

手荷物積付作業の生産性向上についての検討

航空局 航空ネットワーク部

空港技術課

令和7年9月11日



開発要件の検討方法

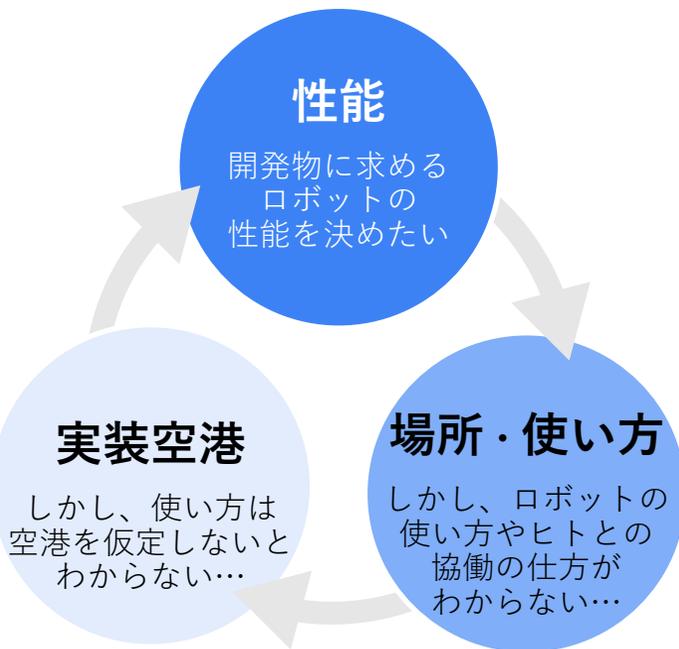
1. 開発物の一体開発要件
 - 1) 実装空港の仮定
 - 2) 開発要件の設定
 - 3) 場所・使い方の想定
 - 4) 開発要件を決定

2. 開発物の個別開発要件

開発要件の検討方法

- 開発要件は、まず実装空港を仮定し、基本性能の設定に加え空間等制約や目標作業人数等の条件のもとで開発物の目標処理能力を設定。場所や使い方を踏まえた検証を行ったうえで、開発要件を決定した。
- また、開発物の一体開発要件を検討・設定したうえで、個別開発要件を整理した。

検討における循環構造



1. 開発物の一体開発要件

1) 実装空港の仮定

8大空港を実装空港に仮定

2) 開発要件の設定

「どんな条件で × どんなことができるようになってほしいか」

空間等制約	基本性能	目標作業人数
<ul style="list-style-type: none"> ・一定の空間内に収まること ・受託手荷物の並替のため、BHS等改修を前提とすること 	<ul style="list-style-type: none"> ・取扱重量：32kg ・充填率：80% 等 <p>メーカーヒアリング等を実施して、達成可能な性能を設定</p>	<p>1メイクの必要人員を半分に</p> <p>目標処理能力</p> <p>運航データ等から1メイクの処理能力を算定し、性能・要件を設定</p>

3) 場所・使用方の想定

空間内のレイアウト、運用イメージ等を図化して確認

4) 開発要件を決定

サイズやコスト等制約条件とのトレードオフ
 ※詳細はNEDO懸賞金活用型プログラムの審査基準に反映
 ・必須要件・希望要件の2段階で設定
 必須要件：本開発物において最低限必要とするもの
 希望要件：ユーザー側として目指してほしい水準

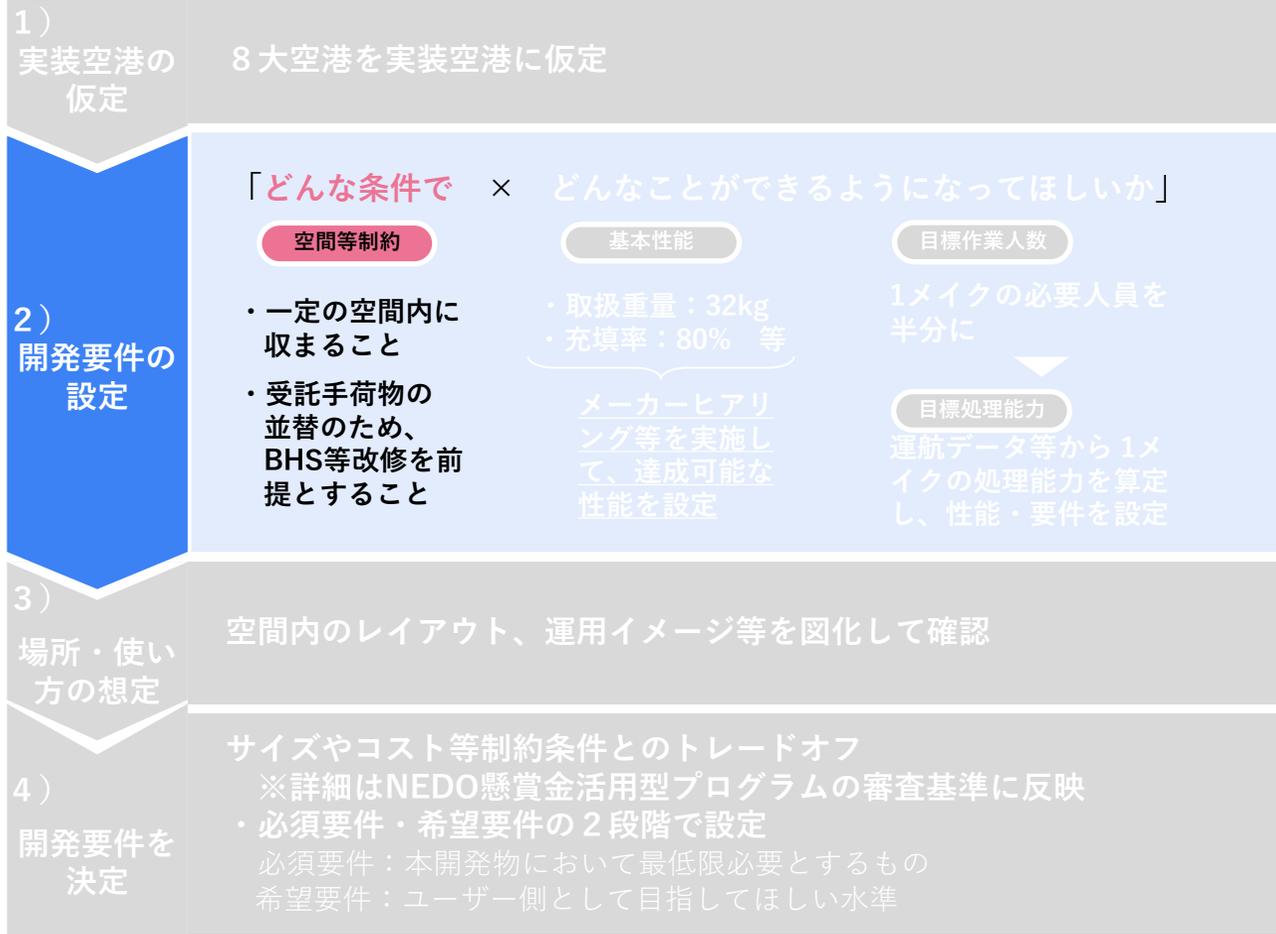
2. 開発物の個別開発要件

上記を踏まえ、個別開発物の開発要件を整理

1) 開発要件の設定 ~空間等制約~

○ 開発要件に係る制約条件の1つとして、空間等制約を検討・整理した。

1. 開発物の一体開発要件



2. 開発物の個別開発要件

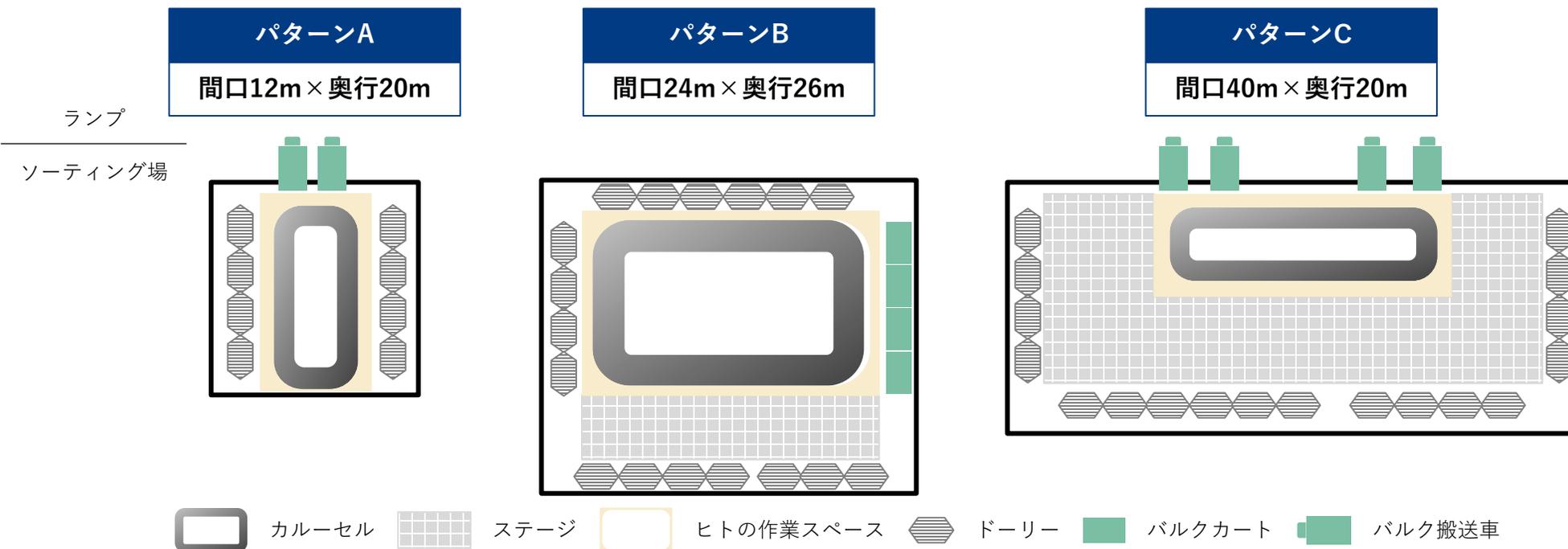
上記を踏まえ、個別開発物の開発要件を整理

空間等制約(間口×奥行)

- 羽田空港国内線の現行のメイクおよび関連設備等の配置、面積を確認し、典型的な3パターンを整理した。これらを空間等制約候補とする。
- 8大空港も概ね3つのパターンいずれかに分類されるが、具体的な空間等制約は詳細整理のうえで指定する。

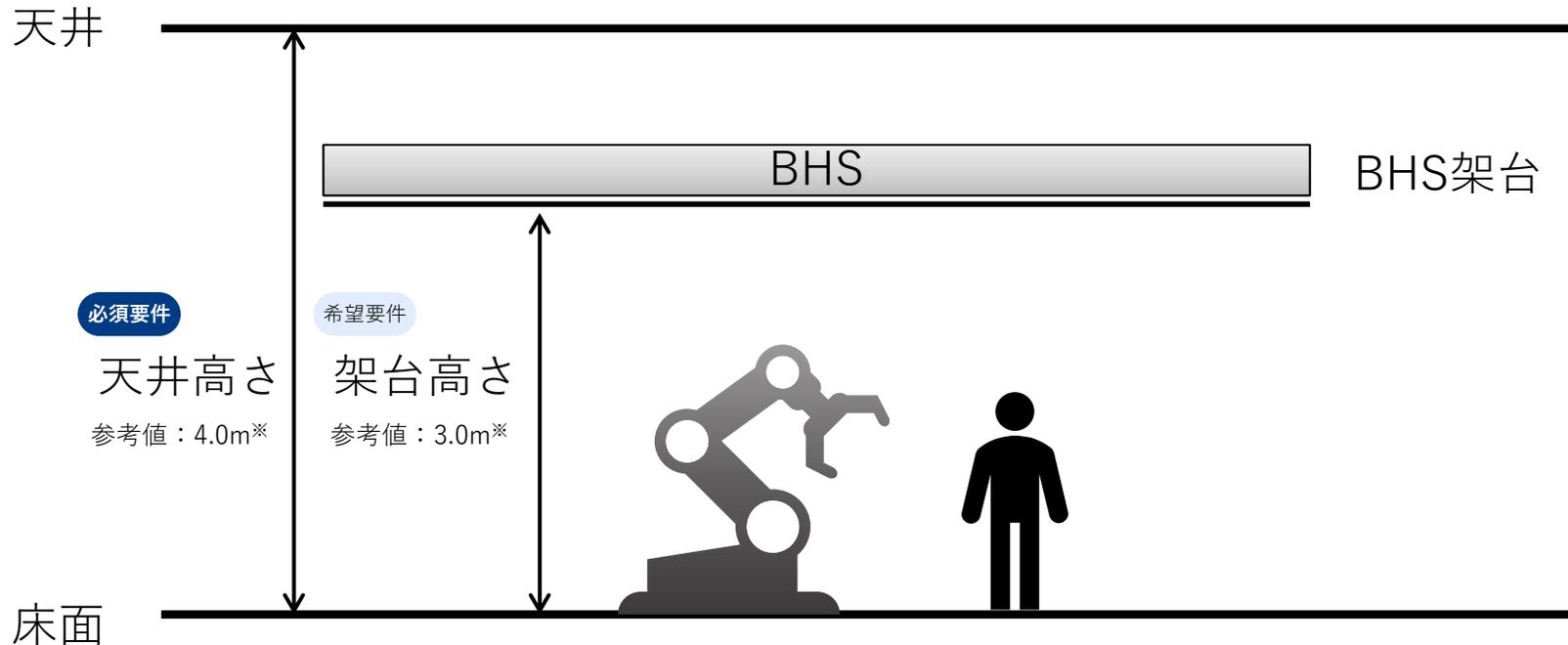
参考として、現行のメイクおよび関連設備等のレイアウトの例を下図に示す。

開発者は、この空間の範囲内で、ロボットの寸法、メイク全体の配置・レイアウトを自由に設計してよい。



空間等制約(高さ)

