

# 高能力パレット搬送システム (NKK-PALS)

## Development of Pallet Sorter Warehousing System

吉永 陽一	基盤技術研究所	計測制御研究部	機械システムチーム	主任研究員
西名 慶晃	基盤技術研究所	計測制御研究部	機械システムチーム	主任研究員
榎枝 成治	基盤技術研究所	計測制御研究部	機械システムチーム	
石川 洋史	ソリューションエンジニアリングセンター	物流・流通システム部	グループマネージャー	
正田 憲昭	ソリューションエンジニアリングセンター	物流・流通システム部	統括スタッフ	
中川 英之	ソリューションエンジニアリングセンター	物流・流通システム部	統括スタッフ	

Youichi Yoshinaga  
Yoshiaki Nishina  
Seiji Enoeda  
Hirofumi Ishikawa  
Noriaki Shoda  
Hideyuki Nakagawa

高能力パレット搬送システム「パレットソータ (NKK-PALS)」を開発した。本システムは、複数の巡回式ローラの設定角度と周速差を利用したノンストップ分岐・合流機構を備えており、商品の載ったパレットを車のコーナリングのように直線での搬送スピードを落とすことなく、搬送方向を直角に旋回させ、分岐・合流が可能なシステムである。本システムは、自動倉庫の入出庫設備としてだけでなく、仕分けシステムとしても有効であり、多様な物流センターに適用できる。

*The “Pallet Sorter (NKK-PALS)”, a newly automated warehousing was developed. The pallet sorter is designed to handle pallets loaded with goods, turning them 90 degrees and separating or merging flows of pallets, while maintaining their linear high speed on the conveyor. With the pallet sorter as a core product, NKK intends to step up marketing efforts for its versatile logistics system products.*

### 1. はじめに

物流は、企業間、業界間にまたがる業務であり、原材料の調達から生産・販売へとつながる企業活動の基盤をなすものである。近年、社会の構造変化の中で多様化する物流ニーズに対応するため、物流センターや生産拠点の統廃合、ならびに集約化による物流の効率化の取り組みが進められている。このような動きの中で、中核拠点となる物流センターの保管設備は大規模化し、商品の保管量は増大する傾向にあり、同時に出入庫能力の向上が求められてきている。

従来の物流センターでは、商品を段積みしたパレットの自動倉庫への出入庫には、搬送台車やコンベヤが使われている。これらは、出入庫・仕分けラインに多数設けられている分岐・合流点では、一旦停止して別ルートに移載しなければならず、搬送効率が低下する。そのため、物流センターにおけるさまざまな機器の中でも、特に出入庫システムが全体の処理能力のボトルネックとなることが顕在化してきた。

当社では、このようなニーズにそった画期的な高能力パレット搬送システム「パレットソータ (NKK-PALS)」を開発し、三菱倉庫(株)大井冷蔵倉庫に初号システムを納入した。パレットソータは、従来システムと比較して高い出入庫処理能力を有することから、自動倉庫の出入庫設備としてだけでなく、仕分けシステムとしても有効であり、多

様な物流センターに適用可能であることから、業界で高い評価をいただいている。

本稿では、本開発システムの概要、運動解析シミュレーション技術の活用による機構検討結果、ならびにその適用例について述べる。

### 2. 開発システムの概要

#### 2.1 機構および実証試験装置の構成

パレットソータ実証試験装置の分岐・合流機構を **Photo 1** に示す。今回開発したパレットソータは、分岐・合流点に複数の小型ローラを組み込み、パレットの搬送方向に応じて、旋回角度と周速度を制御できる機構を備えている。複数の巡回ローラの設定角度と周速差を利用し、分岐・合流点でも車のコーナリングのように、直線での搬送スピードを落とすことなく、パレットの搬送方向を直角にさせることが可能である。旋回時の中心側に位置する巡回ローラの周速度を、外側に位置する巡回ローラに対して、十分遅くすることで、旋回時の搬送動作が安定するようにしている。また、旋回角度と周速度の設定により任意の角度での分岐・合流も可能である。

