技術資料



Technical Paper

丸太運輸㈱東海物流センターにおけるコイル置場管理

井上哲男*, 松永和晴*

Coil Inventory Management in the Tokai Logistics Center, Maruta Transportat Co., Ltd.

Tetsuo Inoue and Yoshiharu Matsunaga

Synopsis

The tokai logistics center (Maruta Transport Co., Ltd.) is 20866 sqm site with 10000 sqm accommodation. One of the mainly warehoused items is coil. Before introduction of a new inventory system, operators needed to crawl under a pile of coils to check the bar-coded tags. The manner practiced there was unsafe and quite inefficient for the workers; in spite of the fact that automated transportation crane position management systems had been employed effectively at many other warehouses.

Now high-performance computers with a smooth three-dimensional displaying capability are readily available in the market and that is the main reason we created "The Maruta Tokai Warehouse Inventory Management System" to eradicate the above mentioned time-consuming and risky operations there.

In 2004, we completed the new system that showed warehouse situation to the crane operators in real-time.

Outline of the system, the method of warehouse management and principle of the crane navigation is described in this paper.

1. 緒 言

丸太運輸㈱東海物流センター(以下,東海物流センターという)は、愛知県東海市に位置し、敷地面積 20866 m², 倉庫面積 10000 m² の鋼材を保管する倉庫である。取り扱い製品は主として、線材製品(以下,コイルという)、棒鋼製品(以下,バーという)、平板製品がありその 80 % が大同特殊鋼㈱製品である。

東海物流センターでは、置場管理がシステム化されておらず、全て人間系により管理されていた。コイル置場運用としては、向け先別にあらかじめ決められた置場にコイルを置いているが、在庫量の増加に伴い決められた置場外に置くこともあった。そのため、出荷準備に伴う現品確認に関しては、置場のコイルに潜って付けられた荷札バーコードを照合チェックする必要があった。また、コイル径は約1500 mm であり、4段に積んで保管している。したがって、

潜り作業を行う位置は地上約5 m に達する場合がある.このことからコイル内に潜るという不安全作業が危険視されていた.また,このコイルの置場運用の方法は作業効率が非常に悪いため,作業者にとって大きな負担となっていた.

一方、置場を管理するシステムとしては、置場位置を固定した自動倉庫でのシステムと、置場位置が固定されていない倉庫において、クレーンの位置を検知することによる座標把握と、クレーンにかかる荷重を取得することによるコイルの吊り降し認識によってコイル搬送を認識するシステムがある。後者においては人間系で管理してきた倉庫にそのまま流用できる利点がある。

また昨今のパソコンは、処理速度が向上してきたことで、なめらかな 3D 画像を表示できるものが安価に利用できるようになった.

このような背景から, 東海物流センターにてコイル置場

におけるコイル内潜り作業による確認作業の撲滅を狙い, コイルの置場状況をリアルタイムにクレーン運転者へナ ビゲーションする「丸太東海倉庫置場管理システム」(以 下,本システムという)を2004年に完成した.

本論では本システムの概略, 置場管理にあたっての考え 方, クレーンナビゲーションについて述べる.

2. 東海物流センターにおける 従来のコイル業務

2. 1 コイルの入出荷業務の概要

(1) 置場管理の考え方

コイル置場は、向け先別に大まかに決められており、同一向け先のコイルが固まった置場となるように運用している。 (2) 入荷作業

コイルは、大同特殊鋼㈱の工場から東海物流センターへトラックにて搬入されてくる。入荷作業者は別送の入荷指示書とコイルに随伴している荷札バーコードとの照合チェックを行う。その際コイルに対し、向け先別に色テープを貼り、クレーン作業者からどの向け先のコイルかを判別できるようにしておく。クレーン作業者はその色テープを見て、向け先別の置場に搬入している。

(3) 出荷準備作業(配置替え作業)

事務所において出荷予定指示を作成するが、早ければ一週間前、遅くて2・3日前に決定する客先の納入指示を元に、出荷予定指示を行う。出荷予定指示がされると、まずは出荷指示コイルの現状位置を、置場に並べられたコイルに随伴している荷札バーコードを1つずつコイルに潜って照合チェックし、対象コイルを探す。照合チェックが終了すると手書きにて置場表を作成する。クレーン作業者がその置場表を見ながら実際のコイル搬送を行い、コイルの配置を変更し出荷対象コイルをまとめて出荷に備える。

(4) 出荷作業

事務所にて出荷日が正式に確定すると出荷指示書を作成する. 出荷指示書と出荷準備作業にて作成した置場表を参照し、置場のコイルに潜り出荷対象コイルの荷札バーコードの現品確認を行う. 現品確認ができるとクレーンにてトラックへの搬送を行う. トラックでは、荷札バーコードによる最終照合チェックを行い出荷される.

