

大形コンベヤチェーン用継手リンク スクリューロックリンク®

Screw Lock Link
Connecting links for large size conveyor chains

阿部 勇志^{*1}
Yuji ABE

大形コンベヤチェーンはさまざまな負荷、環境で使用されることからドライブチェーンのようにピンと外プレートがスキマバメとなる継手リンクが無く、お客さまでのチェーン切継ぎ箇所においてもピンと外プレートがシマリバメとなる外リンクを使用している。そのためチェーンの切継ぎにはハンマーや油圧工具を使用する必要があり、多くの時間と労力が費やされている。そこで容易かつ安全なチェーンの切継ぎ作業を実現するために大形コンベヤチェーン用継手リンク（商品名：スクリューロックリンク）を開発した。

Large size conveyor chains are used under a variety of loads and in a variety of environments. To achieve this, they do not have connecting links where the pins and outer plates have a clearance fit like on drive chains, and instead use outer links where the pins and outer plates have a tight fit, even at the points where the chain is connected and disconnected by the customer. This makes it necessary to use a hammer or a hydraulic tool to connect or disconnect the chain, which requires a lot of time and effort. To solve this issue, we have developed a connecting link for large conveyor chains (product name: Screw Lock Link) which makes it possible to connect and disconnect a chain easily and safely.

1. はじめに

大形コンベヤチェーンはさまざまな負荷、環境で使用される。例えば製鉄所ではスラブ^{*1}やコイル材^{*2}などの重量物をチェーンの上に載せて搬送するためチェーンの上から大荷重がかかる。また、セメントや石炭のような粉体を搬送する場合にはチェーンが粉体の中に潜り込むことがある。さらに装置や搬送物の都合によってはチェーンのスラスト方向に負荷が作用する場合もある。

このようなさまざまな負荷や環境に耐える強度（引張強さ、疲れ強さ）を確保するために大形コンベヤチェーンではドライブチェーンのようにピンと外プレートがスキマバメとなる継手リンクが無く、お客さまでのチェーン切継ぎ箇所においてもピンと外プレートがシマリバメとなる外リンクを使用することとなっている。

一方でお客さまの目線に立てばチェーンの切継ぎを行う際にはハンマーや油圧工具を使用する必要があり、困難と危険を伴う作業となっていた。

今回、切継ぎ作業におけるこれらの課題を解決するために大形コンベヤチェーンにおいてもドライブチェーン

のように容易かつ安全にチェーンの切継ぎが行える継手リンクを開発することとした。

2. 従来品の課題

容易にチェーンの切継ぎが行える継手リンクを開発するにあたり従来品の構造とチェーン切継ぎにおける課題を確認する。

2.1 従来チェーンの構造

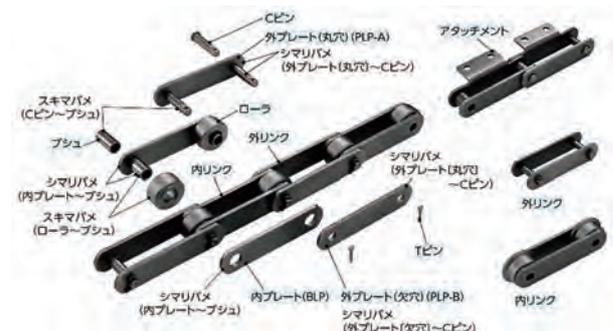


図 1. 大形コンベヤチェーンの構造

*1 チェーン事業部 製品技術部

大形コンベヤチェーンの基本的な構造を図1に示す。
 内リンクは内プレート、ローラ、ブシュより構成されており、内プレートとブシュの嵌め合いは、シマリバメとなっている。外リンクは外プレート、Cピン*³、Tピン*⁴より構成されており、外プレートとCピンの嵌め合いはシマリバメとなっている。

各プレートとブシュおよびCピンの嵌め合いをシマリバメとすることで大形コンベヤチェーンとして必要な強度を確保している。

2.2 課題

お客さまに大形コンベヤチェーンの切継ぎ作業における課題をヒアリングした結果、以下の課題が挙がってきた。

- ・作業に多大な時間がかかる。
- ・作業にノウハウを要するため、チェーン交換工事に慣れている作業員や工事業者でしか対応できない。
- ・作業スペースの都合で油圧工具を使えない。場合によってはハンマーも振れない場合がある。
- ・外プレートを圧入する際に位置調整が必要。場合によっては特殊な工具が必要となる。
- ・連結、分解を繰り返すと外プレートの穴が拡大し強度が低下する。
- ・ハンマーや油圧工具を使用するため危険を伴う。

