

IHI 初の交通事業 香港国際空港向け APM システム

First Transportation Project – APM System for Hong Kong International Airport

当社は世界中で需要が期待されつつある APM (Automated People Mover) システム市場への参入を果たした。APM システムは、特に空港内旅客輸送のニーズが高く、北米を中心に計画は絶えない。当社は新潟トランス株式会社 (以下、NTS と呼ぶ) の協力を得て、ゴムタイヤ式車両および APM システムの両技術でニーズの高まりにこたえてゆく。初受注案件である香港国際空港向け APM システム 1 期工事は 2006 年 12 月に完成を迎える。本稿では香港国際空港向け APM システムとその技術を紹介する。

1. 概要

当社は香港国際空港 (第 1 図) ターミナルビル内 APM システム (以下、既設 PTB 線と呼ぶ) に 3 編成の車両を 2005 年 12 月に納入した (第 2 図)。また、近隣に建設された“スカイプラザ”とターミナルビル 1 を結ぶ新路線スカイプラザ APM システム (以下、SKP 線と呼ぶ) の 1 期工事は、まもなく完成を迎える。これは約 550 m の 2 駅の路線とメンテナンスエリアで構成され、すべての設備は地下に設置されている。そして 2 期工事



第 1 図 香港国際空港全景

ターミナルビル 1 “イーストホール” ターミナルビル 2 “スカイプラザ” フェリーターミナル “スカイピア”

Google Earth より引用

(注) — : SKP 線 1 期
 - - : SKP 線 2 期
 - - - : 既設 PTB 線



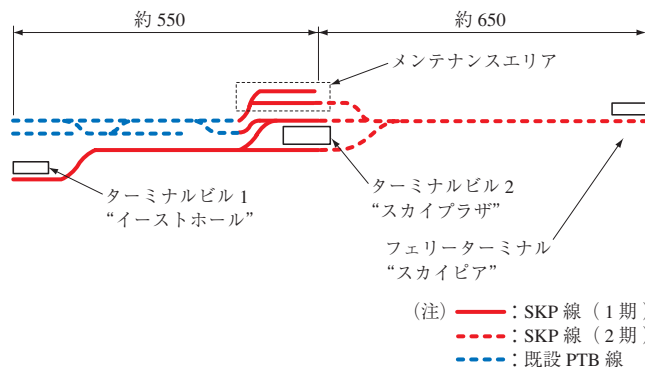
第 2 図 香港国際空港向け APM 車両

として 2008 年春には、中国各地やマカオと香港空港を結ぶ、フェリーターミナル“スカイピア”まで延伸させる予定である。完成後の路線延長は総計 1 200 m となる (第 3 図)。

2. スカイプラザ APM システム

本工事の範囲は、APM 車両を除く鉄筋コンクリート製走行路、鋼製案内レール、メンテナンスエリア、受変電設備、トロリー式電車線、通信設備および ATC (Automatic Train Control) である。このなかで運行の要である ATC とその安全性および信頼性について述べる。

ATC は安全な走行を支える保安装置 ATP (Automatic Train Protection)、車両のドア開閉や加速/減速といった



第 3 図 概略路線図 (単位: m)

自動運転を制御する ATO (Automatic Train Operation), 運行指令, 監視および記録を行う ATS (Automatic Train Supervision) から構成される。

次にシステムの構成を示す。

電力設備	受電, 降圧および分電
鋼体式電車線	APM 車両への電力供給
コンクリート走行路	APM 車両の走行路面
ガイドレール, 転てつ機	APM 車両の案内
バッファ	車止め
ATP	APM 車両の保安装置
ATO	APM 車両の自動運転
ATS	システムの運行, 監視 および記録
通信装置	車両およびプラット ホームへの放送, 車両 との通話
メンテナンスエリア	APM 車両の留置および 整備場

どのサブシステムも国内 APM システムに準じた構成としている。また冗長性を考慮し並列または待機二重系のハード構成とし、高い信頼性を確保している。

2.1 ATP

我が国では一般的に ATC と呼ばれる連続監視式の保安装置であるが、本稿では国際的な一般呼称である ATP を使用する。ATP とは地上で演算した前方列車や曲線による情報によって車両に自動的に速度制限や停止させる装置である。なおこの装置は実際に自動運転を行う ATO とは