**Photo 2** に実証試験装置の全体構成を示す。実証試験装置は、自動倉庫への出入庫のためのコンベヤを模擬した分岐ラインと **6** 箇所の分岐・合流機構からなる。本実証試験装置を用いて、物流分野で用いられているプラスチックパレットおよび木製パレットでの巡回ローラの旋回角度およ

び周速度の旋回特性に及ぼす基礎特性評価を行い、制御パラメータの最適化をはかった。また、実操業を模擬した連続実証運転をとおして、長期の安定搬送特性および旋回特性評価を行い、設計データを構築した。



Photo 1 Separating or merging mechanism



Photo 2 Experimental system of pallet sorter

## 2.2 分岐・合流パターン

これまで述べてきたように、パレットソータの機構・動作原理は極めて単純なものであることから、モーターローラの旋回の組み合わせにより 3 種類で 6 機能の分岐・合流パターンが可能である (Fig.1)。

### (1) 分岐・合流 [機能 1・機能 2]

直線搬送からの分岐, または, 直線搬送への合流。自動倉庫の出入庫設備として使用する場合の最も一般的な構成。

### (2) T型分岐・合流 [機能 3・機能 4]

直線搬送から左右へ分岐, または, 左右から直線搬送へ合流。

### (3) 十字型分岐・合流 [機能 5・機能 6]

直線・左右の 3 方向分岐, または 3 方向からの合流。

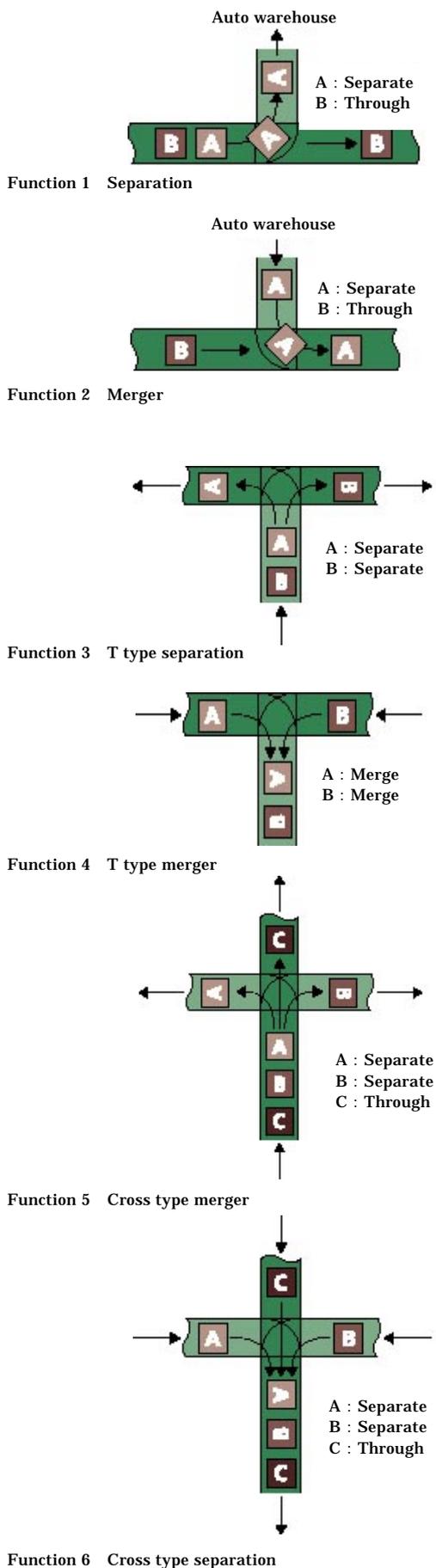
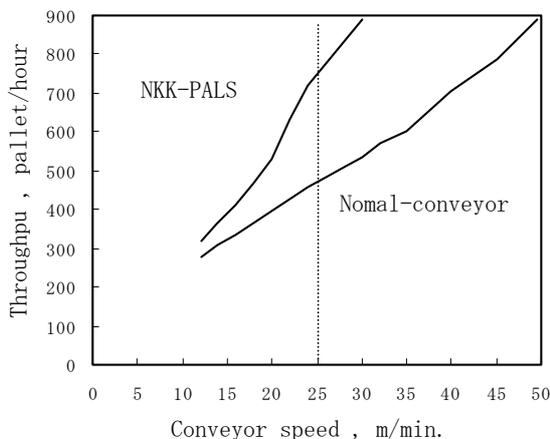


