

# 重量物搬送用高速無人車 (AGV) の開発

## Development of High-Speed Automated Guided Vehicle (AGV) for Heavy Load

相模原製作所 水 沼 渉<sup>\*1</sup> 岡 部 一 成<sup>\*2</sup>  
阿 部 誠 一 郎<sup>\*3</sup> 篠 崎 朗 子<sup>\*2</sup>  
橋 本 英 樹<sup>\*2</sup>

製鉄所内における、広域エリアでの物流合理化ニーズ拡大に対応すべく、① 高重量パレット搬送式高速無人搬送車 (AGV)、② 運行管理システム、を開発した。車両は4軸の大型アクスルを備えた高速対応型で、ディーゼルエレクトリックによるACサーボモータ駆動とした。離散型磁気誘導方式に対応し、高性能長距離障害物センサ等の安全装置を備える。運行管理システムは、SS (Spread Spectrum: スペクトル拡散) 無線ネットワークによる広域分散システムとし、電話回線によるリモートメンテナンス機能を備える。総延長約4000mの搬送エリアを実現し、最高車速10km/h、直線誘導精度±50mm、停止精度±30mmを達成した。

The need for long-distance transport in steel manufacturing plants has increased, making it important to develop ① high-speed automated guided vehicles (AGV) and ② AGV control. The AGV has 4 large axles suited to high-speed travel, an electric diesel drive, and AC-servo-controlled motors. The AGV uses discontinuous magnetic navigation and laser-based obstacle detection. AGV control is a wide-scale divided network with spread-spectrum radio communication remotely maintained through telecommunication. The total transport distance is about 4000 m. Travel is at 10km/h, straight travel accuracy is ±50mm, and stop accuracy is ±30mm.

### 1. ま え が き

近年、物流の合理化、省力化のために無人搬送車 (Automated Guided Vehicle, 以下、AGV と称す) の普及が進んでいる。その分野は、一般の工場・倉庫内での小物部品物流から、製鉄所でのコイル搬送、造船所での船殻搬送、港湾でのコンテナ搬送等多岐にわたる。積載重量50t以上の高重量AGVでは、製鉄所、港湾等の1km以上の広域エリアでの高速化による大量物流の要求が高まっている。また、この要求から、広域物流全体の運行を管理するシステムの開発要求も高まり、様々なシステムの提案、実用化が進んでいる。

最も進んでいるのは、港湾でのコンテナ搬送用AGVで、欧州のロッテルダム港(蘭)、テムズ港(独)等の大規模コンテナターミナルで実用化されている。このAGVはクレーンから受けたコンテナを直接積載・搬送する構造で、製造所等で一般に行われているパレット搬送には適さない。

また、従来のパレット搬送用のキャリアは、多軸のスイングア

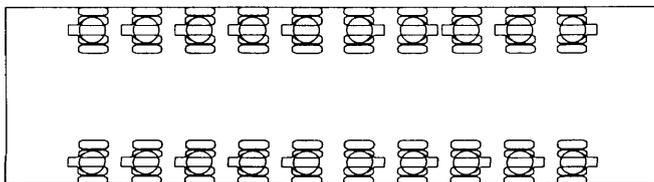


図1 従来キャリア外観 従来キャリアの構造を示す。  
Drawing of normal carrier

ームを備えた複雑な構造で高速化には適さない (図1参照)。

そこで、製鉄所内広域エリアでのコイル搬送を主目的とした、① 高重量パレット搬送式高速AGV、② その運行管理システム、について開発することとした。

### 2. 高速AGVシステムの概要

製鉄所内でのパレットによるコイル搬送システムの概要を図2に示す。

コイルはクレーンによって直接AGV上に積載されるのではなく、パレットと呼ばれる門型の移載台にいったん載せられ、AGVはこのパレットを搬送する。パレット及びAGVを複数台数運行させることによって、クレーンの待ち時間、荷受け・荷降し時間中にも他のパレットの搬送が可能となり、搬送効率が上がる。これら、AGV本体・パレット及びクレーン、信号機、遮断機、建屋設備等のAGV走行に付帯する機器の無人運行を制御するものが運行管理システムである。