- ロボット可動域の高さ制約は、BHS架台の高さに収まるサイズが理想である。ただ、8大空港のソーティング場は低い所もあり、想定されるロボット可動域に照らすと非常にハードルが高い。一方、BHS架台を除いた建屋の天井の高さとすれば、ハードルを下げる事が可能。
- そこで、ロボット可動域の高さは、天井高さを必須要件とし、架台高さを希望要件とする。

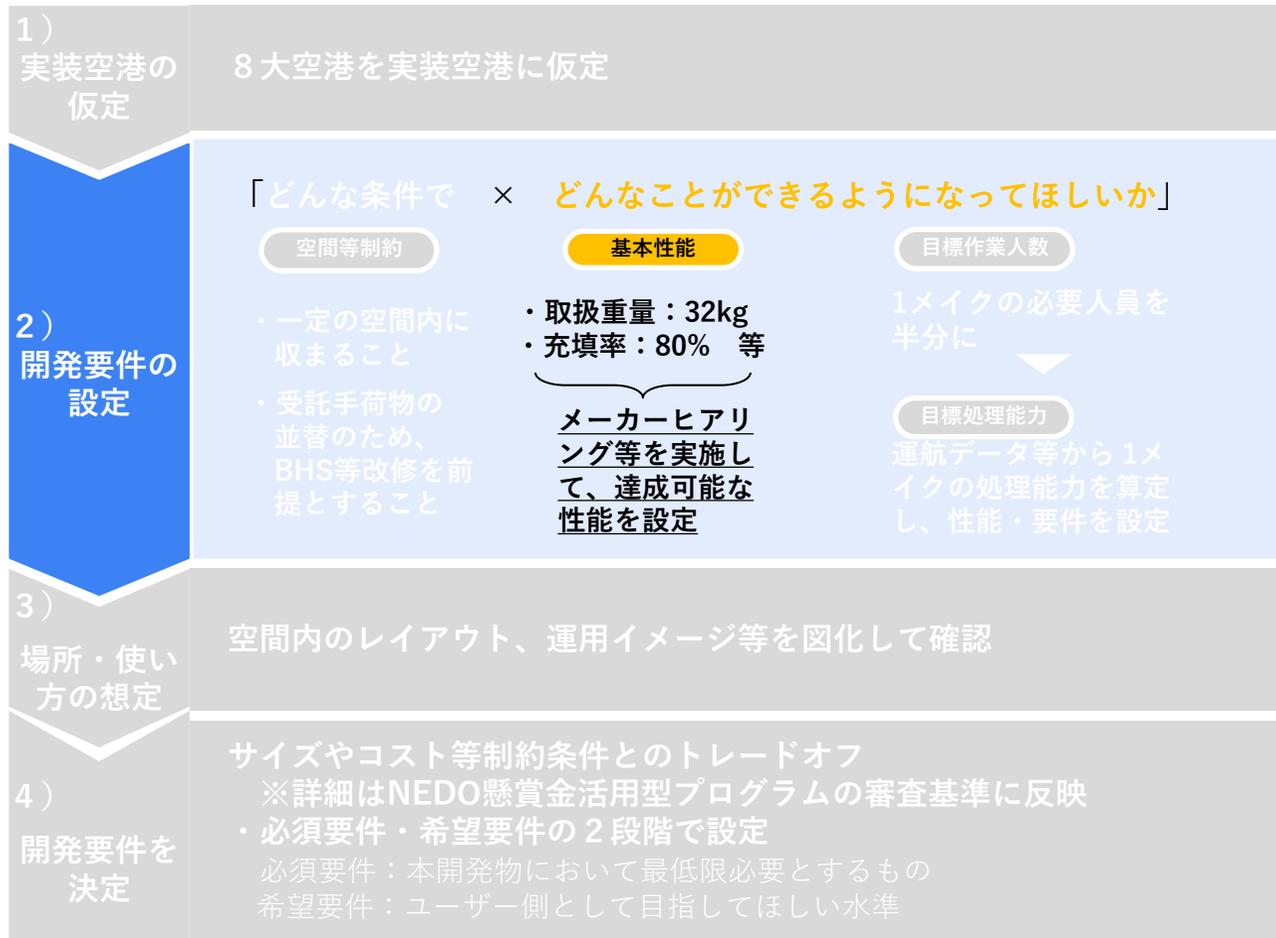


※上記参考値は羽田空港。詳細整理のうえで改めて指定する。

1) 開発要件の設定 ~基本性能~

開発物の一体開発を前提としたときの開発物全体に求める開発要件について、ユーザーニーズと関連メーカーの技術等についてヒアリングを実施し、それらを精査しとりまとめた。

1. 開発物の一体開発要件



2. 開発物の個別開発要件

上記を踏まえ、個別開発物の開発要件を整理

取扱対象とする手荷物・コンテナ

○ 取扱対象とする手荷物・コンテナは以下のとおり。

・対象手荷物の種類

(対象) BHSレーンで搬送できる手荷物

必須要件 ハード手荷物、ソフト手荷物（キャリーケース等）

希望要件 ソフト手荷物（リュック等）、通い箱搬送手荷物

(対象外) BHSレーンで搬送できない手荷物（大型手荷物）

・対象手荷物の取扱重量

必須要件 1個当たり3～32kg

希望要件 極端に偏心している場合は1個当たり3～16kg

・対象手荷物の寸法（cm）

必須要件 羽田空港国内線のBHSで流すことができる寸法を参照し、機内持ち込みサイズから100L以上の大型サイズまで幅広く対応できるようにすること。

また、エアラインが指定するサイズに準ずること

羽田空港	ターミナル1	ターミナル2
最大	110 x 76 x 50	100 x 60 x 70
最小	30 x 8 x 15	25 x 20 x 10

手荷物種類	概要
ハード手荷物	硬い素材のキャリーケース等
特殊ハード	箱型以外の特殊形状のハード手荷物
ソフト手荷物	
型崩れなし	型崩れしない布製のキャリーケース等
型崩れあり	ポストンバック、リュック等
通い箱搬送	通い箱で搬送するビニール袋、紙袋等
大型手荷物	サーフボード、ゴルフバッグなど



通い箱
出所：成田エアポートテクノウェブサイト



出所：JALウェブサイト



3辺（縦、横、高さ）の合計が203cm以内

出所：ANAウェブサイト

取扱対象とする手荷物・コンテナ

○ 取扱対象とする手荷物・コンテナは以下のとおり。

・対象とする積付先コンテナの型式

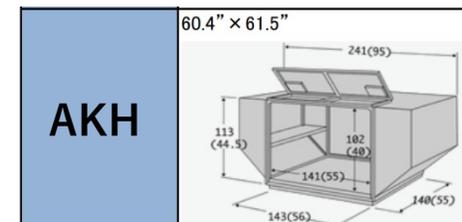
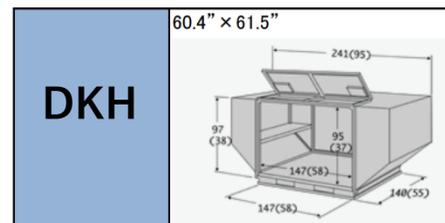
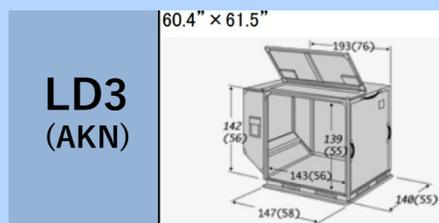
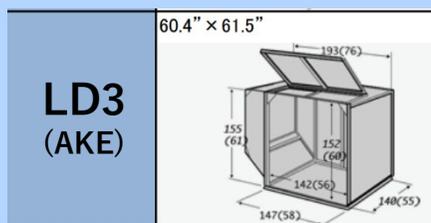
必須要件

積付前にコンテナ外壁に記載のQR/バーコードを読み取り、コンテナの種類※等の基礎情報を取得すること
積付前にコンテナ内部の画像を自ら取得し、画像検知により棚の有無や高さ等を認識すること

※コンテナの種類：LD3、LD8、LD4、LD2、DKH、AKH 注：バルクカート/CTCは対象外

NEDO懸賞金活用型プログラムでは「LD3」のいずれか1種類のコンテナを使用し評価を行う

LD3



出所：ANA Cargo HP <https://www.anacargo.jp/ja/int/specification/pdf/index/container.pdf>

・積付先コンテナの型式・台数・使い分けの設定

必須要件

便別の積付先コンテナの型式・台数、コンテナ1台毎の使い分け設定を可変とすること

- 便別のコンテナ型式設定：LD3、LD8、LD4、LD2、DKH、AKH ※QR/バーコードで読取るコンテナ基礎情報からの自動設定もできること
- 便別のコンテナ台数設定：1～12台
(注：ドリー1編成の最大連結台数は6台のため便別の同時積付は最大6台。6台を超える場合は任意の設定ができること。)
- コンテナ1台毎の使い分け設定：一般、プライオリティ、乗継、使い分け設定なし

・ロボット1基での同時積付先コンテナ台数

任意

同時積付先コンテナ台数は不問とする。

(ロボット1基で複数台のコンテナに同時に積付けることも可。空間等制約、目標処理能力を前提に自由に設計・提案して良い。)

本開発全体の開発目標

○ 開発目標(規模・時間・指標)は、現行の人手による作業を本開発に置き換えるものとして設定。



手荷物取扱量規模 (処理件数)

出発便1便当たり最大処理件数 (国内線・大型機) は、手荷物450個、コンテナ12台

国内線・国際線別の旅客1人当たり手荷物個数目安 (国内線0.5~0.6個/人、国際線1.5~1.6個/人)

コンテナ1台当たり最大手荷物積付個数目安 (LD3・40個/台)

※1メイクの目標処理能力 (最大同時処理件数) は後述



手荷物取扱量時期・時間 (業務の時期・時間)

24時間365日稼働可能

出発便1便当たり積付作業時間 (国内線) は、出発時刻 120分前~15分前 (105分間)

※それ以降はヒトが作業

手荷物預入締切

: 国内線20分前

国際線60分前

手荷物積付時間

: 国内線120分前~15分前

国際線120分前~30分前

ヒト・ロボ協働の分担次第で
今後見直す可能性あり



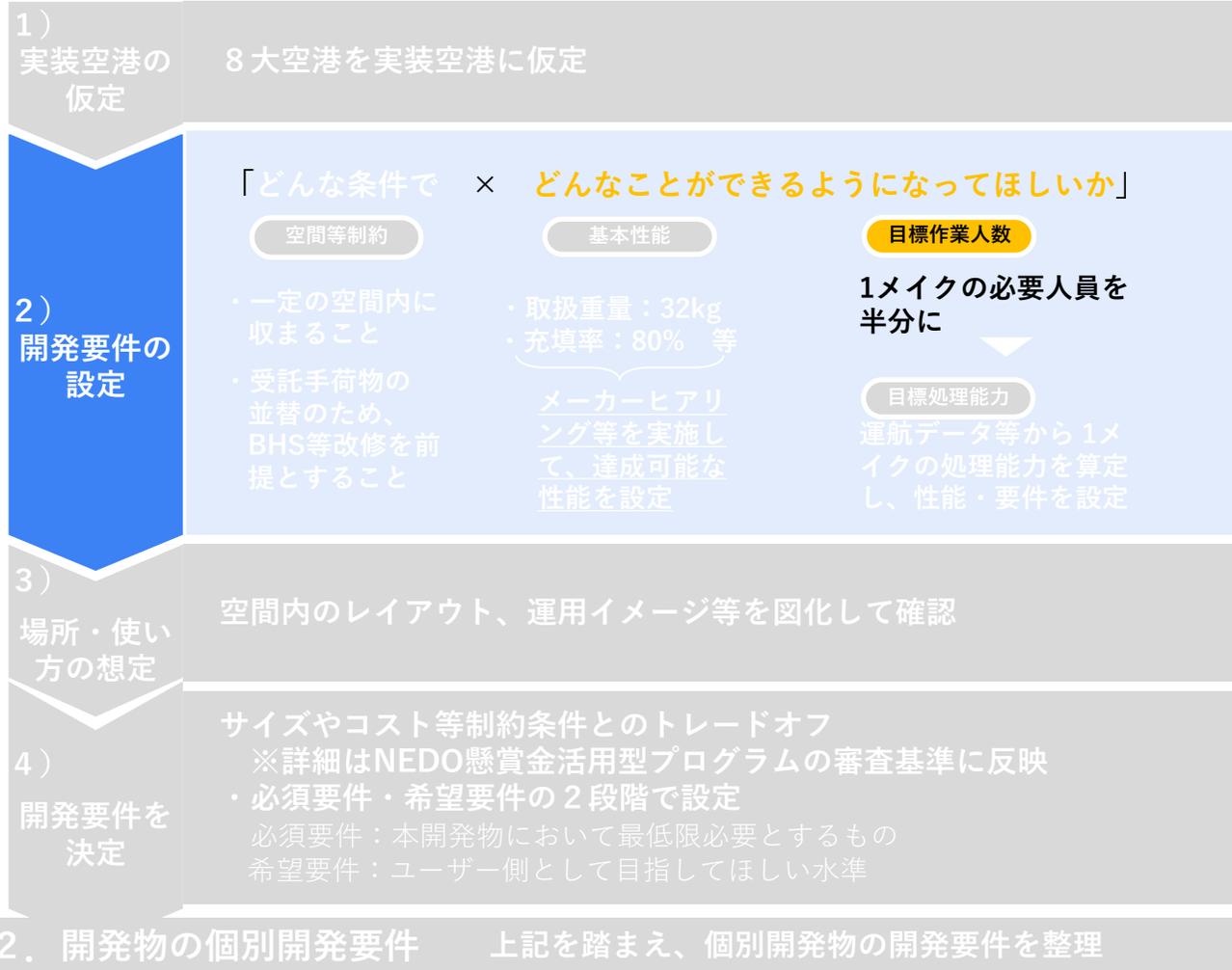
管理すべき指標(P)

