

2024 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

2025 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： N E X T L o g i s t i c s J a p a n 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	5
1.2.2 研究開発の全体概要	
1.2.3 実施体制	6
1.2.4 目標設定	
1.2.5 工程表	7
1.2.6 成果と進捗状況	
(a)	8
(b)	10
2. 研究発表・講演、文献、特許等の状況	19
(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

今年度は、以下の来年度の取り組み方針の策定を行った。

NEXT Logistics Japan がパートナーと共に、2019 年からダブル連結トラックを幹線輸送に活用した物流情報の実データを活用し、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、効率的なモデルを策定・選定し、課題を抽出し、対策を立案する。

まずは、発地から着地までの運行モデルについてパラメーターを振って複数策定する。運行モデル策定の検討パラメーターは、車両形態と荷役の有無、荷役方法とし、効率、経済性、環境性の評価を行い、最適な運行モデルを選定する。

次に、選定した運行モデルに対しての企画値と実態を、実運行のデータを使ってシミュレーションを行い、そこから課題を抽出するとともに、対策を立案する。

##### 2) テーマ(b) 荷姿情報のデジタル変換ソフトの開発

パレタイズ計画システムを実際の物流工程に当てはめて考えた時、1. 荷姿取得、2. 前処理、3. パレタイズシミュレーション、4. 作業指示、5. 検査の機能要素を持ったシステムとして構築する必要があると考えた。今年度は1~3のコア機能について、それぞれ単独での機能実証を行い、翌年度以降に開発を進めるための、課題抽出を実施した。実証成果として、1. に関しては、入荷画像から 80%以上の精度での荷物の検出、10mm 程度の誤差での寸法推定、2. と 3. に関しては、今後開発する上で業態や荷物種別を考慮して、ロジックを構成する必要性と主要追加要素の目途付けを完了した。

#### (2) 英文要約

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

This fiscal year, the following initiative guidelines were formulated for next year.

NEXT Logistics Japan, together with its partners, will use actual logistics data from 2019, when double-articulated trucks have been used for streamline long distance transport by trucks, to conduct simulations for each model case of joint transport, to present the level of effectiveness, develop and select efficient models, identify

issues, and propose countermeasures.

First, multiple operation models from departure to destination will be formulated by assigning parameters. The parameters to be considered for formulating the operation models will be the vehicle type, the presence or absence of cargo handling, and the cargo handling method, and the optimal operation model will be selected after evaluating efficiency, economy, and environmental friendliness. Next, a simulation will be conducted using actual operation data to compare planned values and actual conditions for the selected operation model, from which issues will be extracted and countermeasures will be proposed.

## **2) Theme(b) development of software for converting logistics information into digital.**

When considering applying the palletizing planning system to an actual logistics process, it was deemed necessary to build a system with the following functional elements: 1. Obtaining packaging information, 2. Pretreatment, 3. Palletizing simulation, 4. Work instructions, and 5. Inspection. This fiscal year, core functions 1 to 3 were verified individually, and issues were identified for the purpose of advancing development from next fiscal year onwards. The results of the verification were that, for 1, parcels could be detected with an accuracy of over 80% from photos of the state of incoming to warehouse, and dimensions could be estimated with an error of around 10 mm, and, for 2 and 3, the need to configure logic taking into account the business format and type of parcel for future development and the outlook for major additional elements was completed.

