

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12月24日



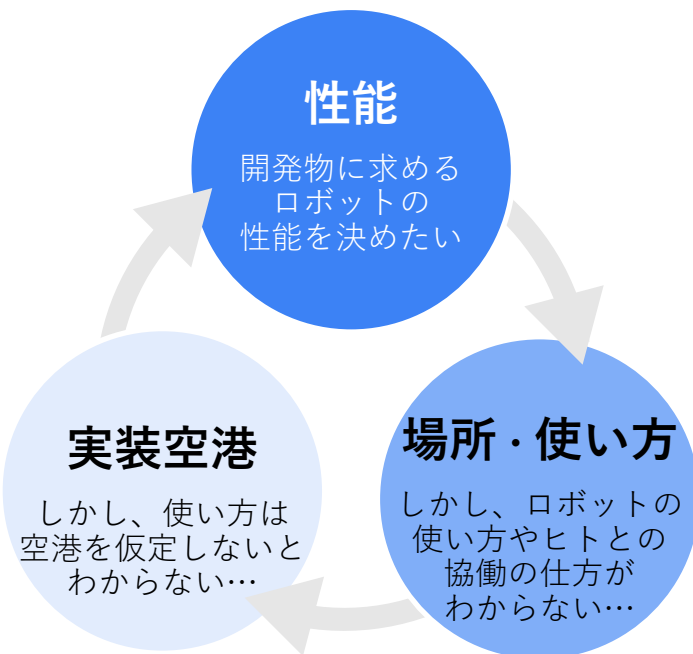
1.開発物の開発要件精査結果

2.NEDO懸賞金事業の現状

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

- ・ 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

- ・ 取扱重量：32kg
- ・ 充填率：80% 等

1メイクの必要人員を半分に

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

目標処理能力

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

3)
場所・使い
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

○ 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	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
	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	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。

前回からの精査事項

- 令和7年度第1回検討会で開発物の開発要件を整理・提示したが、一部の精査すべき課題や、メーカーヒアリング等で指摘された課題等を踏まえて更なる検討・精査を行った。
- 検討・精査の主な対象項目、精査前後の開発要件等は下表の通りである。

項目	精査・検討内容	検討経緯	開発要件（前回）	開発要件（今回）
空間等制約 （間口×奥行）	8大空港のソーティング場を調査して追加設定	前検討会での 積み残し	パターンA 12m×20m パターンB 24m×26m パターンC 40m×20m	パターンA 12m×20m パターンB 24m×26m パターンC 40m×20m
空間等制約 （高さ）	8大空港のソーティング場を調査して設定		必須要件：未定 希望要件：未定	必須要件：3.5m 希望要件：3.0m
対象手荷物種類	通い箱から手荷物のみをピックする難易度の高さ	メーカーヒア等 により再検討	通い箱を含む（希望要件）	通い箱を除く（要件対象外）
対象手荷物取扱重量	重量上限とコストのトレードオフ		必須要件：32kg	希望要件：32kg
エラーおよびエラー率	定義および要件の明確化		（未定）	エラーを「人が介さないと作業が継続できない状態」と定義する
充填率	定義の明確化		充填率：80%	ロボットが積付けた手荷物の体積合計÷②コンテナの容積×100 充填率：可能な限り高い

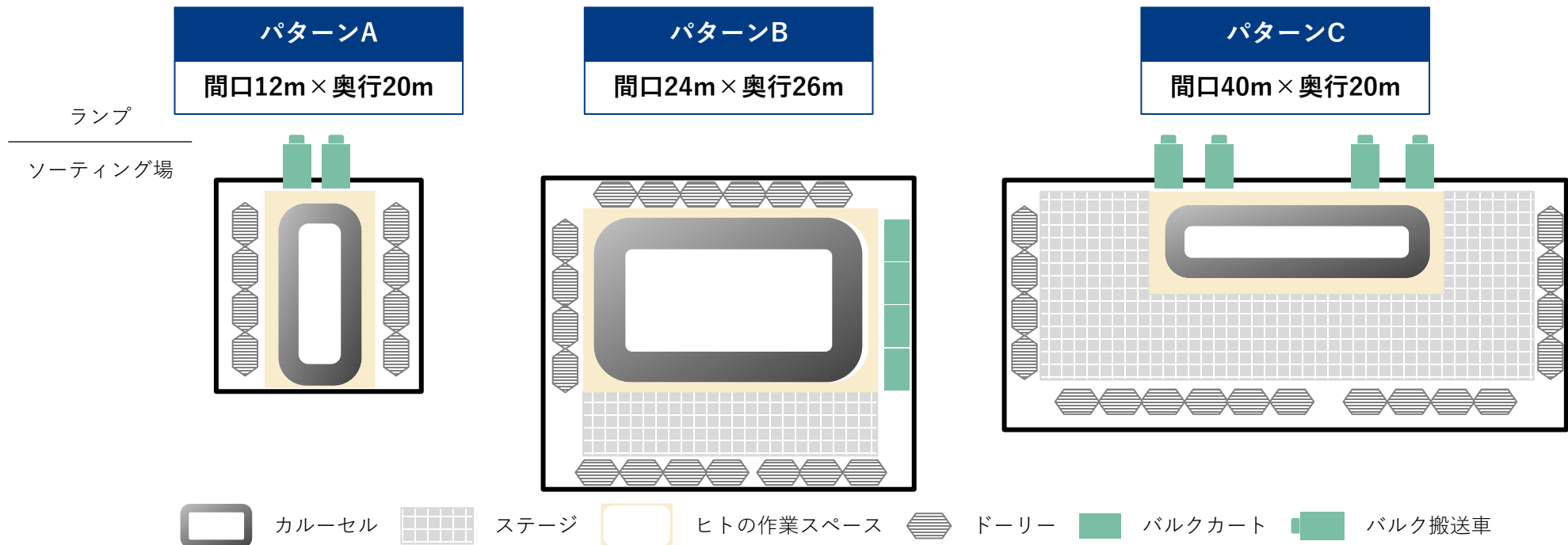
※希望要件については、より高い性能を実現したメーカーを優位に評価できるよう、評価基準や方法を工夫する。対象となる要件としては、**32kgの手荷物を積付けできること、ソフト手荷物（リュック等）も積付けられること、ロボットの高さを3.0m以下に抑えること、より速く手荷物を積付けられること、エラー率が低いこと、充填率が高いこと**などである。

