

# 物流におけるセンサ活用の現状と今後の展望

増田 悦夫

人・モノの状況や周辺環境の状況などを検知・認識するセンサの開発や利用が進んでいる。単体としての利用の他に、通信ネットワークやデータベースなどと連携させた高度な利用法の検討も進められている。物の輸配送や保管などを基本機能とする物流においても、安全・安心の確保、環境調和などの点から今後の積極的な活用が期待される。

本稿では、物流分野におけるセンサ活用の現状と今後の展望について論じた。まず、センサの概要として、その必要性と役割、仕組み、センサの種類と用途例、利用パターンについて一般的な整理を行った。続いて、物流分野に焦点をあて、物流の使命を果たすための基本的課題を整理し、その課題の解決にセンサがどのように寄与し得るかの観点からセンサの役割を整理した。さらに、物流の現状における主要な活用事例として車輛運行状況や荷物輸送状況の監視といった輸配送に関連するもの、仕分けの自動化やピッキングミスの自動検出といった物流センタ業務に関連するものなどを紹介した。最後に、現状のセンサ活用状況を、前述の物流におけるセンサの役割の整理と対応づけて整理するとともに、その結果に基づき、今後期待される活用についての展望を述べた。

## 1. まえがき

人・モノの状況や周辺環境の状況などを検知するセンサの開発や利用が進んでいる<sup>[1][2]</sup>。単体としての利用の他に、通信ネットワークやデータベースなどと連携させた高度な利用法の検討も進められている<sup>[3]~[5]</sup>。センサは言わば人間の五感に相当する機能を有し、一般には人間では対応しにくい時間や場所での状況や状態の検知に利用される。効率向上のための利用に加え、特に、安全・安心の確保や環境問題への対応として有効と考えられている。

物の輸配送、保管などを基本機能とする物流においても、顧客や取り巻く社会の満足を得る観点から安全・安心の確保や環境調和などが重要な課題となっているため、その

解決に向けセンサの積極的な活用が望まれる。これまでの物流においてもセンサは色々な箇所に適用されているようであるが、物流分野における活用状況や今後の活用法について論じられた文献は見当たらないようである。

本稿では、物流におけるセンサ活用の現状と今後の展望について述べる。具体的には、まず、センサの概要として、その必要性和役割、仕組み、センサの種類と用途例、利用形態を分野の意識なく一般的に整理する。続いて、物流分野に焦点をあて、物流の使命を果たすための基本的課題を整理し、その課題の解決にセンサがどのように寄与し得るかの観点からセンサの役割を整理する。その上で、物流の現状における主要なセンサ活用事例を輸配送業務関連と保管業務関連とについて紹介する。輸配送関連では車輛運行状況や荷物輸送状況の監視の例を、また、倉庫などの保管関連では仕分けの自動化やピッキングミスの自動検出の例を紹介する。これに基づき、現状の物流分野におけるセンサ活用状況を物流分野について整理されたセンサの役割と対応づけて整理するとともに、今後期待される活用についての展望を述べる。

## 2. センサの概要

本章では、利用分野を特定することなく、センサの一般的な整理として、その必要性和役割、仕組み、種類と用途例、利用形態について示す。

### 2. 1 センサの必要性和役割

センサは、人・モノあるいは周囲環境の状況を人間に代わって検知するためのものと言える。一般には、検知するのに人間では対応しにくい場所や時間帯であったり、あるいは検知するのに人間以上の能力が必要とされるような場合に利用されると考えられる。表1にセンサが必要と考えられる箇所を整理する。このような箇所に置かれた人・モノ、周囲環境の状況を検知するような必要性が存在した場合、センサの役割が生じることとなる。

### 2. 2 センサの仕組み

図1にセンサの原理を示す。図1の網掛け部分であるセンサは、一般に、対象物や周囲環境の状況を、それらが発する光や温度、圧力などの変化を取り込み、1:1対応に反応し、その結果を人間や装置の理解できる情報に変換して伝えるものであると言える。センサは種類により対象に接触して動作するものと非接触に動作するものがある。何を検知するか、どのような方法で検知するなどにより、種々のセンサが開発され利用さ

表1 センサの必要箇所

項目	必要箇所	内容
場所・時間帯	対応しにくい場所	離れたところ、狭いところ、危険なところ、高いところ、水の中などの対象の監視
	対応しにくい時間帯	連続・長時間の対象の監視
五感の能力	目(視覚)能力以上	暗闇の中や皮膚の中(不可視な領域)の物体、高速移動の物体、気体、複雑な模様
	耳(聴覚)能力以上	不可聴音(超音波)、大きな音
	皮膚(触覚)能力以上	より敏感な接触、人間では我慢できない圧力や高温・低温
	鼻(嗅覚)能力以上	悪臭
	舌(味覚)能力以上	有毒の可能性のあるもの

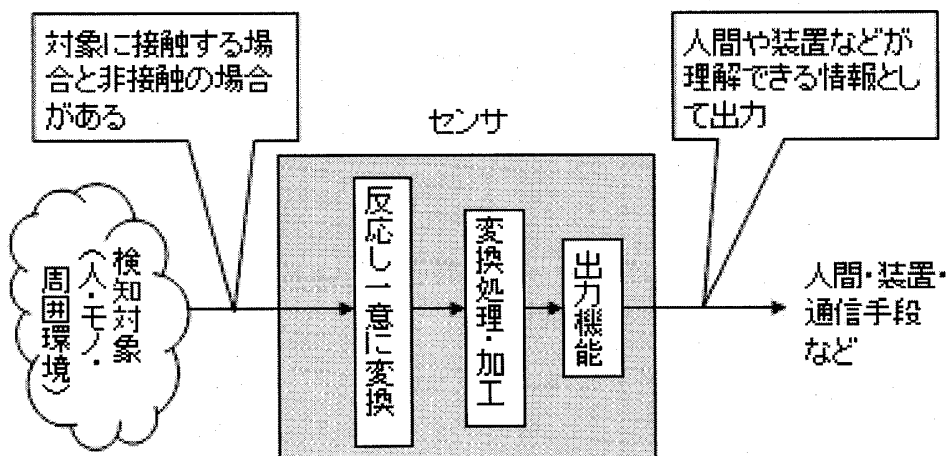


図1 センサの原理

れている。

なお、対象が何であるかを特定する「自動認識技術」がセンサ技術として扱われる場合もある。自動認識の場合は、紙の上の符号（バーコードなど）やRFID（Radio Frequency Identification）タグなど半導体メモリ上のデジタル符号（2進数）を光や電波で読み対象物を特定する。一般に検知した情報を符号規格や正解データと照合する処理を伴う。本稿では、特に電波での通信にてメモリ上の情報を読み取るRFIDは、図1の原理のセンサとは異なるものと考え、センサとは別物として扱うこととする。