- 目標要件 積付処理速度 : 後述する1メイクの目標処理能力を前提に提案すること
- 目標要件 エラー率 (荷崩れ含む) : 後述にて記載
- 必須要件 エラー発生時の対応 : エラー発生時に **停止しない** 又は **早急に復旧する仕組み** を導入すること
- 希望要件 充填率 : **80%*** ※容積あたりの数値、ヒトが対応する場合でも90-85%。必須要件は別途検討。
- 必須要件 破損の防止 : 通常の搬送範疇でありえない **破損*** を生じさせないこと
 ※軽微な汚れ・へこみは、中身の運搬に影響がないため破損には含めない
- 必須要件 積付後の状態 : 手荷物積付位置と扉の間にある **隙間の幅を、任意で指定・設定** できるようにすること。設定値*はコンテナの個体差に応じて調整可能とすること。 ※コンテストでは使用するコンテナ個体に応じて設定値を指定することを想定
- 希望要件 積付後の荷崩れ : 積付後にコンテナを移動させても **手荷物が崩れない** こと

1) 開発要件の設定 ～目標作業人数～

性能要件に係る制約条件の1つとして、省人化を目標の前提としたときの目標作業人数を検討・整理した。

1. 開発物の一体開発要件



目標作業人数

- 本開発導入後に達成すべき作業人数の目標は、人数の減らない「省力化」では価値が低く、監視者以外の人数をゼロとする「自動化」では実現性が分からないため、「**省人化**」を当面の目標とする。
- 具体的な省人化の目標人数は、磨き上げ時に精査することを前提に、現行の**半減**とする。

現在の1便当たりの作業人数 ※国内線

	機種タイプ	コンテナ台数	作業人数	(うち熟練者数)
A社	中型機	3~4台	<u>1~2人</u>	(1~2人)
	大型機	4~6台	<u>3~4人</u>	(1~4人)
B社	中型機	3~4台	<u>1~2人</u>	(1~2人)
	大型機	4~6台	<u>2~3人</u>	(2~3人)

現在の1メイク当たりの作業人数 ※国内線 (コンテナの台数や作業人数については各社の実績から算出)

メイクエリア配置パターン	ピーク時同時取扱便数 (便)	ピーク時同時取扱コンテナ台数 (台)	ピーク時同時作業人数 (人)
パターンA (開口12m×奥行20m)	<u>2便</u>	<u>12台</u>	<u>8人</u>
パターンB (開口24m×奥行26m)	<u>5便</u>	<u>16台</u>	<u>8人</u>
パターンC (開口40m×奥行20m)	<u>8便</u>	<u>44台</u>	<u>25人</u>

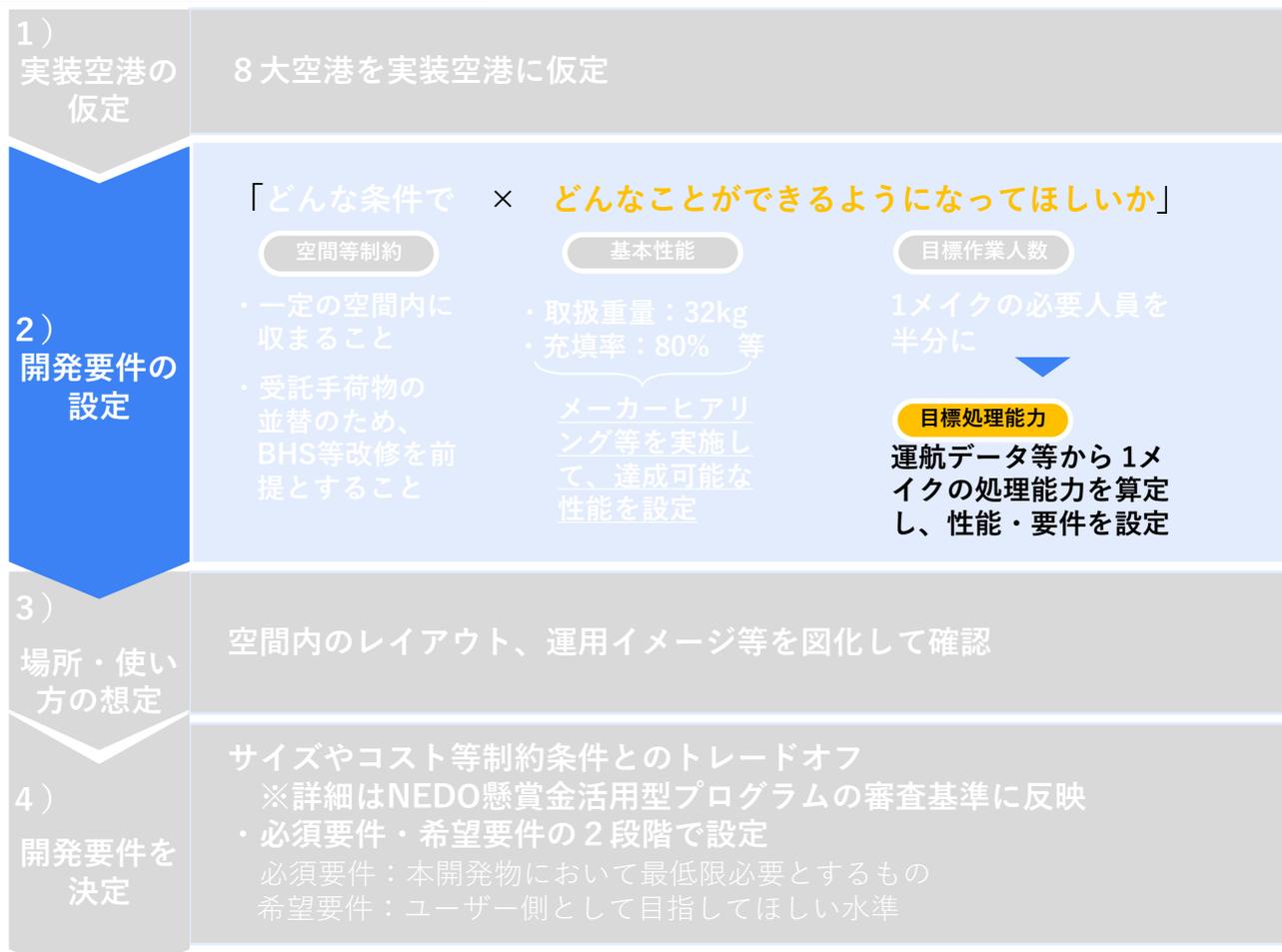
ロボット導入後の目標作業人数

目標作業人数
半減

1) 開発要件の設定 ~ 目標処理能力 ~

一定の空間等制約の範囲内で自由度のある開発を可能とし総合的に評価する形とした。
 ここでは、ヒトとロボットの協働作業全体での目標処理能力を整理した。

1. 開発物の一体開発要件



2. 開発物の個別開発要件

上記を踏まえ、個別開発物の開発要件を整理

目標処理能力

- メイクエリアの3つのパターン別に、ロボットとヒトの協働作業全体での目標処理能力を設定するために、羽田空港の1メイク当たりの同時取扱便数・コンテナ台数・手荷物個数のピーク時実態を調査・分析した。
- 結果、ピーク時最大の取扱数量は下表(a, b, c)の通りで、手荷物種別(通い箱等)に応じた作業分担割合を「ロボ:ヒト=77%:23%」と仮定すると、ピーク時1時間当たり目標処理能力は下表(d)の通りである。

検討方針

・手荷物の種別として、必須要件であれば77%は全てロボットが対応する。

○ロボットが行う作業

- ・必須要件とした手荷物の積付



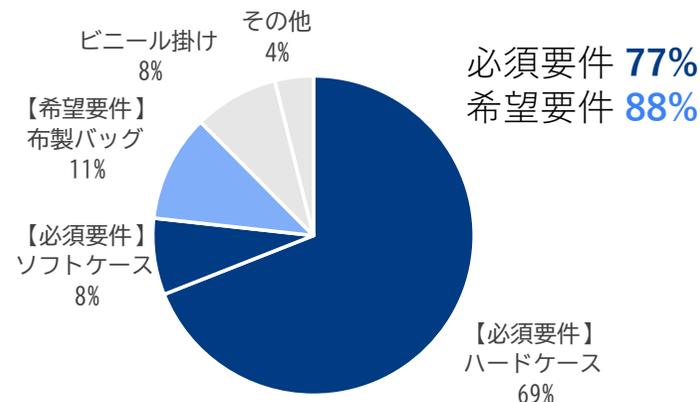
○ヒトが行う作業

- ・必須要件以外の手荷物の積付
- ・エラー対応



・エラー率は、ロボットに代替されることにより浮いた作業時間から算出する。

メイクエリア 配置パターン	ピーク時同時 取扱便数 (便)	ピーク時同時 取扱コンテナ台数 (台)	ピーク時105分 当たり取扱手 荷物個数 (個)	ピーク時1時間当 たりロボット取 扱手荷物個数 (個/hr)
	a	b	c(=b*40)	d(=c×0.77×60/105)
パターンA (開口12m×奥行20m)	2便	12台 (=6+6台/便)	約480個	約211個/hr
パターンB (開口24m×奥行26m)	5便	16台 (=2+4+2+4+4台/便)	約640個	約282個/hr
パターンC (開口40m×奥行20m)	8便	44台 (=6+5+3+8+5+7+3+7台/便)	約1,760個	約774個/hr



計測条件

日付	2021.07.29
時間	10:00-12:00
対象便	2便(羽田-石垣島/羽田-宮古島)

コンテナ1台あたりの手荷物は40個

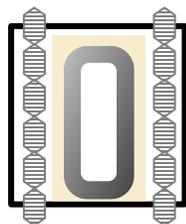
目標処理能力

○ NEDO懸賞金活用型プログラムでは、開発者が目標処理能力達成を前提として、ロボット1基当たりの処理速度や寸法、1メイクに設置するロボットの基数などを自由に設計し、提案することを可能とする想定。

ピーク時の配置イメージ

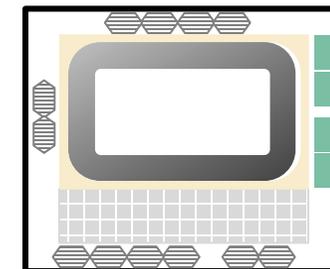
パターンA

6連結ドローリ×2編成が同時接車している状態
 ※ドローリの一部はエリアから少しはみ出す状態



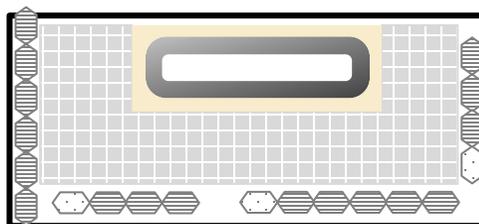
パターンB

4連結ドローリ×2編成、2連結ドローリ×2編成が同時接車し、次の1便計4台のコンテナの一部がステージに設置又は設置準備されている状態
 ※上記の他にバルクカート4台分の積付けも同時実施（ヒト作業）

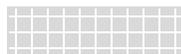


パターンC

6連結ドローリ2編成(コンテナ6+5台)、4連結ドローリ2編成(同3+3台)が同時接車し、次の4便計27台(=5+8+7+7)のコンテナの一部がステージに設置または設置準備されている状態



カルーセル



ステージ



ヒトの作業スペース



ドローリ



バルクカート

ロボット導入前後のヒトの単位作業時間

○ 作業人数を現行の半減とする省人化目標に照らしたエラー率を設定するため、ロボット導入後にヒトが担うべき作業項目をリストアップし、概算の所要時間を整理した。

ロボット導入後のヒトの作業項目および単位作業時間

通常作業			ヒトの単位作業時間				備考
作業区分	作業内容	分類	現在	ロボ導入後	差分	単位	
積付以外	コンテナの設置	残る	30	30	-	秒/台	オンドーリーがラックの横にある状態なら約30秒 (注：コンテナをどこからか引っ張ってくるなら約5分)
積付以外	コンテナ扉の開閉	残る	20	20	-	秒/台	1コンテナ当たり開ける約10秒+閉める約10秒
積付以外	システムにコンテナ登録	減る	20	0	-20	秒/台	1コンテナ当たり約20秒。ロボ導入後はロボットが実施
積付以外	安全柵の開閉	増える	0	30	+30	秒/台	1回当たり開ける約15秒+閉める約15秒
積付	手荷物積付け	減る	600	138	-462	秒/台	手荷物1個当たり約15秒【新人前提】、ロボ導入後は必須要件以外の手荷物のみ(0.23%)
積付	手荷物個数確認	減る	120	28	-92	秒/台	120秒/台(コネクション、プライオリティをシステムとスタブシート双方確認の上、デリバリーシート転記) / ロボット導入後はシステム管理へ移行、ロボ導入後は0.23%
積付以外	コンテナの移送・固定	残る	30	30	-	秒/台	
積付以外	計	-	100	110	+10	秒/台	取扱コンテナ1台当たりの作業時間計
積付	計	-	720	166	-	秒/台	取扱手荷物1個当たりの作業時間計
コンテナ1台あたりのヒトの作業時間合計		-	820	276	-544	秒/台	

・コンテナ1台当たり手荷物40個と設定

・ロボットの取扱手荷物個数は全体の77%※1(必須要件)と設定。

※1：ヒトの作業時間の過小評価を避けるため、手荷物種別割合のうち必須要件(ハード手荷物等)の割合77%で設定。

エラー率の推計(参考値)