## 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

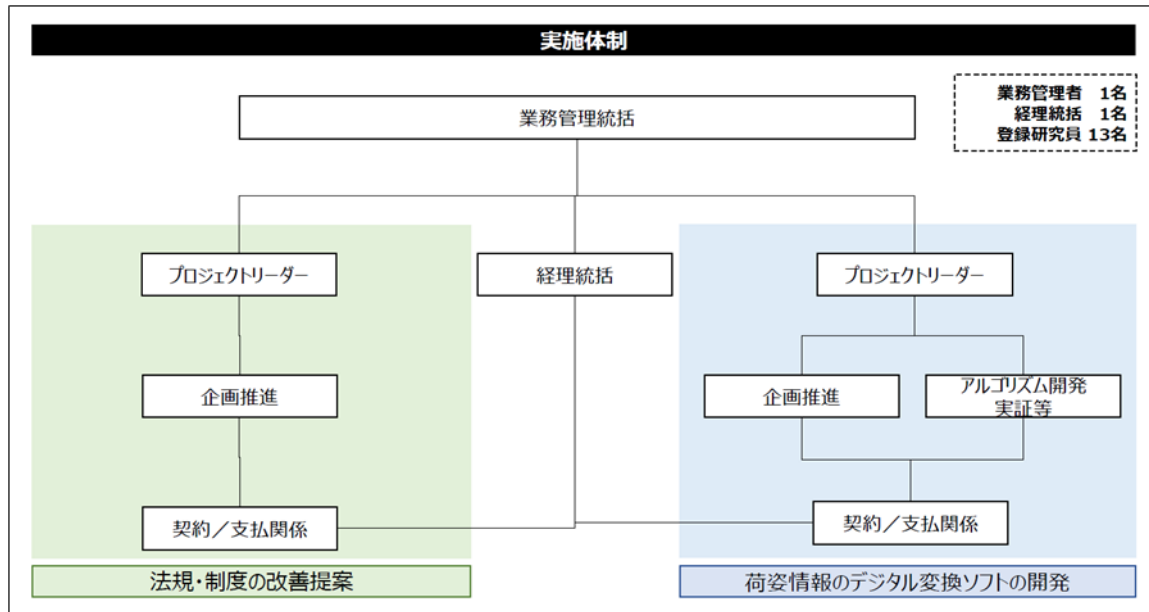


図 1 実施体制表

### 1.2.4 目標設定

#### (a) 法規・制度の改善提案

2024 年度は、来年度取り組み方針を決める。

2025 年度には、まず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を行う。次に効率的な将来モデルと現状とを比較し、何が障害になっているのか、何をすればよいのかの課題出しを行う。

#### (b) 荷姿情報のデジタル変換ソフトの開発

2024 年度の目標：

混載パレタイズの現場確認、混載パレタイズの特徴、要件の洗い出し  
1～2 社にて出荷データから混載パレタイズ必要データの自動切り分けと仮実装アルゴリズムでのパレタイズシミュレーション実施、実パレタイズとの比較を行い、課題の抽出と本実装アルゴリズムに必要な技術検証を行う。

2025 年度の目標：

3～5 社の実証、前年度の課題抽出内容を反映したパレタイズシミュレーションアルゴリズムの構築、ユーザー利用できるアプリケーションとしての実装、実際の物流オペレーションへの試用と課題抽出を行う。

### 1.2.5 工程表

(a)

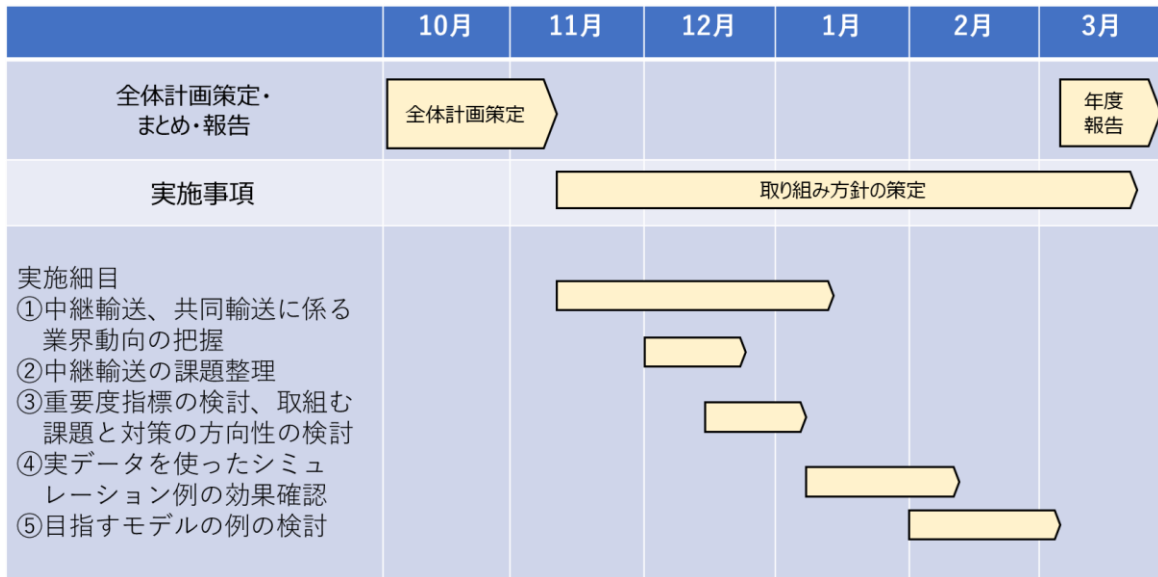


図2 テーマ(a)工程表

(b)

