしホームに大きな機械を直接設置するという点では、上記の山手線の可動式ホーム柵と同一であり、工事の面で少々コストや期間が気になってしまうところもある。

しかし、その問題をも解決する新しい可動式ホーム柵が登場している。

【写真5；西武線の新型ホームドア 左・3ドアの車両 右・4ドアの車両】



※画像引用 <http://photo.sankei.jp.msn.com/highlight/data/2013/08/31/17seibu/> より
http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK0301B_T00C13A9000000/より

5.1.4.2 これぞ未来のホームドア！ ワイヤロープ上昇式ホームドア

東急田園都市線は全ての車両が20mであり、一部を除き列車も10両編成で統一もされている。しかし朝ラッシュ1時間平均乗車率が190%を超える日本屈指の混雑路線であるため一部車両に6ドア車輛が連結され、この車両がホームドアを設置する際の妨げになっていた。また混雑区間が多いゆえに工事期間や場所が確保しづらい上、二子玉川～渋谷間では地下空間も走る。狭い地下空間にホームドアを設置してしまうとさらにプラットホームは狭くなり混雑は激しくなるばかりである。故に円滑な安全確保策としてホームドアが設置されていなかった経緯がある。

そこで2013年夏より日本信号株式会社との協力により、10m間隔で設置されている柱の間を、列車の到着に合わせてロープ（バー）を昇降させるというシンプルながら効果的な可動式ホーム柵の実験的導入が決定され、現在つきみ野駅で実験中である。

このタイプは複数のロープが、列車の扉が開く数秒前に音声ガイドと共に自動的に完全に上昇し、可動式ホーム柵の弱点の1つである「乗降時間が延びる」を克服している。つまり、列車が完全に止まる時にはすでにロープが上昇しきっているので、まるで可動式ホーム柵が無いかのように今まで通りの列車運行を実現する事が出来るのである。発車の際には、扉が閉まり列車が動き出したところで音声ガイドと共にバーが下がりだす。

このタイプは軽量化・構造の簡略化が可能で、山手線型の様な大規模ホーム工事が必要なくなる。この点で考えた場合最も画期的な可動式ホーム柵といえるのだ。また可動式の柵の部分が複数のロープとなっているため、万が一列車とドアに挟まれてしまっても誰でも簡単にくぐって脱出できるメリットもある。

【写真6；東急つきみ野駅におけるホームドア作動のイメージ】



※画像引用 http://www.tokyu.co.jp/contents_index/guide/news/130305-1.html より

・支柱＋ワイヤー型2 JR 西日本桜島線

2013年10月JR西日本は世界初の「昇降式ホーム柵」を研究公開。12月から桜島線で実証試験を行い、その結果次第では2017年度より本格的に起動を開始するという計画を発表した。このホーム柵は2～4ドアのどの列車が入線しても支障のない設計と機器自体の軽量化がされており、大規模な車両更新とホーム改良を施すことなく可動式ホーム柵の設置が可能なものである。

基本的な仕組みは東急線と同じタイプであり、列車のドア位置に干渉しない位置に等間隔に建てられている支柱に数本のワイヤーが張っており、列車が進入すると支柱そのものが上昇し、ワイヤーを上部に持ち上げて乗降口を確保するというもの。発車時はこの反対の動作を行う。…しかし東急・JR 西日本どちらにも言えることだが、複数あるとはいえワイヤーが張ってあるだけという点で、自殺や突き落としなどの衝撃に耐えられるのか少々不安が残る。韓国地下鉄では実際にロープを乗り越えて自殺者が出たという事故が発生しているのだ。

やはりロープではなく固いもの（板状のもの）の存在が望ましいのではないかと思う。

【写真 7 ; JR 西日本のホームドアイメージ】



※画像引用 <http://response.jp/article/img/2013/09/15/206434/602832.html> より

5.1.4.3 折衷型 相鉄いずみ野線 弥生台駅

相模鉄道は 8 両・10 両編成が入り乱れているが、基本的に 20m 車体に統一されている運行形態を持っている。しかしコスト回収問題や微妙に異なる扉の位置、将来の直通運転に向けた動きといった問題が重なり、今までホームドアは導入されてこなかった。

そのような状況の中 2013 年秋より株式会社高見沢サイバネティックスの協力の下、「昇降式ホームドア」の実験を行う事になった。

このタイプは山手線向けと東急・JR 西日本向けのまさに折衷版であり、固定されたホームドアの土台部分から、3 本のバーが上昇していくというものである。ドアではなくバーとすることで、ホームにかかる重量負担を軽減させホームの改良工事費を低減させる効果を狙っている。

こちらは列車が到着してから車掌が手動で昇降の手配を行う。東急や JR 西日本のタイプよりも動作がゆっくりしているため、现阶段ではやや乗降時間（駅停車時間）が延びてしまう弱点があるようだ。安全第一は何よりも重要な事であるが、混雑した車内では乗客のイライラが募ってしまう

…かもしれない。

【写真 8 ; 相模鉄道のホームドアイメージ】



※画像引用 http://www.sotetsu.co.jp/news_release/131004-01.pdf より

以上、ホームドアに対応するための ICT 機器の搭載工事を除き、車輻・プラットホームの大きな更新を行うことなく使用する事が出来るホームドア・可動式ホーム柵の最新技術を検証した。特に「上昇式」は今までのホームドアとは全く異なる画期的なシステムであり、視覚・機能・コスト面で魅力的な可動式ホーム柵である。現在ではこの「上昇式」のような画期的なホームドアを作成するため、民間企業との連携や国土交通省の補助金制度を使用し、鉄道各社でホームドア・可動式ホーム柵の本格的な導入対応策が進められている。今回の 4 社の実験結果がコスト削減と安全性向上に大きく貢献したと判断されれば、ホームドア・可動式ホーム柵は事故防止・定時運行の推進の最重要項目として認められ、日本各地で機能していくことだろう。

そうすれば今回の目標「駅員に替わる ICT・無人運転」という項目は、目標の山手線に限らず日本各地で見られるようになるはずなのだ。

5.1.5 駅員に替わる ICT 技術 ホームドアの今後

以上、ホームドアの現状・課題・そしてまるでアニメや空想の世界のような姿をしたホームドアの開発について考察してきた。上記の通り、国土交通省はホームドア導入に積極的な姿勢を示しており、今後もホームドアの開発・導入が日本全国で進むことだと考えられる。

ホームドア導入の課題は、課題克服編で検証した新型ホームドアの開発により解決の方向に進んでいる。その他の問題、特に金銭関係のものは、国土交通省との連携でうまく解決するだろう。つまり、やっと鉄道業界各社がホームドアの開発・導入を容易に実現できる時代になったのである。将来的には、首都圏を中心に各路線の最大混雑駅に各社の思いが詰まった新型ホームドアが存在しているはずである。ホームドア導入困難例として名を挙げた東武スカイツリーライン（伊勢崎線）においてもだ。「コストか安全か、鉄道会社はどちらを取るのか」という文章を載せたが、もちろん

全ての鉄道会社で「安全」が選択されることと信じている。「ホームドアが無かったなんて、今考えると怖いよね」そんな言葉が全国の駅で聞くことができる日は、もうすぐそこに来ているのだ。

5.1.6 ホームドア編から情報提供編へ

さて未来の山手線に戻ってみよう。事故や輸送障害が発生し、万が一京浜東北線の車輛が山手線に入ってきてても通常営業が可能な可動式ホーム柵が整備されたのである。そのおかげか人身事故は著しく減少し、山手線の常時定時運行が浸透している模様である。

しかし、まだまだ駅員を完全に削減する事は出来ない。駅員にとっての最重要項目である「情報提供」が残っているからだ。この「情報提供」なくして、現在の日本の鉄道の特徴である複雑な運転体制を乗客に理解してもらう事、そしてまた乗車して頂くチャンスを得る事はできない。不便さを少しでも感じさせてしまうと、もうその乗客は電車に乗らなくなる危険性も有る。さらなる無人運転化に向けてどのような情報提供がなされれば良いのかを検証する。