### 3. 高速AGVの構造

今回開発した高速AGVの概観を図3に、主要諸元を表1に示す。以下の方針、ねらいで設計を行った。

- (1) 最高車速は前後進共、パレットによるコイル搬送用としては最高レベルの10km/hとした。
- (2) 走行距離の長距離化に対応するため、駆動源はバッテリー式からディーゼルエレクトリック式とした。280PSのディーゼル発電セットを搭載し、当社製のACサーボモータをドライバで駆動することによって走行速度をコントロールする (図4参照)。
- (3) 高速走行が可能であるダンプトラック (50km/h程度)と同様に、一般のアッカーマンリンク式の大型アクスル4軸と空気式タイヤを採用した。外側2軸を駆動軸、内側2軸を従動軸とし、駆動用モータはギヤボックスを介して駆動軸に取付けた。

\*1 車両・電子技術部搬送機器設計グループ主務

\*2 車両・電子技術部搬送機器設計グループ

\*3 車両・電子技術部電子機器課

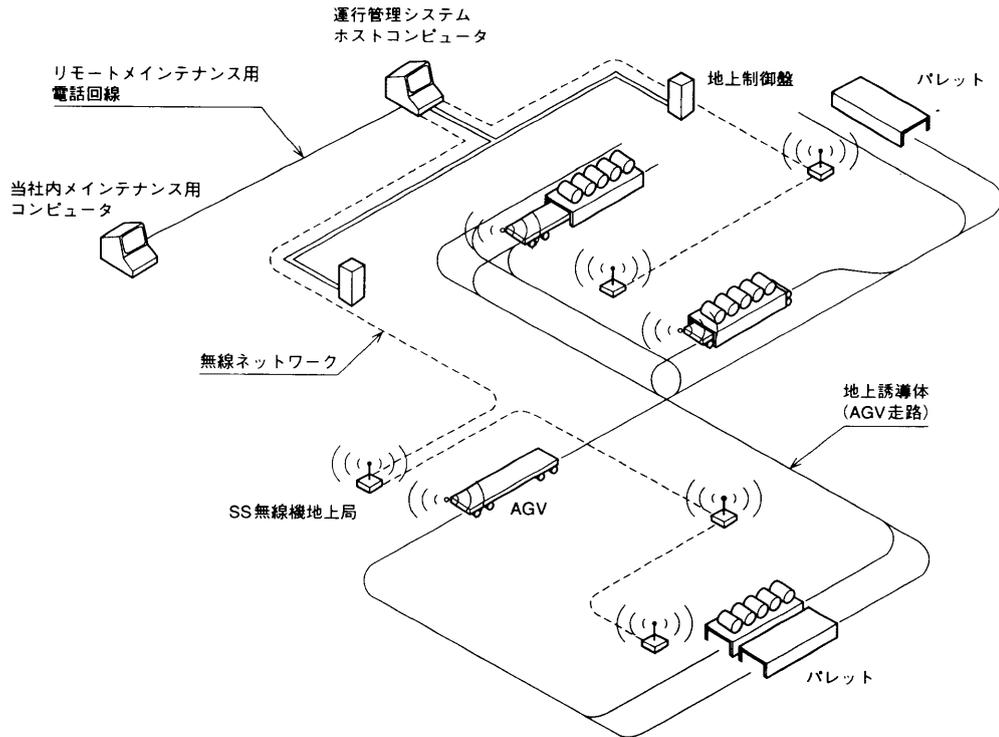


図2 コイル搬送システム概要 製鉄所内でのパレットによるコイル搬送システムを示す。  
General view of AGV system

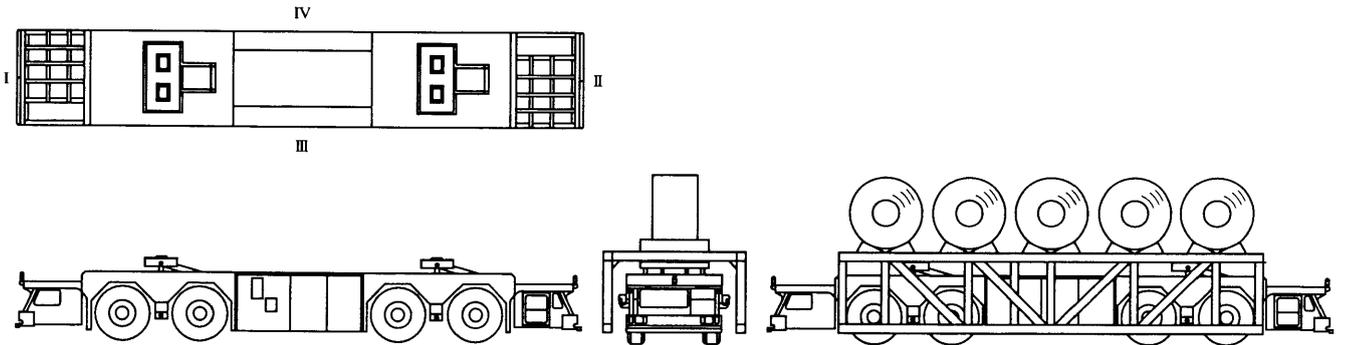


図3 高速AGV概観 高速AGVの概観を示す。  
General view of high-speed AGV

表1 主要諸元  
Principal particulars of high-speed AGV

項目	仕様	
最大積載荷重	120 t (パレット 19 t 含む)	
最高速度	直線部	10 km/h
	カーブ部	5 km/h