またこれらの課題によるお客さまの損失としては以下が挙げられる。

- ・交換工事にかかる時間、費用の増大。
- ・チェーンの破断などで突発的にコンベヤが停止（生産ラインが停止）した場合、復旧するまで時間を要し、生産ロスが発生する。
- ・チェーン切継ぎ作業時の不備によりチェーンの強度低下や屈曲不良が発生し、これによりチェーンの早期交換を招く。
- ・怪我や事故を招くリスクがある。

3. 開発の取り組み

3.1 継手リンクが必要とする機能の検討

上記の課題より、開発する継手リンクが必要とする機能を以下とした。

- ・従来品へ組み込むことができる（互換性がある）。
- ・従来品より引張強さは低下しない。
- ・従来品より疲れ強さは低下しない。
- ・短時間で切継ぎ作業が行える。
- ・チェーン切継ぎには一般的な工具（市販の工具）で対応できる。

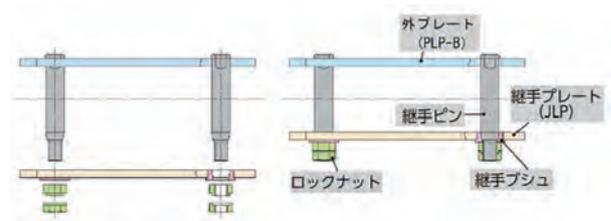


図2. スクリューロックリンクの構造

- ・チェーンの切継ぎを誰でもが容易・安全に行える（カンやコツ、熟練作業を必要としない）。
- ・連結、分解を繰り返しても強度が低下しない。

3.2 構造の検討

開発する継手リンクに必要な機能を満足する構造を検討し、図2に示す構造とした。

- ・継手ピンは先端にネジが切られており、またネジ部根元からテーパ形状となっている。
- ・従来品と互換性をを持たせるため継手ピンの胴部径は従来品のCピン径と同じとする。
- ・継手プレートの穴には継手ブシュが圧入されており、この継手ブシュの内径は継手ピンのテーパ部と対をなす形状となっている。
- ・チェーン連結時にはロックナットを締め込むだけで継手ピンと継手ブシュのテーパ部が密着し継手プレートが固定されチェーンの連結が完了する。
- ・ロックナットの締め込みは一般的なナットの締め込み用工具で対応できる。
- ・継手ピンと継手ブシュが密着するところで継手プレートが固定されるため継手プレートの位置調整は不要。
- ・チェーンを分解する時はロックナットを緩めて取り外せば継手プレートが分解できる。
- ・ロックナットは緩み止め効果の大きいハードロック*⁵ナットを採用。

3.3 強度評価試験

考案した構造の継手リンクが必要とする引張強さおよび疲れ強さを有しているか確認した。

3.3.1 引張強さ

標準サイズ相当の継手リンクを組み込んだチェーンにて破断試験を行い従来品の過去の破断試験結果と比較した。その結果、従来品と同等の引張強さであることが確認できた（図3参照）。また、継手リンクの破断形態はピンが切断した形となった（図4参照）。これは従来品でも現れる破断形態である。

これらの結果から、考案した継手リンクは従来品と同等の引張強さを有していることが確認できた。

3.3.2 疲れ強さ

標準サイズ相当の継手リンクを組み込んだチェーンにて疲労試験を行い従来品の過去の疲労試験結果と比較した。その結果、従来品と同等の疲れ強さであることが確認できた (図5 参照)。また疲労破壊は外プレートの欠穴の角部を起点としたものであった (図6 参照)。これは従来品でも見られる破壊形態であることと、外プレートは従来品と同じ部品を使用していることから、考案した継手リンクは従来品と同等の疲れ強さを有していることが確認できた。

3.3.3 設計の検証

特形品においても狙い通りの引張強さが出るか検証するため、最小引張強さ：599kN、狙いの破壊形態として継手ピンのネジ部の破壊による分解破断となるサンプルを設計、製作し引張試験を行った。その結果、引張強さ：636.0～636.5kN、破断形態は継手ピンのネジ部破壊、ナット脱落による分解破断という設計の狙い通りの試験結果が得られた (図7、図8 参照)。このことから特形品においても必要な引張強さを有した継手リンクが設計・製作できる状態にあることを実証できた。

