

# 手荷物業務に係る 生産性向上方策(案)

航空局 航空ネットワーク部  
空港技術課

令和6年10月24日



# 今回ご議論いただきたい論点

- 前回までの検討会では、手荷物業務に関して、上流を含めた作業工程の見直しを行い、技術を導入することを前提とした作業工程の想定や、それに基づく生産性向上方策(素案)に関して、ご意見をいただきました。
- 今回の検討会では、現場で求められる性能と技術的に実現可能な性能のすり合わせや、実現が見込まれる時期の精査などを行ったうえで生産性向上方策(案)を示し、ご意見をいただく。

## 前回までの議論

- ・手荷物の積付／取降作業は、そのままロボットに置き換えることが困難であり、上流工程を含めて見直しを行い、ロボットフレンドリーな作業工程の構築が必要と考えられる。
- ・手荷物の追跡・搬送順の並替・積付の各技術に注目し、工程の見直しの方針を議論した。

## 今回の検討内容（ご議論いただきたい論点）

- ・上記方針を踏まえ、必要な処理性能や技術的な実現可能性等を検討をするため、ユーザー/メーカーの双方にヒアリングを実施した。
- ・その結果、中短期的には完全自動化が困難な見通しであることや、自動化に向けては既存の空港施設に改修が必要となることから、人間とロボットの協働についても検討することとした。



ユーザーヒアリング

- ・ロボットに求める処理能力



メーカーヒアリング

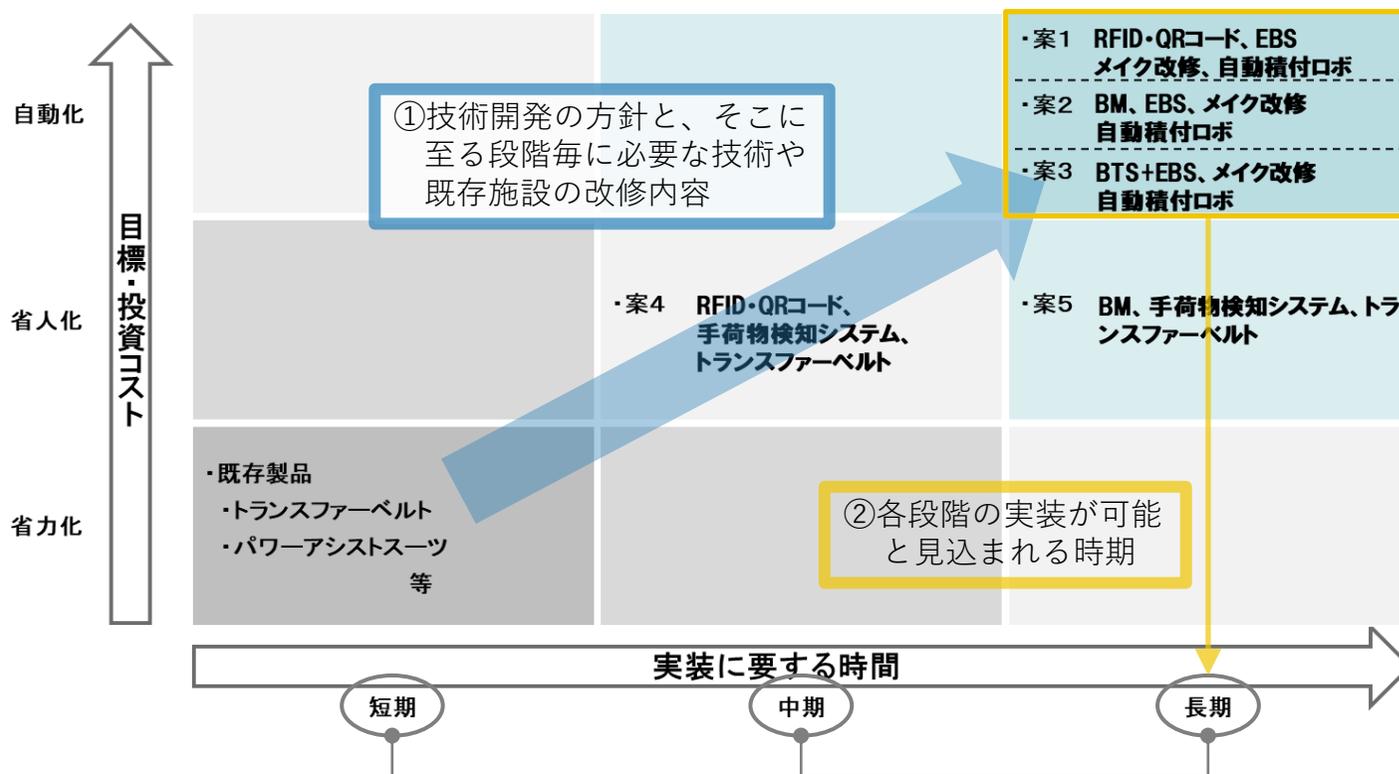
- ・現行の技術の開発状況
- ・将来的なロボットの開発の見通し

- ・これらを踏まえ、協働パターンごとに、処理能力やユーザーへの制約条件、開発を要する技術、などについて整理し、さらに、これに基づいて、生産性向上方策の精緻化を実施した。
- ・今回は、特に、協働パターンごとの留意点や必要性等について、ご議論をいただきたい。

# 生産性向上方策の狙いと効果

- 生産性向上方策は、技術開発の方針、そこに至る段階ごとに必要な技術や既存施設の改修内容、各段階の実装開始が可能になると見込まれる時期等を提示することで、時機を捉えた設備投資の促進を目指す。
- その趣旨に鑑み、今回は前回の素案から、今般の協働パターンの整理や、各技術の開発見込み時期のヒアリング結果を踏まえて、内容の具体化を行った。

## 例) 積付作業の生産性向上方策 (素案) (前回検討会資料より)



### 更新点①:

人間とロボットの協働について検討し、段階的な完全自動化に向けた技術の実装方法をパターンを反映。  
→将来の自動化にも資する、無駄のない段階的な投資が可能。

### 更新点②:

- メーカーへのヒアリングをもとに各技術の開発見込み時期を検討・記載。  
→各技術の開発見込み時期を示すことで、技術の実装を考慮に入れた施設の改修を検討することが可能。

# 今後精査が必要な要件(案)＜第2回検討会より再掲＞

## ① 手荷物の受託から積付のタイミング（現状把握）

受託が多い時間帯、受託手荷物を積付開始するタイミング、いつまでに積付ける必要があるか

## ② 積付ロボに求められる処理速度、性能

どの程度の処理速度が求められるか

積付ロボットのハンドの方式を決める要因の特定、ハンド方式の検討

## ③ 技術導入による現場への影響

①現場作業、②既存施設（カルーセル、ストレートベルトなど）、・・・

## ④ 積付ロボットが作業する上で必要な情報と伝達手段（現状把握）

自動化にあたって、現在、積付指示（使用するコンテナや積付ける手荷物の指定）に含まれる情報から、追加で必要な情報は何か

## ⑤ 対応可能な手荷物の形状等に条件を設けるか

積付ロボットが対応可能とする手荷物の形状・重さ等に制約を設けるか

## ⑥ 出発空港と到着空港の連携

実装技術による出発地側でのメリットを到着地側でも活用するためにはどうするか

その他の方策はないか

# 具体的に精査を行った内容

- 前回資料で提示した、「今後精査が必要な項目」を踏まえ、具体的に検討を行った内容は以下の通り。
- これらを踏まえ、生産性向上方策(案)の作成や、その他必要な整理を実施。

## 具体的な検討事項

分類	検討内容	結果（要約）	
①	手荷物の受託から積付のタイミング	各作業が開始する時間等に関して情報を整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人間とロボットの協働パターン</li> <li>・ 生産性向上方策(案)</li> </ul>
②	自動化に求められる処理能力	積付：200～250個/h ※自動化には既存施設の改修が必要 取降：170～200個/20m	
②,⑤	対応可能手荷物の条件	完全自動の段階においてはすべての手荷物、半自動化においてはハード手荷物の取扱が可能	
追加	実現が見込まれる時期	中短期的な完全自動化は困難な見通し	
②	ロボットアームの方式	アーム式、連続式それぞれの特長を整理	
④,⑥	追跡技術の必要性	BTSのみでの対応が可能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術開発に向けた要件の整理に関係</li> </ul>
④	ロボットの作業に必要な情報の検討	作業をする上で必要な情報の流れを精査	

## ヒアリング概要

### ○ヒアリング先

- ・ メーカー：株式会社ダイフク、株式会社豊田自動織機、三菱電機株式会社、株式会社Mujin
- ・ ユーザー：東京国際空港ターミナル株式会社、那覇空港ビルディング株式会社、成田国際空港株式会社、関西エアポート株式会社、一般社団法人空港グランドハンドリング協会、日本航空株式会社、全日本空輸株式会社