操舵モード	ハの字旋回 張出し抑制旋回 斜行	
車両重量	36 t	
車両寸法	全長	16 600 mm
	全幅	2 800 mm
	全高	2 000 mm
駆動方式	走行機構	電動機駆動
	操舵機構	電磁比例式油圧駆動
	リフト機構	電磁切換式油圧駆動

これによって従来の多軸スイングアーム構造のキャリア (図1) のように各車輪ごとに旋回用及び駆動用のモータを備える必要

がない単純な構造が実現でき、整備性が向上した。

また、ステアリングは油圧シリンダ式とし、比例電磁弁の流量制御によって、各軸ごとに操舵角度をコントロールできる。これにより、最小旋回、張出し抑制旋回、斜行といった多彩な操舵モードが実現できる (図5 参照)。

(4) パレットを昇降するリフトはI側・II側 (両方向進行可能なAGVでは前方・後方の概念はないため、当社では、車両方向を図3のように数字で示す) 各々の2軸間に配置することとした。これにより以下の利点を得られる。

① 荷重は支点間距離の短い2軸間のみで受けるため、その他の部位のフレーム剛性を小さく抑えられ、軽量化が図れる。従来のキャリアはフレーム全体で荷重を受けるため、フレームの剛性が高い必要があり、車両は重い。

② 軽量化によって、燃料消費率の向上が図れ、また、高速化に適する。

(5) 全長12.5×幅4.2 mのパレットは平均20 tのコイルを最大5個、100 tまで積載可能とした。AGVはパレット脚間に自動進

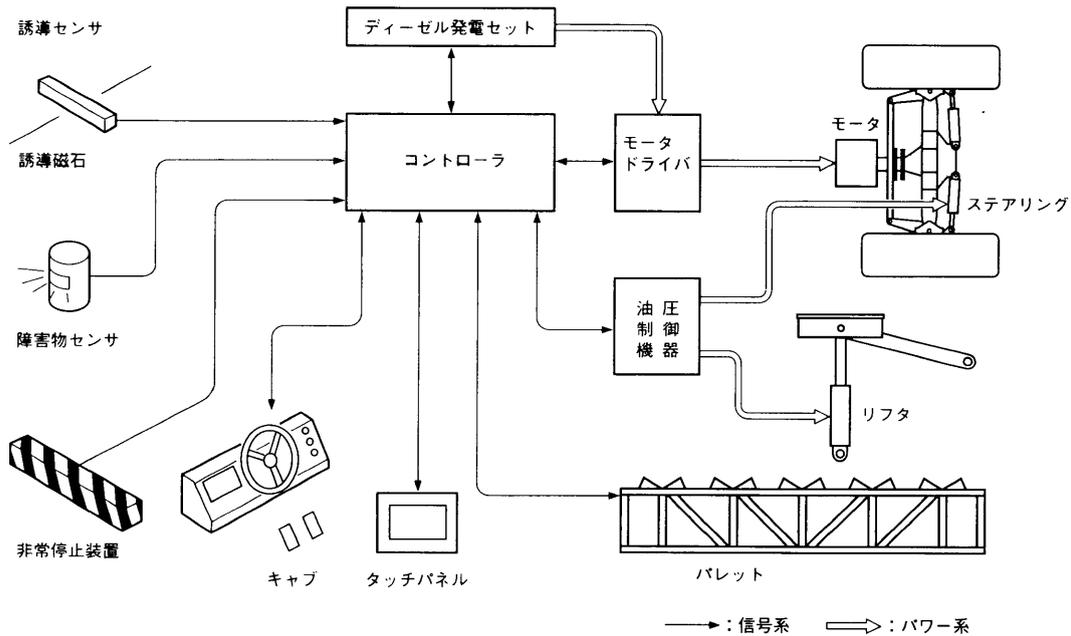


図4 高速AGVの制御システム概要 車両コントローラを中心とした制御システムブロック図を示す。  
General electronic diagram of AGV system