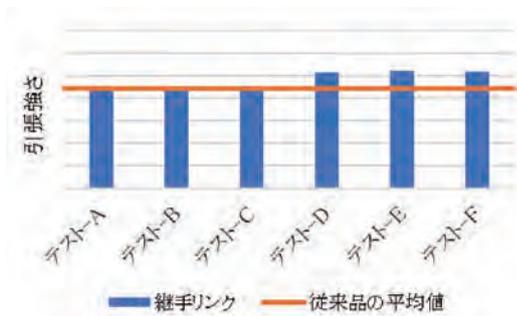


図3. 引張試験結果



図4. 引張試験後サンプル

4. 実機への導入

冒頭にも述べた通り大形コンベヤチェーンが使用される環境や条件、負荷はさまざまである。社内の試験設備では実機と同じ環境や負荷状態を再現することは難しく、社内試験だけでは実機での使用に耐えることができるか完全には検証ができない。そのため本継手リンクが実機に耐えるか見極めるためにはお客さまの装置で実際に継手リンクを使用していただき問題が起きないことを実証する必要があると考え、大形コンベヤチェーンが多く使用される製鉄、セメント、バイオマス発電の業界のお客さまに本継手リンクをテスト的に導入していただいた。その結果、実機でも問題なく使用できることを確認した (図9、図10、図11参照)。

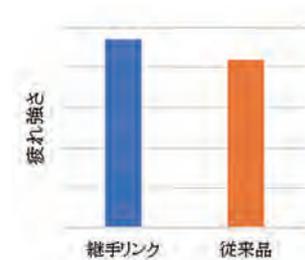


図5. 疲労試験結果



図6. 疲労試験後サンプル (反ロックナット側)



図7. 設計検証用 引張試験後のサンプル



図8. 図7の継手ピンのネジ部拡大



図9. セメント工場 バケツエレベータの事例



図10. バイオマス発電所 燃料掻き出しコンベヤの事例



図11. 製鉄所 フロー®コンベヤ使用済み品

5. 今後の展望

今回開発した継手リンクの構造ではサイドローラ付チェーンやオフセットリンクタイプのチェーンは対応できない。今後、サイドローラ付きチェーンやオフセットリンクタイプのチェーンでも容易かつ安全に切継ぎ作業が行える継手リンクの開発を進めていく。

6. おわりに

今回、お客さまからの「連結作業が困難である」という声を受け止め、それを解決するための商品を開発することができた。これまで当社の大形コンベヤチェーンにおけるお客さまへの訴求点としては長年にわたりさまざまなアプリケーションに対応しながら培ってきた長寿命化への提案力が主であったが、この継手リンクを開発したことで長寿命化とは異なった訴求点を有した商品をお客さまに提供することができるようになった。

今後も市場の声を真摯に受け止め、お客さまや社会の課題解決に貢献できる商品開発を進めていきたい。

用語解説

*** 1 スラブ**

巨大なかまぼこ板のような鋼塊。その後、圧延工程などを経て所定の大きさの鋼板やコイル材に仕上げられる。

*** 2 コイル材**

ロール状に巻かれた鋼板。

*** 3 Cピン**

コッターピンの略語。ピンの端部にTピンや割りピンを挿入するための穴があいている。

*** 4 Tピン**

T形状のピン。外プレートをCピンに圧入した後、Cピンの穴にTピンを挿入し、曲げることでCピンの抜け止めとする。基本的には外プレートとCピンはシマリバメであるためCピンが抜けることはないが、何らかの理由で嵌合力が低下したとしてもCピンが抜けることを防止する。ただしTピンの強度は高くないため恒久的な抜け止めとしての機能は期待できない。

*** 5 ハードロック**

ハードロック工業株式会社の登録商標。

リニソート®X (クロス)

LINISORT®X (CROSS)

高橋 慎吾^{*1}
Shingo TAKAHASHI

遠藤 洋介^{*1}
Yousuke ENDOU

檜崎 裕史^{*1}
Hiroshi NARAZAKI

昨今の物流業界が直面する課題は、人手不足をはじめ、Eコマース需要の拡大、働き方改革など、物流を取り巻く社会環境は劇的に変化している。そうしたことを踏まえ物流業界では、物流業務の自動化・機械化やデジタル化の推進を通じて物流の効率化を実現することを目指している。このような物流現場のニーズに応えるべく自動仕分け装置「リニソートX (クロス)」を開発した。

The social environment surrounding logistics is changing dramatically and the recent challenges facing the logistics industry include labor shortages, expanding demand for e-commerce, and reforms in the way people work. In light of these issues, the logistics industry is aiming to improve logistics efficiency through the promotion of automation and mechanization in logistics operations and through the promotion of digitalization. We developed the "LINISORT X" as automatic sorting equipment that meets the needs of such logistics workplaces.