### 2.3 センサの種類と用途例

これまでに開発され利用されている主なセンサと用途の例を表2に示す。センサ種別についても色々な分類の仕方や呼び方があり標準的な分類ができていない。技

術的な分類、用途による分類など色々な分類の仕方や呼び方が存在する。ここでは、きちんとした分類については考慮しない。

表2 センサの種別と対応する用途

No.	センサ種別	用途の例
①	光(可視光、不可視光:赤外線、紫外線)	デジタルカメラ、赤外線リモコン受光部、光ファイバ通信、バーコードリーダ(認識技術)、セキュリティ機器(生体認証機器、監視カメラ、など)、携帯内蔵の紫外線測定器、ブラインド自動開閉システム、など
②	温度(熱)	応用分野広い。測定範囲も広い(絶対零度～摂氏数千度以上)、エンジン・ボイラーの燃焼制御、家電(エアコンや冷蔵庫など)、情報機器(携帯電話、ディスプレイなど)、自動車など
③	湿度(水分)	エアコンや冷蔵庫、電子レンジなどの家電
④	磁気	二つ折りや開閉式携帯電話、OA機器、自動車などの位置・速度情報の検出、磁気ヘッド
⑤	圧力	メカトロ機器(ロボット)の動作制御、電子血圧計、気圧計、掃除機の吸引力測定、など
⑥	加速度(衝撃、震動)	可動物体の姿勢制御、傾き・進行方向の検出、携帯電話のモーション検出、各種ゲーム機のコントローラ、万歩計、など
⑦	ガス(気体、におい、花粉)	LPGのガス漏れ警報、自動車の排ガス監視、自動車エンジンの空燃費制御、防災用の有毒ガス検知、公害対策、燃料電池における水素供給量の最適化制御、など
⑧	超音波	主に、物体検出(搬送車の衝突防止、透明ガラスの検出、など)や距離検出。光センサの補助としての利用が多い。その他、超音波厚み計、板金塗装の厚み検査、など

## 2. 4 センサ(から得られたデータ)の利用形態

センサは単独にその場で利用する場合の他に、ネットワーク(通信手段)により遠隔地へ情報を送りそこで利用したり、多地点で得られた複数の検知データを遠隔地の一箇所へ送りそこで利用したり、あるいは検知データをデータベース(データ蓄積手段)に蓄積してデータマイニングを施すことにより高度な利用をしたりする場合が考えられる。即ち、センサの利用形態としては、監視されるセンサ箇所が単独(単一地点)か複数(多地点)か、検知データを利用する場所が現地か遠隔地かにより、(a)単独・現地確認型、(b)単独・遠隔確認型、(c)複数(多地点)・現地確認型、(d)複数(多地点)・遠隔確認型、の4パターンに分けることができる。これを表3に示す。パターン(a)では通信手段などは必要ないが、同じ現地でも多地点を同時に監視するパターン(c)では通常現地に構築されたセンサ情報ネットワークが併用される。一方、パターン(b)は1地点の監視ではあるが、遠隔値へ検知データを届けるための通信機能が必要となる。最後のパターン(d)は最も高度な利用形態であり、広域のセンサ情報ネットワーク、さらにはセンサ情報データベース(+データマイニング)が併用されるパターンである。

利用パターン(c)や(d)で用いられる監視系の構成例を図2に示す。センサの取り付けられた複数のセンサノードとセンサノードからのセンサ検知データを蓄積するセンサデータベースとがセンサネットワークに接続されている。センサノードとしては位置が固定し

表3 センサの利用パターン

		センサ検知データの利用場所	
		現地	遠隔
監視される センサ部分	単独 (単一地点)	(a)単独・現地確認型 ・家電(電子レンジ、エアコンなど)の制御 ・携帯電話の開閉・回転・スライド検知 ・PCの指紋・静脈等の生体認証	(b)単独・遠隔確認型 (遠隔値への通信機能) ・輸送中荷物の温度状況の監視 ・外出先からの留守家庭内ペットの確認
	複数 (多地点)	(c)複数(多地点)・現地確認型 (ローカルなセンサ情報ネットワーク) ・運転席での車両各部稼働状況の監視 ・守衛室での夜間不正侵入者の監視	(d)複数(多地点)・遠隔確認型 (広域センサ情報ネットワーク/センサデータベース) ・火山周辺の温度分布などの監視 ・信号機周辺の交通渋滞情報の管理