### ○実施時期：2024 9/14～9/27

(積付作業)  
必要な処理性能と人間とロボットの協働パターン整理  
生産性向上方策(案)

# 手荷物積付作業の自動化に向けた対応方法

- 一般的な積付の作業内容を分解すると、作業員は「担当便判断」、「積付順判断」、「積付作業」を同時並行に処理をしている。
- 積付を自動化する場合、メイク投下後に「担当便判断」、「積付順判断」を行わせることは困難であるため、作業工程の上流で個別搬送化(積付に最適な搬送順の整理)が必要となる。

## 作業工程



作業内容 (課題)	対応方法	活用技術
担当便判断 (仮置き作業)	個別搬送化	追跡技術：BTS
積付順判断		搬送中の順番の変更：EBS
積付作業	自動搭載化	積付ロボット

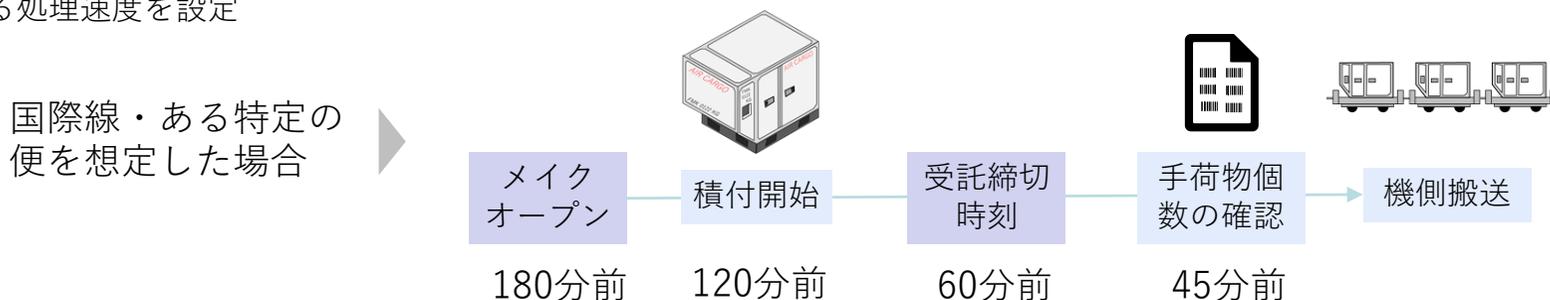
**BTS：バゲージトレーシステム**  
RFID搭載のトレー式追跡技術  
→EBSで順番入替を行うため設置が必要

# 積付ロボットに求められる処理速度・性能

- グラハン作業の現状とメーカーの技術動向を踏まえ、ロボットに求める処理能力を200~250個/時間に設定。
- また、受託手荷物のうち、大型手荷物については、BTSに乗らず、EBSによる順番入れ替えに対応できないため、自動積付の対象外とし、別途、人により対応することとする。

## ロボットに求められる処理速度の目標値：1時間あたり200~250個

グラハン作業の現状（人が作業する場合）は1時間あたり240~450個、メーカーの既存技術では145~250個であることを確認の上、ロボットに求められる処理速度を設定



## ロボット台数

現状（人が作業する場合）		
機材	手荷物総数(想定最大値)	人員数(人)
大型(777等)	440~500	3~4
小型(320等)	180~220	1~2

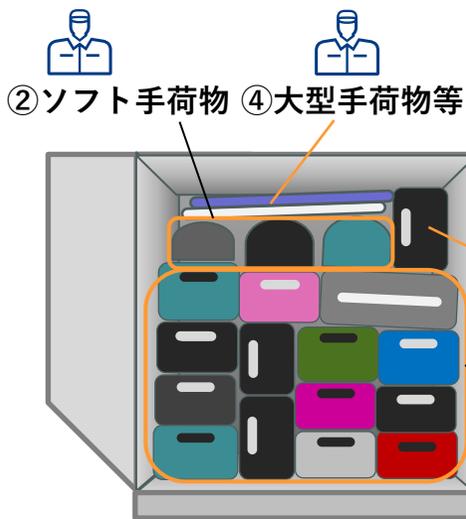
ロボットに置き換えた場合		
求められる処理個数	処理個数/台	メイク毎の必要台数
440~500	200~250	2
180~220	200~250	1

※人が作業する場合の最大処理速度は200~250個/30分程度。  
しかしこの時間内で必ずしも作業を完了させる必要はない。

## 手荷物の種類

手荷物種類	概要	対応
大型手荷物	サーフボード、ゴルフバッグなど	対象外
ハード	スーツケース等の固い素材のもの	積付アルゴリズム
特殊ハード	箱型以外の特殊な形状をしたハード手荷物	高機能積付アルゴリズム
ソフト	リュック・紙袋等の袋のもの	高機能積付アルゴリズム

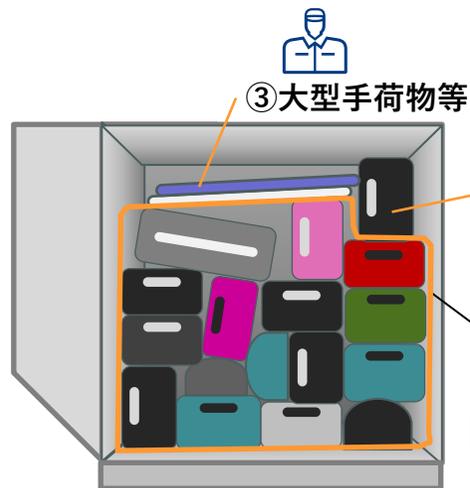
## A. 現状の運用



搬送されてきた手荷物を仮置きし、積付に最適な順に手荷物を積付  
 (ハード手荷物が下、ソフト手荷物・優先・乗継・大型手荷物等が上)

- ③優先・乗継手荷物
- ①ハード手荷物

## B. 半自動積付 (案6)



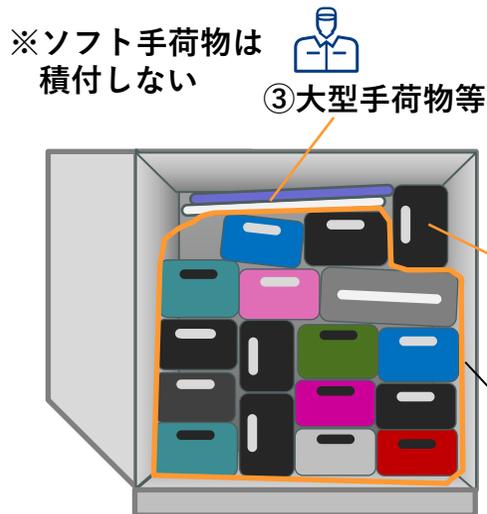
### 積付アルゴリズム不使用

受託した順に搬送された手荷物から積付

- ②優先・乗継手荷物
  - ①ハード手荷物+ソフト手荷物
- 充填率が低下し、1コンテナ当たりの手荷物積載量が減少

※①～④は積付順を示す。各案の説明は次頁を参照。

## C. 半自動積付 (案3)



EBSにより積付に最適な順に搬送されたハード手荷物をコンテナ満載まで積付  
 (ハード手荷物が下、優先・乗継・大型手荷物等が上)

- ②優先・乗継手荷物
- ①ハード手荷物

## D. 完全自動積付 (案1, 2)



### 積付アルゴリズム使用

EBSにより積付に最適な順に搬送された手荷物を積付  
 (ハード手荷物が下、ソフト手荷物・優先・乗継・大型手荷物等が上)

- ③優先・乗継手荷物
- ①ハード手荷物

# 積付ロボットの運用パターン

○ 半自動積付(ロボットによる一部自動化と人による積付の組合)から全自動積付(ロボットのみで積付を完了)まで段階的な運用パターンを検討。

	完全自動	ロボと人の協働							
	案1	案2		案3		案4		案5	案6
	全ストレート	ストレート・カーセル混合		ストレート・カーセル混合		ストレート・カーセル混合		全カーセル	全ストレート
処理個数/h	250個	250個	200個未満	250個	200個未満	250個	200個未満	200個未満	250個
積付アルゴリズム※1	◎	◎	◎	○	○	-	-	-	-
ハード	ロボ	ロボ	ロボ (ピーク時：+人)※3	ロボ	ロボ (ピーク時：+人)	ロボ	ロボ (ピーク時：+人)	ロボ (ピーク時：+人)	ロボ
特殊ハード、ソフト	ロボ	ロボ	ロボ (ピーク時：+人)	-	-	人	人	人	人
EBS設置※2	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	○	-
イメージ図									

対象手荷物はハードのみ  
(満載まで積付)