1. はじめに

昨今ではEコマース需要が盛んになってきたことが要因となり、物流業界では人員の不足が深刻な問題となっている。その問題を解決すべく積極的に導入されているのが「物流倉庫の自動化」である。

以前までは物流業務と言えば、そのほとんどが人力で行われるのが一般的であった。しかし時代が進むにつれて機械化が進み、大量輸送が可能になり、近代においてはIT技術が普及したことで物流にも在庫管理などの管理業務に最新の技術が導入されるようになった。

日々技術が進化することで多くの物量でも滞りなく物流が運用されている。しかし、物量が増えるだけでなく商品の種類も増加する今、対応するためには多くの人員を必要とするだけでなく、日々の業務効率をさらに高める必要がある。

物流倉庫の自動化は、物流業界が抱える「人員不足」や「作業効率の改善」に役立つ方法のひとつで、そのなかでも物流の自動化を実現させるための方法として挙げられるのが「仕分けの自動化」で、自動仕分け装置の導入がポイントである。

2. 開発の狙い

物流倉庫においては図1のように作業工程が分かれる。特に人を介さず大量の荷物をさばく能力が必要な仕分け工程、出荷工程では自動化が欠かすことができない。

この工程で多く導入されている自動仕分け装置を「ソータ」と呼び、上流工程から送られてくる商品や荷物を店舗別、配送先別に高速で仕分けすることができる。

ソータには荷物を仕分ける仕組みによって種類があり、コンベヤに設けたシューが荷物を押し出して仕分けるスライドシュー式、連結されたトレー上の荷物を傾倒させ仕分けるチルトトレー式、連結されたベルトコンベヤで荷物を仕分けるクロスベルト式など複数の運搬形式があり、なかでもクロスベルト式は1時間に10,000個以上もの商品を仕分ける能力を持ち、小物や薄物、摩擦係数の高い袋物、1m近い大型の箱物まで幅広い商品を仕分けすることができる。またより多くの仕分け方面先設置などで、省スペースで柔軟なレイアウトが実現できる。

こうした機能を持ち、物流倉庫に省人化をもたらし倉庫の生産性向上に大きく貢献するリニソートX (クロス) の開発を行ったので機能や特長を以下に報告する。



図1. 物流倉庫の作業工程

* 1 マテハン事業部 技術・開発統括 開発部

3. 求められる製品仕様

リニソート X (クロス) の仕様を以下の通り設定した (表 1)。

表 1. リニソート X (クロス) の仕様

項目	内容
仕分け対象物	寸法：長さ 200 ~ 1,200mm 幅 80 ~ 800mm 高さ 10 ~ 800mm 質量：0.1 ~ 30kg ----- 小物、薄物、ダンボール
仕分け能力	12,000 個/時間
搬送速度	160m/min
カートピッチ	800mm
クロスベルト コンベヤサイズ	寸法：機長 1400mm、機幅 600mm
クロスベルト動力	モーターローラ
駆動方式	リニアモータ

4. システムの機能説明

4.1 システムの概要

リニソート X (クロス) のシステム構成は一般的に、搬送物を投入するインダクション、ソータ本体、仕分け方面先の間口であるシュートに分けられ、レイアウトとしては図 2 のようにループ形状である。インダクションから投入された搬送物はソータ本体であるカート上のコンベヤに移載され、所定のシュートでコンベヤを起動させ仕分けられる。またインダクションからカート上のコンベヤへ移載後、搬送物へ貼り付けられたバーコードを読み取るためのバーコードリーダーと、カート上のコンベヤへ搬送物の移載可否の判断をするための物検カメラを備えている。ソータ本体部分の詳細としては図 3 のように前後に連結されたカートがレール上を走行する構造となっている。

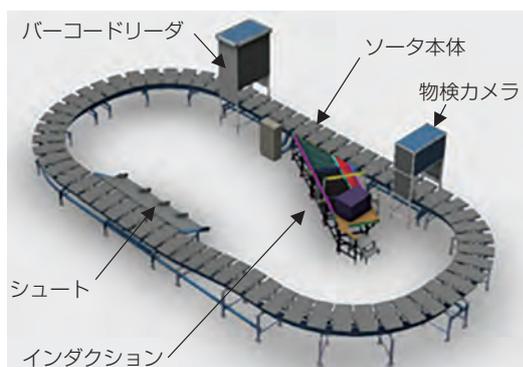


図 2. リニソート X (クロス) 機器構成

4.2 ソータ本体

4.2.1 レール

ソータ本体には、カートが走行するためのレールが敷設されている。材質は一般構造用鋼板で多階層にわたる 3次元レイアウトを想定し図 4 のように垂直曲りレール、スパイラルレール構造を採用した。

4.2.2 リニアモータ

レール内には図 5 のようにリニアモータがありカート下部に取付けられている二次導体に推力を与え連結されたカートが走行する。非接触駆動で摩擦による汚れがなく低騒音を実現し、複数台の分散駆動により万一 1 台故障しても運転可能である。