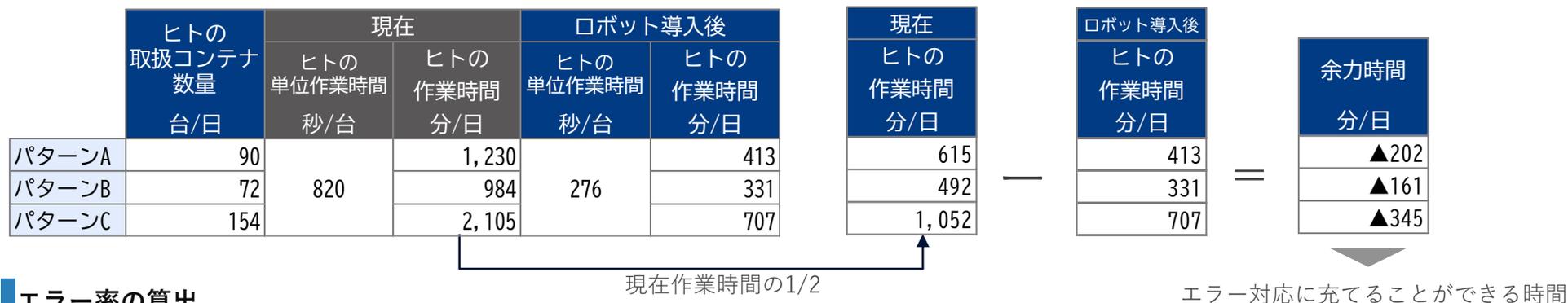
○ ロボット導入後のヒトの余力時間と、エラー1回当たりの対応に必要なヒトの作業時間等に基づき、エラー率等を参考値として算出した。

《エラー率推計の前提条件および算出方法》

- ロボット導入前後の1メイク1日当たり全取扱数量は、羽田のピーク時の実績値から設定。
- 1日のヒトの余力時間などから許容されるエラー回数を設定。
- エラー回数を、取扱数量で除して得られた比率をエラー率と設定。

※ここで算出した値は参考値であり、今後詳細整理のうえ指定する

ロボット導入前後のヒトの作業時間および余力時間

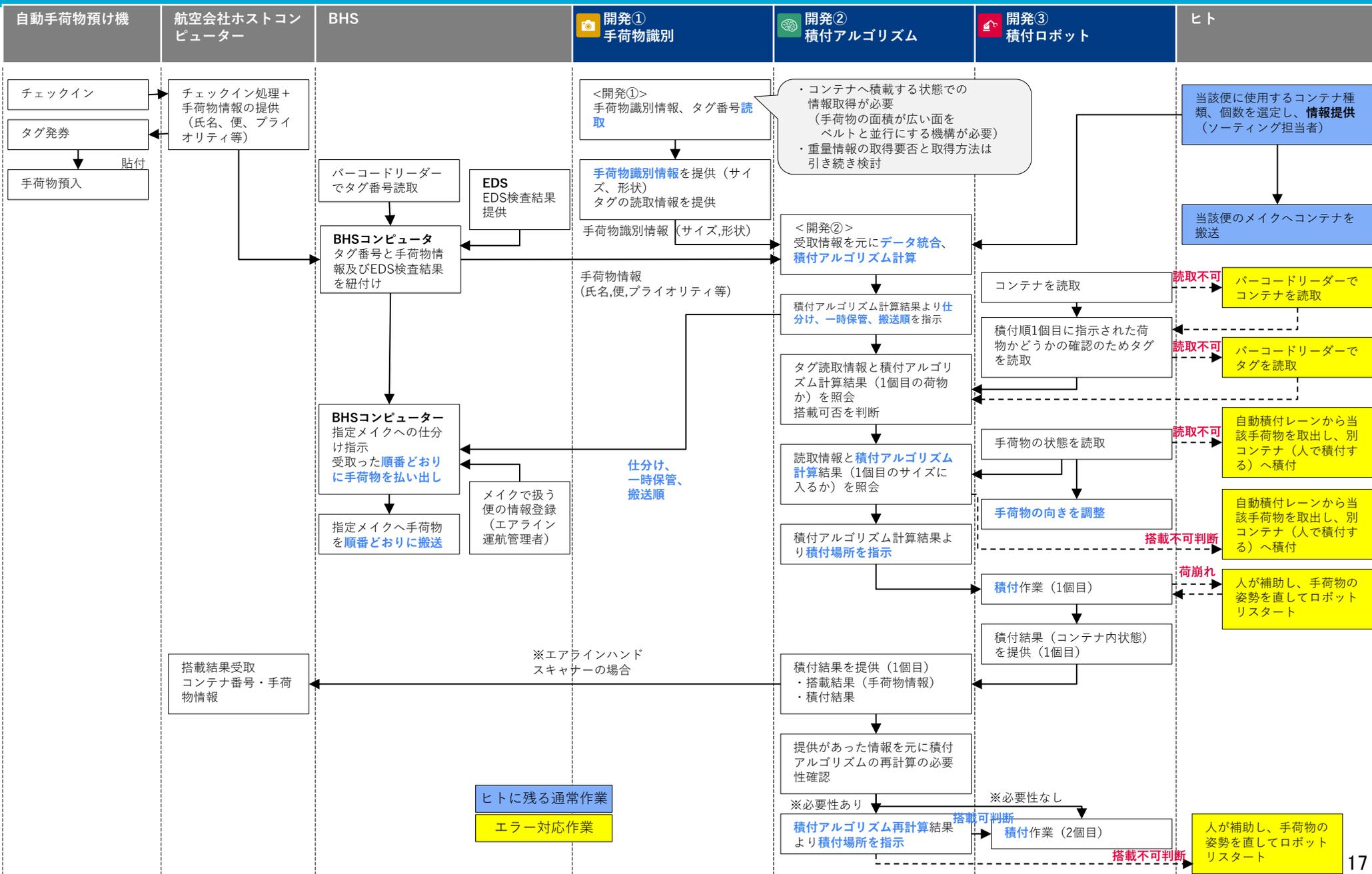


エラー率の算出

	ロボット導入後					
	全取扱数量 コンテナ 台/日	余力時間 分/日	エラー回数・エラー率の推計			
			作業時間 分/回	回数 回/日	1コンテナあたり 許容される 荷崩れ回数	手荷物100個 あたりの 荷崩れ個数
パターンA	90	+202	9 ※エラー1回 あたり32個 積み直す場合	22.4	0.25	0.81%
パターンB	72	+161		17.9		
パターンC	154	+345		38.3		

<16個積み直す場合>		<5個積み直す場合>	
1コンテナあたり 許容される 荷崩れ回数	手荷物100個 あたりの 荷崩れ個数	1コンテナあたり 許容される 荷崩れ回数	手荷物100個 あたりの 荷崩れ個数
0.45	1.45%	1.0	3.23%

積付ロボット導入後の作業フロー案



開発物の目標性能要件

○ これまでの検討をとりまとめると目標性能要件は以下の通りとなる。

基本性能	
共通	対象手荷物 種類：キャリーケース等 必須要件 重量：3～32kg/個 必須要件 寸法：110×76×50等 必須要件 対象コンテナ 型式：LD3等 必須要件 可変設定：コンテナ型式・台数・使い分け 必須要件
	管理指標 積付処理速度：目標処理能力を達成可能な速度※ 目標要件 エラー率（荷崩れ含む）：エラー発生時の荷崩れ個数等で変動※ 目標要件 エラー発生時の早期復旧の仕組み 必須要件 充填率：80%※ 希望要件 破損防止：手荷物を破損させない 必須要件 手荷物積付位置と扉の隙間幅の任意設定可 必須要件 積付後に手荷物が崩れない 希望要件

※詳細整理のうえ改めて指定する。

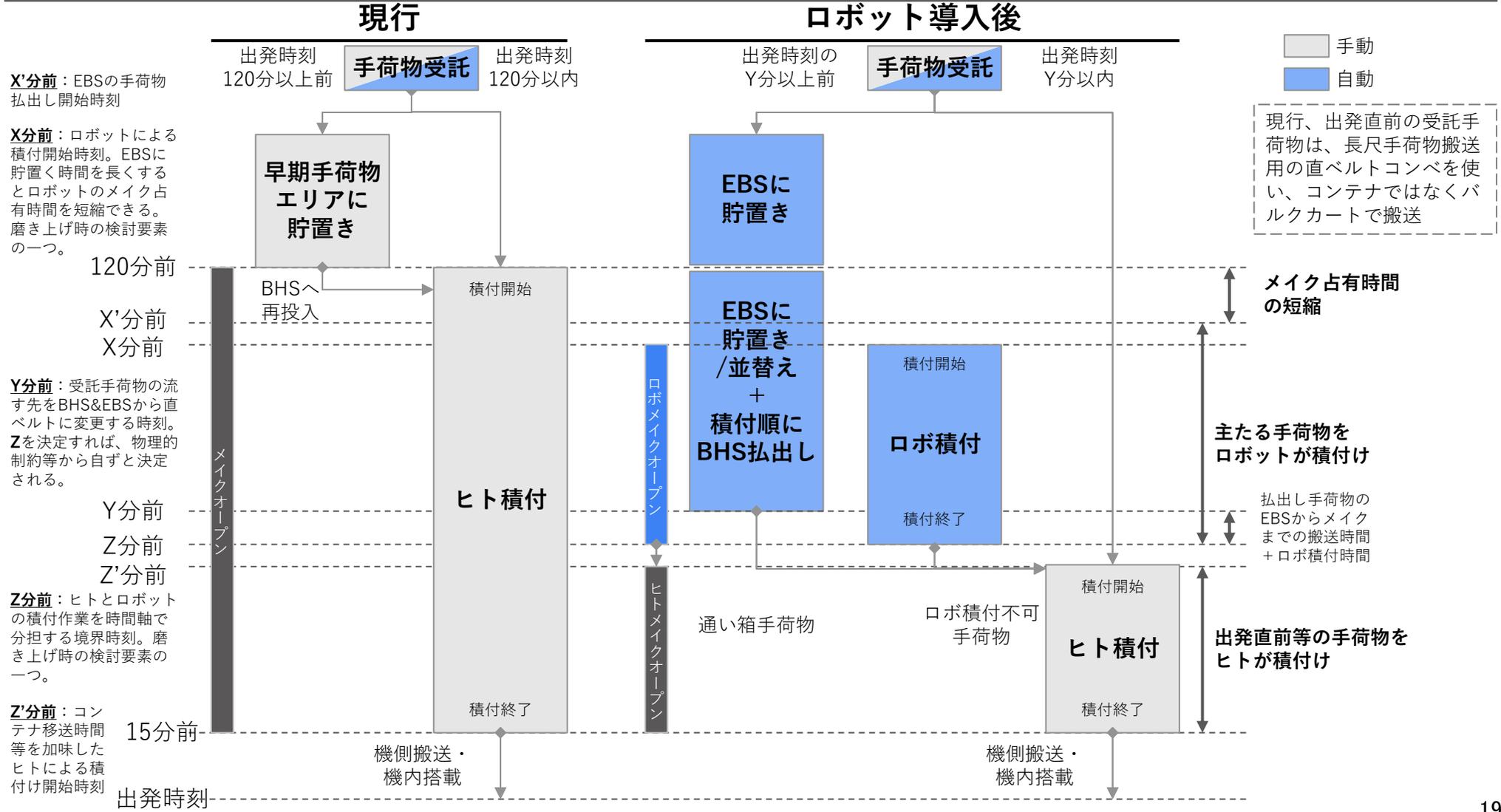
メイクエリア 配置パターン	空間制約 間口×奥行×高さ(m)	ピーク時同時 取扱便数 (便)	ピーク時同時 取扱コンテナ台数 (台)	ピーク時1時間当たり 取扱手荷物個数 (個/hr)
パターンA	12m×20m×○m※	2便	12台	約211個/hr
パターンB	24m×26m×○m※	5便	16台	約282個/hr
パターンC	40m×20m×○m※	8便	44台	約774個/hr

※詳細整理のうえ改めて指定する。

○ 開発者は、メイクエリアの空間制約のもと、ヒトとロボットの協働作業全体で、同時取扱数量を実現可能な、ロボット1台当たりの処理速度や寸法、1メイクに設置するロボットの基数、メイクエリアの配置・レイアウト、ヒトとロボットの協働運用などを自由に設計し、提案することとする。