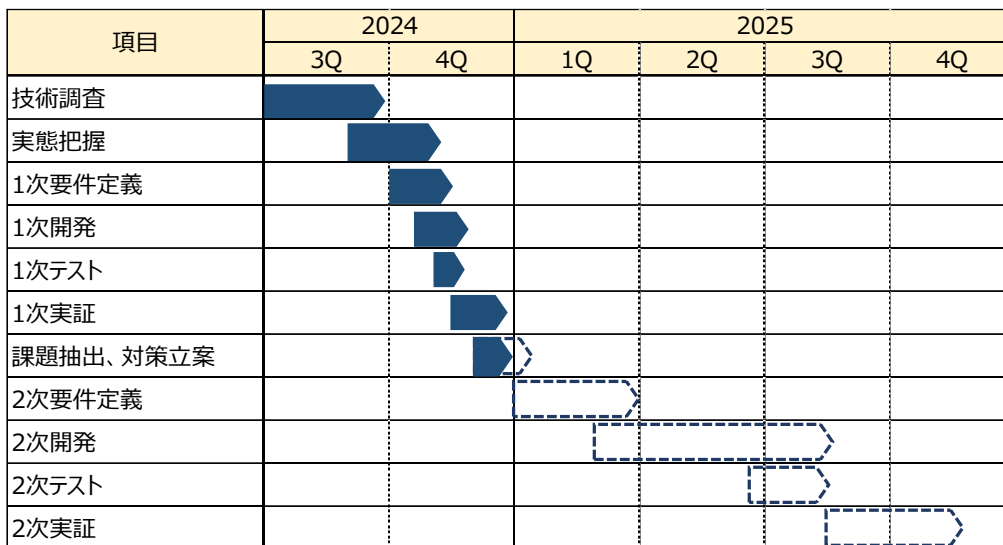


図3 テーマ(b)工程表

## 1.2.6 成果と進捗状況

### (a) 法規・制度の改善提案

#### 1) 背景

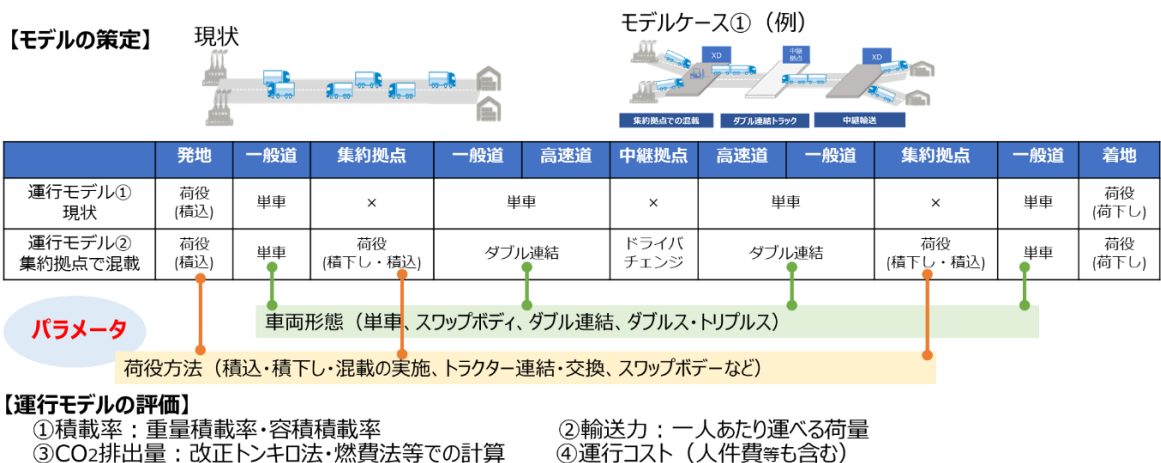
物流は国民生活や経済を支えるインフラであり持続性が重要であるが、労働時間等の改善基準告示改正も加わり、ドライバー不足など様々な課題により何も対策を講じなければ、2024年度には14%、2030年度には34%の輸送力不足が生じるといわれていることから、積載率を向上させて生産性を上げることが急務である。

物流の効率化については重要課題として永年数々の政策が打たれており、10年以上前から物流の効率化のためには、多様な関係者との連携・協力を進めて、共同物流を進めるべきと叫ばれてきているが、なかなか拡大してきていない現状にある。

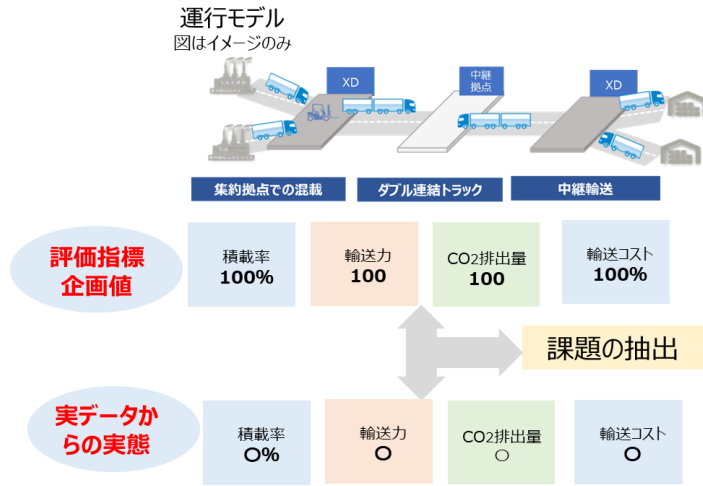
#### 2) 取り組み方針

NEXT Logistics Japan がパートナーと共に、2019年からダブル連結トラックを幹線輸送に活用した物流情報の実データを活用し、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、効率的なモデルを策定・選定し、課題を抽出し、対策を立案する。

まずは、発地から着地までの運行モデルについてパラメーターを振って複数策定する。運行モデル策定の検討パラメーターは、車両形態（単車、スワップボディ、ダブル連結、ダブルス・トリプルス）と荷役方法（積み込み、積み降ろし、混載の実施）、荷役無し（トラクター連結・交換、スワップボディ、等）とし、効率（積載率、輸送力）、経済性（運行コスト）、環境性（CO2排出量）の評価を行い、最適な運行モデルを選定する。



次に、選定した運行モデルに対しての企画値と実態を、再現性を考慮しながら実運行のデータを使ってシミュレーションを行い、そこから課題を抽出するとともに、対策を立案する。