荷崩れすることを許容し、人がカバー

※1：◎=特殊ハード(箱型以外の特殊な形状をしたハード手荷物)、ソフト含めた通常手荷物から1コンテナ分の最適な積付方法を導出  
○=ハードのみ通常手荷物から1コンテナ分の最適な積付方法を導出  
※2：◎=(アルゴリズムの情報に応じて)積付に最適順に搬送  
○=大きさ・重さ・優先・乗継のみ搬送順に考慮  
※3：ピーク時はロボットが作業するコンテナとは別に、人も積付作業を行うことを想定(一つのコンテナを合同で積付けることはしない)

# 空港(ソーティング場)における自動積付運用パターン

運用タイプ種別 案		完全自動	ロボと人の協働							
		1	2		3		4		5	6
メイク形式		全ストレート	ストレート・カーセル混合		ストレート・カーセル混合		ストレート・カーセル混合		全カーセル	全ストレート
			ストレート	カーセル	ストレート	カーセル	ストレート	カーセル		
技術 開発	積付アルゴリズム※1	◎	◎		○		-		-	-
	積付に最適順に搬送するEBS	○	○		○		-		-	-
	重さ・優先・乗継のみ搬送順を考慮するEBS	-	-		-		○		○	-
	カーセル上の荷物を把持する技術	-	-	○	-	○	-	○	○	-
ユーザー の制約	人が荷崩れ時に補助する前提	-	-		-		○		○	○
	人が特殊ハード、ソフトを積付	-	-		○		○		○	○
	ピーク時に人の積付(分業)が発生	-	-	○	-	○	-	○	○	-
施設 改修	メイク変更(ストレート)	○	○	-	○	-	○	-	-	○
	手荷物情報取得機器の導入※4	○	○		○		-		-	-
	BTSの導入※5	○	○		○		○		○	-

※4 カメラ・センサー等により手荷物の大きさ、形状、素材の情報を取得する機器  
 ※5 BTSは搬送順入れ替えのため設置が必要

## 全ての案で共通となる事項

ユーザーの制約 : 人が大型手荷物を積付、コンテナ扉を開閉、ドーリーへ移載

施設改修 : ロボ設置空間の確保、ロボ用電源の確保

# 技術実装例と作業工程の変更について

○ 手荷物の受託から積付までの作業工程に対して、各協働パターンに必要な技術をまとめると下記の通り。



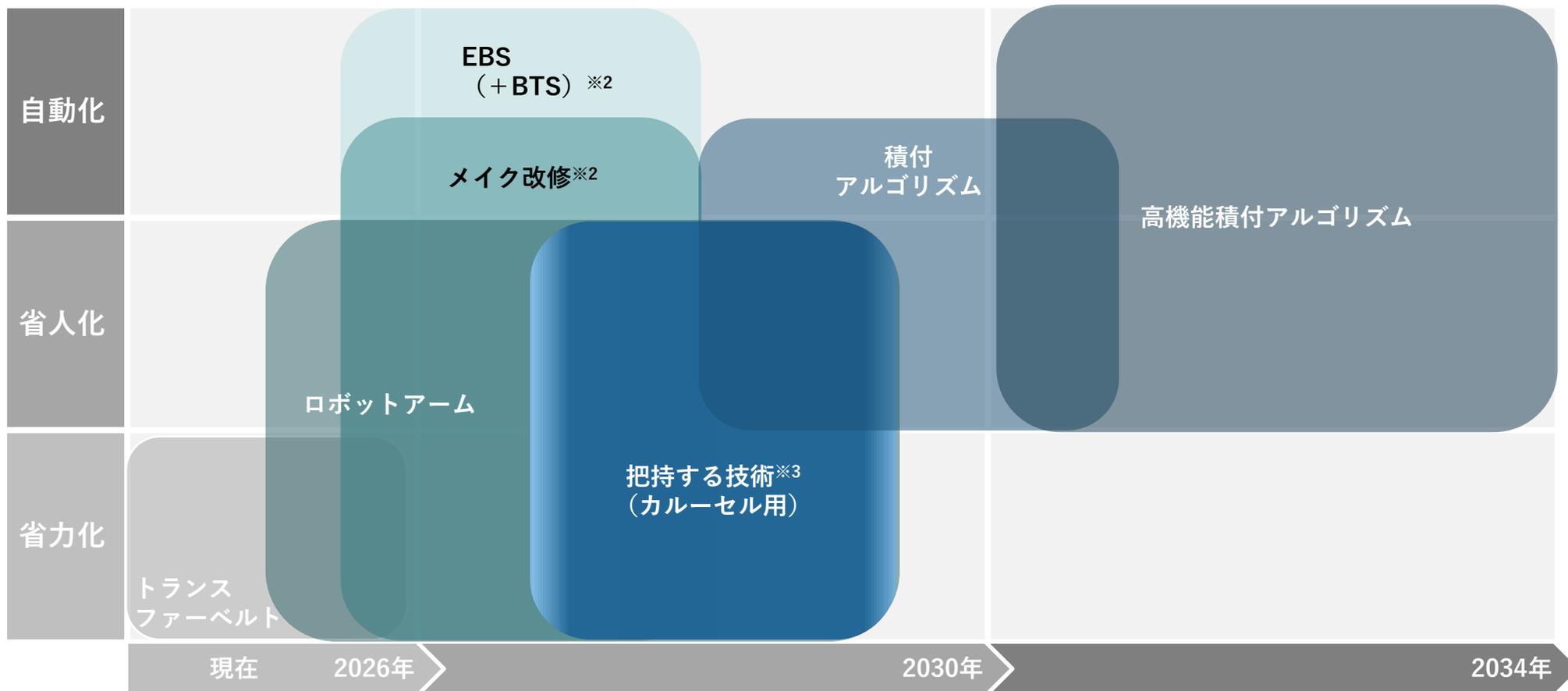
案①			積付 高機能積付 アルゴリズム (特殊ハード、 ソフト対応)	積付 ストレート	積付 ロボットアーム (ストレート用)	自動化
案②		個別搬送 ・EBS(積付 に最適順に 搬送)				
案③	追跡技術 ・BTS		積付 積付アルゴリズム (ハードのみ)	積付 ストレート・ カルーセル混合	積付 ・ロボットアーム (ストレート用、カルーセル用)	省人化
案④		個別搬送 ・EBS(重さ/ 優先/乗継 のみ考慮)				
案⑤				積付 カルーセル	積付 ロボットアーム (カルーセル用)	
案⑥				積付 ストレート	積付 ロボットアーム (ストレート用)	

# 手荷物積付作業の技術毎の実装に係る時間イメージ

- 各技術が自動化～省力化のいずれに資するか、及び、実装に要する時間の関係を下記の通り整理する。
- 実装にあたっては、技術開発が必要な場合の他にも、ビルの改修や設備更新が必要になる場合、現場への適用のための検討が必要な場合があり、それぞれ要する時間が異なる。