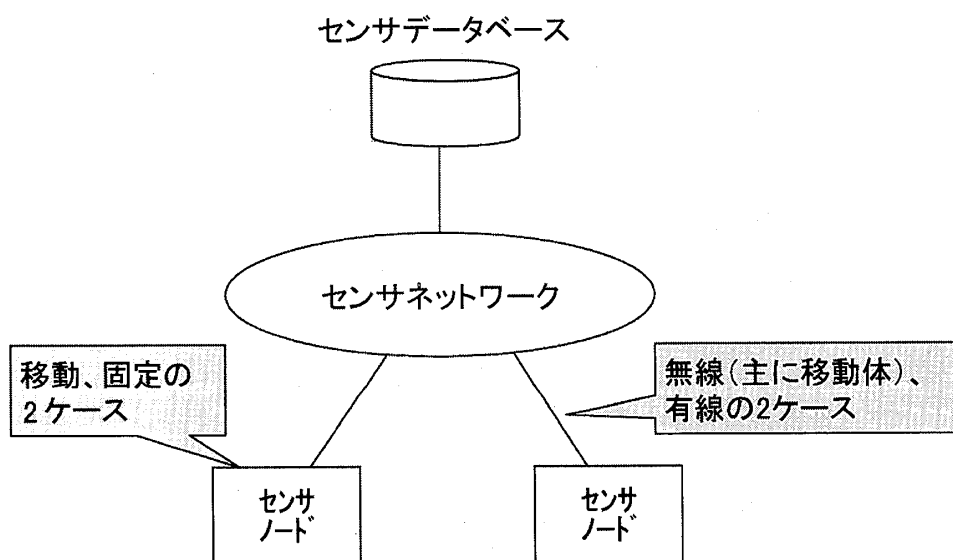


図2 利用形態(c), (d)で用いられる監視系の構成例

ているものと移動するものの2ケースが存在する。ネットワークとの接続は、固定ノードの場合は有線回線が可能であるが、センサが車輛などに取り付けられた移動ノードの場合は無線(ワイヤレス)回線となる。即ち、センサネットワークとセンサノードとの接続は有線と無線の2ケースが存在する。センサネットワークの規模としては、パターン(c)のように1つのロケーション内、家庭内などに閉じた小さなものと、パターン(d)のように地方レベルや国レベルの大きなものが存在し得る。なお、ユビキタス社会の到来に向けて総務省や研究者の間でセンサネットワークの応用や技術開発が活発に進められている[3]~[5]。

### 3. 物流におけるセンサの役割

第2章では、センサが人・モノ、あるいは周囲環境などの状況を検知するものとして、その必要性や役割、仕組み、種類、利用形態について、応用分野を意識することなく一般的に示した。本章では、第2章の整理に基づき、センサの利用分野を物流に特化し、物流における基本的課題を整理した上で、その課題を解決するためにセンサがどのように寄与し得るかの観点からセンサの役割を整理する。

#### 3. 1 物流の使命と基本的課題

##### (1) 物流の使命

物流業務はサービス業であり、顧客（荷主）から依頼された物を預かり目的の場所へ届けることが基本的な使命である。

##### (2) 物流における基本的課題

物流業者は、上記の使命を果たすために、物流に関与するそれぞれの主体の要望を効果的に満たすことが課題となる。即ち、サービスを提供する業者自身の要望、顧客の要望、社会の要望に満足裏に応える必要がある。各要望を満たすために以下の4点を実践することが基本的な課題と考えられる。

①効率の向上：いわゆるコスト・パフォーマンスの向上である。これは、物流業者自身の要望を満たすための課題である。輸送、保管、それらに付随する各種業務における無駄を極力省き、最小費用で最大のパフォーマンスを実現することである。

②品質の向上：物流品質の向上であり輸送や保管の精度や信頼性の高めることである。これは、業者が許容し得る費用の範囲で顧客の要望を満たすための課題と言える。具体的には、依頼された数量や時刻に誤りなく対応すること、破損や劣化なく届け先に渡すことなどが必要となる。なお、対応中の業務の状態の可視化や顧客問合せに対するきめ細かな対応なども品質の向上に含まれる。これは、顧客の信頼を得るためのものであり、業者の持続性（サステナビリティ）を実現する上での重要な課題である。

③安全・安心の確保：業務の安全と対象荷物の安全の2つの側面が考えられる。前者は物流業者自身の要望を満たすための課題であり、後者は顧客の要望を満たすための課題である。業務の安全確保としては事故の未然防止や良好な業務環境の維持などが挙げられる。一方、対象荷物の安全確保としては食品の腐敗や傷みのないこと、危険物・毒物混入がないことの保証などである。

④地球環境問題への対応：物流の使命を全うする際に考慮すべき課題であり、社会か

らの要望を満たすためのものである。地球温暖化防止のための温室効果ガス排出量の削減や省エネルギー化への対応である。なお、これに加えて自然災害時への迅速な対応などもここでの課題と考えられる。

### 3. 2 センサの役割

前節で整理した物流の課題の解決に寄与できると考えられるセンサの役割を表4に示す。ここでは物流業務を輸配送と保管とに分けて整理している。表4に示すように、効率向上、品質向上、安全・安心確保、環境問題対応といった物流におけるどの課題に対してもセンサの果たすべき役割が考えられる。

表4 物流において期待されるセンサの役割

物流の課題		期待されるセンサの役割	
分類	内容	輸配送	保管
効率	性能/費用比向上(業者向け): 作業・スペース効率向上	輸送効率向上に向けた車輛や荷物の監視など→輸送中の積載状況、車輛運転状況(燃費など)	保管場所や業務の効率向上に向けた監視や自動化支援→保管スペース効率、荷物の回転率、作業・搬送車の作業動線などの監視、マハン機器の自動処理化の支援(自動仕分け・ピッキングなど)
品質	精度・信頼性向上(顧客向け): 数量・時刻正確、破損・劣化なし、状態の可視化	輸送品質向上に向けた車輛や荷物等の監視→車輛の振動・衝撃、荷物の周囲環境(温湿度、照度)や盗難・紛失、車輛の周囲環境(交通渋滞など)	保管業務の品質向上に向けた倉庫や作業者の監視→倉庫での保管環境、保管期限、業務ミス(誤ピッキングなど)
安全・安心	業務の安全対策(業者向け): 事故の回避、良好作業環境の維持	輸送の(業者向け)安全対策としての車輛や荷物、ドライバの監視→過積載や危険物(爆発物、毒物)混入、労働状態の監視	保管の(業者向け)安全対策としての倉庫、機器、荷物の監視→マハン機器の危険察知(搬送車の衝突など)、危険物の混入、倉庫内作業環境
	荷物の安全対策(顧客向け): 食品の腐敗・傷み・毒物混入なし	輸送の(顧客向け)安全対策としての車輛や荷物の監視→車輛の振動・衝撃、荷物の周囲環境(温湿度、照度)、危険物混入	保管の(顧客向け)安全対策としての倉庫内の監視→倉庫での保管環境、夜間等の不正侵入、危険物流混入
環境	温暖化対策(社会向け): 温室効果ガス削減、省エネ化、自然災害時の対応	輸送時の環境対策としての車輛や周囲状況の監視など→温室効果ガス排出状況、燃料消費、自然災害等異常発生	保管時の環境対策としての倉庫内の監視など→省エネ化に向けた機器の状況、自然災害等異常発生