## (b) 荷姿情報のデジタル変換ソフトの開発

### 1) パレタイズ計画システム構成

パレタイズ計画システムを検討した結果、パレタイズの最適化シミュレーションを行うだけではなく、下記の機能を有する総合的なシステムとして構成する必要がある。

- ・ 荷姿取得

ケース荷姿情報の無い荷物の場合に、荷物の画像情報等からケース荷姿情報を推定、補完する

- ・ 前処理

パレタイズ計画を実施する対象データの前処理を行い、どの荷物をパレタイズシミュレーションにかける必要があるかの切り分けを行う

- ・ パレタイズシミュレーション

パレット毎にどの荷物をどこに置いてパレタイズを行うのかをシミュレーションする

- ・ 作業指示

どの荷物をどのパレットのどの位置に配置するかを指示する

- ・ 作業検査

作業指示の内容に対し、作業者が実施した結果が同じかどうかを判定し、記録、物流トレーサビリティを残す

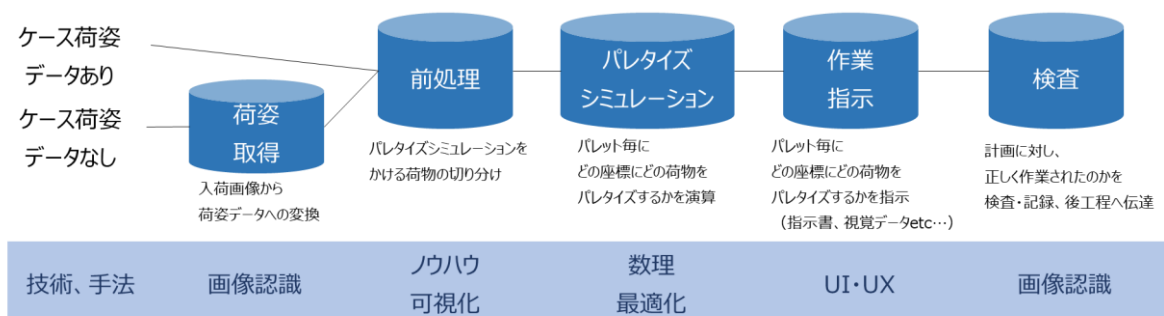


図5 パレタイズ計画システムの構成案

### 2) 実輸送データからのシステム構成の妥当性

図6に、ある輸送事業者の月別商品種類の累計推移を示す。この輸送業者は元々荷主からの荷姿データの連携はなく、推移で分かる様に、時系列を追うごとに種類数が増加している。こういった輸送業者にパレタイズ計画システムを利用してもらう場合、一度商品マスタを作成しても頻繁にメンテナンスをする必要があることから、荷姿データを都度補完する必要がある。そのため、前

