

2024 年度～2025 年度成果報告書

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第 3 期

／スマートモビリティプラットフォームの構築

／幹線物流の効率化に資する法規・制度・商慣習改善提案と

物流情報のデジタル変換ソフトの開発

2026 年 3 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先： 日野自動車株式会社

目次

1.研究開発の成果と達成状況	
1.1 要約-----	3
(1) 和文要約	
(2) 英文要約	
1.2 本文	
1.2.1 目的-----	4
1.2.2 研究開発の全体概要	
1.2.3 実施体制-----	5
1.2.4 目標設定	
1.2.5 工程表-----	6
1.2.6 成果と進捗状況	
(a)-----	7
(b)-----	19
2. 研究発表・講演、文献、特許等の状況-----	30
(1)研究発表・講演	
(2)論文	
(3)特許等（知財）	
(4)受賞実績	
(5)成果普及の努力（プレス発表等）	

1.研究開発の成果と達成状況

1.1 要約

(1) 和文要約

1) テーマ(a) 法規・制度の改善提案

物流革新の政策パッケージのポイント※1において、物流の効率化の具体例として挙げられているダブル連結トラックを活用した共同輸送を例に、輸送方法の違いによる効率の効果を NEXT Logistics Japan 社の実データを用いシミュレーション、定量値化を実施。また、商習慣の改善（輸送リードタイムの延長・荷姿の標準化）による物流効率の改善をシミュレーションにより定量化し、課題整理を実施。

※1 令和5年6月2日我が国の物流の革新に関する関係閣僚会議

2) テーマ(b) 荷姿情報のデジタル変換ソフトの開発

荷姿情報のデジタル変換ソフトについて、様々な物流工程で効果を発揮するためのソフトウェアとするべく、ユースケースの整理とデータフローの整備を実施。それに基づいたソフトウェアの開発を完了し、ソフトウェアの精度、効果についても検証完了。物流改善に資するソフトウェアであることを確認できたため、現在設立準備を行っている幹線における共同輸送等をテーマとしたコンソーシアムを起点に社会実装を行っていく計画である。

(2) 英文要約

1) Theme(a) Proposals for improving laws, systems, and business practices that streamline long distance transport by trucks

Regarding joint transportation using double-trailer trucks which is cited as a concrete example of logistics efficiency improvement in the“Policy Package for Logistics Innovation” (points),we simulated and quantified the efficiency figures for each transportation method using actual logistics data from NEXT Logistics Japan.Furthermore, we quantified the challenges related to improving business practices (extending transportation lead times and standardizing packaging) and the potential for improving logistics efficiency through simulations.

2) Theme(b) Development of software for converting logistics information into digital.

To develop software that will be effective in various logistics processes, we organized use cases and prepared data flows. Based on the above, we developed the software and verified its accuracy and effectiveness. Having confirmed that the software contributes to logistics improvement, we plan to implement it in society starting with the “Consortium on Joint Transportation on Trunk Lines,” which is currently being prepared for establishment.

1.2 本文

1.2.1 目的

本研究開発は、都市空間やモビリティサービスのあるべき姿として、「自由に自立して安全・快適に環境・他人・まちに優しく皆が、モノが、サービスが移動できるモビリティディバイドのない社会」の実現を目指す。

自由に自立して安全・快適に環境・他人・まちに優しく、みんなが、モノが、サービスが移動できるモビリティディバイドのない地域の実現に向けて、移動する人・モノ・サービスの視点から、地域に存在する伝統的な公共交通手段に加えて、自家用車、貨物車などの広範なモビリティ資源や新しいモビリティ手段の活用を可能にするようなハードとソフト双方のインフラとこれらを包み込むまち・地域をダイナミックに一体化し、安全で環境にやさしく公平でシームレスな移動を実現するプラットフォーム（スマートモビリティプラットフォーム）を構築することを、本課題のミッションとする。到達レベルとしては、TRL：8 以上、BRL：8 以上、GRL：7 以上、SRL：8 以上 を目指す。

1.2.2 研究開発の全体概要

以下に示す研究開発課題に取り組む。

【サブ課題Ⅰ：モビリティサービスの再定義、社会実装に向けた戦略策定】

持続可能で高いレベルの人、モノ、サービスのモビリティサービスを実装するために、使いうるモビリティ資源、求められるモビリティサービスを踏まえてモビリティサービスのリ・デザインを行う。

⑤物流 MaaS の実情把握と構築に向けての戦略構築

物流システムの状況の把握、物流 MaaS の現状（国内外、先進例）と攻め口を明らかにし、データ連携と荷姿の共通化による効率的省人的物流システムを提案する。またその実現のための戦略を確立する。なお、本取組は、初年度に集中的に進めることが望ましく、どこから取り組んでいくのか、戦略構築はステージゲート前に完了することを目指す。戦略構築に必要な実証実験は先行的に行い、そのフィードバックも含めて、ステージゲートに臨む。言い換えれば、社会実装を見据え、既存の関連施策との整合性を取りながら、SIP 事業期間内におけるアウトプットおよびその実現可能な開発スケジュール（何をいつまでに）を明確に示す。

1.2.3 実施体制

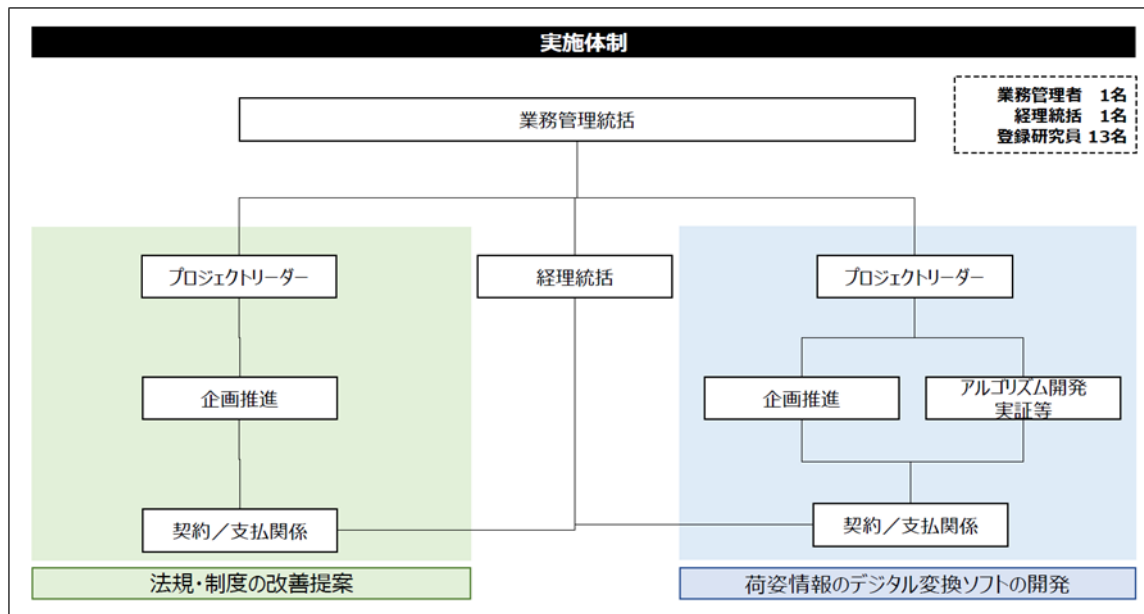


図1 実施体制表

1.2.4 目標設定

(a) 法規・制度の改善提案

PD と協議の上、実施計画書から活動内容の見直しを図り、以下の目標設定とした。

共同輸送のモデルケース毎にシミュレーションを行うことで、効果のほどを提示するとともに、効率的な将来モデルの策定のための課題整理を実施する。

(b) 荷姿情報のデジタル変換ソフトの開発

PD と協議の上、実施計画書から活動内容の見直しを図り、以下の目標設定とした。

当該変換ソフトが適用可能な業界を拡大するべく、汎用的に利用できる仕様追加と性能改善、追加実証実験を経て変換ソフトを完成させ、社会実装の検討を行う。また、完成した変換ソフトの効果をテーマ(a)と関連させた形で明確化する。

1.2.5 工程

テーマ(a), (b)ともに、目標設定の内容見直しに伴って、実施計画書から工程表についても見直しを行っている。

(a)

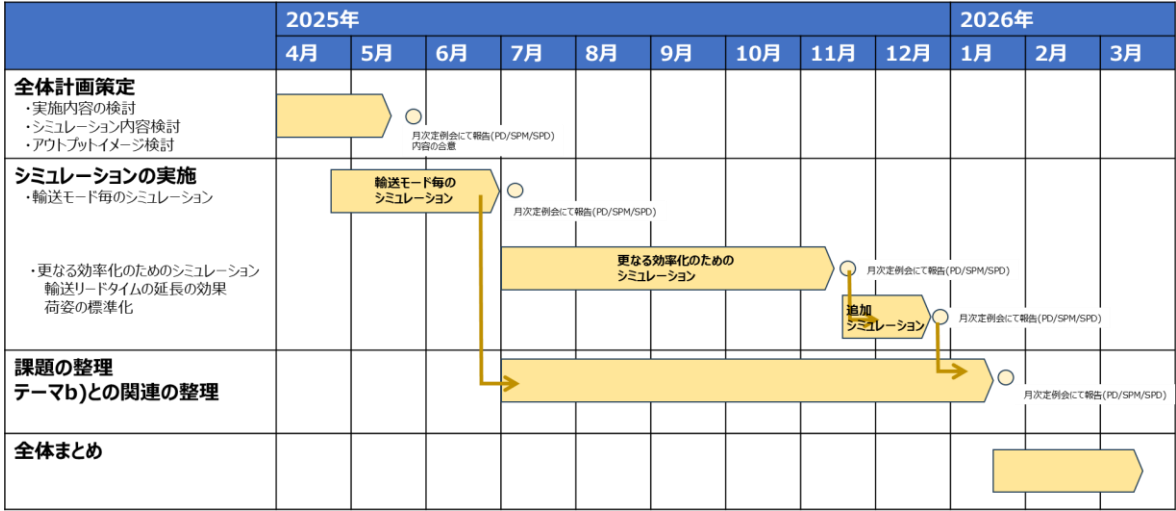


図 2 テーマ(a) 工程表

(b)

