

# リニアトラックシステム “MTR-Sシリーズ”

Linear Track System "MTR-S Series"

\*名古屋製作所

## 要 旨

近年、生産ラインでは、タクトタイムの更なる短縮及び変種変量生産のニーズが高まっており、高速搬送が可能かつフレキシブルな搬送システムの必要性が増している。さらに、就労人口減少問題から、生産ライン立ち上げ工数・オペレーション工数・保守工数の低減も重要性を増している。

三菱電機では、こうしたニーズや課題に対応するため、リニアトラックシステム“MTR-Sシリーズ”を開発した。

“MTR-Sシリーズ”では、リニアトラック特有の高速性・柔軟性はもちろんのこと、製品導入・保守・プログラミングの容易化に焦点を当てた開発を行い、ユーザーへの価値を向上させている。

## 1. ま え が き

自動化された連続する生産設備で製品を生産する場合、工程ごとに作業を行い、次の工程に搬送する、という流れを繰り返す。その中で搬送システムには、一般的にベルトコンベヤーやローラーコンベヤーなどが用いられてきた。しかし、近年では生産性の更なる向上、変種変量生産への対応、オペレーションコストの上昇、製品リリースサイクルの短縮による生産ライン立ち上げ・組替えの更なる短縮要求など、様々な課題を抱えており、従来の搬送システムではこれらの課題を解決することが困難であった。こうした生産現場の課題を解決するために、当社がこれまで磨いてきたリニアサーボ技術・モーション制御技術を活用し、高速・循環・フレキシブルな搬送システムであるリニアトラックシステムMTR-Sシリーズを開発した(図1)。本稿では、MTR-Sシリーズの主な特長について述べる。

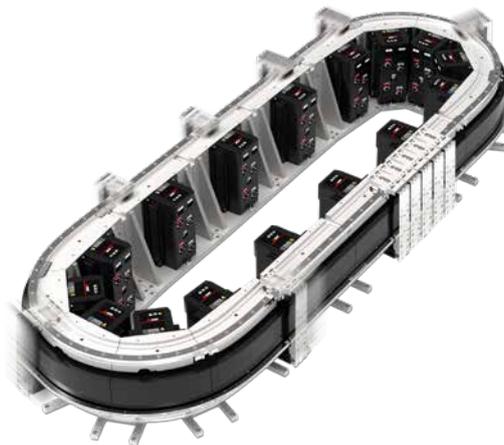


図1-リニアトラックシステムMTR-Sシリーズ

## 2. リニアトラックシステムMTR-Sシリーズの特長

MTR-Sシリーズの特長を次に述べる。

### 2.1 リニアトラックシステムとしての特長

MTR-Sシリーズの代表的な仕様を表1に示す。直線・曲線形状に適した新型リニアサーボモーターの開発によって、直線・曲線区間共に最大推力300N、最大速度4m/sを達成し、従来のコンベヤーシステムでは実現できない高加速・高速

搬送を可能にした。また、独自のリニアスケールシステムを開発することで、業界最高レベルの繰り返し位置精度 $\pm 5 \mu\text{m}$ を実現した。さらに、高剛性が特長である新型の直曲メカニカル案内機構(ガイド)を採用することで、単なる搬送装置ではなく、位置決めステージとしての役割も兼ねることができる。精密な部品実装が必要になる電子機器組立てラインにも、追加の位置決め機構、ストッパーや加工台が不要になり、装置システムコストと設置面積の削減が可能になる(図2)。

キャリアは2種類存在し、アプリケーション対応力を高めている。48mmキャリアMTR-SCR00-003-048は、最大可搬質量3kg、最大推力140Nで主に食品・医薬品の二次包装への活用が期待される。98mmキャリアMTR-SCR00-010-098は、最大可搬質量10kg、最大推力300Nであり、電子機器・二次電池セルの組立て向けへの活用が期待される。

表1-MTR-Sシリーズの製品仕様

キャリア	MTR-SCR00-003-048	MTR-SCR00-010-098
最大速度(m/s)	4 <sup>(注1)</sup>	
最大可搬質量(kg)	3 <sup>(注1)</sup>	10 <sup>(注1)</sup>
最大推力(N)	140	300
繰り返し位置精度( $\mu\text{m}$ )	$\pm 5$ <sup>(注2)</sup>	
最大トラック周長(m)	18	
最大制御キャリア数	48 <sup>(注3)</sup>	
設置方向	水平/垂直	