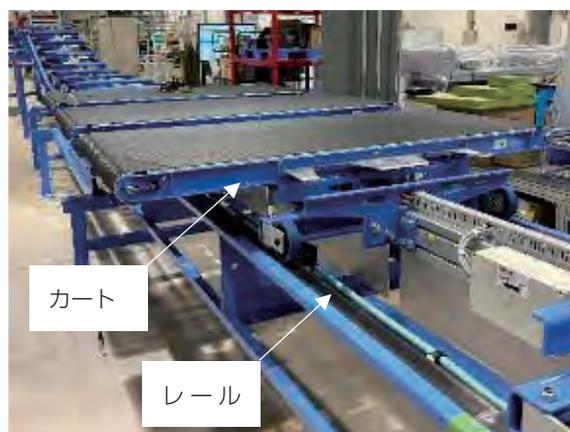


図 3. ソータの構造

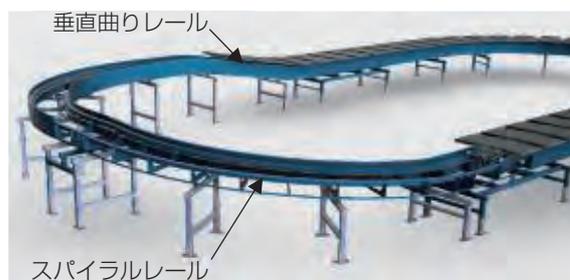


図 4. レールの構造

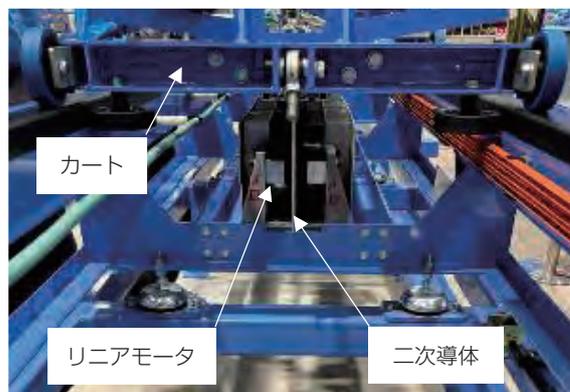


図 5. リニアモータの構造

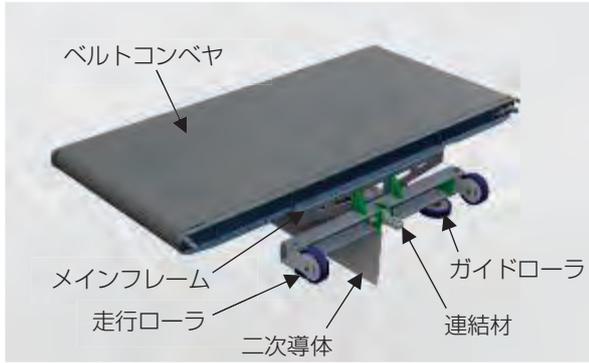


図 6. カートの構成 (上面)

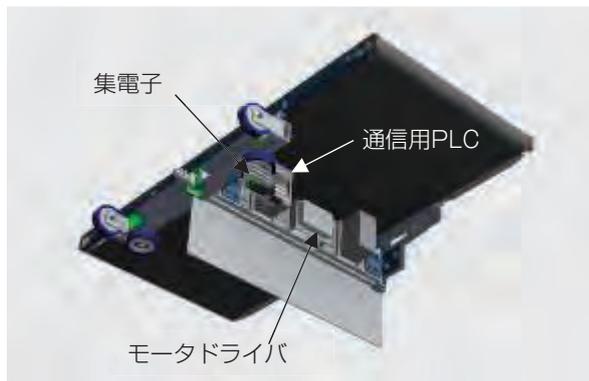


図 7. カートの構成 (下面)

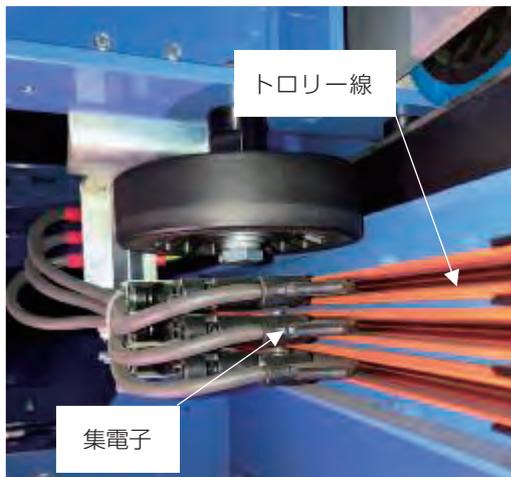


図 8. カートへの給電方式

4.2.3 カート

カートの構成は、図 6 のようにアルミニウム合金製メインフレームにレール上を走行する走行ローラとレール内での横ズレを防止するガイドローラ、搬送物を搭載、仕分けをするベルトコンベヤ、リニアモータの推力を受ける二次導体、カート同士を接続する連結材、カート上のコンベヤを制御するモータドライバから構成される。