時間軸に応じたロボットの分担割合 ~時間軸の業務フロー~

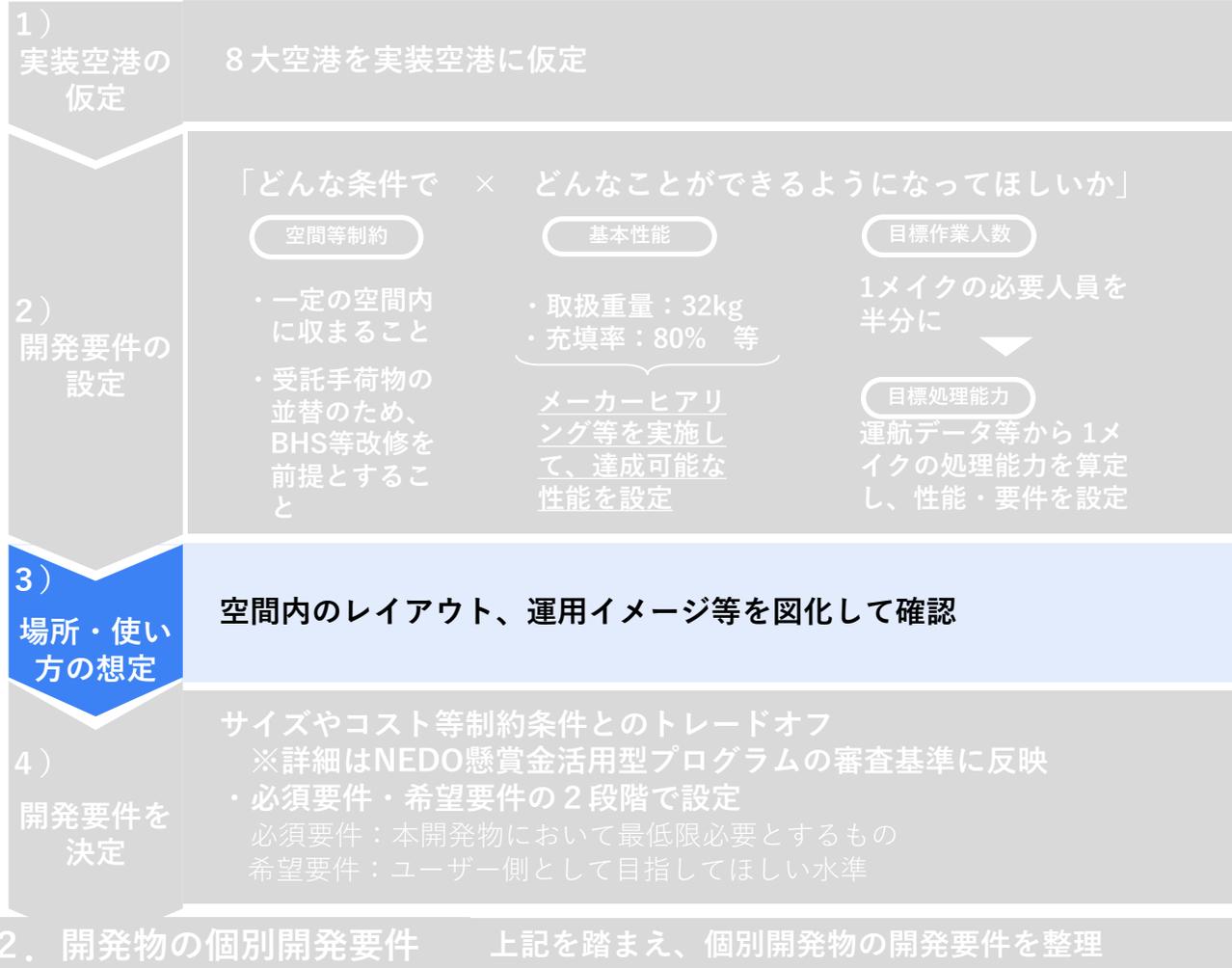
- ロボット導入後は、主たる手荷物をロボットが積付けた後、出発直前の手荷物等をヒトが積付ける。
- ロボットとヒトの時間軸に応じた分担割合は、磨き上げ時の検討要素の一つである。(提案要素の一つ)
- ロボットの積付時間を集中させる(積付開始時刻を遅らせる)ことで、メイク占有時間の短縮も可能となる。



2) 場所と使い方の想定 空間内検証

場所と使い方を踏まえ、指定したメイクエリア内での実現可能性を確認した。

1. 開発物の一体開発要件



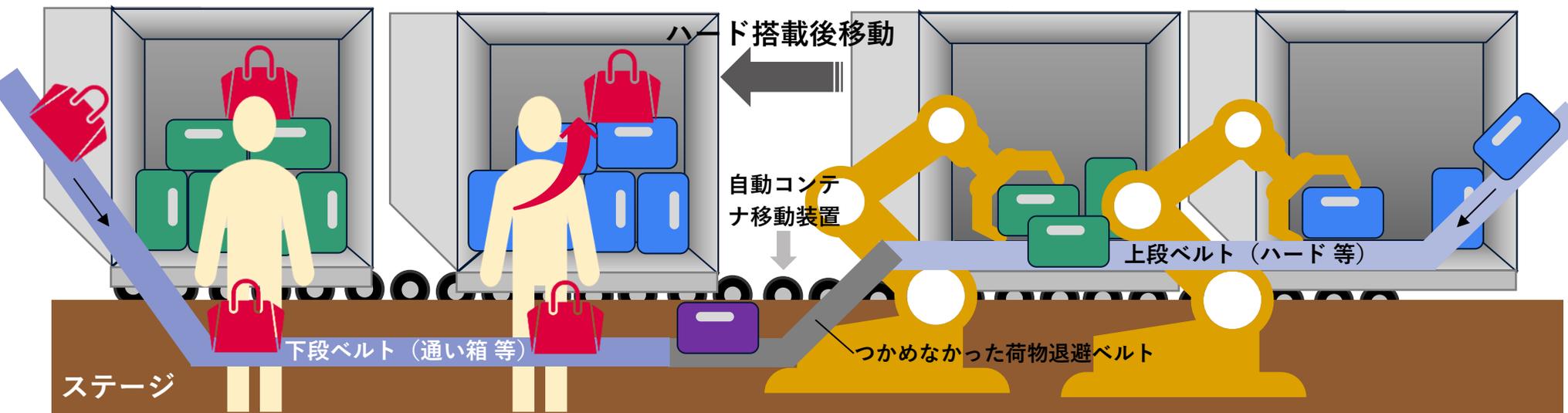
積付ロボットの設置イメージ一例

○ 積付ロボットの寸法や、ヒトとロボットの協働運用等に係る提案の参考としてもらうために、積付ロボットの設置イメージの一例を作成した。

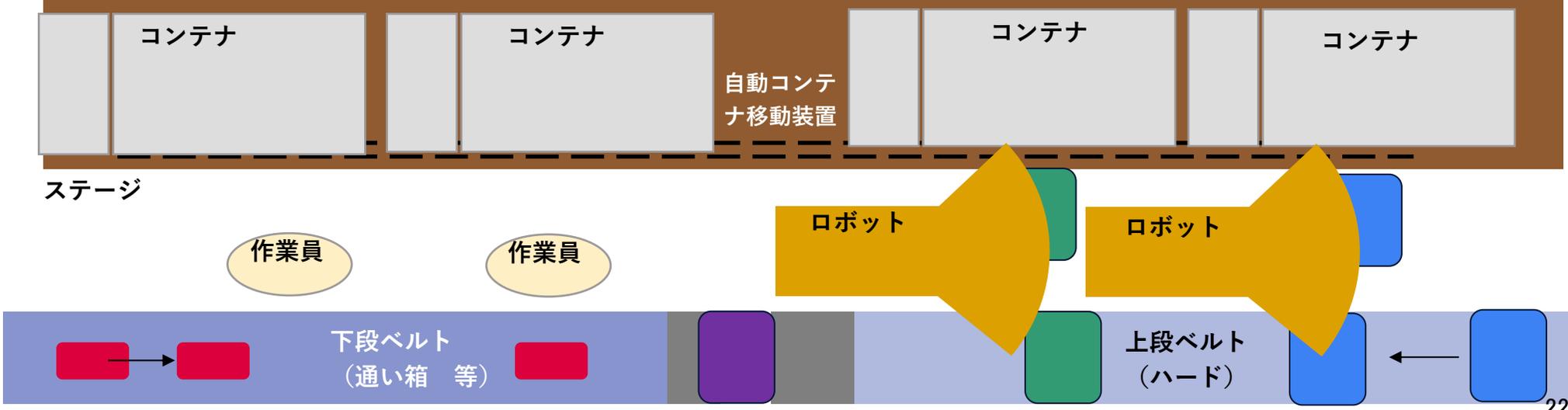
- ここでは、以下の3つのパターンのイメージ図を例示的に作成した。
 - 2段組タイプ①ロボットと人が同じ側で作業、コンテナはドーリーで移送
 - 2段組タイプ②ロボットと人が逆側で作業、コンテナはドーリーで移送
 - L字タイプ ロボットと人が別の異なるレーンで作業、コンテナはステージ上で移送
- 産業用ロボットを開発する場合、安全柵の設置が必要となることから、そのイメージを先行事例から整理した。
- NEDO懸賞金活用型プログラムでは、開発者が設置イメージを自由に設計し、提案することとする想定。

2段組タイプ①(横から) ①=ロボットと人が同じ側

- メリット : ロボットの作業後の、ヒトの作業スペースへの移動距離や時間が短い
- デメリット : ロボットの大きさのスペース分、作業員のスペースにデッドスペースが生じる

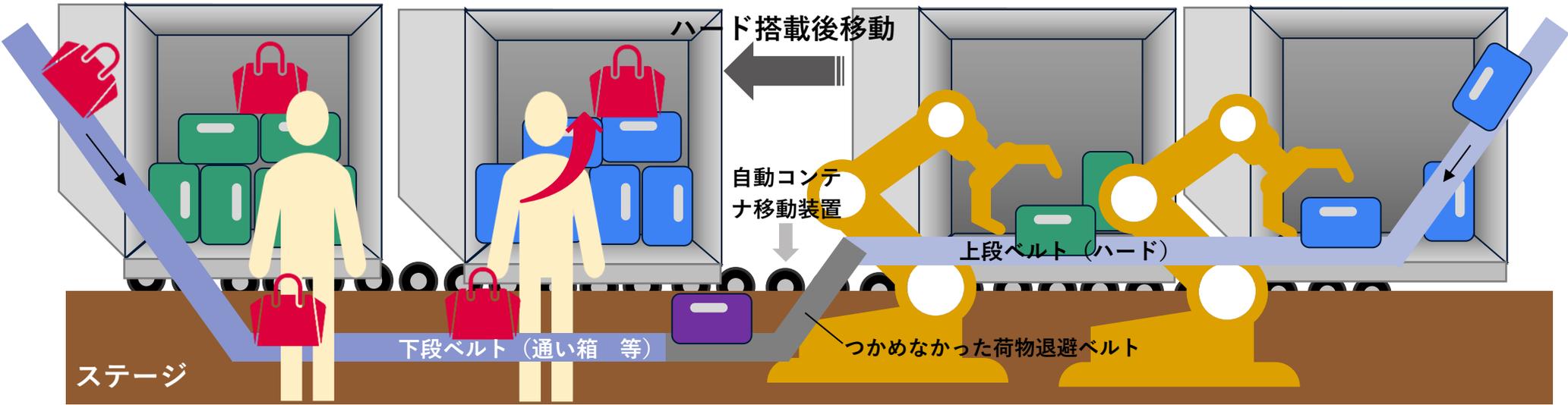


2段組タイプ①(上から) ①=ロボットと人が同じ側

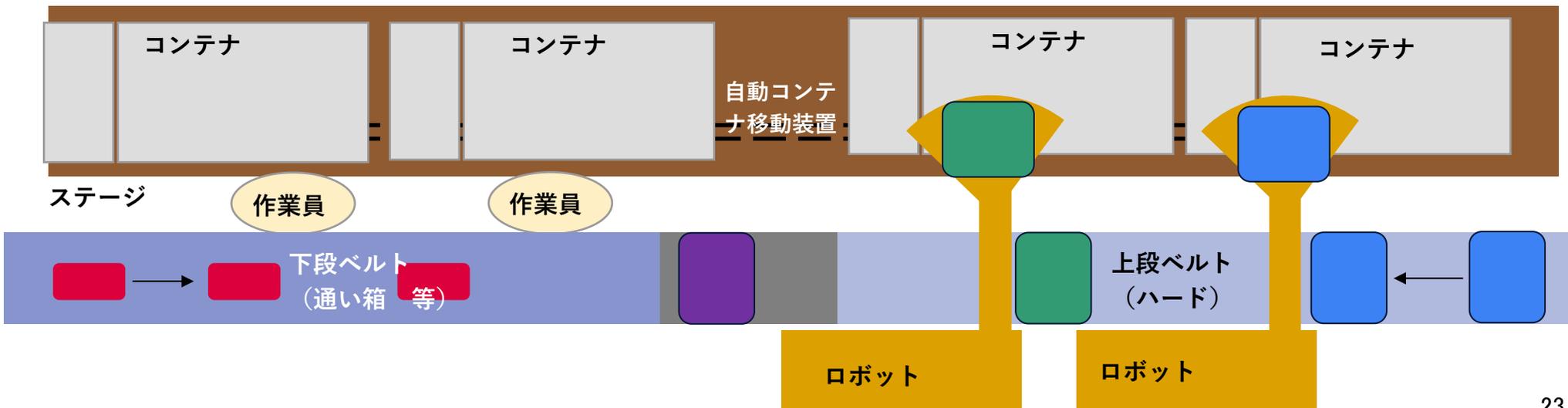


2段組タイプ②(横から) ②=ロボットと人が逆側

- メリット : ストレートレーンとコンテナの間が狭く、スペースを効率的に活用できる
- デメリット : ロボットの性能構築が複雑かつ、動作が非効率となってしまう



