

動体位置管理システムの開発と運用検証

植野 孝弘* 関根 秀弥*

要 旨

本開発は、建物の内部で移動する動体（人やフォークリフト）の位置情報を取得し、建物の中での活動に位置情報を利用したシステムを構築し、建物を建てる本来の目的である人の生産活動や利便性、安全の確保等を向上させ、建物の利用価値を高めることを基本理念として行った。

現在、屋外では人工衛星を利用したカーナビや携帯電話を介した地図情報により、道案内や児童の所在位置確認等に利用できるシステムが開発され、人々の生活に幅広い便益がもたらされている。一方で、建物内部では電波が遮断されることにより、それらのシステムが利用できない状況にある。そこで、屋内天井と移動体に設置した受信機から発信される超音波と赤外線を利用した位置情報取得システムと、得られた位置情報を3Dシミュレータにリアルタイムに反映することにより、工場や物流センターで①今まで多大な労力や費用のかかった調査を簡便に行い②計画改善をシミュレーションし③建物内の運用面で位置情報を活用するシステム構築を行った。これにより、①調査②計画③運用改善の事業サイクルをひとつのシステムで行えることとなる。

1 はじめに

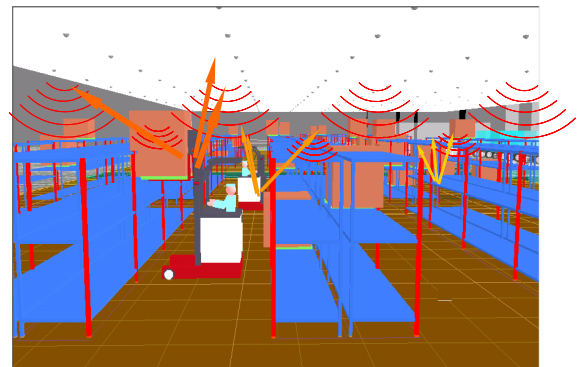
倉庫、物流センターおよび工場等を建設する顧客の要望は、主として作業効率をいかに高め、生産能力を上げるかであり、それらを実現することの可能な施設の建設やリニューアルが投資の動機となっている。このような背景のもと、顧客満足を達成するためには建物の計画・建設に加え運用面まで視野に入れたエンジニアリング的提案が必要とされている。

2 動体位置管理システムの概要

2.1 動体位置管理システムとは

動体位置管理システムとは、図—1に示すように動体に取り付けた発信機から超音波を最短 0.5 秒ピッチで発信し、建物の天井面に配置された受信機で感知し、瞬時に音波の到達時間の差を距離情報に換算し三点測量により誤差 30cm 以内の精度でXYZ座標に置換するものである。一定間隔で設置された天井の受信機からは赤外線が照射されており、そのエリアに入った移動体はその赤外線を感知して超音波を発信する。

取得された位置情報は、3Dシミュレータ(Ralc:エイ・アイサービス)上で立体的に表現することができ、シミュレータ上にあらかじめモデリングした3D建物上に、ほぼリアルタイムに動体位置を3DのCGで立体的に表現することができる。



図—1 動体位置管理システムの基本イメージ

2.2 動体位置管理システムの使用機器

本システムで採用した位置情報取得機器は以下の通りである。

機器名 S-IDシステム

超音波と赤外線による3次元位置測量機器

使用制限 発信機 30 台まで

受信機階高5m程度で約 25 m²に一台設置

超音波の発生する環境での使用不可

位置データ取得ピッチ

最短 0.5 秒ピッチ最大 3 秒ピッチ

受信機台数により増加

*本社 建築エンジニアリング部

2.3 動体位置管理システムの応用

本動体位置管理システムを応用した「物流調査システム」と「簡易 WMS (Warehouse Management System)」を説明する。

1) 物流調査システムの概要

物流調査システムでは、動体位置管理システムで取得した屋内の移動体の位置情報を直接、ログデータとして数値データで取得し、以下の分析および出力を可能としている。

- ① 移動軌跡の一括、分割表示
- ② 滞在時間体積表示
- ③ 3D動画によるリピート再生、早回し再生
- ④ 分析結果の数値データ出力

2) 簡易WMSの概要

簡易WMSでは動体位置管理システムの移動体の位置情報を利用し、倉庫運用をサポートする。システム概要は以下の通りである。

- ① フォークリフトに取付けたパレットセンサー、無線端末、バーコードリーダーによる商品移動情報の自動表示機能。
- ② 管理画面上での屋内作業状況表示機能。
- ③ 荷物の情報と荷物の位置情報のコンピュータサーバ内でのリンク機能。
- ④ サーバ内に蓄積されたパレット位置情報と商品情報から、パレット毎の位置情報に基づく商品移動情報の自動表示(案内)機能。

