

物流センター効率化ソリューション

Solution for Improving Efficiency in Distribution Centers

高木 秀記 TAKAKI, Hideki

近年、物流センターは、ジャスト・イン・タイムサービスなどのさまざまな物流サービスへの対応が要求され、機能が高度化するとともに大規模化している。一方、物流センター現場の作業はいまだに人手作業中心のため、運用に即した効率改善の仕組みが必要である。従来の仕組みでは効率改善が難しい通過型センターに対応し、富士電機は次の三つの機能で属人化の解消や効率運用を実現する物流ソリューションを提案している。物流センターを出入りする物量を予測する物量予測機能をはじめ、最適化計画立案を支援する運用支援機能、制約時間内での輸配送完了などを行う車両誘導機能である。

In recent years, distribution centers have become advanced in functionality and large scale in order to meet the needs of various distribution services such as just-in-time service. Meanwhile, distribution center works still rely heavily on manual labor, and thus, they are in need of a more efficient system adapted to the actual operation. For transfer centers which have struggled to improve efficiency by using the conventional system, Fuji Electric is providing a distribution solution based on the following three functions to eliminate dependence on individual operator skills and improve operation efficiency. The functions include a “transportation amount prediction function” for predicting the amount of transportation arriving and shipping at distribution centers, an “operation support function” for helping develop optimal plans, and a “vehicle guiding function” for completing transportation/delivery operations within time constraints.

1 まえがき

近年のオムニチャネルやネットショップにおける即日配達、ジャスト・イン・タイムサービスなどの物流サービスの高度化に伴い、国内貨物輸送分野はトラック（車両）輸送への依存度を高くしている。トラック輸送による物流サービスの車両運行・運用の要となる物流センターの投資件数・額、延床面積は増加傾向にある。

物流センターには、通過型（TC型）センター、在庫型（DC型）センターおよび通過／在庫型（TC/DC型）併用センターがある。DC型センターには、倉庫管理システム（WMS：Warehouse Management System）と配車・配送計画システムを組み合わせることにより、在庫管理と車両運行を効率的に行うパッケージソフトウェアやシステムなどが提供されている。

しかしながら、従来のこのようなパッケージソフトウェアやシステムなどでは、荷扱量が1日数十万個で50以上のトラックバスを持つ大規模なTC型センター内においては有効に機能していない。

本稿では、大規模なTC型センター向けに富士電機が提供する“物量予測機能”“運用支援機能”および“車両誘導機能”からなるシステムによるソリューションについて述べる。

2 物流センターの課題

図1に物流センターにおける作業の概要を示す。仕分けなど一部を除いて、ほとんどの作業を人手に頼っているのが現状である。

物流センターには、車両発着状況や設備稼働状況などのさまざまな外乱や、時間帯別物量、積込みトラックバス別物量などの変化する物量がある。したがって、センターの運用を効率化するためには、これらの外乱や変化する物量に応じて人を配置することが重要である。