2.2 業務の課題

東海物流センターのコイル業務では、コイルが在庫状態にある間、異材の出荷を避けるため、何度も現品確認のためにコイルに潜って荷札バーコードの照合チェックを行っている。このことから挙げられる業務の課題を以下に述べる。

(1) 倉庫内作業能率の問題

東海物流センターのコイルは倉庫内のクレーンの動作 範囲内で横に最大 50 列まで, 奥行きは約 10 番まで並べら れる. また段積みの最大段数は 4 段である. これらすべて のコイルに対して現状位置把握の調査を行う必要があり, 倉庫運営を行う作業者のほぼ全員を動員して毎日約半分 の工数を使って確認作業を行っている. そのため, コイル 業務全体の能率が著しく低下し, 入出庫量の増加を妨げて いた.

(2) 不安全作業

東海物流センターで保管する対象コイルのサイズ径は $1200\sim1500~\rm mm$ である。最大 4 段に積まれると最上段で は高さが約 $5~\rm m$ に達する。また,潜る距離も最大で $9.5~\rm m$ になる列もあり,一番奥に置かれたコイルはこの距離を 潜って奥まで行く必要がある。これらのことから,コイル 潜り作業が不安全な作業であることが分かり,実際に事故 が発生したことはないが作業者の怪我が常に危惧されて いた。

3. システムの概要

3. 1 本システムの位置付け

東海物流センターにおけるコイルの置場を管理するために、本システムでは基幹系システムと連携しコイル情報および入荷情報・出荷情報をそれぞれ取込み、置場内に関しては、クレーン座標・吊り荷質量の自動検知によりコイル搬送を自動認識することで、コイルの位置把握を行い、作業者に対し常に最新の置場状況を提供する.

3.2 本システムの考え方

(1) 情報管理

本システムで管理する情報は、コイル情報・入荷情報・ 出荷情報である。コイルの情報については、質量・向け先 などを持ち、コイルの自動位置把握および置場状況を提供 する際に主に使用する。入荷情報・出荷情報に関してはコ イルの入荷時・出荷時の現品照合チェック時に使用する。

(2) 置場定義 (Fig.1)

東海物流センターの置場定義としては、東から A ヤード、B ヤード、C ヤード、D ヤードの順に区切られており、この内 B ヤードと C ヤードがコイルの置場であり、本システムの管理範囲である。また、コイルの置場範囲にも通常ゾーンと限定ゾーンが存在し、X・Y・Z の座標で管理するゾーンを通常ゾーン、X・Y のみの座標で管理するゾーンを限定ゾーンとしている。限定ゾーンでは、コイルの手動搬送が行われる。通常ゾーンにおける座標管理方法は、倉庫外の南東を座標基準点とし北方向を X 軸、西方

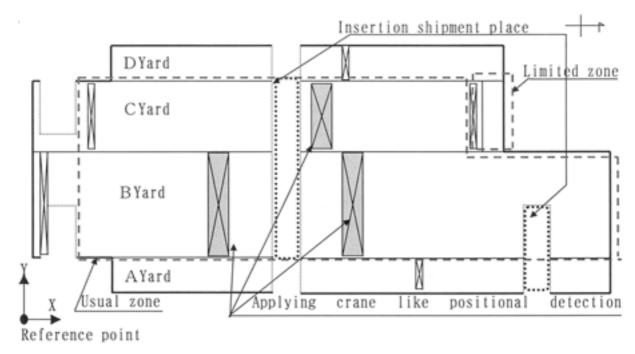


Fig.1. Warehouse chart.

向を Y 軸, 上方向を Z 軸の絶対座標として管理している. また, 絶対座標の X 軸を各ヤードの列という単位をつけ 50 列を上限としている. Y 軸は番という単位をつけ最大 30 番までを上限としている. Z 軸は単位を段とし, 4 段を上限としている.