<凡例> 白：新たに技術開発が必要なもの  
 黒：ビルの改修や設備更新が必要なもの

・実装可能な技術： パワードアシストスーツ、STACK@EASE  
 ※バルクカート向けの技術は省略

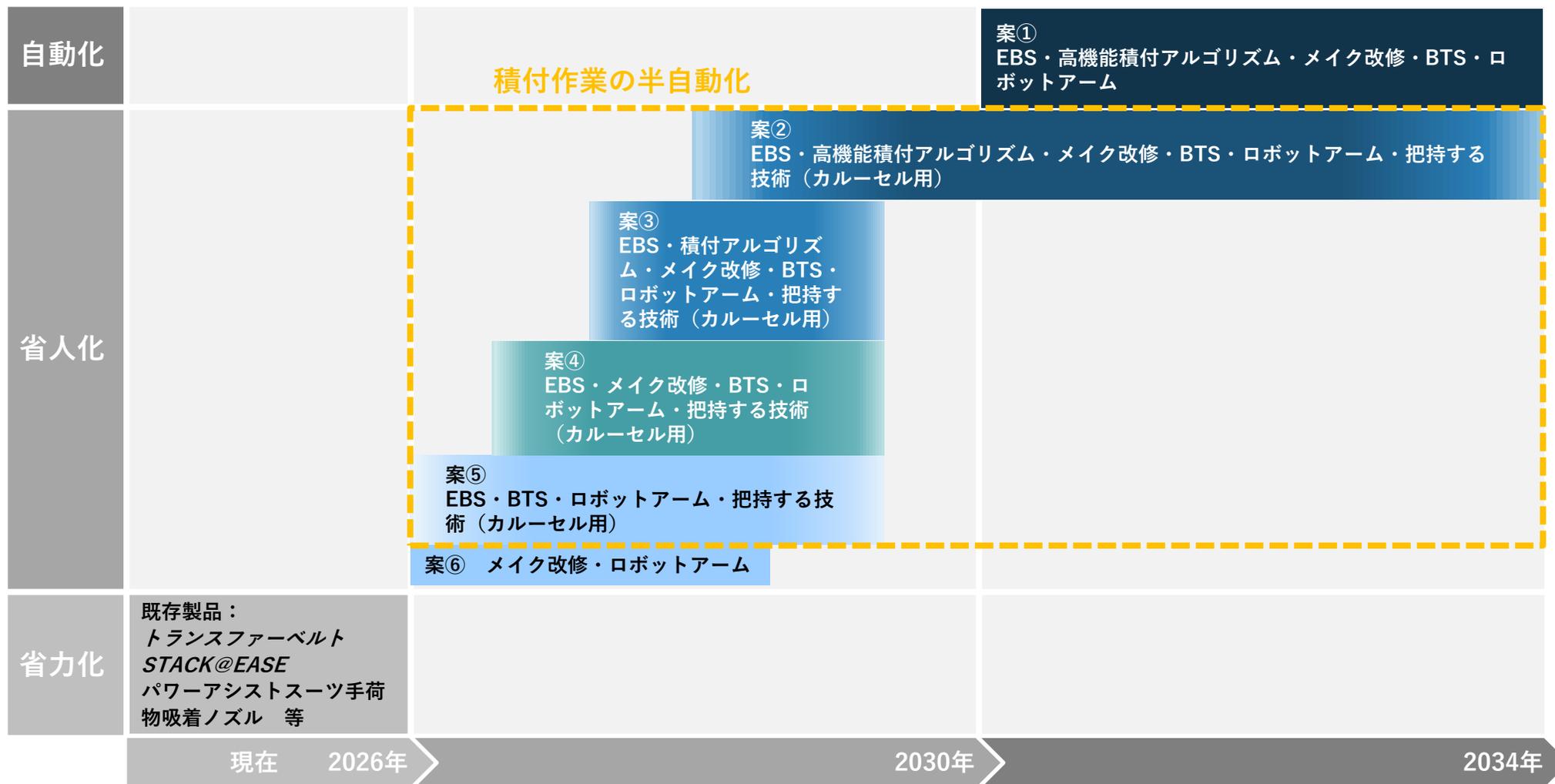


実装見込み時期※1

※1：関係者ヒアリング情報より ※2：来年度から準備を開始した場合を想定 ※3：実用開始時期も開発期間も想定

# 手荷物積付作業の生産性向上方策(案)

○ 積付作業の生産性向上に資する技術及びその技術実装例を、目標(自動化・省人化・省力化)及び実装開始が可能になると見込まれる時期等に応じて、下記の通り整理した。



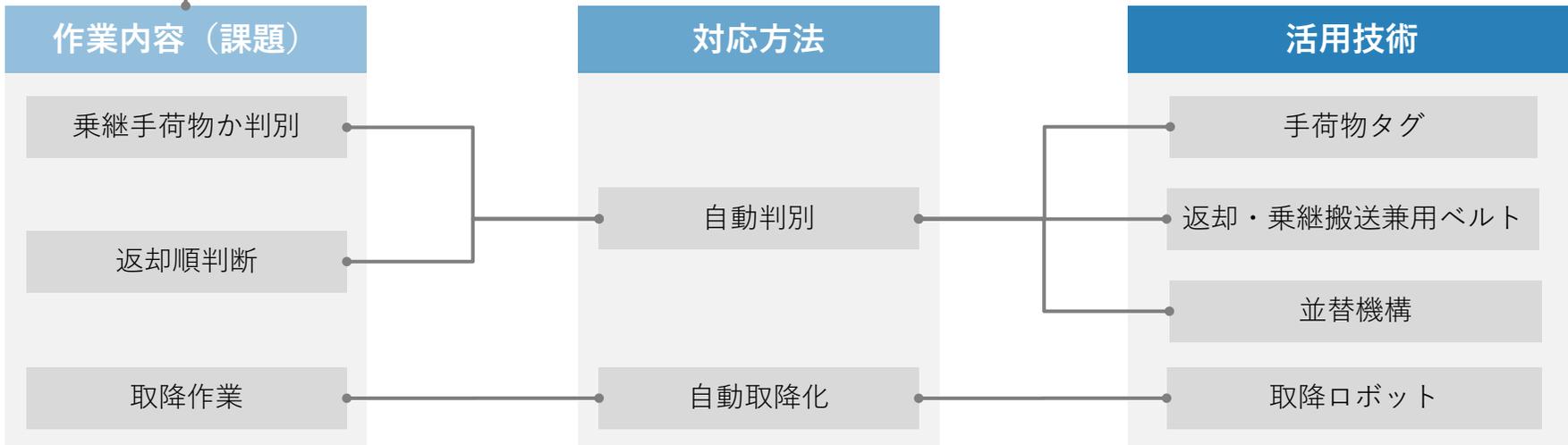
実装見込み時期※

(取降作業)  
必要な処理性能と人間とロボットの協働パターン整理  
生産性向上方策(案)

# 手荷物取降作業の自動化に向けた対応方法

- 手荷物取降における作業は、乗継手荷物の判別、手荷物の取降、返却順判断と返却ベルトへの投入である。
- 返却においては、優先／通常手荷物を判断し、優先手荷物から返却している。
- 乗継手荷物が含まれている場合は、対象となる手荷物をピックアップし、BHSへの投入、あるいは人の手による搬送によって、乗継先の便の手荷物を取り扱うメイクまで移動している。

## 作業工程

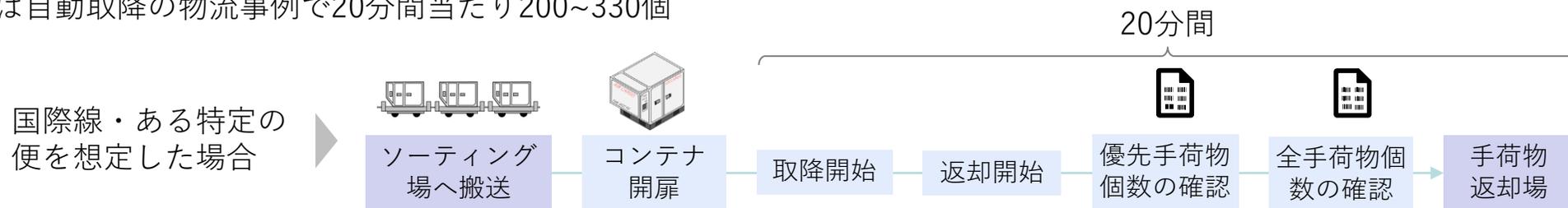


# 取降ロボに求められる処理速度・性能

- グラハン作業の現状とメーカーの技術動向を踏まえ、ロボットに求める処理能力を170~200個/20分に設定。
- 乗継手荷物かの判別や返却順を考慮した取降を行わなくても、取降したうえで手荷物タグを元に並替を行うことで対応が可能と考えられる(返却ベルト程度の速度であれば、既存BHSと同様手荷物タグの読取が可能)。
- この場合、特別な追跡技術を必要としないので、現状の手荷物タグが貼付されていれば自動化が可能。

## ロボットに求められる処理速度の目標値：20分間あたり170~200個

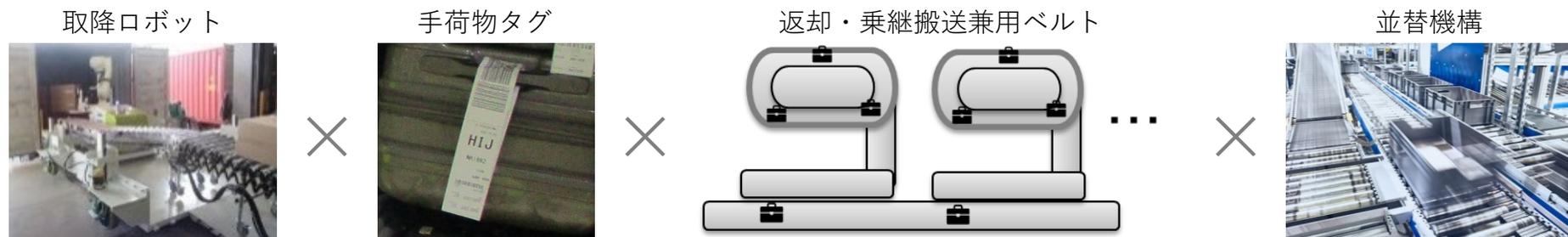
- グラハン作業の現状（人が作業する場合）は20分あたり170~200個、メーカーには自動取降の物流事例で20分間あたり200~330個