5.2 駅員に替わる ICT 技術 情報提供編

私は駅員のアルバイトを行っているが、その勤務で最も重要な事柄は「お客様への乗り換え・経路・場所案内」だ。スマートフォンを始めとする携帯機器や無線 LAN・インターネットがどんなに普及しようとも、実際の鉄道は駅構内や相互直通運転など不明瞭さにあふれており、効率的な目的地移動を実現するためには駅員の力を使わざるを得ない状況になっているからだ。

また平成 18 年制定の「交通バリアフリー新法」第 20 条 9 において

列車の接近を文字等により警告するための設備および肉声により警告するための設備が設けられている事。(但し書きあり)

という記述が有り、これに対応できる機器の確保も不可欠になったのである。

故に今回の目標である「鉄道の無人運転化」のもと、駅員を削減させるためには安全確保策としての「ホームドア・可動式ホーム柵の設置」ともう 1 つ、誰でもわかりやすい情報提供策として「情報提供用 ICT 機器の設置」が最重要課題になってくるのだ。そこで、この章では現在、鉄道における情報提供装置はどこまで進んでいるのか追求し、また導入への課題について考察する。

5.2.1 情報提供装置とは

ホーム上にいる客に向けて注意を促し、効率的な乗降を実現するための乗車の準備をしてもらうため、列車情報を自動で知らせるシステムである。現在は地方閑散路線や無人駅でも導入が進んでいる。鉄道会社や機器によって放送の仕方は異なるが、基本的な機能は共通している。情報提供装置の機能は大きく分けて

- ①発車時刻や経由地・行き先を表示する 発車標 の役割をするもの
- ②列車接近を音声や光の点滅で知らせる 列車接近表示 の役割をするもの
- ③輸送障害や運行状況を知らせる 異常時案内 の役割をするもの

の 3 種類がある。それぞれが連携して動作し、乗客に注意勧告と情報提供をし続けることで駅員がホームで列車監視をする必要を無くすことができるのである。実際に、私の勤務先の駅では特に混雑する朝ラッシュ時を除き駅員がホームに立つ事は無い。近年の情報提供装置では情報通信も自動で行われ、情報の更新やデータ表示をリアルタイムで提供する事も出来る。まさに「鉄道無人運転化」を推し進める“縁の下の力持ち”という機器なのである。ここからは、その情報提供装置について詳しく検証していく。

5.2.2 発車標（電光掲示板）

5.2.2.1 発車標とは

【写真 9 ; 一般的な発車標のイメージ】

JR 線や私鉄・新幹線や新交通システムなど全域で見える事が出来る一般的な情報提供装置。3 色 LED 又はフルカラーLED、パネル



による回転幕等を使用して文字情報を表示し、列車接近や運行状況、発車時刻・番線を乗客に知らせるのが役目である。ICT化されたことにより、従来のサボ式・電球式に比べ管理コストの削減と明瞭性、乗客案内精度の大幅な向上を実現している。JR 東日本や大手私鉄各社で採用されているものには、最新の ICT 機器（特に中央指令室の列車運転管理システムとインターネット）と連携して情報を自動更新できるものもある。

しかしこの ICT 機能付き発車標を本格的に採用するためには大規模な ICT 情報網の整備、及びそれに対応できる車両・駅の整備にコストや期間が掛ることから、設置は首都圏と各地のターミナル駅が中心となっており、地方閑散路線になるほど設置が簡素化される又は導入されていない現状が有る。

5.2.2.2 発車標の基本的な機能

(1) 旅客案内機能²⁸

中央指令室から送信された情報を LED・LCD 画面に表示して乗客に情報提供を行う大きな重要な機能である。中央指令室で一括管理されている情報を、指令室のコンピュータから各駅のコンピュータに一斉に送信する仕組みで情報の伝達を図るため、どうしても中央指令室での情報入力が必要としてしまうが、データを受信してしまえば他路線の運行状況や遅延情報だけでなく、今後のイベント開催予定や工事のお知らせなども多くの駅で一度に表示する事が出来る。そのため、今までの駅員による手打ち入力に比べリアルタイム性に優れ、また駅員の人員削減・作業時間の短縮にも貢献できるシステムなのである。代表例は JR 東日本の ATOS²⁹。新幹線や大手私鉄でもその路線に特化した列車運行管理システムが整備されており、各線で作業効率化に貢献している。

例「東京方面 遅れ約 15 分」この遅れ 15 分という表示そのものが、ATOSに取り付けられている旅客案内向け機能なのである。

(2) 列車接近自動放送機能…線路上にある赤外線センサーや軌道回路からの信号で列車の接近を感知し、該当するプラットホームに列車の到着・通過を自動で音声放送する機能。旅客案内機能と同じように、リアルタイムの運行状況を音声放送する事も出来る。

「まもなく電車が参ります。ご注意ください」という放送がその最たる例。突発的に駅員・車掌が案内を行う際にはその放送が優先され自動放送は途中で途切れるようになっている。

²⁸ 厳格には、CTC（列車集中制御装置）と呼ばれる指令室のコンピュータにある列車運行管理システムの付随機能。本来のダイヤから遅延が発生した場合にその遅延分を CTC が把握し、その遅延情報を文字情報化して駅構内の発車標や車両の運転台車掌用ディスプレイに送信・表示させるといった機能である。情報は、駅構内等に自動で送信される。

²⁹ ATOS（Automatic Decentralized Transport Operation Control System）…1996年より中央線（東京～甲府）で使用が開始された高度情報通信設備を多用した列車運行管理システム。各駅に汎用コンピュータを配置した自律分散方式を採用し、中央指令所に伝達された情報をいち早く乗務員に知らせるために開発された。ダイヤ乱れ時の迅速な運転指示や情報提供に特に力を発揮する。

5.2.2.3 発車標の種類

(1) LED 方式

3 色 LED・フルカラーLED を使用して文字表示を行う形式。旅客案内機能による自動文字表示機能を備えるものも多いが、駅員の直接入力もでき、表示可能内容は多岐にわたる。

最大の長所は自由自在に文字情報を表示できる点。突発的な行き先・時刻・プラットホーム変更、さらには団体客向けの特別メッセージにも迅速に対応できる。このため 2013 年時点における駅の発車標の主流となっている。

赤・緑・オレンジの 3 色を表示できる 3 色 LED タイプと複雑な運行形態が有る路線に向いているフルカラーLED タイプが採用されており、フルカラーLED の場合例えば急行は赤、準急は水色、普通は青といったように乗客が乗りたい列車をすぐに認知できるように配慮されている。JR 東海では、長らくのぞみのイメージカラーである 黄色 を 3 色 LED が表示できないことから新幹線車両や駅の表示気に幕式・フラップ式（後述）を用いてきたが、2003 年以降フルカラーLED の登場によりこの問題が解消されたことから車両や駅の表示機の LED 化工事を実施している。

しかし LED タイプは 10 年程度で大幅な老朽化が進んでしまう事と、逆光状態では表示内容が確認しづらいという弱点が有る。

【写真 10 ; フルカラーLED の発車標】



(2) 斑点フラップ式（ソラリー式）

スーパーの値札や空港、歌のベストテンなどでも使われている通称“パタパタ”式。

長所は見やすさとそれぞれの項目（フラップという）がバラバラに動く事による迅速な行き先対応が可能な事である。逆光は関係ないし、また幕式（後述）よりもはやく表示交換できるため旅客案内の点では LED 方式とはそんな色のない性能である。

しかしダイヤ改正など新しい項目を追加する際にはその度に回収作業や改良作業が必要になってしまう。せっかく表示機能を無人化できても、改修の度に多くの人力が必要になってしまう点に課題が残っている。