Fig.1 Layout pattern

### 2.3 搬送処理能力

パレットソータは、基本的にはローラコンベヤと同じである。したがって、その処理能力はコンベヤの断面通過量となる。コンベヤ搬送速度が速いほど搬送処理能力は多くなるが、コンベヤレイアウトや入出庫量の比率などにより搬送処理能力はかなり変化する。**Fig.2** は、パレットソータを一般的な自動倉庫の入出庫設備として使用した場合の搬送処理能力シミュレーション結果を示したものである。図中には、一般的なコンベヤ搬送である直交コンベヤの搬送処理能力も示した。コンベヤ搬送速度が **25m/min.** の場合、約 **750** パレット/時 (入庫パレット数: **375** パレット/時, 出庫パレット数: **375** パレット/時) の入出庫搬送処理能力となり、従来の直交コンベヤシステムの **1.5** 倍以上の能力があることが確認できる。この結果からも、分岐・合流点で一旦停止することなく搬送できることの特長が示されている。なお、シミュレーションの条件は以下のとおりである。

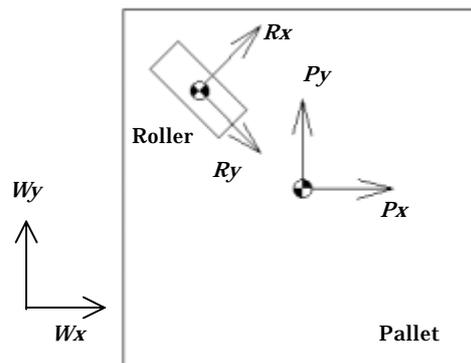
- (1) レイアウト ; ループ軌道
- (2) 自動倉庫基数 ; 10 基
- (3) 入出庫量比率 ; 1:1 での入出庫動作



**Fig.2 Simulation result**

### 3. 運動解析シミュレーション

パレットソータの商品開発段階において、パレットの旋回メカニズムを理論的に把握し、最適な構造を短時間で開発するために、運動解析シミュレーション技術を活用した。以下に示すように、搬送パレットと複数の駆動ローラとの接触条件を定義したマルチボディダイナミクスモデルを構築した (**Fig.3** 参照)。定義したマルチボディダイナミクスモデルにより、搬送パレットの荷重条件や旋回ローラの配置・旋回角度・周速度などをパラメータとして運動解析評価を行うことで、旋回ローラ配置や旋回制御方法の最適化に関する検討をコンピュータ画面上で行うことが可能である。