独立している。

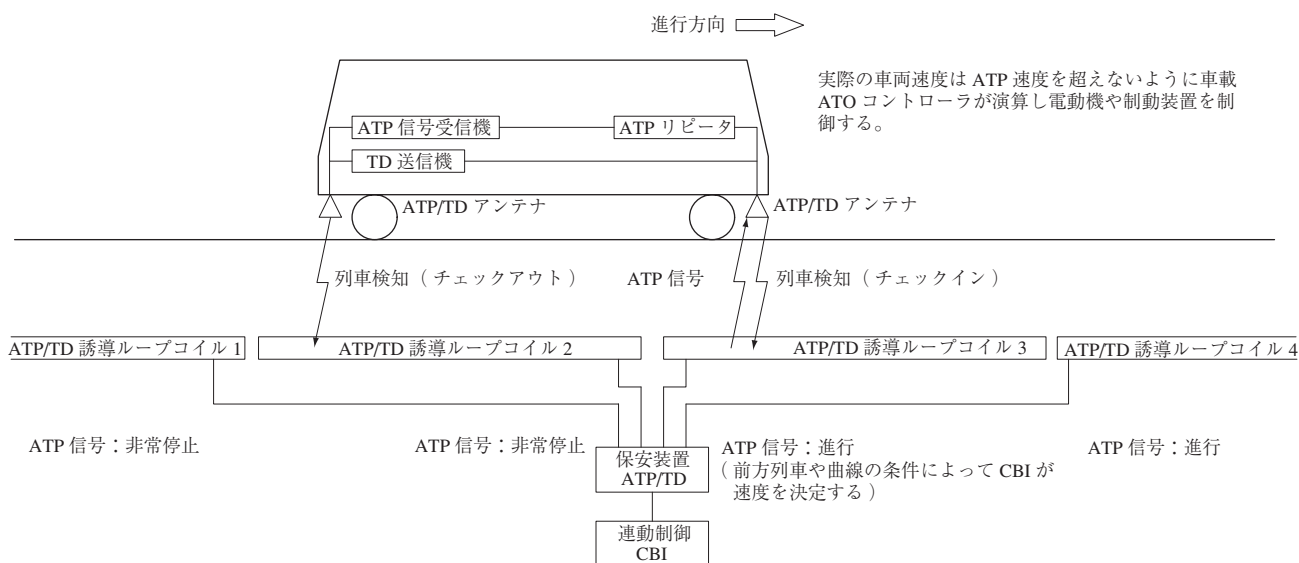
走行用の鋼製レールをもたず、信号伝送路としてこれを使用できない APM では、コンクリート走行路中央に敷設された誘導ループコイルから送信された速度信号を、車両先端に設置されたアンテナで受信する方式を採用している。信号方式は路線を決められたブロックに分割し、① 前方の車両位置 ② 曲線による速度制限や停止、をブロックごとに指示する固定閉塞方式を採用している。またこの信号は速度制限のみに使用するだけでなく、列車進行方向および駅停車中のドア開閉方向の判別にも使用し安全性の向上を図っている。

また、軌道上の列車検知 TD (Train Detection) も鋼製レールをもたないという理由から、車両先端に設置したアンテナで進入検出を行い、後端に設置したアンテナで退出検出を行うチェックイン／チェックアウト方式を採用している。

連動制御には CBI (Computer Based Interlocking) が用いられ、将来の延伸および運行形態の変更に柔軟な対応ができるようにしている。第 4 図に ATP/TD の構成を示す。

2.2 ATO

ATO は車載 ATO コントローラ、ATO データ伝送装置、駅 ATO 装置の 3 種類の装置で構成されている。これらは運転手やアテンダントの代わりに自動でドアの開閉、車両の自動発進、減速そして停止させる機能をもった制御装置である。また、空港内指令所で監視しているオペレータへの車両情報の送信、遠隔操作を可能にしている。ここでは ATO データ伝送装置および駅 ATO 装置について述べる。



