

物流における位置認識技術の応用について

Location-handling Technologies and their Applications to Physical Distribution Systems



増田悦夫：流通経済大学 流通情報学部 教授

略 歴

1977年3月電通大修士修了。同年4月日本電信電話公社（現在NTT）入社。2002年3月NTT退職。同年4月より現職。日本物流学会・電子情報通信学会などの会員。

[要約] モノの保管や輸配送を基本的使命とする物流において、業務の遂行さらには業務改善のために関連するモノや人の識別、位置の把握などが必要となる。本論文では物流における位置認識技術の応用について示した。まず、物流業務で意識されるモノや位置の概要について示し、位置を認識する方法と利用される情報技術について、固定された施設や場所の位置（種別A）、移動を伴うモノや人の位置（種別B）、対象物との間の相対的な位置（種別C）の3つに分類整理した。その上で、個々の種別毎に物流分野における当該技術の応用事例を紹介するとともに、需要変動に柔軟に対応可能な倉庫運用に有効と考えられる位置情報活用の一案を示した。最後に位置認識技術の今後の応用の方向性について展望した。

キーワード 物流、位置認識、応用、バーコード、RFID、GPS、Wi-Fi、BLEビーコン、距離測定センサー

1. まえがき

モノの保管や輸配送を基本的使命とする物流において、業務の遂行さらには業務改善のために関連するモノや人の識別、位置の把握などが必要となる。物流におけるモノには、個々の商品や製品、輸送部材や容器、保管施設など種々存在するが、それらの認識には主にバーコードや電子タグ等が利用されている。一方、輸配送車両など動くモノの位置の

認識には主にGPS機能が利用されている。深刻化する人手不足の到来や最近の情報技術の進展を背景に、業務の効率化や品質向上を狙いとして、モノの識別や動くモノ・人などの位置の把握を自動化する技術の応用が進みつつある^[1]。

本稿では、特に位置の認識技術を取り上げ、それらについて整理するとともに、物流への応用の現状と今後の展開について展望する。第2章では、物流業務で意識されるモノや位置の概要について示す。続く第3章では、特に位置の把握について取り上げ、位置の一般的な表現方法、それを認識する方法と利用される情報技術について整理するとともに、各

認識技術について概説する。第4章では、物流分野における位置認識技術の応用の現状を代表的な事例で紹介する。さらに、第5章では、屋内向けに考えられる応用の一案を示すとともに、物流における位置認識技術の応用に関する今後の展望を述べる。第6章はまとめて全体を総括する。

2. 物流業務に必要とされる主な情報

本章では、物流業務に必要とされる主な情報について示す。まず、物流センターを中心として物流業務について説明する。図1に在庫保管型の物流センター（一例として参考サイト^[2]の構成を示す）の基本的業務例を示す。図1に示すように、仕入れ先や工場等から出荷された荷物は車両にて物流センターまで輸送される。物流センターでは、大別して入荷業務、保管業務、出荷業務の3種の業務が行われる。車両で輸送されてきた荷物は、物流センターへ到着後、入庫、検品が行われ、そ

の後、棚やラックなどに入れられて保管される。保管されている間、配置変更や棚番変更などもされる場合がある。出荷業務では、川下側からの受注に対し、対象製品などがピッキングされ、流通加工、梱包・包装などが必要に応じて行われ、納品先毎に仕分けされ、車両に積まれて出庫となり目的の場所まで配送される。

表1に物流業務において必要とされる主な情報を整理して示す。本テーマに直接関係しない取引に関する情報は除いている。必要とされる情報を(A)モノ、(B)車両や人、(C)環境の3つのグループに分け、7種の情報として示している。7種の各情報について、その分類（即ち、それがモノの識別、位置の把握、環境の把握のいずれであるか）、その用途（即ち、物流業務の遂行に基本的に必要な情報、業務の改善など品質向上のために必要となる情報のいずれであるか）、さらにその情報を必要とする対象業務（即ち、保管業務、輸配