**Fig.3 Configuration of roller contact force**

$$F_x = \mu_x \cdot N \cdot f_x(P_{vx})$$

$$F_y = \mu_y \cdot N \cdot f_y(P_{vy})$$

$$Rv > Pvx \text{ のとき } f_x(P_{vx}) = 1$$

$$Rv \doteq Pvx \text{ のとき } f_x(P_{vx}) \doteq 0$$

$$Rv < Pvx \text{ のとき } f_x(P_{vx}) = -1$$

$$Pvy > 0 \text{ のとき } f_y(P_{vy}) = -1$$

$$Pvy \doteq 0 \text{ のとき } f_y(P_{vy}) \doteq 0$$

$$Pvy < 0 \text{ のとき } f_y(P_{vy}) = 1$$

$W_x, W_y$  : グローバル座標系

$P_x, P_y$  : パレットのローカル座標系

$R_x, R_y$  : 旋回ローラのローカル座標系

$P_{vx}$  : 旋回ローラローカル座標系の X 軸方向に換算した搬送パレットの速度成分

$P_{vy}$  : 旋回ローラローカル座標系の Y 軸方向に換算した搬送パレットの速度成分

$F_x$  : 旋回ローラの周回転方向に発生するローラ接触力

$F_y$  : 旋回ローラの回転軸方向に発生するローラ接触力

$\mu_x$  : 旋回ローラの転がり摩擦係数

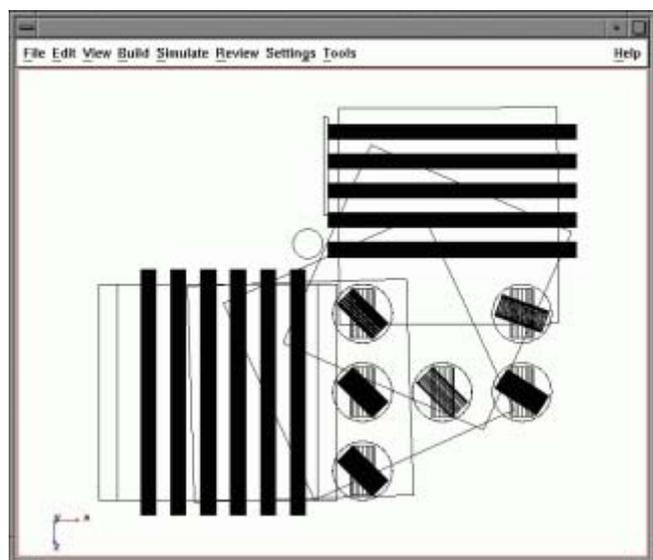
$\mu_y$  : 旋回ローラの横すべり摩擦係数

$Rv$  : 旋回ローラの周速度

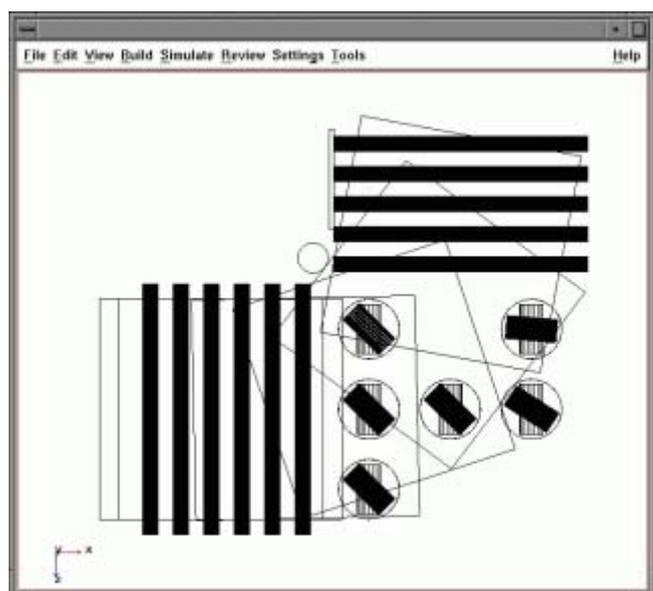
$N$  : 接触点に作用する搬送パレットの分布荷重

上記の  $f_x(P_{vx})$  および  $f_y(P_{vy})$  は、旋回ローラの周回転方向  $R_x$  に対する接触力  $F_x$ 、および旋回ローラの周回転方向  $R_x$  と鉛直方向  $R_y$  に対する接触力  $F_y$  の向きを判別するための関数であり、旋回ローラとの接触点におけるパレットの速度方向から求められる。たとえば、旋回ローラとの接触点における旋回ローラの周速度  $Rv$  とパレット速度差  $P_{vx}$  の大小関係に応じて接触力 (摩擦力) の方向が変化し、パレットの搬送速度がローラの設定周速度より小さい場合 ( $Rv > P_{vx}$ ) は、パレットの搬送速度を増速させる方向にローラ接触力  $F_x$  が働くことになる。