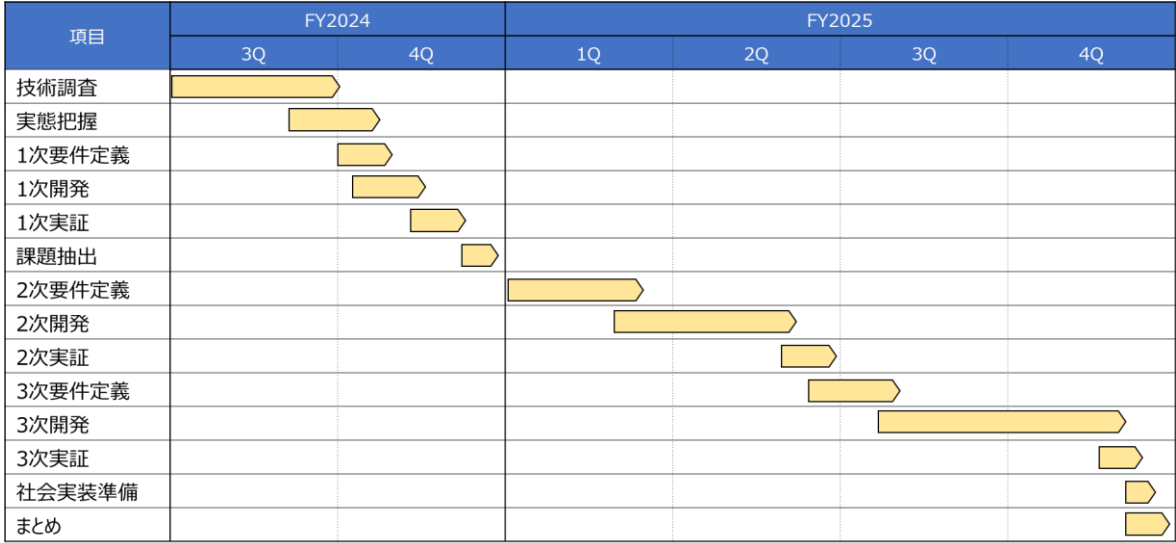


図 3 テーマ(b) 工程表

1.2.6 成果と進捗状況

(a) 法規・制度の改善提案

(a-1) 法規・制度・商習慣改善提案の概要

- ・物流革新の政策パッケージのポイント※1において、物流の効率化の具体例として挙げられているダブル連結トラックを活用した共同輸送を例に、輸送方法の違いによる効率の効果をNEXT Logistics Japan社の実データを用いシミュレーションを行い定量値化する
- ・また、商習慣の改善（輸送リードタイムの延長・荷姿の標準化）による物流効率の改善をシミュレーションにより定量化し、課題を整理、テーマ(b)荷姿情報のデジタル変換ソフトの開発との関連を明確にする
- ・実施の手順については以下の通り

① 輸送モード毎のシミュレーション

ダブル連結トラックを用いた共同輸送において、輸送モード毎のシミュレーションをNEXT Logistics Japan社の実データを用いて実施する。
効果を定量的に示し、それぞれの輸送方法に見合った荷主(物流事業者)を想定する

② 更なる効率向上のためのシミュレーション

①で得られたシミュレーションに対し、更なる効率向上を狙い、以下のシミュレーションを実施する

- 1) 輸送リードタイムの延長による輸送効率の向上
- 2) 荷姿の標準化による輸送効率の向上

③ 課題の整理

①②で得られたシミュレーション結果およびNEXT Logistics Japanの実運行を行っていく中で明確になってきた課題を整理する。

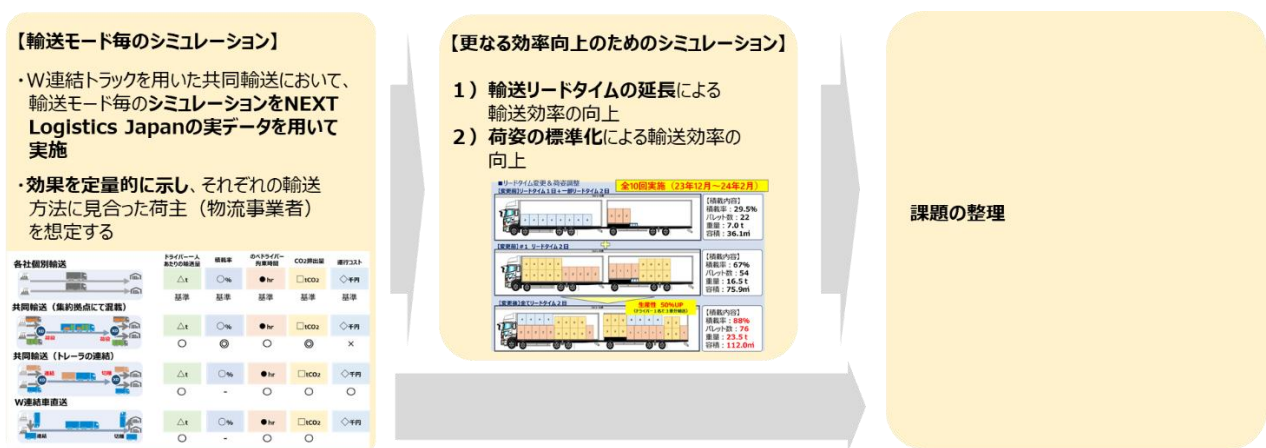


図4 テーマa 実施手順

※1 令和5年6月2日我が国の物流の革新に関する関係閣僚会議

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/buturyu_kakushin/pdf/seisaku_package.pdf

(a-2) 輸送モード毎の効果のシミュレーションの実施内容

- ・大型トラックによる既存の輸送法とダブル連結トラックを活用した以下の3種類の共同輸送のシミュレーションを行い、それぞれの輸送方法の優位点等を整理する。
- ・本シミュレーションでダブル連結トラックを活用した輸送方法は以下の3種類の輸送方法とする

1) 共同輸送(集約拠点にて混載)

幹線：集約拠点にてダブル連結トラックに混載し集約拠点間をダブル連結トラックにて輸送を行う。

支線：集荷場所～集約拠点、集約拠点～納品場所を大型トラックにて輸送を行う。

2) 共同輸送(トレーラの連結/切離)

幹線：連結拠点にてダブル連結トラックの連結/切離を実施。連結拠点間をダブル連結トラックにて輸送を行う。

支線：集荷場所～連結拠点、切離拠点～納品場所をセミトラクター＋トレーラ形式にて輸送を行う。

3) ダブル連結車直送

集荷場所～納品場所全区域をダブル連結トラックにて輸送にて輸送を行う。往復での輸送の際、往路輸送と復路輸送で異なる荷主での輸送となる場合もある。



図5 輸送モード

- ・インプット情報は以下の通り
 - 荷物情報：パレット毎の重量/寸法(幅/長さ/高さ)
 - パレット数
 - 輸送リードタイム
 - 車両情報：許容重量
 - 許容寸法(幅/長さ/高さ)
 - ダイヤ情報(出発時刻/到着時刻)
 - 拠点情報：集荷場所・納品場所・集約拠点・連結拠点間の距離
- ・アウトプット情報は以下の通り
 - 物流効率を示す指標

経済性を示す指標：運行コスト
環境性を示す指標：CO2 排出量

- ・本事業でのシミュレーションのインプットデータについては以下の通り
NEXT Logistics Japan 株式会社にて運行を行った 2025 年 4 月 21 日～24 日の実データ (135 便)

◇関西→関東への輸送 全 65 便 (大型トラック 65 台分)

内訳：飲料、冷凍食品、製菓、食品、機械、飲料容器、リサイクル品等

◇関西←関東への輸送 全 70 便 (大型トラック 70 台分)

内訳：飲料、冷凍食品、製菓、食品、機械、金属、リサイクル品、雑貨等

モード	発送荷主	出荷元	届け先	出発日	経由XD	便数 週間	容積 m ³	重量 kg	積載率 (容積)	積載率 (重量)	複合積載率
A	飲料	吹田物流センター	茨城物流センター	4/23	西→東	西宮 4 便	23.0	12,772.1	38.3%	94.6%	66.5%
A	飲料	明石工場	群馬配送センター	4/23	西→東	西宮 3 便	25.3	11,666.0	42.2%	86.4%	64.3%
A	食品	岡山県岡山市	埼玉県戸田市	4/23	西→東	西宮 2 便	35.1	3,552.0	58.5%	26.3%	42.4%
A	雑貨	堺市	横浜市	4/23	西→東	西宮 4 便	7.9	2,500.2	13.2%	18.5%	15.9%
A	飲料	静岡県	川崎倉庫	4/23	西→東	西宮 1 便	21.8	12,300.0	36.3%	91.1%	63.7%
A	パレット	兵庫県 東条	静岡県	4/23	西→東	西宮 1 便	44.6	6,656.0	74.3%	49.3%	61.8%
A	飲料容器	大阪工場	東京工場	4/23	西→東	西宮 1 便	45.2	3,240.0	75.3%	24.0%	49.7%
A	食品	関西工場	千葉県船橋市	4/23	西→東	西宮 2 便	36.8	3,360.0	61.4%	24.9%	43.1%
A	飲料	平和島DC (15:00迄)	吹田物流センター	4/23	東→西	相模原 3 便	21.4	10,998.0	35.6%	81.5%	58.6%
A	飲料	備前群馬配送センター	明石工場	4/23	東→西	相模原 1・2 便	56.6	25,518.3	47.2%	94.5%	70.8%
A	食品	関東工場	広島	4/23	東→西	相模原 1 便	51.8	3,711.6	86.4%	27.5%	56.9%
A	食品	野田市	高砂市	4/23	東→西	相模原 2 便	20.6	4,824.0	34.4%	35.7%	35.0%
A	雑貨	横浜市	堺市	4/23	東→西	相模原 2 便	20.3	3,650.2	33.9%	27.0%	30.5%
A	機械	サービスバスセンター厚木	サービスバスセンター吹田	4/23	東→西	相模原 3 便	49.2	6,600.0	82.1%	48.9%	65.5%
A	飲料容器	松戸工場	大阪工場	4/23	東→西	相模原 4 便	85.3	5,200.0	71.1%	19.3%	45.2%
B	冷凍品	舞洲	厚木	4/23	西→東	西宮 C 2 便	54.7	5,204.0	91.2%	38.5%	64.9%
B	リサイクル品	大阪市港区	南足柄市	4/23	西→東	西宮 C 2 便	41.1	6,400.0	68.6%	47.4%	58.0%
B	製菓	神戸工場	北本工場	4/23	西→東	西宮 C 2 便	38.7	4,800.0	64.5%	35.6%	50.0%