図1 物流センターの基本的業務例

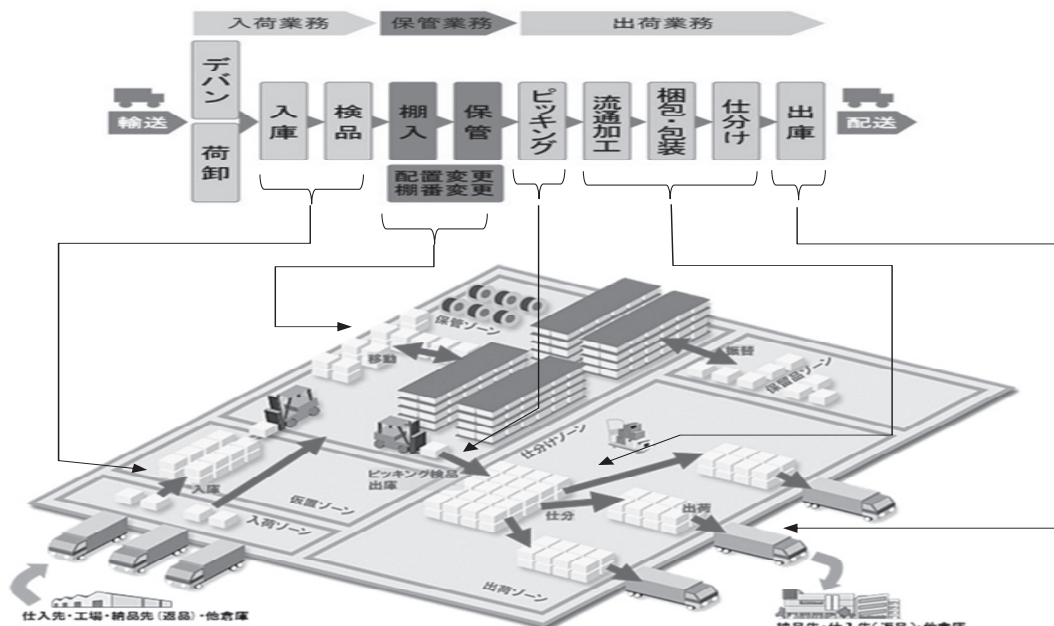


表1 物流業務で必要とされる主な情報（注：取引きの情報は除く）

No	必要とされる主な情報		情報の分類			情報の用途		対象の物流業務	
			モノの識別	位置の把握	環境の把握	業務の遂行	品質の向上	保管	輸配送
1	(A)モノ(商品・製品、輸送部材・容器など)	その名前は何か	○			○		○	○
2		商品・製品を保管する棚やエリアはどこか		○		○		○	
3		その商品の入荷元、仕分け先(行先)はどこか		○		○		○	
4		商品や容器の数量はいくつか	○			○		○	○
5	(B)車両や人(FL、ロボット、輸配送車両、作業員など)	FL・輸配送車両や作業員などの現在地や移動履歴はどうなっているか	△	○		△	○	○	○
6		近くに障害物がないか		○		△	○	○	○
7	(C)環境(温湿度、照度、傾き、振動など)	温湿度や照明の明るさ、荷物の傾き等の現在値、変動履歴はどうか			○	△	○	○	○

○:直接的に関連 △:直接ではないが関連

送業務のいずれに対応しているか)を付加している。

最近では、表1に示すような情報の取得や認識を人に代わって情報機器が行うケースが普及しつつある。モノの識別にはバーコードの読み取りによる方法が普及しているが、ICタグの読み取りで行うケースも一定の普及が進みつつある。一方、位置の把握については、航空機や船の他に屋外の陸上を移動するモノや人にもGPS機能の利用が進みつつある。GPSが利用できない屋内の場合は多様性があり、種々の取り組みが行われ始めている状況である。

本稿の第3章以降では、物流業務で必要とされる情報のうち、特に位置に関するものを対象として話を展開していく。

3. 位置の表現、認識方法と利用技術

本章では、モノや人の位置としてどのような表現が利用されているか、情報機器は位置をどのようなメカニズムで認識しているか、

さらに認識のためにどのような情報機器が利用されているかなどについて整理する。

3.1 位置の表現方法

位置は地球上の特定な地点あるいはエリア(スポット)を示すものである。位置の表現として、その情報が利用される範囲に応じて、グローバルレベルとローカルレベルの2種が存在し、一般に体系化された符号(コード)を用いて表現される。必要に応じて、人が理解できるようにその符号に対応する名称(ラベル)が付けられたりする。

(1) グローバルレベルの表現

地球上で意味を持つ位置情報で、緯度と経度の組み合わせ(空間座標)が用いられる。地図上の国名や国内の住所が符号に対応づけられた名称の表現にあたる。

(2) ローカルレベルの表現

特定な地域や拠点内で意味を持つ位置情報で、国レベルの場合には、用途に応じて、郵便番号、携帯電話網のエリアコードなどの表現が定義され利用されている。地図上の都道

表2 位置情報の分類と表現方法

位置情報の分類		表現方法
絶対的な位置	(1) グローバルレベル: 地球上で意味を持つ位置情報(地点またはエリア)	・緯度×経度という符号(空間座標)による表現。 ・グローバルレベルの地図上の国名や国内の住所など符号に対応づけられた名称による表現。
	(2) ローカルレベル: 特定の地域や拠点内で意味を持つ位置情報(地点またはエリア)	・特定の国の場合、用途に応じて、郵便番号、携帯電話網のエリアコードなどの符号による表現。また、その国の地図上の都道府県名や市区町村名などの名称による表現。 ・工場や物流センター、店舗などの施設の場合、当該拠点で独自に定義された符号やそれに対応づけられた名称による表現。
相対的な位置	(3) 観測主体から対象物までの距離	・メートル(m)やマイル(mile)などの「長さ」という符号による表現。

府県名や市区町村名などが符号に対応づけられた名称の表現と考えられる。また、工場や物流センター、店舗などの施設の場合、当該拠点で独自に定義された符号やそれにつけられた名称が用いられる。

なお、上述したものは、どの観測者から見ても変わらない絶対的な位置の表現であるが、それ以外に特定の観測主体から見た相対的な位置として「対象物までの距離」をその他の位置情報として挙げる事ができる。即ち、

(3) 観測主体から見た相対的位置の表現

観測主体から対象物までの距離が相対的位置と考えられる。メートル(m)やマイル(mile)などの長さ(符号)で表現される。

以上を整理して表2に示す。

3.2 位置等の認識方法と利用される技術

前節のように表現される位置は、情報機器やシステムによってどのような方法で認識されるのか、またそのためにどのような技術や機器が利用されるのかについて整理する。認識対象となる位置として3種に分けることが

できる。即ち、固定された場所に設置された施設や場所の位置(種別A)、移動を伴う(場所を変える)モノや人の位置(種別B)、観測主体から見た対象物の相対的な位置(種別C)の3種である。種別Aとしては、棚や工場内のエリアなどの位置が該当し、種別Bとしては、フォークリフトや車両、作業員などの位置が該当する。また、種別Cとしては、障害物との間の距離が該当する。

表3に種別毎の位置認識方法と利用される技術や機器について示す。種別Aに対応する位置は、その符号表現がバーコードやICタグなどで示され、それを情報機器で読み取ることによって認識するタイプであり、バーコードやRFID(Radio Frequency IDentification)、OCR(Optical Character Recognition/Reader)などの技術が利用される。また、種別Bに対応する位置は、認識対象のモノや人に、位置の分かっている機器との通信ができる機器を取り付け、通信結果に基づき対象の位置を認識する(測位する)タイプであり、