(注1) 可動部の重心位置やトラックの設置方向によって、最大速度・可搬質量に制限がかかる場合あり

(注2) スケール検知部での実力値

(注3) リニアトラック制御ユニット・ヘッドユニットMTR-SCU00-4Gに、拡張ユニットMTR-SCU00-PGを取り付けた場合

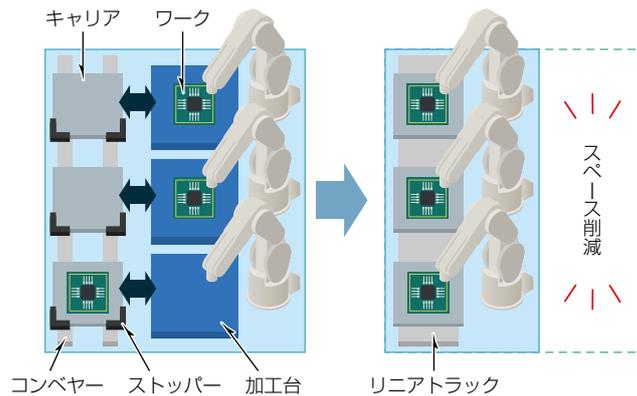


図2-リニアトラックシステムによる装置設置面積の削減例

直線・曲線形状のモジュール化された“トラックモジュール”を組み合わせることで、オーバル・円形・四角形といった無終端形状はもちろん、直線やL字といった終端形状にも対応可能である。トラックの設置方法は、水平・垂直設置が可能であり、設計自由度の高いシステムになっている(図3)。

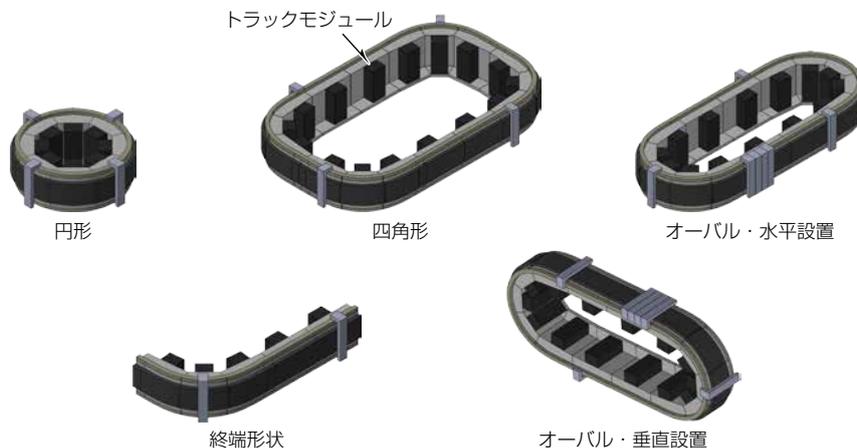


図3-トラック形状と設置方向のバリエーション例

キャリアは最大48台を独立して制御可能で、必要なキャリアだけを動作させることができるため、コンベヤーシステムに比べて省エネルギー化が可能である。

## 2.2 三菱電機FA機器との親和性

MELSEC iQ-RシリーズであるモーションユニットRD78G(H)用のリニアトラック制御用アドオンと、CC-Link IE TSN対応リニアトラック制御ユニットMTR-SCU00-4Gを開発することで、MTR-Sシリーズは、三菱電機FA機器との高い親和性を実現した(図4)。