図 6 データイメージ

- ・輸送モード選択は上記の荷データを基に、以下の考え方に基つき輸送方法を選択した

1) 共同輸送(集約拠点にて混載)

荷物単位：パレタイズされている荷物が前提

荷量：大型トラック 1 台分に満たない荷物でも可能

混載可否：混載が可能な荷物が前提

2) 共同輸送(トレーラの連結/切離)

荷物単位：パレタイズされていない荷物でも可能

荷料：大型トラック 1 台分で積載率が確保できている荷

混載可否：混載ができない荷物でも可能

温度管理(冷蔵・冷凍)が必要な荷、匂いが荷物に移る可能性のある荷)

3) ダブル連結車直送

荷物単位：パレタイズされていない荷物でも可能

荷料：大型トラック 2 台分で積載率が確保できている荷

混載可否：混載ができない荷物でも可能

温度管理(冷蔵・冷凍)が必要な荷、工業製品、匂いが荷物に移る可能性のある荷)

また上記に加え、拠点の位置関係(集荷場所・納品場所、中継拠点、連結・混載位置)を踏まえ輸送モードを設定した。

- ・本シミュレーションでは積付/割付自動計算ソフト NeLOSS※2 を用い、ダブル連結トラックに積付/割付の算出を実施した。算出された運行情報より以下の指標を算出し、効率/経済性/環境性の視点で評価を行う。
- ・評価に用いた指標は以下の通り

◇物流効率を示す指標

1 便あたりの輸送重量[t/便] , 輸送容積[m3/便],
のベドライバー拘束時間[hr]
積載率(重量)[%], 積載率(容積)[%], 積載率(複合)[%]※3

◇経済性を示す指標

輸送コスト[円/便]: NEXT Logistics Japan 株式会社の事業モデルより算出モデルを設定し、より実業に近い数値での算出を行った。

◇環境性を示す指標

C02 排出量[tC02]: 物流分野の C02 排出量に関する算定方法ガイドラインの燃費法に基づき算出。NEXT Logistics Japan 社の燃費データを活用し、精度の高い燃費法※4 を選定した。

※2: NeLOSS (ネロス) は、NEXT Logistics Japan 社の NEXT Logistics Optimal Solution System の略語。人の「経験や勘」に頼り、数時間をかけて行ってきた配車と荷物の組み合わせを割り出す複雑な業務を、Inspired 量子技術を活用することで、数十秒～数分間で自動的に最適解を提示するシステム

※3 重量および容積両方の使い切りを示す仕様として重量および容積の平均値を複合積載率と設定した。

※4 物流分野の C02 排出量に関する算定方法ガイドライン <https://www.mlit.go.jp/common/001119716.pdf>

(a-3) 輸送モード毎の効果のシミュレーション実施結果と課題

- ・シミュレーションの結果①物流効率/環境性を示す指標ではどの輸送モードでも効果があることが算出された。
1 便あたりの輸送重量/輸送容積: +67~+160%の効率化
のベドライバー拘束時間: -7~-65%の省人効果
積載率: +5~+7%の効率化
C02 排出量: -10~-37%の改善効果
- ・一方、②経済性を示す運行コストに関しては(A)集約拠点での混載、(B)トレーラの連結の輸送モードでは悪化、(C)直送では効果があることが算出された。
運行コスト: (A) 共同輸送(集約拠点での混載)+12%の悪化
(B) 共同輸送(トレーラの連結の輸送)+6%の悪化

(C) ダブル連結車での直送 -35%の効果

	便数	物流効率				経済性	環境性
		輸送総重量 輸送総容積	1便あたりの輸送重量 1便あたりの輸送容積	のベドドライバー 拘束時間	積載率 容積/重量 割合	運行コスト	荷物1tあたりの CO2排出量
各社個別輸送	135便	1,057t 4,261m ³	7.8t/便 31m ³ /便	1,020hr 1便あたり7.6hr	55%/54% 55%	17,871千円	0.038tco ₂
共同輸送（集約拠点にて混載）	W連結28便 (53便分)	411t 2,057m ³	14.7t/便 74m ³ /便 +68% +139%	322hr 1便あたり6.0hr -21%	63%/61% 62% +7%	個別8,491千円 共同9,493千円 +12%	0.032tco ₂ -20%
共同輸送（トレーラの連結）	W連結15便 (25便分)	197t 1,056m ³	13.1t/便 70m ³ /便 +68% +125%	178hr 1便あたり7.1hr -7%	58%/59% 59% +4%	個別4,028千円 共同4,252千円 +6%	0.035tco ₂ -10%
W連結車直送	W連結22便 (57便分)	449t 1,148m ³	20.4t/便 52m ³ /便 +160% +67%	151hr 1便あたり2.6hr -65%	76%/44% 60% +5%	個別5,352千円 共同3,480千円 ▲35%	0.024tco ₂ -37%
全135便を上記の通り割振り		各社個別輸送に対し +67~160%の効率化 各社個別輸送に対し -7~-65%の効果 各社個別輸送に対し +5~7%の効果					

図7 シミュレーション結果

- ・輸送モード毎の課題は以下の通りである

◇共同輸送（集約拠点にて混載）の課題

表1 共同輸送（集約拠点にて混載）の課題一覧

課題	詳細	物流事業者	荷主
受注情報の標準化	【受注情報全般】 受注データが各社異なる。各社固有の生産システム等からのアウトプット情報がベースになっているため変更が困難。FAXで行われる商慣習も一部残っている。 【荷姿情報】 混載のために必要な情報（パレット単位での寸法長さ/幅/高さ寸法、パレット単位での重量）が無いケースが多い。 商慣習として車両1台を手配するのに必要な情報のみ(大型1台=18パレット、重量xxトン以下など)で十分なため管理する必要がない。		○
ダイヤのコントロール	支線便が渋滞・荷役待ち等で集約拠点への到着が遅延した際に、出発待機時間の発生や荷物未着の状態での出発をせざるを得ない状況になり、運行コストに影響を与える。 リードタイムの延長 ・柔軟な納品物の受け入れが効果的である。	○	○
軽量物/重量物のバランス	荷室の使い切りの観点では軽量物と重量物をバランス混載することが肝要であるが、軽量物/重量物をバランスよく積載した上で輸送リードタイム（納品日）などの輸送条件を満たすことは困難である。	○	
上り/下りのバランス	輸送量の増減により運航便を増減させることは一般的であるが、XD間のピストン輸送を実施した際は片側(上りもしくは下り)の要件で増減させることができない。バランスよく上り/下りのバランスを同等に保つことが効率のよい輸送につながる。	○	
L/T・出荷のタイミング	集荷時間、納品時間の制約と効率よく幹線便とマッチする制約をバランス良く設定することが課題である。リードタイムの延長・柔軟な納品物の受け入れが効果的である。	○	
混載に必要なコスト	・支線/幹線コスト：従来A→Bで輸送されていたものが、A→XD/XD→XD/XD→Bと3分割になる。支線部分(A→XD/XD→B)の集荷/納品を効率よくすることが必要となる。 ・荷役コスト：従来より混載のための荷下ろし/荷積みが増加するため荷役費用が発生する。上記の観点より、積載を高くすることが経済性に繋がってくる。	○	○

◇共同輸送（トレーラの連結）の課題

本輸送は条件を満たせば、効率的な輸送が行えるが、大量定期での輸送を行っている荷主に限定されたスキームとなる。

表2 共同輸送（トレーラの連結）の課題一覧

課題	詳細	物流事業者	荷主
ダイヤ作成立地条件	ダイヤを策定する際、24時間で1往復もしくは1運行を基準に設定する必要がある。ダイヤが左記時間に当てはまらない場合、日々の集荷、納品時間が変化するため、集荷側/納品側の対応が困難なためである。 24時間－幹線運行時間(例:東阪間10×2(往復))＝支線時間（例：4 hr）となるが、その時間で納品(集荷)を実施する立地条件の設備に設定する必要がある。	○	○
車両の固定費	上記、ダイヤ作成/立地条件の課題の対応策の一つとして、1台のヘッドトラクターに対し、複数台のトレーラを活用することで、ダイヤを成立することが可能であるが、稼働率が下がり、固定費が上がる背反がある。	○	
連結に必要なコスト	・支線/幹線コスト：従来A→Bで輸送されていたものが、A→XD/XD→XD/XD→Bと3分割になる。支線部分(A→XD/XD→B)の連結を効率よくすることが必要となる。 ・連結コスト：従来より混載のための連結にかかる人件費、場所費用が発生する。混載に対し、小スペース、短時間での作業となるため混載に比べコストを抑えることができる	○	○

◇ダブル連結車直送の課題

本輸送は条件を満たせば、効率的な輸送が行えるが、大量定期での輸送を行っている荷主に限定されたスキームとなる。

表3 ダブル連結車直送の課題一覧

課題	詳細	物流事業者	荷主
荷料	安定した荷量の輸送を定期的に行っていることが条件となる。		○
集荷/納品場所でのW連結トラックの取り回し	・集荷/納品場所への運行経路で通行許可取得が可能であること、構内でW連結車の取り回しが可能であることが必要となってくる。 ・W連結トラックのGVWが一般大型トラックの2台分の輸送ができず、(大型トラック13t積載/W連結トラック24t積載)重量物の輸送の際は、段取り上、商流上で個別の対応が必要となることがある。		○