表3 位置情報種別毎の認識方法と利用技術

項目	(種別A) 固定された施設や場所の位置	(種別B) 時間とともに移動するモノや人の位置	(種別C) 時間とともに変動する対象物などの相対的な位置
1) 具体例	保管棚や工場内の特定エリアなどの位置	フォークリフトや車両、作業員などの位置	障害物との間の距離など
2) 認識方法	認識対象に、符号表現された位置情報(バーコードやICチップ内)が取り付けられそれを情報機器で読む	認識対象に、位置の分かっている機器との通信機能を持つ機器を取り付け、通信結果に基づき自分の位置を認識する	音や光の反射時間から距離を計算したり、あるいはステレオカメラで撮影した画像を重ねてズレの大小で遠近を判断する
3) 利用される技術や機器	バーコード、RFID、光学カメラなど	GPS、無線LAN(Wi-Fi)、BLEビーコン、音波など	超音波/赤外線/レーザー光などを利用した距離測定センサー、ステレオカメラなど

RFID:Radio Frequency Identification(無線周波識別)
 GPS:Global Positioning System(全地球測位システム)
 BLE:Bluetooth Low Energy(低電力Bluetooth)

通信手段としてはGPS (Global Positioning System)、無線LAN、BLE (Bluetooth Low Energy) 等の電波、あるいは音波や光が利用され、通信相手の数の観点から1点測位、2点測位、3点測位などの手法が利用される。さらに種別Cにおける相対的位置(距離)は、音波や光を照射し反射時間から距離を計算したり、複数のカメラで撮影した画像の解析から遠近を認識したりするもので、距離測定センサーやステレオカメラなどが利用される。

次の3.3節では、種別A、B、Cのそれぞれに利用される技術の概要を述べる。

3.3 位置認識に利用される技術の概要

(1) バーコード、RFID、OCR (光学カメラ)

これらは、種別Aに対応し、固定された施設や場所の位置を認識する技術である。対象となる施設や場所に取り付けられた位置情報(主に符号)を読み取り認識する技術である(図2)。

バーコードは文字や数字が太さの異なる複数のバーとスペースからなるパターンであり物体の表面や紙面に刻印・印刷される。この

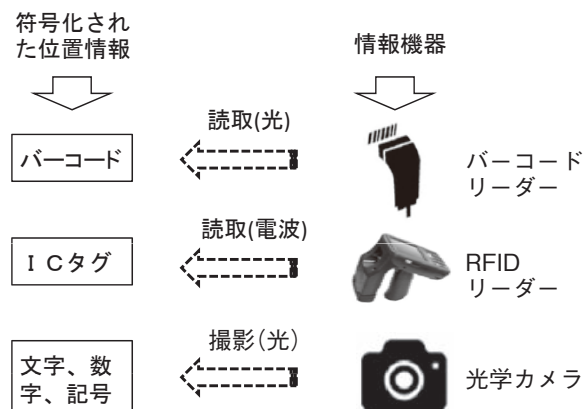
パターンを近い距離から光を照射して読み取り、パターンに対応する数字や文字を認識する技術である。商品に付けられているJANコードは代表例であるが、位置の認識に利用するコードはこれとは異なるルールで符号化される。

RFIDはICタグ(チップ)内にモノや位置などを示す符号を書き込み、それを離れたところから電波で読み取り、対応するモノや位置を認識する技術である。

OCRは光学カメラで撮影した画像を解析し、文字や数字、記号などを認識する技術である。

なお、バーコードやRFIDで扱われる標準

図2 符号の読取による棚などの位置認識



的な符号（コード）や当該技術については、例えば流通システム開発センターのサイト^[3]を参照されたい。

(2) GPS、携帯/PHSの基地局、Wi-FiのAP、BLEビーコンなど

これらは、種別Bに対応し、認識対象のモノや人に、位置の分かっている機器との交信ができる機器を取り付け、交信の結果や状況から対象の位置を認識する技術である。交信手段としては、電波を用いるものとしてGPS衛星、携帯電話網やPHS網の基地局、無線LAN（Wi-Fi）の基地局、BLEビーコンなどが知られている。また、音波や光を利用するものも一部利用されている。交信する相手局の数の観点から1点測位、2点測位、3点測位などの手法が存在する（図3）。

1点測位は、認識対象であるモノ（注：図3ではフォークリフト）や人が基地局（BS）やアクセスポイント（AP）から電波が届くエリアに入った時、そのエリアをモノや人の位置情報とする方法である。用途に応じて、

携帯電話網やPHS網のBS、無線LANのAP、BLEのビーコン端末などが使い分けられる。なお、これらとは別に、位置情報の保持されたRFIDタグを固定位置に取り付け、移動するモノや人がRFIDリーダを持ち、タグに近づいた時にタグ内の位置情報を読み取る方法も1点測位と考えられる。

2点測位や3点測位は、移動するモノや人が位置の分かっている2個（2点測位時）あるいは3個（3点測位時）の交信先と同時に交信して位置を割り出す手法である。即ち、交信先それぞれとの距離などを求め、それを半径とする円（2点測位時）や球（3点測位時）の交点の座標を位置情報とする。交信先としてはGPS衛星（屋外の位置から）、Wi-FiのAP（屋外または屋内の位置から）、BLEビーコン端末（主に屋内の位置から）などが利用される。なお、2点測位は2つの交信先を結ぶ直線上の位置を求める際に利用される。