2段組タイプ② (上から) ②=ロボットと人が逆側

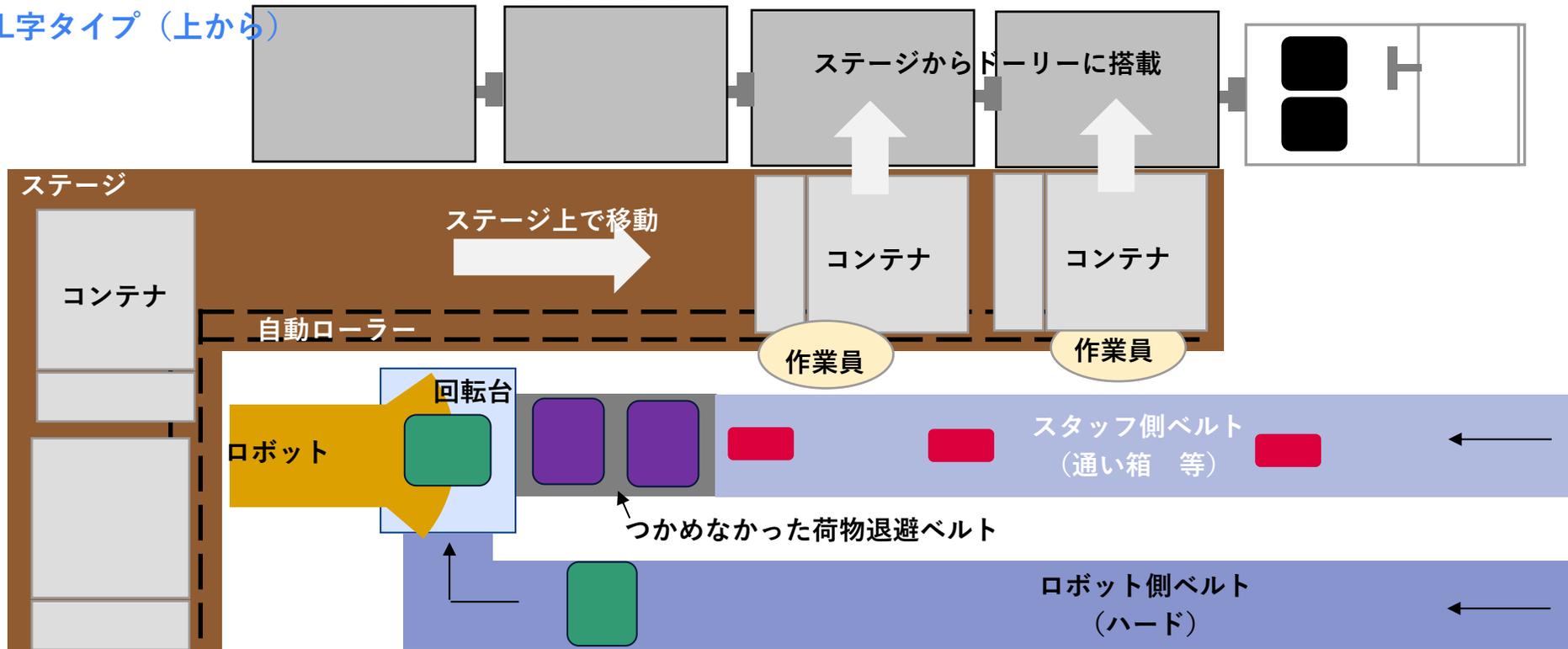


L字タイプ(横から)

- メリット : ロボットとヒトの位置を分けることでレーンとコンテナの間が狭くなり効率的なスペース活用ができる
- デメリット : レーンの使い分けや、コンテナの動きが一直線の場合と比べて、やや複雑になってしまう



L字タイプ (上から)



参考:安全柵のイメージ(既存事例)

- 産業用ロボットを開発する場合、安全柵を設置すること。
- なお産業用ロボット安全柵基準は、ISO※を参照すること。
※JISB9716:2019 機械類の安全性—ガード—固定式及び可動式ガードの設計及び製作のための一般要求事項

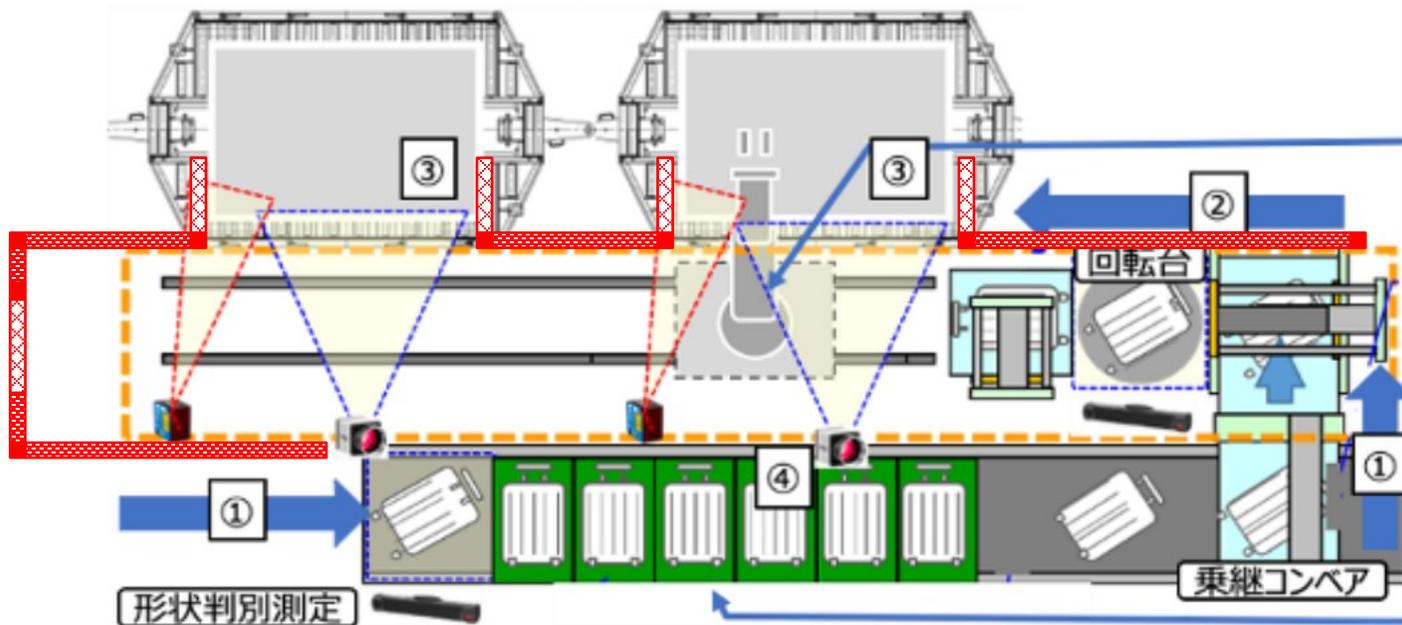


参考：安全柵のイメージ(既存事例)

○ 産業用ロボットを開発する場合、安全柵を設置すること。

 安全柵 (可動式)

 安全柵 (固定式)



参考：メイクのレイアウトイメージ図(一例)

- 開発者は、メイクエリアの一定の空間制約のもとで、積付ロボットやベルトコンベア、ステージ、ヒトの作業スペース、ドリー接車などの配置・レイアウトを提案する必要がある。
- ここでは、そうした検討の参考とするためにメイク全体の配置・レイアウトの一例を示す。

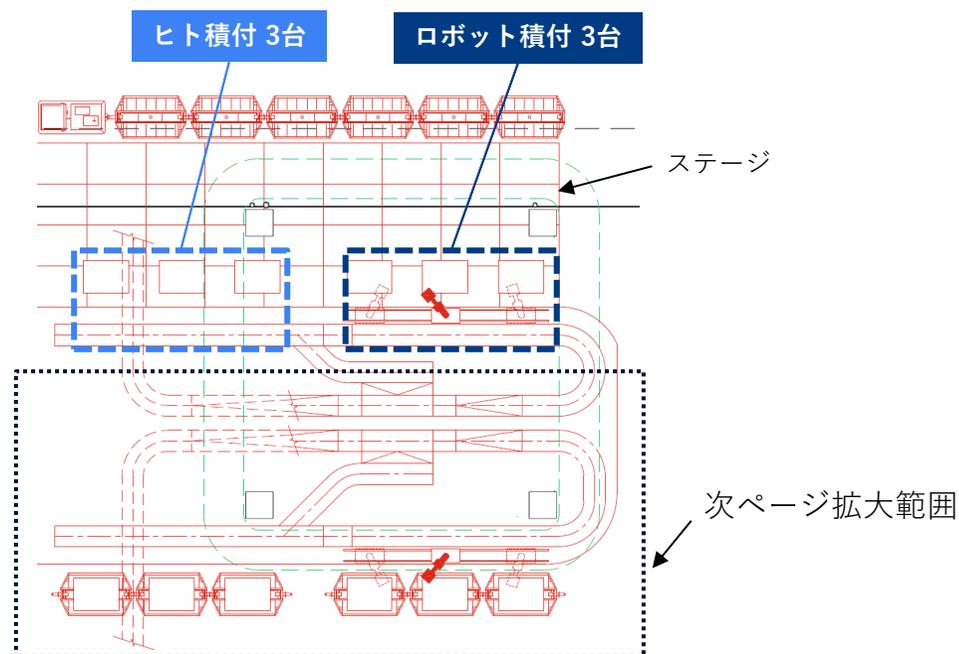
メイクのレイアウトイメージ (メイクエリア・パターンBの一例) (間口24m×奥行26m)

1ユニットの構成

- ロボットによるコンテナ積付 : ULD 3台
- ヒトによるコンテナ積付 : ULD 3台

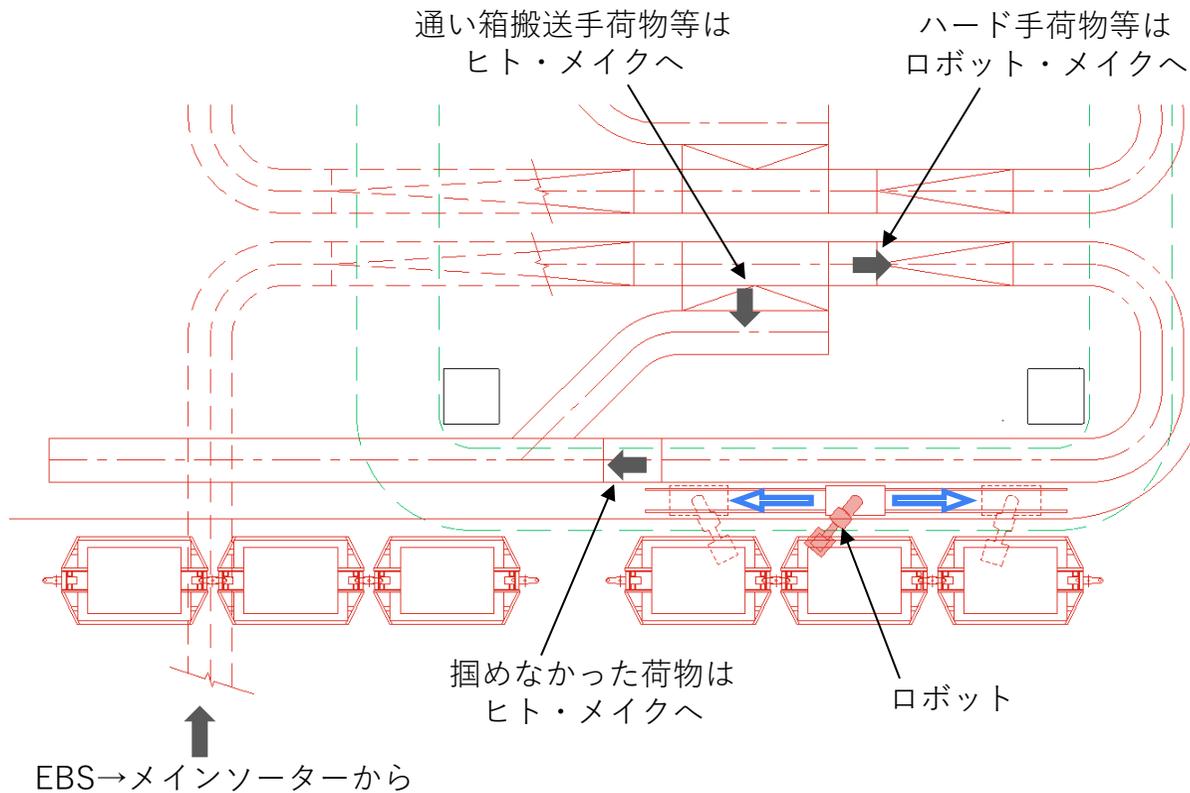
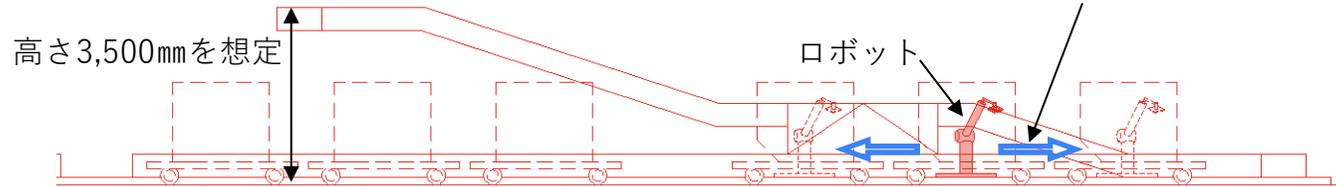
1ユニットの同時取扱台数

- コンテナ6台連結×1編成
- コンテナ3台連結×2編成



参考：メイクのレイアウトイメージ拡大図(一例)