(3) 幕式

一昔前の鉄道車両やバスでも採用されている表示。見やすさはソラリー式と同程度。

しかし幕の回転速度や一度に収録できる幕の数に問題が有り、現在は LED 式への移行が進んでいる。

(4) 電球・電灯式 【写真 11 ; 電灯式】

列車が接近すると、箱の中の電球・電灯が光り、乗客に注意を促すもの。次列車案内や文字放送は出来ないものの、箱に文字が書かれてあれば通過列車への注意喚起や、「次の電車は〇〇をでました」などの簡単な表示はできる。そのため特に通過列車が多く、開業時期が古い駅を中心に現存している。

※画像引用

<http://pstm.sakura.ne.jp/SubEquipment/Sect2.html> より



5.2.3 列車接近表示灯

発車標のように運行情報提供や旅客案内はしないが、列車接近を感知すると点滅と音声でホームに居る乗客に注意を促すことのできる機械。情報提供装置と同様に「交通バリアフリー新法」で設置が“望ましい”とされている。

LED 方式と電球式、ソラリー式が存在しているが、近年の LED 方式のものは「ピンポン」という警告音を連続して発することや明るいオレンジ・黄色文字を何回も点滅させることもでき、より乗客に注意を促す機能が強化されているようだ。

JR を始め大手私鉄各社ではすでに多くの駅に設置されており、特に混雑が激しい階段やエレベーター付近に多く設置されている。

【写真 12 ; LED 方式の列車接近表示灯】



5.2.4 異常時案内用ディスプレイ（液晶型）

JR グループや大手私鉄を中心に、改札外（改札口）に設置されている液晶ディスプレイ型の情報提供装置である。

2006 年頃から設置されたこの装置は従来の LED 方式に比べ明瞭性・1 度に表示できる情報量の多さが抜群に向上し、年間の輸送障害数が 5800 件³⁰を超える鉄道輸送の中で確実に迅速な情報提供に貢献しているのだ。

このシステムは情報を映す機能が有るだけで音声やブザーが鳴る機能はない。しかし液晶を採用した事で、最も分かりやすい情報提供装置が実現したことに間違いなく、また改札外に設置する事で乗客が駅員に頼らなくとも振替輸送路線や迂回ルートを検証できるようになったという点で大きな効果をあげているのだ。

【写真 13 ; 東日本の JR 案内ディスプレイ】



※画像引用 <http://www.ireast.co.jp/press/2010/20100605.pdf> より

5.2.5 駅員に替わる ICT 技術車掌 情報提供編の課題

5.2.5.1 緊急時・異常時への対応はどうか。

無人運転を実現している日暮里・舎人ライナーで遭遇した出来事。その日は東京では珍しい大雪により舎人ライナーは大幅な遅延が発生し、その結果異常な混雑と混乱が発生してしまったのである。中央指令センターからと思いき音声と駅構内の LED 機器による文字放送は流れており、現在の列車運転情報・次の列車の現在位置・遅延時分の案内は行われていた。しかし駅窓口には誰もいないため、遅延証明書の受け取り方や詳細な運転状況を聞きに来る人々が改札に1つしかない緊急連絡用コールに殺到していたのである。その結果混乱と乗客のイライラは募るばかりで、舎人ライナーを諦めバスやタクシーに逃げる乗客も見受けられた。結局その混乱は一日中続き、運休となった時間もあった記憶が有る。

³⁰ 輸送障害数は平成 24 年の日本国内の鉄道の輸送障害全ての合計。国土交通省「鉄道輸送障害に関する事項」よりデータを引用した。

今回の事例は首都圏ではまれな大雪であり、想定外な環境が発生した事による一時的な混乱にすぎないとも考えられる。しかし「ダイヤ乱れ→改札口に乗客殺到→駅構内が混乱する」という状況は日本特有の鉄道混雑においては日常茶飯事な事といっても過言ではない。ホームドア設置が進めば事故や輸送障害による遅延は大幅に減少すると考えられるが、正直なところ自然相手の異常気象ではどのように対処しても列車ダイヤに乱れが起きてしまう事は避けられないのである。

つまり、どんなに情報提供方法が整備されていても、このような状況が起こりえる限り完全無人化は実現できないのではないのだろうか。

5.2.5.2 視覚障害がある方々にはどのように対処するのか

一部の駅施設にはトイレの位置や階段・駅出口・次に来る列車の到着時刻や行き先を音声で放送しているものもある。最新の列車接近表示灯では警告音による音声案内も行われてはいる。しかしそれらは必要最小限な情報提供だけに限定されていて、例えば「〇〇線はこの先〇〇m付近の階段が便利です」「山手線は人身事故の影響により 15 分遅れで運転」など視覚障害のある乗客にとって重要な情報が、音声で放送される事はほとんど見受けられない。よほどの事態であれば駅員により直接対処できるが、完全無人運転化達成の際にはそれは不可能になってしまうのだ。この点をどのように改善すればよいのだろうか。

5.2.5.3 「ながら歩き」への対処法は・・・？

ホームドアの項目で述べた通り、近年はホーム上で電車と乗客の接触事故が急増している。これは情報提供装置（特に列車接近表示灯）が基本的にホームの屋根付近にしかついていないため、スマホを始めとする携帯機器を持って歩き視点が下向きになる乗客が列車接近案内に気づかずホーム先端を歩いてしまい、その結果事故が起こってしまうという現象なのである。多くの乗客であふれる大きな駅であれば駅員による音声案内が何度も行われるため、多少は危機回避できるかもしれない。しかし比較的小規模な駅であればこの危険回避法はあまり行われておらず危険である。さらにイヤホンを使用して歩いている乗客には、その駅員の声さえも届かないケースもあるだろう。

こうなってしまうのは事故を防ぐ方法はないのではないか。これはもはや鉄道側の責任と言うより乗客個人のモラルの問題であるが、鉄道会社にとっては安全確保の為（やむを得ず）無人化を踏みとどまらせている課題の 1 つなのである。さて、これをどう対処すればよいのだろうか。

5.2.5.4 駅に行かないと分からない？ ～駅は混乱が広がるポイント～

5-2-4 の異常時情報提供ディスプレイにより駅構内の旅客案内がどんなに徹底されていても、駅にたどり着くまで詳細な列車運行状況は分からない。大雪の日など、テレビやラジオで放送はされているが「どの程度の遅れなのか・混雑なのか」は詳細に報道されない。故に「とりあえず駅に向かってみようか」と人が駅に次々に到着し、ディスプレイを見て始めて「現在運転見合わせ。運転再開見込みなし」という情報を知る。すると「駅で待つか。」と人々が駅に滞留する現象が生じる。そして最終的には大混雑によりさらなる遅延や危険が発生することになる。

現状では駅員の対応で柔軟な情報提供・運行管理が可能である。だがもし駅が無人であったら…これをどのように対処すればよいのだろうか。

5.2.6 駅員に替わる ICT 技術 情報提供編の課題を克服するには

5.2.6.1 障がい者の方々への対応

(1) 人が来た時にだけ喋ってくれる機械の導入（クレーラーの人判別機能）

例えば、上記の発車標の下部に、人感知センサーを設け、発車標の下を人が通った時に遅延情報が放送される装置をつけるのはどうだろうか。人感知センサーは、1m~2m の範囲で使用できる。発車標からホームに向かって赤外線を送信しておけば、人が下を通過した時のみに情報提供を実現することができるだろう。

人感知センサーはトイレの自動照明・エアコンの方向調整等に使用されており、人々の俊敏な動きにも対応できる。発車標の下部だけではなく駅舎の入り口付近に設置しても効果があるだろう。障害のある方に限らず高齢者や子供にも有効であり、乗客の好感度も上昇するかもしれない。

(2) エレベーターや階段の位置をある程度統一する。

あまり ICT 技術には関係ないが、ホームのハード面を改造してしまう方法がある。例えばエレベーターは必ず進行方向先頭につけておけば、ホーム中央付近に降りてしまった視覚障害の方々も迷うことなくエレベーターを利用できるだろう。