その他、IMES（Indoor Messaging System）やPDR（Pedestrian Dead Reckoning）などの

図3 受信端末の位置測位の原理

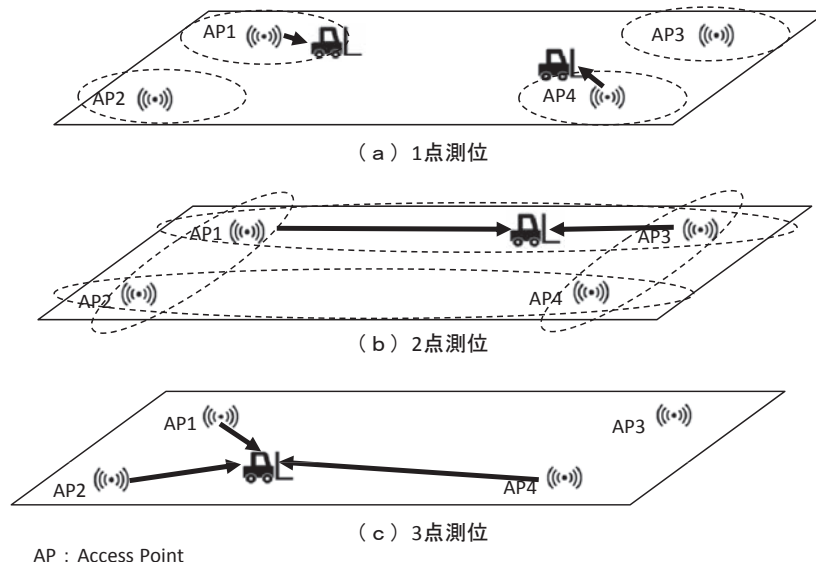


表4 種別Bの位置認識に利用される主な技術と特徴（注：携帯・PHS網での位置情報管理は除く）

項目	GPS(衛星測位)	無線LAN	BLEビーコン	IMES	PDR
1)概要	3つのGPS衛星と交信しそれらとの距離から受信端末の位置を算出する。受信端末の時刻補正のため、通常4つの衛星と交信する。	最も電波強度の強い1つのAP(アクセスポイント)を決める1点測位、3つのAPとの距離からピンポイントに測位する3点測位などがある。	無線LANの場合と同様の1点測位と3点測位などがある。但し、電波の到達距離が小さいため、主に屋内で利用される。	屋内に設置されたGPS送信機が、GPSと同じ電波形式で送信機の位置情報を送信。それを受信者の位置情報とする。JAXAが考案。	スマートフォンなどに内蔵のセンサー(加速度・地磁気・角速度)を利用し、歩幅や方向などの情報を基に位置を推定する。
2)屋外/屋外	屋外	○	○	△	○
	屋内	—	○	○	○
3)測位精度	通常は10数m。補正を行うと高精度な測位も可能。	屋内で複数APを利用する3点測位では1~10m。	屋内で複数ビーコンを利用する3点測位では1~10m(研究段階)。	電波の送信範囲内で数m程度。	100m歩いて数m程度。
4)特徴	・見通しのよい屋外では高精度に測位可能(○) ・屋内や地下では測位不可(×)	・スマホなどに搭載された無線LAN機能を活用できる(○) ・3点測位のためには、APを新たに設置する必要あり(△)	・スマホなどに搭載されたBLE通信機能を利用できる(○) ・BLEビーコンを新たに設置する必要あり(△)	・従来のGPS受信器がそのまま利用可能、屋内外をシームレスに利用可能(○) ・屋内送信器は新たに設置要(△)	・スマホなどに搭載された各種センサーが活用可能(○) ・歩行距離が長くなるとセンサーの測位誤差の蓄積で補正が必要(△)

GPS: Global Positioning System(全地球測位システム)
 BLE: Bluetooth Low Energy(低電力Bluetooth)
 IMES: Indoor Messaging System
 PDR: Pedestrian Dead-Rectoning(歩行者向け自律航法)

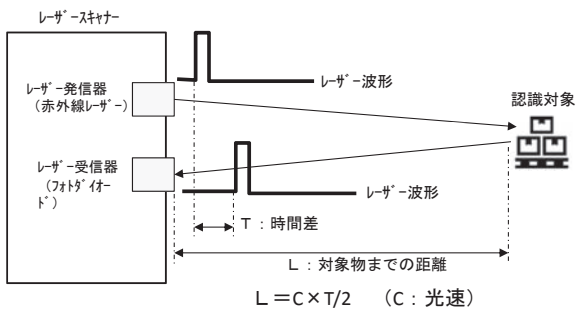
位置認識技術も知られている。

以上より、種別Bの位置の認識に利用される技術と特徴を表4に示す。

(3) 距離測定センサー（超音波、レーザー光などを利用）、ステレオカメラ

これらは、種別Cに対応し、距離測定センサーの場合は、図4に示すように、認識対象のモノにレーザー光や音を当て、その反射時間から距離を計算し、またステレオカメラの場合は、2台で撮影した画像を重ねズレの大小で遠近を判断する。

図4 距離測定センサーによる対象物までの距離の計算



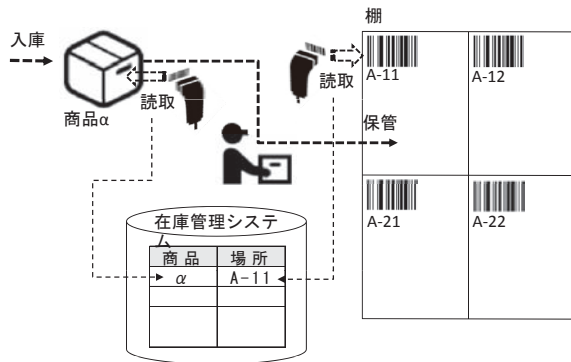
4. 物流における位置認識技術の応用事例

本章では、節3.2で導入した3つの種別のそれぞれについて、最近の応用事例を紹介する。

4.1 種別Aの事例

種別Aの基本的な応用例としては、物流倉庫へ入荷した商品をフリーロケーション^{*1}で管理される棚へ保管したり（入庫管理）、そのような棚に保管されている在庫の状況を管理したり（在庫管理・棚卸）する場合であり、多くの物流センターなどで利用されている。棚のそれぞれの場所に位置を示す符号を例えばバーコードで表示しておく。入庫管理の場合、図5に示すように、入荷した商品のバーコードと保管先の棚に表示されたバーコードを讀取機器で読み取り、両者を関係づけてシステムへ登録し管理する。同じように、パレットに載せたまま保管する場合はパレットに表示されたバーコードと棚に表示されたバーコードとを関係づけて管理する。この情報に基づいて在庫管理や棚卸も行われる。バーコードの代わりにRFIDのICタグに商品情報や位置情報を格納して利用する場合もある。