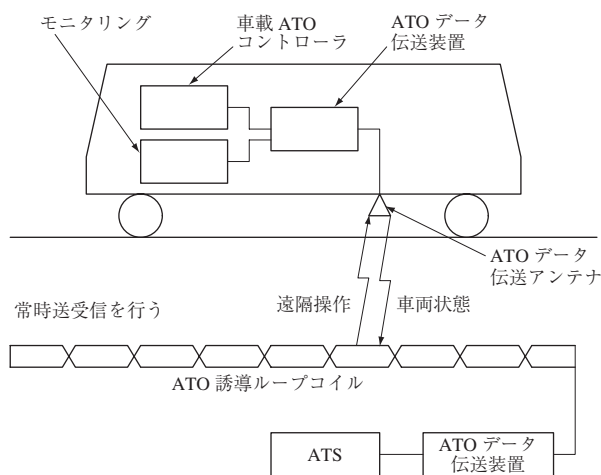
第 4 図 ATP/TD 構成

ATO データ伝送装置は、車両状態を連続的にモニタし、かつ遠隔で車両制御を可能にする。これも ATP 同様コンクリート走行路中央に敷設された誘導ループコイルと車上に設置されたアンテナによって送受信を行う。ATO データ伝送装置で収集された車上のアラームや状態は空港内指令所に設置された ATS 端末に表示し記録を行っている。また ATS 端末からの各種アラームのリセット操作および再発進などの遠隔操作を可能にしている。第 5 図に ATO データ伝送装置の構成を示す。

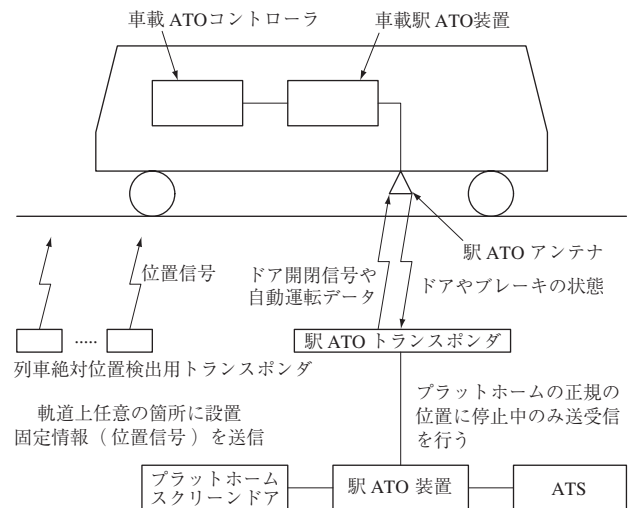
一方、駅 ATO 装置は走行路中央に設置されたトランスポンダを介して地上と車上の通信を行い、駅停車中の車両のドア開閉を自動的に行っている。ドア開閉は駅プラットフォーム上に設置されたプラットフォームスクリーンドアと連動して行っている。なお、停車時間の変更や延長は空港内指令所に設置された ATS 端末を介して行う。自動運転情報も駅停車中に駅 ATO 装置を介して車上のコントローラに送信される。また、トランスポンダは走行路上適宜設置され自動運転を行っている車両の位置情報の補正を行い、高精度な自動運転を実現している。第 6 図に駅 ATO 装置の構成を示す。

2.3 ATS

我が国では保安装置の呼称として一般的な名称であるが、ATS の S は Stop ではなく、Supervision すなわち監視装置を示す。ATS は空港内指令所に設置された ATS 端末の LCD モニタとマウスを用い簡単に操作することができる。ATS 端末は ATS サーバ同様二重化され、1 台がダウンしても同じ指令所に設置されたもう 1 台がバックアップできる。しかも、メンテナンスセンターに設置された ATS 端末 2 台もバックアップ機能を持ち、高い信頼性を保証している。



