

ロジスティクスにおける新技術の導入による効率化に関する研究

小野寺 正浩

目次

第 1 章 序論	1
1.1 本研究の目的	1
1.2 本論文の構成	1
第 2 章 DX を踏まえたロジスティクスの構築	3
2.1 本章の目的	3
2.2 DX の定義	3
2.3 ロジスティクスにおける DX の進展	4
2.4 物流 DX に関わるモデル式	6
2.5 物流 DX の構築における要件定義及び RFP	9
2.6 DX 導入の背景	13
2.7 物流 DX におけるテクノロジー	15
2.8 物流 DX の方向性	18
2.9 本章のまとめ	18
第 3 章 物流 DX の展開	22
3.1 本章の目的	22
3.2 本研究の背景および動因	22
3.3 物流センターにおける業務プロセス	23
3.4 物流センターにおける情報管理	27
3.5 物流センターにおける情報リスクの特徴	30
3.6 物流センターにおけるパスワード管理	30
3.7 物流 IoT におけるパレット管理	34
3.8 事例 スマートパット	43
3.9 本章のまとめ	46
第 4 章 マイクロフルフィルメントの活用による効率化	49
4.1 本章の目的	49

4.2 EC サプリメント市場拡大の概要	49
4.3 マイクロフルフィルメントセンターの構築	51
4.4 マイクロフルフィルメントセンター	53
4.5 マイクロサプライチェーンにおける物流 DX	55
4.6 企業事例	55
4.7 考察	71
4.8 本章のまとめ	71
第 5 章 物流テック企業のデューデリジェンス	74
5.1 本章の目的	74
5.2 検討の手順	74
5.3 調査の概要	77
5.4 評価手法	77
5.5 物流テック企業における M&A の判断	87
5.6 コレスポンド分析	93
5.7 本章のまとめ	95
第 6 章 パレット貨物の可視化による荷役効率の向上	99
6.1 本章の目的	99
6.2 店舗納入の概要	101
6.3 店舗の物流コストに及ぼす各種パラメータの影響検討	104
6.4 検討結果と考察	110
6.5 本章のまとめ	129
第 7 章 新技術の導入によるロジスティクスシステムの効率化	131
7.1 本章の目的	131
7.2 ロジスティクスにおける DX の構築	131
7.3 DX における情報セキュリティ	133
7.4 EC 物流における DX の導入	133
7.5 DX の推進に当たっての M&A	134

7.6 物流現場における DX の導入及び活用	134
7.7 DX の導入に至る手順	135
7.8 本章のまとめ	135
第 8 章 結論	139
8.1 本研究の結論	139

Study on the Introduction and Efficiency of New Technologies in Logistics

Summary

In recent years, advanced technologies have been introduced one after another in various areas of corporate management. Namely, the active introduction and utilization of AI, Artificial Intelligence and the device of IoT, Internet of Things devices based on big data has become a trend that cannot be ignored in the field of logistics and distribution.

This paper examines from what perspective and for what purpose the latest logistics-related technologies are being introduced to improve the efficiency of logistics systems based on the Digital Transformation.

This paper is organized into Chapters 1-8.

Chapter 1, "Introduction," describes the background, purpose, and structure of this study.

Chapter 2, "Building Logistics Based on New Technologies," presents a framework for the advancement of logistics based on the development of information and communication, and clarifies the roles and functions of new technologies in logistics and the direction of their operation.

Chapter 3, "Advancement of Logistics Infrastructure through the Introduction of New Technology," examines the effects of the introduction of rental pallet systems and discusses how logistics DX is contributing to the advancement of logistics.

Chapter 4, "Improving Efficiency through the Use of Micro Fulfillment," identifies the most significant changes resulting from the introduction of new logistics technologies. Specifically, it examines the progress of the implementation of new logistics technologies by presenting case studies of online shopping logistics companies.

Chapter 5, "Due Diligence of Logistics Technology Companies," proposes due diligence methods using technical analysis and the profit return method to evaluate the corporate value of logistics technology companies.

Chapter 6, "Improving Cargo Handling Efficiency by Visualizing Palletized Freight," examines the feasibility of introducing palletized freight delivery through numerical simulation using real data.

Chapter 7, "Improving Efficiency of Logistics Systems by Introducing New Technology," is where this study will create a process diagram for building DX in logistics based on the introduction of new technology into logistics.

Chapter 8, "Conclusion," presents the conclusions of this paper and discusses future issues.

第 1 章 序論

1.1 本研究の目的

ロジスティクスシステムの構築において、物流情報システムの導入は不可欠なものとなっている。クラウドネイティブのデジタルプラットフォームを介した物流データのアライアンスやビジビリティ並びにマテリアルハンドリング(マテハン機器)との連携がこれまで以上に進んできている。また、レガシー化したシステムからの脱却も急務となっている。

ロジスティクス領域ではこれまで IT システムをオペレーションの効率化に活用してきた。しかしながら情報システムがクラウドベースに移行してきたことを踏まえ、それに対応し刷新されたアプリケーションが求められるようになってきている。クラウド型システムの導入速度は速く、そのため従来のシステムは老朽化あるいはレガシーシステムと呼ばれる状態に陥ることが懸念されている。こうした状況を改善し、クラウドネイティブの情報システムへのデータ移管を円滑に行うためには、デジタルトランスフォーメーション(DX)の導入が求められることになる。

したがってロジスティクスの高度化において、ビジネス環境における一連のプロセスのデジタルシフトに適切に対応していく方策が求められている。

そこで本研究では、DX の導入をもとにロジスティクスシステムをいかに刷新し、効率化していくかを考察する。

1.2 本論文の構成

本論文は第 1 章から第 8 章の構成となっている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景、目的及び構成について述べる。

第 2 章「DX を踏まえたロジスティクスの構築」では、情報通信の発達を踏まえたロジスティクスの高度化について、その枠組みを示し、物流 DX 導入の方向性を明らかにする。

第 3 章「物流 DX の展開」では、レンタルパレットシステムの導入の効果を検証し、物流 DX がいかにロジスティクスの高度化に貢

献しているかを考察する。

第 4 章「マイクロフィルムメントの活用による効率化」では、物流 DX の展開においてそのもっとも顕著な変化を確認する。具体的には、ネット通販(EC)物流の動静について企業事例を紹介し、物流 DX の導入の進捗度を検証する。

第 5 章「物流テック企業のデューデリジェンス」では、物流テック企業の価値評価について、テクニカル分析及び収益還元法を用いたデューデリジェンス手法を提案し、その分析結果を踏まえて対象企業について、有価証券報告書のテキストマイニング分析を行う。

第 6 章「パレット貨物の可視化による荷役効率の向上」では、パレット納品の可能性について、実データによる数値シミュレーションを行い、その導入の可能性について検討する。パレット納品の導入における荷役効率化、ならびに店頭ロジスティクスコストの削減のプロセスを明らかにする。

第 7 章「新技術の導入によるロジスティクスシステムの効率化」では、これまで考察してきたロジスティクスにおける DX の導入とその先進事例を踏まえ、ロジスティクスにおける DX 構築の工程表を作成することとする。

第 8 章「結論」では、本論文の結論を示し、今後の課題について言及する。

第 2 章 DX を踏まえたロジスティクスの構築

2.1 本章の目的

本章の目的は、情報通信の発達を踏まえたロジスティクスの高度化についてその枠組みを示し、物流における新技術の役割と機能並びにマネジメントの方向性を明らかにすることである。物流 DX[1]に向かう潮流を考慮して、まずその定義を確認したうえで、その土台となる情報通信のモデルであるムーアの法則及びシャノンの定理に言及し、情報システムにおける要件定義についてロジスティクスの観点から考察を行うものとする。

ムーアの法則及びシャノンの定理によると、情報通信ネットワークの規模は短時間で飛躍的に増加しそれにより物流情報システムも多大な効果を楽しめると考えられる。言い換えれば、物流における情報システムは常に拡張を続けることになり、したがって、それに合わせてロジスティクスの効率化や高度化がみられる可能性が高い。すなわちそれが本論文における骨格となる仮説であり、本章でその構築について考察する。

2.2 DX の定義

経済産業省によると、DX の定義は「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」である[2]。

すなわち、紙媒体によるアナログ的なビジネス情報の伝達に変わり、デジタル媒体によるビッグデータの処理や AI 及び IoT の活用による物流情報の可視化並びに透明化を推進することにより、ロジスティクスの高度化を実現する[3]。多くの産業でデジタルテクノロジーを駆使して、従来とは異なるビジネスモデルを用いた新規参入企業が相次ぎ市場再構築が発生している。したがって競争力維持・強化のために、デジタルトランスフォーメーションを迅速に進める必要がある[4]。

2.3 ロジスティクスにおける DX の進展

ロジスティクス領域における DX の実現により,標準化並びに高度化が実現すると考えられる.すなわち図 2.1 が示すように物流 DX ネットワークが構築されることになる[5].

物流 DX の展開により,在庫管理,庫内作業などの物流環境の効率化を推進できる.すなわち庫内作業の進捗を可視化することが可能になり,それが重視される傾向にある.というのは少子高齢化の加速や外国人労働者,女性労働者などの増加により,経験値の有無にかかわらず庫内作業などを円滑に行う必要に迫られているからである[6].物流 DX の推進により,庫内環境の標準化や効率化を進めていくことができるのである.

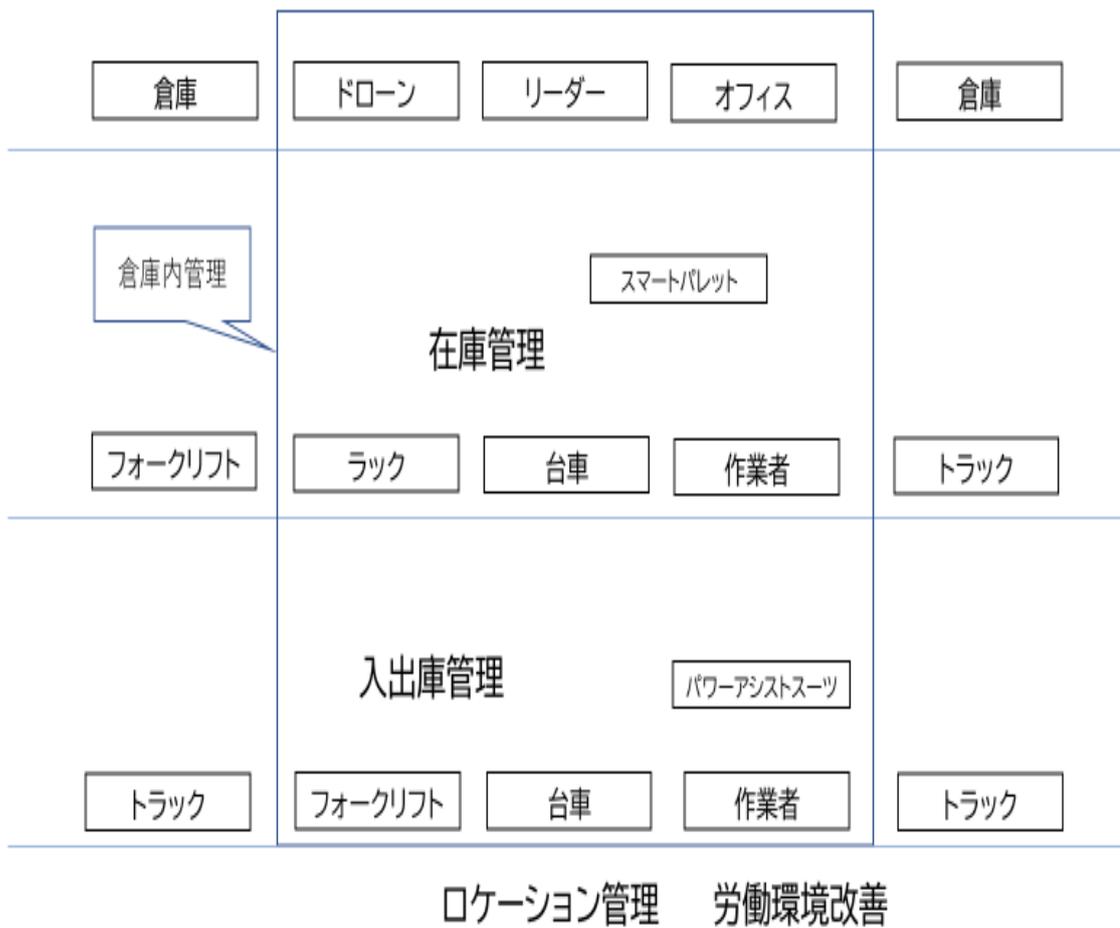


図 2.1 物流 DX ネットワークの実現 [7]

2.4 物流 DX に関わるモデル式

物流 DX を導入するうえでデジタルデータへの移管が円滑に進むということは、ムーアの法則により予測することができる。

当該法則は、物流 DX の導入におけるデジタルプラットフォームなどの社会インフラの発展性についても適用できる。すなわちムーアの法則ではメモリ容量が増加する一方で、コストは減少するというを示している。それはすなわち膨大な紙データからコンパクト化されたデジタルデータへの移管が加速度的に円滑に行われることを意味している。したがって、ここから DX が今後大きく進展することが明らかになる。次節でそのモデルを示す。

2.4.1 ムーアの法則

ムーアの法則は半導体メモリの集積度がコストに反比例して継続的に増加する経験則である[8]。諸説あるが、ここでは n 年後の集積率を p とすると、 p は n に関して指数関数的に向上するという代表的な説に従う。

$$P = 2^{\frac{n}{2}} \quad (2.1)$$

式 2.1 を図示すると図 2.2 のようになる。

ここで実線は、式 2.1 のグラフ、破線は近似曲線を表しており、マイクロプロセッサのトランジスタ数がこの法則に基づき向上していることがわかる。

すなわち式 2.1 によると、例えば 2 年後には 2 倍、5 年後には 5.66 倍、7 年後には 11.3 倍、10 年後には 32 倍ということになる。

言い換えれば、CPU(central processing unit)や SRAM, DRAM といった揮発性メモリの容量の増大や IoT デバイスの性能の向上などにも当てはまる。それゆえ現時点では、デジタルシフトが不可能な部門や完成されていない技術であっても近い未来には当然のソリューションとして活用できる。

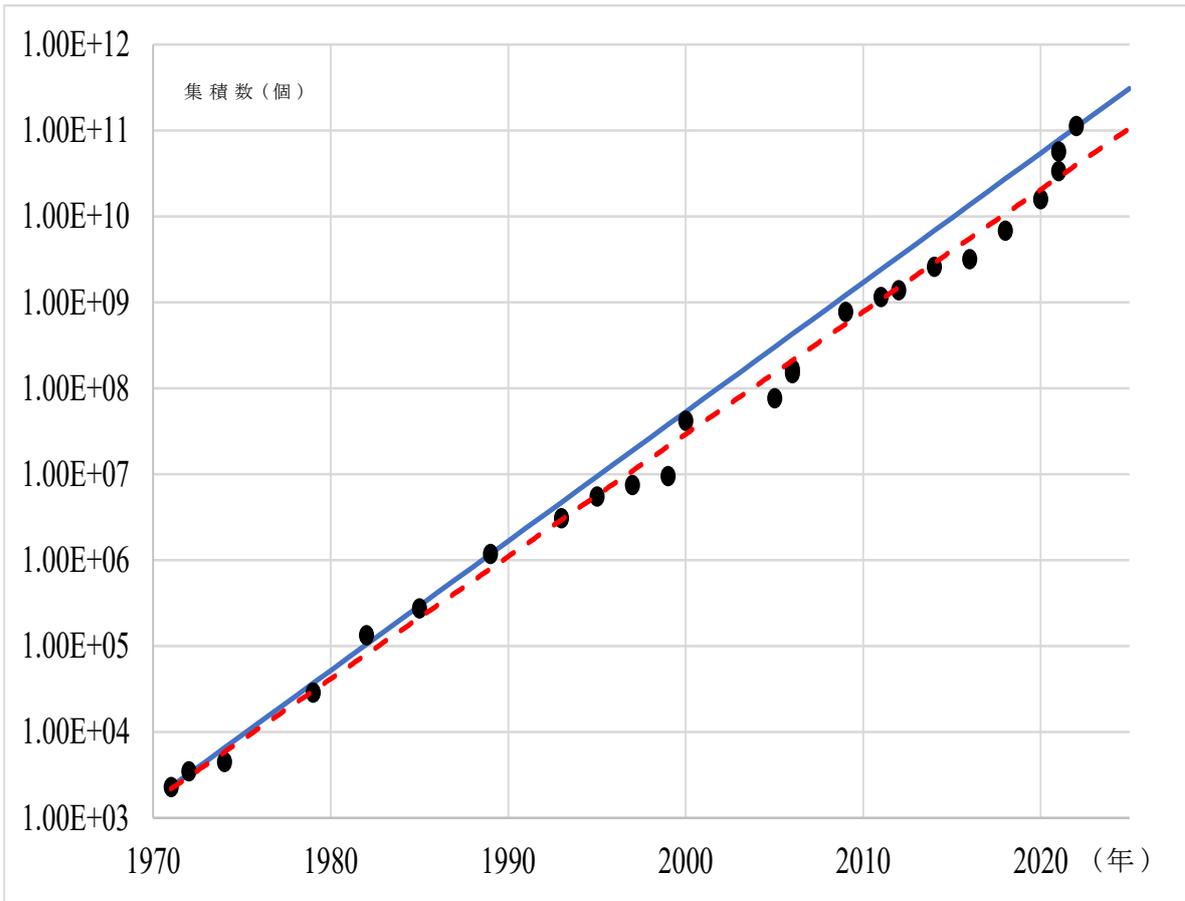


図 2.2 マイクロプロセッサのトランジスタ数の推移[9]
(方対数グラフ)

2.4.2 シャノンの定理

シャノンの定理はデジタル通信路での最大通信容量を理論的に規定しており,式(2.2),式(2.3)で表すことができる.

デジタル化における通信容量拡大の可能性の根拠を示す定理といえる.携帯電話システムなどが急速に高度化を進めてきた理論的根拠を支えている定理であるが[10],物流 DX についても当てはまると考えられる.

シャノンの通信路符号化定理では,情報の送信速度は情報の送信速度を R ,通信路容量を C としたとき, $R < C$ ならば,

$$C = \max\{H(A) - H(A|B)\} \quad (2.2)$$

となり,誤りのない情報を送るには通信路容量未満の送信速度ではならないと示している[11].

またシャノン=ハートレーの定理では,ある帯域幅での最大通信路容量を理論的に求めることが可能である[12].

すなわち通信容量路で送信できる情報の最大値は,通信路の帯域幅と信号の強さとノイズの強さの比によって決まるというものである.携帯電話はこの数十年高速化が進んできたが,その理論的根拠を支える定理といえる.

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (2.3)$$

ここでは,

C :通信路容量

R :情報送信速度

$H(X)$: X を知るための情報量

$H(X|Y)$: Y を観測後に X を知るための情報量

B :通信路の帯域幅

S :信号の平均の強さ

N :正規分布ノイズの強さ

である.

すなわち、デジタル通信路での最大通信容量が拡大することにより、より多くのユーザーが利用可能になる。そのため可能な限りの広域な周波数帯域を獲得することで、通信の高度化が一層進むことになり、それに合わせて物流情報システムの発達も可能になると考えられる。したがって、シャノンの定理が物流 DX による情報ネットワークの拡張を支える重要な定理とみなされるのである。

2.5 物流 DX の構築における要件定義及び RFP

情報システムの構築においては、その上流工程である要件定義の綿密な生成が必要不可欠となる。その生成のプロセスとしては、まず物流現場における課題を抽出し標準化することにより、その課題を解決しその解決に至る一連の手順をフローチャートの中に落とししていく必要がある。この手順を綿密に行うことにより、緻密な要件定義を完成させるのである。要件定義では、ユーザーと開発サイドが双方で合意した内容を要件定義書としてまとめる。さらに RFP では、納期や調達条件などを記載する必要がある。

完成させた要件定義は要件定義書の形で保管されることになるが、開発サイドからユーザーへの提案として RFP(Request for Proposal)が作成され、要件定義の内容がそこに反映させなければならない。

言い換えれば、RFP の目的はシステム開発において機能や性能を明確にし、ユーザーが作成する提案依頼書を詳細に記載することである。その際に注意しなければならないこととして、課題となる業務手順が標準化されているか、さらに課題となる業務量が平準化されているかということを入念に確認する必要がある。これは属人化を回避し自動化や無人化を推進するためには不可欠な確認となる。DX 導入の過程においては重要と考えられる[13]。

以上を踏まえ、要件定義及び RFP からの業務フローをまとめると図 2.3、図 2.4 のようになる。すなわち情報システムの導入の大前提として、そのシステムがどのような理由から必要とされどのようなソリューションを提供することができるかということをもとめたい。実務家によるシステムの設計が行われる。

なお,システムの構築においては,ウォーターフォールモデル,プロトタイプモデル,アジャイルモデル,スパイラルモデルなどの開発モデルがある.ウォーターフォールモデルとは,フィックスされたプロセスを手順に沿って完成させていくモデルであり,プロトタイプモデルとは,その名の通り開発初期に試作品を作り,依頼者側に確認を行いつつ仕様を調整していくモデルある.またアジャイルモデルとは,システムを分割することなく繰り返しての実装とテストにより開発を行うモデルであり,スパイラルモデルとは,工程を反復して行うことで品質を上げていくというモデルである.ここで図 2.3 は,アジャイルモデルを前提としており,DX の導入ではより効果的と考えられる[14].



図 2.3 要件定義からのフロー



図 2.4 情報提供依頼書からのフロー

2.6 DX 導入の背景

DX の定義に基づいて RFP の作成を行うことになるが、その前提条件として物流業界が置かれている社会環境について触れておくことにする。すなわち近年の物流業界では、EC 事業やフードデリバリーなどのオンラインを経由した消費者のニーズに対応しなければならない物流システムの構築が急務となっている。中でも輸配送の効率化とその前段階といえるフルフィルメント業務の充実が必要とされている。

しかしながら物流業界では、少子高齢化あるいは働き方改革の視点からトラックドライバー不足対策や作業者の労働環境の改善などが求められ、急増する EC 事業市場の拡大に適切に対応することが従来のスキームのままでは難しくなっている。したがって、その対策として DX の導入を推進し、省人化や自動化を実現しなければならないという状況に面している。ここで図 2.5 は、トラックドライバー数の推移を示したものである。さらに図 2.6 は、トラックドライバー不足の現状について有効求人倍率の推移からその実態を明らかにしたものである。トラックドライバーの有効求人倍率を全産業と比較すると、トラックドライバーの求職者は平均に比べ著しく低いことがわかる。したがって将来的には、トラックドライバー数の大幅な不足が予想される。

さらに図 2.7 は、EC 事業の市場規模の拡大について、その推移を示したものであるが、近年の拡大状況を考えると、もはや EC 事業者のみが発注出荷あるいは梱包といった一連の物流業務をこなしていくことは難しく、物流事業者への外部委託であるフルフィルメントサービスに頼らざるを得ないということが明らかになっている。しかしながら、このフルフィルメントサービスについても作業員不足という問題に悩まされることになっているので、現場作業のデジタル化は不可避な状況と考えられる。

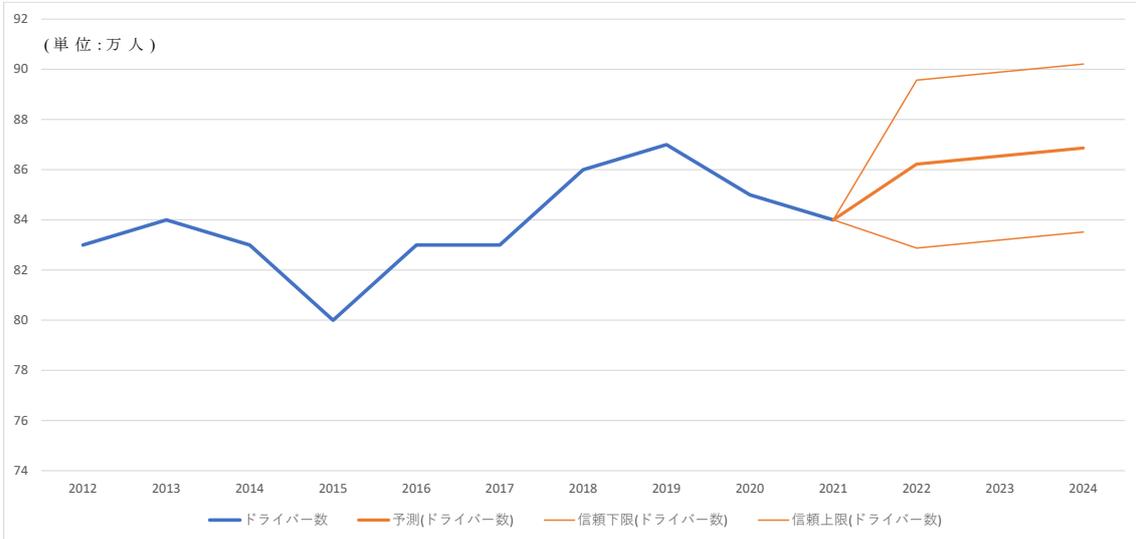


図 2.5 道路貨物運送業,運転従事者数の推移[15]

※青線は推移の実線,橙線は指数平滑法による予測線を示す

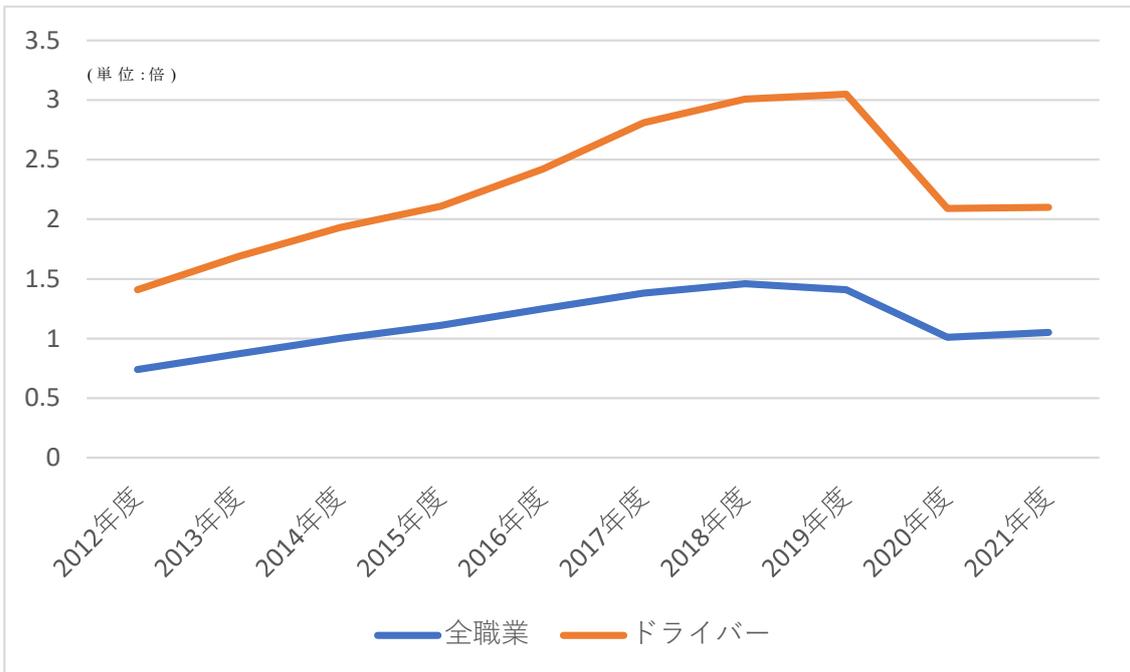


図 2.6 有効求人倍率の推移[16]

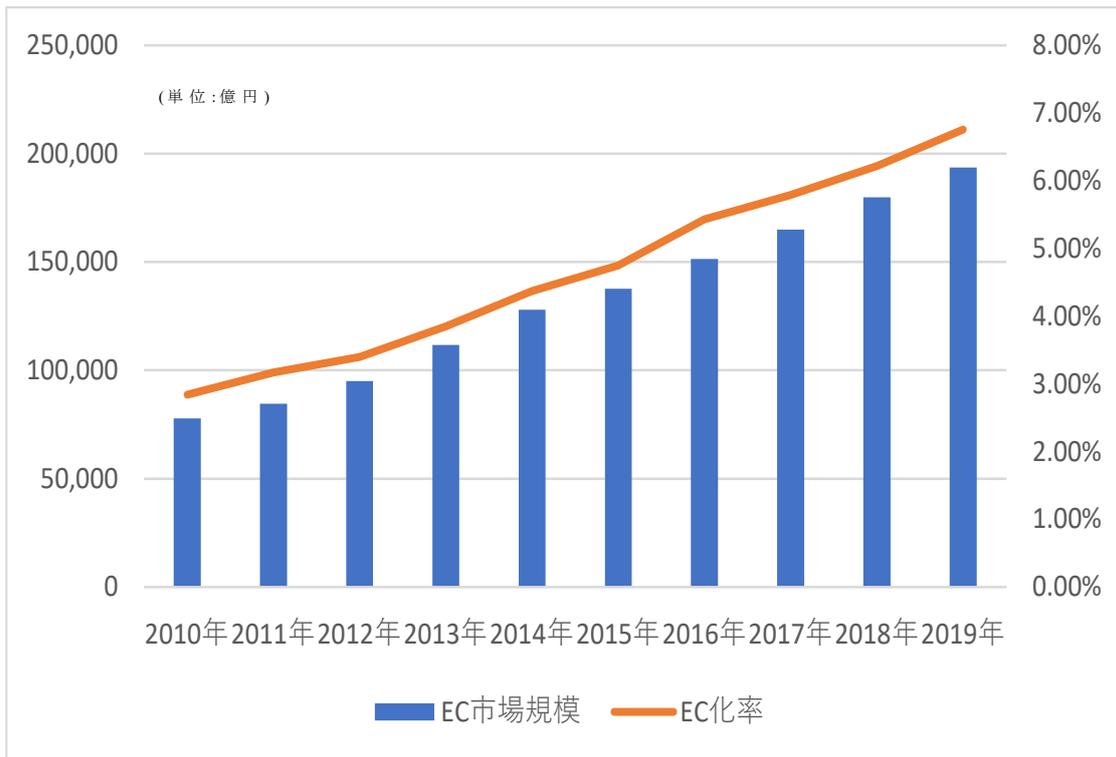


図 2.7 EC 市場規模の推移[17]

2.7 物流 DX におけるテクノロジー

システム開発の上流過程において、クラウドネイティブの API(Application Programming Interface)を活用したデジタルプラットフォームを構築することがロジスティクスにおける DX の導入では求められているが、単なるデータアライアンスではなく物流テクノロジーの活用も要件定義において念頭に置く必要がある。

すなわち物流 DX を構築していくためには、AI や IoT などを活用し、サプライチェーンの全体最適化、トラックの隊列走行及び自動運転、ロジスティクスドローン、IoT 船舶、物流ロボットなどをデジタル環境の中でリンクさせていく必要性がある。そこでそれらの概要を以下にまとめ表 2.1 とした[18][19][20][21]。

順に項目を見ると、まずサプライチェーンの全体最適についてだが、クラウド化されたビッグデータを共有することが求められる。サプライチェーン全体を統括、管理するために IoT 及び AI の融合によるシステムの構築が必要となる。

そのためには自動運転の推進も必要となる。少子高齢化により、トラックドライバー不足が進んでいるが、その解消のために隊列走行及び自動運転の推進が期待されている。

なお、隊列走行とは、先行の有人トラックを後続の無人トラックが自動運転により追従するシステムである。次に、ロジスティクスドローンとは、物流の輸配送におけるドローンの活用であり、主に離島及び遠隔地などへの緊急輸送などを対象に、AIプログラミングにより無人で航路輸送が可能になるシステムの構築である。

さらに海上輸送においても IoT 船舶の導入が進められている。船舶のビッグデータを船舶と陸地にあるサーバー間で活用するための情報通信プラットフォームの構築であり、運航データを収集、分析することで運航の事故防止や安全管理といった船舶の運航管理全体の最適化を推進するものである。

なお物流ロボット導入の動きも大きくなっている。これまではあらかじめプログラミングされて決まった動きをする産業機器であったが、これからは AI の導入や RaaS(Retail as a Service)の活用により、クラウドでロボットを制御・コントロールすることで物流コストの大幅な削減が期待できる。

以上のように物流 DX の導入において、最先端のテクノロジーの導入と活用が進んでいる。これにより物流における労働負荷の低減と荷役生産性の大幅な向上が可能になる。ただし前述したムーアの法則やシャノンの定理による情報通信システムの基本的なスペックの拡大が必要不可欠となると考えられる。

ただし物流における最先端のテクノロジーの導入は、クリステンセンのいうところの破壊的イノベーション[22]を引き起こす可能性がある。すなわち多くの物流 DX に係るテクノロジーは、コストパフォーマンスを重視した形で単純化・単機能化され、安価で汎用化される可能性がある。それはロジスティクスの効率化において、プラスに働く可能性が高いが反面、日本の主要なマテハン企業は、東アジア、及び東南アジアなどの新興国、発展途上国のスタートアップ企業や伝統的な大企業にとって代わられるリスクも出てくると考えられるのである。

表 2.1 主な物流 DX テクノロジーの一覧

物流DXテクノロジー	ソリューション
全体最適	DXの活用により, AI需要予測クラウドネイティブのデジタルプラットフォーム, エッジコンピューティング, デジタルツインなどの活用でサプライチェーンの全体最適を推進
隊列走行及び自動運転	複数台のトラックを通信技術で一括制御し, 2台目以降の後続のトラックを自動運転とすることで, ドライバー不足等の問題を解消
ロジスティクスドローン	遠隔地や離島を発着地とした輸配送の効率化及び無人化を推進するために本格的な実用化が望まれている。
船舶（自動運転）	船舶の運航データを収集, 分析することで, 運航の事故防止や安全管理を図る
物流ロボット	RaaSの活用により, クラウドでロボットを制御・コントロールすることで, 物流コストを削減
自動搬送機（AGV） 無人フォーク（AGF）	パレットなどの物流容器の運搬・搬送の自動化を念頭に導入される方向. パレットにRFIDを装着することで, 流通在庫の可視化を実現する

出典:鈴木邦成,中村康久,『スマートサプライチェーンの設計と構築』白桃書房,2022年,pp31-46を基に独自に作成

2.8 物流 DX の方向性

2.8.1 デジタル媒体へのデータ移管

本章における式(2.1)~(2.3)により,CPU(central processing unit)やSRAM,DRAM といった揮発性メモリや IoT デバイスの性能の向上ならびにデジタル通信路での最大通信容量を理論的に規定しているが,当該事項は物流領域においても確実に該当するものと思われる.実際,本章 6 節で概観したように,物流領域における最先端のテクノロジーはいずれも式(2.1)~(2.3)の影響を受けているものと推察できる.