## 4. 物流におけるセンサ活用事例

物流分野においてはセンサが色々なところで活用されていると考えられる。本章では、物流の現場で知られているセンサの活用例の中で注目すべきもの4件を取り上げ、それらの概要を紹介する。下記4件のうち、(1)と(2)は輸配送関係、(3)と(4)は倉庫(センタ)内作業の関係である。

#### (1) 車輛運行状況のリアルタイム監視システム：各種専用センサの活用

これは、特に輸送用トラックを対象に、車載器として車輛の各所に取り付けられた各種センサなどから車輛の運行状況に関する情報をリアルタイムに収集し、分析・診断した結果をドライバや関連社に指示するシステムである。このシステムは、効率化、安全

対策，かつ環境対策のそれぞれの課題に対応している。

(2) 荷物の輸送状況監視システム：温度，湿度，照度，衝撃等のセンサの活用

これは，輸送中荷物の周囲環境を監視するシステムである。ひとつは，生鮮食品輸送中の周囲温度の状況が無線センサネットワーク経由でセンタへ送るシステムである。もうひとつは実験レベルのものであるが，コンテナに積まれた荷物の周囲環境として温度，照度，衝撃などをセンサーロガーとして連続的に監視するシステムである。

(3) 自動仕分けシステム：光センサの活用

これは，ベルトコンベアに載せられて流れる貨物のQRコードをセンサで読み取り，マテハン機器との連動で自動的に方面別仕分けを行うシステムである。

(4) 誤ピックアップ防止システム：光センサの活用

これは，ピックアップ棚の前面に張られたセンサ込みのスクリーンが作業者の腕に付けた反射バンドに反応してピックアップ位置を確認しピックアップミスを検知するためのシステムである。

4. 1 車両運行状況のリアルタイム監視システム

図3はドライバの事故防止や燃費の節約を狙いとしたリアルタイム運行情報システムの一例である<sup>[6][7]</sup>。ブレーキ，ギヤシフトの操作データや燃料の流量など運転操作に関する情報が，トラックに搭載された車載器から情報センタへ携帯電話回線によりリアルタイムに転送される。センタではこれらの情報が解析・診断され，その結果がわか

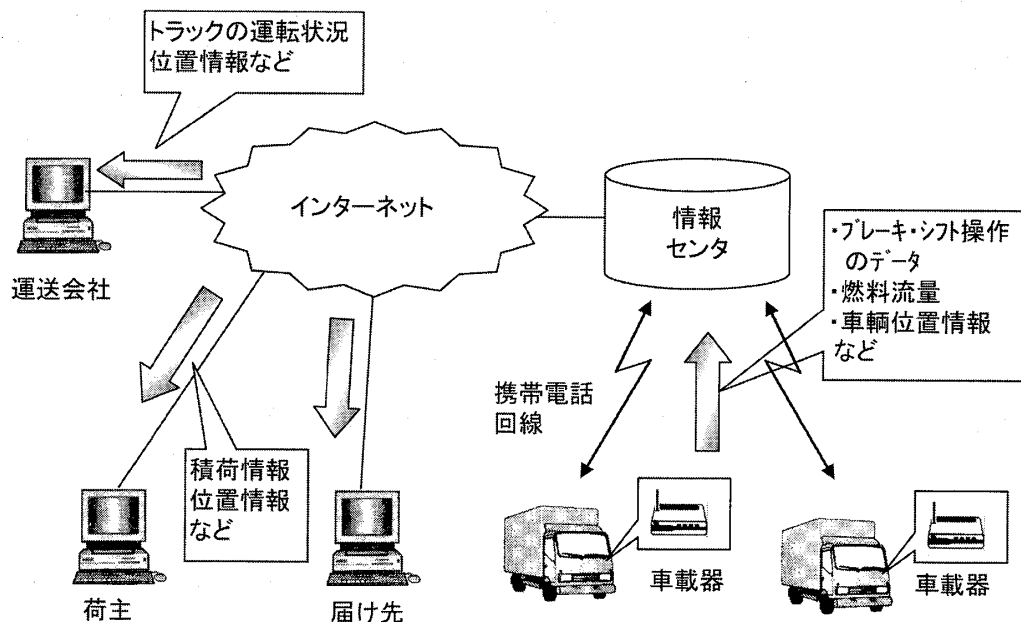


図3 リアルタイム車両運行状況監視システムの例<sup>[6][7]</sup>



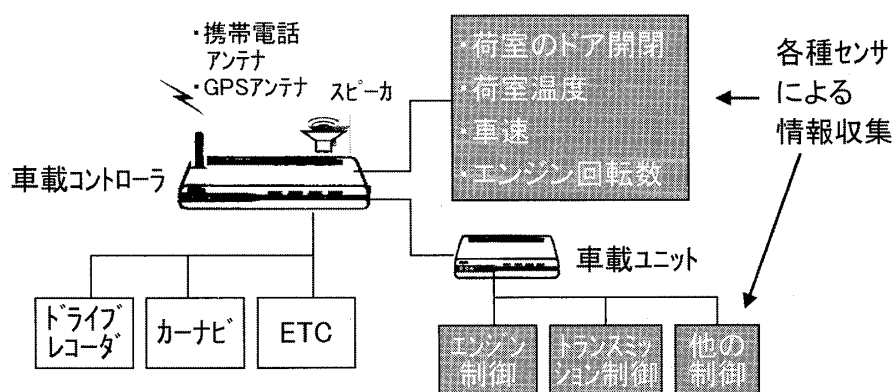


図4 車載器の概略構成<sup>[7]</sup>

りやすい図表や点数で利用者にWeb経由で提供される。定期的にデータを分析し車輛の部品の劣化度合いを推定し実際に故障が起こる前に予防整備の必要性が指摘されたり、運行データを基に燃費効率を高める運転法が助言されたりする。このシステムは、効率化、安全促進、環境調和のそれぞれの課題に寄与し得る高度なシステムとして運用されている。図4は各車輛に取り付けられる車載器の構成<sup>[7]</sup>である。車載器では、各種の専用センサや周辺機器（カーナビ、ドライブレコーダ、ETCなど）からの情報が車載コントローラ（注：運転席に取り付けられる）に集められ携帯電話回線により情報センタへ送信される。また、車載コントローラに接続された液晶画面やスピーカによりドライバーへの助言やエコ点数などが伝えられるようになっている。なお、各種センサからの情報収集は車内に構築されたネットワークを経由して行われている。