このような分かりやすい駅構内配置は、一般乗客にも好評になるはずである。

5.2.6.2 「ながら歩き」への対処法は

(1) ホームの表面、足元で列車接近時にランプが点滅する機器の導入

「ながら歩き」中は、携帯機器を中心に視点が下向きになるだけでなく、周囲 30 センチほどしか見えなくなるため極めて周りに関する情報収集が困難になるという。つまりホームの屋根（ホームの上方）に警告機や案内機を設置しても「ながら歩き」の対策にはならない可能性が高いのだ。そこで、ホームそのものに点滅する機器を導入し、視点が下向きになっても、音楽を聴いていても後方からの列車接近を判別できる機器を設置すればよいと考える。

これに近い機器は急勾配上にある駅やトンネル等で暗いところのみに設置されており、明るく一直線上の一般的な駅には設置されていない。しかし人身事故が起きるのはそのような駅だけではなくいつでも、どこでも、起こりうる事なのである。だからこそ無人化の実現の際にはこの機器を導入し、ホームにいる誰もが列車の接近を判断できるよう環境を作るべきなのである。

機動の仕組みは情報提供装置が列車接近を感知した際に、発車標の情報提供と共に接近の点滅を促す機能を追加すればよいだろう。列車接近をより強調するため、列車が接近していないときは点滅しない機能にする。この方法なら既存の設備をフル活用しつつ新しい安全対策を行うことができる。

(2) ホームドアとの連携

最もポピュラーで確実な方法。ホームにおける安全対策の究極である。ホームドアの採用は、「ながら歩き」ではない乗客の安全確保にも当然役立つ。今後、積極的な導入が予想される。

(3) 駅構内では携帯電話や通信電波を遮断する

やや暴力的だが、一般人向けの電波をホームにおいては完全に遮断し、携帯機器を使えない状況を作ってしまうのも良いだろう。ごくわずかかもしれないが、医療機器の関係で電波を気にする人はいる。そのような人たちが安全に鉄道を利用できるだけでなく、車両環境のマナー向上にも貢献できる手段だ。

しかしもはや“携帯機器は体の一部”などというこの時代、非難が殺到する危険性が大いにある。また、もし緊急事態が発生したとき（事故・急病）の対応もうまくいなくなるかもしれない。電波遮断はやや現実味に欠けてしまうが、「ながら歩き」を完全撲滅できる唯一の方法だと考えている。

5.2.6.3 駅前混雑を防ぐには ～駅外案内の設置～

会員向けサービスなどの展開で、駅に居なくとも運行状況が把握できるサービスを提供する動きが鉄道会社で広まっている。特にインターネット・電子メール経由で情報を送信するものと、車内で専用のアプリを開けるようにし、独自のサービスを提供するものがある【写真 14】。乗客は異常事態の発生を早めに、しかも公式な情報として受信できるため、駅前混雑を防ぐ方法として有効な手段の一つである。しかし、それほど携帯機器に依存した生活を行っていない人（高齢者・子供）にはあまり効果が無いことと、一応電車の中では「携帯電話のご使用はご遠慮ください」となっているためあまりおすすめできない。近年の医療機器は携帯電話対策が一応はなされている。しかし、半径 1m 以内で携帯電話の電波を受信してしまうと、どうしても異常が発生してしまうというのだ。

そこで、駅構内の異常時案内用ディスプレイと同様の物を、駅舎の外に設置するのはどうかという提案をする。

【写真 14 ; JR 東日本 山手線トレインチャンネルのアプリイメージ】



※画像引用 <http://www.nikkan.co.jp/newr1s/rls20120903i-02.html> より

それなら、駅構内に入らずとも詳細な公式列車運行情報を把握できるだけでなく、「じゃあちよっ

とお店で待つか」という乗客達の滞留防止も期待できる。

破損防止用にクリアケースを用意し、その中に誰でもよく見える、それほど高くない位置にディスプレイを設置すればよいのだ。

但しこの方法だと、鉄道会社にとっては情報次第で客を逃がしてしまう可能性がある。しかし鉄道は公共交通機関であるのだから、社会奉仕のためと割り切っていただくことを期待したい。

5.2.6.4 タブレット端末の設置

近年のスマートフォンやタブレット端末の普及のスピードはとても早い。高齢者や子供も使用している光景を良く目にするほど、広く普及しているようだ。

そこで、駅員がいなくなったホームでの情報提供精度の向上を目指し、料金表や窓口改札付近に情報案内用タブレット端末を設置し、乗客が自らで、最も重要な情報を手に入れることができるようにすればよい。これには、本屋や図書館で設置されているような機器を使用すればよい。既に社会的に浸透している形の物を使用した方が、乗客にとっても「これが何であるのか」が理解しやすいからだ。

私が乗客に尋ねられることは乗り換え・経由地情報、料金、時刻表である。確かに日本の複雑な鉄道網は不明瞭な点が多く、乗客も不安になる要素が多い。そのため、この3大情報を中心に、跡は駅周辺の地図とインターネット接続が行えるように機器をセットしておけばよい。もちろん、外国語にも対応しておけば、外人にも駅員にも嬉しい。

コスト面でも、近年のタブレット式機器の発展を見る限りそれほど高価な物になるとは思えない。今後、最も実現の可能性が高い ICT 技術だと思う。

5.3 駅員に替わる ICT 技術の今後

ホームドアと情報提供装置の双方が、既に無人化が実戦可能なところまで技術が確立しており、今後も各地で更新と設置が行われることだと思う。しかしこれらの機器は設置に高コストがかかるため、どうしても経済的に余裕のある大手鉄道会社でないと導入は難しい。中小私鉄にも同様の設備設置を行うためには、国家政府・大手私鉄会社と中小私鉄が“協働”して対処する必要があるだろう。

例えば東日本旅客鉄道は技術革新が早い。近年では単なる設備の老朽化取り替えだけでなく性能向上のための取り替えも行っており、大量の中古品又は不要品が存在している可能性が多い。これら取り替えられた物の中には、整備すればまだ使用できる物もあるだろう。これらを中小私鉄に無償提供し、日本全国の中小私鉄に情報提供装置等が設置できるようにすればよいのである。

情報網整備については、無線 LAN 等の整備と同様に国家行政のインターネット整備事業に付随した形で実施してもらおう。このシステムが実現できれば、ますます駅員に替わる ICT 技術は早い速度で浸透していくことになるだろう。

鉄道会社同士の関係は、乗客の争奪に必死だったため常に料金・速度・利便性を高めて競争している。しかし、その考えは捨ててこれからはお互いに協力し、鉄道がより安全性を高めなければな

らないのではないか。今後先行きの見通しが悪い鉄道業界において、この考えは広まっていくと共に、すぐに実例が現れるだろうと思っている。

6. 無人化を支える ICT 技術のメリット

・鉄道業界で ICT 技術が発展してきたわけ

以上 3~5 章では人間に替わる ICT 技術を取り上げ、現況と課題・課題克服のための手段について考察してきた。だが鉄道運行は基本的に“アナログな”人間による運転を行っている。無人運転化が実現しているのはいわゆる「新交通システム」のみであり、ATS や ATO 等自動運転を押し進めることができる機器が開発・実用化されている現在でさえ、一般的な鉄軌道では無人化が実現していないのである。ではなぜ、それでも鉄道会社は ICT 技術導入にこのように積極的なのだろうか。それにはいくつかの理由があるためだと考えられる。この章では ICT 技術導入によるメリットを 3~5 章の総合的分野から見て考察する。