(a-4) 輸送リードタイム延長/荷姿の標準化のシミュレーションの実施内容

(a-3)項で実施したシミュレーションにおいて荷役/荷役場所のコストの増加に対し、持続的な運行の実現には更なる効率化を行う必要がある。その対策案として①輸送リードタイムの延長、②荷姿の標準化を行うことで、どう効率化に繋がるかを検証する。

(a-5) 輸送リードタイム延長/荷姿の標準化のシミュレーションの実施結果/課題

◇輸送リードタイム延長のシミュレーション結果

- ・ 輸送リードタイム延長のシミュレーション結果は以下の図の通り
- ・ 積載効率が良くなる荷物を選択して引き当てた結果、前詰め効果により 16%効率向上（5 車中 0.8 車分）
- ・ 荷姿不統一（高さバラバラ）により、軽重段積みが成立しないケースが発生
- ・ 荷主単位（持ち込み支線便単位）の荷物が最大で幹線便 3 車両に分散された

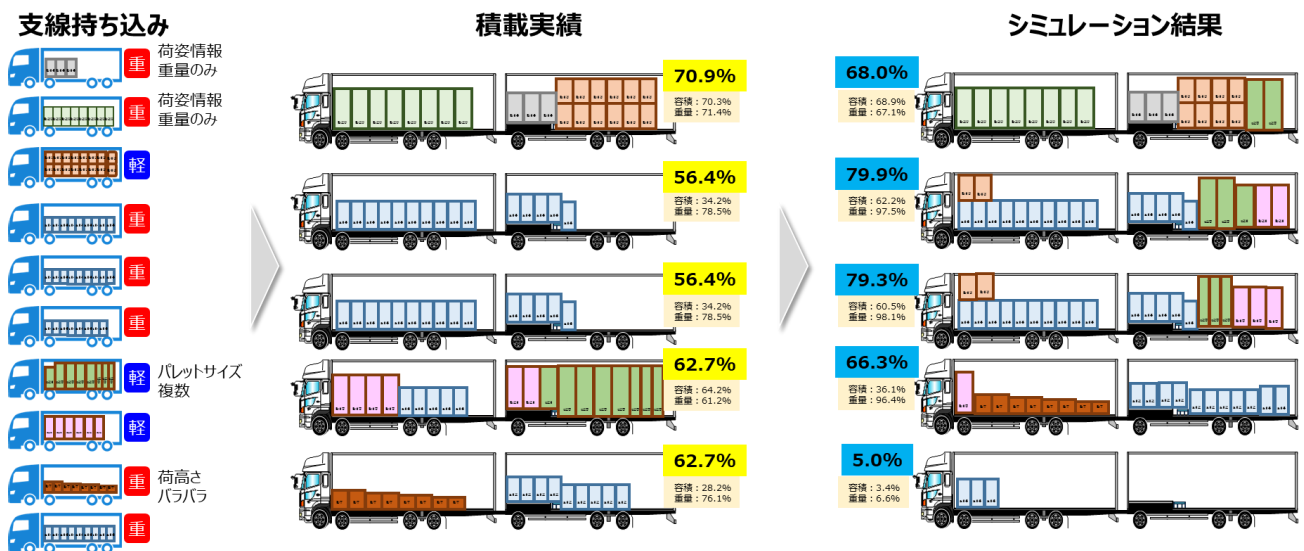


図8 輸送リードタイムシミュレーション結果

◇荷姿の標準化のシミュレーション結果

- ・ 荷姿の標準化のシミュレーション結果は以下の図の通り
- ・ 輸送リードタイム延長+高さ不揃い荷物を一定に統一、段積み効果により 22%効率向上（5 車中 1.1 車分）
- ・ 軽重段積みの成立数が増加
- ・ 荷主単位（持ち込み支線便単位）の荷物が最大で幹線便 4 車両に分散された

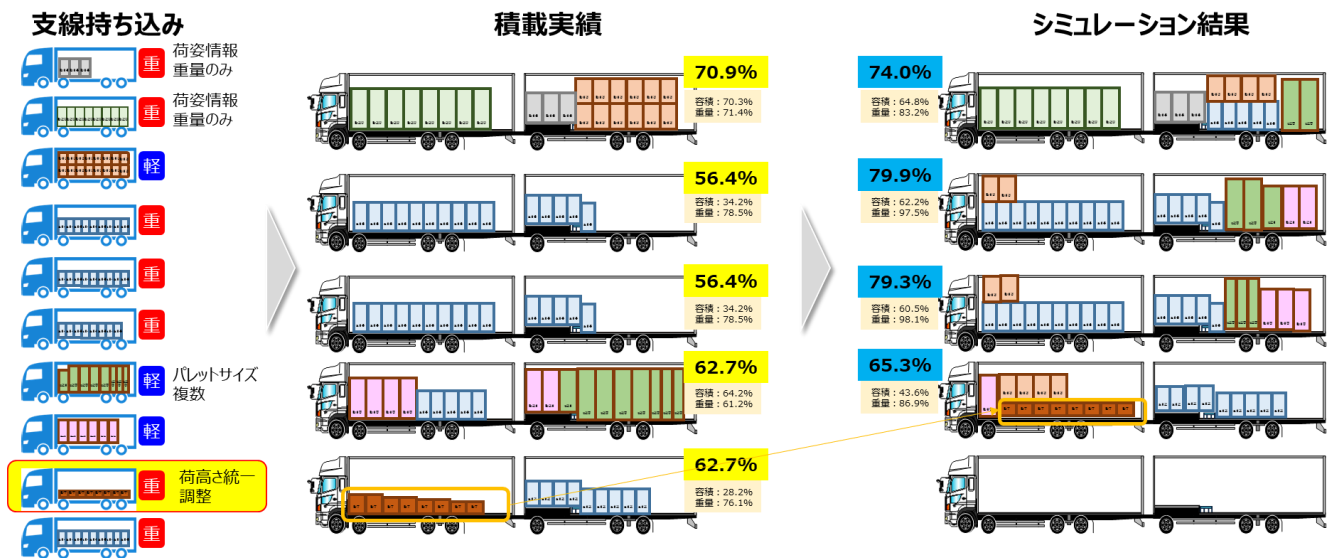


図9 荷姿の標準化シミュレーション結果

輸送リードタイム延長/荷姿標準化の効果/変化/課題は以下の通り

◇輸送リードタイム延長の効果/変化/課題

【効果】・輸送効率約 16%向上

- ① 荷量が重量物に偏っている
- ② 下段候補荷物の高さ不揃い以上 2 点の影響により効率向上が限定された

【変化】・支線便→幹線便への荷物引き当てが最大で 3 便に分散

- ・一部荷物の輸送リードタイムが+1 日

【課題】1. 荷物の管理、幹線輸送前後工程の作業増

- ・持込み支線荷物を幹線 3 便に振り分ける段取り、幹線 3 便荷物を引取り支線 1 便に集約する作業
- ・荷姿毎のトレーシング管理
- 2. 納品リードタイムが不安定
- ・幹線積載計算の結果に基づき輸送タイミングが変化するため、納品/受け入れの間口拡大が必要
- ・クロスドックでの荷物滞留が多くなり、相応の仮置きスペースが必要

◇荷姿標準化の効果/変化/課題

【効果】・輸送効率約 22%向上（輸送リードタイム延長と複合効果による）

【変化】・荷物高さが不揃いの重量荷物について、高さを一定に調整

- ・支線便→幹線便への荷物引き当てが最大で 4 便に分散

【課題】 1. 混載輸送を前提とした標準的な荷姿の規格値作り

- ・各輸送モード、保管、作業の効率をバランスできるサイズ/重量の規格値

- ・他社荷物との段積み輸送に耐えうる梱包資材

2. 既存荷姿からの仕様変更

- ・個社単位、商品単品単位に最適化された仕様と標準仕様との効率ギャップの大きさ

- ・仕様変更にかかる費用、工数

3. 混載輸送の効率化

- ・車両制約（車両全高、最大積載重量）と荷物サイズ/重量の最適組み合わせ

→ 重量勝ち荷物が多く、荷室容積を使いきれないケースが散見

(a-6) シミュレーションまとめ

共同輸送により物流の効率化が図れ、課題となる運行コストについてはリードタイムの延長/荷姿の統一化が効果的であることが本研究のある一定条件におけるシミュレーションにより、定量化された。

各社個別輸送	便数	物流効率				経済性	環境性
		輸送総重量 輸送総容積	1便あたりの輸送重量 1便あたりの輸送容積	のべドライバー 拘束時間 1便あたり7.6hr	積載率 容積/重量 割合 55%/54%	運行コスト	荷物1tあたりの CO2排出量
	135便	1,057t 4,261m3	7.8t/便 31m3/便	1,020hr	55%/54%	17,871千円	0.038tCO2
共同輸送（集約拠点にて混載）							
	W連結28便 (53便分)	411t 2,057m3	14.7t/便 74m3/便 +98% +139%	322hr 1便あたり6.0hr -21%	63%/61% 62% +7%	個別8,491千円 共同9,493千円 +12%	0.032tCO2 -20%
共同輸送（トレーラの連結）							
	W連結15便 (25便分)	197t 1,056m3	13.1t/便 70m3/便 +68% +125%	178hr 1便あたり7.1hr -7%	58%/59% 59% +4%	個別4,028千円 共同4,252千円 +6%	0.035tCO2 -10%
W連結車直送							
	W連結22便 (57便分)	449t 1,148m3	20.4t/便 52m3/便 +160% +67%	151hr 1便あたり2.6hr -65%	76%/44% 60% +5%	個別5,352千円 共同3,480千円 ▲35%	0.024tCO2 -37%

図 10 シミュレーション結果まとめ

(a-7) 開発テーマ(b)との関連の整理、社会実装について

本シミュレーション範囲は幹線輸送でのダブル連結トラックによる共同輸送だが、輸送に関するオペレーションの効率化は様々ある。図 11 に示しているように、荷姿データを活用することが物流の効率化に繋がってくる。テーマ(b)で物流の効率化の前提となってくる荷姿情報が取得可能な荷姿情報のデジタル変換ソフトの開発を行い、社会実装を行う。