図5 フリーロケーション倉庫での棚入れの事例(種別A)



原理は同じであるが、操作性の向上のために読取機器をスマートフォンにしたり、手の甲に手袋をはめるように装着して使うバーコードスキャナーにしたりする動きがある。さらに、最近では、荷物や棚に付けられたICタグを作業員に代わりドローンや無人搬送車 (AGV: Automated Guided Vehicle) で自動読み取りできる製品も登場しようとしている [4]。

4.2 種別Bの事例

種別Bは、移動を伴うモノや人の位置に関

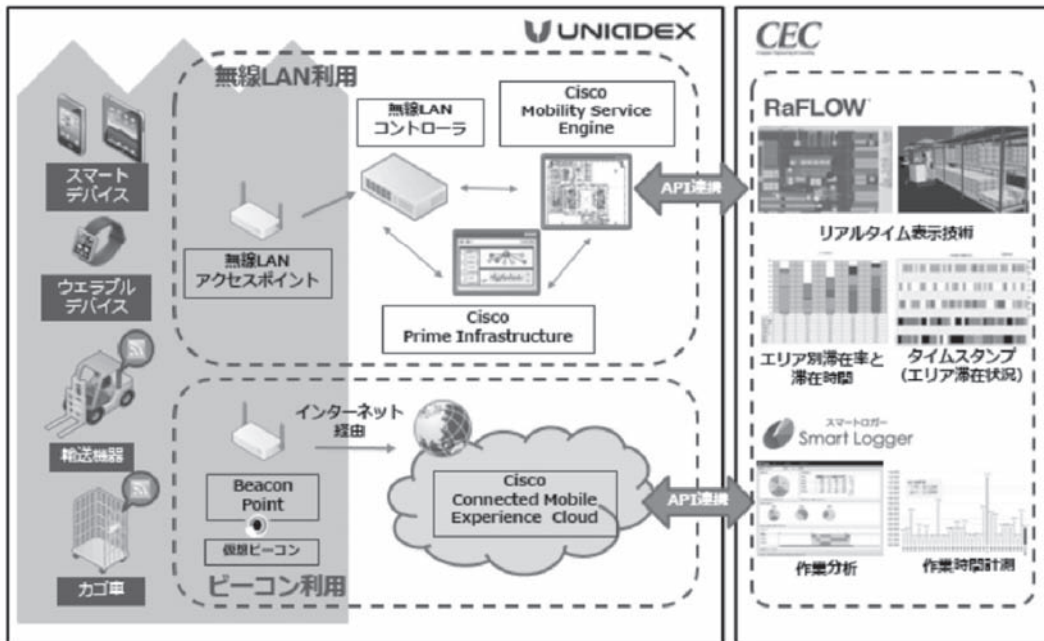
するものであるが、表5に最近提供されている、あるいは実用化に向けて実験段階にある応用例を示す。表5には、事例の概要に加えて、移動するモノや人が屋内か屋外か、適用される技術が何か、どの測位方式が利用されているかなどを示している。

種別Bに対応する従来の代表的な応用例はGPSによる位置把握である。即ち、GPS機能を搭載した車載端末を車両に搭載し、車両や貨物を追跡 (リアルタイムに監視) したり、それに付随して運行管理をしたりするものである [5]。種別Bの中では、屋外において移動する車両やコンテナなどが対象である。最近も、この種の応用例は多いが、製品事例としては、スマホから操作できるようにして簡易化・低コスト化を図ったもの (No.6) や関連する他の機能とも組み合わせて応用範囲を広げたもの (No.7)、位置情報等をクラウド上に収集し分析技術と連携させたもの (No.8) などが登場している。また、人手不足への対

表5 種別Bに関するサービス等の最近の事例

No	事例	企業名	位置管理対象/適用技術	測位方式			提供開始/ 導入時期
				1点	2点	3点	
1	屋内でのBluetoothビーコンを利用した位置測位システム(PVS: Position Visualization System)。スマートデバイスを持つ人やモノの位置を測位可能。	東芝テック	屋内: スマホなどのスマートデバイスを持つ人や取り付けたモノ/BLE	△	△	○	2016年4月
2	音波による位置検出装置を無線LANのAPIに取り付け、対象物から複数のAP付属の当該装置へ音波を出し伝達時間から対象物の位置を特定。	三菱電機	屋内: 無人搬送車など/音波			○	2017年度 実用化予定
3	屋内外で位置情報を連続的(シームレス)に取得できる製品 (Genavis測位モジュール)	国際航業	屋内外: 人やモノなど移動するもの/GPS、無線LAN、BLEなど	○	○	○	2015年10月
4	屋内外でモノや人の位置を把握し、業務状況などを可視化するサービス(位置情報管理ソリューション)	ユニアデックス+CEC	屋内外: モノや人/無線LAN、仮想ビーコン(BLEビーム)			○	2017年3月
5	トラックの位置情報を管理し、最適な車両を自動的に手配	キリン	屋外: トラック/GPS			○	2015年7月
6	LINEで物流作業の記録を共有できるサービス(ろじたんbot)	日通総研	屋外: 車両/GPS			○	2017年1月
7	GPS車載端末からの位置情報を基に計画したルートの輸配送先への到着時刻や出発時刻の記録・管理を行う(docoですcar オプション 輸配送進捗管理サービス)	ドコモ・システムズ	屋外: トラックなどの車両/GPS			○	2016年7月
8	クラウド型車両管理アプリ(Cariot、フレクト)を利用し、車両内部から得られる情報とGPSの位置情報とをリアルタイムに管理。	PwCコンサル+フレクト	屋外: 営業、工事、搬送の車両/GPS			○	2017年5月
9	ドローンにスマートフォン(GPS機能)を搭載、携帯電話網を使用してドローンの飛行位置をリアルタイム追跡(買い物代行サービスの実証実験)	NTTドコモ、他	屋外: ドローン/GPS			○	実験段階 (2016年11月)
10	LPWA(Low Power Wide Area)対応の送信モジュールを開発。これをドローンに搭載し、その飛行位置や墜落時の位置を遠隔の受信機へ送る等の応用を検討。	ソニー	屋外等: ドローン、その他/GPS、他			○	実験検討段階 (2017年6月)