6.1 人件費の削減

一般的に鉄道会社は支出に占める人件費の比率が高い。例えば鉄道最大大手の JR 東日本（東日本旅客鉄道）では全支出中約 25%、関東私鉄で最も広域なエリアを持つ東武鉄道に至っては約 50% を占めており、経営上の大きな課題点となっている。人件費の高騰は巨大企業であればあるほど付随してくる問題であるので仕方がないことであるが、企業としては少しでも人件費を削減して収益を増加していきたいところである。とはいえ利用客が少ない地方閑散路線ならまだしも、平均混雑率が 100% を悠に超える首都圏において安全確保・混乱防止・負担削減のためには鉄道員は多めに準備しておいた方がよい。そのためいつまで経っても人員削減策を実行することはできない状況が続いている。

そこで少しでも ICT 技術導入により作業の効率化をはかろうとする動きが活発になっているのである。駅ホームの LED 発車標と自動放送装置のおかげでホーム監視の仕事は大幅に削減された。車両の自動放送装置のおかげで車掌は車内で放送をする機会が少なくなった。ATO の登場で運転士はボタンを押し、運転を監視するだけで良くなった。このような作業の効率化はやがて鉄道員全体の負担削減に直結するため、1 人当たりの業務時間が長くなっても極端な疲労を予防することができる。つまり、少人数でも鉄道業を成立させることができるようになるのである。ICT 機器は安い物ではない。だが長期的に見れば人件費を削減できることの意味は大きくなる。故に鉄道会社では今後も ICT 技術導入の傾向が続くことと思われる。

6.2 少子高齢化に対応

現在の日本は少子高齢化への一途をたどっている。政府等各機関の予測によれば、将来的には就労人口と高齢者数が 1 対 1 になってしまうという予想まであるほどだ。このような状況では「日本中の就労人口減少」に付随して、景気の悪化と乗客減による収入の減少という事態が待ちかまえているだけである。

そのような未来が待っている中、多くの従業員を必要とする鉄道会社は、実際に労働する従業員が不足してしまっても鉄道業に支障が出ないよう、今のうちから ICT 機器で置き換えできる物は機械化しようという傾向がある。

その最たる例が JR 東日本で採用されている ATOS である。この ATOS は高度通信技術を用いて中央司令所から各駅・列車・運転機関に迅速に指令を伝達できるシステムであったが、その付随機能の 1 つとして異常時の列車の進路変更制御も行っている。これはもともと異常時に各駅の駅員が手作業で行っていたものを ICT 化したものであり、中央司令所で一括管理することで大幅な作業効率化を実現することができたのである。

このように、万が一の時でも人手不足による対応不備を防ぐため機械化を推し進める動きが活発なのである。そして、それを効率よく実現できるのは ICT 技術だけなのである。

6.3 エネルギー使用の効率化・ダイヤの正確さ

「はじめに」に登場した N700A 系新幹線には自動で速度を調整できる「定速運転装置」が搭載されている。その名の通り速度を一定に保つ機能であるのだが、この N700A 系登場前までの車両では速度の調整・維持は全て運転士の技能によって制御されている。時速 270 キロの世界では坂道やカーブ・駅通過の度に加減速を繰り返さなければならない。だが車両重量や気象条件により異なる加減速の制御を完璧に計算し、全くの無駄も出さず走行することは至難の業であり、エネルギー効率性の面から列車制御の改善が求められていたのである。この傾向は東日本大震災後の電力供給不足を受けていっそう強まっている。

そうした背景を持ち登場した N700A 系の「定速運転装置」はこの加減速の制御をコンピュータが自動で計算・列車操作を行うものである。特に異常気象等ダイヤが乱れたときに力を発揮し、人間の運転よりも効率的で“省エネ”運転でありながらダイヤ回復も実現することができるのだという。そのため使用は異常時に限られてしまうのかもしれないが、平均遅延時間 36 秒を記録している東海道新幹線においてさらなる遅延防止・輸送力の安定さを両立するためには、ICT 技術が必要だったというわけである。

6.4 会社の信頼向上 ～人間のミスによる事故・事件を防ぐ～

近年 JR 北海道で驚きのニュースが放送された。「運転士がうたた寝」という事件で、幸い何事もなく列車は運行されたが少しでもミスがあれば大惨事に直結した事件であった。このような事件は会社の信頼を失うだけでなく「鉄道」そのものへの不信につながる危険性もある。

さて、ICT 化、特に「無人運転化」はどうしても高度情報通信機器とそれに対応する車両、運営費が必要になる。しかしその分機械がうたた寝をすることは 100% あり得ない。一方現行の人間重視の運転を続ける場合大きな改修費・整備費用はかからない代わりにこのような事故・事件が発生する可能性は全く減らない。福知山線脱線事故や羽越本線脱線事故を通じて我々は鉄道に対し「どうか安全でいてほしい」という思いを強くしてきた。それは鉄道会社でも同じであろう。ならば、人間は大きな失敗をする可能性があるのだから、人間にばかり頼らず ICT 機器も併用していく経営方針に改めることも必要なのではないだろうか。そして、実際にその考えを実現しているものの 1 つが N700A 系の「定速運転装置」や ATO に代表される ICT 技術なのである。

6.5 安全・安定でいてほしい という想いに応える。

日本の鉄道は正確さにとことん厳しい。欧米では 30 分遅延はあたりまえ…そのような習慣すらあるほどだ。対して日本の鉄道は「時間厳守」が当然なことなのである。我々乗客は特に驚きや感謝の念を持っていないが…

しかしその一方で日本の鉄道は度重なる輸送障害に悩まされている。国土交通省発表のデータでは昨年度（平成 24 年度）の輸送障害発生件数は 5881 件であった。うち自殺・人身事故と異常気象による輸送障害が共に 2000 件ずつを占めており、鉄道の自慢である正確性と安定性を阻んでいるのである。

5880 件ということは 1 日当たり 16 件の割合でダイヤ乱れが生じているということ。こうした状況の中では乗客から苦情がでること、信頼を喪失することの恐れが大いにある。

そこで輸送力の安定とダイヤの正確さを向上するために ICT 技術を導入する傾向が近年では特に強い。代表例はホームドアである。在来線から新幹線まで実際に運営が始まっており、事故防止をとその効果による定時輸送に大きな効果を上げている。

正直なところ、ホームドアが 100% 事故を防ぐのかという点については疑問がある。しかし列車と人間との間の「壁」は乗客に大きな安心感をもたらし、また「ながら歩き」など人身事故が起きる可能性を限りなく 0 に近い数字まで下げることができるのである。

このように乗客の「安全追求を」という思いに応える技術、これもまた ICT 技術を使用した機器たちなのである。

6.6 まとめ ～安全と人員削減に貢献する ICT 技術～

以上 5 項目を振り返ると

- (1) 人員削減に大きな効果がある。
- (2) 将来の就労人口の減少に対応できる。
- (3) 安全確保として有効。
- (4) ダイヤの正確さを向上する。

の 4 つにまとめることができる。つまり「人がいなくても（いなくなってしまうとも）、現在と同水準のサービスを提供するために ICT 化が行われている」ということである。人口ピラミッド将来予測に基づいて考察すれば現代は将来よりも就労人口・子供の数は多い。つまり乗客も多いのである。だからこそ今、利潤を出せる時にその利潤を ICT 技術導入に使用しておけば、どのような状況が訪れようとも高水準なサービスを提供し続けられるだろう。バスや自動車、飛行機との熾烈な競争で油断を許さない状況が続いている。運賃や時間で負けてしまうのなら上記 (1) ～ (4) のサービスで対抗しよう。鉄道の未来は ICT 化にかかっているのである。

7. 総合課題編

3 章では「運転士に替わる ICT 技術」、4 章では「車掌に替わる ICT 技術」、5 章では「駅員に替わる ICT 技術」を取り上げ、各章ごとに生じる課題についてはその項目ごとにその章で対策を考察してきた。しかし無人化を阻む問題はまだまだある。地上の一般鉄軌道在来線や新幹線に存在する弱点や雇用についての課題である。