(3) 荷定義 (Fig.2)

コイルに対して、荷定義を以下のように行った。まずコイル径を $1200 \sim 1500 \, \text{mm}$ とし、このサイズから外れるコイルに関しては、置場を別にしてマニュアル管理とする。 (4) 入荷から出荷の流れ

ここで東海物流センターの実際のコイルの流れと本シ ステムとの関わりを述べる.

まず始めに、工場から倉庫への搬送が確定した時点で、 東海物流センターに入荷予定指示が送られる。本システム では入荷予定指示を元にコイル情報を作成し、実際に入荷 されてくるコイルに対する情報準備を行う。工場からト ラックが到着すると搬送されてきたコイルに随伴してい る荷札バーコードを照合チェックすることにより、準備し ていたコイル情報とトラック上のコイルをリンクさせる。

トラック上および倉庫内におけるコイルの搬送には、クレーンを使用する.そのクレーン座標・吊り荷質量を自動検知することで、いくつのコイルがどの位置へ搬送されたかを把握し、コイルの置場認識を行う.クレーン作業者にはクレーン運転室の視点で描写した置場イメージ画面を提供している.出荷予定指示がされた際の情報も置場イ

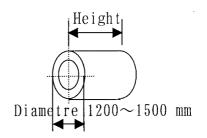


Fig.2. Definition of coil.

メージとして提供しており、クレーン作業者はその置場イメージの表示を元に出荷準備作業を行う.

出荷トラックが到着した時点で出荷作業が行われる.置場イメージをもとにクレーン作業者が置場からトラックへコイルを搬送する.出荷トラックではコイルに随伴している荷札バーコードと出荷指示情報の照合チェックをし、異材流出防止をしている.

4. 置場管理とクレーンナビ

4. 1 クレーン位置取得

本システムの対象となるクレーン設備は B ヤードに 2 台, C ヤードに 1 台設置されており, C フック (Fig.3) の 360 ℃旋回可能な吊り具を持ったクレーンである。今回これらのクレーンから自動位置検知するにあたって対象クレーン 1 台ごとにシーケンサ (以下, PLC という)を設置した。位置検知方法として当初レーザ測距装置を設置した。しかし、走行中の振動による測距データ値の誤りや太

陽光の干渉による測距データ値の誤りが発生した。また、 鳩がレーザ光を遮光することによる装置異常が頻繁に発 生したことから、測距装置を、ロータリーエンコーダ方式 に変更した。このロータリーエンコーダ方式では、クレー ンの走行・横行におけるレールのすべりによる誤差の積み 重ねが位置ずれの原因となるため、位置補正ストライカを 追加し、クレーンがストライカを通過する時に位置補正す ることで測距誤差に対応した。

また、クレーンにはロードセルを設置し、吊り荷の質量を取得することでコイルの吊り・降しを自動認識させた.

コイルの吊り・降し時に PLC から位置情報 (X, Y, Z 座標) と各クレーンにロードセルを設置し C フックにて吊り上げた質量を取得することによって, 本システムのサーバで管理されている置場情報と照らし合せながらコイルの搬送ガイダンスを提供している.

Fig.4 にクレーンがコイルを吊って搬送中の写真を示す.



Fig.3. Photograph of the crane hook.



Fig.4. Hanging work in the warehouse.

4. 2 クレーンナビの役割

クレーンナビは、クレーン運転室に設置したタッチパネル PC に画面表示している。そして LAN 回線で PLC と接続し、定周期(1 sec)にて位置情報(X, Y, Z 座標)を取得することによって画像の視点を変化させ、クレーン作業者がクレーン運転室の視点と近い視点で描写した置場風景の 3D 動画表示を提供した。以下にクレーンナビの機能の概要を述べる。

(1) コイルの識別表示

コイルには、出荷指示前・出荷指示済みなどの進捗状態があり、クレーンナビではこれらの進捗状態をコイルの色を分けて表示することでクレーン作業者が置場の全体状況を把握できるようにしている (Fig.5). さらにクレーンにてコイルを吊り上げた際に、クレーン搬送中コイルの色を変化させ、置場にある同じ向け先のコイルの色も同タイミングで変化させることにより、クレーン作業者の置場配置替え作業を支援している (Fig.6).

また,出荷予定日が確定したコイルに対しては,その向け先と予定日によって色分けされたマークがクレーンナビの表示コイルに付くことにより,クレーン作業者のその日の作業計画立案を支援している(Fig.5).