2.8.2 本研究における検証プロセス

ロジスティクスにおける DX の展開を綿密に考察するために,本研究では次のプロセスをとることとする.すなわち本章で得られたムーアの法則及びシャノンの定理の果たす役割を踏まえたうえで実際のビジネスモデルについて考察し,シミュレーションによる検証を行い,物流と情報の関連性を明らかにする.

以上について図示すると,図 2.8 のようになる.

2.9 本章のまとめ

本章では物流 DX に向かう潮流を考察し,その土台となる情報通信のモデルであるムーアの法則及びシャノンの定理を確認した.加えて情報システムにおける要件定義について,ロジスティクスの観点から考察を行った.

さらに,その考察を踏まえて本論文における仮説を構築した.すなわち現代の物流は情報と密接な関係を持っている.

したがって,ムーアの法則やシャノンの定理により,情報通信が発達すれば,それに従って物流のテクノロジーも物流システム自体も高度化すると考えられる.物流の高度化が物流 DX と繋がり,物流全体の効率化を実現している可能性がある.

以上の仮説について,第 3 章以降で引き続き検証を行うことにする.

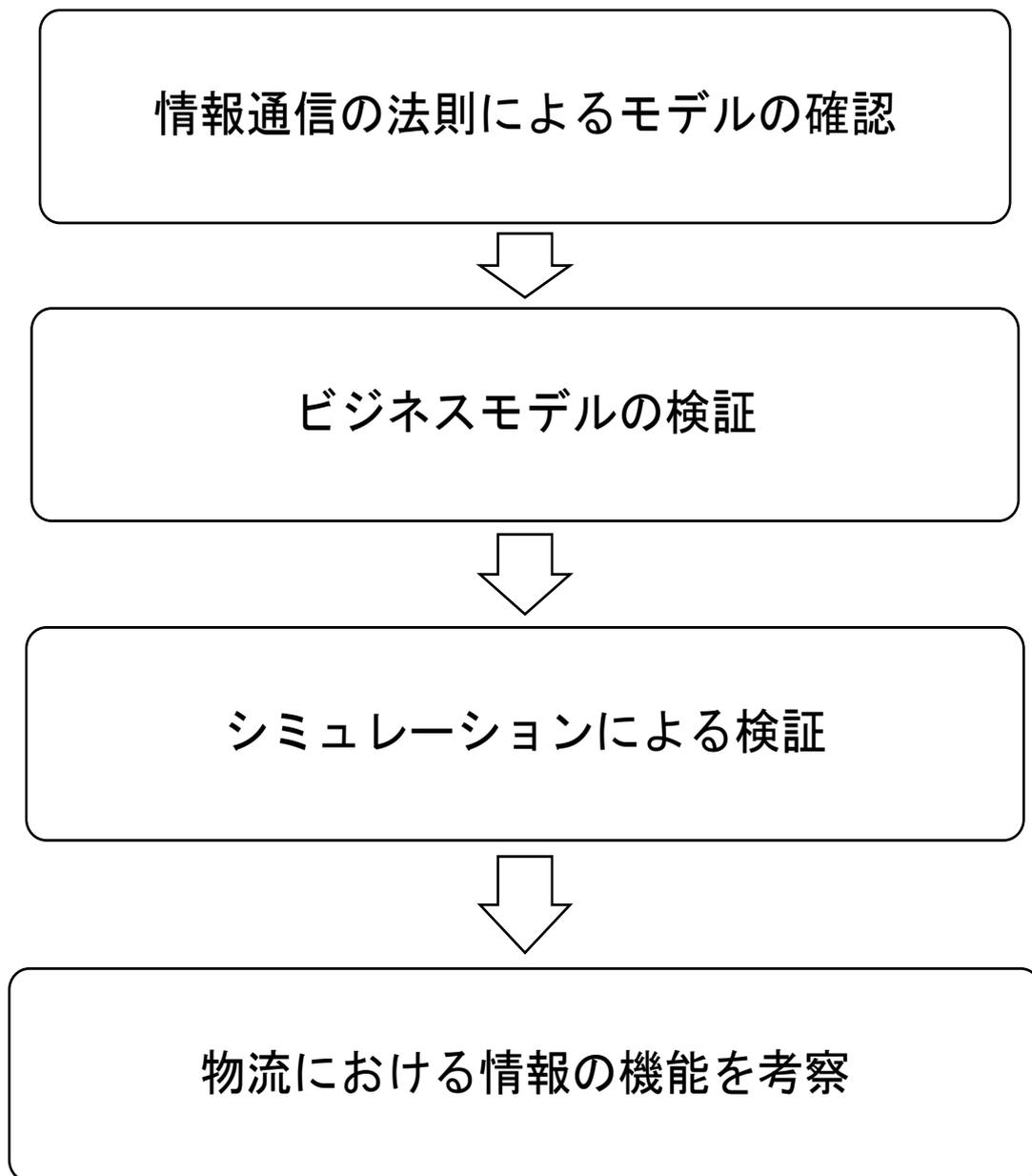


図 2.8 仮説の立証プロセス

注:

- [1]鈴木邦成,中村康久,物流 DX ネットワーク,NTT 出版,pp.52-53,2021 年
- [2]経済産業省,デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン,p.2,2018 年,
- [3]Michael Sony, Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions, Production & Manufacturing Research,pp.416-432,2018.
- [4]武居輝好,井関夏帆,物流 DX 推進による課題改善の取り組み,システムコンサルティングレポート野村総合研究所,2021 年 9 月 pp.1-4
- [5]鈴木邦成,中村康久,スマートサプライチェーンの設計と構築,白桃書房,pp.22-23,2020 年
- [6]厚生労働省,厚生労働白書ー新型コロナウイルス感染症と社会保障,pp.257-282,2021 年
- [7]鈴木邦成,中村康久,スマートサプライチェーンの設計と構築,白桃書房, p.23,2020 年
- [8]Gordon E. Moore, *Cramming more components onto integrated circuits*, Information Technology Corporate Histories Collection, p.4,1965.
- [9]Research and data to make progress against the world's largest problems, <https://ourworldindata.org/>,2023 年 1 月 22 日確認
- [10]村松純,シャノン限界を達成する通信路符号,NTT 技術ジャーナル,pp.26-30,2019 年
- [11]Claude E. Shannon, *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, University of Illinois Press, 1949.
- [12]Ibid.
- [13]鈴木邦成,中村康久,物流 DX ネットワーク,NTT 出版,pp.96-97,2021 年
- [14]経済産業省,システム管理基準,pp.39-42,2018 年
- [15]全日本トラック協会,日本のトラック輸送産業現状と課題 2022,p.16,2022 年

- [16]職業別労働市場関係指標 ,e-Stat, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450222&tstat=000001020327&cycle=1&tclass1=000001169006&tclass2val=0>,2022年9月15日確認
- [17]電子商取引実態調査,経済産業省,
https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/statistics/outlook/ie_outlook.html,2022年9月15日確認
- [18]物流ロボット相談室,物流DXとは | 課題と物流DX実現のためのロボット活用,<https://media.mujin.co.jp/logistics/automation/dx/>,
2022年7月28日確認
- [19]国土交通省,報道発表資料,2021年
- [20]経済産業省,総合物流施策推進プログラム,2019年
- [21]鈴木邦成,トコトンやさしいSCMの本,日刊工業新聞社,pp.132-133,2020年
- [22]Clayton M. Christensen, The Innovator's Dilemma ,2000

第3章 新技術の導入による物流センターの高度化

3.1 本章の目的

本章の目的は、物流 DX の導入においてその代表的な事例の一つであるレンタルパレットシステムの導入の効果を検証し、いかにロジスティクスの高度化に貢献しているかを考察するものとする。

なお、サプライチェーン全体でビッグデータが共有される場合、その情報セキュリティについてもこれまで以上に細心の対応が必要になってくる。その点を踏まえ本章では、サプライチェーンにおける受発注サイクルにおいて重要視される顧客情報、受発注情報、在庫管理情報などが流出、漏洩、改ざんされた場合のリスクについても物流センター業務を中心に考察することとする。

3.2 本研究の背景および動因

サプライチェーンの各プレーヤーが共有するビッグデータを有効活用することによって、顧客企業は緻密な経営戦略の構築が可能になる。しかしながら、従来は点在していた企業の在庫情報、出荷情報などが一元管理されることになると、物流センターからそうした重要情報が流出、漏洩、さらには改ざんされることがないか情報セキュリティの視点からも対応策を講じる必要が出てきている。一例をあげるならば、作業者が扱うパスワードをどのように管理するのかということがあげられる。さらには IoT(モノのインターネット)の活用が本格化する一方で、物流センターにおける情報セキュリティのさらなる充実も求められている。ロジスティクス領域全体でのビッグデータの共有が進む中で、情報セキュリティについてもこれまで以上に細心の対応が必要になってくる。本章では物流センター業務を起点として顧客情報、受発注情報、在庫管理情報などについて情報セキュリティの視点からどのようなリスクが想定されるかをレンタルパレットシステムの現状と展望に言及しながら把握し、対策について考察する。

ビッグデータ時代の到来により、サプライチェーンにおける情報セキュリティのさらなる充実が求められるようになってきている。製造

業,卸売業,小売業の各プレーヤーを結ぶサプライチェーンで共有されるビッグデータを有効活用することで,顧客企業は緻密なマーケティング戦略,ロジスティクス戦略,販売戦略の構築が可能になる.

3.3 物流センターにおける業務プロセス

物流センターは,SCMの実働における中核的な役割を担っており,当該業務における情報の漏洩,改ざんについて適切な対策を講じる必要性が高まっている.

すなわち図 3.1 のプロセスに沿って行われる[1].まずトラックで物流センターに納品され,荷卸しのあとに検品され,格納指示に従って入庫,在庫登録,ついで保管数が計上される.入荷後に商品になんらかの流通加工が施されることもある.格納・保管後,出荷指示が出ると在庫の引き当てが行われ,ピッキングリストが発行され,物品がどの保管エリアから出荷されるかがわかる.リストに基づいてピッキングが行われ,商品は梱包され,方面別の仕分けが行われる.その際に納品書の発行と商品の検品も行われる.商品は仮置きを経てトラックに積み込まれる.なお検品・梱包の段階で流通加工が行われることもある.

以上が物流センターにおける標準的な業務・作業プロセスであるが,図 3.2 の示すようなクラウド型の物流センター情報管理システム(WMS)により管理されるケースが増えている.しかしながらクラウドに対するハッキング,情報漏洩などへの情報セキュリティ対策は後述するが現状では万全とはいえない.

また閉鎖された環境においても情報システムとの連携,セキュリティパッチの適用,リモート保守の必要性などにより外部ネットワークと接する機会が増えている.USBメモリからのマルウェア感染やリモートメンテナンス回線の端末からの不正アクセスなどのリスクもある.

なかでもリモート保守の範囲が拡大していることでのセキュリティの脅威が高まる点に対する迅速な対応が必要である.

企業の情報システムでは外部ベンダーへの依存が大きい,物流センターの場合も同様である.物流センターのマテハン機器につい

でもソフトウェアで起動するものが増え,マテハン機器にトラブルが発生した場合には原因が判明しないケースが多い.

マテハン機器のメンテナンスは,従来は直接,作業者が危機の状況を確認していたが,近年はリモートでの対応が多くなっている.機器設備自体に組み込みタイプのコンピュータが搭載されており,ソフトウェア起因のトラブルが発生することが増えている.そのためリモート保守が必要になっている.ただしこの場合も,外部ネットワークとの不正アクセスが脅威となる.

実際,海外では工場などにおいてランサムウェアによる攻撃で情報流出のリスクが発生し,複数の工場の稼働が一時停止したケースが報告されている[2].

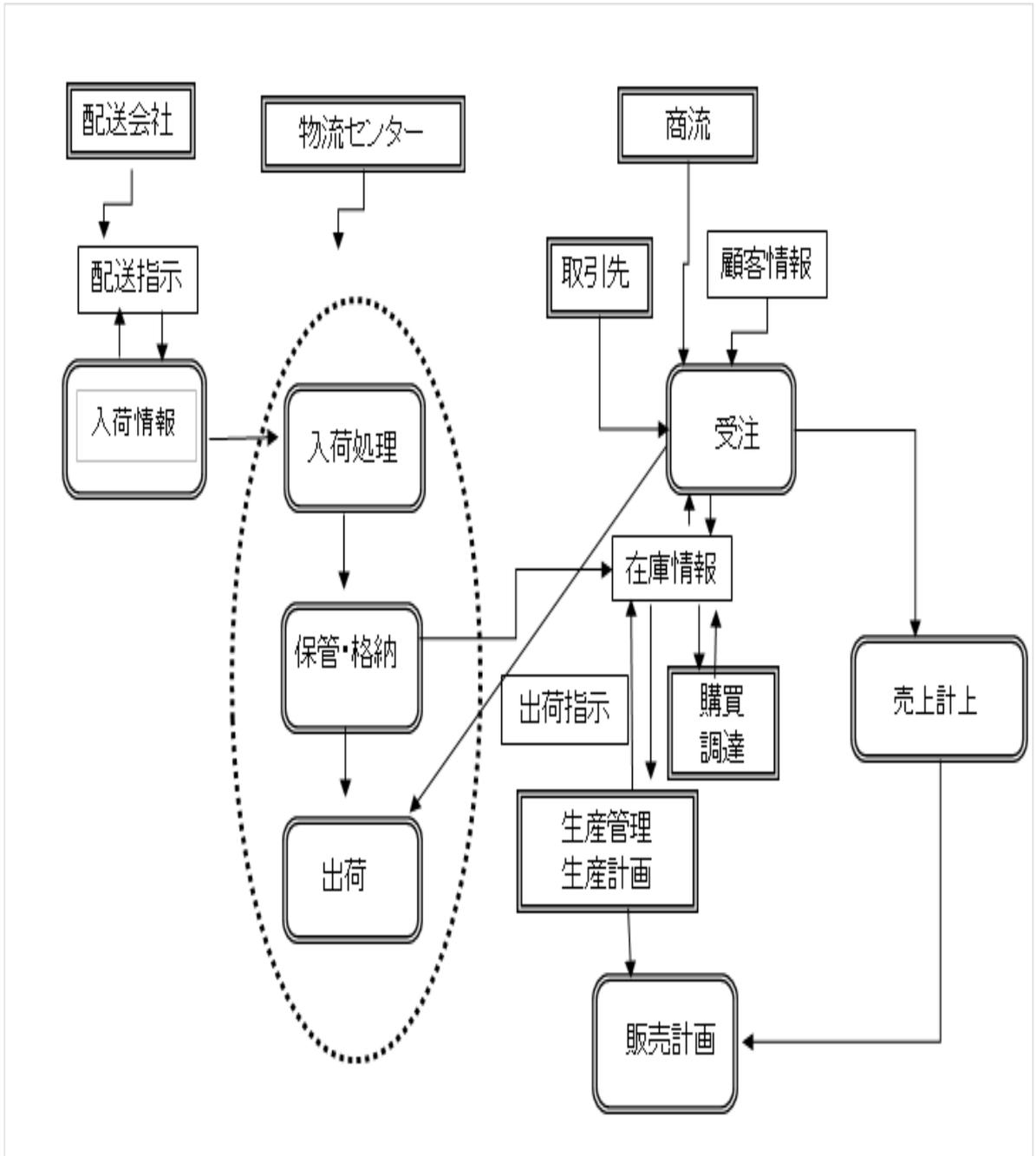


図 3.1 物流センターの業務フロー [3]

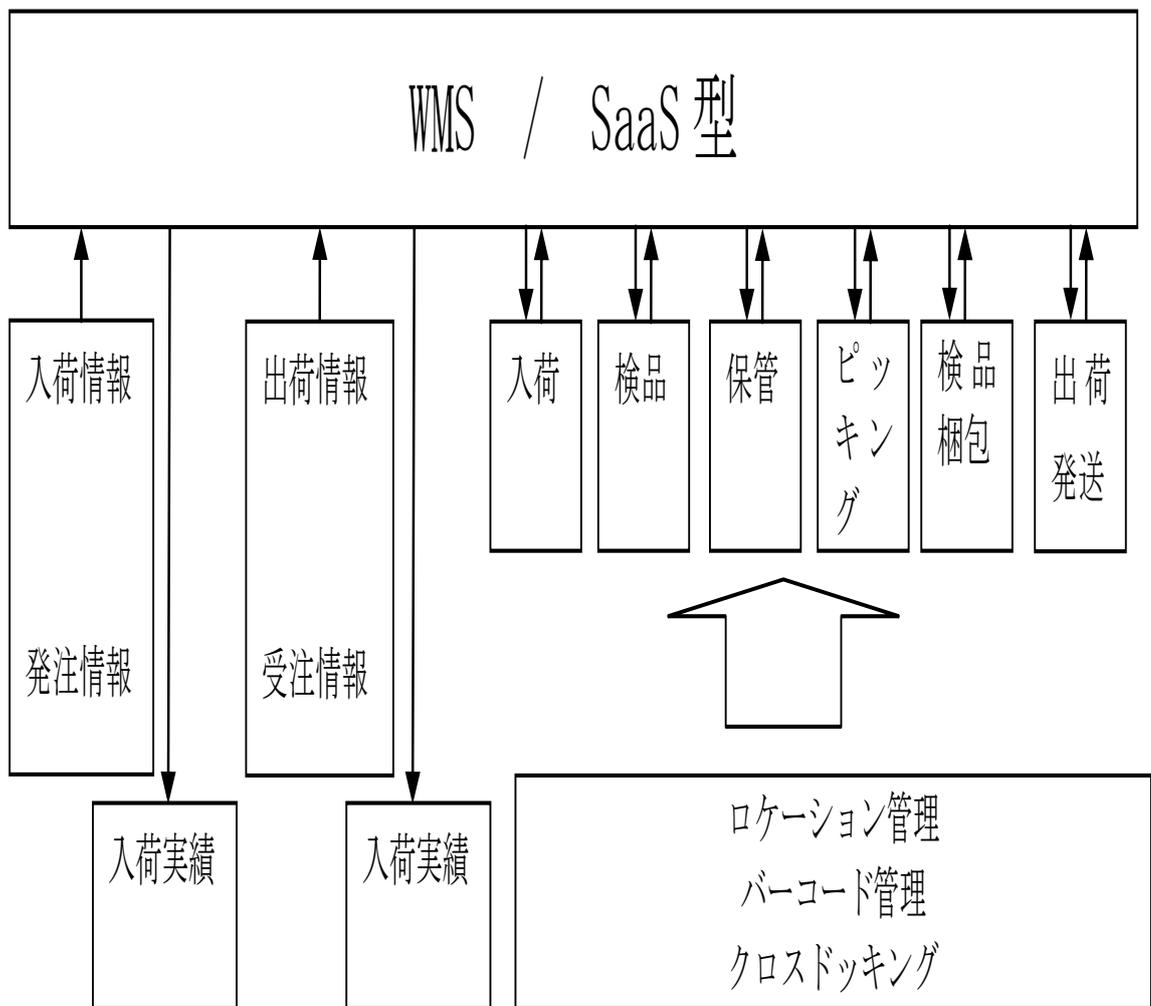


図 3.2 クラウド型の物流センター情報管理システム[4]

3.4 物流センターにおける情報管理

物流センター業務を円滑に行うために、業界は次にあげるコンセプトを重視している。

3.4.1 情物一致

物流センターに入荷した物品を検品し、格納・保管する際、物品が入荷バースから入荷検品エリア、保管エリアへと移動する毎にバーコードで読み取るなどし、庫内のモノの移動に同期させるかたちで情報管理が行われている。これを物流業界では情物一致(情報・物流の一致)と呼んでいる。庫内におけるマテリアルフローを円滑にしつつ、情報を同期的に管理するためにバーコード、ハンディターミナルなどが活用されている。

しかし、RFID(radio frequency identification)による庫内効率化が進めば、情物一致ではなく情物分離型の情報管理システムの構築が必要となってくる可能性がある。

3.4.2 貨容分離

貨容分離(貨物・容器の分離)とは、物流プロセスにおいて取扱貨物とパレット、段ボールなどの輸送・保管用容器とを別々に管理することをいう。

輸送する貨物は、パレットや段ボールなどの輸送・保管用容器に入れられるため、パレット単位、段ボール単位で情報の紐付けが行われることもあるが、庫内で2次小分け、3次小分けが行われたり、パレット、段ボールなどが空で戻されたり、管理されたりすることもあることから、情報セキュリティの観点からは、貨物と容器にはそれぞれ別の識別番号を設け、管理することが望ましいと考えられる。

3.4.3 商物分離

商物分離(商流・物流の分離)とは、図 3.3 に示すように商流と物流を分けることである。

図 3.1 に示したように、顧客の注文から売上計上に至る商流と、物流センター内の業務となる庫内への入荷、保管、出荷の一連のプロ

セスについて、物流を別々に管理することを指す。

商物分離を行わず商物未分化のままの情報システムでは、例えば商流の SKU(最小在庫単位)と庫内業務の貨物取扱単位が異なることなどから業務が複雑になる恐れがある。

以上の 3 概念が物流センター業務を円滑に行ううえでの情報セキュリティ管理の基本となる考え方となっている。

しかし、バーコードからさらに高度な情報システムの構築ツールとして期待されている RFID の導入が物流センターで進む中、情報セキュリティについてもこれまでとは異なる視点から対策を立てていくことが必要になってきている。

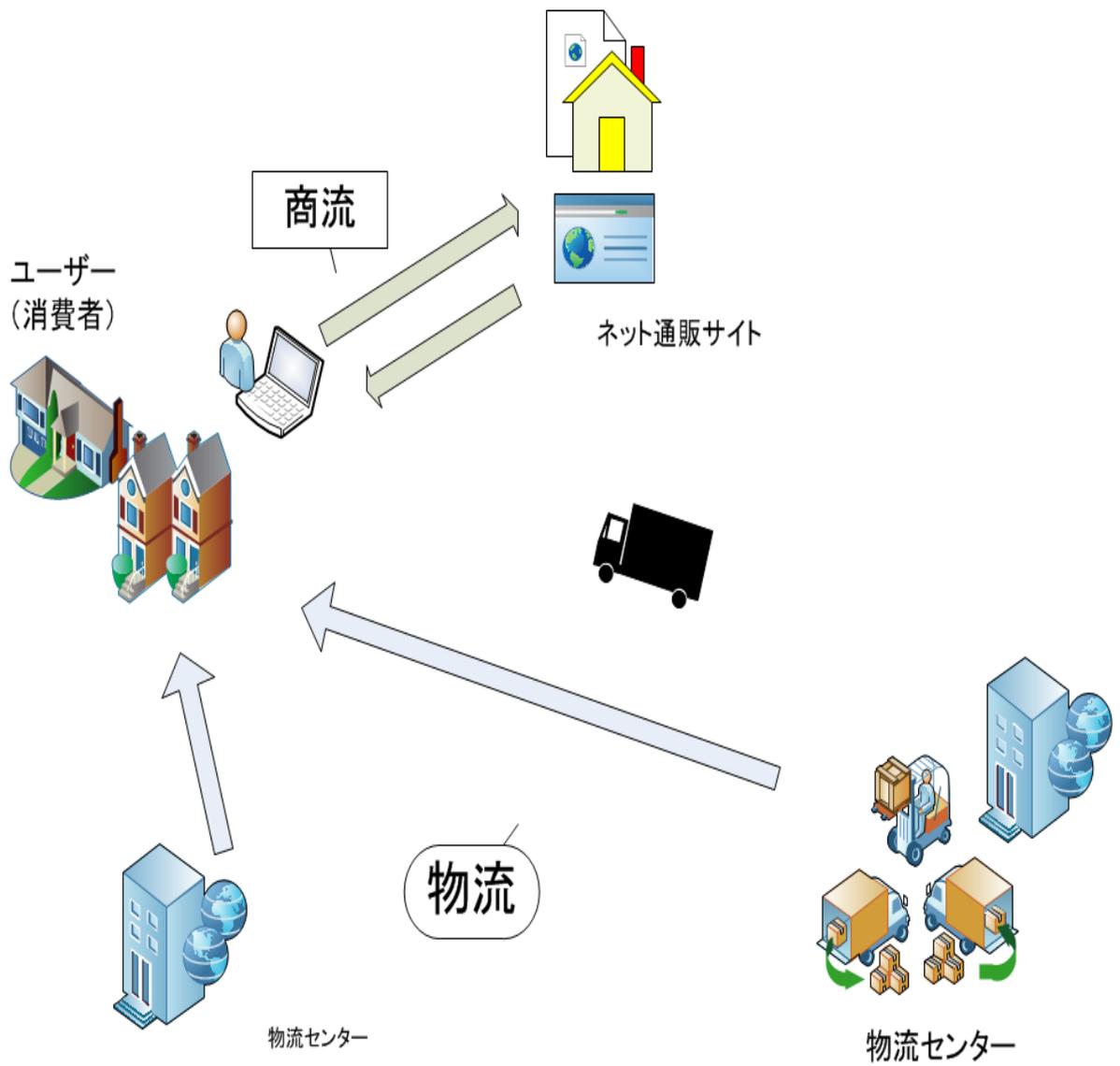


図 3.3 EC における商物分離のスキーム(例)[5]

3.5 物流センターにおける情報リスク

サプライチェーンの司令塔としての物流センターにおける情報リスクの特徴をまとめると次のようになる。

3.5.1 情報漏洩

物流センターには物品の入荷,出荷,在庫に関する情報が大量に保有されることになる。

特に出荷情報が競合他社などに漏れた場合は,顧客企業のマーケティングなどに大きな影響が及ぶことが考えられる。

また,取引先,顧客情報の漏洩は社会的信用の低下に加えて取引打切り,停止などにつながる恐れもある。

3.5.2 情報改ざん

物流センターの情報管理は,前述したように情物一致の原則により運営されているが,ビッグデータ時代の到来により,大量にデータを扱う状況では商物未分化の領域が発生し,そのためコンピュータ在庫が実在庫と異なるケースが増えることが想定される。

実地棚卸を徹底させることで,コンピュータ在庫と実在庫の乖離を防ぐ努力がなされているが,ハッカーによるコンピュータ在庫の改ざんが行われれば,顧客企業のサプライチェーン全体が一時的に途絶するリスクが発生するなどの重篤な状況に陥る可能性も出てくる。

3.6 物流センターにおけるパスワード管理

情報漏洩,情報改ざんのリスク回避を念頭にパスワードが綿密に設定されると,パート作業者の多い庫内環境では,その管理が複雑になり,そのためパスワードの紛失や流出が発生する事態を招きかねない.パスワードの管理体制に問題があれば,ビッグデータ化した顧客情報,在庫が流出することにもなりかねない.その対策として,例えば図 3.4 に示すような生体認証などの導入が有力視される.すなわち作業者の指紋・虹彩・顔などの生体情報の活用である.作業毎にパスワードを入力しなくても認証が可能になる.生体情報

でロック解除やログイン・決済などができるようになる。

また、物流センターの特性を踏まえると、パスワード管理を効率的に行うには、クラウド化している WMS(倉庫管理システム)と上位あるいは下位システムとの連動に際しての暗号化をこれまで以上に徹底する必要性もある。

暗号化方式には共通鍵方式と公開鍵方式があるが、図 3.5 の示すようなそれぞれの特徴を生かしたハイブリッド方式の採用が望ましい。

パスワードを平易にする代わりに暗号化アルゴリズムを複雑にすることにより、庫内情報の流出、漏洩、改ざんを防ぐ手立てを考えるべきであろう。

なお、ここでいう共通鍵方式は、平文 P 、暗号文 C 、共通鍵 K_c 、暗号化関数 E 、復号関数 D による暗号系要素 (P, C, K_c, E, D) について、すべての通信文、共通鍵を容易に実行でき、かつすべての通信文に対して、

$$y = E(k, x), x = D(k, y) \quad (3.1)$$

が成立し[6]、

また、公開鍵方式は、平文 P 、暗号文 C 、共通鍵 K_c 、暗号化関数 E 、復号関数 D による暗号系要素 (P, C, K, E, D) について、すべての通信文と暗号鍵に対しての計算が容易に実行でき、かつすべての通信に対して、

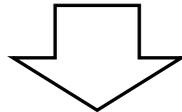
$$x = D(K_s, E(K_p, x)) \quad (3.2)$$

が成り立つ[7]。

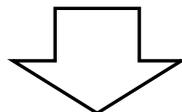
インターネットにおける一連の処理のすべてを暗号化し、ユーザーの Cookie 情報を一貫して保護する暗号体系を常時 SSL と呼ぶが、大手 SNS サイトなどで採用されており、式(3.1)、式(3.2)がその基盤となっている。

生体認証

光彩認証
指紋認証
顔認証



生体情報を事前に採取登録
センサーなどで生体情報を確認し,認証



パスワード入力なしで
ログイン,ロック解除などが可能になる

図 3.4 生体認証の概要[8]