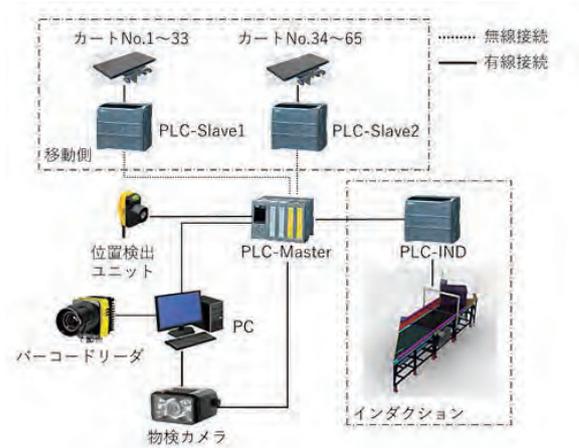


図 9. 制御システム構成図

なかには図 7 のように地上側 PLC (以下 PLC-Master とする) との通信用 PLC (以下 PLC-Slave とする) と、カート上のコンベヤへの電源供給用の集電子を搭載したカートがある。

4.2.4 カート給電方式

カート上のコンベヤを起動するためのコンベヤへの給電方式は図 8 のようにトロリー線から集電子を介し複数のコンベヤへ電源を供給する接触給電方式である。

高速運転でも給電が安定し、省スペースで垂直曲がり、水平曲がりのレール部でも施工が簡単である。

4.3 制御機器

4.3.1 制御システム構成

本システムは図 9 のように 4 つの PLC と PC、位置検出用光電センサ、バーコードリーダ、物検カメラから構成される。まず各 PLC の役割を述べる。

PLC-Master は地上側に設置されており、システム全体の統括を行っている。本 PLC は位置検出用光電センサ、PC、PLC-Slave と接続されている。光電センサからの信号を基に算出し得られるカートの位置情報と、PC から受信した情報を基に PLC-Slave に対しカートの動作指令を出す。

PLC-Slave はカート側に固定されており、カートと共に移動する。台数は 2 台であり制御するカートの範囲を分割している。PLC-Slave は PLC-Master からの指示を無線通信経路で受信し各カートのモータドライバへ動作指令を出す。PLC-IND は地上側に設置しており PLC-Master からの指令を受け搬送物をインダクションからカートへ投入する動作指令を実行する。

次に PC について述べる。PC はバーコードリーダと物検カメラに接続されており、バーコードリーダから得られる情報を基に下記①～②の処理を行う。処理結果は

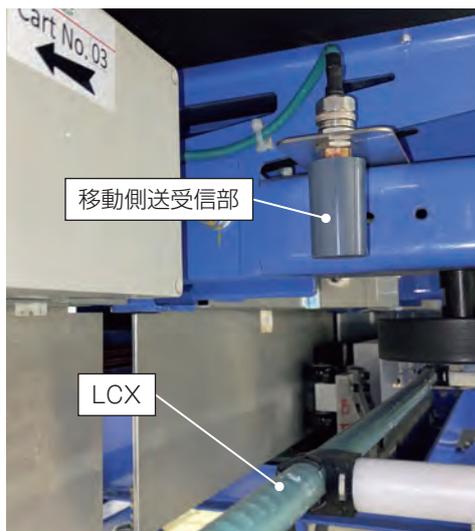


図10. 無線機アンテナ構成

PLC-Master へ送信する。

- ①バーコードリーダから得られるバーコード情報を基にワークの仕分け先の決定を行う。
- ②バーコードリーダはカメラ式であり①の読み取り時にカート上のワーク画像を撮影する。得られた画像情報を基に、センタリング機能（4.3.3項にて後述）におけるコンベヤ移動量を決定する。