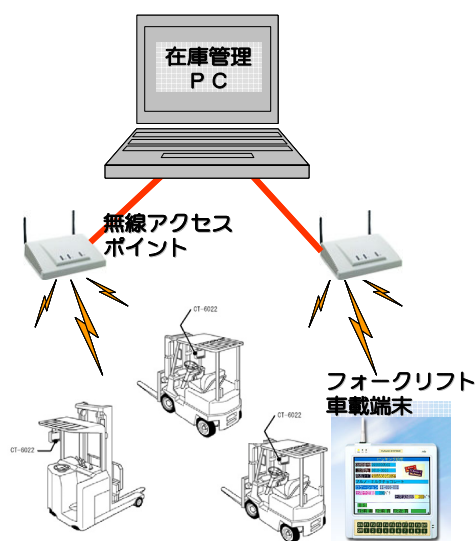


図-2 簡易WMS イメージ図

図-2に簡易WMSのイメージ図を示す。動体位置管理システムの基本機器に加え、上記の無線端末とハンディースキャナをフォークリフトに設置し、商品情報と動体位置管理システムから得られる位置情報をリンクさせ、パレットの位置と生産情報や運用情報のリンクを行う。これらの位置情報と商品情報のリンクにより、あらかじめ決められた作業ルートやコンピュータ内で計算された効率的な運用を刻時変わる作業状況に反映させ、無線端末を介して作業者を支援するシステムで、管理者は刻時変わる作業状況を離れた場所で確認することが出来る。

3 物流調査システムの運用試験

3.1 試験目的

試験室環境では、位置データの取得、リアルタイムでの3D動画表示、取得データのログ解析など、計測対象物の移動履歴取得による動線調査が可能であることは確認済みであった。しかし、本システムの適用対象である物流現場は試験室環境に比べ、下記のような外乱要因が予想されるため、実際の物流現場にて計測を行い、システムの有用性の確認を行うこととした。

- ① 受信機設置距離と受信可能範囲の検証
- ② 複数の作業が同時に行われる際のノイズの発生
- ③ 物流機器特有の形状の問題

3.2 試験方法

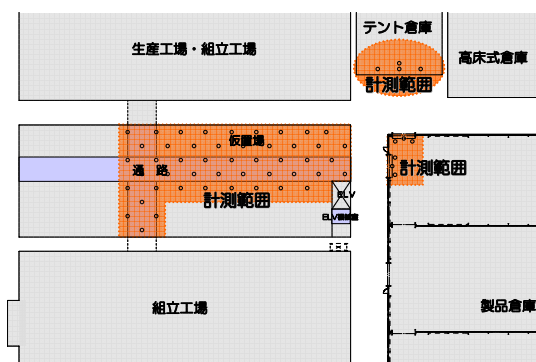
実際に稼働している製造工場内の倉庫において試験調査を実施した。調査内容については、工場管理者にヒアリングを実施し、決定した。工場は24時間稼働を行っており、深夜の稼働状況が把握し難く、下記2点の懸念事項について調査を行った。

- ① フォークリフトによる荷役作業状況
- ② 実際に必要とされている保管スペースの確認

調査対象倉庫は、製造ラインと併設されており、製造ラインよりの製品および半製品がパレット単位で一時保管されている。また、パレットの入出荷は複数のフォークリフトにより行われており、一時保管エリアに置かれているパレット量は、入出荷が行われることにより常に変動している。

3.3 調査範囲

調査対象エリアは、図-3に示すように、倉庫内にて一時保管作業が行われているパレット保管スペースおよび、フォークリフト通路部分の約710㎡とし、階高4m程度の倉庫天井部分に計測受信機を約3.5m間隔で58台設置した。