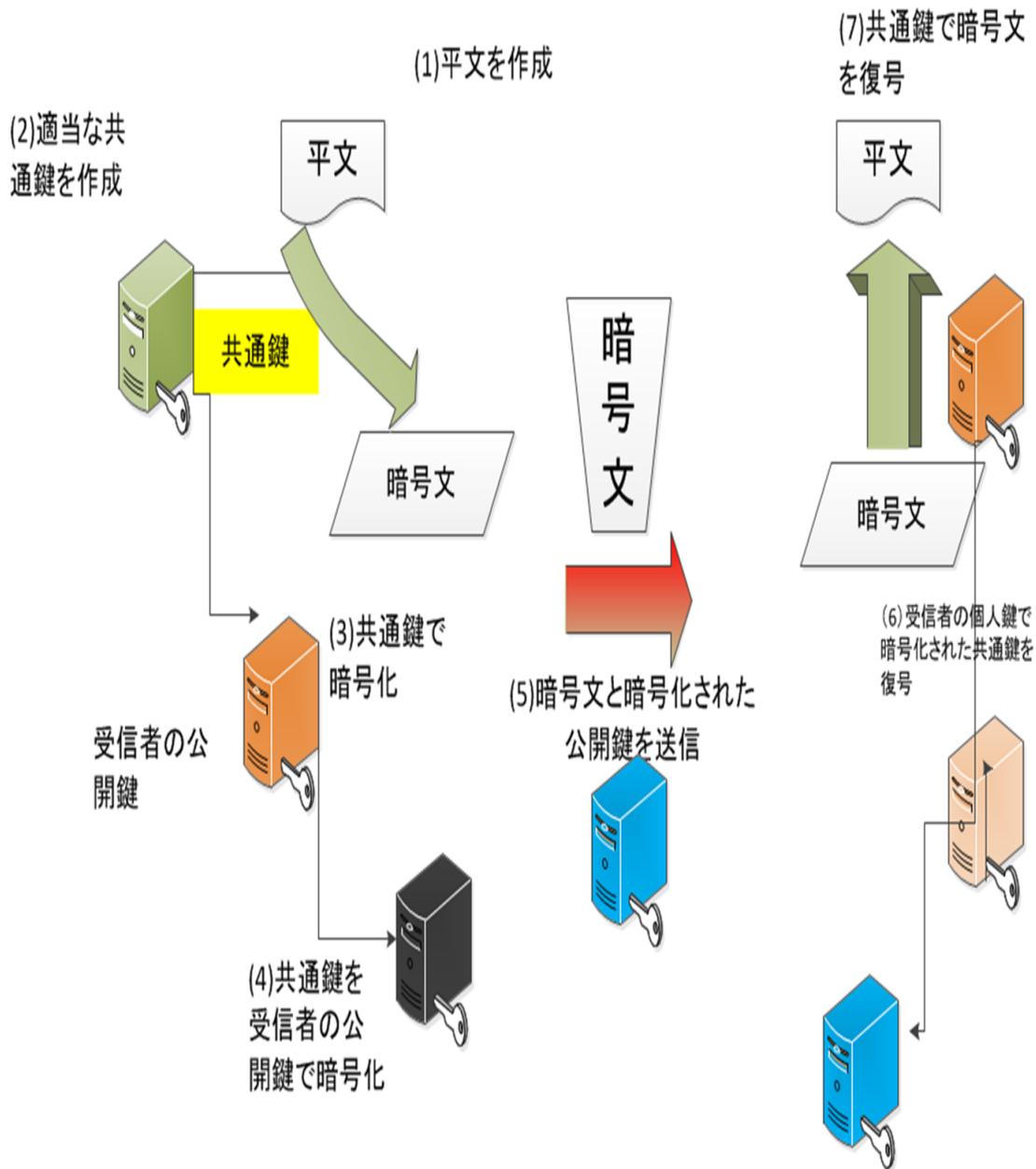


図 3.5 ハイブリッド型暗号方式の導入[9]

3.7 物流 IoT におけるパレット管理

IoT 時代の本格的な到来を受けて、無人搬送機やドローンなどのより一層の進化にも大きな期待が集まるが、まずはパレットに RFID タグが装着される物流スキームの構築が先行している。ただし IoT により物品と情報を紐付けし、商取引や情報の可視化や共有化を推進することが可能となってきたが、個々の物品の情報を事細かく把握することは、現状では技術的あるいはコスト的にまだ課題が多々ある。そこで、輸送包装などを媒体として物流情報管理システムを構築していくことで比較的、円滑に導入が進むと考えられるのである。なかでもパレット単位での情報管理のさらなる高度化は現実性が高い。貨物情報との紐付けがこれまで以上に大きな可能性を秘めていることが明らかになってきている。

3.7.1 パレットの役割

物流におけるパレット上にケース(段ボール箱)などを搭載し、フォークリフトを用いて貨物の積み込み、積み下ろしなどを行う際に使われる。したがって輸送における役割が主となる。しかし、物流センターにおける保管に際してもラック上に置かれ、フォークリフトでの格納や出庫を円滑に行う際に有効に機能する。また、分類上は「物流容器」とされ、保管に際して使われることも多い。パレットに貨物を搭載させることで、物流現場でのフォークリフトの活用が可能になることから、作業負荷の軽減にも大きな役割を担う。

図 3.6 は、特許情報プラットフォーム(独立行政法人工業所有権情報・研修館)のホームページの「特許・実用新案,意匠,商標の簡易検索」で「パレット・物流」をキーワードとして入力して検索した物流 IoT 関係の特許 A について、作成したパレット(物流容器)を中軸とした関連語の共起ネットワークである。入荷数量,出荷数量,積載,情報などが結び付けられていることがわかる。さらに同サイトより、直近 5 年間の物流パレット関連特許の特許 18 件について、TF-IDF 法により「スコア」(重み付け頻度)による重み付けを行ったうえで抽出したキーワードについてコレスポネンス分析を行った。

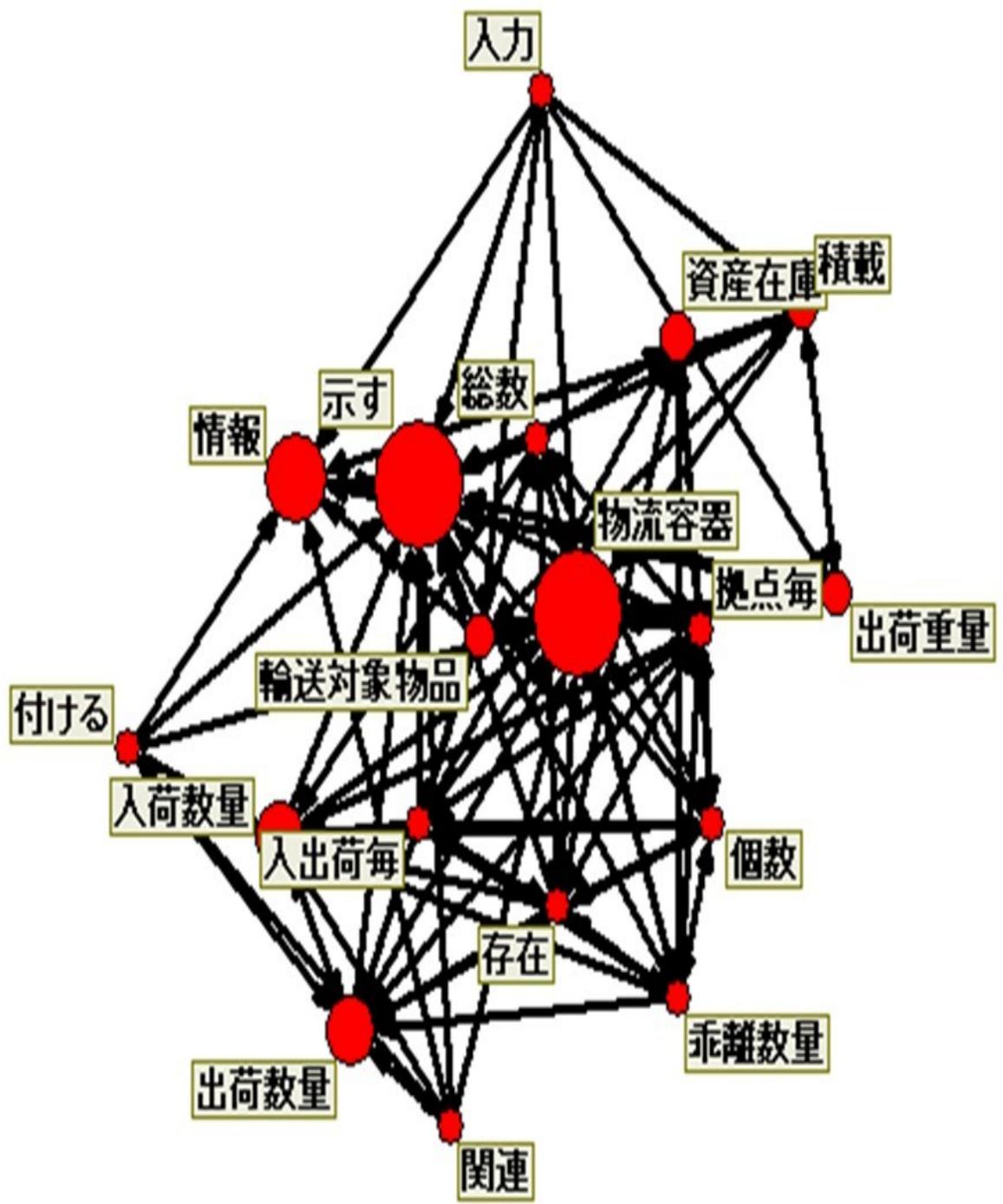


図 3.6 パレットを中軸とする共起ネットワーク[10]

TF-IDF 法については次式で定義される [11].

$$tf-idf_{i,j} = tf_{i,j} * idf_i \quad (3.3)$$

ここで,

$$tf_{i,j} = \frac{n_{i,j}}{\sum_k n_{k,j}}$$

$$idf_i = \log \frac{|D|}{|\{d: d \ni t_i\}|}$$

<使用記号>

D : 総文書数

d : 文書

$n_{i,j}$: ある単語 i の文書 j における出現回数

t : 単語

tf : 単語の出現頻度

idf : 逆文書頻度

直近 5 年間の物流パレット関連の全特許(18 件)から抽出した各特許の重要キーワードは頻出回数が 10 回以上で,パレット,積載,搬送,入荷・出荷,フォークリフト/トラック,柱,フレーム,固定,位置,装着,情報,拠点,重量,物流,容器,柵で表 1 に主要抽出語について示す. なお,標準偏差,不偏分散は大きく,各特許のキーワードによる特徴付けに幅があることがわかる.

そこで,当該パレット関連特許 18 件のキーワードについて,コレスポンデンス分析を行い,直近 5 年間のパレット関連の特許にどのような特徴があるのかを図 3.7 のように分類した.その結果,明らかになったのは,直近 5 年間(2013~2018 年)に出願された物流パレット関連の特許は,縦軸は可動性,横軸は物流機能と考えた場合,保管・装着性重視型と追跡性・トレーサビリティ重視型に 2 分されるということである.

パレット上の貨物の安定性は、物流現場の荷扱いにおいて必要不可欠であり、そのため以前から保管・装着性を重視した特許は多く見られた。しかし、直近 5 年間では、これに加え RFID タグをパレットに装着して入出荷管理を行う特許出願が見られ始めていて、それが図 3.7 に反映されているということが明らかになっている。

図 3.8 のようにパレットの活用については、保管を中心に活用するか、輸送を中心に活用するかに分けて考えることができるが、輸送パレット化率に比べて、保管パレット化率が全体的に高くなっている。

表 3.1 パレット関連特許の主要抽出語のスコア[12]

抽出語	パレット	積載	搬送	情報	物流	重量	入荷・出荷
最大値	964.22	363.21	448.98	194.78	1298.48	1013.81	1474.09
標準偏差	288.08	112.13	127.37	45.89	311.74	247.45	351.14
不偏分散	82990.91	12572.14	16222.17	2106.13	97181.58	61230.12	123302.28
平均	305.51	59.75	48.84	12.15	103.41	75.14	99.62

(単位:重み付け頻度スコア)

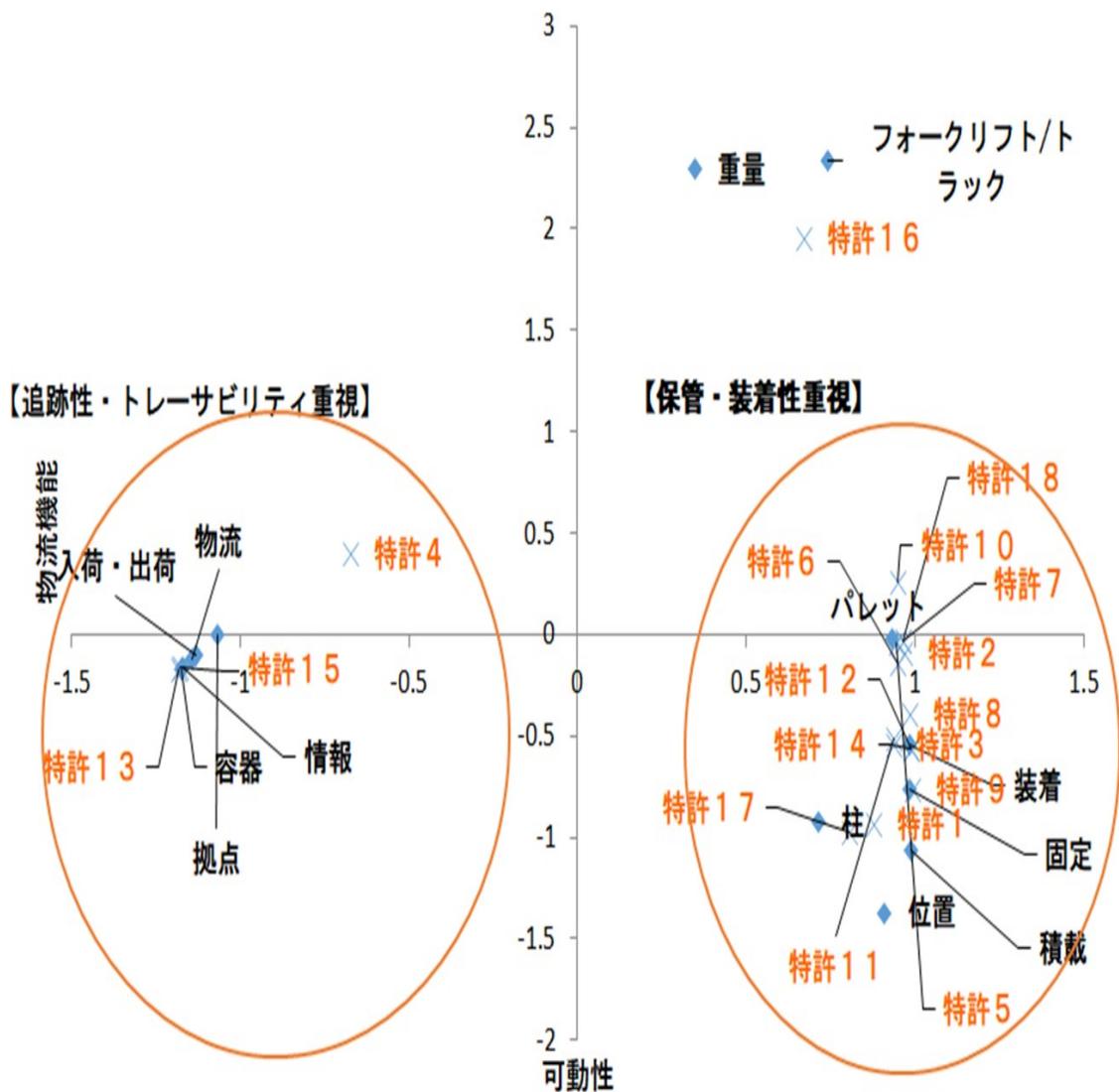


図 3.7 コレスポネンス分析による物流パレット関連特許の特性分類(可動性と物流機能)[13]

業界別パレット化率

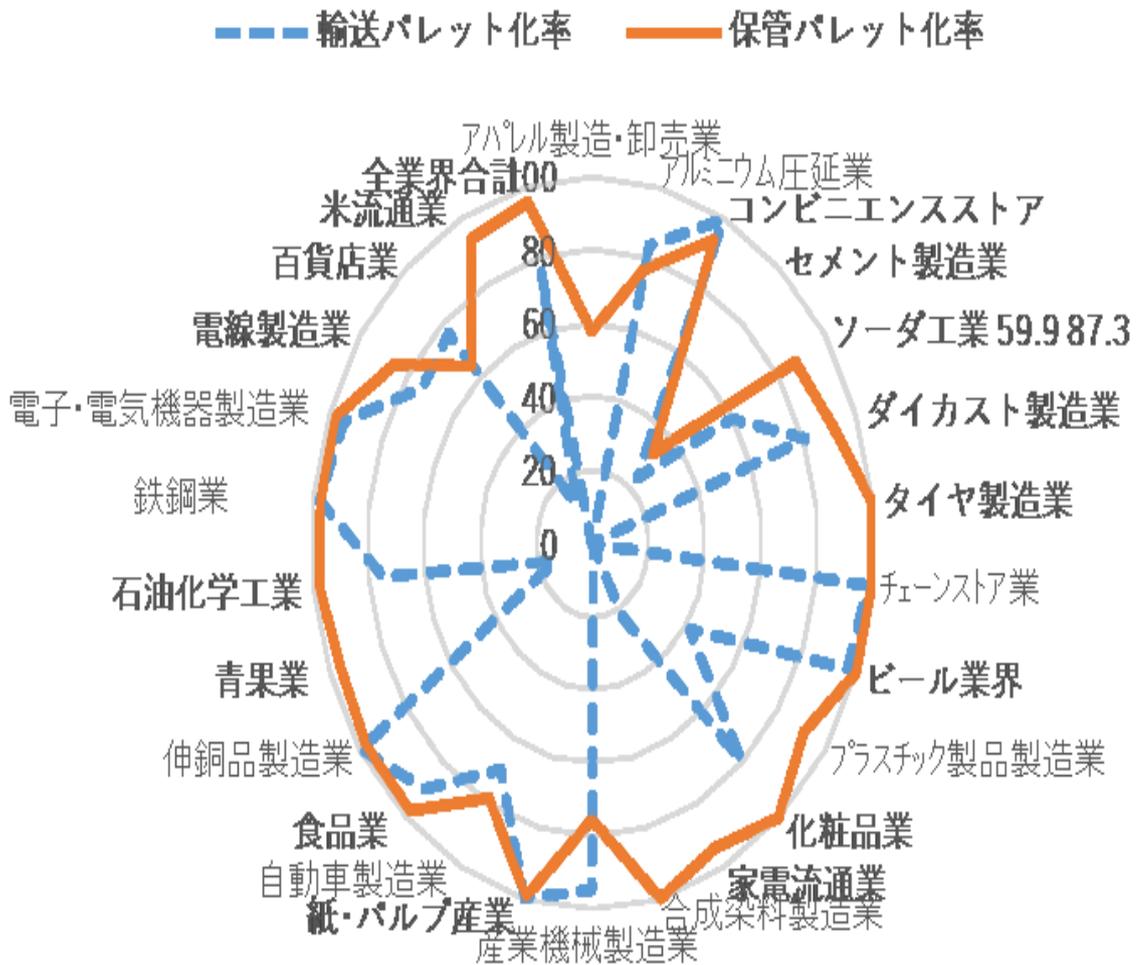


図 3.8 業界別パレット化率[14]

3.7.2 レンタルパレット

前節の分析を踏まえ、近年レンタルパレットに RFID タグを装着することで貨物履歴、出荷情報、在庫情報などを把握し、サプライチェーン全体の可視化を促進し、ロジスティクスプロセスを大きく改善することが期待されている現状を情報セキュリティの現状を踏まえて事例分析する。パレットに RFID タグを装着させることで情報を一元管理し、セキュリティの充実を図ることが可能になると考えられることから、パレットのレンタル化をさらに進めていくことが今後の物流業界にとっては必要不可欠と考えられる。

物流センターにおけるパレットの役割は、今後の AI 化、無人化、自動化などの流れが加速すればするほどその重要性を高めていくことになる。いわゆる物流 DX においても中核的な役割を担うことにもなる。

実際、段ボールをパレットの上に積んで、物流センターの保管やトラックへの積載に活用することで荷役効率を大幅に向上できる。

図 3.9 のように、工場バラ検品を行ったあとに段ボールなどに梱包し、パレット単位で出荷すれば、段ボールを開梱しないかぎり、フォークリフト荷役を行い、検品レスで物流センターから小売店舗まで配送することが可能になる。しかもパレット単位で出荷ロットや到着日時などの必要情報が管理できるわけである。そうして得られるビッグデータを AI 技術で分析することで、より緻密な物流システムを構築できることになる。

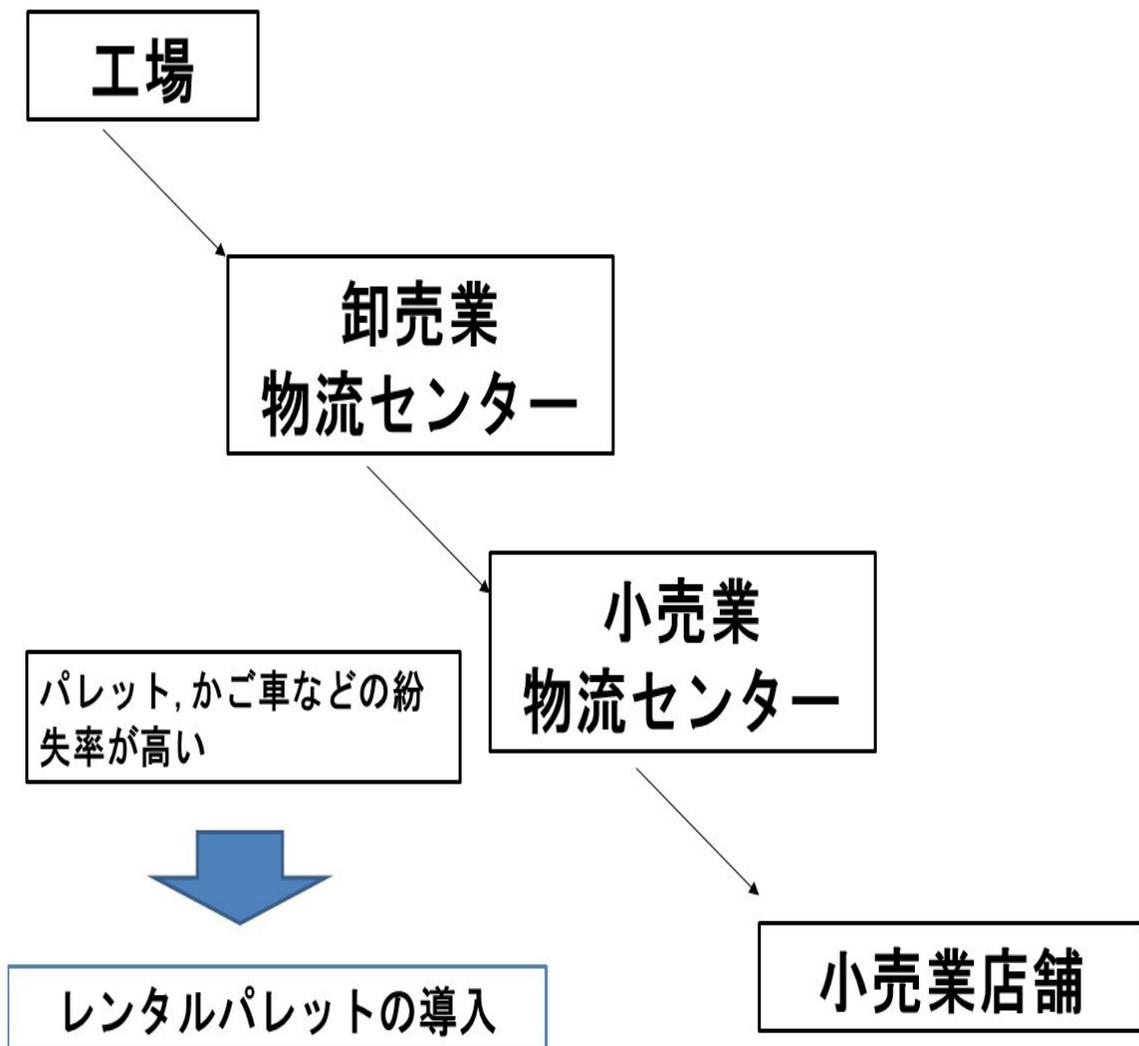


図 3.9 パレットレンタルシステムの基本スキーム[15]

3.8 事例 スマートパレット

スマートパレット®では、RFID タグをパレットに装着し、リアルタイムにパレット等の物流機材がどこの拠点に何台あるかを自動的に確認したり、拠点からの出庫時間、拠点への入庫時間が確認したりできるシステムが構築されている[16].

3.8.1 パレット紛失数の減少

パレットの管理を行うことができず、毎年数パーセントのパレットが不足しているため、パレットが流出しているものと考えられた。対策として配送先に管理の徹底をしたが、人手も少ないため長らく管理が出来ていなかった。

しかし、アクティブタグを装着したレンタルパレットシステムの導入により、配送先 X 社・Y 社でのパレット管理が自動受け払いになり、すべての拠点在庫が可視化された。

空パレットの把握が出来やすくなり、早期回収によりレンタル費用の削減やパレットの紛失リスクの軽減に繋がった。また、冷凍倉庫内での悪環境での作業時間(パレット管理)の改善にもなった。

3.8.2 アクティブタグ

当初はパッシブタグがパレットに装着されていた。出荷時及び入荷時にハンディの受信機で読み取りを行っていたが、読み取りに時間がかかる。フォークリフトによる自動読み取りを検討したが、読取率が不安定なため採用できなかった。

そこで、一般にピッキング作業などにおいて、0.01~0.005%程度発生すると考えられる読み取りミスなどの人為的なエラーを自動読取りにすることで、0%に減少させることでパレット管理を適正に行うことを目的として、まず試験的なかたちとしてパレットに装着する RFID タグをパッシブタグからタグ自らが電波を発するアクティブタグに切り替えた[17].

3.8.3 ベイジアンネットワークによる推測

ベイジアンネットワークモデルを作成し、レンタルパレットの導

入の可能性について検証した。ここでは観測された変数のエビデンス(確定値) e から明らかにしたい確率変数(X)の確率である $P(X | e)$ を求め、期待値や仮説の確信度などを評価する。

なお、ベイジアンネットワークでは、 $X_j \rightarrow X_{j+1}$ の条件付きの依存性が成立しているので親のノードから得られるエビデンスを $e+$ 、計算するノードから先の子ノードに与えられるエビデンスを $e-$ とする。

以上を踏まえ、日本ロジスティクスシステム協会『荷主の物流コスト~2016年度物流コスト調査』[18]を参考に図 3.8 のようにレンタルパレットの導入における拠点再編、庫内在庫改善、輸配送経路見直しの実施状況についてまとめたうえで、図 3.10 のように WEKA[19]を用いてベイジアンネットワークを作成した。

図 3.10 においては、観測された変数のエビデンス(確定値) e をレンタルパレットが導入されたケースとし、期待値や仮説の確信度などを評価することとした。なお、図 3.10 矢印の向きについては、ベイズ統計の条件付き確率の定義により「ある事象 A が起こった時にある事象 B が発生する確率」ではなく「条件 B の下での A の確率」を求めるため、矢印とは逆方向に条件付き確率が生成される。すなわち図 3.8 においては、拠点集約が行われ、レンタルパレットの導入率が全パレットの導入の 10%を占めるとき、物流改革の内容は庫内在庫改善(MI)57.1%、輸配送経路見直し(TI)40.59%の可能性で行われる。

この結果から、レンタルパレットの活用が拠点集約を中心とする物流改善の 50%前後に及ぶということが明らかになった。すなわち、一般に荷主が使い切りの自社パレットからレンタルパレットの切り替えに踏み切る意思決定に至るプロセスは長く時間がかかるが、レンタルパレットをたとえ 10%といえども部分的に導入する場合、コスト面も含めた物流工程全体の見直しを意図する傾向が強いと考えられる。レンタルパレットの導入が庫内在庫改善や輸配送経路見直しの大きな動因となっているのである。

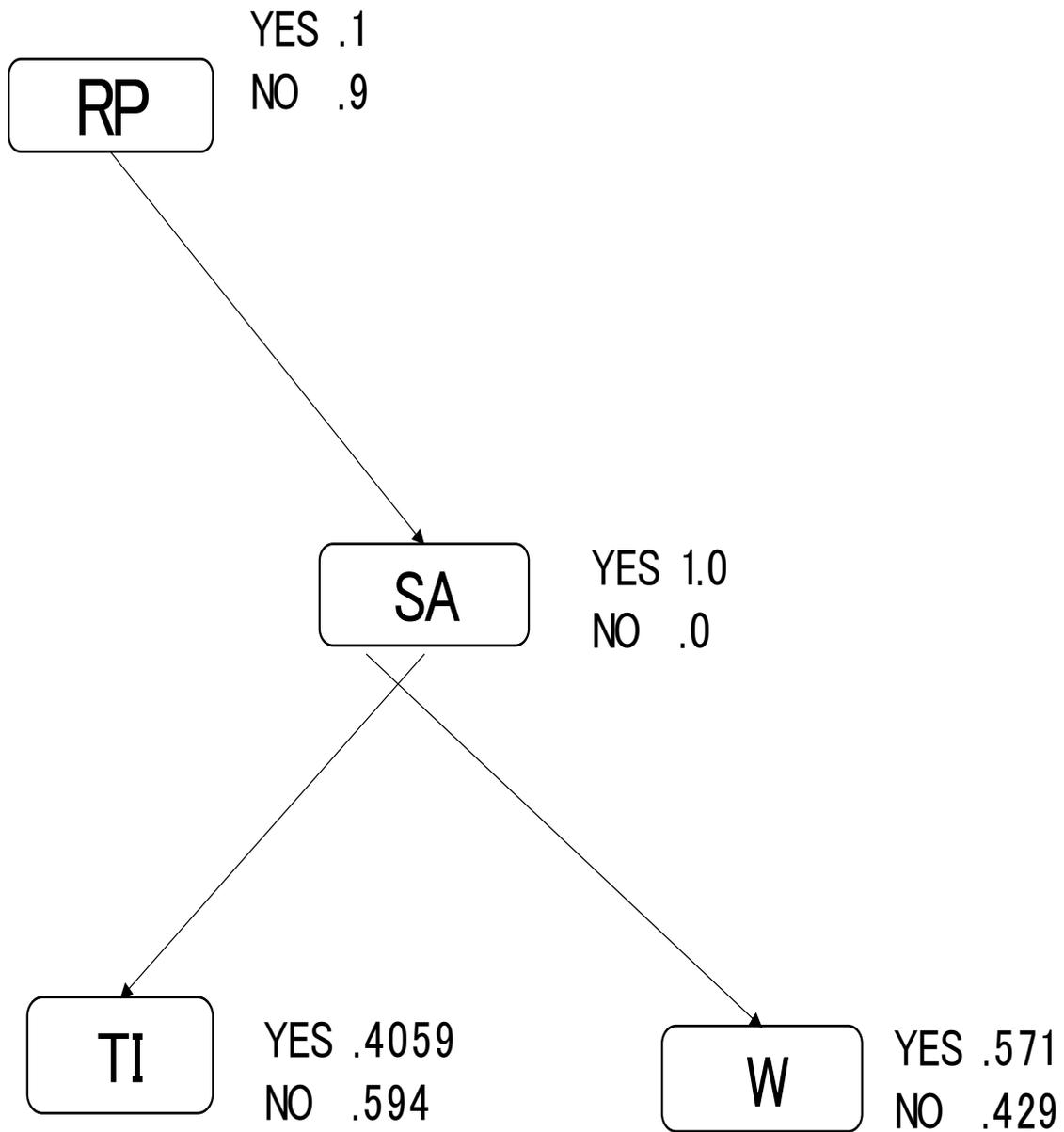


図 3.10 レンタルパレットの導入に関する推測[20]

* SA=「拠点集約」 W=「庫内在庫改善」 TI=「輸配送経路見直し」
RP=「レンタルパレットの導入」

3.9 本章のまとめ

本章では、物流 DX の展開においてその代表的な事例の一つであるレンタルパレットシステムの導入の効果を検証し、物流 DX がいかにロジスティクスの高度化に貢献しているかを考察した。

物流センターを起点とする情報管理は、これまで商物分離の流れの中で情物一致、貨容分離の原則が尊重されてきた。

しかしながら、RFID タグ装着型のレンタルパレットの場合、この原則と常識を覆すことになる。現物を目視しつつスキャンしたり、貨物と容器のそれぞれに情報の紐付けしたりするというよりも、パレット単位での情報管理が推進されることになるのである。