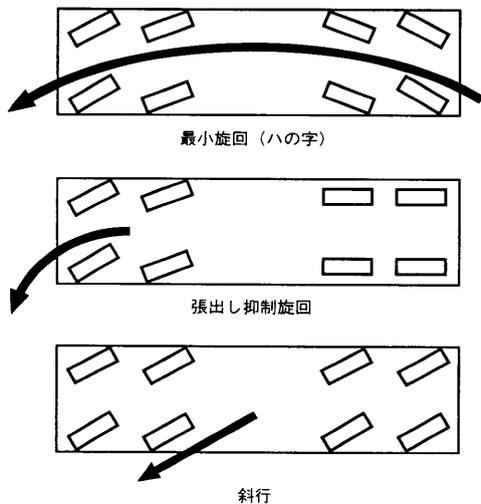


図5 各操舵モード概要 各操舵モードにおけるAGV動作を示す。  
AGV operation of each steering mode

入ることが可能であり、精度の高い位置合せが可能である。

#### 4. 要素技術

図4に高速AGVの制御システム概要を示す。以下に高速AGVに採用したセンサ、コントローラ等の要素技術及び制御方法の概要について述べる。

##### 4.1 地上誘導体

AGVの誘導方式としては以下の方式が各社で実用化されている。

- ① 走路内に埋設した誘導磁石を車両に設置した誘導センサで検出して走行する磁気誘導方式
- ② 走路内に埋設した電線に高周波電流を流す電磁誘導方式
- ③ 走路に設置したマークを画像処理し追従走行する光学誘導方式
- ④ 走路外部の地上基準点をレーザ等により計測し自律走行する

##### 基準点誘導方式

本開発では信頼性及びコスト面から①を採用した。本方式は当社AGVで多数実績がある。

また、これまでは連続して誘導磁石を埋設していたが、1kmを超える広域エリアにおける搬送では、誘導磁石及び埋設工事のコストが膨大になる。

そこで、直線走路では一定ピッチごとに誘導磁石を埋設する離散誘導方式を採用した。

##### 4.2 誘導センサ

磁気誘導センサには、防水処理が施された細長い箱型ケーシング内に、多数の磁気検出素子を直線状に配列したものを使用している。ケーシング長手方向を埋設誘導磁石に対して直角に設置し、路面と一定のクリアランスを保持するようにAGVに取り付ける。車体コントローラは磁気誘導センサにより、AGVの誘導ずれ量を検出し、ずれ量に設定ゲインを乗じた信号を比例電磁弁に送ることによって油圧シリンダを操作し、ステアリングを操舵する。AGVの限界速度は、この制御系の応答性、追従精度から決定される。

##### 4.3 障害物センサ

誘導精度と並んで、高速化に必要なものは、高性能障害物センサである。AGV相互の衝突や他の荷役機械との衝突については、運行管理システムの監視により、衝突の発生自体を回避するようになっている。しかし、安全な高速走行のためには、AGV自体に、広い検出範囲と高い応答性を備えた障害物センサを備える必要がある。

本開発では、前後の車体中心に2台のレーザレーダ式障害物センサを設置した。視野角180°の範囲で40msごとに1スキャンを行い、射出レーザの角度と反射時間から障害物の位置を検出する。設定エリア内に障害物を検出すると、距離に応じて2段階の警報信号が出力される。検出エリアは、最大50mまでの任意の多角形で設定可能である。直線最高速度区間では、AGVが徐行する徐行エリア(手前5~20m)と、即停止する非常停止エリア(手前5m)を設定した。また、曲線部でAGVの前方にフェンス等の既設建物のある走路では、検出エリアを絞り、誤検出による停止を避けた。

#### 4.4 非常停止スイッチ

さらに安全のために、以下の非常停止スイッチを設けた。

##### ① バンパスイッチ

黄・黒色しま模様の接触検出スイッチで、障害物が接触したときに物理的圧迫により作動する。車体周囲の全方向に取付けた。

##### ② 押ボタンスイッチ

赤色のきのこボタン型スイッチで、人が危険を感知した場合に作動させる。車体 I、II 側の両側面及びキャブ内運転パネル面に取付けた。

##### ③ ワイヤトリップスイッチ

ワイヤの張力の変化によって作動するスイッチで、I、II 側に取付けた。通常は人が引っ張ることで作動するが、ワイヤの切断によっても作動する。

##### ④ また、このほかにもコントローラが自己診断機能を備えており、車両の駆動系、油圧系、センサ、制御装置の状態監視を行っている。これらの異常が検出された場合には、AGV から運行管理システムに故障信号が送信されるとともに、車載タッチパネル画面にメッセージを表示し、故障に応じた非常対策が自動的に実施される。