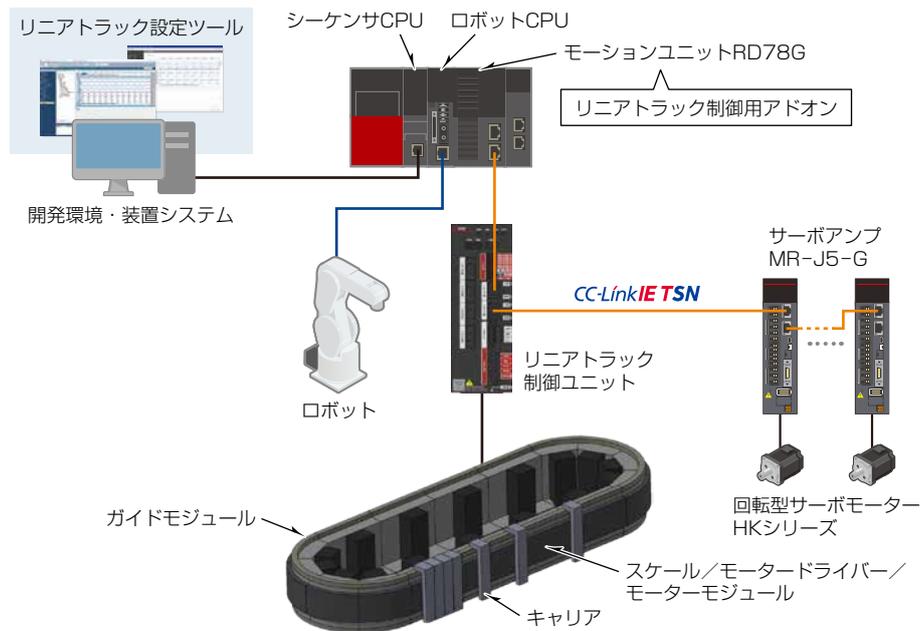


図4-リニアトラックシステムの構成例

### 2.2.1 ACサーボアンプMELSERVO-J5との完全同期制御

リニアトラックシステムでは、リニアトラック制御用アドオンを追加したモーションユニット1台で、リニアトラックシステムとACサーボアンプMELSERVO-J5(以下“MR-J5”という。)をシームレスに制御できる(図4)。リニアトラック制御ユニットはCC-Link IE TSN Class Bに対応しており、モーションユニット、リニアトラック制御ユニット、及びMR-J5をCC-Link IE TSNを介して接続することによって、リニアトラックシステム内のキャリアだけでなく、周辺サーボモーターとの同期制御が可能になる(図4)。また、リニアトラック制御ユニットは、各キャリアの情報を仮想的に把握することで、リニアトラック上の全てのキャリアを個別に制御可能になっている。これらの特長によって、キャリアと周辺サーボモーター間での高度なモーション制御(同期制御、カム制御など)を実現可能になり、例えば、各工程でのワークのロード/アンロードを高速化させ、装置のタクトタイム向上を図ることができる。

### 2.2.2 ACサーボアンプMR-J5制御機能への対応

リニアトラック制御ユニット/モータードライバーは、MR-J5のサーボ制御で使用されるJ5サーボエンジンを搭載しており、MR-J5で培った各種制御機能を使用できる(表2)。キャリア軸(キャリア1台に対してキャリア軸1軸が割り当てられる)ごとにJ5サーボエンジンが割り当てられるため、キャリアごとに制御機能やゲインをそれぞれ設定可能である。装置アプリケーションに応じて設定することで、低振動・高精度なモーション制御が可能になり、装置の更なるタクトタイム向上を実現できる。例えば、任意のタイミングでゲインを切り替えることができる“ゲイン切替え機能”を使用することで、キャリア走行中でも状況に応じた最適ゲインを設定できる。また、キャリア上のワークの積み降ろしによって負荷質量比が変化するのに合わせてゲインを変更したり、キャリア停止間際にゲインを高めて整定時間を短縮したりすることも可能である。

表2-キャリア制御機能

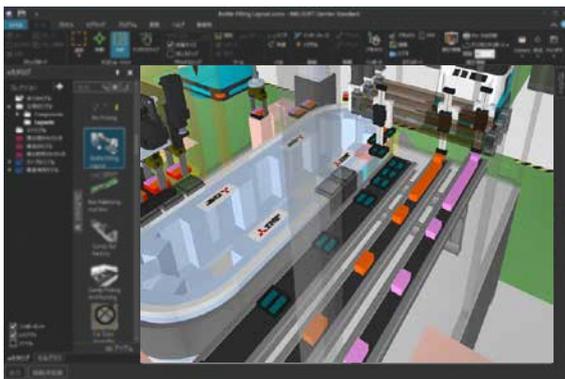
機能	効果
オートチューニング	キャリアに搭載される負荷が変化しても、最適なサーボゲインを自動的に調整
ゲイン切替え機能	任意タイミングでゲインを切替え
機械共振抑制フィルター	キャリアの共振を抑制
制振制御	キャリアに搭載したワークの振動を抑制
オーバーシュート抑制制御	停止時のオーバーシュートを抑制
スケールオフセット機能	キャリアごとのスケール取付誤差を補正

### 2.3 導入の容易化

MTR-Sシリーズは、次に述べる機能・構造によって導入の容易化を実現している。

#### 2.3.1 3Dシミュレーター“MELSOFT Gemini”連携

一般的に搬送システムは、各工程間搬送のサイクルタイムの余裕度や、各工程でのローダー・アンローダー・ロボットなどとの同期制御・物理干渉など、複雑な検討項目が多岐にわたる。3Dシミュレーター“MELSOFT Gemini”(図5(a))を使用することで、リニアトラックシステムを含む設備レイアウトや、タクトタイム、干渉チェックを実機レスで事前に確認できるため、設備設計工数を大きく削減可能である。