#### 4. 2 荷物輸送状況の監視システム

図5は食品輸送中の温度監視システムの一例<sup>[8]</sup>である。無線センサネットワーク（ZigNET、日立プラントテクノロジー）を活用している。車輛に積まれた荷物の各所に温度センサが取り付けられ、センサで検知した温度情報は、無線センサ端末（ZigCube）経由で運転席のデータ監視装置（SolidBrain）へ集められる。データ監視装置は、受信したデータをその場に表示したり携帯電話回線により遠隔の管理センタへ送信することができる。

一方、図6はコンテナ内の荷物の輸送中の監視例<sup>[9]</sup>である。コンテナ内の図示の場所に温湿度センサ、照度センサ、衝撃センサが取り付けられ、センサロガーとして連続的な監視が行えるように構成されている。但し、これはRFIDタグ利用実験において試験的に運用されたもので実用化はこれからである。

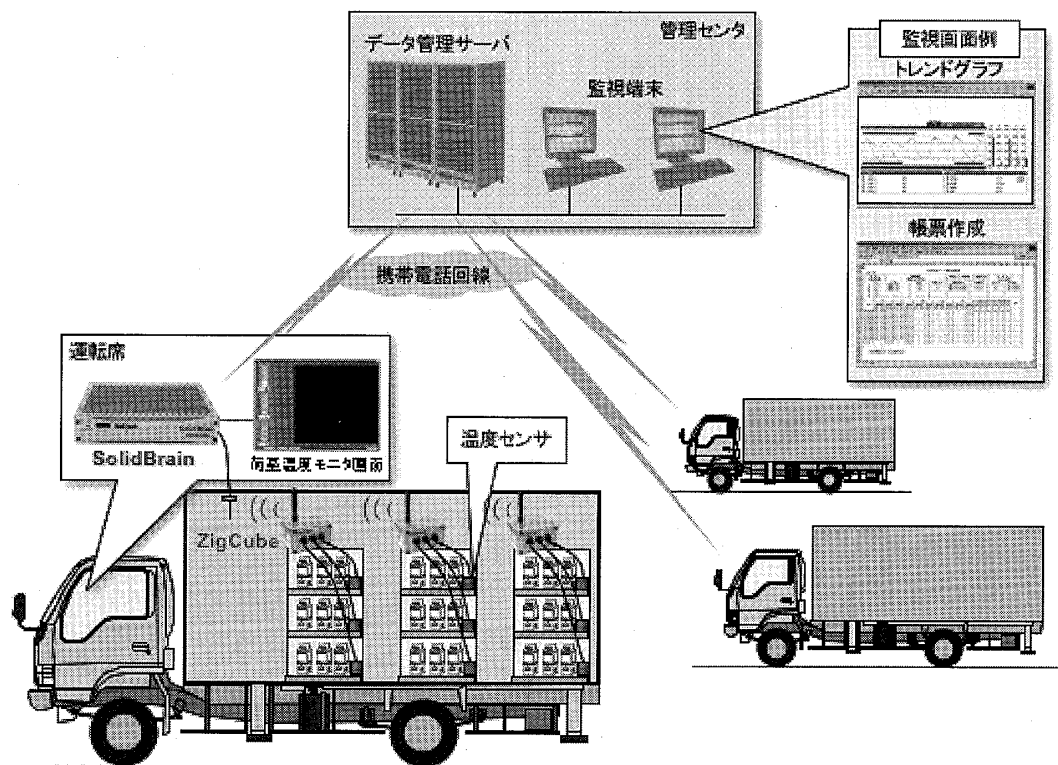


図5 温度センサによる荷物輸送状況の監視（無線センサネットワーク利用<sup>[8]</sup>）

### センサーロガー

- ・ 温湿度センサー: コンテナ内に3個を配置(奥側、中央、入口付近)
- ・ 照度センサー: コンテナ内の右側ドア付近側壁に1個
- ・ 衝撃センサー: コンテナ入口付近に1個(固定取り付け)