以上のように定義したマルチボディダイナミクスモデルを用いて解析した事例を紹介する。**Fig.4(a)**と**Fig.4(b)**は、荷重条件を空パレットとした場合に、回転時の中心側に位置する旋回ローラの周速度を変化させたときの運動解析結果を示したものである。**Fig.4(a)**は、回転時の中心側に位置する旋回ローラの周速度が適切なときのシミュレーション結果を示しており、**Fig.4(b)**は、回転時の中心側に位置する旋回ローラの周速度が不適切であるため、パレットの旋回性能が十分に得られていない結果を示している。



(a) Appropriate rotation speed

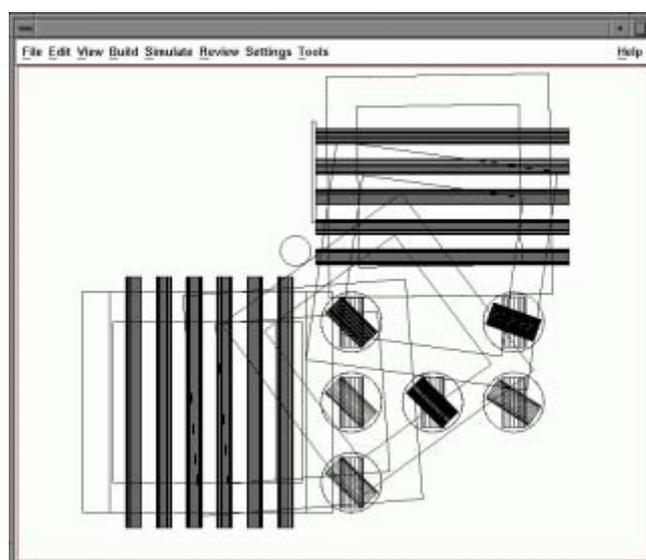


(b) Inappropriate rotation speed

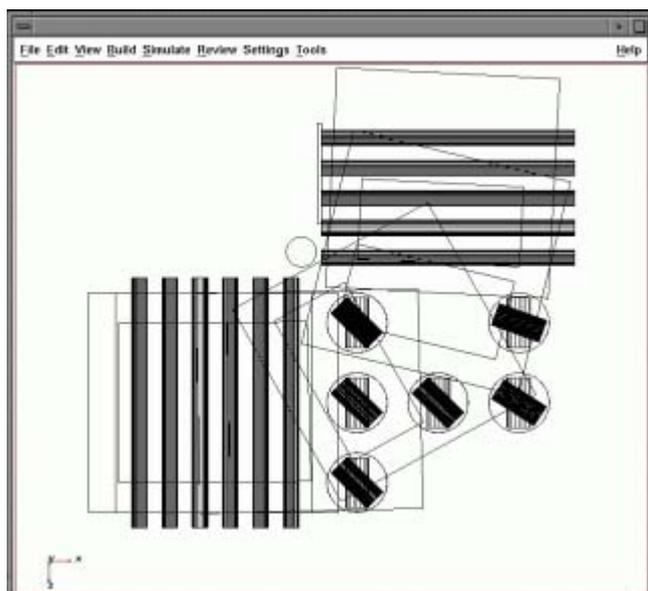
**Fig.4 Simulation result**

**Fig.5(a)**, **Fig.5(b)**は、各旋回ローラの配置・周速・角度などが適切な条件の場合に、搬送パレットの荷重条件を変化させたときの運動解析結果を示したものである。**Fig.5(a)**は最大荷重のときの結果を示しており、**Fig.5(b)**は偏荷重のときの結果を示している。いずれも、十分な旋回性能が得られていることが確認できる。