したがって、パレット単位の貨物情報が漏洩、流出したり改ざんされたりすることのないようにパスワード管理、ハッカー対策などを充実させることにより、十分な情報セキュリティ体制を構築する必要がある。

IoT 時代の到来により、物流・ロジスティクス領域における情報セキュリティの重要性は今後ますます高まっていくことは否定のしようがない。これまで以上に情報セキュリティの確保に留意した物流情報システムの設計と構築が求められることになるだろう。

注:

- [1]鈴木邦成,『物流センターのしくみと実務 第2版』,日刊工業新聞社,2018年
- [2]ロイター,ブリヂストン,米社にサイバー攻撃 工場が一時稼働停止,
<https://jp.reuters.com/article/jp-bridgestone-idJPKCN2LF019>,2022年8月16日確認
- [3]小野寺正浩,鈴木邦成,若林敬造,渡邊昭廣,パレット起点の物流IoTの展開に見る情報セキュリティマネジメントに関する一考察,日本情報ディレクトリ学会誌,第17巻1号 pp.75-83,2019年
- [4]Ibid.
- [5]Ibid.
- [6]Whitfield Diffie and Martin E. Hellman, *New Directions in Cryptography*, IEEE Transactions on Information Theory ,Volume22, Issue6,pp.644-654,1976
- [7]Ibid.
- [8]小野寺正浩,鈴木邦成,若林敬造,渡邊昭廣,パレット起点の物流IoTの展開に見る情報セキュリティマネジメントに関する一考察,日本情報ディレクトリ学会誌,第17巻1号 pp.75-83,2019年
- [9]Ibid.
- [10]Ibid.
- [11]A.Rajaraman, J.D.Ullman, *Mining of Massive Datasets*, Cambridge University Press,pp.1-17,2011
- [12]小野寺正浩,鈴木邦成,若林敬造,渡邊昭廣,パレット起点の物流IoTの展開に見る情報セキュリティマネジメントに関する一考察,日本情報ディレクトリ学会誌,第17巻1号 pp.75-83,2019年
- [13]Ibid.
- [14]日本パレット協会,ユニットロード化実態調査,2005年
- [15]小野寺正浩,鈴木邦成,若林敬造,渡邊昭廣,パレット起点の物流IoTの展開に見る情報セキュリティマネジメントに関する一考察,日本情報ディレクトリ学会誌,第17巻1号 pp.75-83,2019年
- [16]ユーピーアール株式会社 <https://www.upr-net.co.jp/>,2022年12月

15 日確認

[17]http://www.logistics.or.jp/jils_news/pdf/テーマ別研究会_日本の物流コスト_三代川講師_事後配付資料.pdf,2022年12月15日確認

[18]鈴木邦成,『物流甲との計数管理/KP管理ポケットブック』,pp.88-89,日刊工業新聞社,2018年

[19]<https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>,2022年12月15日確認

[20]小野寺正浩,鈴木邦成,若林敬造,渡邊昭廣,パレット起点の物流IoTの展開に見る情報セキュリティマネジメントに関する一考察,日本情報ディレクトリ学会誌,第17巻1号 pp.75-83, 2019年

第4章 マイクロフルフィルメントの活用による効率化

4.1 本章の目的

本章の目的は、物流 DX の展開においてそのもっとも顕著な変化を確認する。具体的には、ネット通販(EC)物流の動静について企業事例を紹介し、マイクロフルフィルメントセンターにおける物流 DX の導入の進捗度を検証する。

4.2 EC サプリメント市場拡大の概要

拡大を続ける EC 市場においても、機能志向食品(サプリメント)は将来性のある有望な市場と考えられる。本研究におけるサプリメントとは、免疫、健康増進、生活習慣病予防などを範囲とする領域である。

コロナ禍以降、消費者の健康意識や予防意識は高まった[1]。免疫、健康増進、生活習慣病予防などが伸びた一方、外出自粛のため飲酒機会が減少し、肝機能改善向けのサプリメントの売上げが低迷した。また基礎栄養摂取の観点からマルチバランス、グリーンチャージは今後、有望と考えられる。なお、図 4.1 は、コロナ禍前後のサプリメント市場の需要変動予測を視覚化したものである。すなわち、コロナ禍による巣ごもり現象の発生により、サプリメント市場は拡大した。プロテイン、アミノ酸に関する消費者の需要が強くなっているのである。

コロナ禍による外出自粛の影響を受けて売上げが減少した企業が多かったが、外出規制が一時的に緩和された。

コロナ禍における巣ごもりにより生活習慣病のリスクが指摘され[2]、その対策として健康サプリメントの売上が伸びた。健康意識、予防意識の高まりとコロナ禍により在宅時間が増えたことで需要が高まった。

以上のように、サプリメント市場は今後の成長が多面的に見込める分野である。したがって、通販市場に力を入れることによって、消費者のニーズもさらに高まることが想定される。

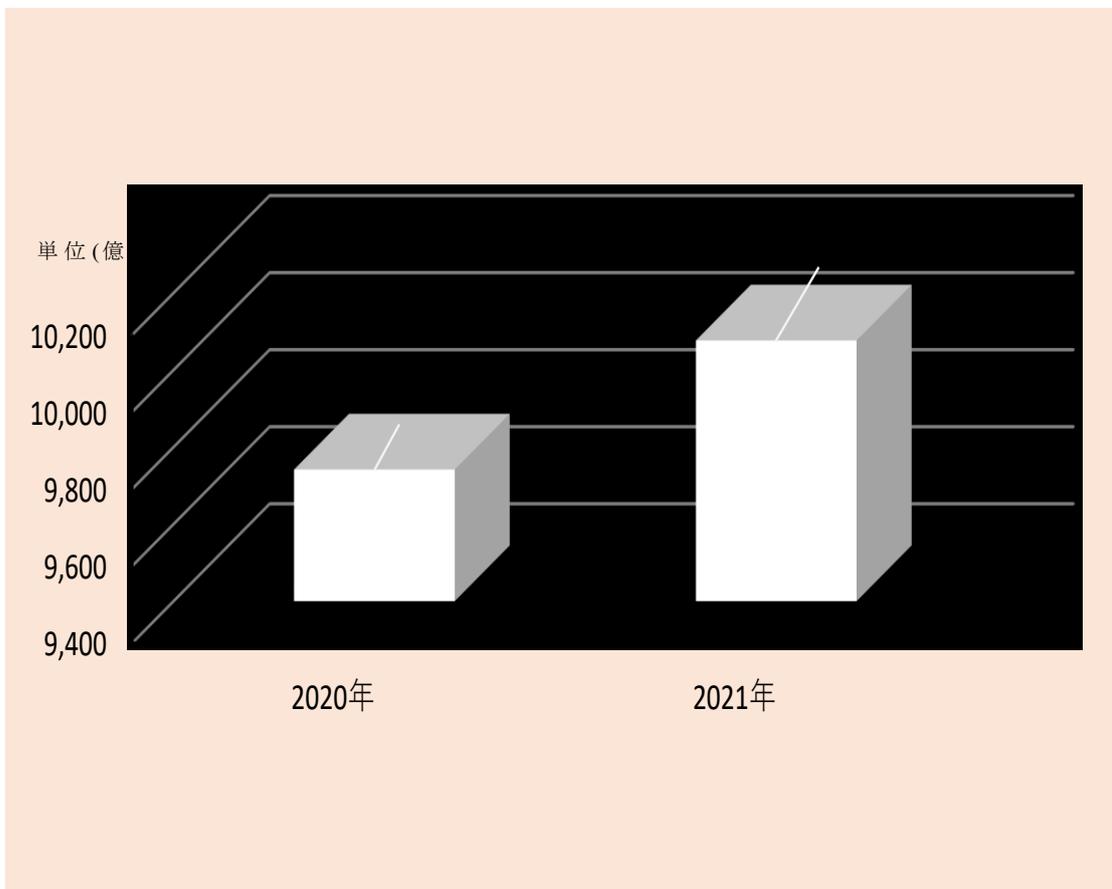


図 4.1 コロナ禍のサプリメント市場の売上高

4.3 フルフィルメント業務の構築

EC 物流においては,通常の物流センターとは異なるフルフィルメントセンターが構築され,運用されるケースが多い[3].

フルフィルメント業務とは,EC 商品の受注から発送までの一連の作業を EC 運営側で行う業務である.通常フルフィルメント業務は,フルフィルメントセンターと名付けられる通販向けの物流センターで行われることとなる.図 4.2 は,フルフィルメント業務の全体像を現したものである.

具体的にそのプロセスを追うと次のようになる.まず消費者あるいはユーザーは,EC サイトにアクセスして商品を探し,購入の手続きを始める.その際に売り上げの形状に結び付くのは,商品の決済を済ませた段階である.商品の決済を済ませることによって,商品の所有権は EC サイトから消費者に移り,商流は完結する.残りのプロセスは,商品の発送から購入者宅への配送である.したがって,EC サイトでは,フルフィルメントセンターに在庫状況の確認と発注処理を行う必要が出てくる.

他方,フルフィルメントセンターでは,EC サイトからの注文を受けてセンター内の作業員に出荷指示を出す.出荷指示を受けて作業員は,出荷指示書に基づきピッキング,出荷検品を行い,梱包作業等を経て購入者に向けて発送する.ここで,こうした作業員の一連の作業をフルフィルメント業務と呼ぶこととする.

情報システムについては,クラウド上にデジタルプラットフォームを構築し,商流を踏まえて物流についてもデジタル管理ができるように庫内作業員や配送会社,配送パートナーなどが端末を使って情報共有ができるように工夫が施される傾向が強くなっている.なお,一連の出荷プロセスだけではなく,メーカーなどからの入荷検品・格納・保管及び棚卸にも対応することになる.ただし,ネット通販の拡大を受けて,近年はロングテール在庫が増えフルフィルメントセンターの規模並びに業務は膨大化している.そこで,次節では,フルフィルメント業務を迅速かつ小回りの利く形で実装できるマイクロフルフィルメントセンターについて事例を挙げて考察する.

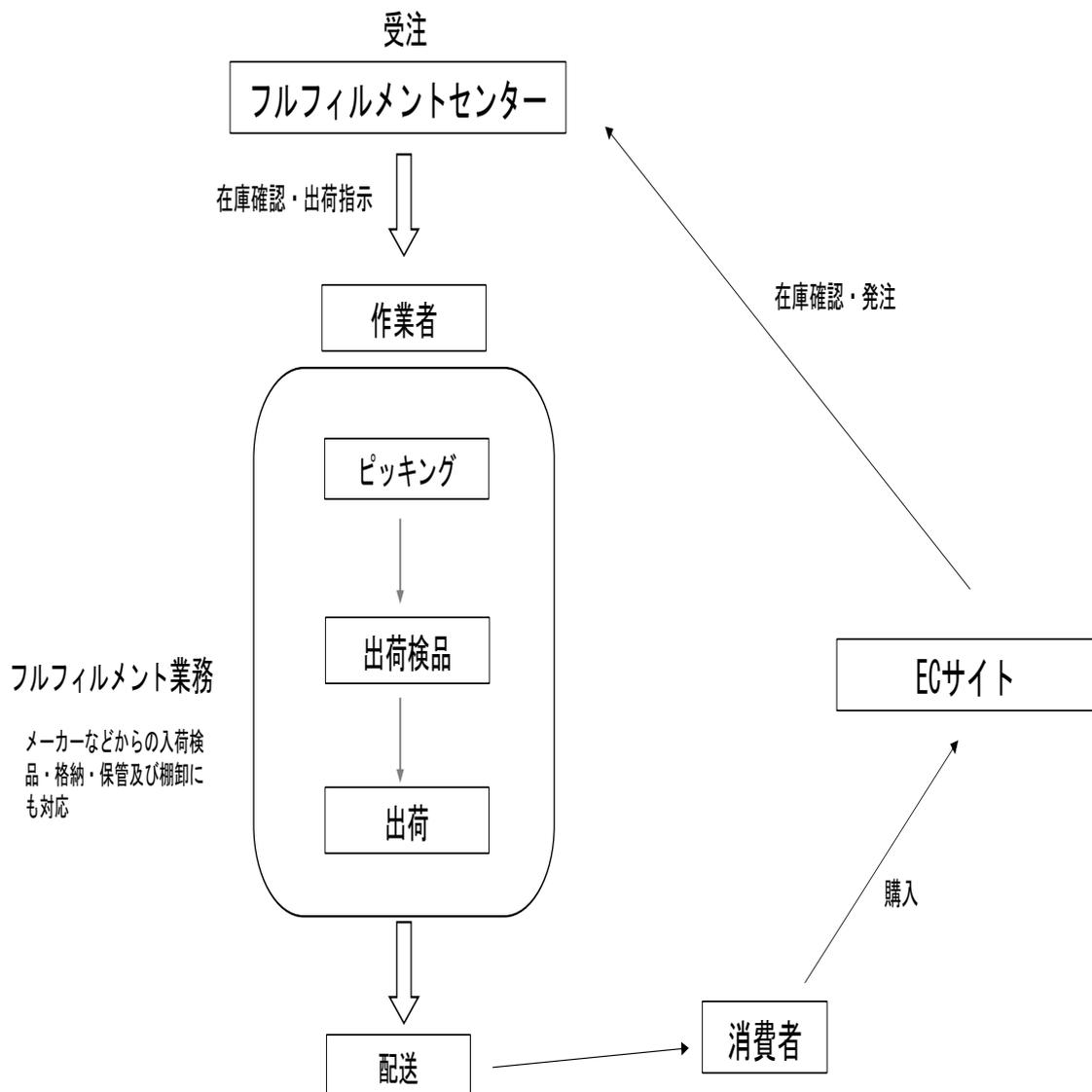


図 4.2 フルフィルメント業務の作業フロー

4.4 マイクロフルフィルメントセンター

近年、フルフィルメントセンターについてもマイクロ化する傾向が強く、都市型の小規模な施設が相次いで建設、運営されている。これらはマイクロフルフィルメントセンターと呼ばれ、消費地近郊で迅速性を念頭に置いて最小限のフルフィルメント業務を行っている[4][5]。すなわちマイクロフルフィルメント業務とは、EC商品の受注から発送までの一連の作業を最小限の労働負荷により実践するセル生産型のEC向け通販専用業務である。図4.3は、マイクロフルフィルメント業務の概要を現したものである。

一般的なフルフィルメント業務と比較しながらそのプロセスを追うと次のようになる。

消費者あるいはユーザーがECサイトにアクセスして高頻度出荷実績のある商品の購入手続きを行い、その出荷指示のデータがマザークラウドを経由して受信された場合、マイクロフルフィルメントセンターで処理されることになる。

マイクロフルフィルメントセンターでは、出荷指示に基づいた一連の作業が最小限の作業員により簡略した手順で行われる。一例をあげると汎用性の高いフルフィルメントセンターでは、フリーロケーションで管理されていた棚出しが平置きされた保管エリアからダイレクトに出荷されるというように高頻度出荷品の出荷対応にのみ限定した作業となっている。マイクロフルフィルメントセンターを設置することにより、需要と出荷量が多い商品をより一層、迅速に処理し、消費者のもとに届けることが可能になる。

情報システムについては、クラウド上にデジタルプラットフォームを関連するその他のフルフィルメントセンター及びマイクロフルフィルメントセンターの在庫ステータスと同期化、共有化を図り流通在庫の可視化を推進する。また、大手EC通販業者のみならず、アフィリエイト事業者の在庫ステータスについても共有することがある。ラストワンマイルの配送については、基本的には大手宅配便事業者などの配送ルートに乗ることが多いが、マイクロという利点を活かして配送パートナーなどを独自に調達する庸車戦略を展開する場合もある。

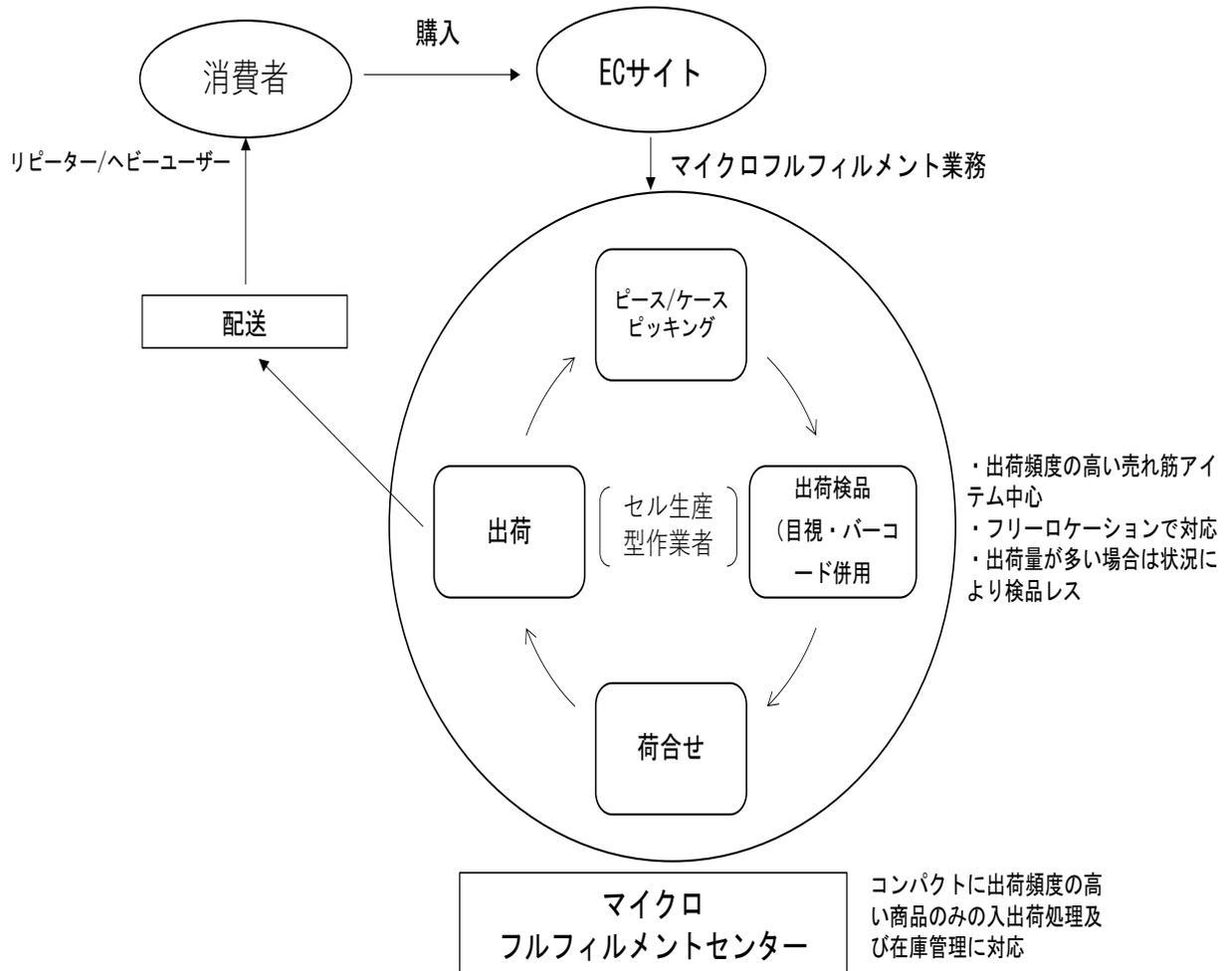


図 4.3 マイクロフルフィルメントのフローチャート

4.5 マイクロサプライチェーンにおける物流 DX

マイクロフルフィルメントの物流デジタルプラットフォームの構築については、図 4.4 のようにするケースが多い。

物流情報支援システムの迅速な活用には、施設内におけるセンサー、IoT デバイスをスムーズに接続できるデジタル化されたプラットフォームが求められる。フルフィルメント事業者が比較的低コストのイニシャルインベストメントでタイムリーにマイクロフルフィルメント業務を活用できるようにする必要がある。

なお、デジタルプラットフォームの要件定義としては、次の項目が必要になる。

(1) API の活用

内部システムと外部システムが相互に連携することを促進するアプリケーションを指す[6]。すなわち、内部システムのクラウド化された部分を連携システムから活用する環境とインターフェイスを構築するものである。複数のアプリケーションを有効に機能、連携させることで、必要なサービスをスムーズに提供できるようになる。

(2) クラウドコンピューティングの運用

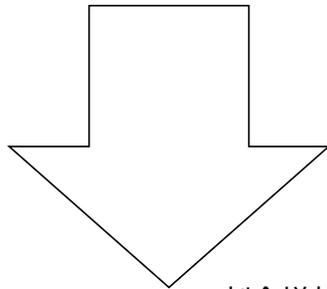
マイクロフルフィルメントセンターでは、基本的に WMS などの活用はクラウドを経由して行われることになる。したがって、作業の進捗状況などは母体となるメインのフルフィルメントセンターと情報が共有されることになる。

4.6 企業事例

4.6.1 ロジボン

トラック運送において、帰り荷情報をインターネット及び電話で共有する求荷求車システムの運営を行うスタートアップ企業として 1999 年に設立された。現在の顧客数は 5000~10000 の範囲で推移している。ロジボンの事業展開は図 4.5 のようにまとめられる[7]。なかでも近年、EC 物流サポート事業の比重が大きくなっている。マイクロフルフィルメント業務については、東京都内の倉庫を中心に展開されている。

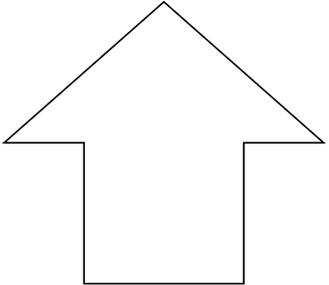
マイクロフルフィルメント



- ①高頻度出荷品(ロングテールにならない在庫)
- ②緊急性(迅速なラストワンマイル配送)
- ③低カテゴリー性(単品種多量)

割合増加から重要性が上がる

- ①ロングテール(フリーロケーションで対応)
- ②非緊急性(隔日配送可)
- ③高カテゴリー性(多品種少量)



大型フルフィルメント

図 4.4 マイクロフルフィルメント導入の意思決定項目

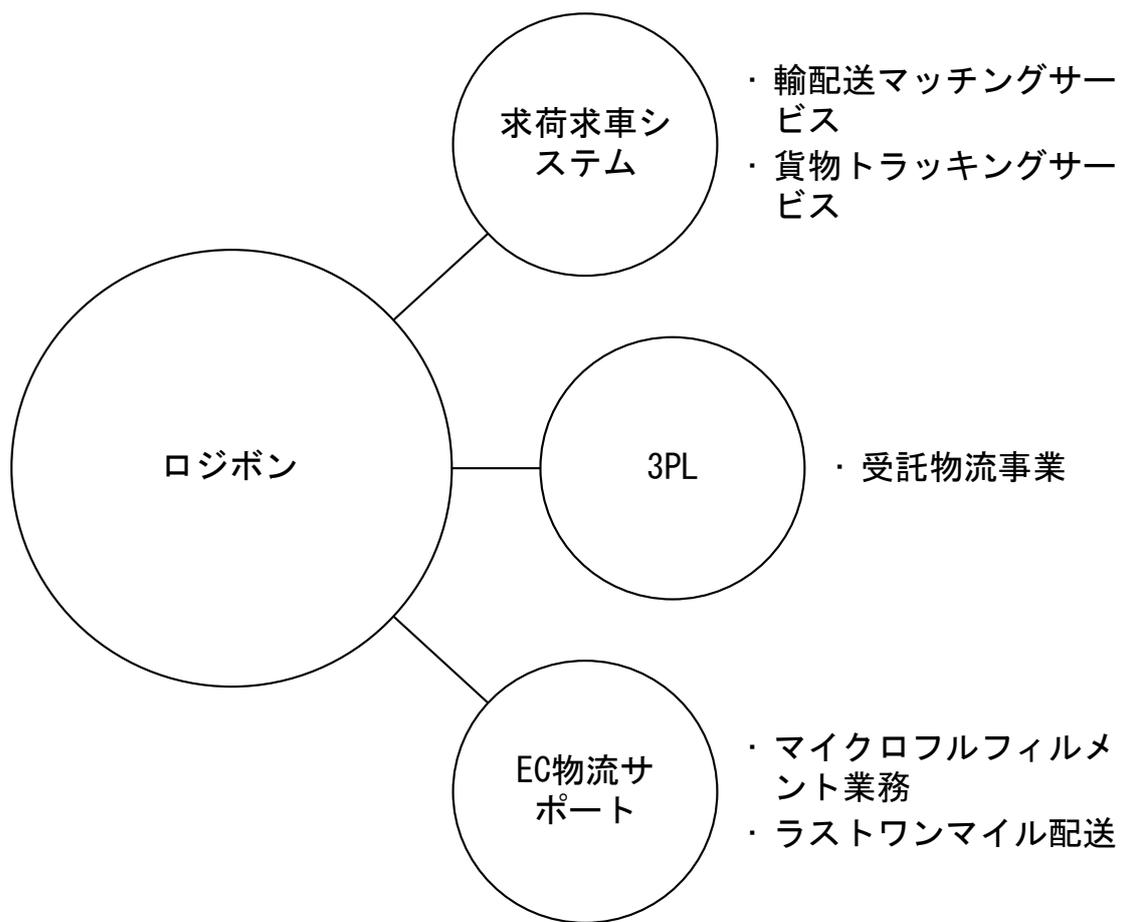


図 4.5 ロジボンの事業内容

4.6.2 EC サプリメント進出の経緯

EC サプリメントでは、健康意識の高まりにより商品需要が拡大している。しかしながら多くの消費者は、単品リピート通販で購入することが多く、その場合は高頻度出荷品を近距離に対して迅速に配送する必要性に迫られている。また、拠点については、ロングテール対応の大型フルフィルメントセンターでは小回りの利く集中的な配送を行うことが難しく、棚出しにも多大な時間とコストがかかる。こうした従来型のフルフィルメント業務に特殊な物流特性を持つECサプリメントの需要増が対応しきれない状況をビジネスチャンスと考え、都内小型倉庫を拠点にマイクロフルフィルメント業務への参入を決定した。以上の意思決定プロセスをフローチャートにまとめると図 4.6 のようになる。

マイクロフルフィルメントセンターの構築に当たっては、まず東京都内で候補施設を検討した。ただし、江東区木場などの地価の高騰が激しい地域では対象地域から外した。しかしながら東京都内は全般的に賃料も高く、その選定は難航した。そこで、対象施設を最新設備を兼ね備えた新築ではなく、築年数の長い施設にまで対象を広げ検討したところ、写真 4.1 のような錦糸町駅に近い毛利地区の物件が活用可能とわかった。そこでコロナ化において、同施設を活用し、マイクロフルフィルメント構築を推進することとした。もっともロジボンにとっては、マッチングサービスや 3PL 事業においても当該倉庫を活用することが決定していたので、当該倉庫が多層階型倉庫であることに着目し、2 階及び 6 階をマイクロフルフィルメントセンターとして活用することとした。同マイクロフルフィルメント作業に延べ 15 人で行っている。なお、マイクロフルフィルメントセンターの概要を表 4.1 のようにまとめた。

当該マイクロフルフィルメントセンターは、以上のように EC サプリメントに特化した特徴を有している。その概要となる写真も併せて紹介する。

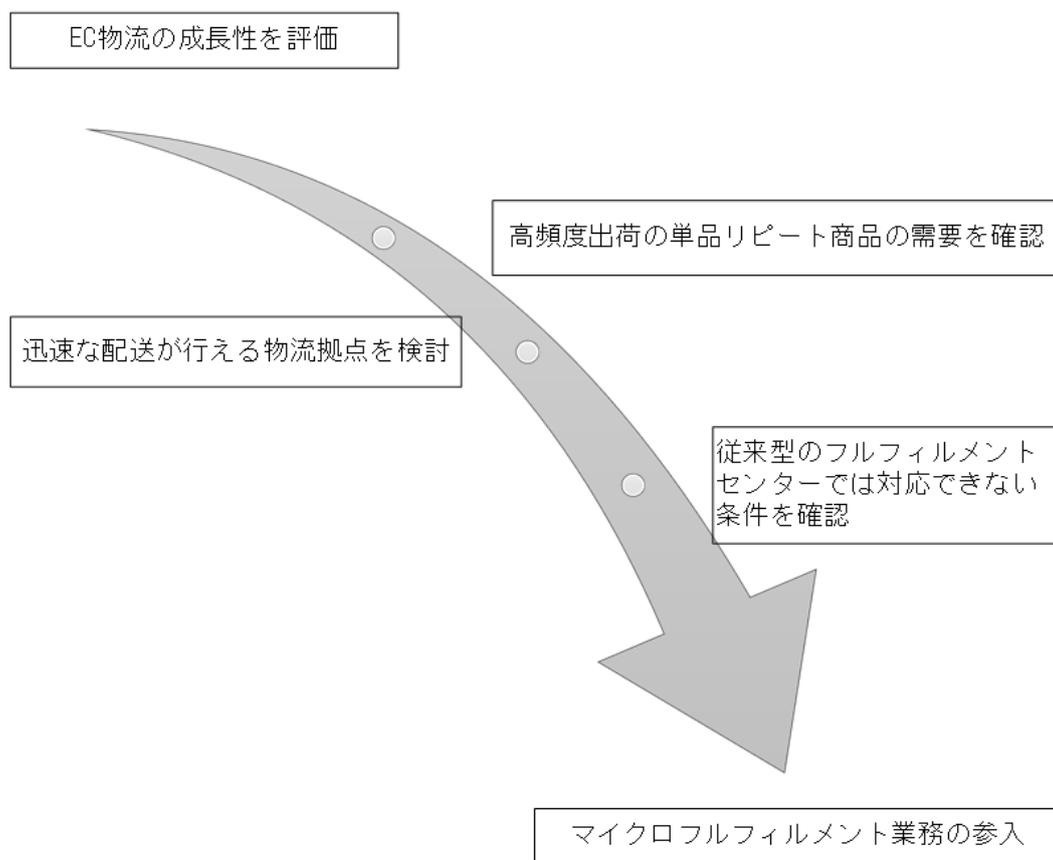


図 4.6 マイクロフルフィルメント事業の参入プロセス

表 4.1 マイクロフルフィルメントセンターの概要

項目	仕様	解説
入出荷バース	接車数15台	1tバン及び2t箱型で東京都内を中心に配送
荷捌きスペース	80㎡	単品高頻度出荷品に特化した荷捌きを迅速かつ少人数で行っている
保管スペース	200~300㎡	単品高頻度出荷品の保管を平置き固定ロケーションで対応し、ピーク時等については別途他階を確保している。
ピッキング・仕分けスペース	30㎡	出荷品目が少ないので、少人数で正確な仕分けを心掛けている。
検品スペース	30㎡	目視検品を2人1組で行うことを原則とし、適時検品レスにも対応している。
作業者 (延べ人数)	15人	熟練作業者を中心に必要なに応じて新人パートアルバイトも活用している。
責任者の設置	有	大手物流企業OBの経験者が担当
運行管理者の設置	有	社内人材が研修後、試験に合格し担当
総スペース	500㎡	マイクロフルフィルメントとしては標準的な規模の範疇であると考えられる。