- 「ロボットの処理速度 > 返却ベルトの搬送速度」が目標と仮定

ベルトの搬送速度…**A (m/分)**、手荷物の返却間隔…**B (m/個数)** ▶ ロボットの処理速度：A/B(個数/分)

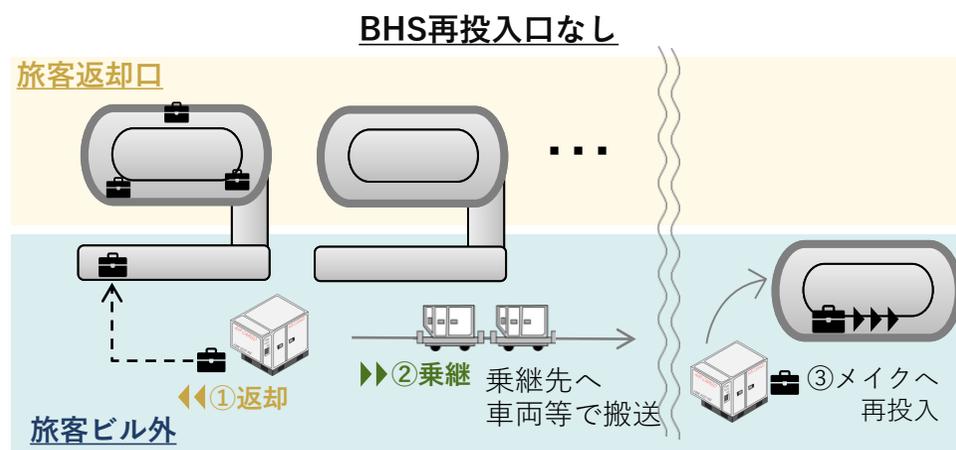
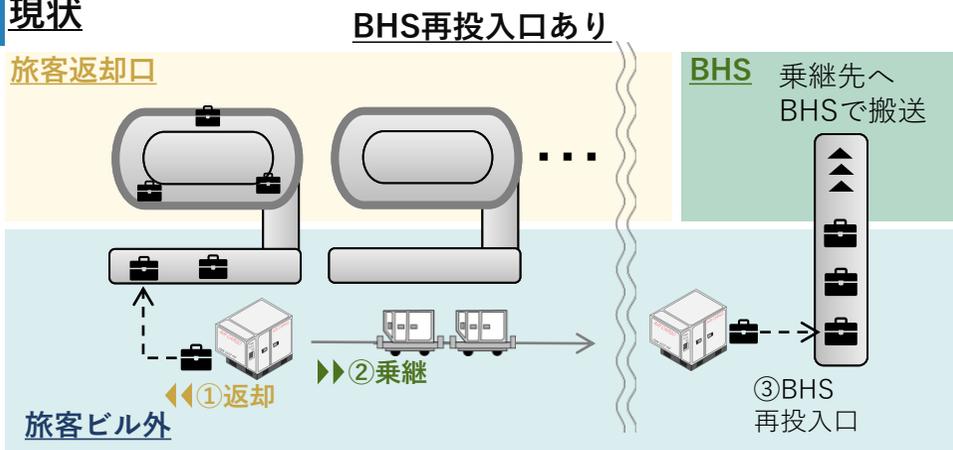
## 自動取降へのアプローチ



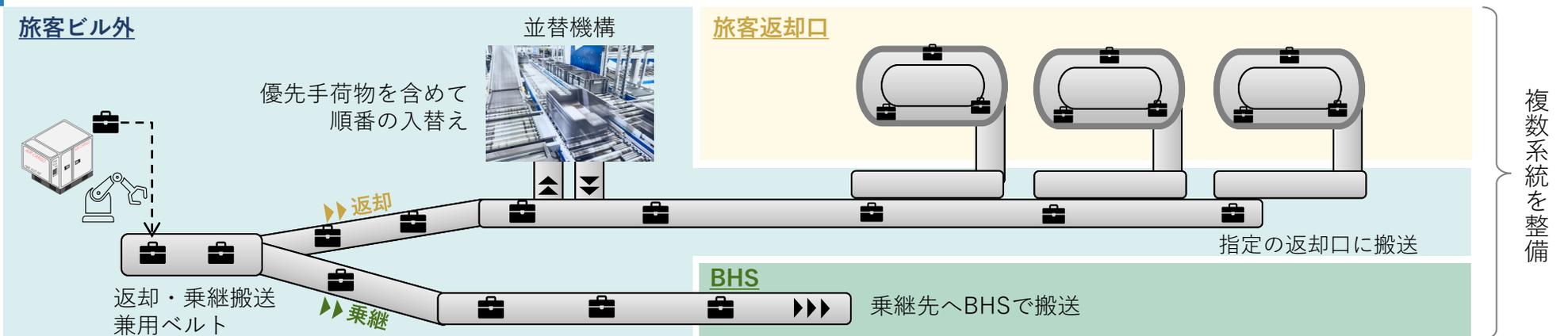
# 返却ベルト等のレイアウトと技術実装イメージ

- 現状の到着手荷物は返却・乗継の作業を別々の場所で行っており、各作業場所間の移動が必要となり、作業の手間が大きい。そこで、返却・乗継の兼用の搬送ベルトを整備、ベルト場での仕分けを行うことで、作業場所を移動しない効率的な作業を実現することができる。
- また、優先手荷物の取扱い等についても、返却用ベルトの上流にて並替を行う設備を配置し、人による判別を不要とすることが可能となる。

## 現状



## 技術実装後



# 取降ロボットの運用パターン

○ 完全自動と、ロボットと人との協働のパターンについて整理。なお、大型手荷物は返却口が異なるため、別途人が対応。

運用タイプ	完全自動	ロボと人との協働
案	案1	案2
概要	返却・乗継搬送兼用ベルトに設置したロボが全自動で取降	乗継・優先手荷物は人が取降、その後にロボが自動で取降
手荷物	優先・乗継	ロボ
	通常	ロボ
施設改修	<ul style="list-style-type: none"> <li>返却・乗継搬送兼用ベルトのレーン接続・BHS接続</li> <li>乗継搬送BHSへの接続</li> <li>返却順に搬送する並替機構の設置</li> </ul>	改修不要
作業分担	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボットが全手荷物を返却・乗継搬送兼用ベルトに取降し、レーンで返却・乗継に仕分け。</li> <li>優先手荷物は並替機構により優先的に搬送。</li> </ul>	人が優先・乗継手荷物を取降し、残りの通常手荷物をロボが取降。
技術開発	返却・乗継搬送兼用ベルト、取降ロボット	取降ロボット
ユーザーの制約	—	人が優先・乗継手荷物を取降
イメージ図	<p>返却・乗継搬送兼用ベルト</p> <p>自動取降</p> <p>返却・乗継搬送兼用ベルトによる仕分け</p> <p>並替機構で仕分け</p> <p>乗継先</p> <p>返却口</p>	<p>返却ベルト</p> <p>優先手荷物</p> <p>手作業</p> <p>乗継ベルト</p> <p>通常手荷物</p> <p>自動取降</p> <p>手作業</p>