図 11 オペレーションの工程と効率化手法

(補足) シミュレーションでの前提条件/算出方法

◇効果算出

- ・ドライバー拘束時間について

輸送車速=70km/hr で算出

拘束時間[hr] = 輸送距離[km] / 70[km/hr]

◇積載率

大型トラック : 【最大積載量=100%】 重量 13.5t、容積 60m³
低床 4 軸車仕様にて算出

ダブル連結トラック : 重量 23.3t、容積 114m³

低床 4 軸車 + ドリー付き連結仕様にて算出

◇運行コスト

国交省提示の距離運賃表を基に、実運賃の傾向より係数をかけ算出 (表 6)

表 6 関東運輸局 距離制運賃表

【適用】：令和2年国土交通省告示第575号：関東運輸局 距離制運賃表														km単価	大型料率
														24.6	1.65
走行キロ	支線便 概算価格	車種別				相場料率						高速料金関係			
		キロ程	小型車	中型車	大型車	トレーラー	60%	65%	70%	75%	80%	85%	km	料金	
10km	19,200	10km	15,790	18,060	22,540	27,940	13,600	14,700	15,800	17,000	18,100	19,200	0	0	
20km	21,600	20km	17,600	20,160	25,330	31,550	15,200	16,500	17,800	19,000	20,300	21,600	0	0	
30km	23,200	30km	19,410	22,270	28,120	35,160	16,900	18,300	19,700	21,100	22,500	24,000	10	700	
40km	25,900	40km	21,220	24,370	30,920	38,770	18,600	20,100	21,700	23,200	24,800	26,300	20	1,100	
50km	28,600	50km	23,040	26,480	33,710	42,380	20,300	22,000	23,600	25,300	27,000	28,700	30	1,600	
60km	31,200	60km	24,850	28,580	36,500	45,990	21,900	23,800	25,600	27,400	29,200	31,100	40	2,000	
70km	32,000	70km	26,660	30,690	39,290	49,600	23,600	25,600	27,600	29,500	31,500	33,400	50	2,500	
80km	34,500	80km	28,470	32,790	42,090	53,200	25,300	27,400	29,500	31,600	33,700	35,800	60	2,900	
90km	37,100	90km	30,280	34,890	44,880	56,810	27,000	29,200	31,500	33,700	36,000	38,200	70	3,400	
100km	37,200	100km	32,090	37,000	47,670	60,420	28,700	31,000	33,400	35,800	38,200	40,600	80	3,800	
110km	39,600	110km	33,910	39,090	50,390	63,930	30,300	32,800	35,300	37,800	40,400	42,900	90	4,300	
120km	41,900	120km	35,730	41,170	53,110	67,430	31,900	34,600	37,200	39,900	42,500	45,200	100	4,700	
130km	44,300	130km	37,550	43,260	55,830	70,940	33,500	36,300	39,100	41,900	44,700	47,500	110	5,200	
140km	46,600	140km	39,360	45,340	58,550	74,440	35,200	38,100	41,000	44,000	46,900	49,800	120	5,600	
150km	49,000	150km	41,180	47,430	61,270	77,950	36,800	39,900	42,900	46,000	49,100	52,100	130	6,100	
160km	51,300	160km	43,000	49,510	64,000	81,450	38,400	41,600	44,800	48,000	51,200	54,400	140	6,500	
170km	53,700	170km	44,820	51,600	66,720	84,960	40,100	43,400	46,800	50,100	53,400	56,800	150	6,900	

◇C02 排出量

経産省・国交省燃費法算定方法ガイドラインにおける燃費法に基づき算出
燃費はNEXT Logistics Japan 社の実運行に基づき算出（下図）

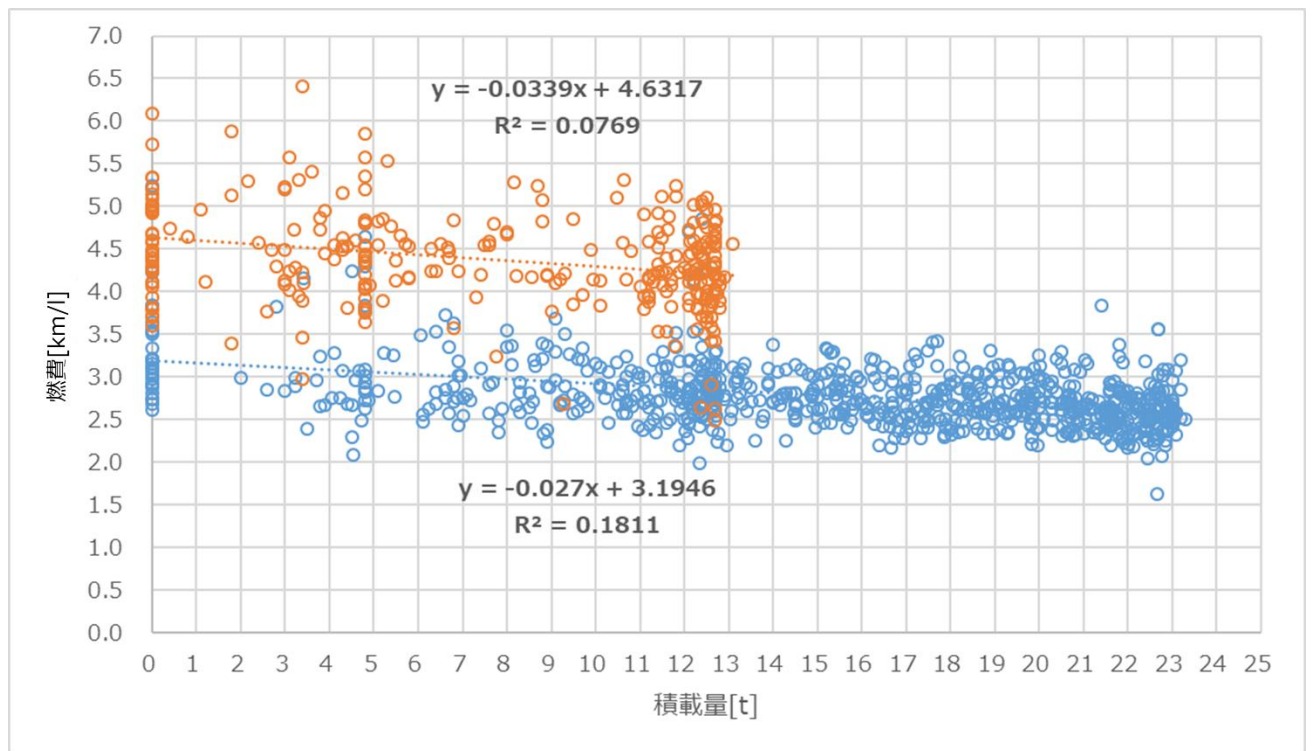


図 12 実運行燃費表

CO2 排出のモデルと算出一例

算出モデルと算出一例



算出結果一例

CO2排出量 [tCO2] = $\frac{\text{距離 [km]}}{\text{燃費 [km/l]}} \times \text{排出係数}$

※経産省・国土省 燃費法 算定方法ガイドラインより

Calculations:

- Z1 = $40 / 4.22 \times 0.00262 = 0.024$
- Z2 = $63 / 4.46 \times 0.00262 = 0.037$
- Z3 = $10 / 4.22 \times 0.00262 = 0.006$
- Z4 = $72 / 4.46 \times 0.00262 = 0.042$
- Zw = $521 / 2.73 \times 0.00262 = 0.496$
- ToTal = 0.605

図 13 燃費計算モデル

b) 荷姿情報のデジタル変換ソフトの開発

(b-1) 開発の背景

現状のパレット輸送を基本とする企業間物流においては、荷物起点となるメーカーでは工程管理等で使用する目的もありケース荷姿のデータは存在している。しかし、物流工程に入ると荷姿データが利用されず、各工程での効率化が進まないのが現状である。それぞれの工程での問題点を列挙していく。メーカーから中間在庫用の物流センター等へ輸送する一次輸送において、出荷荷姿をSKU単載パレットとすることが主であるが、輸送リソース確保を最優先とした概算量からの計画が主流となっており、最適効率での輸送とはなっていない。物流センター等の一次受入においては、概算量の輸送計画に対して保管計画と作業計画を実施するため、倉庫リソースの最適活用、最適な配分での作業計画が実施出来ていない。物流センターから卸売業者や小売店等への二次輸送では、オーダー数量に応じた出荷を行うため、SKU単載パレットを崩し、SKU混載のパレットを作成して輸送を行っていくが、二次輸送計画は一次輸送時点でケース荷姿が引き継がれていないことや、計画作成が煩雑なこともあり、一次輸送よりさらに粒度の粗い輸送計画となっている。かつ、SKU混載パレット構成については計画自体が存在せず、現場合合わせでパレタイズ作業が行われており、作業自体が非常に非効率なものとなっている。加えて、どのパレットのどの位置にどの商品が積載されているかが出荷時点で不明となるため、二次輸送の受入先では、着荷時点で一点ずつの検品作業が発生している。

上記のように、各工程で発生している問題は荷姿データが物流工程で利用されていないことが主要因と考えられ、物流の効率化にはサプライチェーン全体で荷姿データを利用できる環境を構築していくことが必須となる。