空間等制約(間口×奥行)

- 羽田空港国内線における現行のメイクおよび関連設備の配置・面積を確認し、典型的な3パターンを抽出して空間等の制約条件として整理した。
- 加えて8大空港の調査を実施した結果、当該3パターンは他空港においても大きく変わらないことが確認されたため、羽田空港のパターンを代表例として採用する。

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。

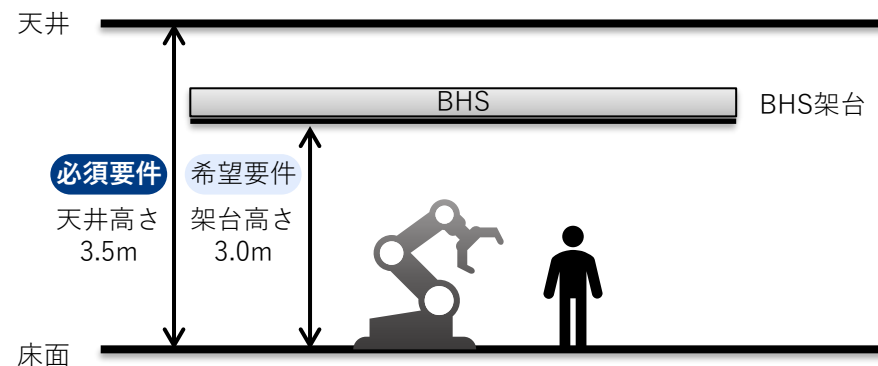


空間等制約(高さ)

- 8大空港ソーティング場における建屋天井高およびBHS架台高の調査結果をもとに、高さに係る要件を設定。
- 必須要件については、8大空港のうち、最低天井高さが最も低い那覇空港の3.5mを採用する。
- 希望要件については、羽田空港の最低架台高さに基づき3.0mとし、これを下回る箇所については今後の改修等や開発物の磨き上げを見据えるものとする。