項で示したような画像認識による荷姿取得の機能を持ち、商品を入荷状態で撮像することで、継続的にシステムを利用できるようにすることが必要である。

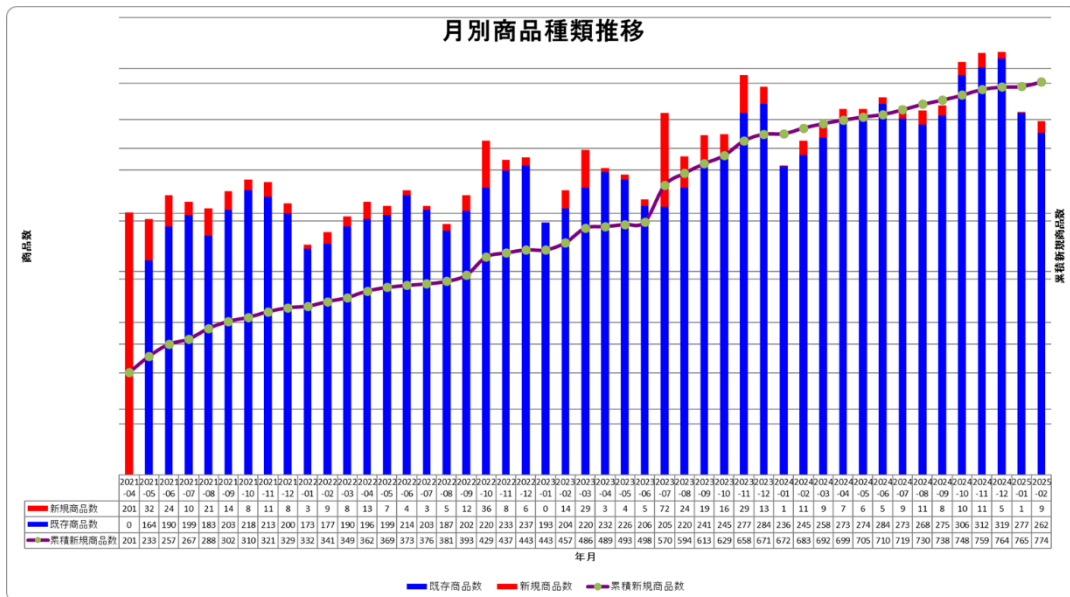


図6 ある輸送事業者の月別商品種類の累計推移

## 2) パレタイズ計画システムデータフローと24年度実施内容

それぞれの機能をデータフローで表現すると図7の様になり、24年度は各機能において下記の様な単独の技術実証を行う

荷姿取得：

物流現場での荷姿の撮像データより、ケース荷姿寸法推定を行い実際のケース荷姿との比較検証、実オペレーション上の課題抽出を行う

前処理：

ケース荷姿寸法より適切なパレタイズパターン判定を行うアルゴリズムを作成、検証する

パレタイズシミュレーション：

与えられた複数のケース荷姿、数量データより、混載パレタイズシミュレーションを行い、実際のパレタイズ実績、品質要件との比較検証、課題抽出を行う

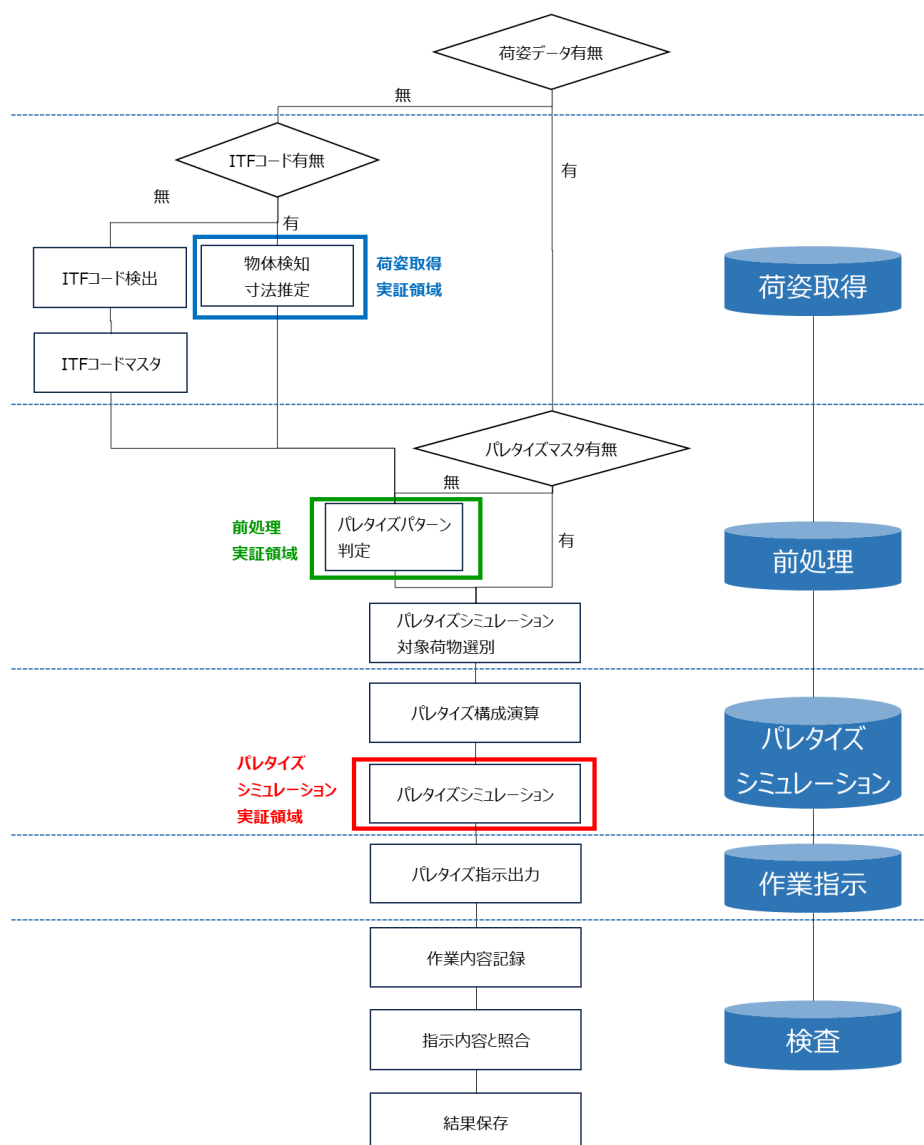


図7 パレタイズシミュレーションデータフロー案

### 3) 荷姿取得の実証内容と結果

#### 1. ケース荷姿寸法推定方法

今回の実証では、デバイスはステレオカメラタイプの深度カメラを用いて、2つの種類のデータを取得し、それぞれを組み合わせることで、パレット上のケース荷姿の寸法推定を実施した。

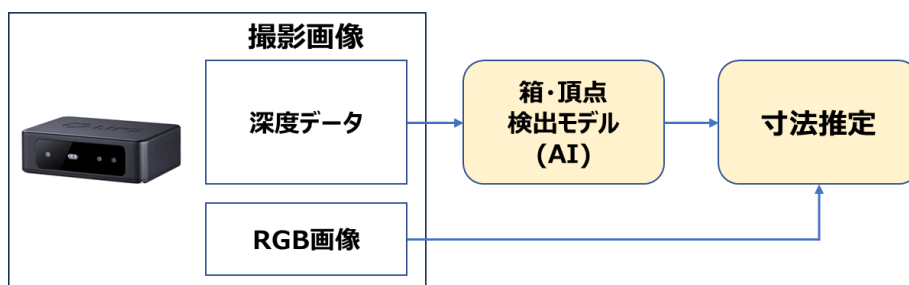
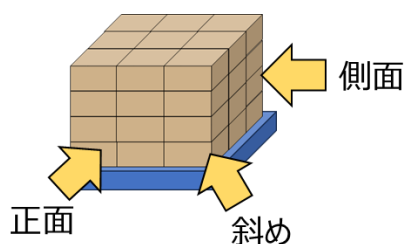