物流センター（主にTC型）における主な課題は次の3点である。

(1) 物流センター運用の属人化の解消

DC型センターでは、センターの在庫に対して確定した

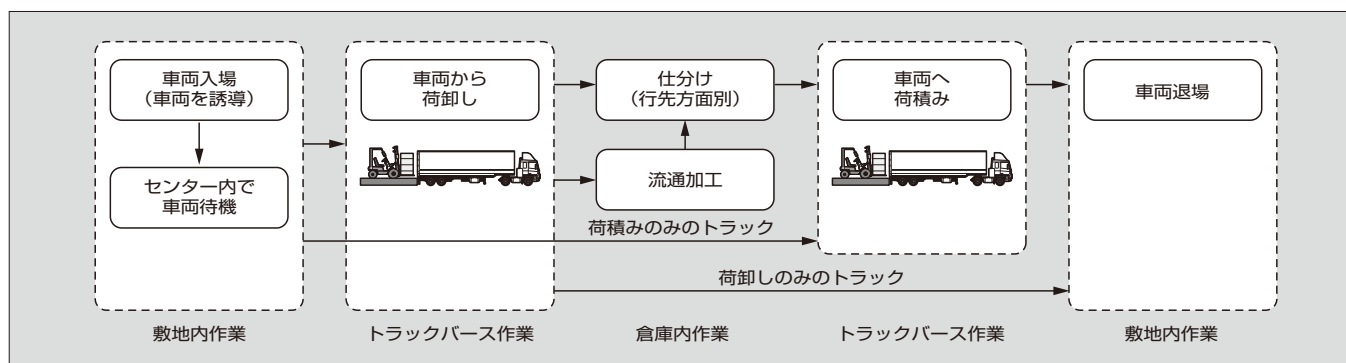


図1 物流センターにおける作業の概要

発注量が把握できる。どのような輸送を行うかある程度事前に計画することができるので、センターの運用計画（人員、車両手配）が立てやすい。

一方、TC型センターでは、図2に示すように物流ネットワークの中間の位置付けにあるため、物流センターを出入りする物量の把握が輸送する直前まで分からない。複数の人が複数の店でネットショッピングを行い、各自個別に当日を含む配達日時を指定する場面を想定すれば、輸送する物量を事前に予測できないことは明白である。多くの場合は、物流センターの特定の人が、属人的な経験によるやり方で人員や車両手配などの計画を立てているのが実情で、データの見える化（作業効率や通過荷物の個数実績など）のレベルも十分ではないことが多い。

(2) 輸送時間制約の強化への対応

荷積みするため、同じ時間帯に複数のトラックが物流センターに到着する場合、予定された時刻までに各トラックが積み荷の配達を完了するように、移動距離を勘案しながら車両誘導を行うなどの必要がある。

(3) 物流センター内の要因によるトラックの渋滞の解消

最近では、物流センターが大規模化して、出入りする物量が1日当たり100万個レベル（トラックで200台/時

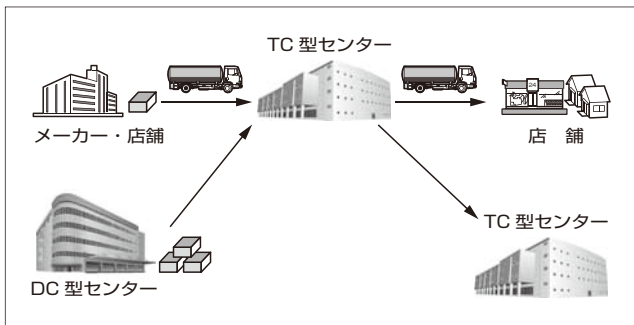


図2 物流ネットワークの概要

表1 課題とソリューションの関係

解決する課題	物流ソリューション		
	大機能	中機能	連携センサ、連携システムほか
○物流センター運用の属人化解消	運用支援	外部連携	人事系管理システム（作業員情報など）
		人員計画	荷物位置センサ人位置センサ、作業実績端末
		設備稼働計画	設備（PLCなど）
○輸送時間制約の強化への対応 ○物流センター内の要因によるトラックの渋滞の解消	車両誘導	外部連携	トラック運行管理システム（外部システム、トラック発着予定）
		トラック状態管理（位置・状態）	車両位置センサ
		トラック誘導	表示機
○物流センター運用の属人化解消 ○物流センター内の要因によるトラックの渋滞の解消	物量予測	-	輸送実績管理システム（外部システム） 車両誘導機能、運用支援機能

間）になることもある。種々の原因による物流センター内での車両滞留がセンター外の近隣道路の渋滞を引き起こし、社会問題化するリスクがある。

これらの課題を解決し、物流センターの運用を効率化する富士電機の物流ソリューションの機能を表1に示す。

③ 課題を解決する物流ソリューション

②章で述べた課題解決のため、富士電機が提供する物流ソリューションは、次に示す三つの機能により、属人化の解消や効率運用を実現する。

物流センターを出入りする物量を予測する“物量予測機能”，物量予測と各種センサ情報と連携して人員や設備稼働の最適計画立案を支援する“運用支援機能”，両機能を組み合わせて、制約時間内での輸送完了や渋滞を解消する“車両誘導機能”である。

3.1 物量予測機能

物量予測機能は、物流センターを出入りする物量を過去の実績から予測するものである。予測した物量は、物流センターにおける車両誘導、人員や施設稼働計画を立案する上でベースとなる重要情報である。