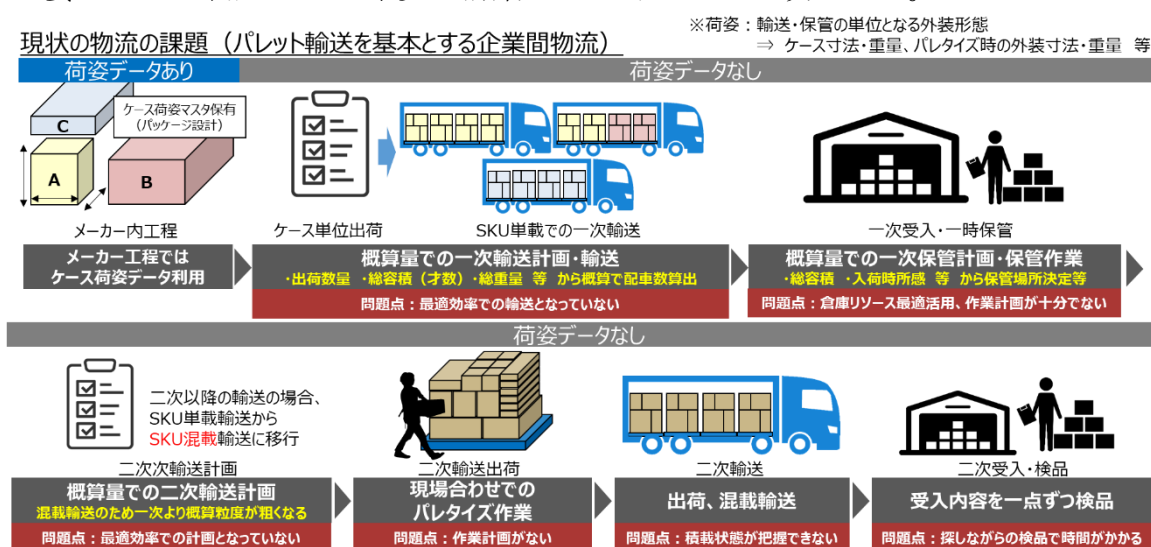


図 14 現状の物流の課題

(b-2) 開発目標

本開発においては、二次輸送で実施される SKU 混載パレタイズ計画を自動作成するシステムを開発することで、物流各工程での荷姿データの利活用をする環境を構築することを目標とする。パレタイズ計画自動作成の前後機能として、不明なケース荷姿の補完機能を有することで、より実オペレーションにて利用しやすい構成とする。

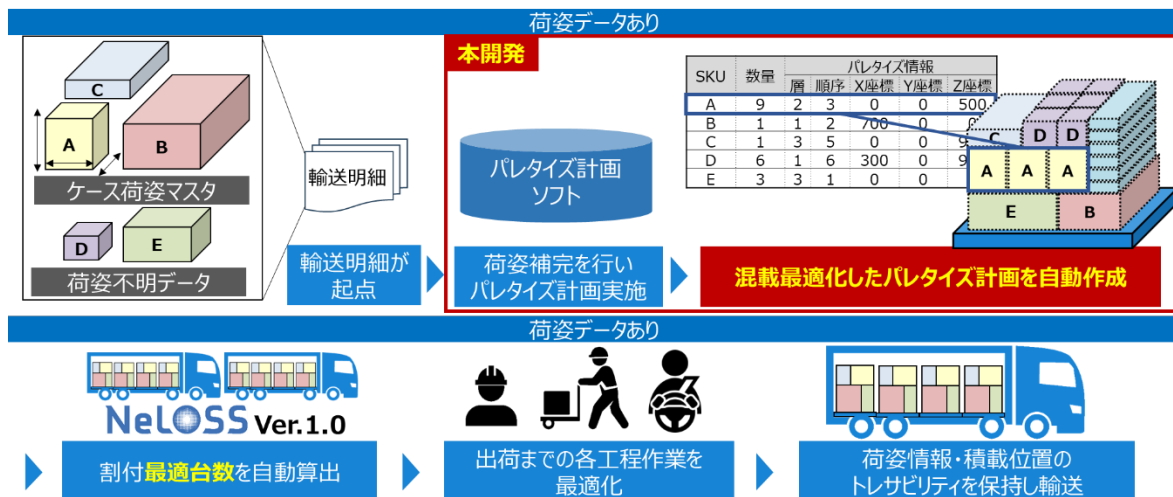


図 15 開発目標

(b-3) ソフトウェア構成と狙い

本システムは寸法推定アプリケーション、パレタイズパターン判定アプリケーション、パレタイズシミュレーションアプリケーションの3つの機能から構成される。各アプリケーションの機能については、以下となる。

①寸法推定アプリケーション

輸送明細にケース荷姿の記載がなく、かつ新規荷物などでこれまでの輸送実績からもケース荷姿を紐づけできない場合に、入荷したパレット荷姿の状態でデジタルカメラやスマートフォンで荷姿全体を撮像し、撮像データをインプットデータとして、荷姿内のケース荷姿寸法である長さ(L)、幅(W)、高さ(H)を推定し出力(図16内①)する。

②パレタイズパターン判定アプリケーション

パレット輸送において、同じSKUがある程度の数量がある時、SKU単載でパレット荷姿を構成する。その時、パレット荷姿は同じパターンの配置を複数層構成することで形成する。そのパターン配置のことをパレタイズパターンと呼び、本機能では、ケース荷姿寸法をインプットデータとして、パレタイズパターンを決定(図16内②.1)し、輸送明細数量から何ケースをパターン構成に利用するかを決定(図16内②.2)する。パターン構成に利用する数は、SKU単載で完成系

となる整体パレット数と整体パレットより層数が少ないがパターンとして形成する整体パターン層数の二つに分けて決定する。これにより、SKU 単載で取り扱う数量（整体数量）とそれ以外の数量（端数）に分離し、SKU 単載パレットのパレット荷姿を決定する。

③パレタイズシミュレーションアプリケーション

パレタイズ判定アプリケーションで分離した端数の明細を混載し、最適なパレタイズ配置シミュレーションを行う（図内③.1）。得られた混載計画はそのまます業計画として利用可能な他、パレタイズ判定アプリケーションで分離した整体パターン層数の存在する明細と組み合わせて、下段整体パターン層、上段混載シミュレーション層で構成した計画を出力可能である。

輸送明細 I/F（ケース単位）

SKU	新製品	L [mm]	W [mm]	H [mm]	重量 [kg]	数量	パレタイズマスタ		整体 パレット数	整体 パターン層数	端数 数量
							数量/層	数量/パレット			
A		250	200	180	1.8	150	25	125	1	1	0
B		280	240	210	2.3	90	20	60	1	1	10
C		300	370	240	2.7	15	12	48	0	②.2	3
D	○	320	400	280	4.5	8	10	②.140	0	0	8

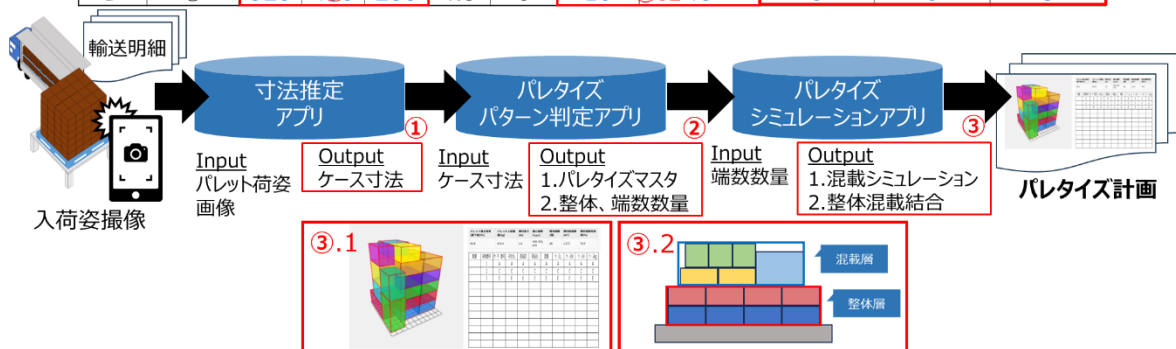


図 16 ソフトウェア構成と各機能

(b-4) 想定ユースケース

本システムを利用することで、物流工程の各所で以下のような効果を期待している。

① 配車担当

完全な荷姿データとパレタイズ計画を利用することで、以下の効果が想定される。

- ・車両選定の精度向上
- ・車両数計算の精度向上
- ・車両積載効率の向上

② 倉庫管理者

完全なケース荷姿データを利用することで、以下の効果が想定される。

- ・保管ロケ計画精度向上

- ・必要機材の選定、人員配置などの作業計画精度向上
- ・自動マテハン、ロボット効率化が可能
- ・検品効率の向上

③ 倉庫・荷役作業

完全な荷姿データとパレタイズ計画を利用することで、以下の効果が想定される。

- ・パレット単位なのかケースバラ単位なのか、ピッキング単位の明確化、効率化
- ・フォーク作業分と地上作業分を切り分けることでの作業者割当の最適化
- ・パレタイズ作業時間削減