写真 4.1 選定されたマイクロフィルムメントの施設



写真 4.2 入出荷バース



写真 4.3 荷捌きスペース



写真 4.4 保管スペース



写真 4.5 ピッキング・仕分けスペース



写真 4.6 検品スペース



写真 4.7 作業者の休憩スペース



写真 4.8 責任者及び運行管理者の事務スペース



写真 4.9 マイクロフルフィルメントセンターの庫内環境

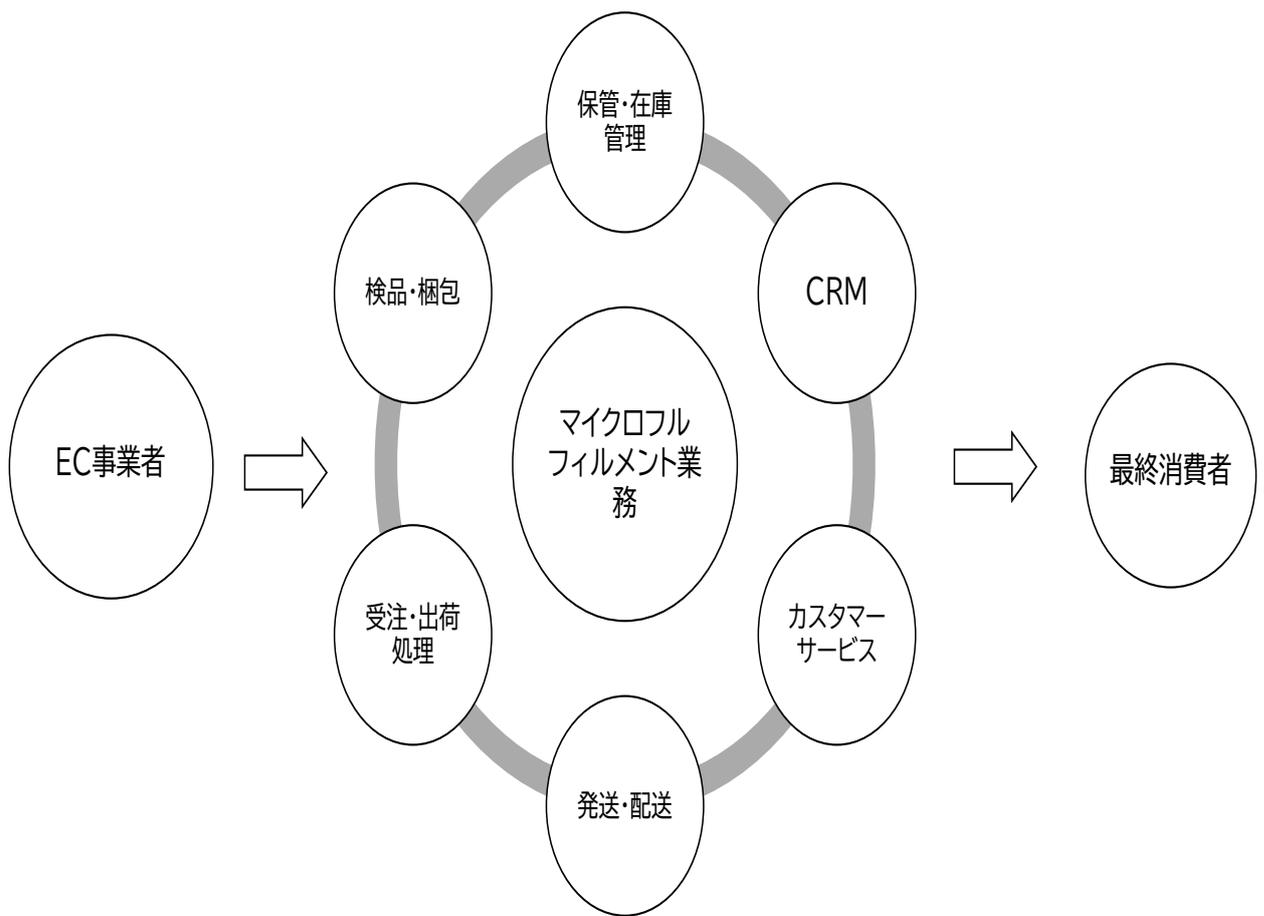


図 4.7 マイクロフルフィルメント業務の作業サークル

4.7 考察

EC 市場の拡大に応じてフルフィルメント業務の重要性は高まっている。ただしフルフィルメントの質については、従来に比べかなりの変化がみられる。すなわち、従来は取扱個数が少なかったこともあり、フルフィルメント業務の全体の流れが単純化されており、複雑な作業が行われることは比較的少なかった。また情報システムとの連携についても独立性の高い専用ソフトウェアなどが使われることも多かった。

しかしながら EC 市場の急速な拡大により、特に大都市圏均衡に多頻度小口などの細かい物流加工を必要とするケースが増加し、作業者の質の確保が従来に比べ難しくなってきた。その流れを受けて近年は、フルフィルメント業務をマイクロ化し、クラウド型のデジタルプラットフォームのリンクをもとに作業を行うというビジネスモデルが出現してきた。

本章におけるロジボン社の運営するマイクロフルフィルメントセンターはその象徴的な事例であり、物流現場における DX 導入の一例として考察に値する。

ロジボン社の事例を通してマイクロフルフィルメント業務の現場作業者がタブレットあるいはスマートフォンを端末として活用し、受発注処理並びに在庫確認などの細かい庫内作業を迅速かつ適切に実践していることが確認できた。EC 物流における DX を活用したデジタルプラットフォームの構築とその活用はロジスティクスにより一層の高度化において必要不可欠と考えられる。

4.8 本章のまとめ

本章では物流 DX の導入が進むもっとも顕著な例として、EC 事業におけるフルフィルメント業務を中心に事例の検証を行った。従来のフルフィルメント業務は、取扱ロットが比較的大きい大口配送にも対応していたが、EC 市場の拡大により標準化、デジタル化された多頻度小口にも対応する必要が出てきた。消費地に近いロケーションで梱包袋詰めなどの細かい物流加工の需要も高まっている。そこで本章では、マイクロフルフィルメントについての先行事例として、

ロジボン社におけるフィールドワークを行い,実際にフルフィルメントプロセスを経験することにより,その効果について自ら確認を行った.その結果,マイクロフルフィルメント業務における DX の導入は,ロジスティクスの高度化において重要な役割を担うということが明らかとなった.

注:

[1]日立システムズ, ウイズコロナの健康意識 健康意識はどう変化した,何が求められているのか,

<https://www.hitachi-systems.com/report/story/kenko-ishiki/>,2022 年 8 月 16 日確認

[2]安藤夏子,茶鍋淳子,水野萌木,沢丞, コロナ禍における糖尿病患者の生活スタイルの変化,糖尿病コントロールへの影響,糖尿病,64号,p.339,2021年

[3]鈴木邦成,中村康久,スマートサプライチェーンの設計と構築,白桃書房,p.88,2022年

[4]鈴木邦成,中村康久,スマートサプライチェーンの設計と構築,白桃書房,pp,87-88,2022年

[5]鈴木邦成,中村康久,物流 DX ネットワーク,NTT 出版,pp.216-217,2021年

[6]鈴木邦成,中村康久,スマートサプライチェーンの設計と構築,白桃書房,pp,5-6,2022年

[7]ロジボン,事業内容, <https://logibon.com/logi.html#05>,2022年8月16日確認

第5章 物流テック企業のデューデリジェンス

5.1 本章の目的

DXを推進する物流関連の企業(本研究では,これら一連の企業群を物流テック企業と呼ぶこととする)において,IR(Investor Relations)やM&A(Mergers and Acquisitions)を視野に企業価値評価を綿密に算出する必要性が高まっている.物流テック企業のM&Aを推進するにあたり,企業価値を評価する必要がある.評価の方法[1][2]としては,収益還元法と類似企業比較法がある.ただし,デューデリジェンス(資産の調査活動)については,定型的な手法は確立されておらず,実務においては調査機関などにより,その採用手法は異なる.なお,本章では,時価総額を算出する視点からテクニカル分析についても言及する.そこで本章では,物流テック企業を例にとり,テクニカル分析として配分還元法の視点から指数平滑移動平均(EMA:Exponential Moving Average)及びエリオット波動の活用を計り,さらに収益還元法を用いたデューデリジェンス手法を提案し,その分析結果を踏まえて対象企業について,有価証券報告書のテキストマイニングを行い,コレスポネンズ分析をすることで経営判断に有用であることを明らかにする.

5.2 検討の手順

近年,企業経営におけるキャッシュフローの流動性が高まっていることから,企業買収や企業再生の気運が高まり,対象企業に対してデューデリジェンスを入念に行うことが求められてきている[3].

デューデリジェンスにおいては,まず対象企業の損益計算書及びキャッシュフロー清算書による財務状況の緻密な把握を行い,売上高や収益についてこれまでの経緯現状及び将来の動向について精査を行い,企業価値を決定するというのが一般的なスキームである.

そこで本章では,図5.1並びに図5.2に示す流れにしたがい,テクニカル分析と収益還元法を併用し,それぞれの評価値を比べ,考察を行う.当該モデルによる企業評価のフィードバックとして,対象企業の有価証券報告書についてコレスポネンズ分析を行う.

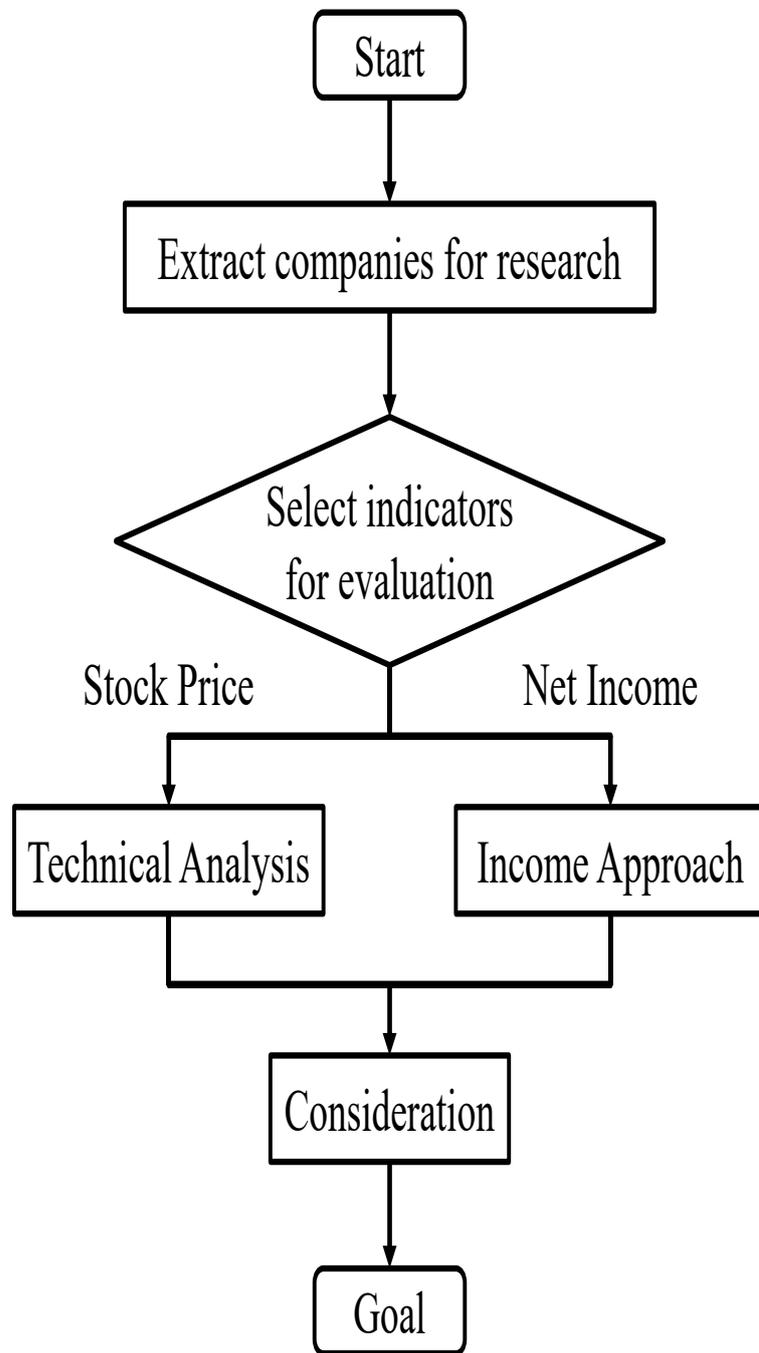


図 5.1 デューデリジェンスのプロセス

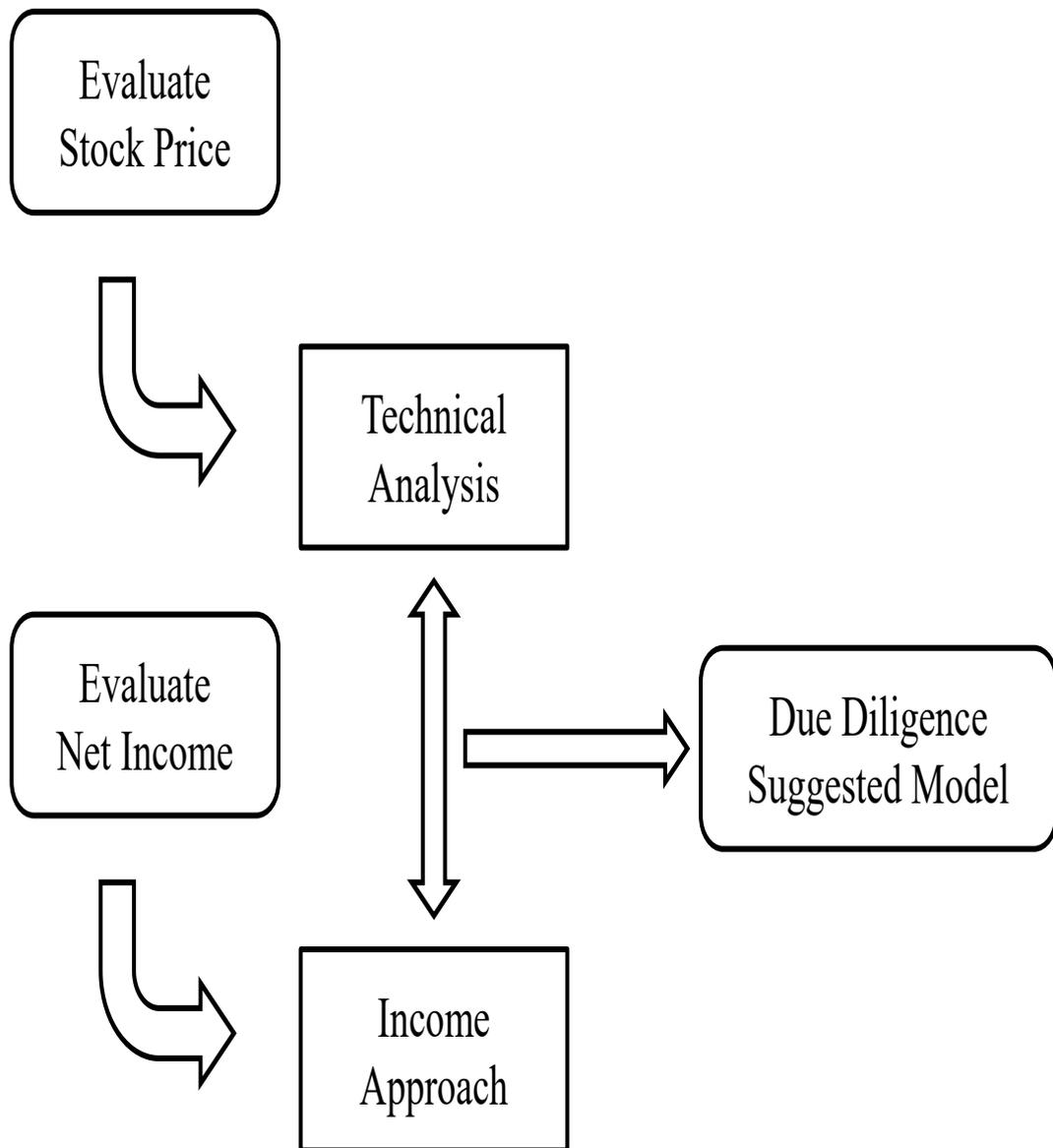


図 5.2 評価モデルの構築

5.3 調査の概要

本研究では、東京証券取引所(東証)に上場している主要物流企業 24 社を比較、検討し、評価した。本稿では、紙数の関係からそのうちの 4 社についての分析結果を示す。

なお、本研究に当たっては、会社四季報(東洋経済新報社)、YAHOO!ファイナンスより、各企業の詳細情報、チャート及び時系列の株価をはじめとするデータと、有価証券報告書第 1 部「企業情報」における主要な経営指標等の推移、提出会社の経営指標等に記載された売上高及び営業利益の過去 10 年分のデータをもとに評価を行った。なお、直近的な動向については、日本経済新聞など経済紙を参考にした。

5.4 評価手法

5.4.1 テクニカル分析

本研究では、テクニカル分析の手法例として EMA とエリオット波動理論を用いて企業価値を配当還元法の視点から算出する。

テクニカル分析とは、近年、株式投資家に活用されている手法であり、株価総額から企業価値を割り出すうえで客観性に優れている[4]。

すなわち、まず EMA を用いて株価の推移を把握し、配分還元による企業評価について考察する。

(1)EMA

①モデル化

株価の相場変動については、単純移動平均線(SMA:Simple Moving Average)が用いられることが多かった[5]が、近年は EMA が主流となっている。というのは、相場変動の予測について、時系列的にすべての期間のデータを均等に扱うのではなく直近のデータを重視することが予測の正確性を高めると考えられるようになってきているからである[6]。

なお、移動平均のモデルについては次のようになる。すなわち期間 W において、区間数 $k = 1, 2, 3 \dots n$ とした場合、それぞれの区切りを i と置くと、式(5.1)が成り立つ[7]。

$$y(k) = \frac{1}{W} \sum_{i=0}^{W-1} x(k-i) \quad (5.1)$$

ここで, W は期間である.

なお, 直近の終値に近いものに指数関数的に重みを付けた平均を指数平滑移動平均といい, 式(5.2)で表すことができる[8].

$$y(k) = (1-\alpha)y(k-1) + \alpha x(k) \quad (5.2)$$

ここで, α は平滑化係数

なお, $0 \leq \alpha \leq 1$ の範囲であれば任意の値にすることができまるが, 一般的には式(5.3)のように値を取ることが多い[9].

$$\alpha = \frac{2}{W+1} \quad (5.3)$$

②EMAによる分析

日経平均先物データ[10](2016年12月2日)のデータを用いて, 株価の推移についてEMAによる分析を行った. EMAにおいては, 10期間および100期間の2つの期間を用いてグラフを作成し, 視覚化することで実際の株価との推移を比較した. ここで移動平均線が上昇している場合は, すなわち企業価値は向上していると考えられ, 反対に移動平均線が下降している場合は, 企業価値が減少していると考えられる. 例えば, 短期移動平均線が下降していても長期移動平均線が上昇していれば, 企業価値の減少は一時的なものであり, 長期的には企業価値が向上していると考えられる.

したがって図5.3の場合は, 長期移動平均線の下降が継続的であるから, 企業価値が一時的な上昇はあっても, 結果として下がり続けているということが言える.

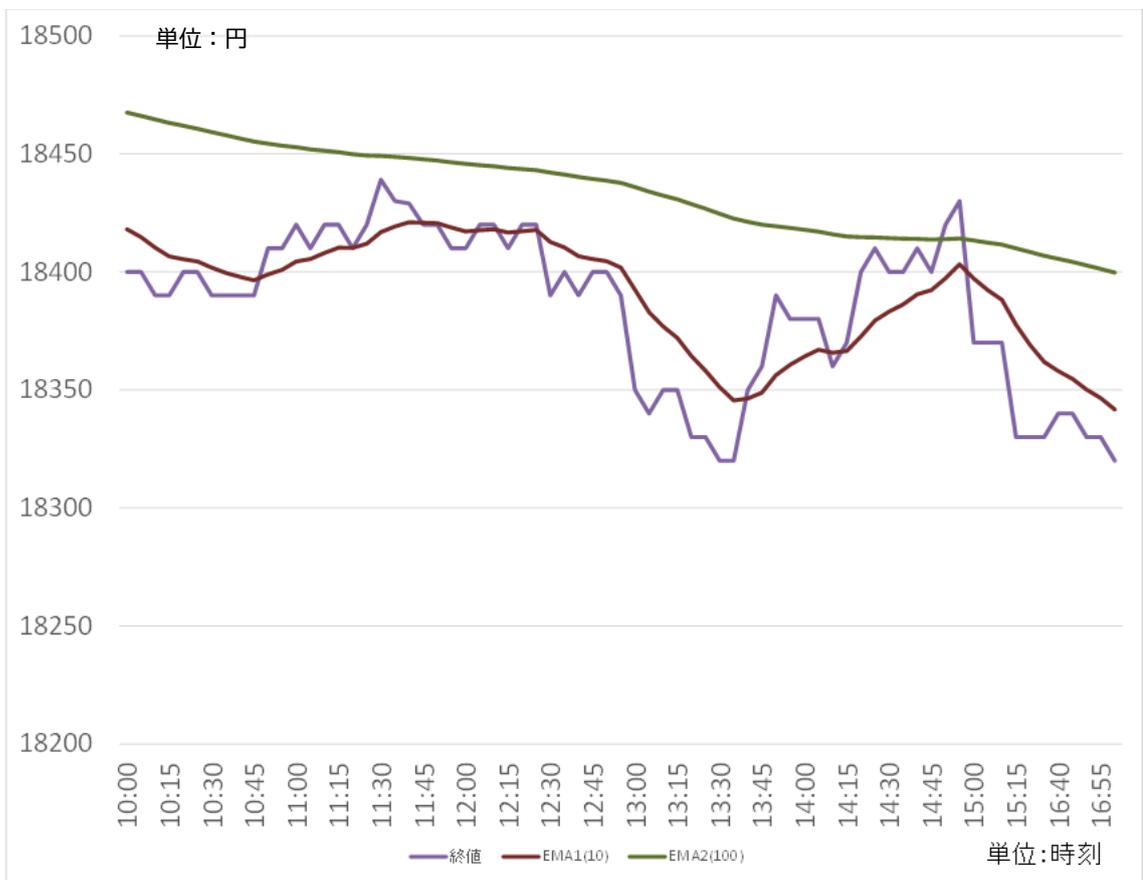


図 5.3 EMA モデルによる分析結果

(2) エリオット波動理論

① モデル化

エリオット波動理論を用いて将来に想定される株価を予測し、企業価値を求めることができる[11].すなわち時価総額の最大値を n 年後の企業価値とする.エリオット波動により発生する上昇波 5 波, 下降波 3 波で構成される 8 波を周期とし, その最大値をもって将来の企業価値を算定する.各波について, モンテカルロ法により乱数を発生させたうえで波動の規則性を示し, 帰納的に株価を類推する.そしてそのためにフィボナッチ数列の曲線の修正を行った.あわせて移動平均法を用いて細部を検討することにより, 予測精度を上げた.なお, 株価予測のための波動の規則性を示すフィボナッチ数列の一般項は, 式(5.4)で表される.

$$F_n = \frac{\phi^n - (1-\phi)^n}{\sqrt{5}} \quad (5.4)$$

ここで黄金比[12]は,

$$\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \quad (5.5)$$

② 分析結果

図 5.4 は, A 社についてテクニカル分析を行い, モンテカルロ法による将来の株価の変動を予測したものをランダムに抽出したものである.検討時点の株価は 3,773 円であり, 5 年後までの株価の平均価格は 4,135 円であった.このときの時価総額は, 132,842 百万円にのぼる.

図 5.5 は, B 社について図 5.4 と同様にテクニカル分析を行い, モンテカルロ法による将来の株価の変動を予測したものをランダムに抽出したものである.すなわち, 本研究における乱数は, 数的試行を繰り返すことにより近似解を求めるアルゴリズムを用いて算出したもので, エリオット波動に基づいて不規則なばらつきのもとに予測不可能性の精度を実勢株価の変化に近い形で疑似的に表したものである.検討時点の株価は 1,076 円であり, 5 年後までの株価の平均価格は 1,183 円であった.このときの時価総額は 35,905 百万円にのぼる.



図 5.3 A 社の株価シミュレーション

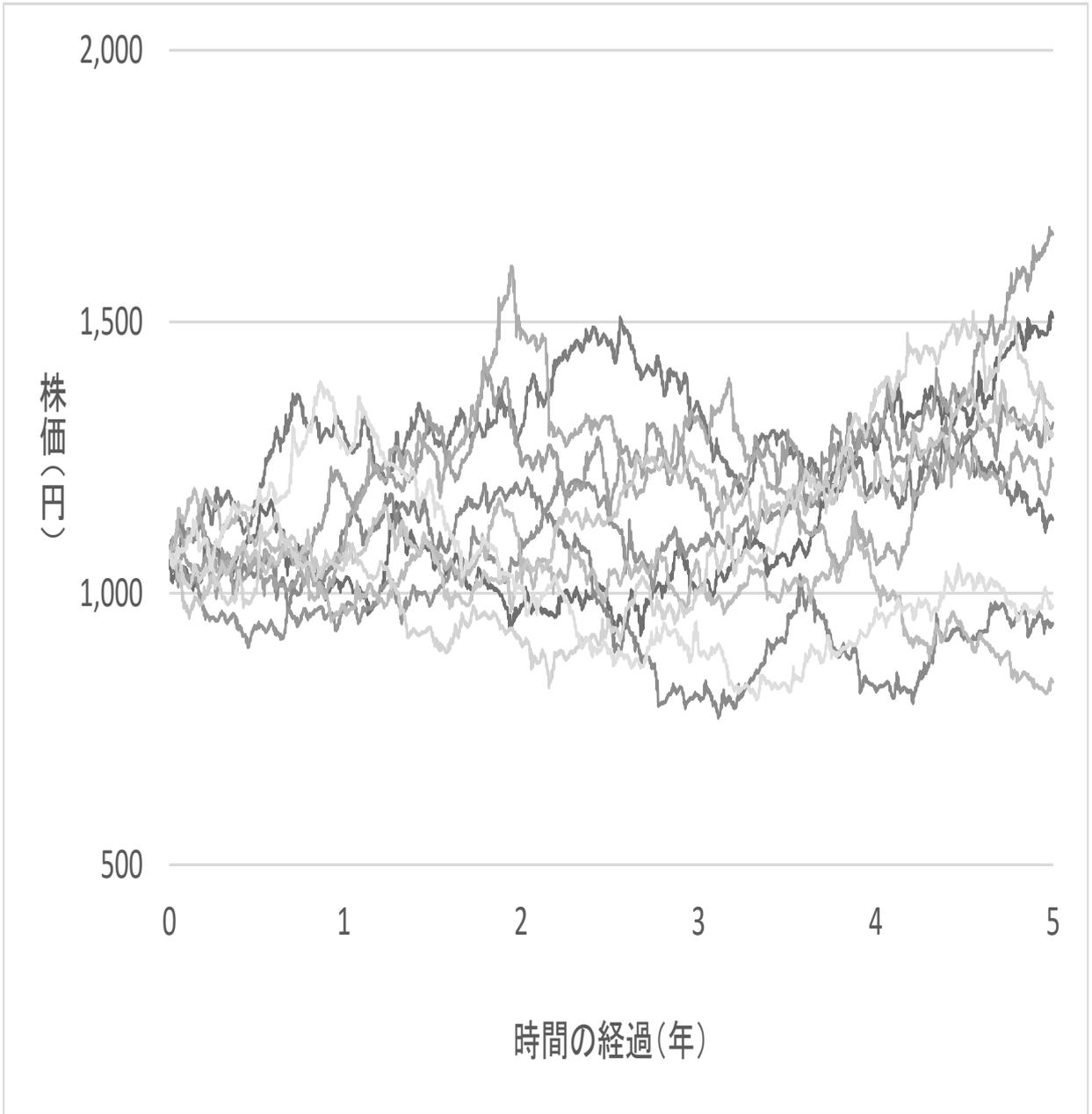


図 5.4 B 社の株価シミュレーション

5.4.2 収益還元法

① モデル化

収益還元法とは、企業が将来生み出すであろうと期待される FCF(Free Cash Flow)の現在価値の総和を求めることにより、事業価値、企業価値を求める手法である。企業が将来生み出す FCF をもとに価値を割り出すことから企業の収益性を考慮した価値を評価するのに適した方法であり、根源的な企業価値の測定ができるとして投資家の間でも広く用いられている手法である[13]。本研究では、収益還元法の中核である DCF 法を用いて想定された将来の FCF に時間価値を考慮して現在価値に割り引くことで事業価値、企業価値を求めた。なお、先行研究については、小野寺・鈴木(2017)[14]などを参照されたい。

DCF 法は、将来の計画期間における各年度の FCF 及び継続価値を算定し、割引率をもとにそれぞれ現在価値に割引し、その現在価値の総和として事業価値を求める手法である。DCF 法の式は、式(5.6)で表される。

$$PV = \sum_{n=1}^n \frac{FCF_n}{(1+k)^n} + \frac{TV}{(1+k)^n} \quad (5.6)$$

ここで、計画期間終了時点における評価対象企業の継続価値は、式(5.7)の通りである。

$$TV = \frac{FCF_n}{k} \quad (5.7)$$

ここで、

PV : 現在価値

FCF_n : n 年度の予測 FCF

n : 計画期間

k : 割引率

TV : 継続価値

なお,事業価値の算定に用いる割引率には,債権者と株主が評価対象企業に求める期待投資利回りの加重平均資本コストとなる WACC(Weighted Average Cost of Capital)を用いる.WACC の式は,式(5.8)で表される.

$$k = \frac{D}{D+E}(1-t)R_D + \frac{E}{D+E}R_E \quad (5.8)$$

ここで,

k :割引率

D :負債

E :時価総額

R_D :負債コスト

R_E :資本コスト

t :実効税率

②分析結果

図 5.5 は,C 社について 5 年目までの予測 FCF と継続価値を,割引率をもとに現在価値を割り出し,その総和をもとに事業価値を算出したことを表しているグラフである.このときの事業価値は,1,085,837 百万円である.

図 5.6 は,D 社について図 5 と同様に 5 年目までの予測 FCF と継続価値を,割引率をもとに現在価値を割り出し,その総和をもとに企業価値を算出したことを表しているグラフである.このときの事業価値は,887,848 百万円である.