図6 屋内外の人やモノの位置を把握し動態データを分析できる製品^[6]



応などから、宅配等への適用が期待されているドローンの位置管理システムの実験も進められつつある (No.9、No.10)。

一方、屋内で移動する無人搬送車 (AGV) や作業員などの位置を把握できる製品 (サービス) も提供されている。測位には、無線LANやBLEを用いる場合が一般的であるが、コストや精度で優れているとして音波を用いる事例 (No.2) も登場している。単に屋内だけでなく、屋内外に対応できる製品も登場している。表5の事例のうち、特にNo.4とNo.7について以下で簡単に紹介する。

図6^[6] は表5におけるNo.4の事例である。このシステムでは、無線LANと仮想ビーコン²とを組み合わせることにより屋内外での高精度な測位を実現している。このプラットフォームを、API経由でCEC社が開発し提供しているRaFLOW (位置情報管理システム) やSmart Logger (動態分析システム) と連携させている。この連携によって、対象となる

モノ、人の動線の可視化や動態データの収集や分析が自動的に行える製品となっている。

図7^[7] は表5におけるNo.7の事例である。これはクラウド型サービスで、GPS車載端末が算出した位置情報を基に計画したルートの輸配送先への到着時刻や出発時刻の記録・管理が可能である。加えて、住友電気システムソリューション社のVICS情報を活用した予実管理エンジンとの連携により、交通状況や到着予定時刻の可視化、リアルタイムの輸配送状況の把握ができる。ユーザは、これにより輸送品質を向上させることが可能となる。

4.3 種別Cの事例

種別Cは、時間とともに変動する対象物などとの相対的な位置に関するものであるが、最近の事例を2つ紹介する。

(1) ROBO Fork 15^[8]

これは、物流設備の開発や製造を手掛ける中西金属工業が開発した、誘導線を使わずに

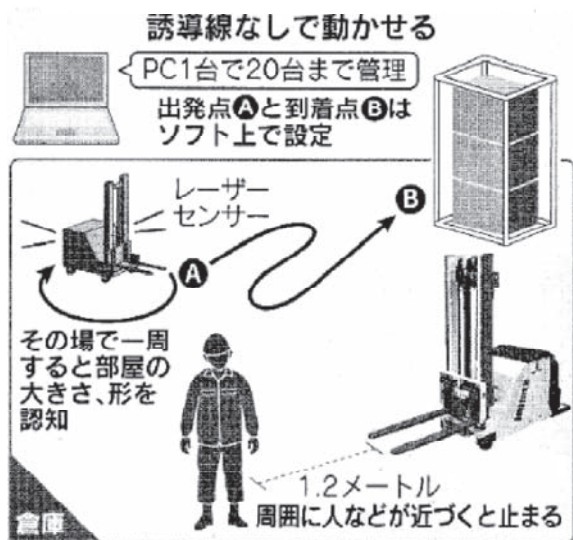
図7 GPSの位置情報をもとに輸配送の進捗管理を行うサービス^[7]



無人で走らせることができるフォークリフトである（図8）。2017年に発売された。このフォークリフトは、前後あわせて360度を認識できるレーザーセンサーを装着し、レーザーを壁に照射し、その反射によって自分の位置を認識する。ただ、この場合の位置認識手法は、種別Bに対応している。

位置の認識とは別に、障害物などが1.2m以内に存在すると自動的に停止するようにプログラムされている。この点が、種別Cの応用例に該当する。

図8 誘導線なしで無人走行可能なフォークリフト^[8]



(2) 物流支援ロボットCarriRo (キャリロ)^{[9][10]}

ロボット開発ベンチャーのZMPが製造・販売する台車型のロボットで、2016年8月より出荷開始している（注：2017年7月に操作性、走行性能を向上させた新バージョンを提供している）。手押しレバーにジョイスティック（操縦かん）がつけられていて、これを操作することにより重さ100kgまでの荷物を搬送できる。倉庫や物流センター内のピッキング業務の効率化や工場内の工程間搬送に利用できる。従来のコンベアや無人搬送車（AGV）の代替としても利用可能なようである。

動作モードとして以下の2つが用意されており（図9参照）、このうち②かるがもモードが、種別Cの応用例となる。

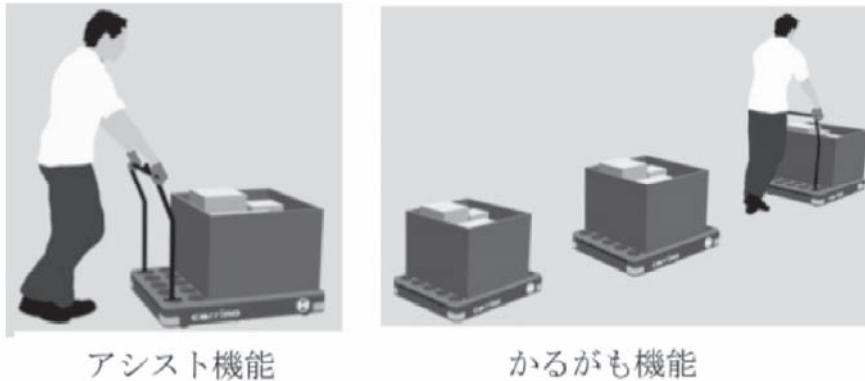
①ドライブモード（アシスト機能）

ハンドルにあるジョイスティックを操作すると、CarriRoが前後左右に走行しほとんど力を使うことなく荷物を運ぶことができる。

②かるがも（追従）モード

CarriRoは付属のビーコンに反応し、作業者や親機となるCarriRoに追従することがで

図9 物流支援ロボットCarriRo^[9]