## 全ての案で共通となる事項

ユーザーの制約 : 人が大型手荷物を取降、コンテナ扉を開閉

施設改修 : ロボ設置面積の確保、ロボ用電源の確保

# 作業工程の変更・実装技術について ~乗継・返却対応

○ 返却・乗継手荷物対応の作業工程に対して、各パターンに必要な技術をまとめると下記の通り。



機側→返却場

搬送



返却ベルト

返却対応



メイク

乗継対応

案①

取降  
 ・返却・乗継搬送兼用ベルト

取降  
 ・取降ロボット

自動化

案②

取降  
 ・取降ロボット

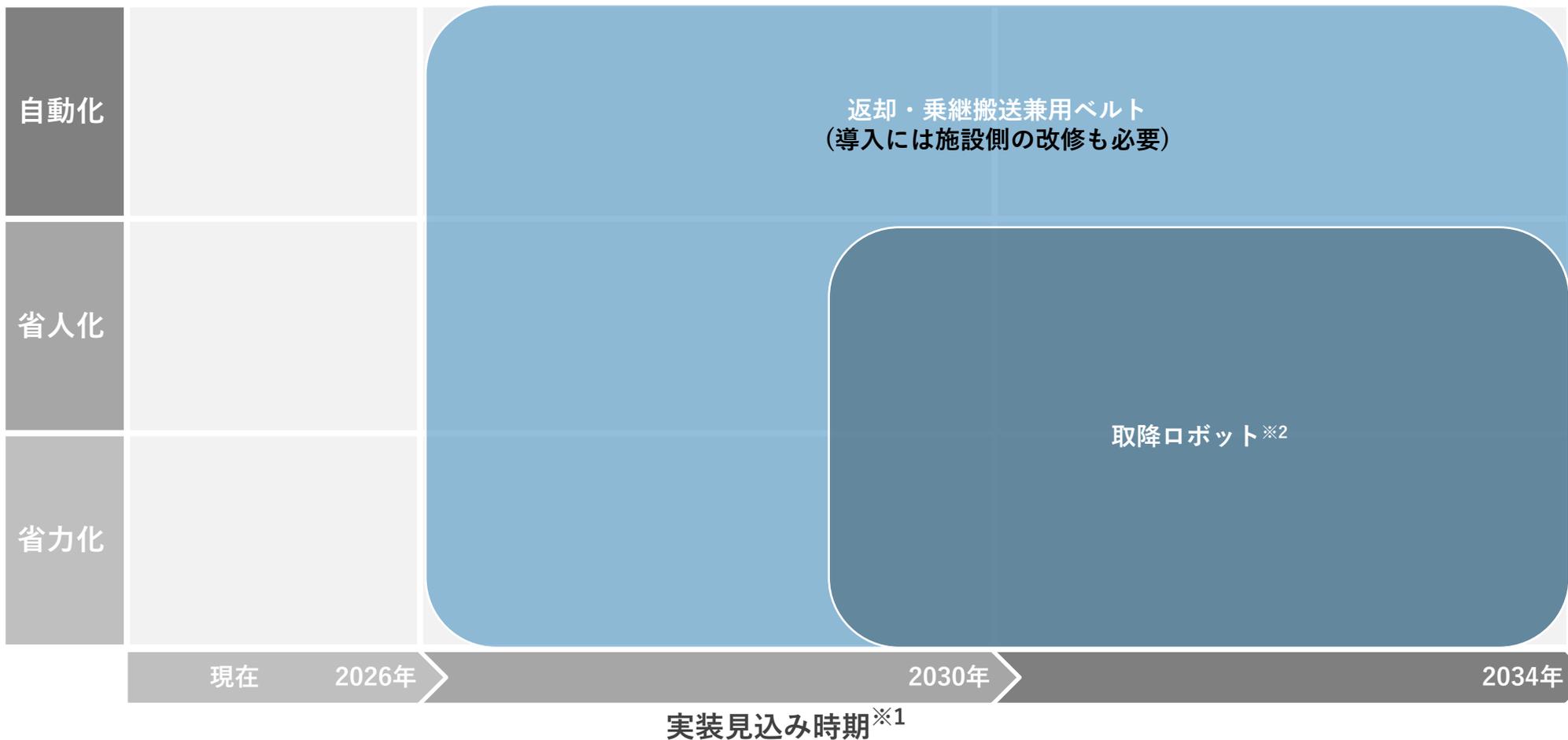
省人化

# 手荷物取降作業の技術毎の実装に係る時間イメージ

- 各技術が自動化～省力化のいずれに資するか、及び、実装に要する時間の関係を下記の通り整理する。
- 実装にあたっては、技術開発が必要な場合の他にも、ビルの改修や設備更新が必要になる場合、現場への適用のための検討が必要な場合があり、それぞれ要する時間が異なる。

<凡例> 白：新たに技術開発が必要なもの  
 黒：ビルの改修や設備更新が必要なもの

・実装可能な技術： パワードアシストスーツ、トランスファーベルト  
 ※バルクカート向けの技術は省略



※1：関係者ヒアリング情報より ※2：積付用のロボットアームの開発後に、開発に着手する場合を仮定



## 技術開発に向けた要件整理

# 自動化に向けた技術～ロボットアームの方式について

- ロボットアームの方式は、主に“アーム式”と“連続ベルト式”の2種類に分けられ、特徴は下表の通り。
- 自由度の高い操作が必要な積付には“アーム式”が、より高い処理速度が求められる取降には“連続ベルト式”が有効と考えられる。
- 一方で、人間がロボットの可動範囲に入って作業を行う場合には、それぞれの安全性に配慮した設備・運用の工夫が求められる。

		アーム式	連続ベルト式
特徴		多関節を持ち位置特定と姿勢を自由度高く変動させた空間的な動き	上下左右の平面的な動きとベルトの短縮・延長を掛け合わせた平面的な動き
人間との協働について	稼働の自由度	高い（コンテナの上下左右・奥行を自由度高く稼働させた柔軟な対応が可能）	低い（コンテナの4隅や側面などロボの位置から見て斜め方向の動きが限定される）
	安全性	低い（アームの可動域が広範囲で複雑であるため、人間には動きの予想が難しく安全性は低い）	高い（ベルトの可動域が限定的であり、人間には動きが予想がしやすく協働時の安全性が高い）
対応荷物	大きさ ※物流事例の参考値	全長 ~750mm <sup>1)</sup> 全幅 ~650mm <sup>2)</sup> 全高 ~700mm <sup>2)</sup>	全長 ~500mm <sup>3)</sup> 全幅 ~500mm <sup>3)</sup> 全高 ~450mm <sup>3)</sup>
	重量 ※ヒアリングより	対応可能（～数百kg）	対応可能（～数百kg）
処理個数		積付：250個/時間 <sup>4)</sup> 取降：600個/時間 <sup>2)</sup>	積付：1000個/時間 <sup>3)</sup> 取降：1000個/時間 <sup>3)</sup>
対応設置環境	高さ	アームの稼働を確保する高さが必要	コンテナの高さが上限
	敷地面積	可動域の確保が必要	ベルトの伸縮を確保する長さが必要
その他の懸念事項		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 積付の際に少しでも計算位置からずれてしまうと、アルゴリズムの意味が無くなる。</li> <li>・ 素材による対応手荷物の制限あり。</li> </ul>	

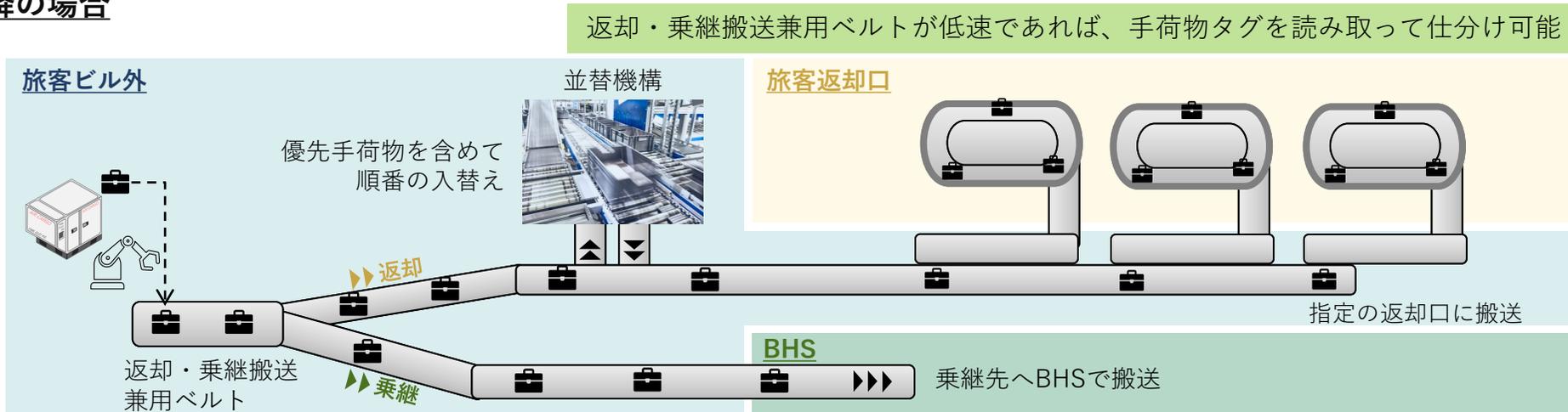
# 手荷物追跡技術の必要個所とその対応

- 積付の自動化において、既製品ではトレーを使わないEBSがないため、追跡技術としては個別搬送化(積付に最適な搬送順の整理)に対応した既存製品のトレー式BTSを活用して順番入れ替えを実現する。
- 積付について、ロボットであれば搬送順で積付作業を行うため、その他の追跡技術は不要。
- 取降について、返却・乗継搬送兼用ベルトを導入することで、特定技術が無くても出発地側の連携なしで乗継・優先を判別した取降が可能となる。