(2) コイル情報表示

クレーン作業者が表示コイルにタッチすると,クレーンナビはタッチされたコイルの情報をサーバ機から取得し画面に表示している(Fig.7). これによりクレーン作業者はクレーンの運転室にいながらコイルの情報を知ることができる. また,クレーンがコイルを吊り上げた際もサーバ機から吊り上げたコイルの情報を取得し,画面に表示するのでクレーン作業者は吊り上げたコイルが目的とするものか否かを判別することができる(Fig.6).

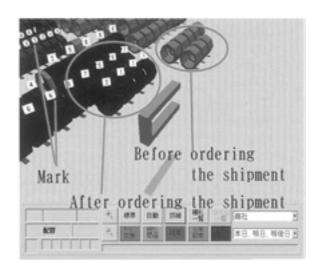


Fig.5. Coil identification display.

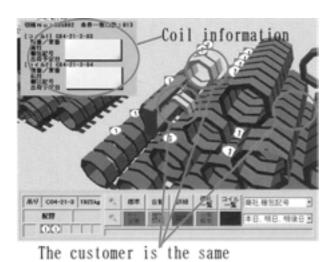


Fig.6. Coil display when transported.

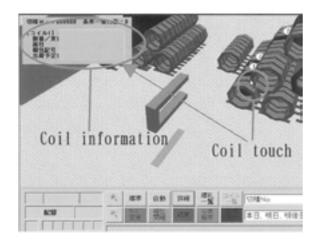


Fig.7. Touch panel display.

(3) 出荷作業時の情報提供 (Fig.8)

出荷作業の開始登録がされるとクレーンナビは、出荷対象コイルの色を変化させ、さらにコイルを点滅表示する. これによりクレーン作業者が間違いなく出荷対象コイルを搬送できるように支援している.

(4) 作業中情報の提供 (Fig.8)

クレーンナビは、入荷中・出荷中・配替中(配置替え作業中)という現在の作業名および作業支援情報を画面左下に表示しクレーン作業者の誤作業を防止している.

4.3 置場座標アルゴリズム

東海物流センターでは、Fig.9 の写真に示すように倉庫置場にコイルを積んでいる。各コイルの位置を正確に把握するために、ゾーン基準値と列基準値を持つ。ゾーン基準値は、実測した隅点の最小 X 座標値、最小 Y 座標値、最大 X 座標値、最大 Y 座標値と、Y 軸の方向、通常ゾーンか限定ゾーンかの種別、列数および列単位の X 座標範囲を持つ。列基準値は、各列ごとの基点 X 座標値および、奇数段・偶数段の種別と、奇数段においては 1・3 段目の境界 Z 座標値、偶数段においては 2・4 段目の境界 Z 座標値を持つ。これらとクレーンより取得した X、Y、Z の各座標値により置場番地を以下のアルゴリズムにて算出し、クレーン作業者へ置場イメージを提供している。

(1) ゾーンの算出

まず前述したゾーン基準値を線形検索し,以下の2条件を満たすゾーンがどこかを判断をする.① X が最小 X 座標値以上,最大 X 座標値未満,② Y が最小 Y 座標値以上,最大 Y 座標値未満.この条件の判定によりゾーンが特定できた場合は,通常ゾーンか,限定ゾーンかの判断を行

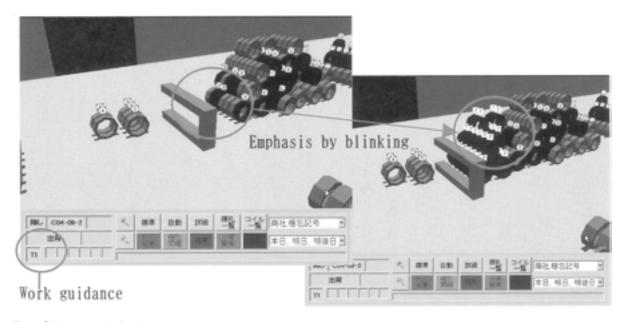


Fig.8. Shipment work display.

う.この際,限定ゾーンであった場合はそのまま置場情報 を更新して,置場イメージの提供を行う.

(2) 列の算出

通常ゾーンであった場合は、取得した X で列基準値の基点 X 座標値を検索して近似列を求め、ゾーン基準値の列単位の X 座標範囲以内かどうかを判定して列を決定する.