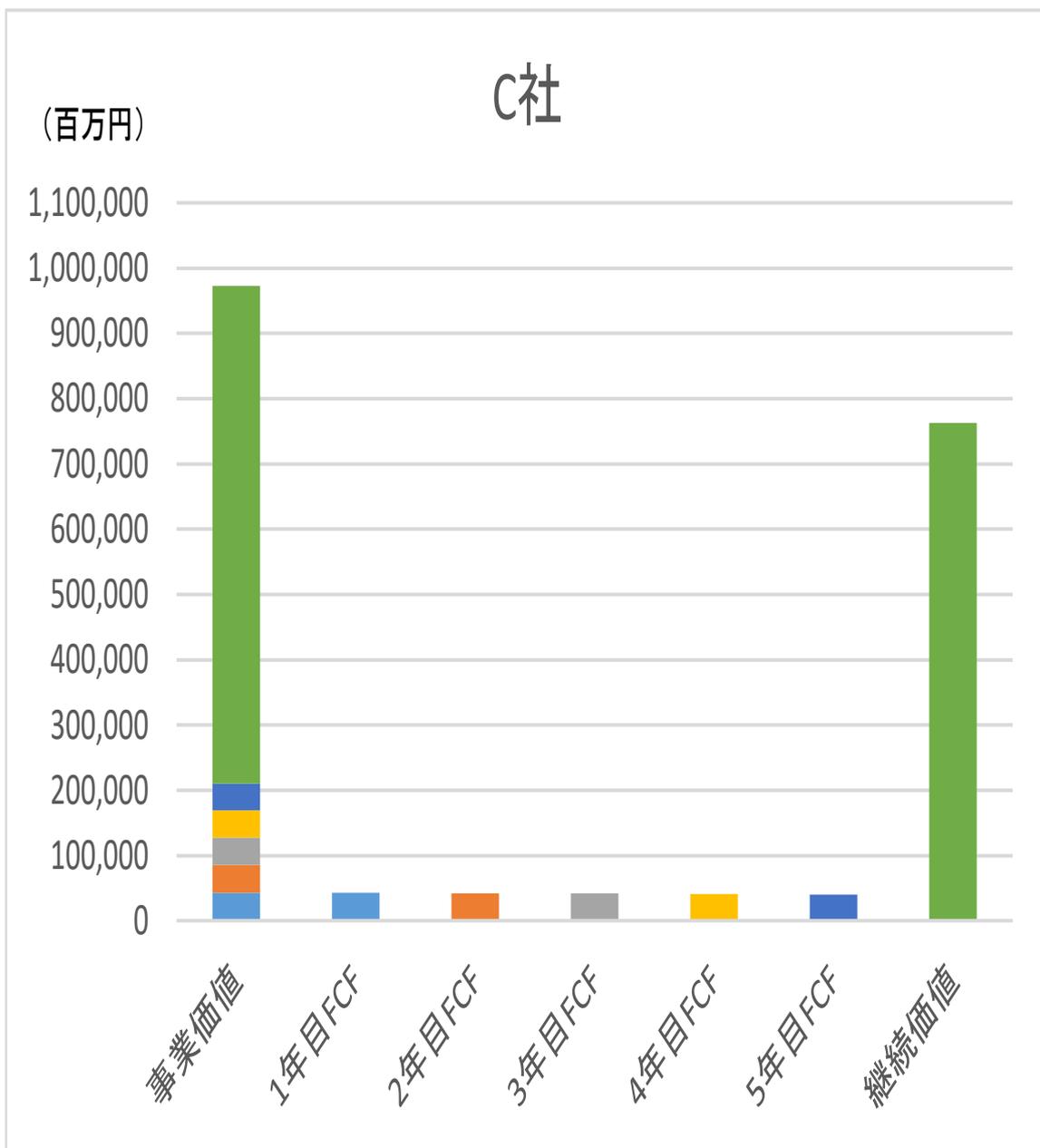


図 5.5 DCF 法による C 社の事業価値

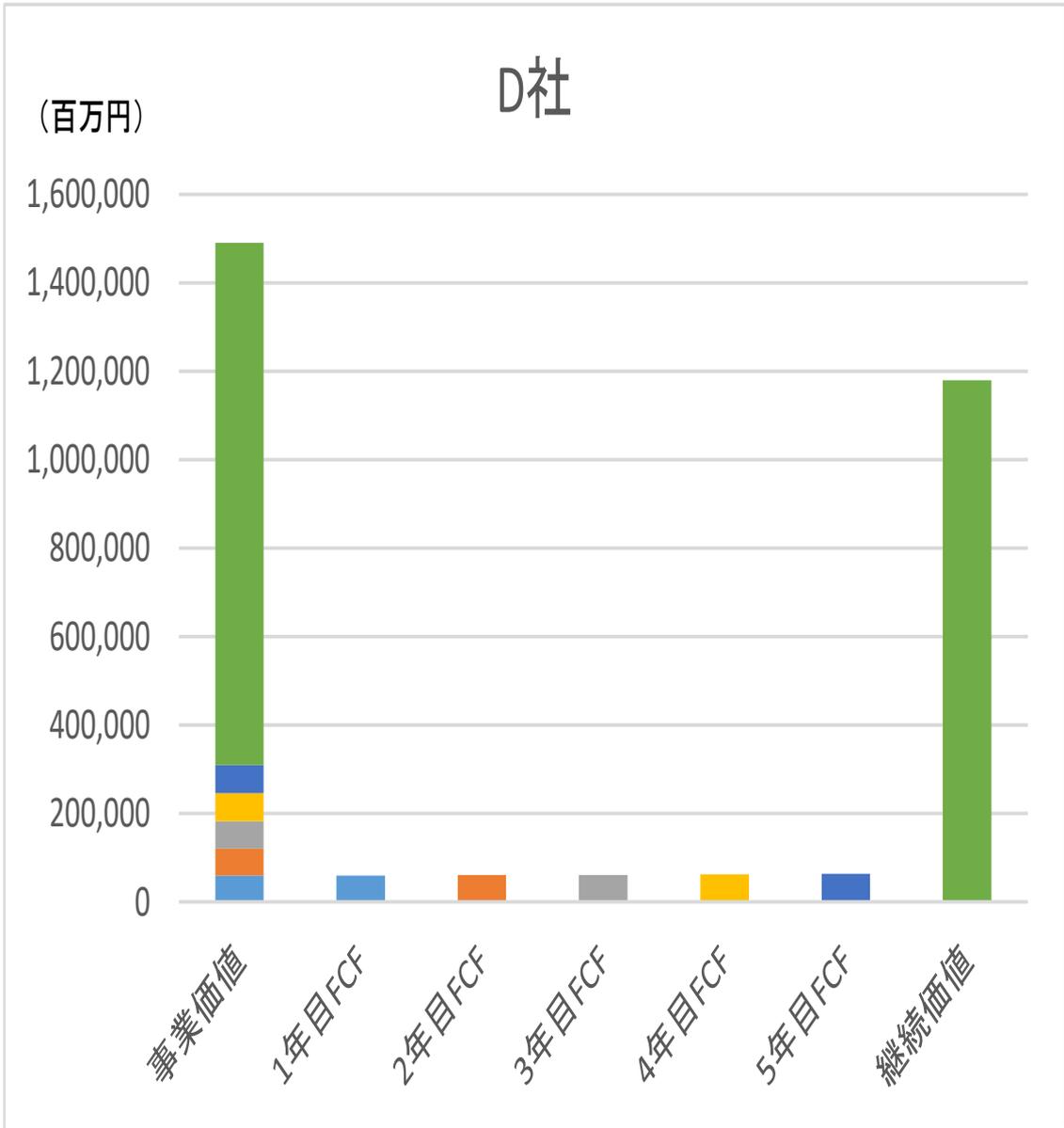


図 5.6 DCF 法による D 社の事業価値

5.5 物流テック企業における M&A の判断

類似企業比較法による物流テック企業評価について近年の物流業界では DX の導入が進み,その結果,ロジスティクステクノロジーの特許などを持つ物流テック企業に注目が集まっている.ただしこれら企業は小規模なため,時価総額やテクニカル分析による成長度合いの分析や企業価値についての緻密な評価は難しいと言わざるを得ない.そこで類似企業比較法により,その将来性を判断することが合理的と考えられる.以下に示す(1)~(4)及び表 5.1 は,物流テック企業が力を入れるロジスティクステクノロジー群である.それらを順に概観していくことにする.

5.5.1 物流テックのテクノロジー

物流 DX の推進において,ロジスティクステクノロジーの活用が注目を集めている.当該テクノロジーを駆使して物流改善などを推進する DX に重きを置く企業を物流テック企業と呼ぶことにしたい.

(1)RFID タグ装着パレット

パレットに RFID タグを装着し,貨物履歴などを可視化するビジネスモデルが登場している.情報を一元化し,可視化することが可能となる.物流センターにおけるパレットの役割は,AI 化などの影響を受け今後さらに高度化することが考えられる.工場からパレット単位で出荷すれば一貫したフォークリフト荷役により,物流センターから小売店舗まで配送することが可能となる.併せてパレット単位で出荷ロットなどの必要情報が管理できる.

レンタルパレット大手の A 社は,アクティブタグをパレットに装着し,リアルタイムにパレットなどの位置情報を自動的に認識できる.

(2)Material Handling (マテハン)

マテハン機器は,一連の物流情報支援システムと緊密に連携してスマート化への大きな推進となっている.機械学習により作業情報

などのデータから庫内作業の効率化の法則,作業オペレーションごとの結果を推測することが可能となっている.

(3)Digital Picking System (DPS)

ストック型の DC (distribution center:ディストリビューションセンター)向けなどにはオーダーピッキング対応の DPS が導入されている.DPS の導入で誤出荷の発生を抑えることができる.DPS を導入することでピッキング精度を向上させ,誤出荷率を可能な限りゼロに近づけることが可能となる.また,仕分け作業などの時間短縮や梱包作業の効率化などについても効果を上げることができる.

(4)Digital Assort System (DAS)

DAS を導入することで,非熟練作業でも仕分け作業に従事することが可能となった.将来的には,自動仕分けロボットや次世代型ロボットソーターなどが大きな脚光を浴びる可能性がある.

表 5.1 物流テック企業(例)

物流テック企業	概要	URL
オープンロジ	受注・出荷業務の自動化、DX化をサポートし、物流作業時間の削減をサポート、越境ECにも対応した発送システムの効率化にも対応	https://www.openlogi.com/
ニューレボ	クラウドネイティブの在庫管理システムを提供しEC事業者のフルフィルメント業務を側面から支援、併せて3PL事業についてマッチングサービスを展開	https://newrevo.jp/
ハコブホールディングス	配送システムの効率化をマッチングサービスを活用することで推進するビジネスモデルを構築、企業アライアンスのデジタルネットワークを拡大	https://www.hakobu.rocks/
ユーピーアール	RFIDタグが装着されたスマートパレットによるレンタルパレットシステムをはじめDXタグの活用を前提とした貨物追跡サービスなどの提供	https://www.upr-net.co.jp/
ロジボン	求荷求車システムによる輸送マッチングサービス及びEC事業におけるフルフィルメント業務、バース予約システムの構築などの事業展開	https://logibon.com/
Cbcloud	配送パートナーとの連携をクラウド型の配送システムを構築することで展開、24時間体制で携帯端末からアクセスできるビジネスモデルを構築	https://cb-cloud.com/
GreyOrange	EC事業向けのロボティクスオートメーションをAIクラウドにより展開し、フルフィルメントプラットフォームを構築	https://www.greyorange.com/
RFルーカス	RFIDタグの活用による物流の可視化及びデジタルシフトを展開、在庫管理システムのデジタル化を推進	http://rflocus.com/jp/

5.5.2 物流テック企業の比較考察

物流テック企業の類似比較について配車マッチングサービスを行っている B 社をもとに考察する。

物流テックのスタートアップ企業として設立された B 社は,求荷求車システム(本論文第 2 章参照)の次世代モデルを構築し,投資家などからの資金を集めデジタルプラットフォームの運営に参画した.従来は,単なる車両と荷物のマッチングであった求荷求車システムをサプライチェーン全体における情報共有のプラットフォームとすることを意図していた.それゆえデジタルプラットフォームとトラックドライバー及びトラック運送会社との情報共有は,IT デバイスや PC 端末を中心に一部の従来の求荷求車企業が力を入れていた.電話や FAX によるマッチングは原則として行われなかった.しかしながら,トラック運送業界においては,アナログ的な部分を残していなければ物流現場の実務において営業機会を逸することもあり,急激な DX 化に抵抗感を示すトラック運送会社からは採用や登録を見送られるというケースも見られたようである.

以上のこともあり,企業宣伝広報等の充実もあり,B 社の知名度は向上したが,それが登録企業の増加や売上増しに必ずしも直結したようには思えないのであった.

ただし,B 社の事業ポテンシャルについて高く評価する企業は多く,大手トラック運送企業の C 社とのジョイントベンチャーに結び付いたのである.これは見方を変えれば C 社による M&A に近いものであり,C 社の輸配送ネットワークの中では B 社のビジネスモデルを有効に活かせるという見方が成り立ったともいえる.

物流テックのスタートアップ企業の中には,同様に優れたロジステックテクノロジーを持ちながらも十分な活用を行うためにはネットワークの構築などに時間がかかることが予測され,資金難などに陥るリスクがある企業も相当数ある.こうした企業については,必要に応じて M&A が進むことが考えられるが,B 社のケースはその際に比較検討される類似事例の一つとして考えられる.(図 5.7 参照)

すなわち,この事例は,クリステンセン[15]の言葉を借りるならば,持続的技術を目指すのではなく,破壊的技術の創出を図るべきものであった.しかしながら,従来型の求荷求車システムは,すでに熾烈な競争を経た末に生成された破壊的技術そのものであった.そして,対照的に B 社が目指したものは,持続的技術をゴールとしたデジタル化であり,DX への展開であった.したがって,結局のところ大手物流企業による M&A を余儀なくされたものと考えられる.

大手物流企業は,DX を展開するなかで無人化や省人化を推進し,M&A を積極的に進めている.そして専門性が高いものの成長性の低い物流企業が M&A の対象となっているのではないかという仮説が考えられる[16].

その仮説を立証すべく,次節において対象企業 24 社の有価証券報告書についてテキストマイニングを行い重要語を抽出し,その重要語についてコレスポネンス分析を行った.

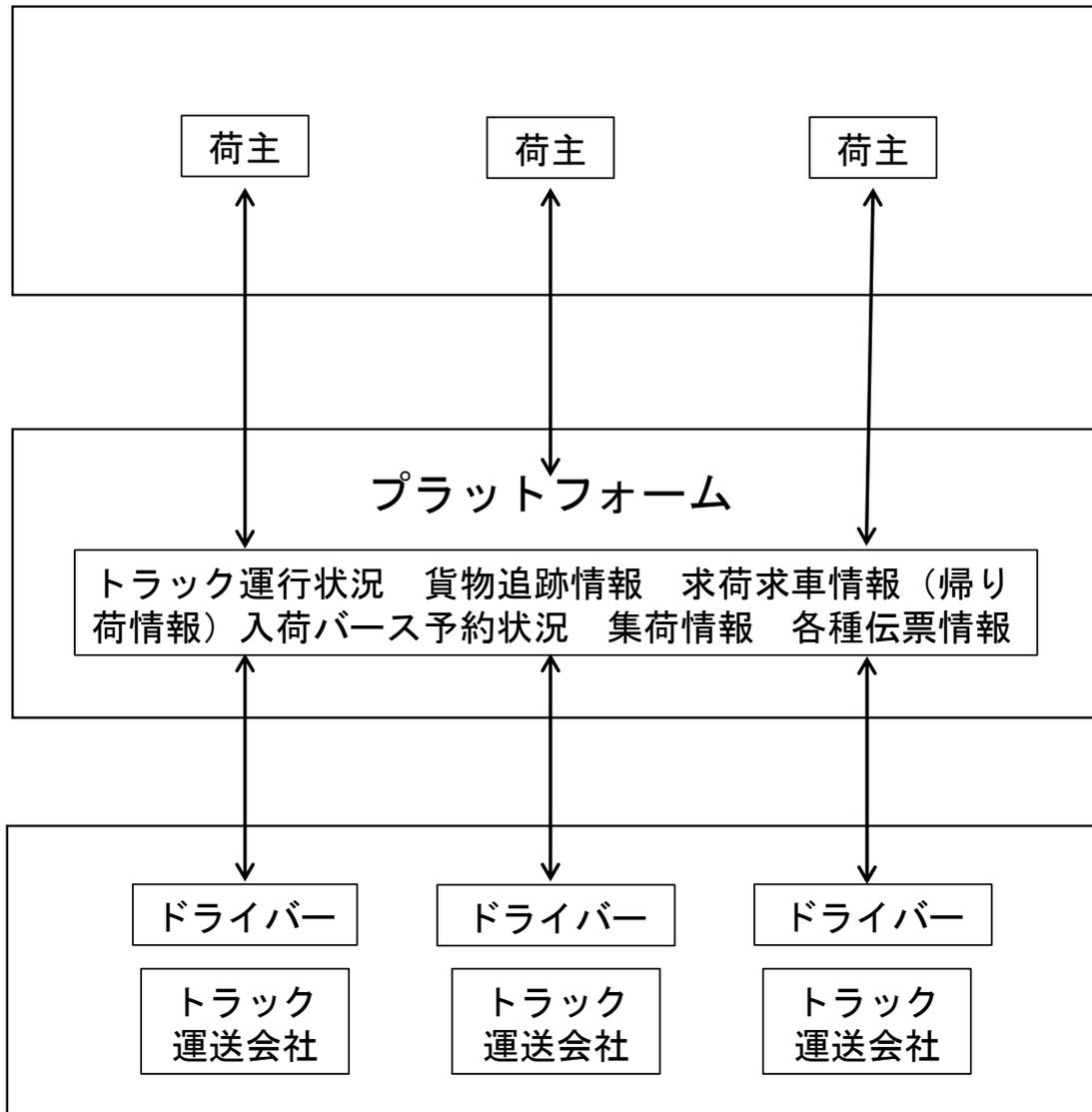


図 5.7 デジタルプラットフォームのイメージ

5.6 コレスポネンス分析

当該モデルによる企業評価のフィードバックとして、対象企業の有価証券報告書について TMS(Text Mining Studio NTT 数理データシステム)[17]を用いて頻出語を抽出し、図 7 のようにコレスポネンス分析を行った。抽出語は、対象企業の有価証券報告書で 10 語以上の頻出している重要語で、物流、ロジスティクス、3PL、デリバリー、運送、配送、海運、輸送、保管、物流センター、倉庫、不動産、キャッシュフロー、M&A、買収、企業価値、EC、ラストワンマイル、低温、食品、環境、働き方改革の各語である。

なお、有価証券報告書については、それぞれ文書の長さも異なり、各語の重要性を一例に評価できない可能性があることを考慮し、出現回数のみではなく、特徴語を抽出するためのロジックとして TF-IDF 法による統計処理を行った。

図 5.8 におけるコレスポネンス分析の 2 軸は、1 軸にロジスティクス戦略性、2 軸に物流機能を取る。すなわち、1 軸を見ると各企業の物流戦略性の高低が明らかになる。ここでは、A 社、E 社、P 社、Q 社が高くなっている。これら企業が現状あるいは将来において、物流 DX をはじめとするロジスティクス戦略の高度化を企業経営の軸に据えている企業あるいは据えようとしている企業といえる。

反対に R 社、V 社、W 社、X 社は、そうしたロジスティクス戦略性が低く、比較的、保守的に経営を進める企業群といえると同時に企業規模の比較的小さい R 社、V 社、X 社については、M&A の有力な対象企業となると考えられる。

2 軸は各企業が注力する物流機能が示されている。C 社は、デリバリー機能、配送機能を重視する経営方針を採用しており、O 社、Q 社、B 社は、保管・倉庫機能を重視している。

さらにいえば、例えば O 社は、戦略性、保管・倉庫機能を重視し、M&A についても経営上、重視していることがわかる。また E 社は、3PL を重視し、保管と輸配送に適度なバランスを取っていることもわかる。無論、図 5.8 におけるコレスポネンス分析の結果に、提案手法により算出した事業価値、継続価値、並びに現状の収益率、売上高を踏まえて M&A の可否等は決定されるべきといえる。

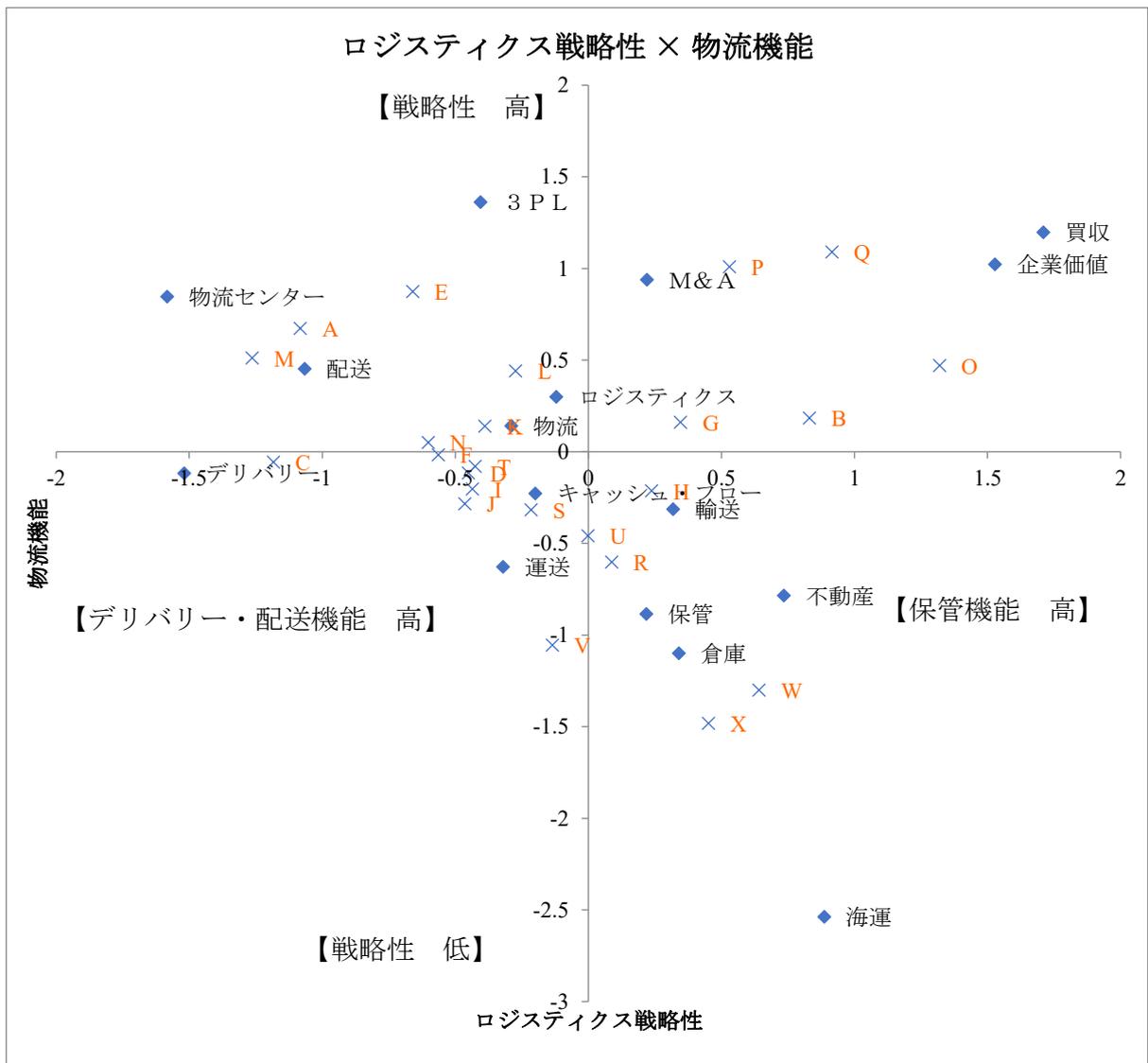


図 5.8 主要物流企業の特徴分析

なお、M&A コストについては、事業価値、継続価値をもとに判断することが望ましいと考えられる。

企業価値の高い企業は、デリバリー・配送機能が高く、かつ戦略性が高い企業といえる。すなわち、デリバリー配送機能が高いということは、ラストワンマイルなどの消費者物流に近い位置で強力なインフラを構築していることを指し、戦略性が高いとは、3PL、M&A、物流センター運営などのロジスティクスの高度化に関わる先進性を発揮していることである。他方、企業価値の低い企業は、戦略性が低く、デリバリー配送機能や保管機能などを持ち合わせていない。言い換えると、旧態依然とした物流ビジネスの枠の中での企業活動しか行っていない。

5.7 本章のまとめ

本章では、企業価値評価におけるデュエリジェンスについて東証上場の物流企業を事例としてテクニカル分析と収益還元法の2つの手法を併用し、企業評価値を算出した。

テクニカル分析においては、エリオット波動により発生する上昇波5波、下降波3波で構成される8波を周期とし、その最大値をもって将来の企業価値を算定した。各波について、モンテカルロ法により乱数を発生させたうえで波動の規則性を尊重する観点からフィボナッチ数列の規則性を想定した曲線の修正を行い、あわせて移動平均法を用いて細部を検討することにより予測精度を上げた。その結果、企業の実勢価値に合わせた評価値を算出した。

収益還元法については、DCF法を用いて想定された将来のFCFに時間価値を考慮して現在価値に割り引くことで事業価値、企業価値を求めた。

DCF法は、将来の計画期間における各年度のFCF及び継続価値を算定し、割引率をもとにそれぞれ現在価値に割引し、その現在価値の総和として事業価値を求めた。

そのうえで企業規模並びに企業の優良性について明らかにし、近年、物流企業で進むM&A(企業買収)の動きを時価総額や事業価値か

ら判断するためにコレスポネンス分析を行った。物流業界では、従来型の自社物流から 3PL による物流アウトソーシングへの流れが加速していることを受けて、抽出した重要語についてコレスポネンス分析を行うことで、企業評価の高い大手企業が収益性や売上高が低くとも専門性の高い準大手企業に対して M&A を仕掛けてくる可能性があることを指摘した。

DX 導入の視点から重要性を増す物流テック企業の M&A が適正な規模と価格で行われているかどうかを検討するうえで、本研究で提案したテクニカル分析と収益還元法の併用手法が有用性を発揮する可能性が高いと考えられる。

注:

- [1]副島保, 企業評価における収益還元評価法, 企業会計 19 巻 11 号, pp.108-115, 中央経済社, 1967 年
- [2]平井裕久, 椎葉淳, 併用方式による企業価値評価, 原価計算研究, 34 巻 2 号, 2010 年
- [3]K.Suzuki, Y.Kawai and K.Wakabayashi, Design and analysis of the location of an online resale business distribution centre in Japan, Production & Manufacturing Research, 4-1(2016), pp.152-174
- [4]佐藤賀一, テクニカル分析に基づくペアトレードの有効性と日本の株式市場の効率性, 行動経済学, 第 10 巻(2017), pp.22-49
- [5]Johnston, F. R., J. E. Boyland, M. Meadows and E. Shale, Some Properties of a Simple Moving Average when Applied to Forecasting a Time Series, The Journal of the Operational Research Society, Vol. 50, No. 12, pp. 1267-1271, 1999
- [6]中野雅文, 佐藤整尚, 高橋明彦, 高橋総一郎, 粒子フィルタを用いた最適ポートフォリオの構築, 経済学論集, 81 巻, 2 号, pp.1-29, 東京大学大学院経済学研究科金融高度研究センター, 2017 年
- [7]Wadsworth, Harrison M., The Handbook of Statistical Methods for Engineers and Scientists, 1997
- [8]Ibid.
- [9]Ibid.
- [10]225Labo, <https://225labo.com/>, 2022 年 9 月 5 日確認
- [11]日本エリオット波動研究所, エリオット波動研究, パンローリング, 2017 年
- [12]江川悦子, 黄金比率について, 名古屋女子大学紀要 1(1954), pp.19-24
- [13]武井敦夫, 小島義輝, DCF 法による企業価値評価法の構築, 東京情報大学研究論集, Vol.9, No.2 (2006), pp.13-17
- [14]小野寺正浩, 鈴木邦成, ウェブデューデリジェンスにおける評価方法の提案, 第 36 回情報通信学会大会, (2017), p.7

[15]Clayton M. Christensen, *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard Business Review Press,1997

[16]鈴木邦成,倉庫・3PL特集 変わる!3PL①進む大規模・専門化提携・子会社化で成長,輸送経済新聞社,2017

[17]<https://www.msi.co.jp/tmstudio/index.html>,2019年1月10日確認

第 6 章 パレット貨物の可視化による荷役効率の向上

6.1 本章の目的

本章の目的は、パレット納品の可能性について実データによる数値シミュレーションを行い、その導入の可能性について検討することである。

アパレル店舗への納品方式については、ケース納品、ハンガー納品、パレット納品の 3 方式が考えられる。表 6.1 は、当該 3 方式についてその効果と課題をまとめたものである。それを踏まえ、店舗納入におけるパレット納品の優位性を考察する。実データをもとに工場、物流センターを経て店舗納入するまでの一連のプロセスについて、パレット納品を段ボール納品、ハンガー納品と比較検討する。そのうえで、パレット納品の導入における荷役効率化ならびに店頭ロジスティクスコストの削減の効果を明らかにする。

工場から物流センターを経てトラック配送でアパレル店舗に納品するにあたり大きな課題となっているのは、トラックの荷台からの商品の積下ろしと店頭ならびに店舗バックヤードへの納品である。トラックの荷台から段ボールを必要個数積み下ろすと作業時間が長くなるだけでなく、ドライバーの作業負担も大きくなる。

そこで対策として考え出されたのが、物流センターからハンガーに掛けたままの納品、いわゆるハンガー納品である。ただし、ハンガー納品はたしかに作業効率が上がるものの、トラックの積載効率や物流センターや店舗の保管効率を下げることになり、コスト高を誘発することにもなる。そこで本章では、ケース納品、ハンガー納品に次ぐ第三の選択肢となるパレット納品の可能性について、DX の導入を念頭に置いて考察する[1]。

表 6.1 店舗納入における比較

	ケース納品	ハンガー納品	パレット納品
納品方法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・物流センターから段ボール箱に詰められたアパレル製品をそのままトラックの荷台に載せて出荷，納品する方式 ・トラックの荷台からの積下ろしについてはトラックドライバーが手荷役で対応する 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場や物流センターで段ボール箱からハンガーに架け替えたままで出荷，納品する方式 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場や物流センターでパレット（荷物の保管・構内作業・輸送の為に使用される「すのこ」のような台）上部に商品を載せた状態で出荷，納品する方式。 ・パレットでの商品をトラックから荷下ろしする為にフォークリフト等の機器が別途必要となる
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・段ボール箱をトラックの荷台に隙間なく積込むことができるため積載率を高く保つことができる。 ・店舗での段ボール箱単位で平積み・高積みが可能で保管効率がよくコストメリットは大きい ・納品数に応じたバック 	<ul style="list-style-type: none"> ・即，売場に陳列でき販売機会が増大する ・荷造り副資材の経費削減可能 ・開梱作業からの開放により販売員が販売に専念できる ・バックヤードの縮小によりスペースの有効利用がはかれる 	<ul style="list-style-type: none"> ・手荷役に比べて積み降ろし時間が短縮可能 ・車両待機時間削減可能 ・バックヤード内での商品移動が容易
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・荷下ろしや積み時に時間がかかり作業負荷が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ・輸送業務単体でのコスト比較ではハンガー納品コストはケース納品コストより高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・店舗にフォークリフト等の機器が別途必要 ・空きパレット置場が必要

6.2 店舗納入の概要

物流センターからアパレル店舗の納品における現場の対応を整理すると次のようになる。

- ① アパレル店舗納品は原則的に開店前の早朝となり、開業前に迅速に済ませる必要がある。
- ② 原則的にトラックドライバーが荷卸し、運搬作業を行い、店頭やバックヤードに納品する。
- ③ 販売員は検収に立ち会う必要がある。

アパレル店舗への納品は、基本的にはトラックにより行われる。中規模以下の店舗ならば2トン車、大型店舗ならば4トン車が用いられることが多い。アパレル店舗は週末に集客力が高いことが多いため、店舗納品は木曜日夜あるいは金曜日の早朝に行われることが多い。一般的には、段ボール箱に梱包された商品をトラックに積載し、物流センターから店舗へと運ばれることになる[2]。

アパレル店舗への納品については、段ボール箱納品とハンガー納品が主たる選択肢として考えられる[3]。表 6.1 に各納品方式の概要と特徴を纏めて示すとともに以下に概要と導入経緯等を述べる。

6.2.1 ケース(段ボール箱)納品

物流センターから段ボール箱に詰められたアパレル製品をそのままトラックの荷台に載せて出荷する。トラックの荷台からの積下ろしについては、トラックドライバーが手荷役で対応する。そのため荷下ろしや積込みに時間がかかり作業負荷が大きい。ただし、段ボール箱をトラックの荷台に隙間なく積込むことができるため、積載率を高く保つことができる。また、店舗での段ボール箱単位で平積み、高積みが可能で保管効率がよい。したがって作業負荷が大きいもののコストメリットは大きい納品方式である。ただし、近年の労働環境の健全化の流れには合致しないために物流業界としては奨励する立場にはない。

6.2.2 ハンガー納品

工場や物流センターで段ボール箱からハンガーに架け替えたまままで出荷する方式で、1990年代初頭より行われている。1995年、日本百貨店協会と日本アパレル産業協会とでチェーンストア各社が採用しているリターナブルハンガーの導入が検討され、全国の主要ハンガーメーカーにより統一ハンガー協議会が組織された。1996年に日本百貨店協会、日本アパレル産業協会、統一ハンガー協議会と納品代行業者などが参加し、百貨店統一ハンガーBPR協議会が組織され、百貨店統一ハンガーシステム構築の協議を行い、運用が開始された[4]。

ハンガー納品行う際には、店舗展示用のハンガーを用いず、工場や物流センターにおける出荷から物流ハンガーを用いる。店舗での段ボール箱の開梱、荷渡し、開脚及段ボール廃棄、シワのぼし、店頭ハンガー掛け、陳列といった店頭の一連の販売員の作業を省略することができる。ただし、トラックの積載率は段ボール箱納品に比べて低く、物流センターにおける入荷検品、出荷検品の手間も増える。輸送業務単体でのコスト比較では、ハンガー納品コストはケース納品コストより高いことは明らかであるが、物流センター作業から店舗の売り場の陳列に至る全プロセスでのコストでは、ハンガー納品にメリットがあることが専門業者により指摘されてもいる[5]。