(a) MELSOFT Gemini連携



(b) 2Dキャリアモニター

図5-MELSOFT Gemini連携と2Dキャリアモニター

#### 2.3.2 リニアトラック設定ツール・2Dキャリアモニター

リニアトラックシステムのトラック・キャリア構成の設定を定義するためのシステム情報ファイルを直感的に作成するために、ビジュアル設定が可能な“リニアトラック設定ツール”を用意した。さらに、このリニアトラック設定ツールで作成したトラック・キャリア構成を用いて、実機レスかつ視覚的にキャリア運転プロファイルの確認を行える“2Dキャリアモニター機能”(図5(b))も搭載している。

#### 2.3.3 簡単モジュール据付け

複数のモジュールを連結して高精度なりニアトラックシステムを構築するためには、モジュール同士の位置調整やガイドレール継ぎ目の段差調整が必要になる。微調整を要する作業になるとモジュール据付けが難航し、装置の立ち上げが長期化するおそれもある。この課題を解決するため、モジュール側にピンを設けて隣接モジュールを容易に位置決めする構造とした。また、ガイドレール継ぎ目はボルト締結だけで段差が小さくなる新規構造を取り入れて、細かな調整作業を不要にした。これらの構造によって、ユーザーでも簡単にモジュールを据え付けることが可能になり、据付け工数の削減にも貢献する。

## 2.4 保守の容易化

MTR-Sシリーズは、次に述べる構造を採用し、保守の容易化を実現している。

### 2.4.1 高剛性ガイド・メタルローラー

直線部、曲線部のどちらでもガタつきがなく、滑らかにキャリアを周回させることができる新型の直曲メカニカル案内機構(ガイド)を採用した。ガイドレールと接触して摩擦しやすきキャリアのローラー部分にはプラスチックではなくメタルローラーを使用することで、高剛性と長寿命(50,000km)の両立を実現した。

### 2.4.2 潤滑装置

ガイドの性能を十分に発揮し、かつ長期間使用するためには、ローラーとガイドレールの間に油膜が形成される状態を保つ必要がある。ユーザーは定期的に潤滑油を給油する必要があるが、メンテナンスに手間がかかるため、給油頻度を減らしたいというニーズがある。そこでMTR-Sシリーズでは、キャリアのローラー部に潤滑装置を標準搭載し、適切な量の潤滑油をローラー経由で供給することによって、メンテナンス間隔の大幅な延長を可能にした。

### 2.4.3 機電分離構造

リニアトラックを構成するガイドモジュール・モーターモジュールのメカ部とモータードライバーの電気部は、ユーザーによる取り外しが可能である。もし電気部であるモータードライバーに異常が発生し、モータードライバーだけの交換が必要になる場合でも、組み上がったガイドモジュール・モーターモジュールを取り外すことなく、モータードライバーだけをリニアトラックから取り外して交換でき、装置のダウンタイムを大幅に削減可能である。

## 2.5 プログラミングの容易化

MTR-Sシリーズは、次に述べる機能によってプログラミングの容易化を実現している。

### 2.5.1 多軸位置決めデータ運転機能・キャリア通過バッファ

搬送システムでは、キャリアがあるプロセスポイント(図6左①)に到達すると、そのプロセスポイントをスタート地点として位置決め(演算)プロファイルを実行するような単一の運転パターンを、全てのキャリアが実行することが一般的である。このような運転パターンをキャリアごとに設定することはプログラミング量が多く、煩雑性が高くなるという課題がある。そこで、単一の運転パターンを全てのキャリアに適用させるための次の二つの機能を用意した。