図8 荷姿取得構成図

## 2. 実証内容

ある食品系輸送事業者において、メーカーから卸もしくは店舗に輸送する、地場輸送の工程の荷物で実証を行った。メーカーから中間倉庫に入荷した状態のパレット荷物を撮像することで各ケース荷姿の寸法推定を行った。撮像は正面、側面、斜めからの3方向で行い、①正面/側面、②斜めに分けて、精度比較を行った。ここで上記の様に分けたのは、ケース寸法の縦、横、高さすべてを推定する際、正面/側面は2方向を合わせることで推定を行うことができ、斜めは1方向で推定を行うことができるため、それぞれを分けて比較することとした。



- ①正面/側面：両面を使用しパレット全体の箱を推定
- ②斜め：1枚でパレット全体を推定

図9 撮像3方向と寸法推定の関係

## 3. 実証結果

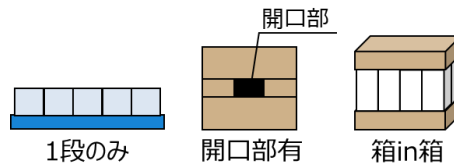
実証結果は下表の様になった。精度はパレット上のすべての箱に対する、箱検出率とそれぞれの箱の推定寸法の誤差の2つで評価を行った。また、ケースの特徴毎に内訳を分類して結果を表示している。全体の結果は箱検出率 60.8%、推定寸法誤差 21.9mm であるものの、特殊な条件を除いた全体の結果は箱検出率 81.6%、推定寸法誤差 12.0mm となった。また、正面/側面と斜めを比較すると、斜めの方が明らかに精度が低いという結果となった。精度の低下要因としては、ストレッチフィルムによるハレーション等の画像視認性の低下、学習パターン外の箱種に対する精度不足が主であった。

表1 荷姿取得実証結果

項目	アングル	箱の色	ストレッチフィルム	特殊パターン	混載	精度	
						箱検出率	推定寸法平均誤差 [mm]
全体	全数					60.8%	21.9
	特殊パターン除く					81.6%	12.0
	全数 (正面/側面)					73.3%	14.3
	全数 (斜め)					42.6%	32.8
内訳	正面/側面	茶	あり	開口部有		82.5%	12.3
		茶	なし	開口部有		100.0%	7.7
		白	あり			100.0%	13.5
		白	なし		○	86.8%	15.2
		茶	あり		○	38.5%	11.2
		茶	なし	1段のみ/箱in箱		56.3%	37.7
		以外	なし	1段のみ/箱in箱		0.0%	-
	斜め	茶	あり	開口部有		37.1%	32.4
		茶	なし	開口部有		76.5%	30.3
		白	あり			60.4%	33.8
		白	なし		○	48.4%	42.4
		茶	あり		○	16.7%	22.0
		茶	なし	1段のみ/箱in箱		37.5%	35.7
		以外	なし	1段のみ/箱in箱		0.0%	-

箱検出率  
= 検出できた箱の数 / パレット上の箱の総数

サイズ誤差平均  
= 箱が検出されたもののなかで  
LWHの推定誤差の絶対値の平均



推定寸法誤差（絶対値ではなく単純誤差）を、撮影アングル・ビニール有無・箱の色ごとに可視化すると、全体的に誤差は上振れで発生しており、斜め撮影は誤差のばらつきが大きくなっていることが分かる。