物検カメラはカートが通過する度にカート上を撮影しワークの有無判定を行う。判定結果は PLC-Master へ送信される。

4.3.2 通信方式

本システムではカート上のコンベヤを駆動させる際、無線 LAN を介してモータドライバへ動作指令を行う。

無線通信に遅延が生じた場合、誤仕分けに繋がるため通信にはリアルタイム性が求められる。

本システムでは図10のように地上側無線機のアンテナ部に漏洩同軸ケーブル*¹（以下 LCX とする）を採用し、レールに沿い全周に設置してある。

LCX は微弱な電波を均一に放射できることが大きな特徴であり無線 LAN において遅延要因となる電波干渉、障害物による電波減衰を避けることができる。

通信方式は IPCF*²を採用しレール上の全ての位置で高い通信品質を担保し正確な仕分け動作を実現する。

4.3.3 センタリング機能

インダクションから移載された搬送物位置がカートの中心から大きくずれた場合、払い出しタイミングにずれが生じ誤仕分けの原因となる。

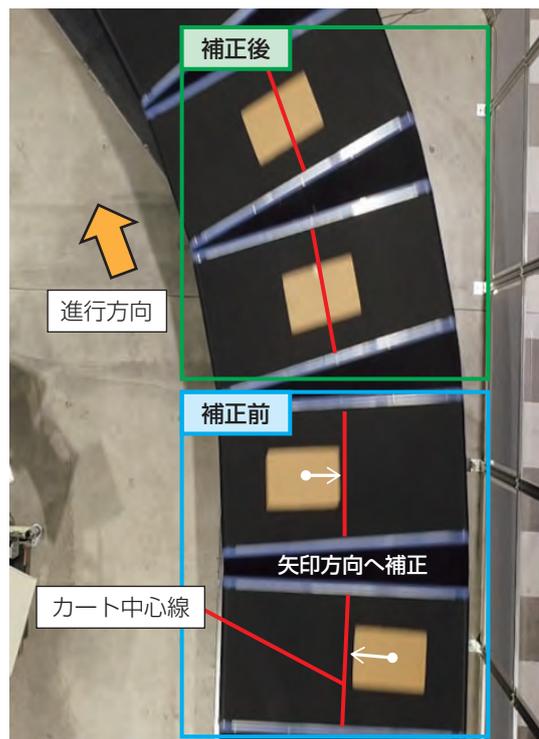


図11. センタリング動作前後比較

本システムではシュートへ搬送物を払い出す前に搬送物がカート中心位置になるよう事前に図11のように位置補正（以下、センタリング動作とする）を行う。

センタリング動作は、バーコードリーダのカメラにより取得される画像をもとにカート上のコンベヤを動作させ行う。コンベヤの移動量は搬送物のサイズおよび位置により決定され、7段階の粒度で補正が可能である。

4.3.4 カート位置検出

カート上のコンベヤの動作タイミングは PLC-Master が管理する各カートの位置情報をもとに決定される。本位置情報はレール上に設置された図12のように位置検出ユニットを用いて算出される。本ユニットはレール上に並んだ18個の光電センサから構成されている。各カートには図13のように遮光板が取り付けられてあり1台のカートが通過するごとに、17個のパルスカウント用光電センサ（以下エンコーダセンサとする）がソータ上流側から順に遮光される。

位置情報算出に関するタイムチャートを図14のように、パルスカウントのフローを図15のように示す。レール上のエンコーダセンサがカート上の遮光板により遮光され発生したパルス信号をカウントすることにより、本センサ上を通過中のカート No を特定できる。