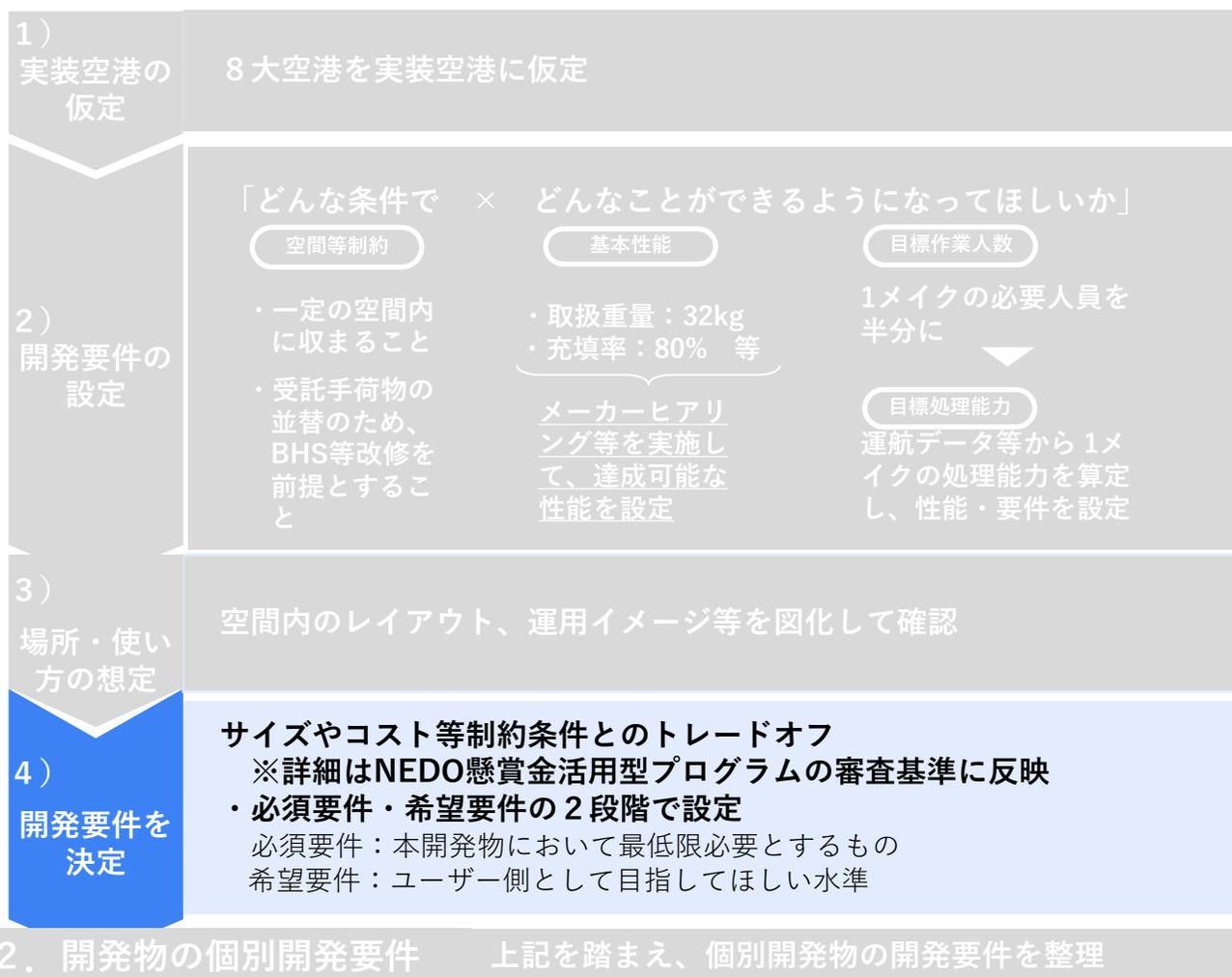
- ロボットを複数設置する場合は、同時に複数台へ積付け
- ロボットを1基のみ設置し、移動可能とする場合は、順番で3台に積付け



4)開発物の性能・要件決定

これまでの検討を踏まえ、一体開発を前提としたときの開発物の要件を整理した。

1. 開発物の一体開発要件





○ 開発物に求める要件(機能・構成・性能・信頼性)は以下のとおり。

○ 開発物は、機能詳細一覧のすべての機能を備えること。(※次スライド参照)

○ 開発物は、外部インターフェースを備えること。(※次々スライド参照)

No.	項目	評価方法	内容
1	寸法	加点	ロボット寸法の上限は、縦・横は自由、高さは必須○m(希望○m)1メイク当たり目標処理能力実現を前提に、自由に提案すること。 ※寸法が小さい程、加点要素とする。
2	作動域	必須	コンテナの奥まで搭載できるような作動域とすること。
3	種類	-	種類は問わない。 ※産業用ロボット/協働ロボット共に可能。
4	型式	-	型式は問わない。 ※据付型/移動型共に可能。
5	メイク形状	加点	ストレート型を前提とすること。現行のカーセル型に対応できる提案は加点とする。
6	手荷物向き調整装置	-	積付ロボットの性能に応じて開発者自らの判断で仕様を決め開発すること
7	手荷物の搭載の向き	加点	ハード手荷物の取っ手ならびにタグは、コンテナの手前に向くように搭載すること。 もしくは、積付位置がトラッキングできるようエアライン側へ情報連携できるようにすること。
8	手荷物情報受取	必須	将来の導入を見据えて、BHS側からBSM形式(便名、タグ番号、重量など)で受領できるようにすること。
9	バーコードリーダーの設置	必須	手荷物を積付ける前に、バーコードリーダーで手荷物タグを読み、BHSからの手荷物情報と積付対象の手荷物が合致しているか突合せすること。 もしくは、画像認識等のバーコードリーダーを代替する技術を導入し、手荷物情報が合致しているか突合せすること。
10	コンテナ内部積付状態のセンシング装置	必須	積付位置計算機能に資する情報を取得すること。 コンテナ内部の状態を常に監視すること。 カメラの位置は、ロボット本体でも、ロボット以外でも構わない。
11	外部インターフェース機能	-	アルゴリズムが外部システムの場合においても、積付位置指示情報等が連携できるようにすること。



○ 開発物に求める要件(機能・構成・性能・信頼性)は以下のとおり。

No.	項目	評価方法	内容
12	外部インターフェース機能(実施結果)	必須	将来の導入を見据えて、積付実施結果をエアラインシステム(BRS等)へ共有できるようにすること。
13	積付完了の通知	必須	ロボットによる積付作業が完了したことを、何らかの方法(音、色等)で作業員に通知すること。
14	積付時のコンテナの傾き	-	積付時に必要に応じて、コンテナの扉の面を上向きになるよう角度を傾けても良いこととする
15	人とロボットの協働イメージ	加点	1メイク当たり目標処理能力実現を前提に、1メイクに設置するロボットの台数、メイクエリアの配置・レイアウト、ヒトとロボットの協働運用などを自由に設計し、提案することとする。
16	エラーを発生させない	-	タグやキーホルダーを巻き込まないように工夫すること
17	エラー発生時の対応	必須	エラーが発生しても、ロボットが停止しないまたは早急に復旧する仕組みを検討すること。 Ex.必要に応じてストレージラックを用意する等
18	荷崩れした時のリカバリー	加点	ロボットの積付再開が素早く実施できること。
19	荷崩れした時のリカバリー	必須	手荷物が落下した場合、それをロボットが認識し、それ以降の手荷物積付ロジックの再計算を可能とすること。また崩れなかった手荷物の状態から、積付けを再開できること。
20	荷崩れした時のリカバリー	-	落下した手荷物を、後から作業者がまとめて回収する運用を想定すること。 なお、ロボットの可動域に手荷物が落下した場合、手荷物を破損させる恐れがあるため、その場合は手荷物の回収を優先させること。
21	荷崩れした時のリカバリー	加点	有効なりカバリー方法を提案すること。

※また、コンテナを自動的に設置等する可能性があることも念頭に置いたものとする



○ 開発物の機能は以下の通り(メイン機能がNo.1~2、サブ機能がNo.3~8)。

機能詳細一覧

No.	機能	入力	処理	出力	設置場所	処理タイミング
1	手荷物向き調整機能	手荷物向きセンシングデータ等	手荷物向き調整	[手荷物]※向き調整後	荷捌き場	積付の直前
2	手荷物積付機能	[手荷物]※向き調整後	手荷物積付	[積付手荷物]	荷捌き場	積付時
3	データ送受信機能	<AL/HC>	データ受信	コンテナ情報	(場所不問)	便出発時刻の2時間前
〃	〃	<BHS>	データ受信	手荷物情報	〃	リアルタイム (手荷物センシング時)
〃	〃	統合情報(便・コンテナ・手荷物・積付位置情報)	データ送信	<AL/HC>	〃	リアルタイム(コンテナ1台積付終了後すぐ)
〃	〃	搬送順番指示(便・コンテナ・手荷物・積付順情報)	データ送信	<BHS>	〃	リアルタイム (EDS検査後すぐ)
4	コンテナセンシング機能	[コンテナ]	コンテナセンシング	コンテナセンシングデータ等	荷捌き場	メイクへのコンテナ搬送後
5	手荷物タグセンシング機能	[手荷物]	手荷物タグ番号センシング	手荷物タグセンシングデータ等	荷捌き場	手荷物のメイク投下後すぐ
6	手荷物向きセンシング機能	[手荷物]	手荷物センシング	手荷物向きセンシングデータ等	荷捌き場	手荷物のメイク投下後すぐ
7	アラート発出機能	搭載可否判断「否」	アラート発出	アラート	荷捌き場	不具合検出後すぐ
8	コンテナ内積付状態センシング機能	[コンテナ内部]	コンテナ内部センシング	コンテナ内部積付状態センシングデータ等	荷捌き場	リアルタイム(手荷物1個積付後逐次)

○ 一体開発物の外部インターフェースは以下のとおり。

外部インターフェース



○ これまでの検討をとりまとめると目標性能要件は以下の通りとなる。

基本性能	
共通	<p>対象手荷物 種類：キャリーケース等 必須要件 重量：3～32kg/個 必須要件 寸法：110×76×50等 必須要件</p> <p>対象コンテナ 型式：LD3等 必須要件 可変設定：コンテナ型式・台数・使い分け 必須要件</p>
	<p>管理指標 積付処理速度：目標処理能力を達成可能な速度※ 目標要件 エラー率（荷崩れ含む）：エラー発生時の荷崩れ個数等で変動※ 目標要件 エラー発生時の早期復旧の仕組み 必須要件 充填率：80%※ 希望要件 破損防止：手荷物を破損させない 必須要件 手荷物積付位置と扉の隙間幅の任意設定可 必須要件 積付後に手荷物が崩れない 希望要件</p>

※詳細整理のうえ改めて指定する。

メイクエリア 配置パターン	空間制約 間口×奥行×高さ(m)	ピーク時同時 取扱便数 (便)	ピーク時同時 取扱コンテナ台数 (台)	ピーク時1時間当たり 取扱手荷物個数 (個/hr)
パターンA	12m × 20m × ○m※	2便	12台	約211個/hr
パターンB	24m × 26m × ○m※	5便	16台	約282個/hr
パターンC	40m × 20m × ○m※	8便	44台	約774個/hr

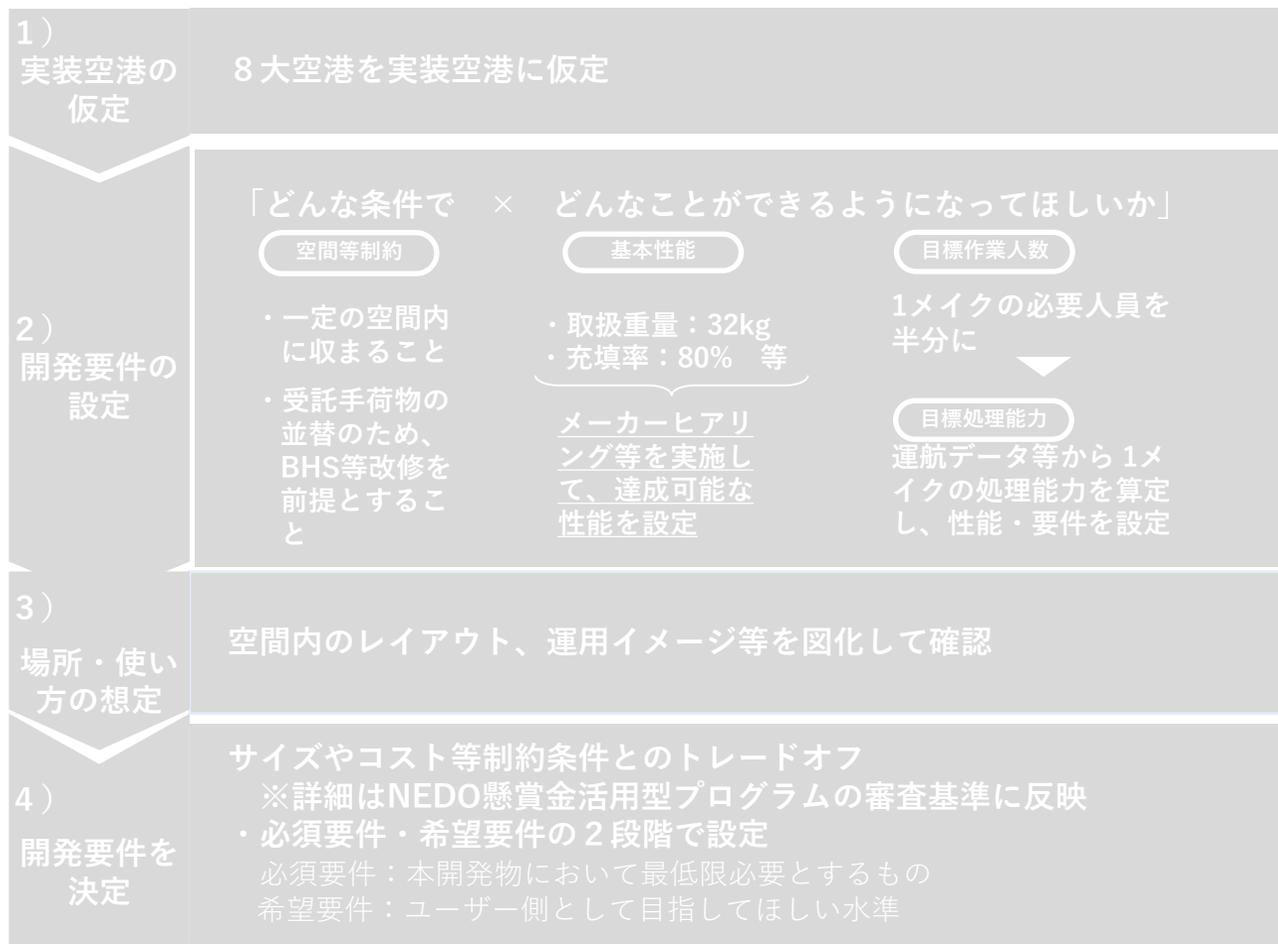
※詳細整理のうえ改めて指定する。

○ 開発者は、メイクエリアの空間制約のもと、ヒトとロボットの協働作業全体で、同時取扱数量を実現可能な、ロボット1台当たりの処理速度や寸法、1メイクに設置するロボットの基数、メイクエリアの配置・レイアウト、ヒトとロボットの協働運用などを自由に設計し、提案することとする。