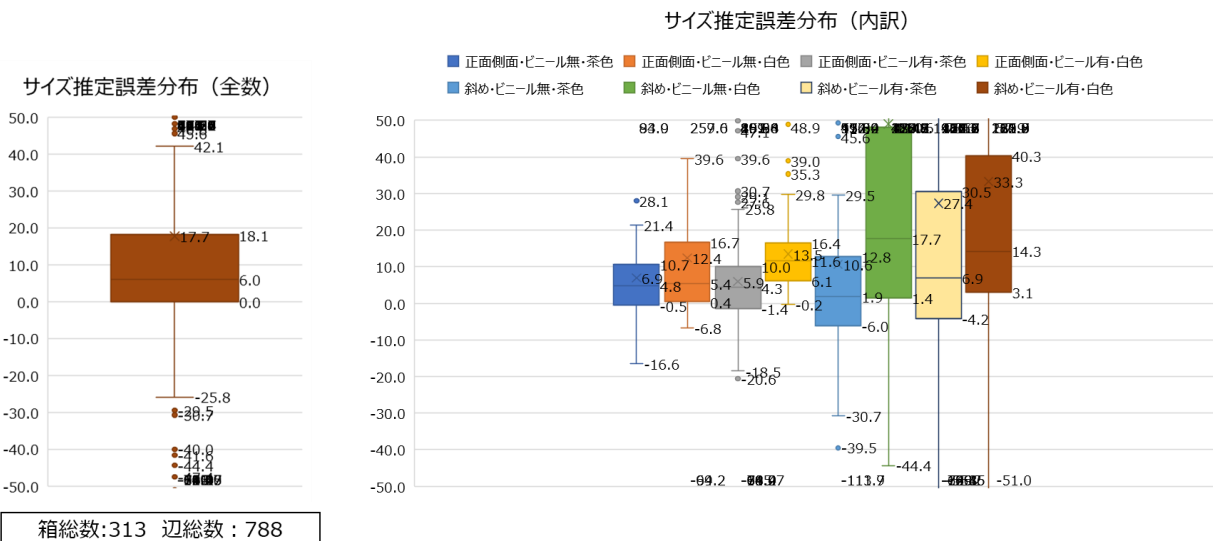


図10 推定寸法誤差分布

また、同一荷物で推定寸法誤差と寸法（深度）の相関を見てみると、相関は見られなかった。

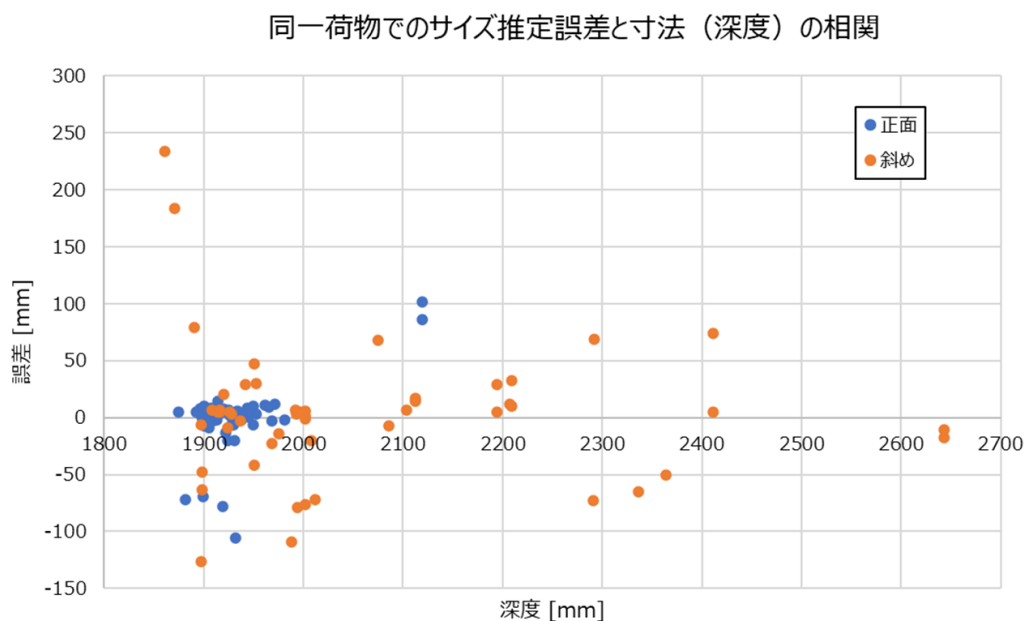


図 11 同一荷物での推定寸法誤差と寸法（深度）の相関

#### 4. 抽出課題

精度に影響する要因をまとめると以下のようなになる。

表 2 荷姿取得精度課題

項目	要因					個別の特殊要因	
	箱の色	ストレッチフィルム	箱の外装	撮影アングル	焦点距離	1段のみ	箱in箱
箱検出	- 大きく影響なし	<b>小</b> 反射光や視認性が低下する場合、影響あり	<b>大</b> 未学習の箱（開口部等）に対して辺の検出精度が低下	<b>大</b> ・斜め撮影では精度低下 ・見切れも誤検出要因	- 1.5~3m範囲内では大きな影響はなし	<b>大</b> 奥側の箱の検出精度低下	<b>大</b> 現状検出不可
サイズ推定	- 大きく影響なし	<b>小</b> 反射光や視認性が低下する場合、影響あり	<b>大</b> 未学習の箱（開口部等）に対して辺の検出精度が低下	<b>大</b> ・斜め撮影では精度低下 ・見切れも誤検出要因	- 1.5~3m範囲内では大きな影響はなし	<b>大</b> 辺の検出精度低下	箱未検出のため未検証

#### 4) 前処理の実証内容と結果

##### 1. 実証内容

食品、日雑品を中心に6つのメーカーのパレタイズマスタ（ケース荷姿情報と単一商品でのパレタイズ時の段当たり数量、段数をデータ化したもの）から、

ケース荷姿情報を抜粋、開発中のパレタイズパターン判定ロジックに適用、パレタイズマスタを生成し、段当たり数量が元のパレタイズマスタと一致するかどうかを検証した。

## 2. 実証結果

数量の一致度は10%未満であった。

## 3. 抽出課題

低い一致度となった要因としては、以下があると考えられ、それぞれを翌年度以降で対応する必要がある。

- ・特殊パターンへの対応（スプリット、ダブルピンホール等）  
現状のロジックでは業界独自の積載パターンへの対応が不足しているため、数量が一致しないケースが多くなった
- ・荷物の傾向を踏まえたパターンの考え方の導入  
各メーカーでパレタイズマスタを設定する際にそれぞれの荷物の特性からと輸送に最適なパターンを考慮しており、以下の様な考え方が存在する。