#### 4.5 AC サーボモータ・ドライバ

高速 AGV の駆動力には 32.5 kW の同期式 AC サーボモータを採用した。モータのロータに取付けられた永久磁石の位置を回転センサで検出し、この信号を基にモータドライバが UVW 各相の電圧を PWM スイッチングすることで、モータが回転する。

この AC サーボシステムによるフィードバックにより、負荷変動時や極低速域での走行安定性、高応答性を実現し、高精度の加速・減速度制御、定点停止精度を得ている。

モータ保護装置として、モータコイルエンド部にサーマルプロテクタが取付けられており、過負荷時のモータ温度上昇を防止している。

#### 5. 運行管理システム

運行管理システムとは、客先の生産管理システムから送信される、AGV 搬送指示などの指令を実行するためのものである。

図 2 に運行管理システムの概要を示す。製鉄所のサーバ室に設置されたホストコンピュータと、無線ネットワークでつながれた無線機地上局 (AGV コントロール用)、LAN でつながれた地上制御盤 (信号機、遮断機等の地上設備のコントロール用) とで構成される。本システムによって、AGV の無人搬送、クレーン、シャッタとの連動運転、道路上の信号機、遮断機の開閉等の無人搬送システム全体が管理される。システム機能の 4 つの特徴について以下に示す。

##### 5.1 SS (Spread Spectrum : スペクトル拡散) 無線通信を用いた AGV 走行管理

SS 無線通信は伝送速度や送信時間制限などによるデータの切

れなどの制約が少ないため、高速通信が可能である。

車速 10 km/h で走行中の AGV との通信に使用するため、無線アンテナ設置のロケーションに留意し、安定した通信エリアを確保した。また AGV 側の通信機を前後 2 系統に分けて設置し、車両の向きなどで通信の死角が発生しないようにした。

##### 5.2 無線機のネットワーク化による広域走行エリアの実現

総延長 4 000 m に及ぶ広域エリアで、常時 5 台の AGV とリアルタイムに通信を行うため、11 基の無線機地上局を設置した。これらを無線専用ネットワークで連結し、通信ブロックごとに周波数を調整し干渉に強い環境を実現した。

##### 5.3 地上設備の制御負荷分散

運行管理システムが AGV の走行に合わせて制御する地上設備は、遮断機、信号機、シャッタ、クレーンなど多数ある。これら地上設備の管理機能を、PLC (シーケンサ) を用いた地上制御盤に分散した。

これまでの地上制御盤は、各地上設備を個々に ON/OFF 制御するのみであった。PLC を備えることによって、ホストコンピュータからの単一信号で、複数の地上設備の連動コントロール (信号機と遮断機の連動等) が可能となる。このようにして、運行管理システムによる集中管理を解消し、制御負荷の分散を実現した。

##### 5.4 リモートメンテナンス

遠隔地における運行管理システムの稼働状況把握を可能とするために、リモートメンテナンスの仕組みを取入れた。納入システムと離れた場所にある社内のメンテナンス用コンピュータを電話回線で結び、メンテナンス用データを通信で吸上げて処理するものである。引渡し直後の初期動作不良やオペレーションミスなどに迅速に対応することに主眼をおいているが、現地試運転工事中の社内でのバックアップにも有効である。

#### 6. あとがき

総延長 4 000 m の搬送エリアを持つ高速 AGV の開発を行った。評価試験によって、目標最高車速 10 km/h において下記の性能を得た。

- (1) 誘導精度 (誘導線からのずれ) :  $\pm 50$  mm 以内
- (2) 停止精度 (目標停止点からのずれ) :  $\pm 30$  mm 以内

これは、実用化に耐え得る精度であり、目標は達成できた。

今後は、港湾物流におけるコンテナ搬送用 AGV を視野に入れて、更なる高速化 (目標 25 km/h) を目指す。そのために、以下の要素技術の開発が必要である。

- ① 高速処理コントローラ
- ② フィードフォワード制御等の制御方式の高度化
- ③ 車両全方位障害物センサ
- ④ 高性能磁気検出センサ・誘導体
- ⑤ 高速対応型モータ

これらの課題を達成して、さらに各方面の物流改善に貢献していきたい。