そこでここでは無人化に絡むあらゆる問題点を考察し、無人化に向けた最後の考察を行う。果たして、鉄道運転無人化は実現できるのか。

7.1 相互直通運転による弊害 ～車両統一の困難～

鉄道の現在の流行は「相互直通運転」を実施し、乗り換えを全く必要とせず様々な目的地に向かう事ができる優れたシステムを整備することにある。例えば東武鉄道スカイツリーライン（伊勢崎線）の場合北千住から東京地下鉄日比谷線に、曳舟から半蔵門線に直通運転を実施しており、都心から埼玉県まで一直線で行けるようになった。だがしかし、ここに ICT 技術を整備する段階において、ICT 技術側の対応だけでは解決できない問題が生じた。それが「車両性能の不統一」である。

ATO およびその機能の一部である TASC（自動定位置停止装置）は「決まった場所に、決まった車両が、決まった時に停止する」装置である。しかし相互直通運転の開始により車両の長さ・ドアの位置・ブレーキング性能が異なる車両が混在して走るようになってしまうと、その多様な車両それぞれに TASC 対応の機器を整備しなければならない。その結果、これら ICT 機器の整備に莫大なコストと手間がかかることになってしまうのである。また TASC は電気指令式ブレーキ採用の車両でないと設置は難しい。

東武鉄道では製造後 40 年を越える古い車両も多く、一部車両は電気指令式ブレーキを搭載していないため、全車両に TASC 設置の工事を進めるのには無理がある。だからといって無人化のために何百両という車両を全て置き換えるということは非現実的であり、コスト面で言えばむしろ悪化である。また仮に東武鉄道の車両を全て新型に置き換えたとしても、直通先の東京地下鉄に協力してもらえぬ限りこのプロジェクトがうまくいくとは言い難い。地下鉄と直結し、都市直結がステータスになっている現在の鉄道においてこの問題は回避できない事態になっている。

7.2 乗務員・駅員の処遇

ICT 技術導入により鉄道運転無人化が達成された場合、多くの乗務員・駅員を削減する事ができる。その結果、企業には収益増加の効果が期待できる…というメリットがあることは前述した。しかし裏返してみると「多くの乗務員が職を失う」という事実も出てくる。「山手線無人化。明日から乗務員・駅員は廃止」という伝達が届けられても、乗務員・駅員はどうしたらよいものかと考えてこんでしまうだろう。これもまた大きな問題である。

7.3 激しすぎる混雑

混雑も列車の完全無人化を妨げる原因の 1 つといえる。混雑の激しい路線では緊急事態や混乱

が発生しやすく、その事態収拾に多くの人手が必要になってしまうからだ。

国土交通省では車両の増備やダイヤ改正を支援し、首都圏を中心に各路線の最大混雑率を平均 150%に抑えるべく対策を立てている。(日本の平均混雑率の最大値は JR 東日本の総武緩行線両国～錦糸町間の 201%。)だが混雑緩和は短期的な政策でどうにかなるものではない。車両生産には 1 年ほどかかるし、増える列車分の職員手配も国家試験受験などの手間がかかる。必要があれば線路増築も行わなければならない、長期的な対策が必要になるのである。それゆえ、いつまで経っても混雑が原因の遅延や混乱は収まることはなかった。

もし激しい混雑の中で、ドア検知器が検知できないような細い物体がドア挟みを起こしてしまったとしよう。駅員がいれば、車掌がそれに気づかなくとも何らかの処置を執ることが可能である。しかし無人化された列車ではドア検知器が異常を検知しなければ、そのまま列車が発車してしまう。ドア挟みされた物体が途中で落下したり、何かに衝突してしまったら危険である。しかし、どの装置も停止の処置を作動させることはないのだ。

このように、混雑も鉄道の脅威(驚異?)ともいえる存在であり、それがまた安全な「完全無人化」を阻害する原因になる。

7.4 乗客の不安

日本の鉄道網は世界でも類を見ないほど複雑だ。特に首都圏の地下鉄路線は“東京に住んでいる人でも分からない”と言われるほどである。このような状況の中、「最も早く、安く、分かりやすく、楽な乗り換え方法」を瞬時に判断することは難しい。今後開催され 2020 年の東京オリンピックの客など外国・地方の人にとってはなおさらである。私自身、勤務中に何度も東京スカイツリーまでの経路案内を尋ねられたことがある。

そのような状況で必要とされるのは、携帯電話等のインターネット整備よりも鉄道員である。駅の改札窓口は、いわば“第 2 の交番”ともいえる存在であり、大規模な駅であればお年寄りや、その地域を熟知していない人を中心に常に乗客達が案内情報を求めに窓口にやってくる。切符売り場等にある路線図を見ても、実際の所要時間や乗り換え方法が分かりづらいからだ。

では、こうした状況が頻発している現在において、本当に駅構内を完全無人化してもよいのだろうか。列車の中でも、緊急時に瞬時に対応してくれる乗務員が乗車していないと不安という声もある。お客様へのサービス向上のために、どこまでの業務を省略するのか、またどこまでは半永久的に継続していくのかはまさにトレード・オフの関係である。先行きの暗い将来のために“鉄道ファン”を増やしておくことも重要であり、この事が駅員・乗務員の完全無人化を思いとどまらせている原因の 1 つなのである。

7.5 乗客のモラル

日本はマナーの良い国だ…外国人からはそのように評価されている。東日本大震災発生時も押し合い・混乱はあまり発生せず比較的穏やかな対応がなされていたように思える。しかし、実際に駅員の勤務をしていると「本当に人々のモラルはよいのだろうか？」

と考えてしまうような事態も多い。そして、この事もまた無人化を阻害する原因の 1 つだ。例え

ば駅構内のトイレ。ここは不法地帯とも言える場所であり、たばこの吸い殻、乱れたトイレト
ペーパー、汚れた下着の廃棄、便器の破損、吐いた跡はしょっちゅう見られる物である。こうし
た事態を素早く発見し、極力清潔なトイレの環境を作るには、駅員による定期的な循環と対処が
必要になってしまうのだ。

さらに「ながら歩き」も大きな問題だ。列車の接触事故が増加している原因はほとんどがこれ
であり、社会問題になっている。しかし携帯機器を販売している会社からは「ながら歩き」を防
止する機能などは特別に作られていない。乗客のモラルが問われる行動だが、この「ながら歩き」
による接触事故を防ぐためには、その現場で注意勧告の放送をしなければならない。そのため
には、ICT 機器よりも駅員をホームに配置しておかなければならないのだ。

「ながら歩き」の対処法としてホームドアの設置が進んでいる。しかし上記のトイレや乗客同
士のトラブルなどホームドアではカバーできない問題はいくつもある。

さて、こうした状況で完全無人化は実現できるのであろうか。

7.6 異常時対応

極めつけは緊急時対応力の不足である。例えば TASC は「決まった時に、決まった車両を、決
まった位置に停車させる」機器であり、万が一アクセルやブレーキング制御機が故障してしまっ
た場合、どこまで ICT 機器が対応できるのか疑問がある。乗務員が乗車していれば、例えば最後
部の車両の非常ブレーキを作動させるなどいくらでも方法を見つけることは可能だろう。しかし
プログラムにないミスが発見されたとき、ICT 機器は人間によるトラブル対処法に比べて明らか
に劣ってしまうはずだ。非常制動が実行されたとしても停車理由の放送や、乗客への最適な情報
提供を行うことはまずできないだろう。このことがラッシュ時に起きれば、バッシングとパニッ
クの嵐である。まさに鉄道の完全無人化を阻害する最大の理由だと言っても過言ではない。

事実、東京地下鉄副都心線などでは、運転は ATO だが緊急事態応用として運転士が乗車して
いる。開業当初は初期不良で停止位置修正がいくつもなされたようだが、これも運転士による修
正がなければ乗客を安全に乗降させることはできなかったであろう。