きる。これにより、ひとりで一度に最大3倍の荷物を運ぶことができる。人に追従させるかるがもモードのときはビーコンを腰のあたりに装着する。1.5メートルの通路幅の時、3台でのかるがも走行が可能とのことである。

4.4 屋内向けの応用の一案

ここでは、屋内向け応用の一案として、需要変動に効果的に対応可能な物品保管支援システム（図10）を提案する。

(1) 考え方

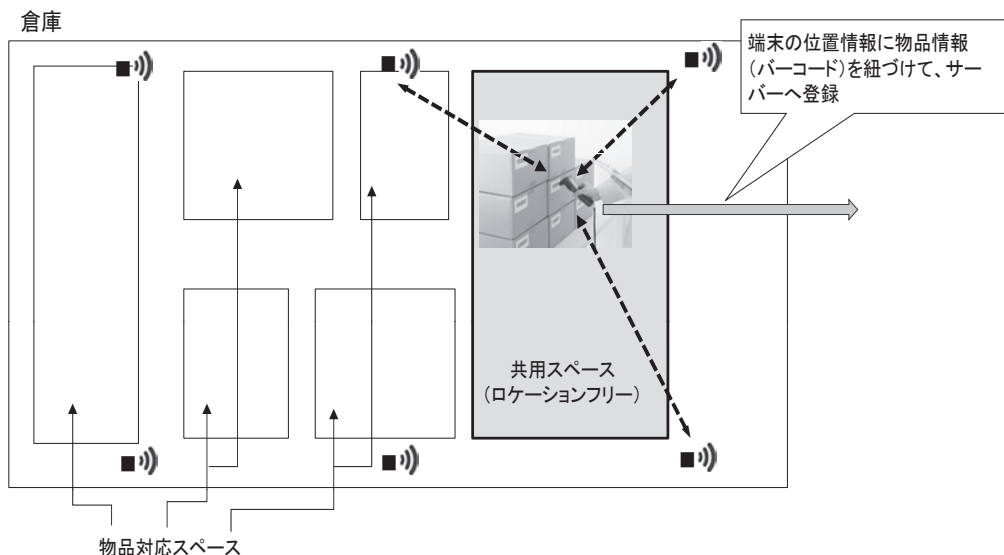
需要変動に対して効果的に対応可能な倉庫の運用を考える。保管スペースとして固定的

に設置された保管棚だけでなく、各種の物品を平置きできる共用のスペース（注：物品毎のロケーションはフリー）を用意し、そこには需要の増加によって棚から溢れた種々の物品を保管できるようにする。これによって、需要の急増へ対応できるようにする。共用スペースはある程度の広さがあるとして、そこに保管される物品毎に物品とその位置を対応づけて管理しておくようにする。共用スペースに置かれた物品のロケーション管理に、「物品保管支援システム」を利用する。

(2) 入荷された物品の保管位置の登録方法

まず、登録にあたり、以下の条件を前提とする。

図10 需要変動を考慮した物流倉庫の物品保管支援システム



①作業者はスマートフォンのようなハンディ端末を持つ。

②倉庫にはスマートフォンを持つ作業員の位置を測位するためのBLEビーコンあるいは無線LANのAPが設置されている。

③スマートフォンのアプリが作業者が持つハンディ端末にインストールされ3点測位で位置が計算できるようになっている。

以上の前提の下で、

④共用スペースに保管された物品のバーコードをハンディ端末で読み取り、その時のハンディ端末の位置と紐づけ、データベースサーバへ送る。これらの処理はハンディ端末上のアプリが行う。これにより、物品の位置情報が登録される。以降はデータベースを物品コードで検索することにより保管位置を確認することができる

(3) 提案システムの有効性

屋内の平置き型の共用スペースに置かれた物品の効率的なロケーション管理が可能となる。倉庫に保管される物品の需要が時期に応じて変動する場合、倉庫の保管棚のスペースと共用スペースとをうまく設計すれば需要変動に柔軟かつ効果的に対応した倉庫運用が可能となる。

(4) 実導入に向けての課題

環境に影響されない安定した測位精度の実現、共用スペースに対するビーコンの取り付け位置の調整、GISとの連動による物品へのアクセス性の向上などが課題となる。

5. 位置認識技術の応用に関する今後の展望

第4章で示した最近の応用事例などに基づ

き位置認識技術の今後の応用について展望する。今後の方向性として、以下のような3点が考えられる。

(1) 屋外向けサービスの機能拡充と屋内向け製品（サービス）の実導入化

屋外向けとしてGPSによる位置情報の応用が広く普及しつつあるが、導入コストの削減、利用者の利便性向上、ドローン宅配への対応の必要性などから利用機器の改善、機能拡充に向けた取り組みがさらに進められるものと考えられる。それとともに、最近、関連企業よりリリースされつつある屋内向けの位置認識技術（サービス）についても、物流センター内の業務の効率化、品質向上を狙いとして実導入に向けた検討が進んでいくものと思われる。ただ、屋外のGPS利用とは違って、Wi-Fi、BLEビーコン、音波など位置認識のための手法が多様であり、しかも利用するために基地局などの設置が必要であったり位置認識の精度や安定性の検証も必要になるなど、導入の判断には一定の時間が必要と考えられる。導入による費用対効果の面でのメリットの有無の事前の見極めがポイントとなる。