図—3 調査範囲

3.3 試験結果

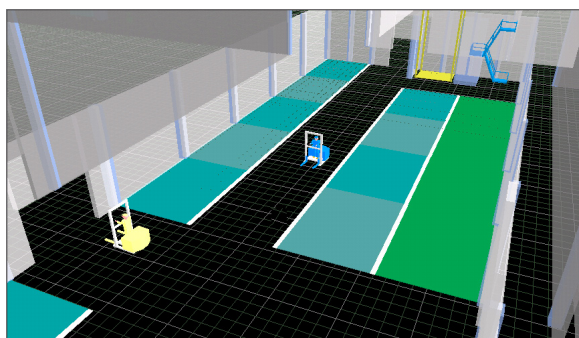
1) システム検証結果

実地試験を行った工場内のエリアで、実際に発生した誤作動要因は主として以下の通りであった。

- ① 金属の打撃による超音波ノイズ
- ② 荷物の影になった場合の赤外線取得不足による同期の不一致
- ③ 不具合照明機器(点滅状態)から発生した超音波以上により、位置情報がスキップする現象が発生した。

対応として、ソフト制御による不良データのフィルタリング機能の強化を行うことにより、正常なデータ取得が可能な状態となった。

また調査では、24時間以上の計測を行い、膨大なデータを処理し蓄積するため、コンピュータ自体への負荷も懸念されたが、問題なく稼動することが確認された。



図—4 調査状況3D表示画面

2) 調査結果

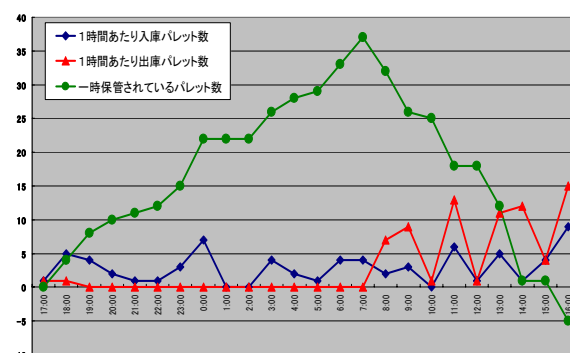
本システムでは、図—4に示す通り、取得したデータを仮想立体建物内に3D表示し、管理が困難な夜間作業などの状況を再生することが可能である。工場長や作業管理者に取得したデータを早回し再生にて提示した結果、以下の感想が得られた。

- ① 夜間作業のフォークリフトの稼働率が比較的小さく、思ったよりもフォークの作業負荷が小さいこと。

- ② 早朝や作業終了前にフォーク作業が集中しており作業場が混雑していること。
- ③ 夜間作業により、早朝には仮置き場が一杯となり、生産量が増えた場合何らかの対応が必要であること。

実際の作業がアニメーションで分かりやすく表現されることで、工場管理者は現場の運用状況を正確に把握することができた。

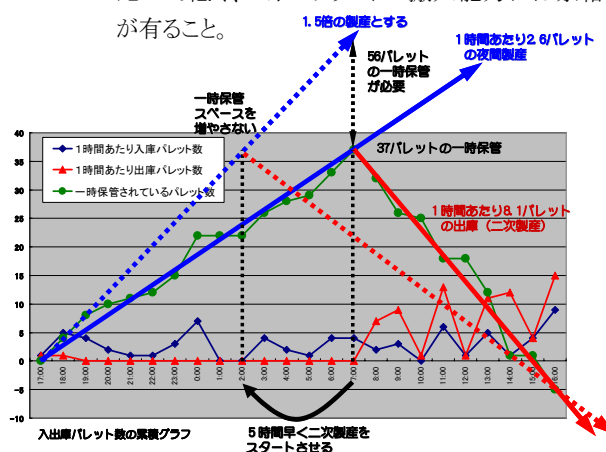
一方で、我々は現場の運用状況のモニタリングで得られたデータを分析することにより、場内物流の観点からより上流的確な提案ができることとなる。



図—5 仮置場へのパレット蓄積グラフ

図—5に仮置場へのパレット蓄積グラフを示す。このグラフの分析により以下の点が明らかになった。

- ① 仮置場への蓄積が早朝37パレットで限界に近いこと。
- ② 夜間の仮置場への搬入作業はMAXの搬入量に比べて低く、フォークリフトの搬入能力には余裕が有ること。