最上流のセンサ（以下リセットセンサとする）は No.1 カートの通過時のみに反射板を検知し、上記カウント値

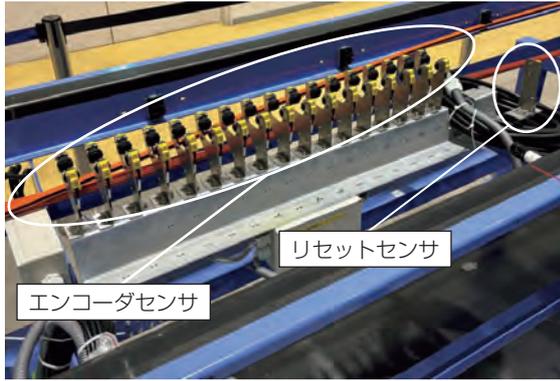


図12. 位置検出ユニット構成図

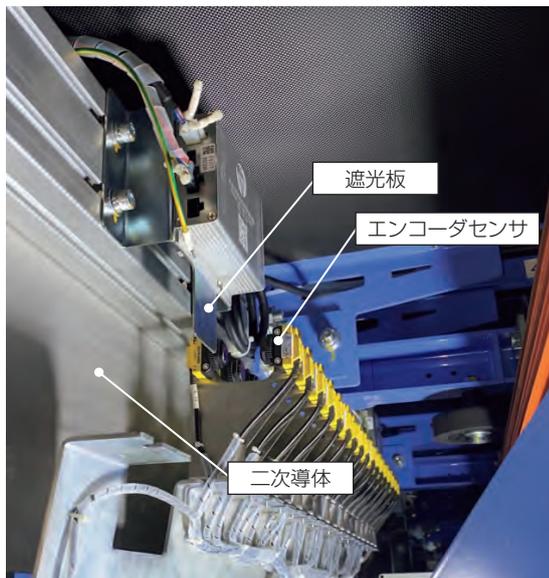


図13. 遮光板

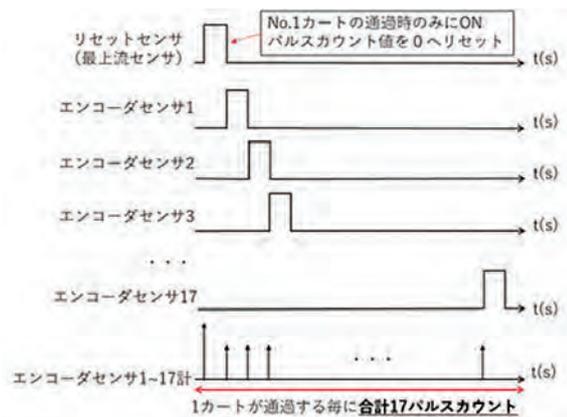


図14. 位置情報検出タイムチャート

をリセットする役割を果たす。本開発機においては全カート台数が65台のため No.65のカートの通過後、カウントがリセットされる。

本センサ情報をもとにソータ速度についても算出される。またソータ速度が一定になるよう PID 制御^{*3}を行う。

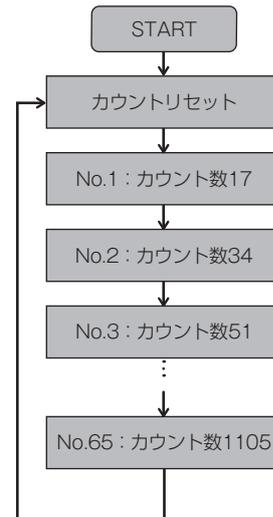


図15. パルスカウントのフローチャート

5. 今後の課題

5.1 メンテナンス性の向上

カート上のコンベヤへの電源供給をする集電装置の集電電子は金属製で走行距離に応じて摩耗が進行し、定期的な点検、交換が必要となってくる。

客先でのメンテナンス性やランニングコストを抑制する必要があるため、この給電方式を非接触給電方式や発電方式^{*4}へさらに改善をする。

5.2 設置場所の温度変化への対応

現状のレールの材質は一般構造用鋼板で線膨張係数 11.8 (1/°C) に対し、カートのメインフレームはアルミニウム合金製で線膨張係数 23.6 (1/°C) と 2 倍の違いがある。これは温度変化の激しい環境下では、ソータ機長が長くなるほど互いのループ周長が大きく異なることとなり、カート側の周長が伸びるとガイドローラがレールに干渉し走行の負荷が大きくなるので、レールをアルミニウム合金製にするか、周長の違いを吸収できる伸縮レール構造などの改善をする。

6. おわりに

物流業界が抱えるさまざまな課題に対し、社会環境は大きく変わろうとしている。

物流の効率化は急務で、そのなかでもお客さまのニーズの大きいクロスベルト式の自動仕分け装置を開発することができた。

今後はチルトトレイ式自動仕分け装置で培ったノウハウを生かしながら、残る課題を早期に解決しさらなる磨き上げをする。そして、市場ニーズにも迅速に対応し、これからも社会課題に貢献していく魅力ある新しい商品を作り続けていきたい。

用語解説

* 1 漏洩同軸ケーブル (LCX : Leakage Coaxial Cable)

ケーブルの外部導体に電波を漏らすための孔を設けた特殊構造の同軸ケーブルであり、無線通信のアンテナとして機能する。電波の届きにくい箇所に敷設することで、電波の不到達範囲を最小限に抑えることができる。LCXに近い範囲で高品質な通信を実現するシステムであり鉄道、高速道路などの移動体通信に多く用いられている。

* 2 IPCF

IEEE規格をベースにPROFINET無線通信のために開発された通信方式であり、移動局や産業用の連続通信に特化したアルゴリズムが組み込まれている。鉄道やAGVなどの無線通信に多くの実績がある。

* 3 PID制御

フィードバック制御の1種であり応答値と指令値の差(偏差)に対して指令値になるよう制御を行うことである。モータの速度制御、空調の温度制御など、さまざまな自動制御に用いられている。

* 4 発電方式

カートの走行ローラに発電機を設け、ローラの回転力から電力を設ける方法。