本機能は、過去実績データとリアルタイムデータとの差を見える化でき、前年同月同曜日や同年前週同曜日の過去実績データを基に、当日のリアルタイムデータによる補正を加えることにより、1日当たりの誤差が5%未満の高精度な物量予測が可能である。また、行先別に見える化することができ、物流センターの運用管理者の判断業務を支援することができる。

今後は、さらなるデータ傾向分析や各種予測技術（指数平滑法・移動平均法、回帰モデルなど）を組み合わせる適用し、より高精度予測と時間帯別などの細分化予測を行う研究開発を進めていく。

3.2 運用支援機能

(1) 人員計画機能

人員計画機能は、物流センターの各作業場所・工程における人員の配置計画・実績を見える化し、車両誘導機能と連携を行う機能である。

センター内での作業員情報を4.3節の方法で取得することで、作業工程ごとに式(1)により作業生産性を算出し、時間帯別の物量と合わせて式(2)により最適な人員配置計画を立案する。

$$\text{作業生産性} = \frac{\text{荷物数}}{\text{作業量}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{人員} = \frac{\text{物量}}{\text{作業生産性}} \dots\dots\dots(2)$$

物量のリアルタイムデータにより人員計画を随時補正し、作業指示への反映が可能で、予測物量とリアルタイムデータとの差があらかじめ設定したしきい値を超えたら、自動

で音声による指示を行うこともできる。

(2) 設備稼働計画機能

設備稼働計画機能は、物流センターにおける各設備の現在の稼働状況と予定を見える化し、車両誘導機能と連携を行う機能である。

設備稼働計画では、物量実績と設備稼働能力（個／時間）や故障・停止状態をPLC経由などで設備と連携することにより、現在の状況を見える化することが可能である。また、設備稼働能力と物量予測を利用することにより設備稼働計画を立案することができる。ただし、物流センターの各設備は単独で作業が完結することはあまりない。仕分け作業にソーターを用いる場合では、仕分け作業後のトラックへの荷積みは人手作業であるため、設備稼働計画と人員計画を連動させることで物流センター運用の効率化が狙えることになる。

3.3 車両誘導機能

車両誘導機能は、物量予測機能や運用支援機能と連携を行い、4.1節に示す方法で車両位置情報を取得して物流センター内外での最適な車両誘導を行う機能である。

精度のよい物量予測ができ、適切な人員・設備稼働計画ができたとしても、適切な車両誘導ができなければ物流センター運用が効率化できない。車両誘導機能は、トラックに荷卸しや荷積みのためのトラックバースを指定する機能であり、物流センターの効率的な運用にとって重要な機能である。

車両誘導に影響する因子は次に示すとおりであり、これらを総合的に判断して車両誘導を行う。

(1) 物流センター内への車両誘導に影響する因子

物流センター外から物流センター内への車両誘導に影響する因子は、次の2点である。

(a) 物流センター内の空き情報（トラックバース、待機場）

物流センター内にトラックバースと待機場の空きがない状況やセンター内での事故などの状況下で、トラックが物流センター周辺に到着すると、物流センターに入れない。周辺道路での周回や路上待機が行われ、渋滞などの悪影響を及ぼす。そのため、遠方での待機・周回などの指示を行う必要がある。

(b) 優先順位（トラック行先による時間制約）

物流センター内にトラックバースなどの空きがある場合でも、行き先によらず、到着順に物流センターに誘導すると、トラックバースの空きがなくなってしまう、行先が遠方などの時間的に余裕がないトラックを誘導できなくなってしまう可能性がある。そこで、荷卸しされる荷物の行先別物量と、トラックの行先を考慮した優先順位でトラックを誘導する必要がある。

(2) 物流センター内における車両誘導

物流センター内におけるトラックバースへの車両誘導に関する影響因子は、次の3点である。

(a) トラックバースの設定（荷卸しバース、荷積み後の

行先など）と優先順位

トラックバースには、荷卸し専用設定や、行先別設定がある。その設定が時間帯により変更される場合があり、積荷や行先などの優先順位を考慮した上で、それらの設定に合うようにトラックを誘導する必要がある。