この事態を対処できないのなら、やはり鉄道完全無人化は不可能なのである。

8. 結論 鉄道の無人運転実現は

運転士編・車掌編・駅員編の3つの立場から考えた最新技術の動向と課題を考察してきた。いずれにしろ、無人化を実現できる段階まで技術的には進んでいる。一般的な鉄軌道ではATO、VIS、ホームドア、を中心として鉄道の確信が行われており、新交通システムではこれらの技術を発展応用させ無人運転に成功している例もある。

しかし同時に、ICT 技術だけでは対処できない課題もあることが判明した。代表は「異常時対応」と「混雑による危険」である。昨年には輸送障害数が 5880 件発生し、その度に人間による対応が行われていたのである。

これらを総括し、私が出した結論は、「早朝・深夜は無人運転。朝以降、夜までは乗務員一人とATO がセットになった運転体系を取ること」「駅員は朝・夕型のみ在留とすること（乗降客数が特に多い駅を除く）」である。

早朝・深夜のみに無人化を行うメリットとして以下の4つの理由がある。

- ① 乗降客数が少ないため、混雑による危険（ドア故障・列車接触）が発生しにくい。
- ② 列車間隔が広がるため、悪天候時にATOのブレーキング制御を早めに設定して列車のスピードが下がってしまっても後方列車に影響が出ない。
- ③ 乗務員の負担削減。深夜1時に寝て朝5時に起きるなど、人間らしくない生活環境を極力削減することができる。（但し万が一のことを考え、従来通り24時間監視を行うシステムは採用し続ける。）特に、精神的な疲労が高いと考えられる運転士の負担削減に有効で、その結果少人数で列車営業を行うことや労働災害の防止に役立つことができるだろう。
- ④ 乗務員の解雇を防ぐことができる。車掌は運転士に昇格させる。運転士はそのまま据え置き。一瞬運転士が異常に増えるかもしれないが、将来の労働人口の減少に向けて、今の内から対策を立てておける。

そして朝以降、運転士を列車に乗車させる理由は「異常時対応」と「より高い安全性の確保」を実現するためである。昼は駅員がいないため、乗客への情報案内役として乗務員の存在は便利である。また朝夕に駅員を配置する理由も、運転士を乗務させることと同じことだ。

以上私なりの結論を述べたが、上記の通り新交通システムには無人化運転に成功しており、鉄道業の無人化は可能なことなのである。しかし、鉄道が他の公共交通機関とは比べられない程の乗客数を誇り、また日常に必至な存在であるからこそ、安全を最優先したサービスを行うためには一部で人間の介入が必要だという考察に基づいて、この結論にたどり着いた。

今後も鉄道業界においては、「ICT 技術は人間と共存する物」という認識のもと「人間サポート」用 ICT 技術が登場していくだろう。私が提案した技術の内どこまでが実現されるのかは分からないが、今後もさらなる安全に向けて ICT 機器が現れることだろう。そしてその流れは既に始まっているのだ。

9. 終わりに

私は鉄道を趣味にしている。そのため幼少時から何度も電車に乗りこいた。当時の鉄道車両は室内が簡素で、現在とはだいぶ違っていただろうと思う。そんな中、当時最新型であった東日本旅客鉄道の 209 系電車に乗った私が、最も驚いたのが LED 室内案内表示器だった。完全自動で次の停車駅や行き先を表示していく機器に、私は感動し放しだした。今から 15 年ほど前の出来事である。

だがこの 15 年の間に、いつの間にか鉄道の ICT 技術は飛躍的な発展を遂げていた。私が感動した LED はもはや一世代前の物となり、現在の主流は LCD である。車内ではインターネット接続環境が整えられ、乗客は情報検索や娯楽を楽しむことができるようになった。さらにホームにはドアがそびえ立ち、新交通システムなる無人運転電車も登場している。

これらの進化は、ここ最近になり急速に我々と結びつきを強めてきた ICT 技術の恩恵を受けてきた事である。例えば無線 LAN によるインターネット接続のおかげで、列車がどこを走っているかが情報通信が可能になった。トランスポンダによる情報伝送システムのおかげで、列車の運転間隔は以前の ATS では不可能だった程の間隔になり、混雑緩和と増発を実現することができた。このように、鉄道と ICT 技術はいつの間にか切っても切れない関係になっている。

今回の研究・考察を行ってその様子を深く知ることができた。特に運転関係の ICT 機器は発展・改良のスピードが早く、最新技術の AT0 では ICT 機器が運転士に優先する「自動列車運転」を実現するに至っている。一般鉄軌道でも自動運転も可能になり、地下鉄を中心に乗務員の負担削減とダイヤ、停止位置の厳正化に貢献しているのだ。

しかし同時に、無人化するにあたり課題がいくつもあることが判明した。東日本大震災など自然災害における乗客避難の事例や人為的な物、特に自殺や接触事故による輸送障害も無視できないほどの数が発生している。「異常時の対応にどのように対応するか」についての課題が、無人運転化の大きな壁になっていたのである。

この点を考慮し、現時点での無人化の限界点として「早朝・深夜のみ無人化、朝から夜は AT0 と運転士のセットによる運転体系」を示した。当初、私は終日の完全無人化が即刻可能だと考えていたため、少々心残りな点はある。しかし、実際に日本の複雑な路線網や運転体系に対応させ、鉄道会社の効率化と共に乗客の利便性も考慮したその妥当点となす位置を、この「早朝・深夜」法と判断して今回の結論とした。

今回の研究で、私は趣味としてではなく、公共交通機関の 1 つとして社会的なニーズに応える存在として改めて鉄道の重要さを思い知らされた。鉄道ファンとして、いままで散々文句を言ってきたが、それが必ずしも高齢者や子供、障害者、そして従業員に優しい事ではないということが分かり、自分自身の未熟ぶりも痛感した。今後、鉄道業界にどのような変化が訪れるのか、とても楽しみであると共に、さらなる鉄道の ICT 技術化に期待したい。

- ・「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の一部を改正する省令（平成 18 年国土交通省令第 13 号）の公布について」

http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/08/080324_.html

- ・「バリアフリー新法 32 条」

<http://www.mlit.go.jp/barrierfree/public-transport-bf/guideline/guidelinesyaryou.pdf>

- ・「公共交通機関の車両等に関する移動等円滑化整備ガイドライン・施設編」

<http://www.mlit.go.jp/common/001016327.pdf>

- ・「輸送障害に関する事項」

<http://www.mlit.go.jp/common/000133963.pdf>

- ・「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（通称バリアフリー新法）」

<http://www.mlit.go.jp/barrierfree/public-transport-bf/guideline/guidelinesyaryou.pdf>

- ・「ホームドア設置駅数の推移」

<http://www.mlit.go.jp/common/001000330.pdf>

- ・「ホームドアの整備促進等に関する検討会」中間とりまとめの概要」

<http://www.mlit.go.jp/common/000165112.pdf>

- ・「ホームドアの整備促進に関する検討会」

http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk6_000017.html

- ・「ホームドア設置の状況」

http://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk6_000022.html

- ・東武安全報告書；2013 年度版

<http://www.tobu.co.jp/anzen/houkoku/2013/accident/index.html>

3. 参考 URL

3. 1 運転士に替わる ICT 技術

1. ATS

日本民営鉄道協会の「鉄道豆知識：鉄道用語辞典」より「ATS」項を参考。

<http://www.mintetsu.or.jp/knowledge/term/209.html>

「ATS とは」について検索・参考にした URL

http://www.geocities.jp/jtqsw192/FIG/320p/atsp_why.htm

<http://www2.ocn.ne.jp/~penta/ats/ats.html>

<http://railsearch.s28.xrea.com/atcats/houdou.htm>

2. ATC

- ・東日本旅客鉄道の研究開発頁より「ATC」に関するページを参考。

<http://www.jreast.co.jp/development/>（トップページ）

「建設プロジェクトを支える新技術 デジタル ATC システム」

http://www.jreast.co.jp/newtech/tech08_main.html

「デジタル ATC の開発と導入」

http://www.jreast.co.jp/development/tech/pdf_5/27-30.pdf

日本民営鉄道協会の「鉄道豆知識：鉄道用語辞典」より「ATC」項を参考。

<http://www.mintetsu.or.jp/knowledge/term/207.html>

公益社団法人 計測自動制御学会 より「ATC（自動列車制御）」項を参考。

[http://www.sice.jp/handbook/ATC\(%E8%87%AA%E5%8B%95%E5%88%97%E8%BB%8A%E5%88%B6%E5%BE%A1\)](http://www.sice.jp/handbook/ATC(%E8%87%AA%E5%8B%95%E5%88%97%E8%BB%8A%E5%88%B6%E5%BE%A1))