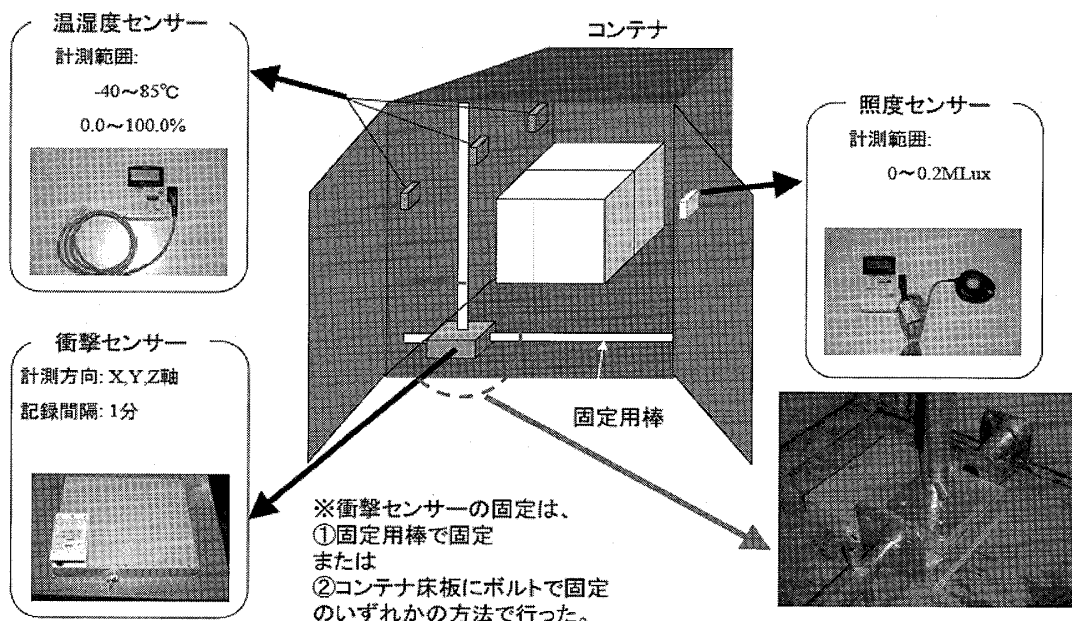


図6 コンテナ内荷物の輸送状況の監視<sup>[9]</sup>

#### 4. 3 倉庫内での自動仕分け及び誤ピックアップの防止

図7は倉庫業務を効率化するためのものであり、ベルトコンベア上に載せられて流れている種々の方面行きの貨物がそこに貼付されたQRコードを光センサで読みとることによって自動的に仕分けされる例<sup>[10]</sup>である。この種の自動仕分けシステムは、多くの物流センタで採用されており、特に珍しいものではない。

また、図8は誤ピックアップを自動検出するシステム例<sup>[11]</sup>である。例えば、自動車を組み立てる際の部品のピックアップに利用されたりしている。ピックアップ棚の仕切られた各位置の正面には光スクリーン（光センサ込み）が取り付けられている。一方、ピックアップ作業者は腕に反射リストバンドを巻いて作業を行う。ピックアップのために作業者が棚に腕を近づけると光スクリーンが反射バンドに反応し位置が特定され、それによりピックアップミスの有無を確認できる。誤った場所からピックアップを行おうとするとブザーが鳴って作業者に知らされるようになっている。

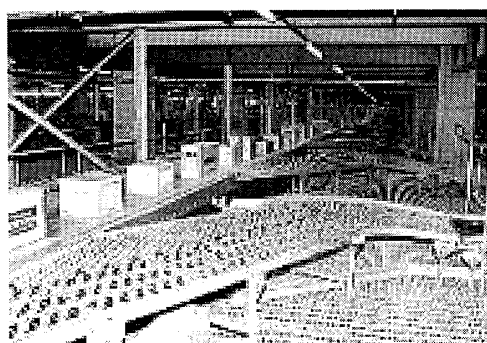


図7 自動仕分け機の例<sup>[10]</sup>

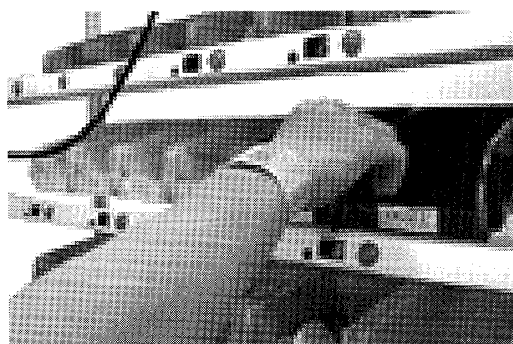


図8 誤ピックアップ防止システム<sup>[11]</sup>

#### 4. 4 その他の事例

以上に紹介した事例の他に、輸配送、倉庫の業務に関連するセンサ活用事例として、以下のようなものがある。

##### (1) 輸配送業務に関連する事例

①車輦に関する監視を行うもの：トラック荷室内の積載状態を超音波センサで監視し管理するシステム、荷崩れや盗難に対応するためにカメラにて荷物映像を監視するもの、パチンコ台などの高価な遊技機を輸送する際のドアの開閉を監視カメラや防犯センサで検知するものなどが知られている。

②荷物に関する監視を行うもの：爆弾探知センサ（化学物質、生物物質、核物質を検知）により、コンテナ内の危険物を監視するものなどがある。これは、下記(2)の倉庫の方にも関連している。

## (2) 倉庫（物流センタ）業務に関連する事例

①作業者に関する監視を行うもの：作業員たちの足首などに特殊センサーを装着して作業動線を監視し作業行動を分析するためのシステム<sup>[12]</sup>がある。

②マテハン機器に関する監視を行うもの：超音波センサにより自動搬送車の衝突防止を行うものなどがある。

③倉庫に関する監視を行うもの：照度センサ，監視カメラ，人感センサ，赤外線センサにより，倉庫のドア開閉，不正侵入を監視するもの，人感センサにより人がいないときには自動消灯するようにしたもの（阪神物流センタ）<sup>[13]</sup>などがある。

## 5. 活用レベルの検証と今後の展望

第4章で示した現状のセンサ活用事例を，第3章で整理したセンサの役割（表4）と対応づけて示し，現状の活用レベルの検証を行う。検証結果に基づき，今後期待される活用法を明らかにし，今後の展望を述べる。

### 5. 1 活用レベルの検証

表5に現状の物流におけるセンサの活用状況を表4と同様の形式で示す。表5では，各課題に対応する活用状況の下の方に，センサの活用レベルを◎（かなり進んでいる），○（進んでいる），△（やや遅れ気味）で示すとともに，★印をつけて今後期待されるセンサ活用法の項目を示している。顧客の要望を満たすための課題である品質向上や荷物の安全対策においてセンサの活用が進んでいると考えられる。しかしながら，物流のほとんどの課題の解決に向けセンサの更なる活用が期待される。

### 5. 2 今後の展望

今後期待されるセンサの活用法としては表5に★で示した項目が考えられる。以下，これらについて概要を述べる。

#### (1) 効率向上

①積載状況の遠隔監視：輸配送の効率化の一環として単位走行距離当たり運ぶ荷物量を車輛の荷物容量の範囲で大きくできることが望ましい。積載率を測定するセンサを車輛に取り付け輸配送における積載率データを蓄積することにより効率化に向けてのフィードバックをかけられるようにしていくことが有効と考えられる。