(b) トラックバースの空き状況（空きあり、空きなし、空き予定）

荷卸しや荷積みの開始時間と作業生産性などから、トラックバースが空く時間を予測し、現在のトラック位置とトラックバースまでの運行時間を考慮して誘導する。

(c) 卸される荷物の行先別物量（仕分け時間の短縮化）

どのトラックバースに荷物を卸せば、一番早く仕分けなどの機械動作が完了するかについて、トラックバースと仕分け機器の配置などの機器構成を考慮して誘導を行う。

4 物流ソリューションを支える情報取得技術

4.1 車両位置・トラックバース空き状態情報

車両の位置や状態の情報を把握する目的は、物流センターの内外で異なる。

物流センターの外では、車両の現在位置の情報を基に、物流センターへの到着予定時間やセンター内への誘導可否を決める。そのためには、数メートル以下の位置情報の精度は不要で、一般的に利用されているGPSによる位置情報（精度10m程度）で十分である。そこで、各社から数多く提供されているGPSを使った位置情報サービスを利用する。

一方、物流センター内では円滑に車両を誘導するため、次に示す状態の把握や推定が必要である。

(a) 車両のセンター入退の把握

(b) トラックバース空き状態の把握

(c) 物流センターの敷地が広い場合は待機位置からトラックバースへの誘導時間の推定

このように、物流センター内では、車両の位置を精度よく把握する必要があり、そのために表2に示す特徴を持った各種センサにより位置情報を把握する。富士電機はソリューションとしてシステムを提供する際には、雨・ごみ、人の出入りといった車両認識を行う環境の影響を受けにくいループコイルセンサや磁気検知センサを推奨している。

物流センターの内外における位置情報と、車両の固有情報（車番、運転者、スマートフォンなど）をシステムで関係付けて車両誘導機能に利用する。

4.2 物流センター内での荷物位置情報

荷物の位置情報は、物流センターにおける作業を効率化する上で必要であるだけでなく、トレーサビリティとセキュリティの保障を行う上で必須である。

荷物の位置情報の取得には、荷物に張り付けられたバーコードをハンディターミナルで読み込んだデータ、ならびに物流現場に設置されているコンベヤやソーターなどの流

表2 車両認識センサの特性

特 徴 センサ	周辺環境への対応性		検知の特性			埋設工事
	ゴミ・汚れ・雨など (○:影響なし ×:影響あり)	周辺金属・磁気 (○:影響なし △:やや影響 ×:影響あり)	金属のみ反応 (○:可能 ×:不可)	通過検知 (○:可能 ×:不可)	検知範囲 (○:広い △:やや狭い ×:狭い)	
カメラ	×	○	×	○	○	不 要
ループコイル	○	△	○	○	○	要
磁気検知	○	×	○	○	△	不 要
光電式	×	○	×	○	○	不 要
超音波	×	○	×	×	△	不 要
照度検知	×	○	×	×	×	不 要

表3 荷物および人の位置情報の検出方法

検出方法 特 徴	IMES	BLE	RFID (アクティブ)	RFID (パッシブ)	超音波	無線 LAN (Wi-Fi)	加速度 センサ方式	カメラ+ カラーバー コード
概 要	GPS を屋内用 に拡張	Bluetooth の 電波を利用	TAG から発生 する電波を 利用	アンテナから 発生する電波 を利用	電波に替わり 音波を利用	無線 LAN の電 波を利用して 測量	TAG の初期位 置からの変位 を計算	カラーバー コードを画像 認識
認識距離 (障害物 などにより可変)	10m 程度	5 ~ 10m 程度	10m 程度	3m 程度以下	10m 程度	100m 程度 以下	100m 程度 以下	環境次第
運用性	○	△ 電池交換必要	△ 電池交換必要	○	△ 電池交換必要	× 三角計測のため 大量の認識には 向いていない	× 変位計測のため 大量の認識には 向いていない	△ 画像認識のため 環境の影響 を受けやすい
イニシャルコスト (表内での相対)	中~高	中	中~高	中	高	高	高	低
ランニングコスト (表内での相対)	高	中	高	中	高	高	高	低

通機器で検知した情報などを利用すればよい。

このようにして、物流センターで卸された荷物が複数の人手もしくは機械で搬送され、トラックに積み込まれるまでを追跡することができる。さらに、事故や盗難などで予定された構内経路以外に搬送されてしまった場合には、位置情報を得ることによってセキュリティを保証することが求められる。そのためには、表3に示すセンサ認識技術を使って常に物流センターの屋内における位置情報を取得する必要がある。ただし、これらの検出方法や仕組みには一長一短があるので、コストと要求される検出位置の精度を考慮して最適な検出方法を選ぶ必要がある。また、数十万個が通過する大規模 TC 型センターの全物量にセンサを付けて把握することは、コスト面や認識精度などが現実的ではない。