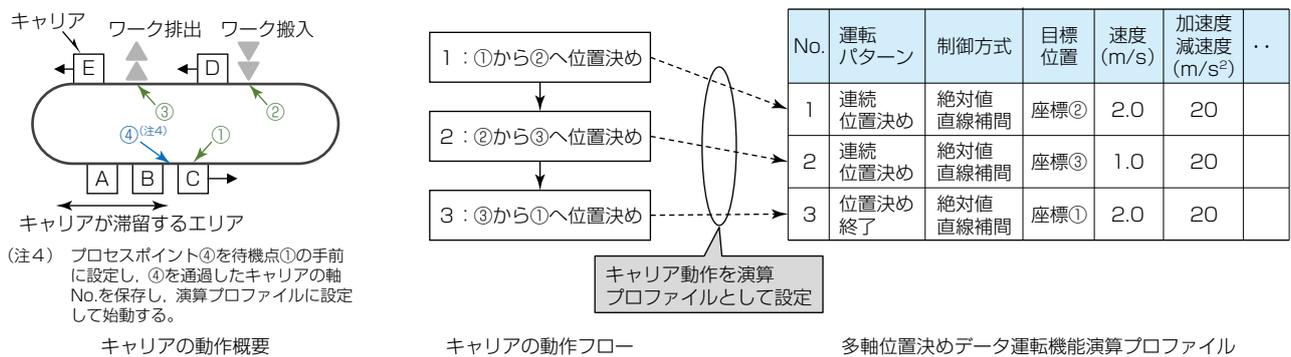


図6-多軸位置決めデータ運転機能・キャリア通過バッファの使用例

#### (1) 多軸位置決めデータ運転機能

キャリア運転パターン(図6左①→②→③)を一つの演算プロファイルとして設定し、その演算プロファイルを全てのキャリアに適用できる機能である。キャリアの経路を可視化でき、動作変更時は一つの演算プロファイルを変更するだけでよいため、プログラムの保守性が向上する。

(2) キャリア通過バッファ機能

プロセスポイント(パラメーターで指定したトラック上の任意座標(図6左④))を通過したキャリア軸No.を保存(バッファリング)する。保存したキャリア軸No.を、多軸位置決めデータ運転機能を始動するキャリア軸No.指定・トリガーに使うことで、キャリア軸No.を意識しないプログラミングが可能になる。

2.5.2 衝突回避機能

モーションユニットのリニアトラック制御用アドオンには“衝突回避機能”が備わっている。この衝突回避機能を使用することによって、キャリアの滞留が発生するエリア(図6左④)で、キャリアの衝突を防ぐための動作プログラムをユーザーが作成する必要がなくなる。

図7に衝突回避機能の動作例を示す。キャリアAの目標座標への位置決めが完了するまでの間に、指定間隔分前方にキャリアBが停止して存在する場合、指定間隔を空けてキャリアAも自動的に停止する。キャリアBが再加速した際には、キャリアAも再加速を行い、キャリアBに追従して走行することで、衝突を回避しつつ、キャリアAは目標座標への位置決め動作を遂行できる。

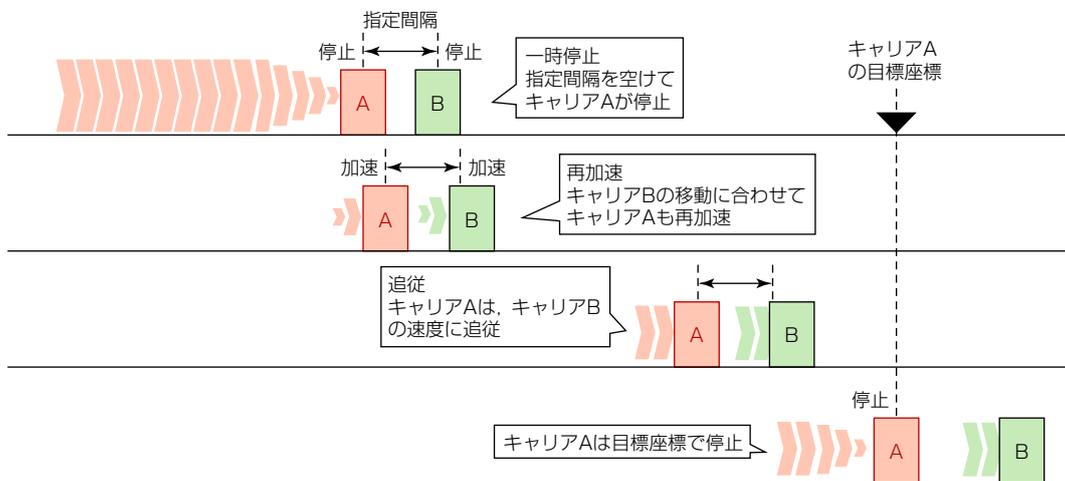


図7-衝突回避機能の動作例

3. む す び

今回開発したリニアトラックシステムMTR-Sシリーズの特長について述べた。生産性向上や変種変量生産への対応のニーズがますます高まっていく搬送システムに対して、リニアトラックシステムへの注目度は高まっていくと考えられる。今後もリニアトラックシステムを更に市場に浸透させるために、顧客の要求にスピード感を持って対応していく。