図—6 仮置場へのパレット蓄積グラフのモデル化

図—6、図—7により、将来の生産量が増加した場合の対応を建物増築で行った場合と人的作業により賄った場合の比較を予測することができる。

- ① 生産量が1.5倍に増えた場合、約56パレット分の仮置場が必要となり、工場内に現在との差分19パレット分の仮置場を必要とする。
- ② 上記の仮置場を増やせない場合、仮置場から製品置場への出荷作業を5時間早く開始することで現在の仮置場面積での運用が可能となる。

以上の結果を、施設整備投資と人的資源への投資の観点から比較すると、簡易的に建物投資に対する償却可能年数が略算される。(図-7参照)

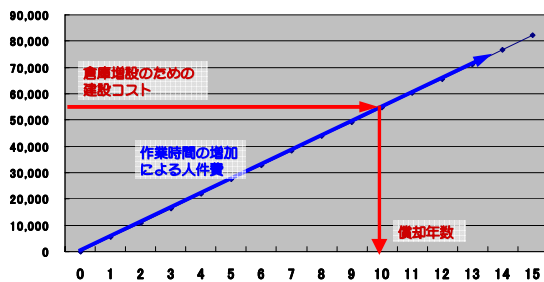


図-7 建物投資の償却年数略算グラフ

以上により、工場の運営上必要となる経営資源をコストに置き換え、経営計画の資料として活用することができ、施設整備投資に対する導入効果を客観的かつ定量的に把握することが可能となった。

このように、物流調査システムでは工場の運営上、必要となる人的資源の稼働データを直接的かつ分かりやすく取得することができ、また新たな建設投資を判断するツールとすることができる。建設後の運営をシミュレーションすることも可能である。

4 簡易WMS運用試験

4.1 試験目的

試験室環境では、位置データの取得、無線LANを利用したパレットの搬入出情報や品物情報と位置情報のリンクは確認済みであった。また、一度、パレットの置場内に置かれた位置情報から搬入出情報や商品情報を引当てフォークリフトの端末上に表示することも確認済みであった。しかし、適用対象の物流現場は試験室環境に比べ下記のような不確定要因が予想され、物流現場にて運用試験を行い、システムの有用性の確認を行うこととした。

- ① 無線LANのアクセスポイント受信可能範囲の検証と混信や誤作動の有無。
- ② 実際の荷物の高さや大きさによる位置情報の乱れ。
- ③ フォークリフト作業員に対する負荷の確認。

4.2 試験方法

前述の仮置場で、工場出入口部でハンディースキャナ(バーコードスキャナ)でパレットのバーコードを読み取り、製造ロットや仮置場の指定、仕向け先、製造年月日などをフォークリフトに取り付けた無線端末に表示し、あらかじめ決められたルールに則り運用できるかどうかを確認した。また、ルールに反した場合、自動的に管理コンピュータから確認や指示が出来るかどうかの試験を行った。

4.3 試験結果

動体位置管理システムと無線端末の情報リンクは正常に作動した。また、動体位置管理システムから転送される位置情報を付加し、3D建物モデル内に動画表現することも問題ない結果となった。

運用試験により立証できた本システムの特徴を以下に述べる。

- ① パレットをあらかじめ決められた場所でなく作業員が自由に置いた場合でも、位置情報に基づいた管理が可能となっており、フリーロケーションに対応できる。
- ② 位置情報に基づいた情報制御が可能であり、作業員がパレットを掴んだ時点で、事前の作業指示や情報がなくても必要な作業を直接車載端末で確認できる。
たとえば、あらかじめ決められた以外の場所に置く際、仮置きか作業ミスか確認でき、作業員の判断を支援することが可能となっている。
- ③ 置かれたパレットが決められた置場でない場合、3D立体画面上に表現されたパレットを、色分けなどにより区分し鮮度管理情報や、指定外残置物情報など在庫管理に必要な情報が立体的に得られる。
- ④ 位置情報が関連情報のキーとなっており、バーコードのスキニングを除き作業員に入力作業などは必要なく、ハンドフリーである。