(2) IoT化に対応した新たな移動体の位置管理サービスの開発・実験の加速

IoT時代は、色々なものがインターネットにつながる。特に、物流に関連するものとして、人手不足への対応などから物流倉庫内で利用される無人搬送車（AGV）、ドライバーなしの自動運転車（UGV）、空中を飛行するドローン（UAV）などもつながり、それらの位置管理サービスの開発や導入に向けた検討が積極的に行われると思われる。すでに検

討や実験レベルのもの^{[11][12]}が知られており、国も位置情報把握の仕組みの共同開発を国内外メーカーへ呼びかけている^[13]。これら移動するものの位置情報は、本稿で扱った技術で把握できると考えられるが、システム化については検討が必要となろう。特に人の乗っていない自動運転車やドローンの位置情報をどのような通信規格のどのようなネットワークを用いて収集し、どのようにシステム化するかがポイントとなる。収集したデータに基づいて移動体への指示も必要になると思われるが、当該システムに含めて明確化が必要である。IoT自身の検討を睨みながら検討が進められていくことになるだろう。

(3) 位置情報を中心とする豊富な蓄積データの活用の活発化

IoT化が進展してくると、各種センサーをはじめ種々のモノがインターネットに接続され、種々のデータがインターネット上のストレージに収集される。今後、ストレージの大容量化とともに、それに関連してクラウド型サービス、ビッグデータを扱う分析技術、AI技術が進展していく。この流れの中で、特に移動するモノ、人について位置情報だけでなく関連する他の情報もインターネット上に容易に蓄積できる環境が整ってくる。屋内外を問わず移動する対象の位置情報やそれに関連する他の情報の蓄積結果から物流システムの運用に関する最適化を図る取り組みが今後積極的に進められていくものと考えられる。それらの取り組みを支援するプラットフォーム製品^[14]も登場している。

6. まとめ

以上、本論文では物流における位置認識技術の応用について示した。物流業務で意識されるモノや位置の概要について示した上で、位置を認識する方法と利用される情報技術について、固定された施設や場所の位置（種別A）、移動を伴うモノや人の位置（種別B）、対象物との間の相対的な位置（種別C）の3つに分類して解説した。その上で、種別毎に物流分野における当該技術の最近の応用事例を紹介するとともに、需要変動に柔軟かつ効果的に対応可能な倉庫運用を実現し得る応用例として、平置きのフリーロケーションを効果的に活用する「物品保管支援システム」を提案した。最後に位置認識技術の応用の今後の展望として、(1) 屋外向けサービスの機能拡充と屋内向け製品（サービス）の実導入化、(2) IoT化に対応した新たな移動体の位置管理サービスの開発・実験の加速、および(3) 位置情報を中心とする豊富な蓄積データの活用の活発化、の3点について論じた。

注

- *1 商品と保管場所との関係を固定せずに保管する方法。入荷した商品を、空いている棚から適当に棚入れしても、また、同じ商品を別々の場所に保管しても構わない。
- *2 従来のバッテリー駆動型の物理ビーコンとは異なり、クラウドネットワーク上の管理装置からフロアマップ上の好きどころに配置できる仮想的なビーコン。Beacon Point（注：無線LANのAPのような形状のデバイス、ビーム上のBLE電波を生成する）を取り付けてLAN経由でクラウドに接続するだけでよく、現場での設定や変更作業が不要となる。盗難や紛失の心配もなく、電池残量を気にする必要もない。

参考文献・サイト

- [1] 望月洋介：『ウェアラブル、IoT時代の位置情報徹底活用』、日経BP社、2014年6月30日発行
- [2] ソリューション - WMS ソリューション「Atom WMS」、
<http://www.atomsystem.co.jp/solution/wms/atomwms.html>
- [3] 一般財団法人流通システム開発センター、
<http://www.dsri.jp/>
- [4] 【プレスリリース】ブロックチェーンを活用し、リアルタイム在庫管理システムの開発開始、
<http://www.pal-style.co.jp/index.php?id=1026>
- [5] 増田悦夫：物流と情報通信技術の関わり、日本物流学会誌、第12号、No. 12、2004
- [6] ユニアデックス、シーイーシー 無線LAN、仮想ビーコンを活用した屋内外での「人・モノ・設備」の位置や動きを可視化する「位置情報管理ソリューション」を提供開始 - UNIADDEX ユニアデックス株式会社、
http://www.uniadex.co.jp/news/2017/20170307_ichijouhoukanri-solution.html
- [7] 物流企業向けクラウド型輸配送進捗管理サービスを提供開始、
<https://www.docomo-sys.co.jp/news/release/NewsRelease20160607.pdf>
- [8] 無人で動かせるフィークリフト 中西金属工業が開発、日経産業新聞、2016.9.13
- [9] ZMP、物流支援ロボット「CarriRo（キャリロ）」受注開始、
https://www.zmp.co.jp/wp-content/uploads/2015/08/pressrelease_20150826_carriro.pdf
- [10] ZMP Inc. | ZMP、物流支援ロボット「CarriRo（キャリロ）」バージョンアップ、2017年モデルリリース開始、http://www.zmp.co.jp/news/pressrelease_20170705
- [11] 報道発表資料：日本初、セルラードローンを活用した買い物代行サービスの実証実験を開始 | お知らせ | NTTドコモ、
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2016/10/19_05.html
- [12] ソニー、異業種と実証実験、日経産業新聞、2017.6.1
- [13] ドローンの位置情報を把握できる仕組み、日経産業新聞、2016.12.8
- [14] GeoMation空間情報IoTプラットフォームサービス、日経産業新聞、2017.7.14