④ ドライバー

パレタイズ計画とそれに基づいた出荷計画を利用することで、以下の効果が想定される。

- ・荷役時間の短縮による拠点待機時間の削減
- ・パレタイズ作業時間短縮（ドライバー作業の場合）
- ・出荷検品時間短縮

⑤ 出荷先

- ・入荷検品時間短縮

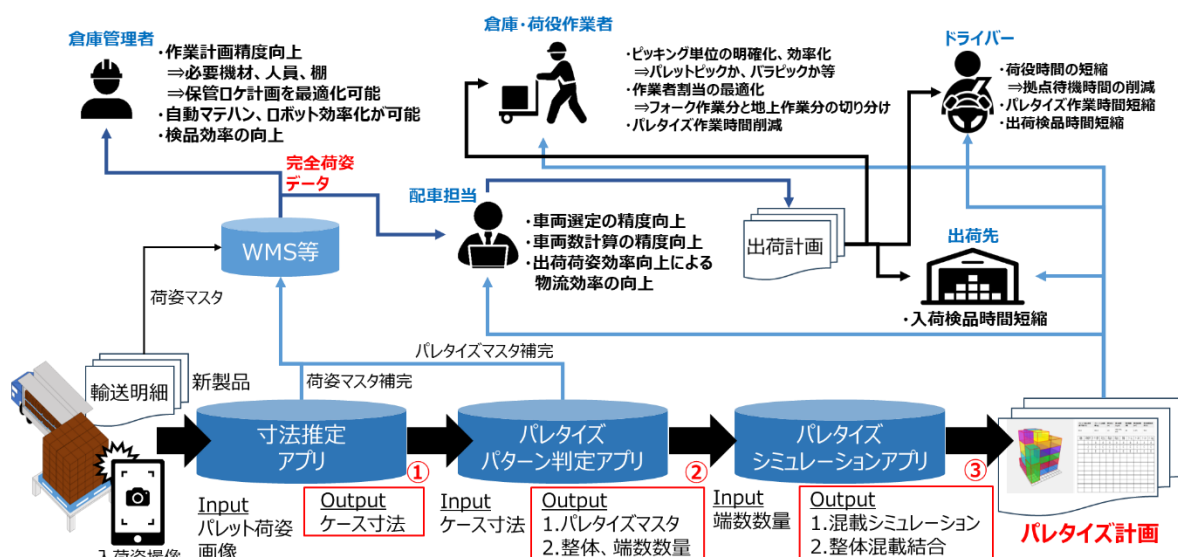


図 17 ユースケース図

(b-5) ソフトウェアデータフロー

それぞれの機能をデータフローで表現すると図 18 の様になり、寸法推定アプリケーションとパレタイズパターン判定アプリケーションでは、各明細のデータ空

白状況によって処理分岐を行い、すべての明細で荷姿情報の補完を行い、すべての明細においてパレタイズ計画を立案できるような構成としている。

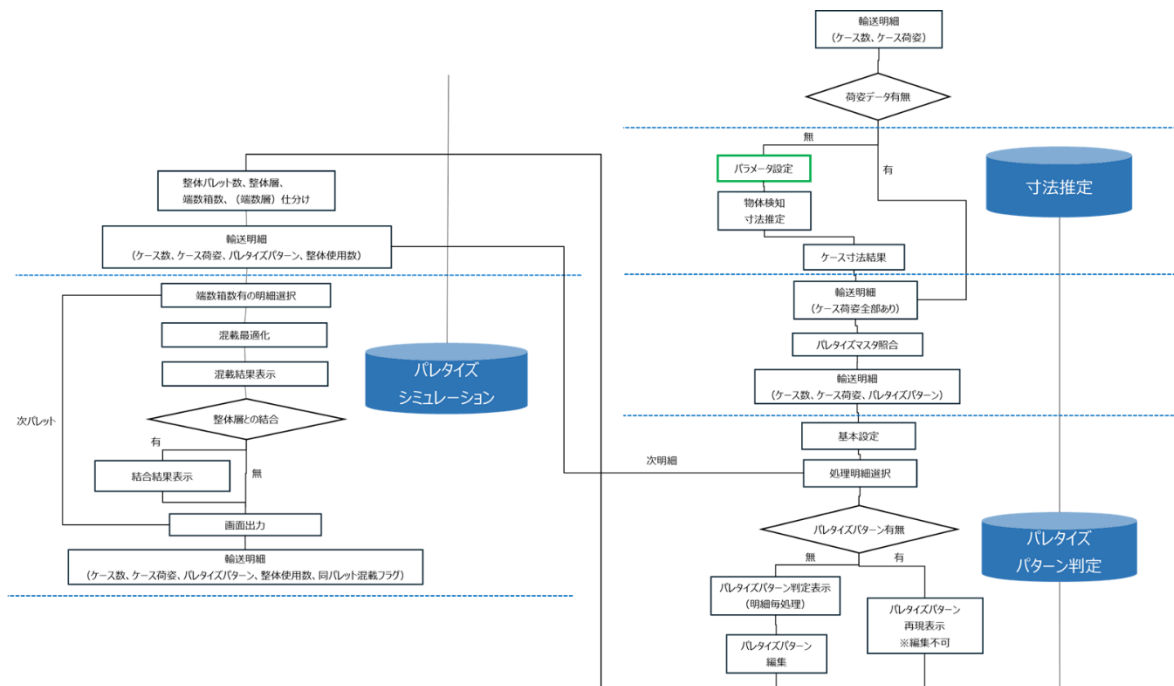


図 18 ソフトウェアデータフロー

(b-6) ソフトウェア詳細

① 荷姿寸法推定アプリケーション

このアプリケーションは、パレット上に段ボール箱が積載されたパレット荷姿の画像データをインプットとし、画像内の段ボール箱を物体検知 AI で特定、独自処理にて段ボール箱の実寸を推定し、長さ、幅、高さ（LWH）のケース荷姿寸法値をアウトプットするアプリケーションである。

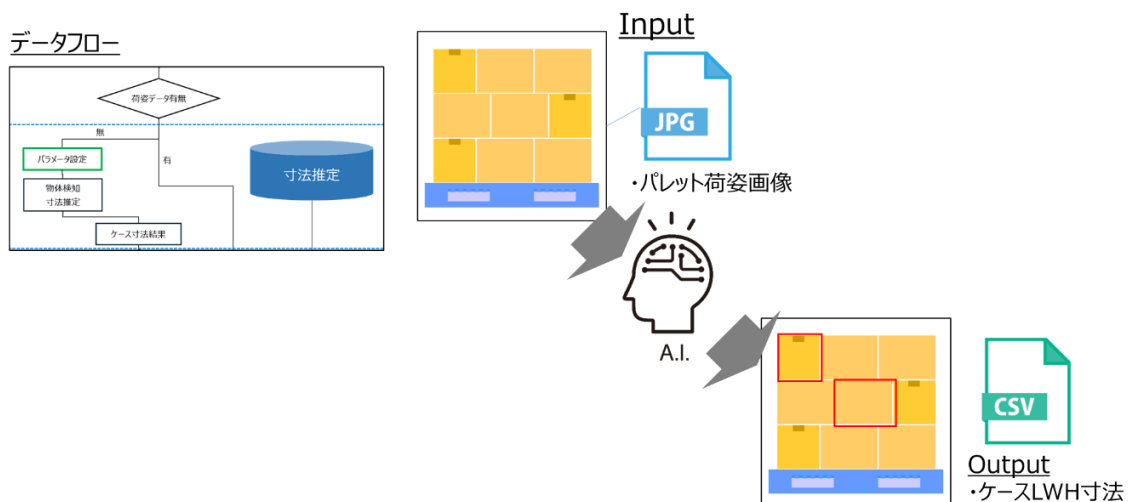


図 19 荷姿寸法推定アプリケーション

② パレタイズパターン判定アプリケーション

このアプリケーションは、輸送明細と荷姿寸法推定アプリケーションで補完したケース荷姿データから生成した専用フォーマットの CSV データをアプリケーションにインプットし、輸送明細（SKU）毎のデータに対し、箱寸法から自動演算したパレタイズパターン候補から適したものを選択、かつ輸送明細内の扱い数量から SKU 単載で取り扱う数量（全体パレット数、全体層数）を決定することで端数数量を算出し、データアウトプットを行う。データ内にパレタイズパターンがないデータのパターン付与ができるほか、既存でパターンデータを保持しているデータのパターン編集を行うことができるため、荷物マスタデータのメンテナンスとしても利用可能である。

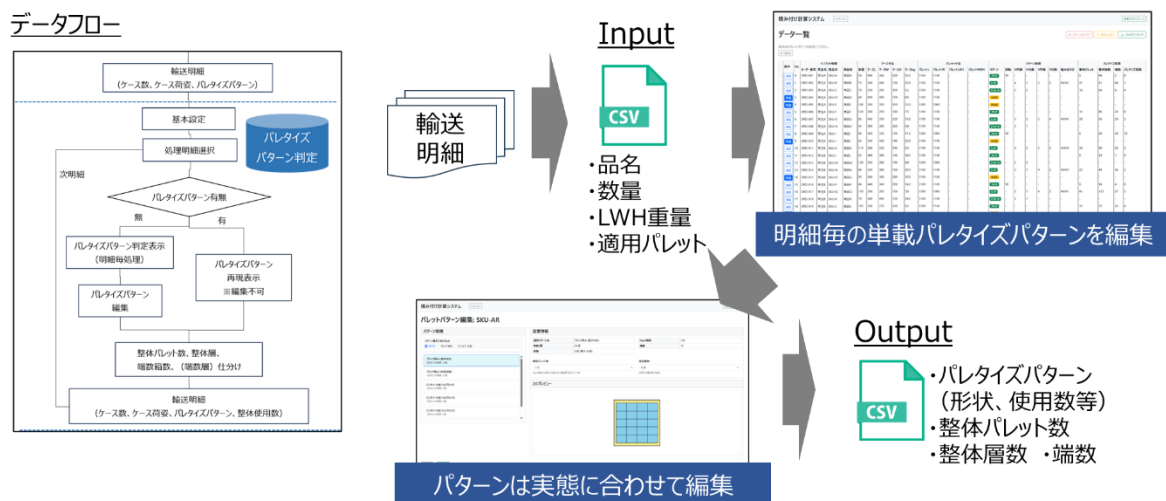


図 20 パレタイズパターン判定アプリケーション

③ パレタイズシミュレーションアプリケーション

このアプリケーションでは、パレタイズパターン判定アプリケーションで各明細のパレタイズパターンと全体パレット数、全体層数、端数を付加したアウトプットデータをインプットとし、シミュレーションを行う明細を任意に選択、選択された明細の端数数量を 1 つのパレットに混載する際の最適積載配置を自動演算しパレタイズ結果を 3D 表示する。画面ではパレタイズ 3D と配置明細同時に表示し、明細を選択するとどの位置に配置されているか、一目で視認できる仕様としている。

演算実行するパレットサイズ、生成荷姿の高さ・重量の上限値を基本設定で行うことができる仕様としており、オペレーション上で扱えない大きさの混載荷姿の発生を防止することができる。また、この設定を使うことで、生成する混載荷姿を標準化することも可能である。