そこで、富士電機は、特別にトレーサビリティやセキュリティが必要となる貴重品や保険加入している荷物だけを対象とし、これらを物流センター内外で追跡できるようにするためのシステムの提案を行っている。スマートフォンなどの比較的導入しやすい端末で利用できる IMES (Indoor Messaging System) と BLE (Bluetooth Low Energy) を組み合わせたものである。

4.3 物流センター内の作業員情報

物流センターにおける作業員の情報を把握する理由は、次のとおりである。

(1) 作業実績管理による効率改善

取得した作業実績の見える化を行い、生産性の算出や KPI (Key Performance Indicator) などに利用して、作業効率の改善を行う。

作業実績管理による効率改善は、荷物トレーサビリティ情報と同様に、ハンディターミナルやウェアブル端末を利用した作業実績の把握が一般的である。その実績情報から日報作成や実績収集・集計を行い、効率改善の元データとした事例は数多くある。

(2) 作業動線分析による作業の効率化

人員情報を把握するためには、人員の作業実績および作業中の位置情報を時間別に取得する必要がある。

作業動線を分析することにより、作業中のムダの発見や効率化を行うことができる。従来は、作業動線を取得するためには現場での行動観察や、カメラによる分析事例が必要であった。本システムにおける作業動線のトレース対象は、荷物の数十万個と比べるとかなり少ない 100 人前後であるため、4.2 節で紹介したセンサなどが利用でき、データを自動収集できるという利点がある。

5 まとめ

富士電機の物流システムを導入することで、各種情報が見える化でき、その情報を基に的確に車両誘導を行うことができ、経験の少ない物流センター運営者でも、運営熟練

者と同等レベルのセンター運用が可能となるソリューションにつながる。本稿では、主に大規模 TC 型物流センターを対象に述べたが、中小規模の物流センターや、EC サイトを運営する企業にもメリットのあるソリューションである。EC サイトの運営会社には、富士電機が提供するトレーサビリティ情報や効率化した物流センターを利用することによる物流コストの削減などのメリットがある。また、必要な機能を選択的に導入可能とすることで、導入コスト

を抑制でき、中小規模の物流センターにも利用可能なソリューションを提案している。

今後は、図 3 に示すクラウドサービスによるソリューションを提供する予定である。また、本稿で示したシステムを、物流センターの現場状況が把握可能な設備稼働監視サービスや入退管理サービスと連携し、物流センター運用支援サービスとしてソリューションを提供していく予定である。

6 あとがき

物流センター効率化ソリューションについて述べた。物流・輸配送サービスに対する要求は、今後さらに高度で多様になっていくと予想される。物量予測や人の動線分析など、市場ニーズに合致した技術開発を行い、ソリューションを提案していく所存である。



高木 秀記

物流システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部組立・施設事業部産業流通技術部担当課長。

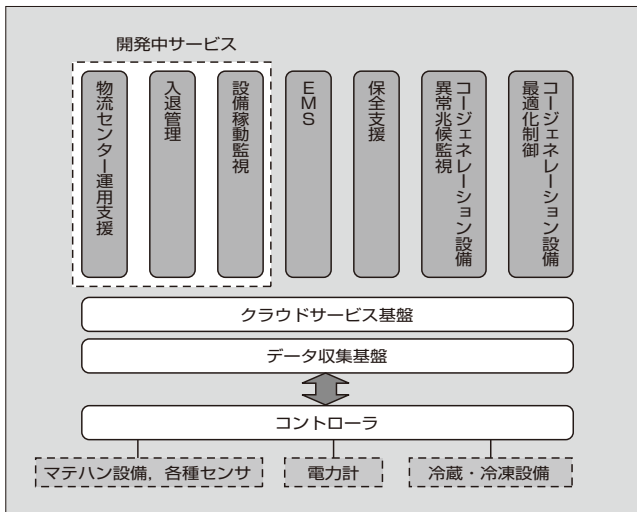


図 3 富士電機のクラウドサービスの概要





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。