6.2.3 パレット納品

ケース納品、ハンガー納品はどちらも一長一短があることから、本章で提案するのがRFIDを装着したパレットによる納品である。パレットとは貨物を載せる荷台でフォークリフトの差し口がある。フォークリフトなどの爪を差し込んで持ち上げることができる。輸送や保管にパレットを活用すると、フォークリフトを用いた荷役作業が可能になり、物流効率に大きく寄与してきた。

パレット納品の効果としては、物流センターからの出荷における積み込み並びに店舗における荷下ろしにおいて、ケース納品とは異なり手荷役で個々の荷物を積み込み積み下ろしするのではなく、物流センターではフォークリフト、店舗ではフォークリフト及びパレ

ットトラックの活用で一括して積み込み積み下ろしを行えるということになる。ケース納品に比べ作業時間を 75%削減,待機時間を 38%削減,物流事故を 41%削減という事例も報告されている[6]。一般にケース納品の場合,4 トントラックならば積み込み作業に 2~3 時間の作業時間,積み下ろしについてもほぼ同等の作業時間が必要となることが多いが,パレット納品の場合 20~40 分程度で当該荷役作業を処理することが可能になる[7]。

しかし,これまでアパレル店舗納品に活用されなかったのは次の 2 点からである。

- ① パレット納品にはフォークリフトが不可欠であるが,アパレル店舗には常備されていないことが多い。
- ② 店舗納品に使われたあとの空パレットの置き場がないことが多い。

しかし,この 2 点については近年解決の方策が練られてきた。まず①に対しては,フォークリフトではなく,パレットトラック(ハンドパレットトラック)の使用で解決できる。パレットトラックは手動式のフォークリフトのようなもので,フォークリフト運転技能講習を修了していなくても運搬に使用することができる。また細かい操作が可能で,狭い店舗などへの納入を円滑に行うことが可能になる。さらに RFID タグを装着することでパレット単位での検収・検品の作業時間を節約することができる。②に対しても,レンタルパレットの活用で RFID タグ導入の初期費用を負担せず導入することが可能となる。レンタルパレットを活用し,荷下ろし後には速やかに空パレットの回収を依頼することで空パレットの置き場を設ける必要はなくなる。

以上を踏まえたうえで貨物情報の追跡を可能にし,流通在庫の可視化を目的として RFID タグを装着し,パレット納品を行う。すなわち,工場あるいは物流センターからの出荷に際しては,トラックにはパレットに積載したアパレル製品をフォークリフトで積み込み,店舗到着後にはドライバーがパレットトラックを用いてトラックからの荷下ろしならびに納品を行う。店頭あるいはバックヤードに納品したあとの空パレットは,パレットレンタル企業が最寄りのデ

ポから回収に向かう。パレット納品を導入した場合、トラックの積載率は段ボール箱等の納品に比べて低下するが、ハンガー納品の際の積載率は上回る。ドライバーの作業負荷はハンガー納品並みに抑えられ、段ボール納品の際の重作業と比べると大きな軽減となる。

なお、一般にアパレル商品は折りたたまれ段ボール箱などに梱包されたうえでパレットに搭載されるという荷姿になる。本研究では、縦・横・奥行が $0.3\text{m} \times 0.3\text{m} \times 0.3\text{m} = 1$ 才の段ボール箱などを縦・横・奥行が $1.1\text{m} \times 1.1\text{m} \times 1.1\text{m}$ の JIS 規格の業界標準パレットに 3~5 段積みで搭載することを想定する。また、パレットでも段ボール箱でもないパレット上のケースの荷姿については、オリジナルコンテナやクレートの活用が考えられるが実務上、使用頻度は低い。むしろ手軽という理由でパレットを用いず、段ボール箱を手荷役で納品する前近代的なやり方とそれに合わせた荷姿が多い。

6.3 店舗の物流コストに及ぼす各種パラメータの影響検討

物流センター作業から店舗の売り場への陳列に至る全プロセスにおける店舗の物流コスト C_T は、店舗が負担する輸送コスト C_C と、商品受入れから商品陳列までの物流関係作業で生じる店舗コスト(以後、単に店舗コストと呼ぶ) C_B の和として次式で表わすことができる。

$$C_T = C_C + C_B \quad (6.1)$$

店舗が負担する輸送コスト C_C は、物流センター作業から店舗までの輸送に関わる直接コストであり、トラックの必要台数 T_n 、トラック 1 台の輸送契約価格 c_{tr} とすると次式で与えられる。

$$C_C = c_{tr} \times T_n \quad (6.2)$$

必要トラック台数は店舗の商品取扱数量(着数) N 、トラック 1 台に積載可能な商品数量 n_T から次式で表される。

$$T_n = \left\lceil \frac{N}{n_T} \right\rceil \quad (6.3)$$

ここで、 $[x]$ は実数 x に対して、 x 以上の最小整数を示す。一方、店舗コスト C_B は、開梱から商品陳列までに店舗が負担する間接的物流コストである。

6.3.1 店舗が負担する輸送コスト C_C

店舗の負担する輸送コスト C_C (店舗が物流会社へ支払いする輸送費)は、店舗規模(月間取扱い商品数=着数)に依存する。いま、月間取扱い商品数を N_m 、月間配送頻度を f_m 、トラック1台に積載可能なケース数およびハンガーラック数をそれぞれ m_c 、 m_h 、1ケースおよび1ハンガーラックに収納可能な商品数をそれぞれ i_c 、 i_h とする。1回の配送時の商品数 N_d は、

$$N_d = \frac{N_m}{f_m} \quad (6.4)$$

で与えられ、配送ケース数 n_c およびハンガーラック数 n_h は次式で表される。

$$n_c = \left\lceil \frac{N_m}{f_m \times i_c} \right\rceil \quad (6.5)$$

$$n_h = \left\lceil \frac{N_m}{f_m \times i_h} \right\rceil \quad (6.6)$$

ここで、 $[x]$ は実数 x に対して、 x より小さくない最小の整数を示す。

輸送コスト C_C は、トラック1台当たりの輸送契約価格 c_{tr} を、積載可能最大ケース数と配送ケース数の比率により案分し次式で与えられるものとする。

$$C_C = c_{tr} \times \frac{n_c}{m_c} = c_{tr} \times \frac{N_m}{f_m \cdot m_c \cdot i_c} \quad (6.7)$$

(ケース納品,パレット納品)

$$C_C = c_{tr} \times \frac{n_h}{m_h} = c_{tr} \times \frac{N_m}{f_m \cdot m_h \cdot i_h} \quad (6.8)$$

(ハンガー納品)

6.3.2 商品受入れから商品陳列までの店舗コスト C_B

配送された商品の受入れおよび開梱から商品陳列までの店舗コスト C_B は、主としてバックヤードの賃貸料 $C_{B,L}$ と店舗従業員の人件費 $C_{B,P}$ および荷下ろしのため必要な機材リース料 $C_{B,R}$ から構成される。

$$C_B = C_{B,L} + C_{B,P} + C_{B,R} \quad (6.9)$$

式(6.9)の右辺の各項は、店舗の規模(商品取扱数量 N_m)により以下のように想定する。ただし、小規模店舗では開梱等の作業が閉店後の売場で行えるため、専用のバックヤードを必要とせず人件費のみがコストとなる。

先ず、バックヤードの賃貸料 $C_{B,L}$ を決定するバックヤードの必要面積 A_B は、取扱商品数に関わらず必要な最低面積 A_0 と、1回の配送1回当たり納入商品数 N_d に比例して必要な面積の和として次式で与えられるものとする。

$$A_B = A_0 + \alpha \cdot N_d \quad (6.10)$$

ただし、バックヤードの体積については、段ボール箱1才(縦0.303m×横0.303m×高さ0.303m)がケース納品においても、パレット納品においても同等の体積を必要とすると考える。これは、パレットの厚みが通常、0.1~0.15mであることからバックヤードの有効天井高の平均を5mとみた場合、物流の視点からは両者の体積の違いは誤差の範囲と考えられるからである。

N_d は式(6.4)で求められ、ケース納品およびパレット納品ではケース数 n_c 、ハンガー納品ではハンガー数 n_h に換算する。また、 α は1商品当りに必要なバックヤード面積を表す。

式(6.10)は、ケース納品の場合の基本的な必要面積を表しており、パレット納品やハンガー納品の場合は、バックヤードの活用率が高いことを考慮して次式で与えられるものとする。

$$A_B = A_0 + \frac{\alpha \cdot N_d}{e_b} \quad (6.11)$$

ここで、 e_b は式(6.10)で求められるバックヤード必要面積 A_B の活用率を示す。バックヤード賃借料 $C_{B,L}$ は、単位面積当たり店舗賃借料を c_{BY} とし下式で表される。

$$C_{B,L} = c_{BY} \times A_B = c_{BY} \times (a_0 + \alpha \cdot N_d) \quad (6.12)$$

上式において、 N_d は、式(6.10)と同様ケース納品やパレット納品の場合は配送ケース数 n_c 、ハンガー納品の場合はハンガーラック数 n_h に置き換えるものとする。

一方、店舗従業員の人件費 $C_{B,P}$ は、開梱からハンガー架替え商品陳列までの作業に必要な人件費 c_p と、配送トラック到商品時の荷受け立会に必要な人件費 c_w の和として次式で与えられる。

$$C_{B,P} = c_p + c_w \quad (6.13)$$

人件費 c_p は、1回の配送商品数 N_d に比例して増加し、次式で表されると考える。

$$c_p = p_s \cdot \beta \cdot N_d = p_s \cdot \beta \cdot \frac{N_m}{f_m} \quad (6.14)$$

ここに、 β は1商品当りの処理時間、 p_s は店舗従業員の単位時間当たり人件費を表す。

人件費 c_w は、月間配送回数(頻度) f_m と立会に必要な時間 t_w に比例し、

$$c_w = p_s \cdot f_m \cdot t_w \quad (6.15)$$

で与えられる。さらに、フォークリフトを用いるパレット納品では、荷下しされたケースを処理するための機材とそのオペレータが必要となり、追加コスト $C_{B,R}$ が発生するが、ハンドパレットを用いれば機材リース費用のみ考慮すればよい。

以上より、店舗従業員の人件費 $C_{B,P}$ は次式で表される。

$$\begin{aligned} C_{B,P} &= c_p + c_w + c_{pt} \\ &= p_s \cdot \beta \cdot N_d + p_s \cdot f_m \cdot t_w + c_{pt} \end{aligned} \quad (6.16)$$

荷下ろしのため必要な機材リース料 $C_{B,R}$ は、ケース納品、ハンガー納品の場合は発生せず、パレット納品の場合のみにハンドパレットのリース料が発生する。

式(6.7),(6.8)で与えられる輸送コスト C_C , および式(6.9)で与えられる商品の受入れから商品陳列までの店舗コスト C_B を、店舗規模(1 カ月当たり取扱商品数=着数) N_m を変化させるとともに、1 カ月間の配送回数(頻度) f_m を 25(毎日配送), 13(隔日配送), 4(1回/週), 1(1回/月)の場合に対して、物流センター作業から店舗の売場への陳列に至る全プロセスでの店舗物流コスト; $C_T = C_C + C_B$ を 3 納品方式について、企業提供の実データを用いて計算し比較した。

表 6.2 トラック 1 台当り輸送費の内訳と算定根拠

項目	スペック	コスト(円/月)
物流センター賃料	3000坪	15,000,000
トラック保有台数	30台	11,250,000
物流センター人件費	50人	12,500,000
物流センター経費	一式	500,000
一般管理費	一式 (当該経費の15%)	52,037,500
輸送費契約価格	トラック1台当たり	60,183 円/台

6.4 検討結果と考察

3 納品方式の店舗の物流コスト C_T を比較するとともに、物流コストに及ぼす影響因子とその影響度を調べるため、店舗賃借料(=バックヤードの単位面積当たり賃借料と同じとする)が 20 万円/坪/月の立地にある店舗を対象に、1 カ月間の配送回数(頻度) f_m を 25(毎営業日配送), 13(隔日配送), 4(週 1 回配送), 1(月 1 回配送)の場合について、店舗規模(=月間の商品取扱量)を変数として店舗物流コスト C_T を求めた。

6.4.1 トラック 1 台当り輸送契約価格; c_{tr}

トラック 1 台当り輸送費 c_{tr} は輸送会社との契約価格により異なるが、ここでは三つの納品方式別に以下のように設定した。なお、契約価格については実勢運賃をもとに以下のように算定した。

1) ケース納品方式

表 6.2 にケース納品方式におけるトラック 1 台当り輸送費 c_{tr} の内訳と算定根拠を示す。

2) パレット納品方式

パレット納品方式におけるトラック 1 台当り輸送費 c_{tr} では、ケース納品方式の輸送費をベースにパレット納品方式特有の追加コストとして表 6.3 に示す費用を考慮する。その結果、ケース納品方式の物流会社が負担する費用に上記費用を加え、輸送費契約価格はトラック 1 台当たり、 $c_{tr} = 66,044$ 円/台となる。

3) ハンガー納品方式

同様にパレット納品方式特有の追加コストとして表 6.4 に示す費用を考慮する。

ケース納品方式の物流会社コストに上記費用を加え、輸送費契約価格 c_{tr} はトラック 1 台当たり、 $c_{tr} = 70,016$ 円/台となる。

表 6.3 パレット納品の追加コスト

項目	スペック	コスト(円/月)
フォークリフト リース料	14台	1,260,000
フォークリフト オペレーション 人件費	14人	3,136,000
追加費用 合計	——	4,396,000

注:物流企業などのヒヤリングなどに基づいて数値は想定

表 6.4 ハンガー納品に係る追加費用

項目	コスト(円/台)
ハンガー掛替 人件費	6,000
ハンガー掛替 作業スペース	2,333
ハンガー費用	1,500
追加費用	9,833

注:物流企業などのヒヤリングなどに基づいて数値は想定

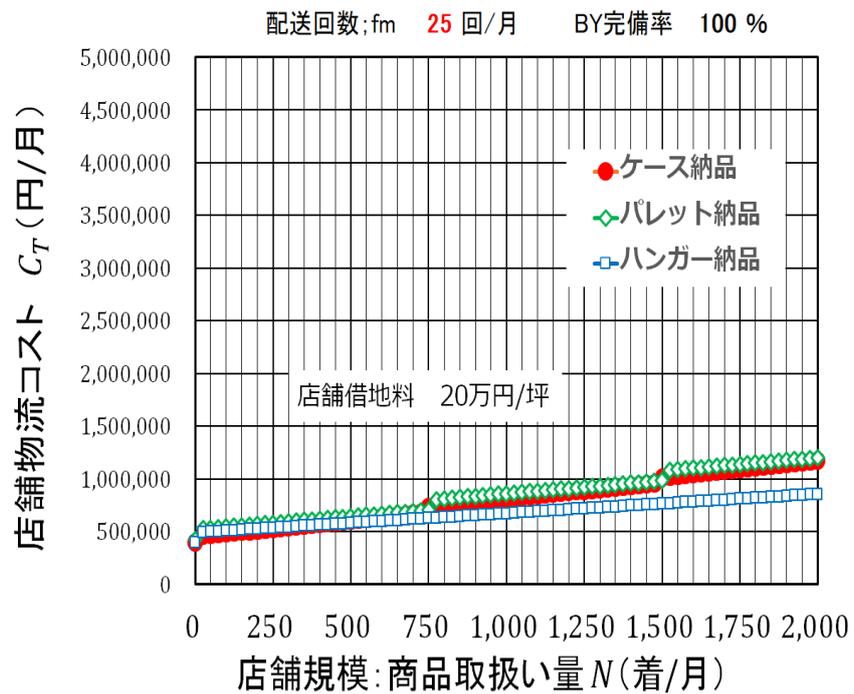


図 6.1 店舗規模, 配送頻度が店舗物流コストに及ぼす影響
(店舗借地料 20 万円/坪の場合): 配送回数 25 回/月

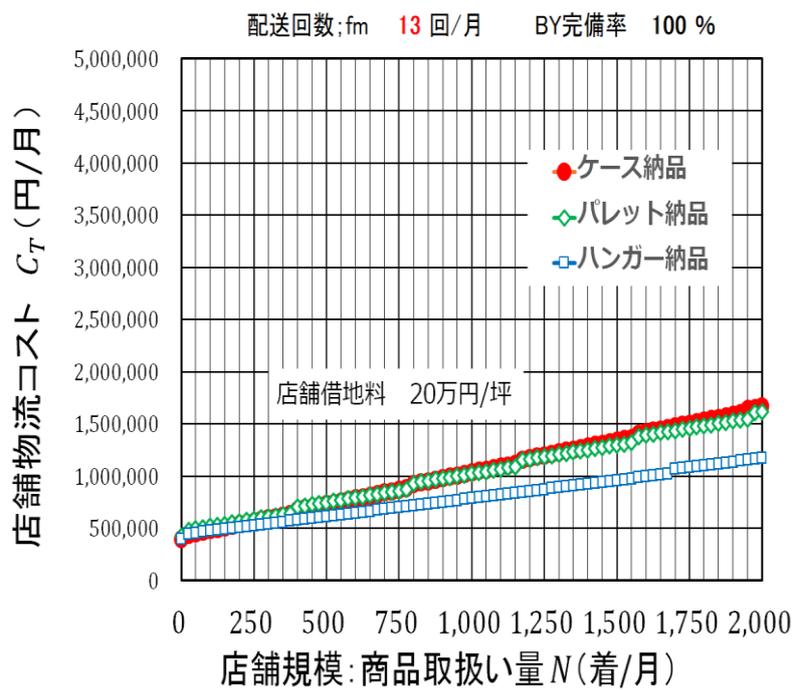


図 6.2 店舗規模,配送頻度が店舗物流コストに及ぼす影響
(店舗借地料 20 万円/坪の場合):配送回数 13 回/月

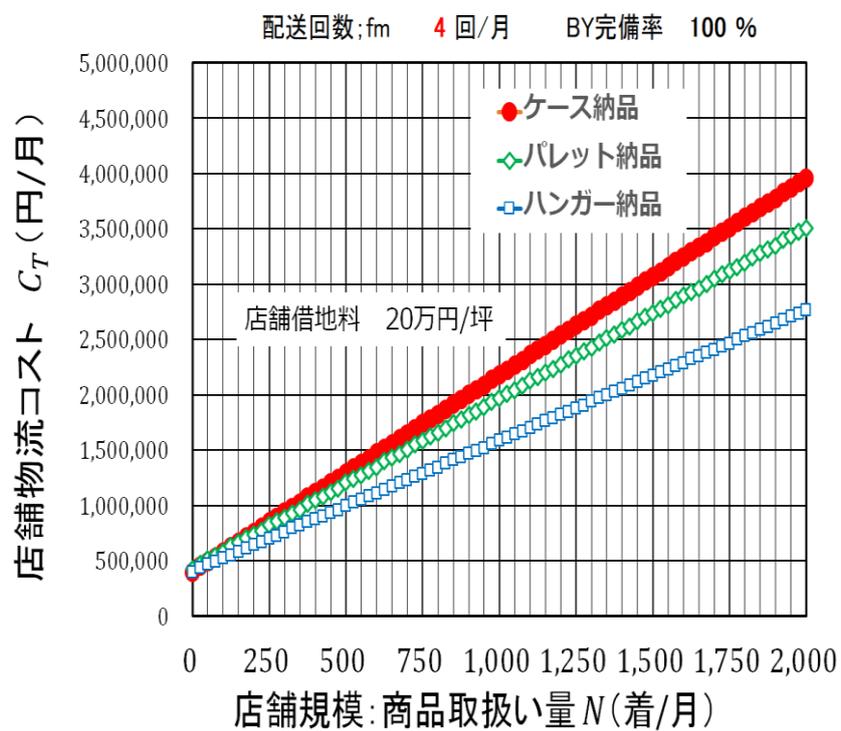


図 6.3 店舗規模, 配送頻度が店舗物流コストに及ぼす影響
(店舗借地料 20 万円/坪の場合): 配送回数 4 回/月

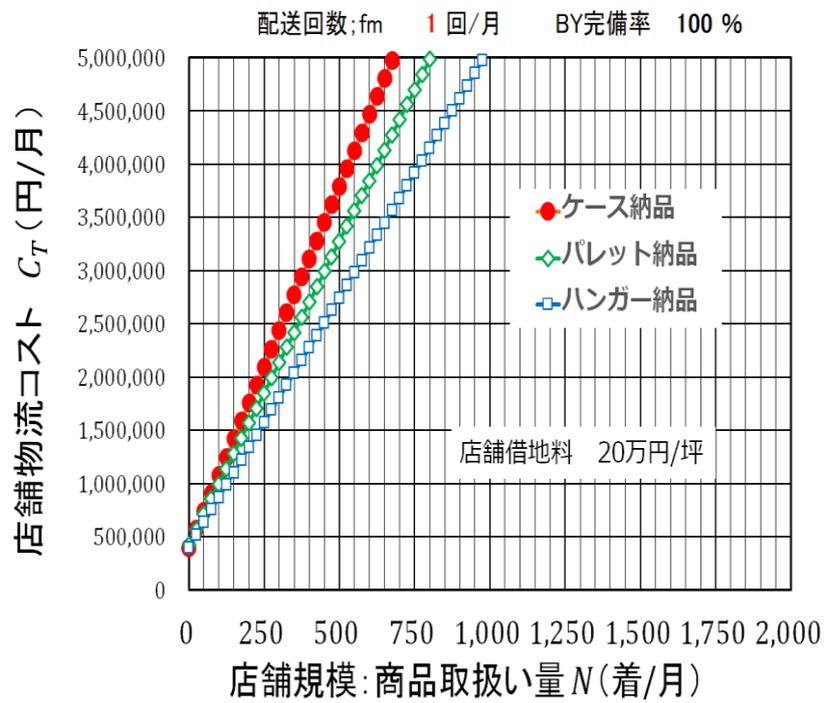


図 6.4 店舗規模, 配送頻度が店舗物流コストに及ぼす影響
(店舗借地料 20 万円/坪の場合): 配送回数 1 回/月

6.4.2 店舗規模,配送頻度が店舗物流コストに及ぼす影響

図 6.1 から図 6.4 には,1 カ月間の配送回数(頻度) f_m 別に店舗物流コスト C_T を 3 納品方式で比較して示す.これらの図から,配送が毎営業日ごとに行われる場合,図 6.1(a)を除いて,パレット納品の店舗物流コスト C_T はケース納品より少なくなり有利となることが分かる.配送回数が毎営業日の場合には,1 回当たりの配送商品数(着数)が少なく,必要バックヤード面積が減少することからバックヤード賃借コストが 3 納品方式で差異がなくなり,バックヤード賃借コスト以外のコストアップ要因が顕在化する.

配送回数が少ない場合には,図 6.3,6.4 に示すようにパレット納品のケース納品との店舗物流コスト C_T の優位差は大きい.一方,配送回数が増加するにつれて,図 6.1,6.2 にみられるようにその差は小さくなる.この主な理由は,配送回数の増加に伴うバックヤード必要面積の減少による店舗コスト C_B の減少が挙げられる.また,図 6.2~6.4 からは,配送頻度に関わらず店舗物流コスト C_T は,ケース納品>パレット納品>ハンガー納品となることが分かり,ハンガー納品が最も店舗物流コスト C_T が小さい納品方式であると言えよう.

6.4.3 配送頻度が店舗物流コストに及ぼす影響

図 6.5~6.7 には,店舗規模 1000 着/月,店舗賃貸料が 20 万円/坪の店舗について,それぞれケース納品,パレット納品,ハンガー納品を対象に,月間配送回数 f_m が店舗物流コスト C_T に及ぼす影響を調べた結果を示す.図中には,店舗物流コスト $C_T = C_C + C_B$ に加え,運送コスト C_C がある程度増加しても店舗物流コスト C_T には余り影響を与えないことが読み取れる.そのため,前述したように配送回数(頻度)は多いほどコスト減となり,3 納品方式ともに毎日配送するのが最もコストが低くなるが,4 回/月(1 週間に 1 回)程度からコスト減少効果は余り顕著でなくなることが分かる.

一方,運送コスト C_C に注目すると,バックヤード賃借料と比較して小さい図では分かり難いが,店舗物流コスト C_T が最も低いハンガー納品が最も高い.この理由は,従来は店舗バックヤードでの作業である開梱からハンガー掛けまでの作業が配送センターで行われ,それらに関わる人件費とハンガー費用が運送コスト C_C に含まれており,ケース納品に対して約 16%高く算定されているためである.店舗側からみて輸送直接コストとしてはかなり高く感じられることは否めなく,ハンガー納品の導入の妨げとなっていると考えられ

る.

配送回数を増加させると,1 回当りの納品数量(=在庫数量)が少なくなりバックヤードの必要面積も減少する.そのため,バックヤード賃借料の高い立地では,バックヤード賃貸料の減少によるコスト低減効果が卓越し,店舗物流コストは顕著に減少する.しかし,店舗従業員の入荷時立会回数増やバックヤード内での店舗営業時間外労働増を伴い,店舗従業員の労働環境の観点からは好ましくない.そのため,店舗物流コスト低減を目的とした配送回数増には,パレット納品方式やハンガー納品方式のように,店舗従業員のバックヤード内作業時間減少が可能な納品方式の導入が必要と考えられる.

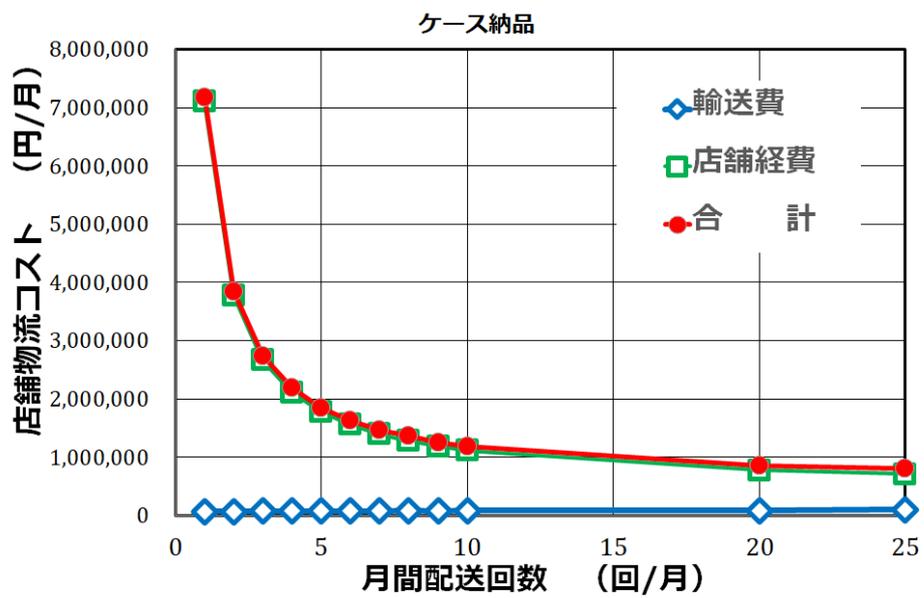


図 6.5 月間配送回数と店舗物流コスト:ケース納品
(店舗賃貸料 20 万円/坪,店舗規模 1000 着/月)

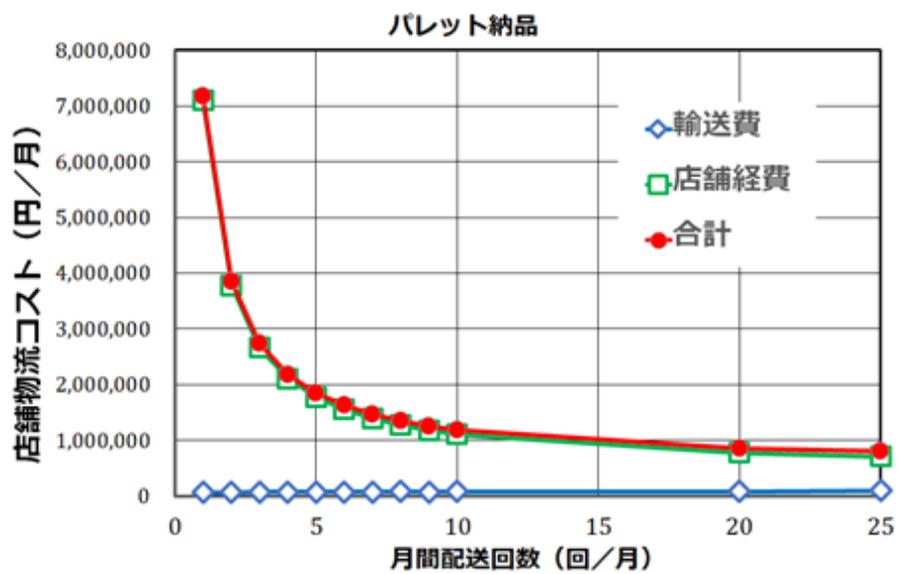


図 6.6 月間配送回数と店舗物流コスト:パレット納品
(店舗賃貸料 20 万円/坪,店舗規模 1000 着/月)

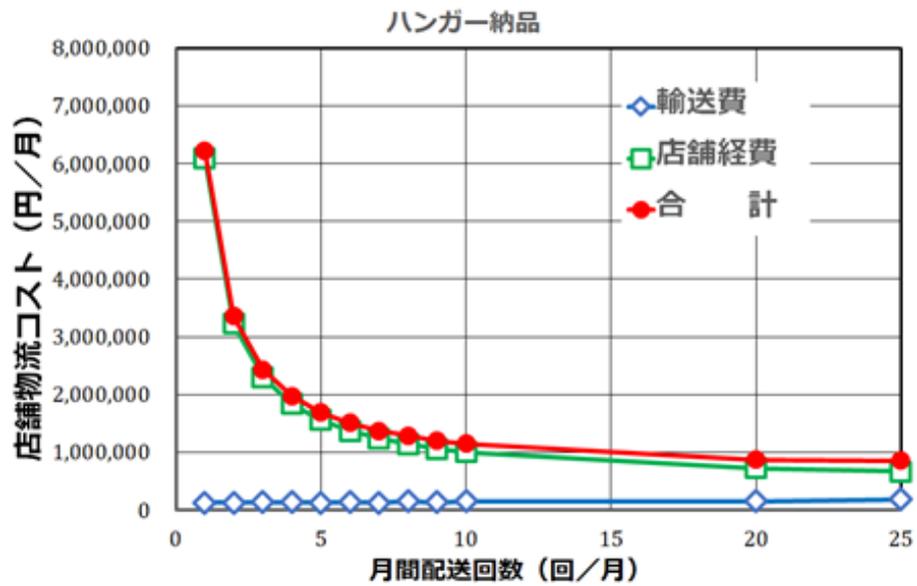


図 6.7 月間配送回数と店舗物流コスト:ハンガー納品
(店舗賃貸料 20 万円/坪,店舗規模 1000 着/月)

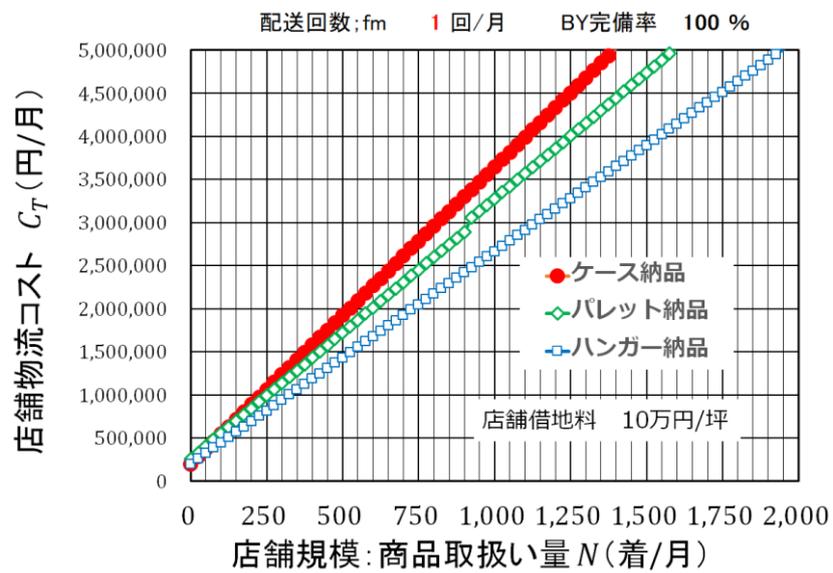


図 6.8 店舗賃貸料を変化させた場合の店舗規模と店舗物流コストの一例(配送頻度:月 1 回)店舗賃貸料 10 万円/坪

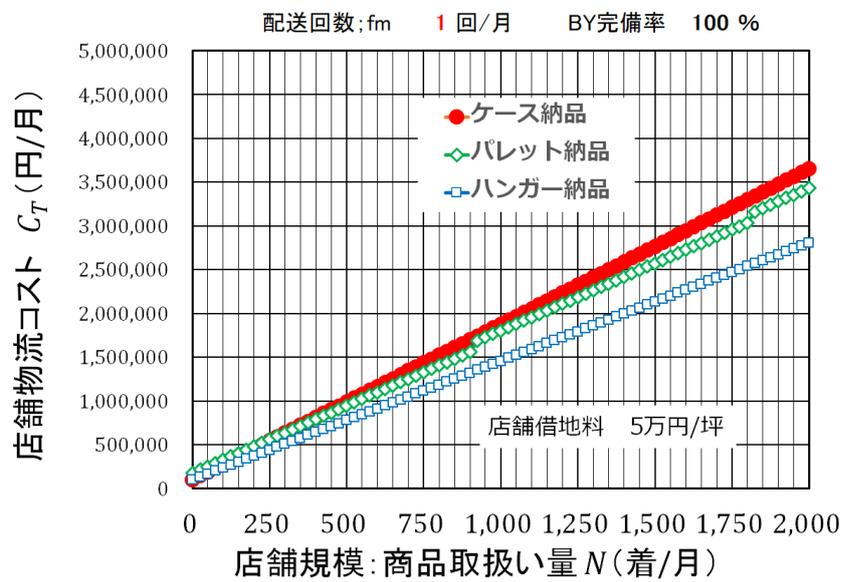


図 6.9 店舗賃貸料を変化させた場合の店舗規模と店舗物流コストの一例(配送頻度:月 1 回)店舗賃貸料 5 万円/坪

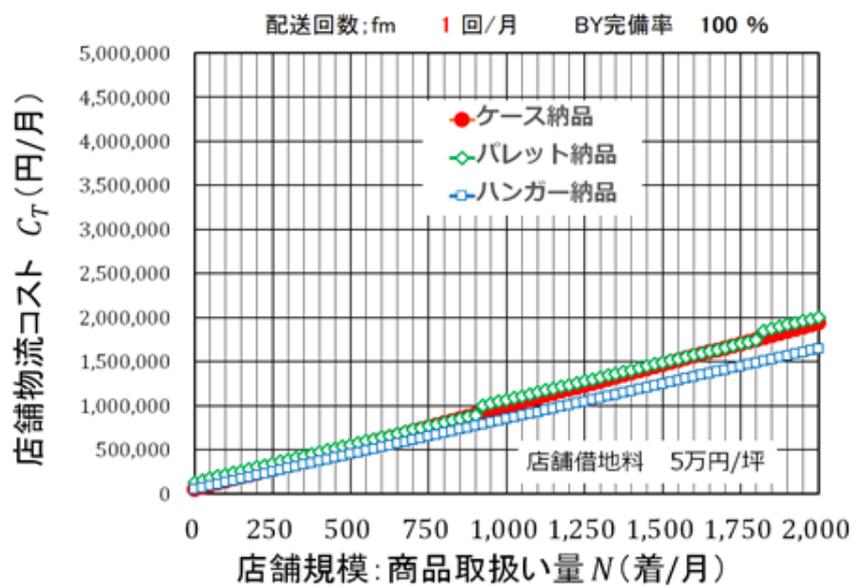


図 6.10 店舗賃貸料を変化させた場合の店舗規模と店舗物流コストの一例(配送頻度:月 1 回)店舗賃貸料 2.5 万円/坪

6.4.4 店舗賃貸料を変化させた場合の店舗規模と店舗物流コスト C_T の関係

前述したように,店舗コスト C_B に占めるバックヤードの賃貸料 $C_{B,L}$ の影響が運送コスト C_C の影響に比較して強いことから,以下では単位面積当たり店舗賃借料 c_{BY} をパラメータとして店舗規模(取扱着数) N_m と店舗物流コスト C_T との関係を調べる.