## 積付の場合



## 取降の場合



# 技術開発が必要と考えられるもの

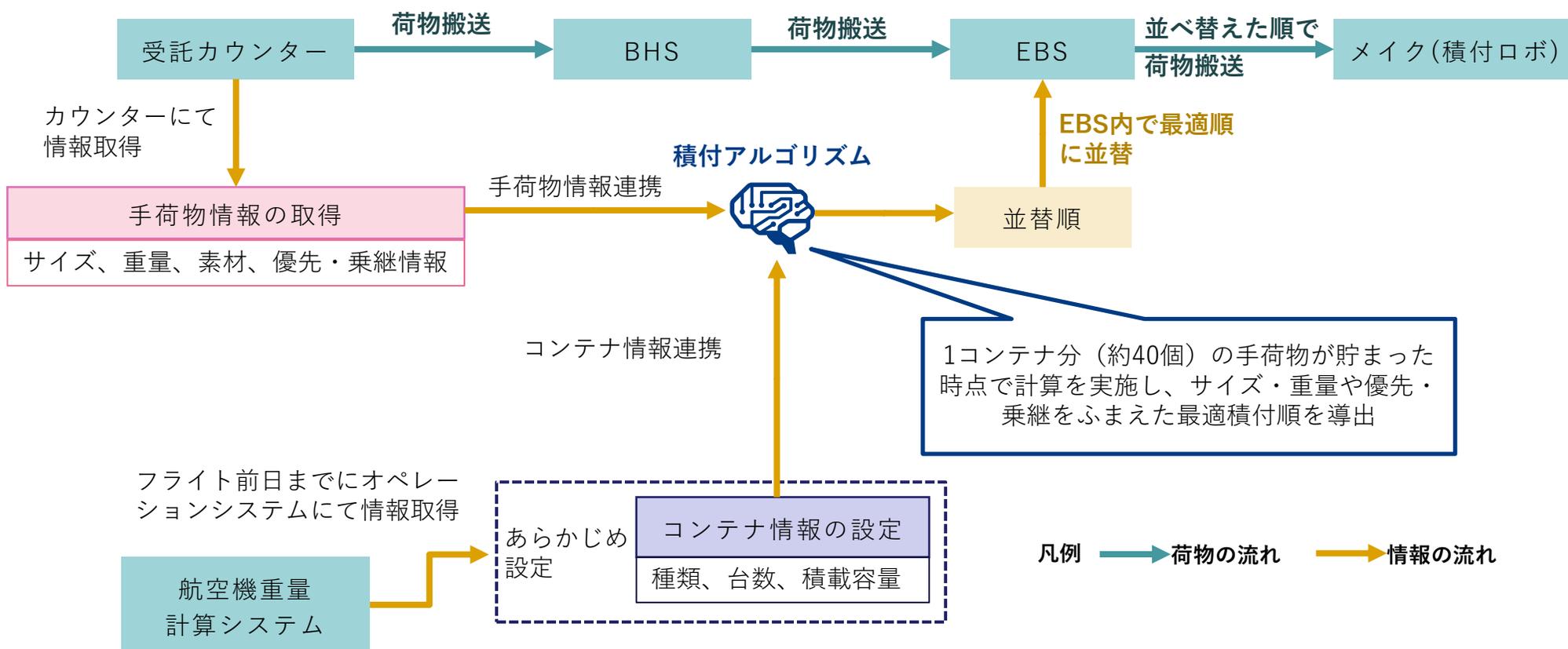
○ 積付/取降の生産性向上方策(案)の実現に向けた製品開発、要素技術開発が必要となると考えられるものについて下表に整理する。

工程	技術	技術開発の内容	開発方針
積付	積付アルゴリズム	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハード手荷物を対象としたサイズとコンテナ容積による積付計算方法</li> <li>特殊ハード、ソフト等の手荷物を対象とした技術拡張</li> </ul>	要素技術
積付	(EBS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動積付に対応可能なスループットの調整</li> <li>積付アルゴリズムとの対応</li> </ul>	製品開発
積付	積付用ロボットアーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>カルーセル上を動く手荷物を把持する技術</li> <li>素材の制限ない把持技術の開発</li> </ul>	要素技術
取降	返却・乗継搬送兼用ベルト	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の空港施設（メイクとの接続等）への設置方法</li> <li>返却手荷物タグに対応した乗継・優先手荷物の仕分け</li> </ul>	製品開発
取降	並替機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の空港施設（メイクとの接続等）への設置方法</li> <li>取降処理、返却ベルトの速度に対応した並替技術</li> </ul>	製品開発
取降	取降用ロボットアーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>特殊ハード、ソフト等の手荷物を対象とした技術拡張</li> <li>素材の制限ない把持技術の開発</li> </ul>	要素技術

# (参考)積付ロボットが作業する上で必要な情報とフロー

- 手荷物情報とコンテナ情報を連携し、ソフトウェアにて積付アルゴリズムによる計算を行い、積付順にメイクへ搬送するようEBSへ指示する。
- 自動化に必要なデータの全体フローについては検証が必要。

## 手荷物と情報の流れ



## 特にご議論いただきたい論点

- 今回、精査を行った内容について、更に検討を深掘すべき点、精査結果の整理に欠けている点等があるか
- 積付・取降の自動化案の整理について、作業工程、施設改修等の観点で留意すべき点があるか
- 今後、技術開発や検証を進める前段階として、調査すべき内容、検討を深掘すべき点、欠けている観点等があるか

## 参考資料

# ユーザーヒアリングの整理(1/2)

		A社	B社	C社
現状把握	コンテナの台数算出方法	旅客数x係数=台数で前日に算出。予測精度と実際の使用台数にほぼブレはない。		
	受託が多い時間帯の1便あたりの手荷物の最大処理数とその処理時間	<b>最大処理速度は200~250個/30分程度</b> 。しかしこの時間帯で必ずしも作業を完了させる必要はない。	非開示	機種座席数x飛行距離に依存するため回答不可。
	受託手荷物を積付開始するタイミング	メイク割当は内際とも出発時刻の2時間前だが、積付人員の割当では <b>出発時刻90分前</b> で、それから作業開始。		エアラインがカウンターを開けたときが手荷物預けの開始時間。
	いつまでに積付ける必要があるか	国内線は積付完了は <b>出発時刻15分前</b> 。国際線は <b>出発時刻30分前</b> に積付完了が目安。		国内線は20分前にカウンタークローズするため、 <b>15分前まで</b> にメイクに流れてきてバルクで航空機に搭載。
自動化に求める要件	積付ロボに求められる処理速度、性能（処理容量）	手元の荷物をコンテナに積み込むまでの時間は <b>1個8秒~15秒</b> 。そのくらいの処理速度があればよい。		イメージとしては、 <b>30分でコンテナ5台(=200個)</b> を同時平行で作業し、60分で終わらせる感覚。
	取降ロボに求められる処理速度、性能	手荷物 <b>1個あたり5秒以内</b> に返却することを目標設定している。	航空会社からは最初に流し始める手荷物は到着から何分までに開始し、最後は何分までに流し終えるよう指定あり。	
	人とロボットが協業が可能か	<b>優先手荷物は人が取降し、その後ロボットが実施</b> 。重視する点は人とロボットの領域を分けられること。	機械化できるところはして、残りは人が作業することが理想。	人と同じ場所での協働はあまり考えにくい。
導入による影響	技術導入による現場への影響	現状でもスペース不足気味だが、ロボットを入れ込んだ場合に <b>人の活動する面積の減少と作業要員の減少のバランスがとれるか</b> 。	産業用ロボットのため、囲う必要があり、万が一ぶつかった場合、命に係わる。今の狭隘なソーティング場に入れるのは難しい。	デメリットとして、ロボットが場所を取るために人の作業の柔軟性が低下する点が考えられる。
	技術導入による施設への影響	手荷物追跡に関するリーダー設置の改修や、積付・取降においてはスペースの拡張や機械と人の活動領域の物理的な分断が必要	画像解析カメラの追加設置が必要	既存施設を改修する必要は必ず出てくると考える。