3. ATO

日本信号株式会社の ATO 説明動画より音声部分を引用。

<http://www.signal.co.jp/products/railway/basic-knowledge/video/products10.php>

日本信号株式会社 ATO の仕組み

<http://www.signal.co.jp/products/railway/lineups/atcso.html>

日本民営鉄道協会の「鉄道豆知識：鉄道用語辞典」より「ATO」項を参考。

<http://www.mintetsu.or.jp/knowledge/term/97.html>

株式会社東芝 一般論文 「地下鉄向け自動列車運転システム」

http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2008/12/63_12pdf/f04.pdf

鉄道総研 「鉄道技術用語辞典」から「ATO」項を参考。

<http://yogo.rtri.or.jp/dic/> (トップページ)

「ATO とは」について参考にした URL

<http://dic.nicovideo.jp/a/ato>

<http://mirai-report.com/blog-entry-215.html>

<http://okwave.jp/qa/q7205835.html>

<http://okwave.jp/qa/q2876989.html>

4. 新交通システム

日本民営鉄道協会の「鉄道豆知識：鉄道用語辞典」より「新交通システム」項を参考。

<http://www.mintetsu.or.jp/knowledge/term/194.html>

5. 鉄道車両のブレーキング性能について参考にした URL

<http://www.lawdata.org/law/htmldata/H13/H13F16001000151.html>

http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1010721945

<http://www1.tcet.ne.jp/train/kaisetu/brake/brake.htm>

6. 「東海道新幹線平均遅延時間」について参考にした URL

<http://sankei.jp.msn.com/economy/news/130105/biz13010507010002-n1.htm>

3.2 車掌に替わる ICT 技術

1. 車内案内表示関係

埼玉高速鉄道ホームページ

<http://www.s-rail.co.jp/>

JR 広告ブログ・WEST ビジョン

http://www.jr-ad.net/jr_ad/shanaieizo/west.html

ジェイアール東日本企画・トレインチャンネル

<http://www.jeki.co.jp/transit/train/trainchannel/>

東日本旅客鉄道 「ICT による鉄道イノベーション 成田エクスプレス」

http://www.mcpc-jp.org/award2011/pdf/2011_08.pdf 「

東急電鉄 TOQ ビジョン紹介ページ

http://www.tokyu.co.jp/railway/railway/bfree_top.html

相模鉄道 SIS 紹介ページ

http://www.sotetsu.co.jp/train/safety_report/pdf/chapter06.pdf

東京メトロ 「東京メトロの広告メディア紹介」

http://www.metro-ad.co.jp/ad/media/detail.php?cnts=digital_signage

株式会社サイホープロパティース ※埼玉高速鉄道の広告事業者

<http://www.saiho-pro.co.jp/sainetvision/>

weblio 「SaiNet Vision」

http://www.weblio.jp/wkpja/content/SaiNet+Vision_SaiNet+Vision%E3%81%AE%E6%A6%82%E8%A6%81

コイト電光株式会社 「パッとビジョン」

http://www.koito-ind.co.jp/new_product/lcd.php

2. 通信システム関係

株式会社 UQ コミュニケーション 「WiMAX とは」

<http://www.uqwimax.jp/service/wimax/>

エンジョイ・マガジン 「WiMAX と Wi-Fi ってナニが違うの？」

<http://enjoy.sso.biglobe.ne.jp/archives/wimax/>

WiMAX とは Biz 「WiMAX とは」

<http://wimax とは.biz/>

総務省 「ミリ波センサについて」

<http://www.soumu.go.jp/soutsu/okinawa/musentuusin/pdf/06-01sryou-07.pdf>

Network Study 2 「無線 LAN とは」

<http://www.infraexpert.com/study/study11.html>

株式会社エム・システム技工 「SS 無線」

<http://www.m-system.co.jp/telemeter/kaisetsu/kaisetsu8/index.html> より引用

2. 音声情報編

ヤフー知恵袋 「電車の自動放送装置とはどのような仕組みで作動するのですか？」

http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q106364450

3.3 駅員に替わる ICT 技術

1. ATOS 他列車運行管理システム

東日本旅客鉄道 「建設プロジェクトを支える新技術 ; ATOS」

http://www.jreast.co.jp/newtech/tech06_main.html

株式会社 京三製作所

<http://www.kyosan.co.jp/index.html> (トップページ)

東日本旅客鉄道 「特集論文 9 ATOS」

http://www.jreast.co.jp/development/tech/pdf_36/Tech-36-63-66.pdf

2. 情報提供装置

東日本旅客鉄道 「首都圏主要駅の改札口に異常時案内用ディスプレイを設置します。」

http://www.jreast.co.jp/press/2006_2/20061205.pdf

株式会社デザインワークス 「鉄道向けフルカラーLED 式情報提供装置」

<http://www.i-design.jp/works/jr.html>

株式会社カンノ製作所 「列車接近表示灯 ; 商品紹介」

http://www.kanno.co.jp/catalog/ck06007_ledhyouji/ck06007_ledhyouji.htm

3. ホームドア

東日本旅客鉄道 「山手線ホームドア 2014年度の完成予定駅について」

<http://www.jreast.co.jp/press/2012/20120814.pdf>

東日本旅客鉄道 「山手線ホームドア 2013年度までの完成予定駅について」

<http://www.jreast.co.jp/press/2011/20110704.pdf>

東京メトロホームページ 「東京メトロの取り組み・ホームドアの設置について」

<http://www.tokyometro.jp/safety/prevention/station/index.html>

西武鉄道 ホームドアの実験について

http://www.seibu-group.co.jp/railways/news/news-release/2013/_icsFiles/afieldfile/2013/08/27/20130827shintokorozawa.pdf

株式会社神戸製鋼所「鉄道駅に設置する乗降位置可変型ホーム柵「どこでも柵®」のフィールド試験開始について」 2013 年 8 月 27 日

http://www.kobelco.co.jp/releases/2013/1188637_13519.html

株式会社神戸製鋼所「どこでも柵®」PDF ファイル

http://www.kobelco.co.jp/releases/2013/_icsFiles/afieldfile/2013/08/27/130827_dokodemosaku.pdf

東京急行電鉄 「田園都市線で新しいタイプのホームドアの試験運用を実施します」

http://www.tokyu.co.jp/contents_index/guide/news/130305-1.html

http://www.tacy.co.jp/products/example/bar_gate.html

相模鉄道 「昇降式ホームドアの実証試験を実施します」

http://www.sotetsu.co.jp/news_release/130305_01.pdf

神戸新聞NEXT 2013 年 10 月 24 日 「ロープ上下し転落防止 JR 西がホーム柵試作機公開」

<http://www.kobe-np.co.jp/news/shakai/201310/0006443726.shtml>

朝日新聞デジタル 2013 年 10 月 24 日 「新型ホーム柵、12 月から試行 JR 西日本、大阪市内で」 <http://www.asahi.com/articles/OSK201310240048.html>

「ホームドア設置がなかなか進まない理由」

<http://getnews.jp/archives/125955>

※URL 情報は、平成 26 年 1 月 31 日現在のものである。