②倉庫の保管効率や荷物の回転率の監視や自動ピッキング支援：倉庫のスペースが有効に利用されているかをカメラで監視し，空きスペースの有効利用に向けた改善を図っ

表5 物流におけるセンサの活用状況と当面の課題

物流の課題		物流業務					
分類	内容	輸配送			保管		
		監視対象	適用センサ	利用形態	監視対象	適用センサ	利用形態
効率	性能/費用比向上 (業者向け): 作業効率向上	・車輛: 積載率・実車率 ・人(ドライバー): 燃費(急ブレーキ・発進等)	・カメラ, 超音波 ・専用センサ	・(c) ・(c)(d)	・荷物: 仕分け先、 ・人, 搬送者: 作業動線	・光 ・位置センサ	・(a) ・(b)
		○(★積載状況の遠隔監視)			○(★倉庫の保管効率や荷物の回転率の監視、自動ピッキング支援)		
品質	精度・信頼性向上 (顧客向け): 数量・時刻正確、破損・劣化なし	・車輛: 振動/衝撃 ・荷物: 盗難/紛失, 不正開封, 荷崩れ	・加速度 ・防犯, カメラ	・(c) ・(a)	・人: 作業(ピッキング等)ミス ・盗難/紛失, 不正開封 ・保管環境	・光 ・防犯カメラ ・温湿度など	・(a) ・(c) ・(c)
		○～◎(★ITSとの連携: 安定した輸送時間)			○～◎(★保管期限の監視)		
安全・安心	業務の安全対策 (業者向け): 事故の回避, 良好作業環境の維持	・荷物: 混入危険物(爆発物, 毒物)	・爆弾探知(化学/生物/核物質)	・(a)	・マテハン機器: 搬送車衝突 ・荷物: 混入危険物 ・倉庫環境: 空調、照度、振動、騒音、異臭	・超音波 ・爆弾探知 ・温湿度, 照度, 加速度, 音, ガス	・(a) ・(a) ・(c)
		△(★過積載、ドライバーの労働状況の監視)			○(★作業事故回避のための監視)		
環境	荷物の安全対策 (顧客向け): 食品の腐敗・傷み・毒物混入なし	・車輛: 振動・衝撃 ・荷物: 周囲温湿度, 混入危険物	・加速度 ・温湿度, 爆弾探知	・(c) ・(a)(c)	・倉庫: 夜間等の不正侵入, 危険物混入	・カメラ, 人感, 赤外線	・(c)
		◎(ほぼ考慮されている)			◎(ほぼ考慮されている)		
環境	温暖化対策(社会向け): 温室効果ガス削減、省エネ化	・人(ドライバー): 燃費(急ブレーキ・発進等)	・専用センサ	・(c)(d)	・倉庫: 無効電力消費	・照度	・(c)
		△(★ガスの排出状況、自然災害時への対応)			△(★省エネ監視強化、自然災害時への対応)		

(注) センサの活用レベル ◎: かなり進んでいる, ○: 進んでいる, △: やや遅れ気味

ていくことが考えられる。また、スペース毎に荷物の倉庫内滞在時間のデータをセンサの活用により収集し、回転の速さと倉庫内保管場所との最適な対応づけを行うことも有効と考えられる。また、人手作業が複雑なバラピッキングなどを複数のロボットがネットワークでつながれて協調動作を行う、いわゆる「ネットワークロボット」<sup>[14]</sup>を応用して半自動化することなどが今後の新たな試みとして考えられる。

(2) 品質向上

①ITS (Intelligent Transport System, 高度道路交通システム) との連携: 輸配送業務は依頼された時刻あるいは運行計画で指示された時刻の通りにものを届けることが基本的かつ重要な使命である。どんな場合にも安定して予定された時刻が守られることが品質の向上につながる。トラック輸送の場合、渋滞や事故などの外的要因により届け時刻等に影響が出やすい。現在、国土交通省を中心に検討が進められている道路上に取り付けられたカメラを利用したITSの新たなサービス<sup>[15]</sup>を積極的に活用し品質向上につなげていくことが有効であると考えられる。

②倉庫における保管期限の監視: 保管のための品質の向上のためには、倉庫や物流セ

ンタ内に一旦置かれた物品をきめ細かく監視する必要がある。物品の周囲環境である温度、湿度、塵埃、振動・衝撃などの監視は珍しくはないと思われるが、それに加えて保管期限の管理にセンサを活用するようなことも考えられる。倉庫内の納入品には通常保管期限が設定される。例えば、納入されたものを期限ごとに色分けなどで区別して棚に保管し色対応に配備されたセンサで残数を確認する、というような管理により品質の向上を図ることも考えられる。

### (3) 安全・安心の確保

①過積載、ドライバの労働状況の監視：業者向けの安全対策として大きな事故につながる過積載などは圧力センサなどで検知できるようにしておくのがよい。自動的にアラームが出るようにして事故を回避する仕組みが有効と考えられる。一方、ドライバの安全・安心につながるセンサの活用法として過労な状態などの監視が行えるようになると有効であると考えられる。運転中の居眠りなども大事故につながる恐れがある。ドライバの運転状態を監視する専用センサの研究開発も行われているようであり、居眠りを検知したり、防止したりするセンサの活用が安全・安心の面から期待される。

②作業事故回避のための監視：一般に倉庫や物流センタには種々のマテハン機器が動作し、見通しも決して良くはなく、大きな騒音の中での業務が強いられる場合がある。このため、作業事故の比較的起こりやすい環境であると言える。倉庫やセンタ内での作業事故を回避するために、センサの積極的な活用が期待される。例えば、近づくと危ない部分には距離の接近や人の接近を検知するセンサを設置するなどの対策が有効と考えられる。棚の積荷の落下の恐れを知らせるセンサなどの活用も必要であろう。倉庫やセンタの特徴を把握し、そこに潜む危険を察知し、事故を未然に防ぐためのセンサ活用の必要性は高いと考えられる。