軽量品：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許容したパターンを採用する

重量品：ト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）

## 5) パレタイズシミュレーションの実証内容と結果

### 1. 実証内容

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、開発中のパレタイズシミュレーションへ適用。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

同商品の分離数：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

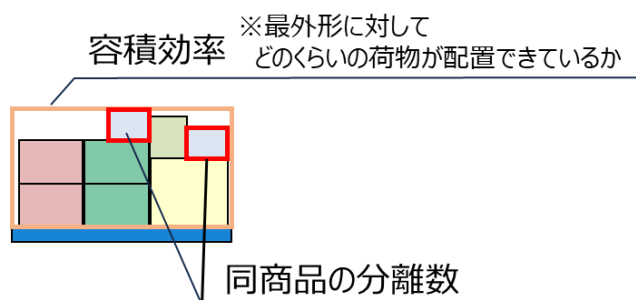


図 12 パレタイズシミュレーション実証評価項目

## 2. 実証結果

実証結果は以下となった。

表 3 パレタイズシミュレーション実証結果

	※パレット当たり	
	容積効率	同商品の分離数
3Dシミュレーション	49.8%	2.0
実績	57.8%	0.0

実際のパレタイズとシミュレーションの比較事例は下図に示す。

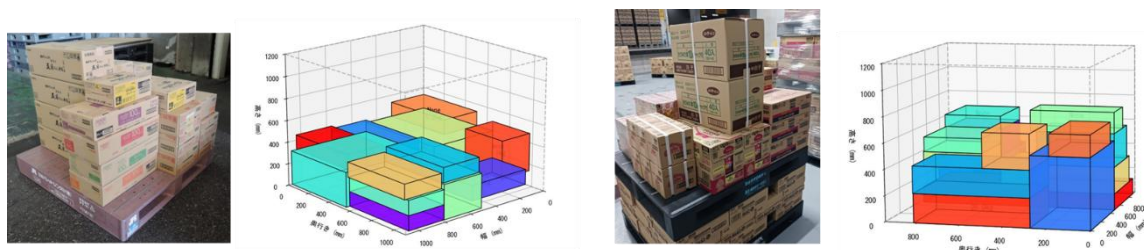


図 13 パレタイズシミュレーション結果とパレタイズ実績の比較事例

## 3. 抽出課題

混載パレタイズを考えていくうえで①効率性、②オペレーション成立性、③輸送品質の 3 点においてそれぞれ以下の課題を翌年度以降で対応する必要がある。

### ① 効率性

同じ高さで配置された複数の箱の上面を一つの面として使用して演算対応をする必要

### ② オペレーション成立性

同じ商品のまとまりを考慮してシミュレーションする必要性

⇒商品特性によって、まとめ方にも傾向があることを考慮する必要がある

### ③ 輸送品質

個別の段積に対しては安定性の考慮はできるものの、パレタイズ全体での安定性の評価ロジックが必要

⇒最終的にストレッチフィルムで巻くことを考慮した安定性評価が必要

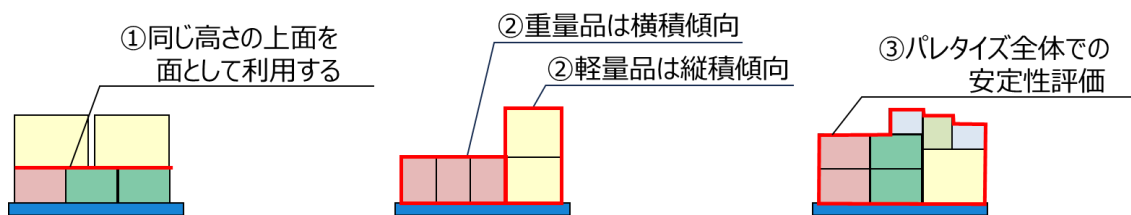


図 14 混載パレタイズ検討項目

## 6) 実証結果を受けた各機能の課題

各機能において実証結果から、技術課題と運用課題を以下の様にまとめた。

### 1. 荷姿取得

技術課題：パレット撮像から寸法推定は可能であるものの、実際の荷姿データの N 増しを行い、精度向上が必要

運用課題：商品マスタとの突合方法、実工程での撮像方法の検討が必要

### 2. 前処理

技術課題：パレタイズパターン判定の精度向上が必要

運用課題：メーカーによってパレタイズに対しての考え方が異なるため、演算の前提条件を選択して実行できるような UI の開発

### 3. パレタイズシミュレーション

技術課題：効率性、オペレーション成立性、輸送品質をバランスよく満たした結果を導くため、

1.パレタイズ評価指標の確立

2.評価指標を収束させる演算方法の開発

を進めることが必要

運用課題：シミュレーション結果を作業指示に落とし込む UI の開発

## 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
---------	------------