具体的には, $c_{BY} = 200,000$ 円/坪, $c_{BY} = 100,000$ 円/坪, $c_{BY} = 50,000$ 円/坪(物流センターの10倍), $c_{BY} = 25,000$ 円/坪(物流センターの5倍)の4段階に変化させて,月間配送回数 f_m が25回(毎営業日),13回(隔日),4回(週1回),1回(月1回)に対して,店舗規模 N_m と店舗物流コスト C_T の関係を求めた.図6.8~6.10には,その一例として月間配送回数1回(月1回)の場合を示すが,店舗賃借料 $c_{BY} = 200,000$ 円/坪のケースは図6.4と同じであるため示していない.図6.8~6.10および図6.4から,配送頻度が月1回と低い場合には,納品方式の違いによるバックヤードの必要面積の差による店舗賃貸料の影響が大きく表れることが分かる.図示は割愛するが,配送頻度を変化させて求めた店舗物流コスト C_T の計算結果から,以下のことが明らかになった.配送が毎日あるいは隔日に行われる配送頻度が高い(配送回数が多い)店舗では,毎回の処理着数が少なくバックヤードの必要面積も小さいことから,ケース納品とパレット納品の店舗物流コスト C_T の差はほとんど無く,僅かにハンガー納品のコストが低くなる.

一方,週1回あるいは月1回程度の配送頻度が低い店舗では,バックヤードの必要面積が大きくなることから,図6.8~6.10にみられるように各納品方式のバックヤード活用効率の違いが比較的顕著に現れ,ケース納品に対するパレット納品,ハンガー納品の店舗コスト C_B 優位性が明瞭となる.店舗の月間取扱量が決まっている場合,配送回数を増やして1回の納品数量を減らすことによりバックヤードの必要面積を減少させることができる.そのため,店舗物流コスト C_T は月間配送回数(頻度) f_m と店舗賃貸料(バックヤード賃貸料) $C_{B,L}$ と密接な関係を有することになる.図6.11,6.12にその計算結果の一例として, $c_{BY} = 200,000$ 円/坪と50,000円/坪の場合を示すが,店舗物流コスト C_T を構成する C_C , C_B は,式(6.7),(6.8),(6.13),(6.14)で表

されるように,月間配送回数(頻度) f_m と逆比例の関係にあることから,図 6.5~6.7 と同様に店舗賃借料に関わらず,月間配送回数 f_m の増加とともに店舗物流コスト C_T は急激に低減する.その低減コスト額は図 6.11 に示すように,店舗賃貸料が高いほど大きくかつ納品方式による差が大きい.逆に賃貸料が安くなると,図 6.12 に見られるように低減コスト額は小さくなり,納品方式間のコスト差はほとんど無くなることが分かる.

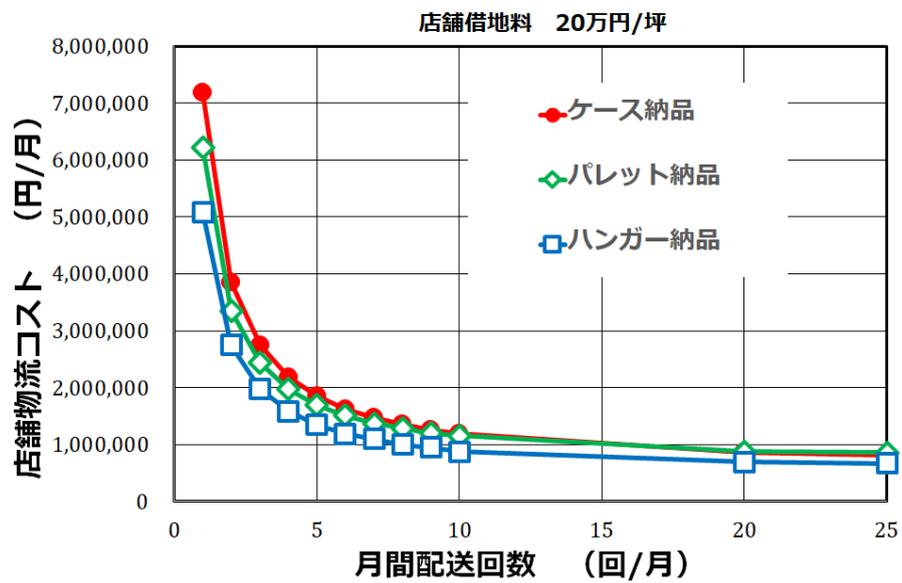


図 6.11 月間配送回数と店舗物流コストの関係
 (店舗規模:商品取扱量 1000 着/月)店舗賃貸料 200,000 円/坪

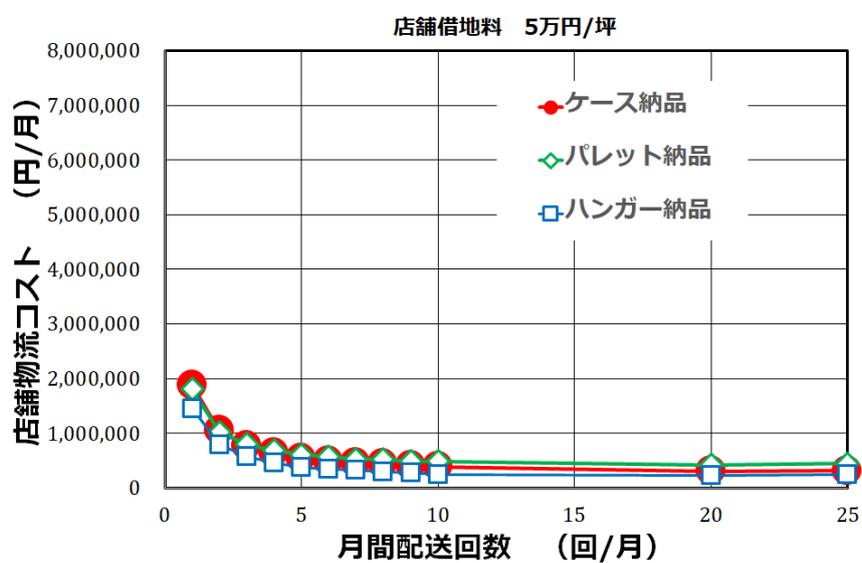


図 6.12 月間配送回数と店舗物流コストの関係
 (店舗規模:商品取扱量 1000 着/月)店舗賃貸料 50,000 円/坪

6.5.本章のまとめ

本章では,アパレル店舗における段ボール箱によるケース納品,ハンガーに架け替えたかたちで納品するハンガー納品とパレットによる納品について比較検討した.検討の結果,ハンガー納品にコスト面での優位性があることは明らかなものの,パレット納品についても地価,賃料の高い地域においてはコストメリットもあり,RFID タグの装着により,作業負荷を小さく抑えることが可能であることがわかった.したがって,作業者に快適な環境を提供するという観点からパレット納品の導入についても検討する余地が十分にあることが明らかになった.

本章の実証結果が示された理由としては,バックヤードにかかるコスト,開梱作業にかかるコストが現実には低く評価され,輸送効率が求められていることに起因すると考えられる.バックヤードは店舗賃料に含まれることからコストとしての認識が薄く,また開梱作業にかかるコストについても販売にかかる人件費などの中に隠れてしまい,コストとしての意識が低く,そのため効率化の過程における見落としとなってしまうと考えられる.

それゆえ,RFID タグを装着したパレットトラックの導入率を高め,DX に対応したパレット納品方式が可能となるような店舗を多く構えることがアパレル物流において重要な意味合いを持つ.少子高齢化の影響もあり,アパレル業界も物流センターの作業員やトラックドライバー不足に苦慮している.ヒューマンフレンドリーなロジスティクス[8]を展開し,併せて DX にも対応することがホワイトな環境を構築するために求められる対策といえる.

注:

- [1]小野寺正浩,金賢洙,川井豊,鈴木邦成,若林敬造,アパレル店舗における物流パレットによる納品方式の検討,日本システムロジスティクス学会誌,第 19 卷 1 号,pp.32-40,2021 年
- [2]北垣設郎,鈴木邦成,柳橋裕正,物流現場の視点からのネットワーク構築に関する一考察,第 26 回日本物流学会全国大会予稿集,日本物流学会,pp.81-84,2009 年
- [3]金賢洙,川井 豊,鈴木邦成,若林敬造,アパレル店頭における納入方式の比較及び考察,日本ロジスティクスシステム学会誌,pp.185-192,2018 年
- [4]北垣設郎,鈴木邦成,柳橋裕正,物流現場の視点からのネットワーク構築に関する一考察,第 26 回日本物流学会全国大会予稿集,日本物流学会,pp.81-84,2009 年
- [5]浪速運送株式会社ホームページ,<http://www.fs-naniwa.co.jp/>,
2022 年 12 月 12 日確認
- [6]スマートパレット導入事例,
<https://www.upr-net.co.jp/case/smartpallet/006.html>,
2022 年 12 月 12 日確認
- [7]厚生労働省,国土交通省,荷主企業と運送事業者の課題を共有,トラックドライバーの 1 日の拘束時間が最大で 4 時間程度短縮,2017 年
- [8]E.H.フレーゼ著,高橋輝男監訳,サプライチェーン・ロジスティクス,白桃書房,pp.426-428,2007 年

第7章 新技術の導入によるロジスティクスシステムの効率化

7.1 本章の目的

本章では,これまで考察してきたロジスティクスにおける新技術の導入とその先進事例を踏まえ,ロジスティクスにおける DX 構築の工程表を作成することとする.

ロジスティクスにおける新技術の導入については,まず物流システム全体について超上流工程及び上流工程の要件定義を行い,実装すべきシステムのフレームワークを明らかにする.次いで実務に即して現場で必要とされる DX の仕様について設計と構築を行い,併せてトップマネジメントの視点から経営戦略上,必要とされる要件を確認する.さらに具体的な導入に当たっては,先行事例を参考にして配車及び庸車計画,生産計画,販売予測並びに在庫政策について DX の連動を図りながら構築していくことになる.

7.2 ロジスティクスにおける DX の構築

第2章で述べた通り,DX の構築においては,要件定義の綿密な生成が必要不可欠となる.その生成のプロセスとしては,まず物流現場における課題を抽出し,標準化することによりその課題を解決し,その解決に至る一連の手順をフローチャートの中に落とししていく必要がある.

ちなみに経済産業省は,図 7.1 に示すように DX 推進について定性指標を提案している.

なお,システムの構築においては,ウォーターフォールモデルやアジャイルモデルなどがあるが,クラウド型の DX の急速な浸透を受けてアジャイル型の導入が広がっている.

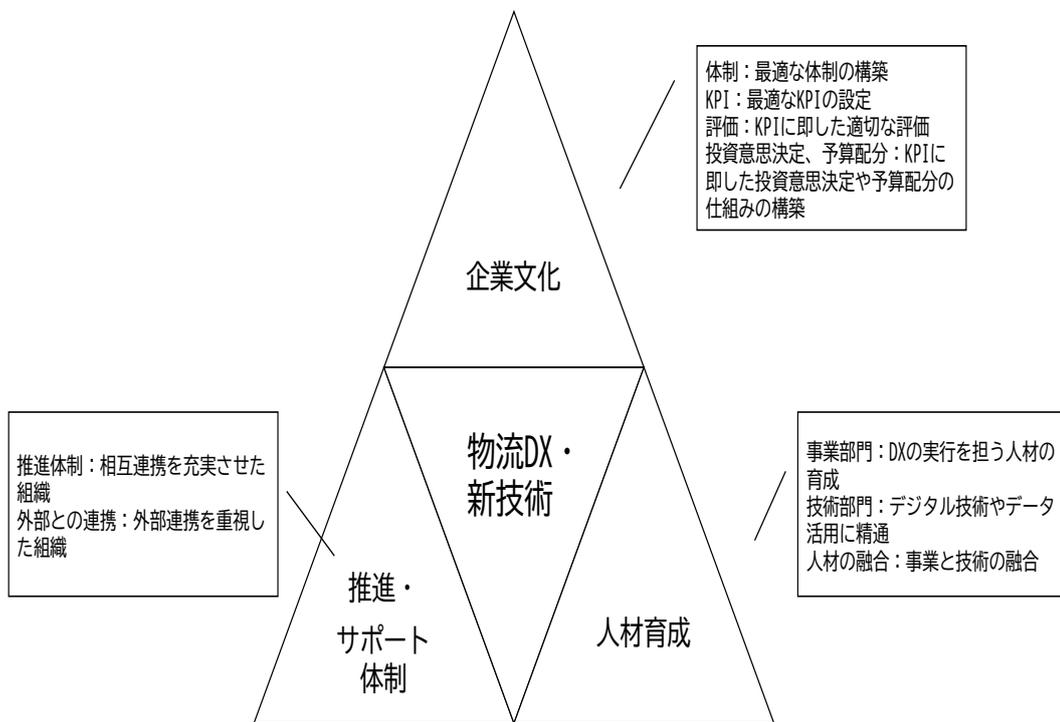


図 7.1 DX 推進に関する定性指標 [1]

7.3 DXにおける情報セキュリティ

第3章で述べた通り,DXの構築に際しては,ビッグデータなどの流出,漏洩,改ざんに十分な注意を払う必要がある.

サプライチェーンの各プレーヤーが共有するビッグデータを有効活用することによって顧客企業は,緻密な経営戦略の構築が可能になる.しかしながら,従来は点在していた企業の在庫情報,出荷情報などが一元管理されることになると,ビッグデータあるいはスマートフォンデータでも重要な情報が流出,漏洩,さらには改ざんされることがないか,情報セキュリティの視点からも対応策を講じる必要が出てきている.

ビッグデータによるDXの活用が図られる時代の到来により,サプライチェーンにおける情報セキュリティのさらなる充実が求められるようになってきている.

サプライチェーンで共有されるデータを,DXを介して有効活用することで,顧客企業は緻密なマーケット戦略,ロジスティクス戦略,販売戦略の構築が可能になる.

7.4 EC物流におけるDXの導入

ロジスティクスにおけるDXの構築は,EC物流との関係から発達してきたということを見逃すことができない.情報セキュリティについてもクラウドからの流出リスクに配慮するという視点も重要になる.さらにEC物流においてDXとの関係性を密にすることで効率化を図ることが可能になると考えられる.

なお,EC物流においては,DXの導入の拠点としてフルフィルメントセンターが活用されることになる.

フルフィルメントセンターでは,ECサイトからの注文を受けてセンター内の作業員に出荷指示を出す.出荷指示を受けて作業員は,出荷指示書に基づきピッキング,出荷検品を行い,梱包作業等を経て購入者に向けて発送する.このプロセスにおいて物流情報の可視化を徹底して行うことで効率化を実現できることは明らかであり,したがってEC物流におけるフルフィルメントセンターの一連の作業プロセスにはDXの実装が不可欠となるのである.

すなわち、クラウド上にデジタルプラットフォームを構築し、商流を踏まえて物流についてもデジタル管理ができるように庫内作業や配送会社、配送パートナーなどが端末を使って情報共有ができるように工夫が施される。

7.5 DX の推進に当たっての M&A

DX の推進に当たって既存のプラットフォームのみを活用することは、レガシーシステムに過度に依存することにもなる。しかしながら規模の経済を考えた場合、あるいは時間的な制約を考えた場合、M&A の必要性について考察しないわけにはいかない。しかしながら、ここでの対象となる企業は、スタートアップ型の物流テック企業で既存の大企業などとは異なる。それゆえ M&A については緻密なデューデリジェンスを推進する必要がある。

まず物流テック企業の M&A を推進するにあたり、企業価値を評価する必要がある。評価の方法としては、収益還元法(本研究では時価総額を算出する視点からテクニカル分析についても言及する)と類似企業比較法がある。ただし物流テック企業の場合、事業成長の進行が極めて速いことから成長をある程度予想した上での収益還元法の活用や類似企業活用法が有力な手法と考えられる。

7.6 物流現場における DX の導入及び活用

ロジスティクスにおける DX は、トップマネジメントの視点からの導入と物流現場における導入の2点に分けて考えられる必要がある。前述したアジャイル型のプラットフォームの構築については、トップマネジメントの視点からと考えられるが、DX の実装についても物流現場における作業負荷の低減やコスト削減については、例えば RFID タグを導入するなどの実務知識を必要とする改善方策と同期化させて対応させる必要がある。一例をあげれば、パレット納品における RFID タグの装着が考えられるが、そのように物流情報の可視化をまず進展させ、それによりコストメリットを明らかにするという手順が求められる。また DX の導入により、クラウド型のプ

プラットフォームから関連所法の共有化が可能になり,併せて現場に過度な負担がかかる手作業や手荷役も最小限にすることができる.

7.7 DX の導入に至る手順

以上をまとめると,図 7.2 及び 7.3 のようにロジスティクスにおける DX 導入の手順を示すことができる.

なお,本研究における DX の導入は,あくまでスモールスタートの視点に立った DX の導入である.しかしながら,部分最適を繰り返すことにより DX 構築の全体像を明らかにし,最終的には全体最適を実現するというスキームを完成させることができる.

一例をあげると,第 6 章で取り上げた店舗納品方式における考察では,DX・新技術の活用を前提としたパレット納品の導入により,既存の方式に比べコストメリットを実現している.すなわち具体的には,輸送コストについては,5.68%減(ハンガー納品比),店舗物流コストについては,12.5%減(ケース納品比)が可能であることがわかった.このようにコスト削減を中心とした効率化が実現できるのである.

7.8 本章のまとめ

本章では,ロジスティクスにおける DX の導入プロセスについてその一連の手順を明らかにした.要件定義を行ったうえで,情報セキュリティを確認し,次いでもっとも実装が必要と思われる EC 物流についてはデジタルプラットフォームを構築する.また DX の拡張については,デューデリジェンスを行ったうえでスタートアップ型の物流テック企業の M&A などを検討する.

ちなみに本研究では,物流現場の DX の導入については一例として,RFID 装着型のパレットの活用による作業負荷の低減とコスト削減を検討した.

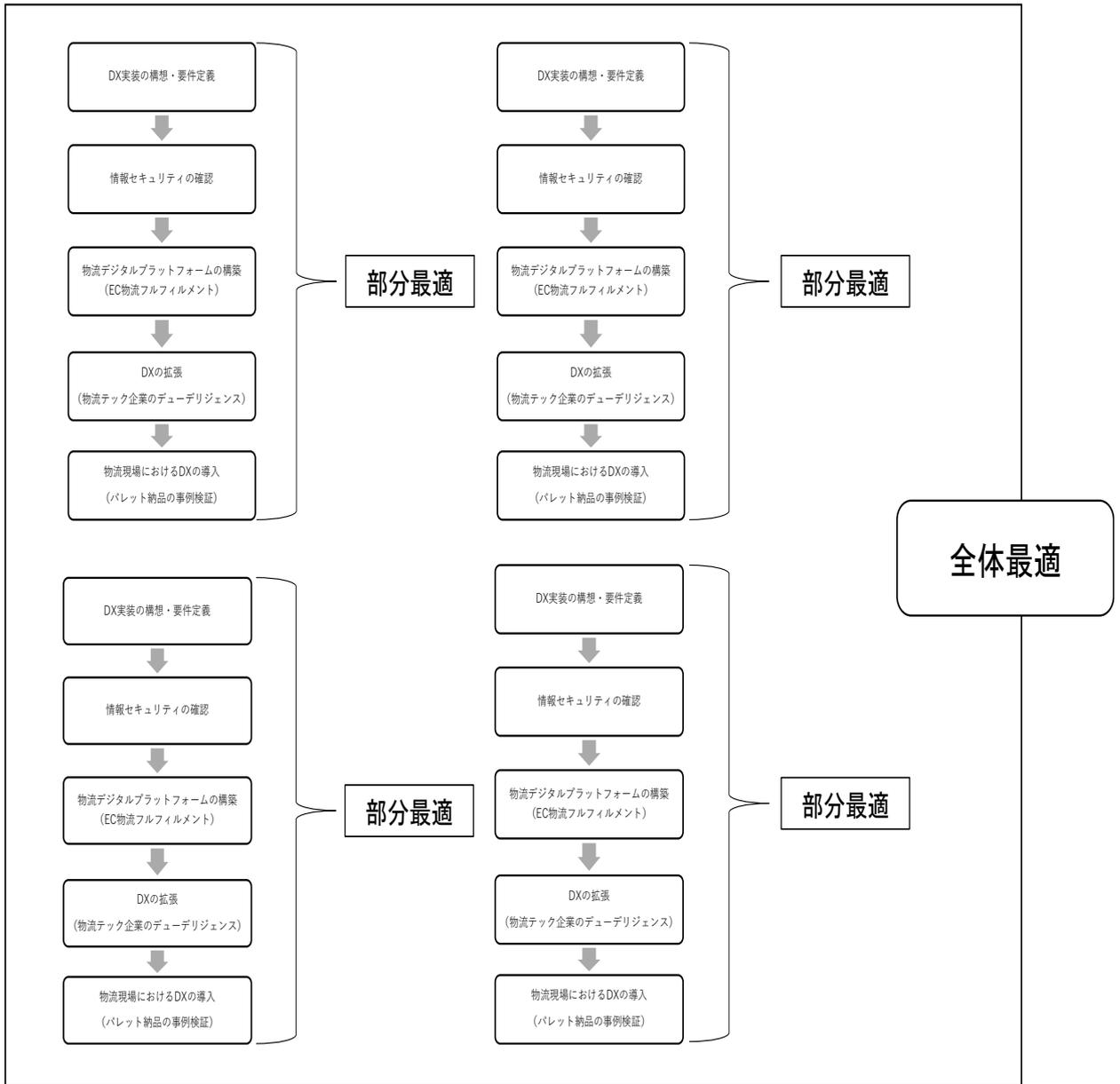


図 7.2 ロジスティクスにおける DX 導入の工程表(全体最適)

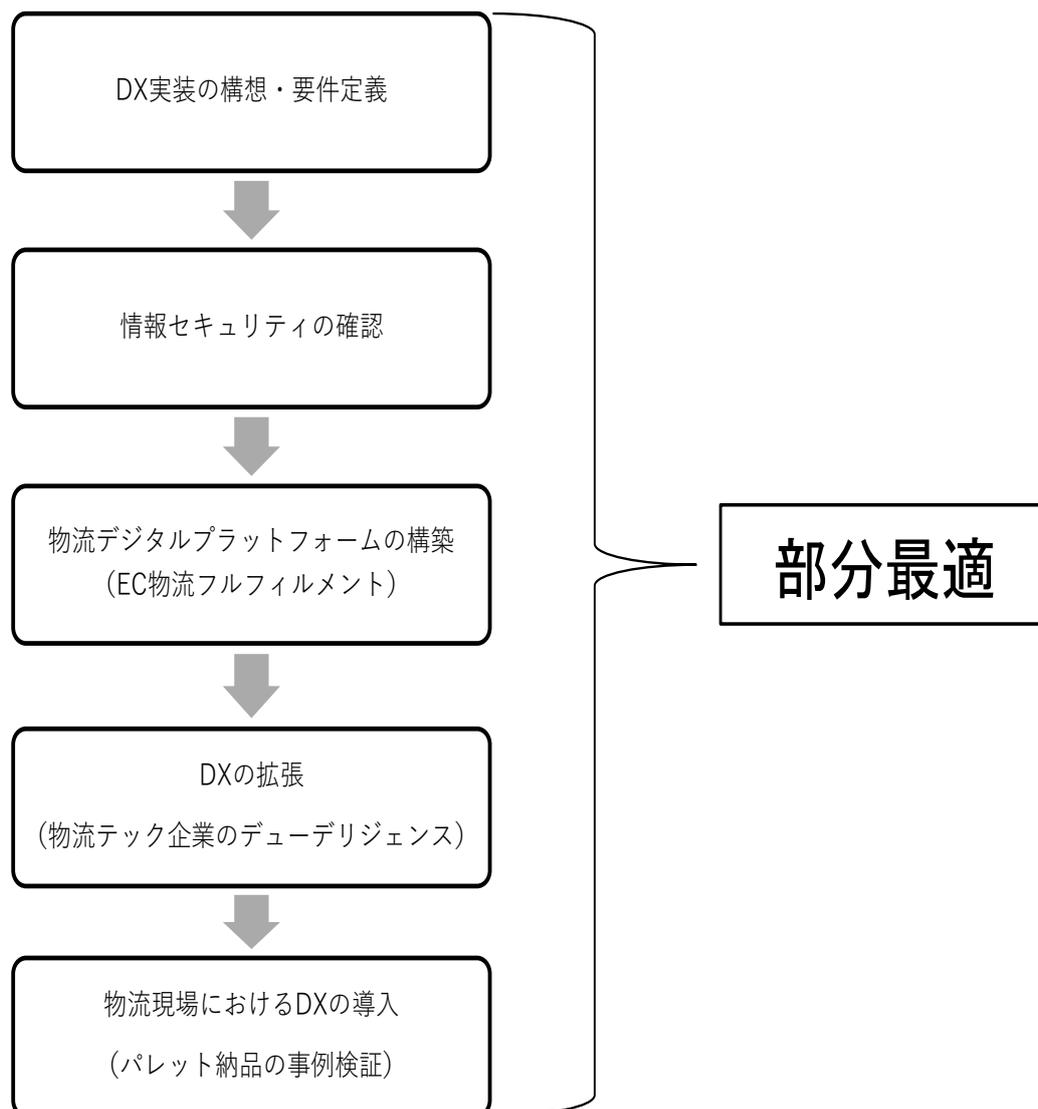


図 7.3 ロジスティクスにおける DX 導入の工程表(部分最適)

注:

[1]経済産業省,DX 推進指標,p.3,2019 年

<https://www.meti.go.jp/press/2019/07/20190731003/20190731003-2.pdf>,2022 年 9 月 15 日確認

第 8 章 結論

8.1 本研究の結論

本研究では,DX の導入によるロジスティクスの高度化についてその枠組みを示し,事例を検証し,さらにシミュレーションを行い分析,考察した.

まず第 1 章「序論」では,本研究の背景,目的及び構成について概観した.

次いで第 2 章「DX を踏まえたロジスティクスの構築」では,情報通信の発達を踏まえたロジスティクスの高度化についてその枠組みを示し,物流 DX 導入の方向性を明らかにした.DX の定義を明らかにし,モデル化を行い,導入の方向性を示した.

さらに第 3 章「物流 DX の展開」では,レンタルパレットシステムの導入の効果を検証し,物流 DX がいかにロジスティクスの高度化に貢献しているかを考察した.その結果,レンタルパレットシステムは,スマート物流の導入に大きく貢献する可能性があることがわかった.

第 4 章「EC 物流における事例検証」では,物流 DX の展開においてそのもっとも顕著な変化を確認した.具体的には,ネット通販(EC)物流の動静について企業事例を紹介し,物流 DX の導入の進捗度を検証した.フルフィルメント機能のコンパクト化が求められるということが明らかになった.

第 5 章「物流テック企業のデューデリジェンス」では,物流テック企業の価値評価についてデューデリジェンスを行い,その分析結果を踏まえて対象企業について有価証券報告書のテキストマイニングを用いて重要語を抽出し,コレスポネンス分析を行った.物流テックのスタートアップ企業では,収益還元法による検証が有効であることがわかった.

第 6 章「パレット貨物の可視化による荷役効率の向上」では,パレット納品の可能性について実データによる数値シミュレーションを行い,その導入の可能性について検討した.パレット納品の導

入における荷役効率化ならびに店頭ロジスティクスコストの削減のプロセスを明らかにした。

第7章「ロジスティクスにおけるDX構築の工程」では、これまで考察してきたロジスティクスにおけるDXの導入とその先進事例を踏まえ、ロジスティクスにおけるDX構築の工程表を作成した。

以上を踏まえ、本論文の結論として、物流DXの導入並びに展開によりロジスティクスの高度化は、これまで以上に進展していくということが明らかになった。物流情報システムについては、DXの導入を行い、レガシー化により発生する崖を回避し、マテハン機器、物流容器などのDXデバイスについては、貨物と情報システムの連携をデジタルプラットフォーム上で展開することで高度化できるものと考えている。

なお今後の課題としては、レガシー化する物流システムについて、いかにクラウド型のプラットフォームにエッジコンピューティングや量子インターネットなどの最新テクノロジーを融合させ、高アクセシビリティを実現していくかということがあげられる。