### (4) 環境対策

①温室効果ガス排出状況、自然災害時への対応：わが国で排出される温室効果ガスの約1割を運輸部門が占めている。物流に用いるトラックから排出される温室効果ガスを減らすために、モーダルシフトや共同配送などの対策が講じられているものの物流におけるトラックの利用は依然として多くの割合を占めている。輸配送の過程での排出量をセンサにて監視しデータとして蓄積し、分析することにより、削減に向けた改善実施のトリガにすることが重要であると考えられる。一方、多くのセンサを多地点に設置し、地震や火山の噴火などの発生や被害状況などを把握できるようなワイヤレス・センサネットワークの研究が進められている。自然災害発生時の被災地への物資の補給といった非常事態物流のあり方を明確にすることは今後の重要な課題と考えられる。そのため、センサネットワークと物流とを連携させた非常事態物流の明確化に向けた積極的な検討

が期待される。

②省エネ監視強化，自然災害時への対応：環境対策として倉庫やセンタにおける省エネ化の促進は重要な課題であり，それに寄与するセンサの活用が期待される。現状でもある物流センタでは人がいない時を自動で検知して消灯するような取り組みが行われている<sup>[13]</sup>。太陽光発電との併用も考えられる。エネルギーの節約できる箇所を抽出し，センサの活用によるきめ細かな制御により省エネ化を強化することが重要な課題と考えられる。一方，自然災害時への対応については，輸送と同様に，センサネットワークの活用による連携プレーの実現が期待される。災害発生を検出した際の，倉庫やセンタとしての対応を考えていくことも今後の重要な課題と考えられる。

以上のように，センサの今後の活用としては，直ぐに導入できそうなものから検討により活用の仕方などを明確にした上で導入されるべき近未来的なものまで，色々なフェーズのものが考えられる。

センサネットワークは現在ニーズ指向で検討が進められ，併行して応用を模索している状況であるが，これまでのセンサはほとんどがニーズ指向で開発され利用されてきている。物流分野における活用を考える場合，センサネットワークの動向も睨みながら物流におけるニーズを明確にし，対応するセンサあるいは関連ネットワークなどが存在しない場合，新たに開発して用いていくこととなるだろう。

## 6. むすび

以上，本稿では，人・モノの状況や周辺環境の状況などを検知・認識するセンサの開発や利用が進んでいることに着目し，さらに物の輸配送や保管などを基本機能とする物流への活用も期待されることから，物流におけるセンサ活用の現状と今後の展望について述べた。

まず，センサの概要として，その必要性と役割，仕組み，センサの種類と用途例，利用パターンについて一般的に整理した。続いて，物流分野に焦点をあて，物流の使命を果たすための基本的課題を整理した上で，その課題の解決にセンサがどのように寄与し得るかの観点から物流分野におけるセンサの果たすべき役割を整理した。さらに，物流の現状における主要な活用事例として車輛運行状況や荷物輸送状況の監視といった輸配送に関連するもの，仕分けの自動化やピッキングミスの自動検出といった物流センタ業務に関連するものなどを紹介した。そして，現状のセンサ活用レベルを前述の物流におけるセンサの役割の整理と対応づけて整理することにより，今後期待される活用法を抽出し，今後の展望として抽出した各活用法の概要を述べた。

本稿ではセンサを取り上げ、特に物流への応用という観点から論じた。センサは単独で閉じて利用される場合もあるが、物流のように、地理的に広がった空間を対象とし、種々の輸送手段が種々の荷物を取り扱う点に特徴があるシステムの場合、他のIT(情報技術)と連携させることにより、効果がより高まると考えられる。物の個体管理のための技術として多くの分野で実験・実用化が進みつつあるRFID(Radio Frequency Identification)、あるいはGIS(Geographic Information System)やGPS(Global Positioning System)、ITS(Intelligent Transport System)などの関連技術との連携による活用法についても明確にする必要がある。

#### 参考文献・サイト

- [1] 活躍の場広がる各種センサー, 日経産業新聞, 2007.9.26, 28面.
- [2] 応用分野を広げるセンサー, 日経産業新聞, 2008.6.23, 20面.
- [3] セキュリティとセンシング調査研究委員会:安全・安心のためのセンサ技術, 海文堂出版, 2006年6月.
- [4] 阪田史郎:ユビキタス技術 センサネットワーク, オーム社, 2006年8月.
- [5] 総務省:ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会最終報告書, 平成16年7月, [http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040806\\_4\\_b2.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040806_4_b2.html).
- [6] 高度運行情報システム みまもりくんオンラインサービス, <http://www.isuzu.co.jp/cv/cost/mimamori/index.html> (ISUZU).
- [7] 畠精一, 犬伏篤史:リアルタイム運行情報システム, FUJITSU, Vol.59, No.4, pp.359-364, 2008年7月.
- [8] 無線センサによる食品輸送中の温度監視, <http://www.hitachi-pt.co.jp/products/si/zipnet/model/foodtransport.html> (日立プラントテクノロジー).
- [9] 日本物流団体連合会, 三菱総研:物流業界における電子タグ等の活用実証実験~国際コンテナ物流~, 平成17年6月.
- [10] [www.trinet-logi.com/kanagawa080702.ppt](http://www.trinet-logi.com/kanagawa080702.ppt) (トライネット・ロジスティクス).
- [11] ポカヨケスクリーン, [http://www.aioisystems.com/product/pokayoke\\_screen.html](http://www.aioisystems.com/product/pokayoke_screen.html) (アイオイシステム).
- [12] 作業行動調査分析システム, <http://logi-labo.jp/visit/post-110.html> (DSS).
- [13] 阪神物流センターの稼動について, <http://www.suzuken.co.jp/company/news/07-10-26.pdf> (スズケン).
- [14] 萩田紀博:ネットワークロボット概論, 電子情報通信学会誌, Vol.91, No.5, pp.346-352, 2008年.
- [15] 道路上における情報提供サービス, <http://www.its.go.jp/ITS/j.html/whatsITS/3services1.html> (国土交通省).