(3) 段の算出

列が決定するとその列基準値から奇数段か,偶数段かの種別がわかり,種別ごとの境界 Z 座標値と取得した Z の比較により段を算出する. (Fig.9)



Fig.9. Place scenery photograph.

4. 4 OpenGL について

クレーンナビにて表示する置場イメージを 3D 動画表示する手段として OpenGL を使用した¹⁾. それによりクレーン作業者の視点により近い視点で描写した置場風景の 3D 動画表示を実現した.

OpenGL とはオペレーティングシステムを特定しない、ソフトウェアインターフェイスなので極めて移植性が高く、多くのシステムで利用することができる利点がある。OpenGL では 3D グラフィックスの表示に必要な多くのコマンドを提供されており、これらを呼び出せば、プラットフォーム固有のサービスを使わずにプログラムできるため、プログラム言語から OpenGL を呼び出せば、グラフィックス処理は極めてオープンになる。Microsoft 社では、Windows NT Ver.3.5 から、この OpenGL がカーネルの一部として組み込まれ、アプリケーションから利用することが可能になった。

OpenGL では、ワールド座標系の 3 次元モデルをスクリーン座標系の 2 次元映像として描画するために、①モデリング変換→②ビューイング変換→③投影変換→④ビューポート変換のプロセスによって座標変換が行われている。各座標変換で行われる処理内容は、以下に述べる(Fig.10).

① モデリング変換:

3次元 CG では、まず描画すべきモデルを計算機内に構築する必要がある。モデリング変換では、ワールド座標系の中で3次元図形の移動、回転、拡大、縮小などを行い、描画モデルの生成を行う。

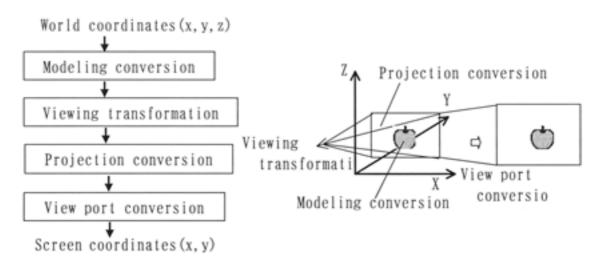


Fig.10. Mechanism of geometric transformation.

② ビューイング変換:

OpenGL では、視線を原点に置き -Z 軸方向に向けた状態が初期状態になっている. ビューイング変換では、ワールド座標系の中で設定された視点位置から見た映像を得るための座標変換を行う.

③ 投影変換:

ワールド座標系で表現された3次元モデルを2次元のスクリーン座標系に投影するための座標変換を行うのが投影変換である。特に VB^2) のプログラムでは、投影線が一点に集まる透視投影変換が行われる。

④ ビューポート変換:

投影面に投影された2次元映像を,スクリーン座標系で 表されたウインドウ上の指定領域であるビューポート内 に表示するための変換を行う.

5. システム導入の効果

本システム導入により、開発当初に目標としていた効果 は達成することができた. その内容を述べる.

定量的には、クレーンによる位置検知機能とナビゲーション機能によって、置場内のコイル位置が完全に把握できた。その結果コイル内への潜り作業が大幅に削減され、倉庫内の全体作業者人数を8人から6人へ省力を行うことができた。

また、コイル業務の効率を3割向上することができ、それによって入出庫量の総量が月間約1万2千tから1万5千tへ増加した。

定性効果としては、コイル内の潜り作業が大幅に削減されたことにより、倉庫内作業者がより安全に作業できる環境を作ることに、貢献することができた.

6. 結 言

東海物流センターにおいて、クレーンに自動位置検知機能をつけ、置場イメージのナビゲーション機能によって置場状況の確認を行うことができるようになったことで、コイル業務が大幅に改善された。今後は、今回の開発では範囲外として対象にしなかった、一部のコイルおよびバーなどの東海物流センター取り扱い製品を本システムの管理対象として取り入れていけるように提案していきたい。

一方, OpenGL の技術を活用した 3D による置場イメージのナビゲーション機能においては, 今回開発したことで倉庫運用を行う企業ユーザーにとっては非常に興味深い機能であり, ニーズが高い機能であることがわかった. 今後はこの技術のノウハウを高め, より多くのユーザーへ展開できるように考えていきたい.

(文献)

- 1) OpenGL: Silicon Graphics 社の登録商標.
- 2) VB: Microsoft社によって開発されたプログラミング言語.