生成した混載パレタイズは、他の明細の全体層を結合することが可能で、荷姿の下部を SKU 単載層で安定利用し、上部を混載パレタイズとして構成す

るパレット荷姿を計画することもできる。

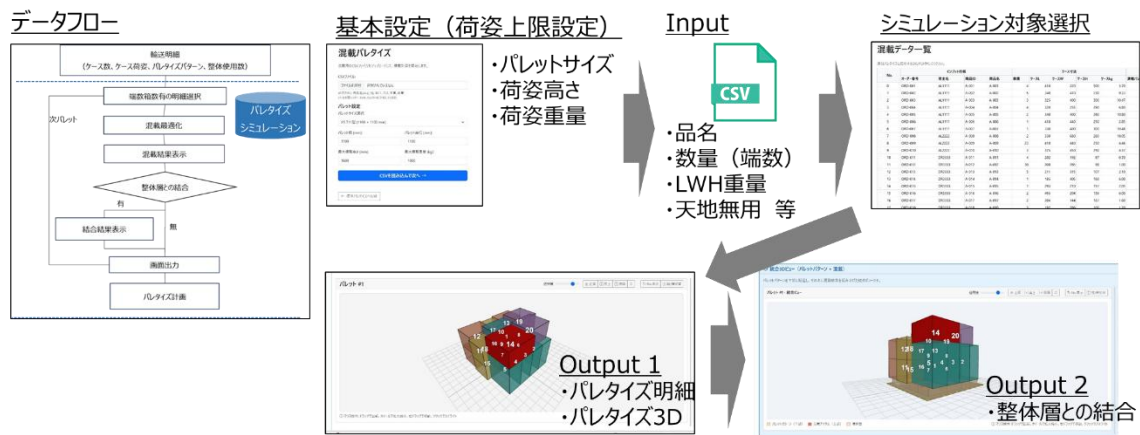


図 21 パレタイズシミュレーションアプリケーション

(b-7) ソフトウェア精度

① 荷姿寸法推定アプリケーション

インプットしたパレット荷姿画像から、段ボール箱を検出できる確率は 99.4%、検出した段ボール箱の寸法推定誤差（実寸との差）は±11.7mm であった。この数値は実用に支障のない程度の精度であると考えている。

精度結果

箱検出率	サイズ推定誤差[mm]
99.4%	11.7



図 22 荷姿寸法推定アプリケーション精度

② パレタイズパターン判定アプリケーション

本アプリケーションの精度としては、現状の物流のユースケースにおいて、オペレーション成立性を担保しているか（構成のロバスト性）について言及する。現状の物流では単純に最も効率的な配置となるパレタイズパターンを選択する他に、荷主の取り扱い製品の特長によって、最も効率的なパターンとは別のパターンを選択する場合がある。本アプリケーションはインプットしたケース荷姿に対し、考慮し得るあらゆるパターンを示すことで、どのような考え方においてもオペレーションが成立するような仕様としている。パターン考慮事例とそれに対するアプリケーション仕様を以下に示す。

【パターン考慮事例】

a) 軽量品荷主

考え方：容積を使い切る考えが主のため、パレットからオーバーハングを要したパターンを採用する。

アプリ仕様：インターフェース項目にパレットオーバーハング許容代を追加し、オーバーハングさせた場合のパターン演算も出力

b) 重量品荷主

考え方：ラック庫内の容積使い切りはできないため、最も効率的な数量ではなく、輸送品質が高くなるパターンを採用する（敢えて1段当たりの数量を少なくし、安定したパターンを選択する）

アプリ仕様：数量最大化配置とならなくとも、レンガ積み、ピンホール積み
の品質重視パターンの場合の演算も出力

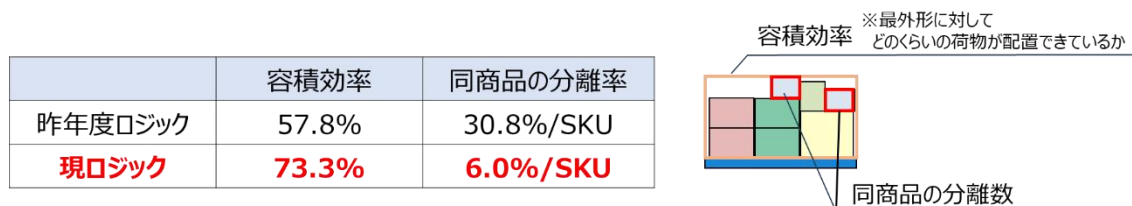
③ パレタイズシミュレーションアプリケーション

ある輸送事業者の実輸送データを利用し、パレット内混載が発生した明細データを抽出、パレタイズシミュレーションアプリケーションへ適用。結果をパレタイズ実績と以下2項目で比較を行った。

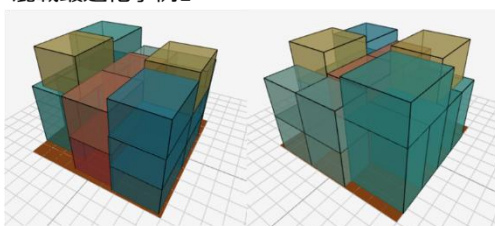
容積効率：パレタイズの最上部とパレット外形で定義される容積内にどのくらいの荷物が配置されているか

同商品の分離率：同じ商品が複数あった場合、その荷物がどのくらいまとまって配置されているか

実証結果、容積効率は73.3%、同商品の分離率は6.0%となり、人が混載パレタイズする際に匹敵する水準となった。



混載最適化事例1



混載最適化事例2

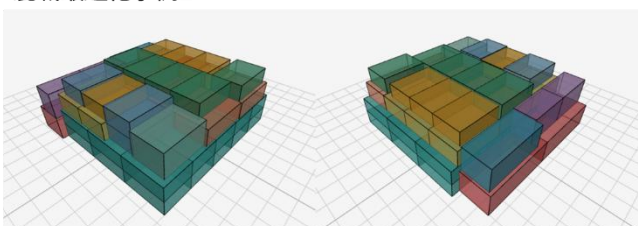


図 23 パレタイズシミュレーションアプリケーション精度

(b-8) ソフトウェア効果

本ソフトウェアを使用することでの効果を以下3つの観点で試算を行った。

① 物流効率への効果

前章で検証したパレタイズ効率を実際の現場効率に適用して、その物流全体がどの程度の効率化がなされるか検証した。従来は某OA用品輸送の現場において、容積効率が62%のパレタイズであったのに対し、本ソフトウェアを使用することで73.3%に向上した場合、荷室当たりの複合積載率は約6%の向上、配車台数は約13%減少させることができる結果となった。

② パレタイズ作業時間の削減効果

以下前提条件にて、パレタイズを行う作業時間がどのくらい効率化されるか試算したところ、大型トラック一台分の輸送当たりで24分の作業時間削減が見込まれる結果となった。

前提

パレット当たり箱数：30箱

トラック一台当たりパレット数：16PL

項目	作業動作	位置思考	作業時間/箱	作業時間/パレット	作業時間/台
従来	7秒	3秒	10秒	5分	80分
システム使用	7秒	0秒	7秒	3.5分	56分

作業削減効果：▲24[分/台]

図 24 パレタイズ作業時間の削減効果

③ 荷姿標準化に伴う物流効率

テーマaでも試算を行った荷姿標準化について、6.③の項目内で記述した通り、本システムで混載荷姿を標準化した場合、どのくらい輸送効率化に寄与するかについても以下2条件で試算した。

- ・パレタイズ計画システム（従来荷姿のまま）に置き換えた場合
- ・荷姿標準仕様+パレタイズ計画システム+デッキラック輸送(DR)に置き換えた

場合



図 25 デッキラック輸送

出典：http://sekisaikouritsu.com/strongpoint/oritatamiwdekki/

大型トラックと中型トラックの場合で試算を行った結果、デッキラック輸送の場合で、大型で 44%、中型で 24%の容積積載率向上が見込まれる結果となった。

				※1 某OA用品輸送のパレタイズ容積効率					※2 容積積載率		寸法単位[mm]	
車格	荷室L	荷室W	荷室H	実施内容	パレットL	パレットW	パレットH	パレタイズ容積効率	パレット数	容積[m]	才数	積載率
大型	9500	2400	2450	従来	1100	1100	1850	62.0%	16	22.2	798.3	100%
				パレタイズ計画システム化	1100	1100	1850	73.3%	16	26.3	943.7	118%
				システム+標準化+デッキラック	1100	1100	1125	73.3%	32	31.9	1147.8	144%
車格	荷室L	荷室W	荷室H	実施内容	パレットL	パレットW	パレットH	パレタイズ容積効率	パレット数	容積[m]	才数	積載率
中型	6200	2400	2350	従来	1100	1100	1850	62.0%	10	13.9	498.9	100%
				パレタイズ計画システム化	1100	1100	1850	73.3%	10	16.4	589.8	118%
				システム+標準化+デッキラック	1100	1100	1075	73.3%	18	17.2	616.9	124%

図 26 荷姿標準化に伴う物流効率向上効果

(b-9) 社会実装と普及

① 社会実装実施状況

本ソフトウェアについて、問い合わせいただいた企業が無償で利用開始できるオープン環境を構築済であると共に、現在、幹線における共同輸送等をテーマとしたコンソーシアム設立に向けて準備を進めており、コンソーシアム内では本件含むデジタルソリューションを検討する分科会設置を予定している。現在、コンソーシアム参画予定企業に対してソフトウェアの紹介を実施、複数社から問い合わせが寄せられており、2026年4月以降で実証利用の取り組みを開始予定する予定である。

② 普及フェーズ計画

今後上記実証に加え、オープン環境をから利用いただいた企業からの実データを基に短期的な機能改善を実施、図 27 のようなサイクルを回すことで普及フェーズへの移行を加速する計画である。

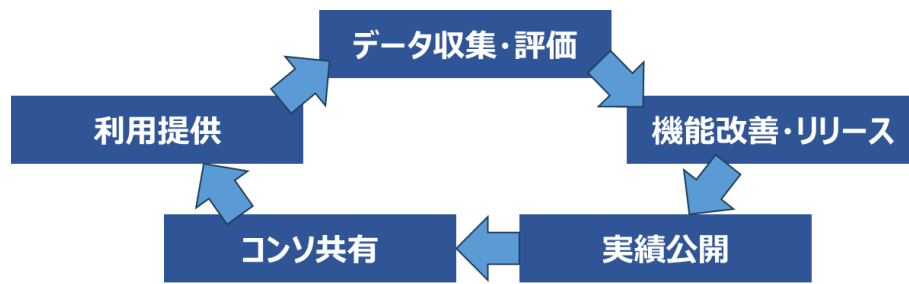


図 27 普及フェーズ推進イメージ

2. 研究発表・講演、文献、特許等の状況

(1) 研究発表・講演
なし

(2) 論文
なし

(3) 特許等（知財）
なし

(4) 受賞実績
なし

(5) 成果普及の努力（プレス発表等）
なし

契約管理番号：	24001405-0
---------	------------