3. 開発物の個別開発要件

積付アルゴリズム等の各技術開発の要件をユーザー・メーカーへのヒアリング結果を踏まえ検討した。

1. 開発物の一体開発要件



2. 開発物の個別開発要件

上記を踏まえ、個別開発物の開発要件を整理

開発物の全体構成

- 開発物の全体構成は以下のとおり。
- NEDO懸賞金活用型プログラムでは、積付アルゴリズム等の個別要素技術を開発し、その後の空港外実証や空港内実証で、開発物相互やBHS等の既存システムと接続したシステム全体を構築する。

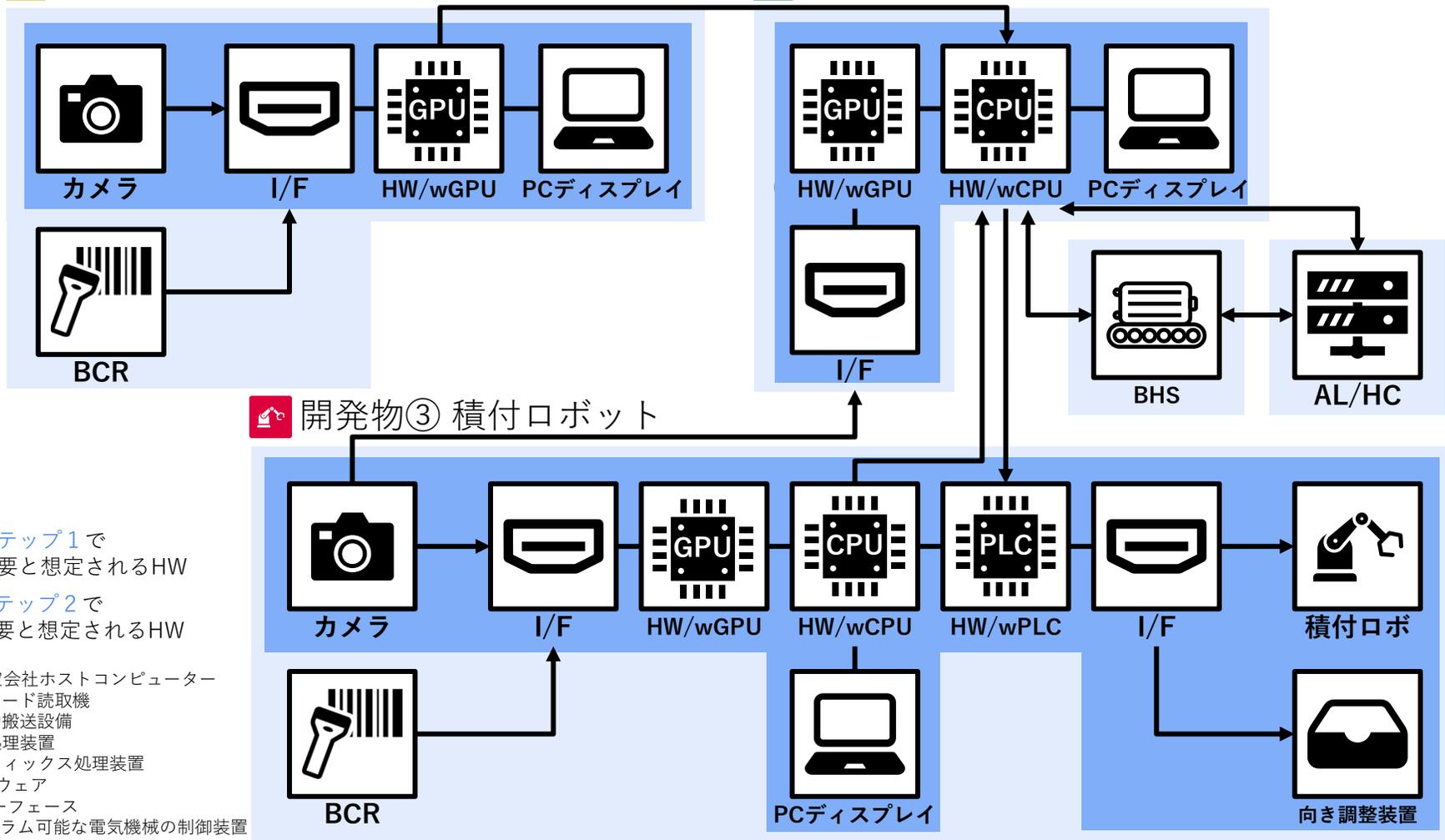
開発物① 手荷物識別

開発物② 積付アルゴリズム

開発物③ 積付ロボット

- ステップ1で必要と想定されるHW
- ステップ2で必要と想定されるHW

AL/HC：航空会社ホストコンピューター
 BCR：バーコード読取機
 BHS：手荷物搬送設備
 CPU：中央処理装置
 GPU：グラフィックス処理装置
 HW：ハードウェア
 I/F：インターフェース
 PLC：プログラム可能な電気機械の制御装置



開発物および既存BHS等の機能分担案

○ 開発物①～③及び既存BHS等との機能分担詳細は以下のとおり。

	 開発物① 手荷物識別	 開発物② 積付アルゴリズム	 開発物③ 積付ロボット	BHS	ヒト・その他
メイン機能	<ul style="list-style-type: none"> 手荷物センシング 手荷物センサデータ等解析・識別情報生成 ※重量の可否と取得方法は引き続き検討 	<ul style="list-style-type: none"> 手荷物の最適な積付順番計算 手荷物の最適な積付位置計算 	<ul style="list-style-type: none"> センサデータ等に応じた手荷物の向き調整 アルゴリズムの指示に応じた手荷物積付 	<ul style="list-style-type: none"> 手荷物仕分け・搬送、EDS検査 アルゴリズムの指示に応じた手荷物の仕分け、一時保管、順番通りの搬送 	<ul style="list-style-type: none"> メイクへのコンテナ搬送 積付補助、通い箱搬送・大型手荷物の積付 積付ロボの監視・補助
サブ機能	<ul style="list-style-type: none"> データ送信 	<ul style="list-style-type: none"> データ送受信 データ統合 BHSに手荷物の仕分け、一時保管、搬送順番指示 積付ロボに手荷物積付位置指示 	<ul style="list-style-type: none"> データ送受信 コンテナ番号の読取・照合 手荷物タグ番号の読取・照合 手荷物向きのセンシング コンテナ内積付状態センシング アラート発出機能 	<ul style="list-style-type: none"> データ送受信 バーコードリーダーで手荷物タグ番号読取 手荷物二次情報生成（手荷物一次情報＋EDS検査結果） 	<ul style="list-style-type: none"> 手荷物預入、タグ発券、手荷物にタグ付け 手荷物一次情報生成（氏名・便・プライオリティ等）
設置場所	<ul style="list-style-type: none"> ベルトが1か所に集約する位置 	<ul style="list-style-type: none"> コンピューター内 	<ul style="list-style-type: none"> 荷捌き場 	<ul style="list-style-type: none"> チェックイン～荷捌き場 	主な処理場所・位置
処理タイミング	<ul style="list-style-type: none"> 手荷物のベルト投入後、ベルトが1か所に集約するタイミング 	<ul style="list-style-type: none"> 積付順番計算は手荷物EDS検査後すぐ 積付位置計算は積付の直前 	<ul style="list-style-type: none"> コンテナ番号の読取はメイクへのコンテナ搬送後 手荷物タグ読取・向きセンシングは積付の直前 向き調整は積付の直前 	<ul style="list-style-type: none"> 手荷物タグ番号読取は手荷物のベルト投入後、ベルトが1か所に集約するタイミング 	<ul style="list-style-type: none"> 手荷物一次情報生成はチェックイン及び手荷物発券時



○ 開発物に求める要件(機能・構成・性能・信頼性)は以下のとおり。

- 開発物は、**機能詳細一覧**のすべての機能を備えること。(※次スライド参照)
- 開発物は、**外部インターフェース**を備えること。(※次々スライド参照)
- 手荷物識別情報は、少なくとも下記の情報を生成すること。
 - 手荷物素材・形状の識別 **ハード／特殊ハード／ソフト**の3区分
 - 手荷物寸法の識別 **直方体・多角形等**を問わず開発者自らの判断で仕様を決め開発すること
- ※ **タグやキーホルダーは外寸に含めないように識別すること**
- ※ 手荷物識別情報の区分・精度等は、運用者及び②～③開発者との調整より変更する可能性がある
- 設置場所は、**カウンター/SBDで預り後のBHSレーン上**を想定すること
- カメラ/センサーの種類は、光学/ライダー等を問わず開発者自らの判断で仕様を決め開発すること
- 設置数は、開発者自らの判断で設置数を決め開発すること
- 情報送信方式は、**BSM形式**を採用すること
- 画像解析技術は、開発者自らの判断で画像解析の採用する技術を決め、機械学習等を実施すること

SBD：Self Bag Drop、自動手荷物預け機

BSM：Baggage Source Message、IATAが定義したデータメッセージ形式 (IATA Resolution 753参照)

○ ①手荷物識別の機能は以下のとおり(メイン機能がNo.1~2、サブ機能がNo.3)。

機能詳細一覧

No.	機能	入力	処理	出力	設置場所	処理タイミング
1	手荷物センシング機能	[手荷物]	手荷物センシング	手荷物センサデータ等	手荷物のベルト投入後、ベルトが1か所に集約する位置	手荷物のベルト投入後、ベルトが1か所に集約するタイミング
2	手荷物センシング・識別情報生成機能	手荷物センサデータ等	センサデータ等解析	手荷物素材、寸法、形状、種別(ハード/特殊ハード/ソフト/通い箱) ※手荷物の重量情報の要否と取得方法は引き続き検討	(場所不問)	手荷物センシング後すぐ
3	データ送信機能	手荷物素材、寸法、形状、種別、時刻等	データ送信	<②アルゴリズム>	(場所不問)	手荷物識別情報生成後すぐ

○ ①手荷物識別の外部インターフェースは以下のとおり。

外部インターフェース





②積付アルゴリズムの要件(概要)

○ 開発物に求める要件(機能・構成・性能・信頼性)は以下のとおり。

- 開発物は、**機能詳細一覧**のすべての機能を備えること。(※次スライド参照)
- 開発物は、**外部インターフェース**を備えること。(※次々スライド参照)
- アルゴリズムの前提条件として、便別の**コンテナ型式・台数**、コンテナ1台毎の**使い分け設定**、積載容積の**使用率上限値**を**可変**とすること。
便別のコンテナ型式：LD3、LD8、LD4、LD2、DKH、AKH
便別のコンテナ台数：1～6台 ※国内線の場合
コンテナ1台毎の使い分け：設定あり（コンテナ1台毎の一般/プライオリティ/乗継の区別）、なし
積載容積の使用率上限値：90%（約40個）、85%（約36個）、80%（約32個）等
- BHS側から**BSM形式**で、**旅客情報（氏名/タグ番号/便名/乗継情報/プライオリティ情報/EDS検査結果）**を受取れるようにすること。
- 手荷物識別装置から**BSM形式**で、**手荷物の種類/素材(ハード、ソフト)/寸法情報(サイズSML等)**を受取れるようにすること。
- 最適な手荷物の搬送順を計算し、**BHSならびにEBSへBSM形式で送信**できるようにすること。
- 重いもの/固いものは下の方に、軽いもの/柔らかいものは上に積付けるように指示すること。
- 最適な積付位置を計算し、**ロボット側に計算結果をBSM形式で送信**できるようにすること。
- ロボットの積付結果を随時受信できるようにし、その結果を踏まえて再計算できるようにすること。

BSM：Baggage Source Message、IATAが定義したデータメッセージ形式（IATA Resolution 753参照）
EBS：Early Baggage Storage、早期手荷物保管システム



②積付アルゴリズムの要件(詳細・機能)

○ ②積付アルゴリズムの機能は以下のとおり(メイン機能がNo.1~2、サブ機能がNo.3~6)。

機能詳細一覧

No.	機能	入力	処理	出力	設置場所	処理タイミング
1	積付順番計算機能	コンテナ情報 手荷物情報	積付順・位置計算	搬送順番情報(便・コンテナ・手荷物・積付順番)	(場所不問)	リアルタイム (EDS検査後すぐ)
2	積付位置計算機能	次の手荷物+コンテナ内部積付状態	積付位置修正再計算	積付位置情報(次の手荷物の積付位置情報)	(場所不問)	リアルタイム(手荷物1個積付後逐次)
3	データ送受信機能	<AL/HC>	データ受信	コンテナ情報	(場所不問)	便出発時刻の2時間前
〃	〃	<BHS>	データ受信	手荷物情報	〃	リアルタイム (手荷物センシング時)
〃	〃	<①手荷物識別>	データ受信	手荷物情報	〃	リアルタイム (手荷物センシング時)
〃	〃	<③積付ロボット>	データ受信	積付状態センシングデータ等	〃	リアルタイム(手荷物1個積付後逐次)
〃	〃	統合情報(便・コンテナ・手荷物・積付位置情報)	データ送信	<AL/HC>	〃	リアルタイム(コンテナ1台積付終了後すぐ)
〃	〃	搬送順番指示(便・コンテナ・手荷物・積付順番情報)	データ送信	<BHS>	〃	リアルタイム (EDS検査後すぐ)
〃	〃	積付位置指示(次の手荷物の積付位置情報)	データ送信	<③積付ロボット>	〃	リアルタイム (計算終了後すぐ)
4	データ統合機能	手荷物情報 コンテナ情報	データ統合	統合情報(便・コンテナ・手荷物・積付順・積付位置情報)	(場所不問)	リアルタイム (EDS検査後すぐ)
5	コンテナ照合機能	<③積付ロボット>	事前コンテナ情報との照合、搭載可否判断	搭載可否情報	(場所不問)	メイクへのコンテナ搬送後
6	手荷物タグ照合機能	<③積付ロボット>	事前手荷物情報との照合、搭載可否判断	搭載可否判断	(場所不問)	手荷物のメイク投下後すぐ



②積付アルゴリズムの要件(詳細・構成)

○ ②積付アルゴリズムの外部インターフェースは以下のとおり。

外部インターフェース