また、事務所側のパソコンでは、即時に以下の点に関して確認することが可能である。

- ① 倉庫内の仮置き商品の一覧
- ② 日付別出荷商品の一覧
- ③ 正規仮置場がない不明商品の一覧
- ④ エリア別商品の一覧

以上のように、本システムにより現場のフォークリフト作業員ならびに事務所側が一体となった在庫管理が可能となり、商品の運営管理の効率が格段に向上した。

5 まとめ

今回の動体位置管理システムの運用試験で倉庫内のフォークリフトを対象に、同システムが正常に稼動することが確認された。

また、位置情報を利用した簡易WMSの運用試験では、実際に位置情報を基にサーバ内から商品情報や入出荷情報、仮置き情報を直接作業者に引き当てることが可能となり、パレットをフォークリフトに載せただけで次に何をすべきかコンピュータから自動的に指示が出せる基本機能が正常に作動することが確認できた。このことは、最初に入力された商品情報により、物の位置を管理することが可能になっただけでなく、物の置かれた位置とその商品の属性情報を管理することが可能になったということの意味し、作業者は、物を乗せただけで次の作業がわかるだけでなく、コンピュータ内で自動的に計算された最適な動きを受けとることが可能になることを意味している。

現状では、伝票により手渡された情報に基づいて人手により作業しており、その作業プロセスは作業者まかせとなっていた。

今回の開発と運用検証により、以下のことが将来可能になることを確信している。

- ① 作業プロセスの途中変更や最適な動きの作業者への自動的な指示
- ② 作業車輛間の異常接近など作業現場での事故防止の警告
- ③ あらかじめ決められた位置に物を置く管理方式(ロケーション管理)から自由な場所に置いた場合でも物の管理が行える(フリーロケーション)対応

6 おわりに

動体位置管理システムは当初、建物の中のカーナビを造ろうという単純な発想でスタートした。実際の開発を通じて、リアルタイムな位置情報が施設の運営や調査で如何に重要で有益な使い方ができるか新しい発見の連続であった。

建物のインフラとして位置情報を得るシステムを導入することで、倉庫や工場の運用効率のアップだけでなく倉庫や工場以外の安全面や身障者への誘導など福祉面でも将来運用が可能になると考える。

我々は総合建設業として顧客満足を得るために建物の品質はもちろん、その機能を高め総合的な建物の価値を提供する使命がある。社会状況が日々一刻変化する中、顧客ニーズを先取りし事業を支援することにより、独自の目線でその建物の価値を追求、創造していく所存である。

以下に実際に運用検証した際の写真を示す。

写真1は天井に取り付けられた受信機の設置状況であり、写真2、3は物流調査システム稼動検証時のフォークリフトに取り付けた発信機の設置状況である。



写真1 受信機 設置状況



写真2 発信機 設置状況

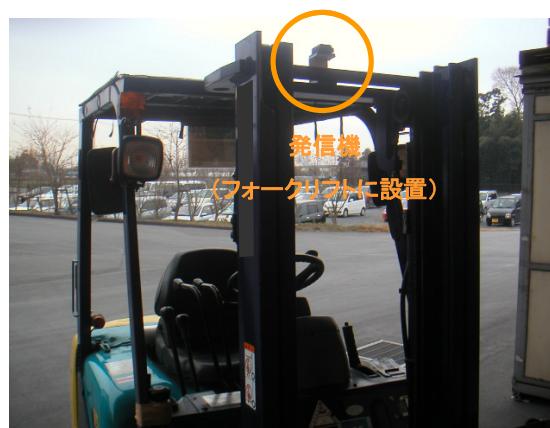


写真3 発信機 設置状況

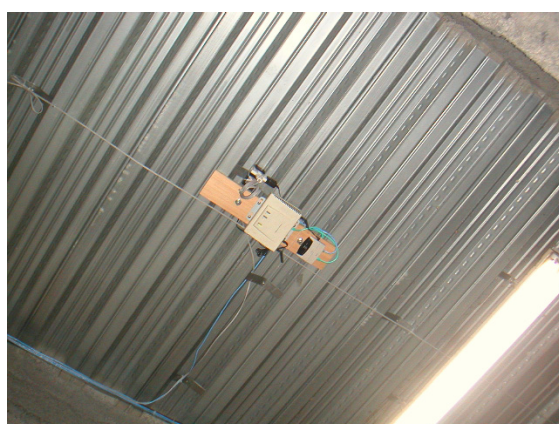
また、写真4, 5は簡易WMS稼動検証時のフォークリフトに取り付けた車載端末の設置状況であり、写真6はフォークリフトとの通信を可能にするため天井に取り付けた無線LANの設置状況である。



写真－4 車載機器 設置状況



写真－5 車載端末 設置状況



写真－6 無線 LAN アクセスポイント 設置状況