# ユーザーヒアリングの整理(2/2)

		D社	E社	F社	G社
現状把握	ボトルネックとなっている工程・設備	コンテナドローリーが長時間寄り付いているなど、 <b>メイクアップエリアの狭隘</b> がボトルネックになり得る。また <b>EDS</b> の処理容量もボトルネックとなっており、ピークの異なるオリジン手荷物とトランスファー手荷物の取扱設備を共用し対応中。	受託手荷物（SBD）が増設されてカウンター周りはスムーズ。一方で、 <b>荷捌き場、アーリーバゲージ室が狭隘</b> でボトルネックになっている。	朝のピーク時間帯で <b>BHSの合流地点</b> がボトルネックになっている。ピーク時間帯は <b>EDS検査</b> もボトルネックになる。	<b>ソーティング場の天井高がエリアで異なる</b> ため、BHSの仕分け装置を2階層にしたいが狭くて苦労している。
	ボトルネック解消のための検討案	メイクアップのアサイン効率化が必要。ジャストインタイムのコンセプトに移行する必要があるため、システム内にストレージを組み込む必要があることから、 <b>EBSの導入</b> 可能性等を検討している。	<b>検討はしていない</b> 。施設拡張するにも土地がなく、建設強度にもよるが、拡張するには柱を立てて高さを稼ぐなど上に伸ばすしかない。	短期的にはBHS制御改修、ベルト材質の見直しなどを実施中。 <b>EBSの増設</b> が必要になると考えており、場所選定も進めている。中長期的にはメインソーター増設も検討中。	BHSシステムの外、カウンター業務、荷捌き業務等、全体の処理能力を向上させる必要がある。 <b>EBSを設置中</b> で、手荷物タグを読み取って入庫・出庫する仕組みである。
導入による影響	技術導入にあたっての空港側の制約	積付・取降ロボットを導入するにあたって、ロボットの可動域と稼働中の巻き込み事故防止のために <b>専用スペースの確保</b> が必要。またロボットが積込手荷物を選別しなくて済むよう、手荷物を <b>積付順に送る機構</b> が必要。導入に要する <b>費用負担</b> も課題。	積付・取降ロボットを設置するにあたってとは <b>運用を止めないで進める</b> 必要があると想定される。電力、エネルギーについてもCN目標、CO2削減義務があるなかで制約になる。	<b>天井高が低い</b> 箇所もあり、ロボットアームの可動域によってはスペースの見直しが必要。また、導入工事中の運航への影響も懸念。	新しくメイクを作ることは出来ないため、 <b>既存のメイクの中で何とかしなければならない。面積と高さの制約があるなかでの技術導入が課題</b> 。
	実運用と並行しながらの技術導入は可能か	小さなエリアから始めて、徐々に拡充をするというのが良いのではないかと。検証の中で、実際に整備できる範囲、規模を見極めながら導入を行い、可能な限り効果を最大限得ることを目指す方針が良いと思う。	一定のエリアを工事に確保して運用を制約しないとハード設置などは進まないと思うが、その余地があるかどうか。 <b>運航が止まる夜間でも対応可能な工事</b> であれば、運用との平行作業は可能。	工事内容により状況は異なるが、 <b>運航に支障のないよう</b> にエアラインと調整しながら進めていくこととなる。	<b>BHS更新は夜間工事</b> で進めており、 <b>運用と並行して進められている</b> 。運航に影響がないように進められるものでないと技術導入は厳しくなる。

# メーカーヒアリングの整理

		A社	B社	C社	D社
自動化ロボの仕様	積付ロボの方式（連続式/アーム式）	連続式ベルトの方が良い。	処理速度を向上させるという意味では連続式ベルトが良い。	—	コンテナの構造上、繊細な積付を実現するには多関節の <b>アーム式の方が柔軟性がある</b> 。
	積付自動化の効果高める手法	積付の計画を作り、EBSから計画通りに流す設備を設置する。順番入替には、ラック型のシャトルタイプのBHSが望ましい。	積付の計画を作り、EBSから計画通りに流す設備の設置。	—	積付に適した <b>素材の判別</b> 装置の設置。
	積付アルゴリズムの課題	—	何らかの要因で手荷物の順番がメイク到達までに入れ替わってしまうと、 <b>アルゴリズムの意味がなくなる</b> 。	—	積付の際に少しでも <b>計算位置からずれてしまうと、アルゴリズムの意味が無くなる</b> 。
	取降ロボの方式（連続式/アーム式）	—	—	—	連続式ベルトで吸着する場合、不織布など吸着できない手荷物は対応不可。一方、アームで持ち上げる場合、強い力をかけることになり荷物にダメージが掛かる。
	荷崩れ時の対応方法	—	荷崩れした段階で非常停止する。荷崩れ前の場所に人が荷物を戻せば、再起動後に作業が継続可能。	荷崩れの検知、および <b>ロボットによる再積付は非常に困難</b> 。人が再積付を行えば作業の再開が可能。	現在の技術レベルでは荷崩れを防ぐことは非常に困難な為、 <b>荷崩れ前提の方が良い</b> 。一方、荷崩れを検知する技術の開発も困難。
	コンテナの情報取得	—	コンテナの情報は特定の種類に限っており、ロボットでも検知していない。	コンテナの情報が分からなければアルゴリズムの計算を実行できない。	事前に対応できるコンテナを種類別に定義している。
開発期間	一般的な開発期間	開発テーマにもよるが、 <b>1-2年</b> である。	—	—	<b>要件定義は2-3か月程度。技術開発・設計は1-2か月から1年以上</b> と幅が大きい。
	手荷物自動積付ロボットの開発期間	<b>2-3年</b> 要する。	<b>2030年頃に開発完了</b> 見込。	<b>技術開発に1年以上</b> は要する。	<b>要件定義・設計・技術開発で合計2年</b> 程度。

注) メーカーによって開発製品、得意領域が異なるため、一部質問については全社からの回答が得られず、特定企業からの回答のみを掲載。

# (参考)手荷物追跡技術

	技術分類	メリット	デメリット
手荷物貼付け	RFID 	<ul style="list-style-type: none"> <li>無線周波数の電磁場を使用して、各手荷物を一意に識別</li> <li>コードに照射することなく、一度に多くの手荷物を識別し追跡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>別途RFID用のタグ追加や、手荷物タグに埋込むチェックイン機の導入が必要</li> <li>金属を透過できない性質のため使用環境に課題</li> <li>書込領域容量の値が低い</li> </ul>
	QRコード 	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラ等でコードを検知して識別</li> <li>読み込み、コード生成が容易で汎用性に優れる</li> <li>検知範囲次第で、複数の手荷物の同時読取りも可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>QRコードシールの貼付けや、手荷物タグに印字するチェックイン機の導入が必要</li> <li>カメラ検知のため貼る位置、焦点が合う距離などの調整が課題</li> </ul>
トレー搭載	BM (AI画像認識) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI画像認識を使用して荷姿、タグ情報などを識別</li> <li>チェックイン機、CCTV等と連携して、乗客の認証と紐づけた追跡が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証における画像認識整合率は95%程度であり、誤検知が発生</li> <li>カメラ検知したデータの空港間における共有が課題</li> </ul>
	BTS 	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽量の素材で作られた個々のトレーにRFIDを搭載しており、旅客の手荷物に付けることなく高精度な追跡が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トレーに乗せていない間は追跡が出来ないため、コンテナ積付後の追跡が課題</li> </ul>

出所) 一般社団法人 日本自動認識システム協会「RFID技術を活用したビジネスの事例集」[https://www.meti.go.jp/policy/economy/distribution/smartsupplychain/fy2021rfid\\_jirei.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/economy/distribution/smartsupplychain/fy2021rfid_jirei.pdf) (2024年7月30日取得)、JPQR「JPQRとは」<https://jpqr.paymentsjapan.or.jp/about/> (2024年7月30日取得)、BEUMER「Artificial intelligence, data analytics and biometrics are changing baggage handling」<https://www.beumergroup.com/knowledge/airport/artificial-intelligence-data-analytics-and-biometrics-are-changing-baggage-handling/> (2024年7月30日取得)、DAIFUKU「Baggage Tray System」<https://daifukuattec.com/api/asset/2020/01/Baggage-Tray-System-Brochure-Jan-2020.pdf/> (2024年7月30日取得)

# (参考)手荷物追跡技術の比較

目的	概要	追跡手法の特徴	
①順番入れ替え	積み付けに最適な順番で搬送できるよう入れ替えを行う	RFID・QR・BM	既製品ではトレーを使わないEBS (BTS)がないため、各追跡技術を読み込み装置をBHS上のレーン分岐点に設置し適切な行き先へ仕分け、EBSへ格納するためベルトからトレーに載せる機能が必要となる。また、EBSから出庫する際はトレーからベルトに移送する技術が必要。
		BTS	バッチ輸送に対応した既存製品のトレー式EBSを活用して順番入れ替えが実現可能。
②BRSスキャン ※代替	BRSスキャン作業の代替として、積み込んだコンテナ・バルクカートの把握・個数カウントの簡略化につなげる(省力化効果のみ)	RFID	電波受信で読み込む仕組みのため、積み込み時に認識する際の読み取り範囲が広い。
		QR・BM	カメラでコード、手荷物を認識する仕組みのため、積み込み時の読み取り環境に調整が必要。
		BTS	コンテナ・バルクカートへの積み込み時はトレーを外すため、BRSスキャンが必要。
③優先・乗継手荷物判別	到着手荷物において、乗継手荷物・優先返却手荷物・通常返却手荷物の判別を行う(自動取降ロボットでの活用を想定)	RFID・QR・BM	上記の通り、発地での読取り範囲でRFIDに利点はあるが、発地と着地で乗継手荷物・優先返却手荷物を共有するうえでは効果は等しい
		BTS	積付前に手荷物とトレーが分離されるため、着地側で乗継・優先を連携する別の追跡手法が必要。

※コンテナに積み付けた手荷物の個数、コンテナ番号、積み込んだ順番を記録するコード読取り作業