第 5 図 ATO データ伝送装置構成



第 6 図 駅 ATO 装置構成

2.4 安全性および信頼性

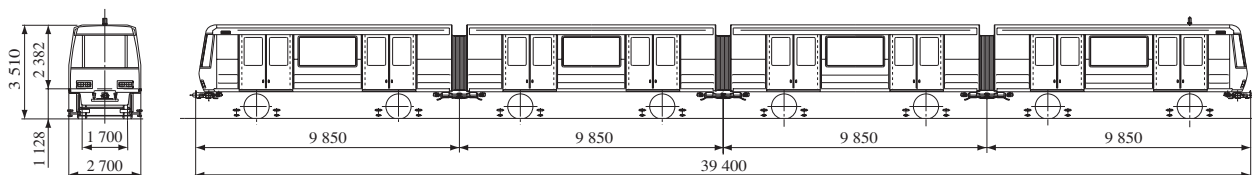
1999 年に発行された EN50126 や 2002 年に発行された IEC62278 に代表されるように、いわゆる鉄道用 RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety: 信頼性、可用性、保守性および安全性) がますます一般的になりつつある。本プロジェクトでも ATC 機器を中心に安全性および信頼性の評価を実施した。これらの評価には Reliability Prediction, Hazard Analysis, Fault Tree Analysis といった解析手法を用い、各サブシステムの MTBF (平均故障間隔)、MTTR (平均復旧時間) および MTBHE (平均危険障害発生間隔) を算出した。そしてこれらの結果から稼働率要求値 99.9% を満足していることを確認した。

特に安全性に関しては APM システムの規格として一般的な ASCE 21-96 に基づいてハザードリスクに対する評価を行った。これは発生頻度と損害の大きさからハザードリスクを定量的に扱う評価方法である。この結果から高いリスクとして認められた事象に対してはリスクの低減化を実施し、システム全体の安全性に問題がないことを確認した。

そして設計過程を含むこれら実施結果は第三者機関による認証を受けている。

3. APM 車両

既設 PTB 線に空港旅客増加に対応するため、4 両固定の APM 車両 3 編成を新規に製作した。この車両は NTS が我が国で十分実績を積んだ車両をベースに設計をしている (第 7 図)。外観的な特徴としては走行路を避難通路としないため正面に非常出口をもたない。したがって、大



第 7 図 APM 車両編成（単位：mm）



第 8 図 APM 車両編成の外観

大きなフロントガラスがデザイン上のアクセントとなる。車体はステンレス鋼製とし台車は NTS 独自技術のサイドガイド方式ステアリング台車である（第 8 図）。1 両当たり駆動台車と従台車をそれぞれ 1 組もつ。動力システムは IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）素子を使用したインバータ装置をもつ CI（Converter-Inverter）コントローラで構成される。電源側コンバータは高調波を抑制しつつ、3 相交流給電を可能にし、地上側に設置する受変電設備を簡素化／汎用化することに大きく寄与している。

一方、車上に設置された信号機器は路線中央に敷設された誘導ループコイルによって地上に設置された信号機器通信を行っている。誘導ループコイルは国内の APM システム同様、ATP 用と ATO 用が独立して敷設されている。車載信号機器も地上同様冗長性を増すために並列または待機二重系のハード構成としている。第 1 表に APM 車両の諸元を示す。

第 1 表 APM 車両の諸元

項 目	諸 元
編 成	4 両固定
納 入 編 成 数	3
定 員	76 人／両
自 重	13.2 t／両
最 大 寸 法	長さ 9 850 mm
	幅 2 700 mm
	高さ 3 510 mm
構 体 材 料	ステンレス鋼
電 気 方 式	三相交流 600V，50Hz
軌 間	軌間 1 700 mm，案内面間隔 2 800 mm
電 車 性 能	最高速度 70 km/h
	運転速度 62 km/h
	起動加速度 3.5 km/h/s
	常用最大減速度 3.6 km/h/s
	非常減速度 5.4 km/h/s
集 電 装 置	鋼体 3 線式，側面接触式，連続接地
制 御 方 式	CI 制御 IGBT 素子 VVVF インバータ （応荷重装置，回生ブレーキ付）
ブ レ ー キ 方 式	電気指令式電磁直通空気ブレーキ （保安ブレーキ，駐車ブレーキ付）
台車および案内方式	側方案内 4 案内輪式走行輪ステアリング方式
駆 動 方 式	直角駆動式，差動歯車式
主 電 動 機	三相誘導かご形自己通風式，110 kW，連続

4. お わ り に

香港国際空港の APM プロジェクトも佳境を迎えつつある。本プロジェクトは当社が交通事業を始める布石となる重要なプロジェクトである。今後、本プロジェクトで経験した技術を活かし、世界中に当社の交通システムを拡販していく所存である。

最後に本プロジェクトの施工に当たり、施主である香港空港管理局に多くのご支援をいただきました。ここに記し深く感謝の意を表します。

（ 物流・鉄構事業本部物流システム事業部
新交通システム部 関 谷 隆 雄
新潟トランス株式会社
交通システム事業部 小 田 義 雄 ）