以上のような運動解析シミュレーションを通して、各種条件を変化させたときの旋回特性への影響評価を定量的に把握することで、旋回ローラ配置・旋回角度・周速度の最適化に関する開発検討期間を短縮化した。



(a) Full load

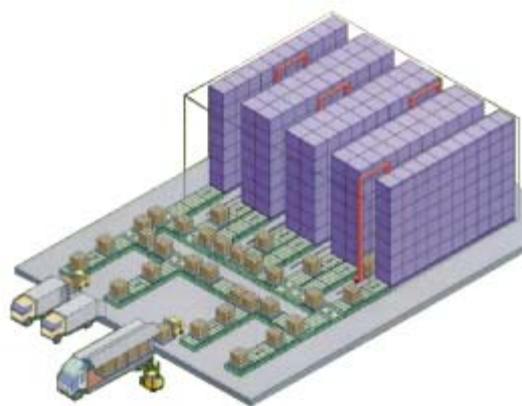


(b) Unbalanced load

**Fig.5 Simulation result**

#### 4. 適用例

パレットソータと自動倉庫を組み合わせた物流センターの適用例を **Fig.6** に示す。ツイスタックークレーンを 4 台備えた自動倉庫とパレットソータ入出荷システムを組み合わせることで、**400** パレット/時 以上の入出荷能力を有する、コンパクトで高能力の物流センターが実現できる。また、自動倉庫の入出庫設備への適用のほかに、仕分けシステムや垂直搬送機と組み合わせることで、入出庫能力の向上が可能であるとともに、フォークリフトなどの移動範囲を限定でき、安全性、作業改善にも有効である。



**Fig.6 Example of pallet sorter application**

パレットソータとピッキング設備を備えた流通倉庫向けのパレットソータピッキングシステムの適用例を **Photo 3** に示す。パレット自動倉庫の前面に、パレットソータとピッキング設備を配置することで、**1000** 品種以上の保管商品を出荷方面別に効率的な仕分け出荷が可能なシステムが実現されている。搬送パレットは、センサによりコンベヤ上での位置をトラッキング管理されている。必要な仕分け品を積載したパレットは、上位の運用コンピュータから指示されたピッキングステージに搬送される。仕分け情報が上位コンピュータよりピッキング端末に送信される。作業者は、ピッキング端末の情報に従い、仕分け作業を行う。



**Photo 3 Pallet sorter picking system**

#### 5. おわりに

今回開発した「パレットソータ (NKK-PALS)」は、自動倉庫の高速入出庫や多品種多量の仕分け機能が求められる仕分けシステムなど、物流センターに要求される機能に合わせて、自動倉庫や垂直搬送設備などと柔軟に組み合わせ、物流センターの運用の効率化を実現できるシステムである。

当社では、これまでも、物流システムの再構築のニーズを先取りして、「フェイスピッキング自動倉庫システム (NK-CAPS)」、「多層式高速自動仕分けシステム (NK-CATS)」などを開発、商品化してきたが、今後とも物流ソリューションの観点から、社会の新しいニーズに対応し、物流の高度化、効率化に貢献してゆけるように鋭意努力してゆきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 竹内ほか. “フェイスピッキング装置を組み込んだ物流システム”. NKK 技報. No.156, pp.39-43(1996).
- 2) 鈴木ほか. “全自動ケースハンドリングシステム”. NKK 技報. No.170, pp.82-87(2000).
- 3) 吉永ほか. “物流ネットワークの最適化システム”. NKK 技報. No.172, pp.52-57(2000).

<問い合わせ先>

ソリューションエンジニアリングセンター 物流・流通システム部

Tel. 045 (505) 7678 正田 憲昭

E-mail address : syodan@eng.tsurumi.nkk.co.jp