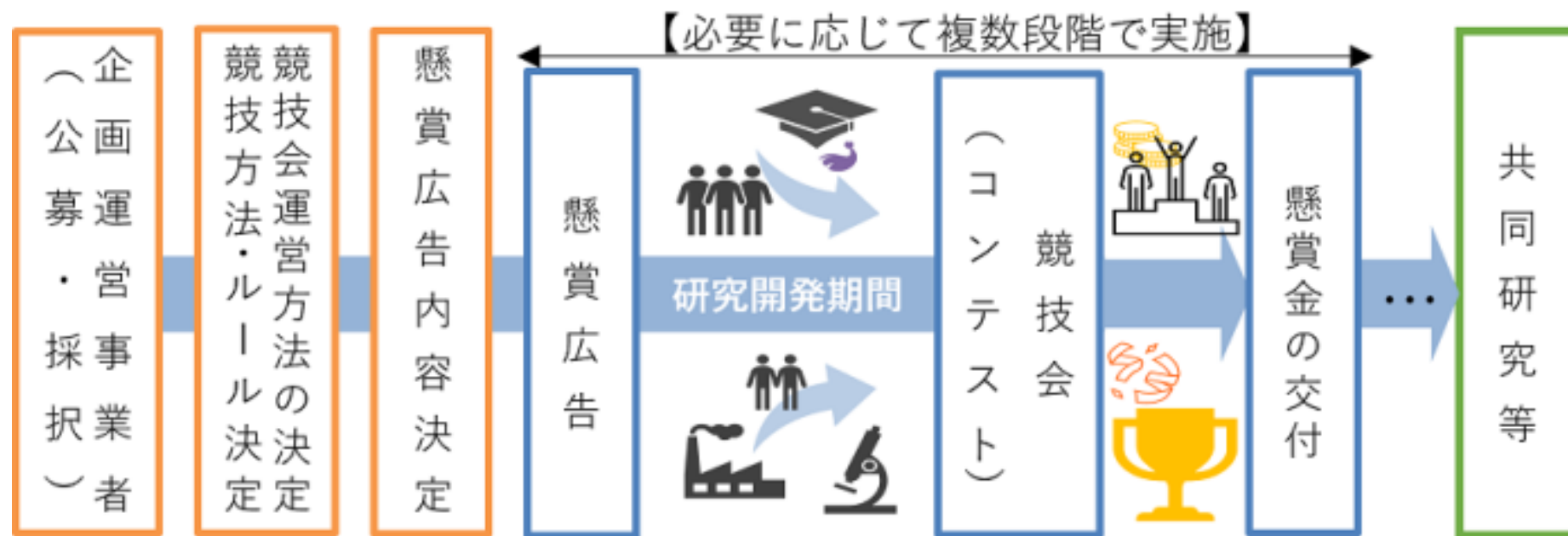
空港	最低天井高さ		最低架台高さ		備考
	国内線	国際線	国内線	国際線	
東京国際空港	4.0m	4.0m	3.0m※	3.0m※	※一部メイクの架台高さは図面から読取不可
成田国際空港	4.0m	4.0m	2.4m	2.4m	※国内/国際に分類できないパターンが存在
関西国際空港	(読取不可)	(読取不可)	3.1m	3.1m	全メイクにおける天井高さが図面から読取不可
大阪国際空港	3.8m	(該当なし)	2.3m	(該当なし)	
中部国際空港	4.8m	4.8m	3.1m	3.1m	※一部メイクの天井高さ、架台高さについては確認中
新千歳空港	6.0m	6.0m	4.1m	4.1m	
福岡空港	4.1m※	(読取不可)	2.1m	(読取不可)	※一部メイクの天井高さは図面から読取不可 国際線の全メイクにおける天井高さ、架台高さが図面から読取不可
那覇空港	3.5m	4.8m	2.5m	3.0m	
開発要件	必須要件 3.5m		希望要件 3.0m		

注：赤字は希望要件の高さよりも低いもの



NEDO懸賞金活用型プログラムの目的

- 従来の委託・補助型研究開発事業は、状況変化への柔軟な対応や成果確保に課題があったのに対し、懸賞金型事業は成果達成を受賞条件とするためインセンティブが明確で、海外でも実効性が示されている。
- NEDO懸賞金活用型プログラムは、技術課題の解決に資する多様なシーズをコンテスト形式で募り、実証可能性や社会実装ポテンシャルを基準に有望なシーズを早期発掘し、共同研究や事業化につながる機会を創出することを目的としている。



NEDO懸賞金活用型プログラムのスキーム
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100268.html

※共同研究等とは、民間企業が大学・公的研究機関等に対して共同研究費等を提供するものに加え、応募者と他の企業や大学・公的研究機関等との間の秘密保持契約（NDA）や覚書の締結、自治体調達の契約、国によるガイドラインの策定等を含む。

一部必須要件を希望要件と変更した経緯

- 令和7年度第1回グラハン技術検討会で必須要件としていた手荷物取扱重量やエラー率等について、下記の経緯により希望要件へと変更した。

一部必須要件を希望要件と変更した経緯

R7 第1回 検討会	必須要件として 設定	・ 利用者ニーズと乖離した成果物の創出は避けたい
	メーカー・ ユーザーの ご意見を考慮	<p>メーカーのご意見（再確認）：重量等必須要件の厳格性は技術的負荷となって参加をためらう原因となる。また、エラー率等は試作前の段階では要件達成の可否判断が難しい。</p> <p>ユーザーのご意見（再確認）：エラー率等は提案段階では具体的な仕様や実装イメージを十分に把握できず、数値要件などの定量的条件を確約することが難しい</p>
+	NEDOコンテスト の意義	多くの企業のコンテスト参加は新規性の高いアイデアや高度な技術を持つ企業の参画を促進
R7 第2回 検討会	希望要件に変更	<p>・ 要求水準の高い重量等や、仕様の確定が困難なエラー率等、一部項目を希望要件へと変更</p> <p>・ メーカー側においても応募しやすい環境が整うことで、より幅広い事業者からの提案を募ることが可能</p>

希望要件への変更に伴う、現場のニーズ達成に向けた対応策

必須要件として設定

得たい成果

- ユーザーのニーズにあったものをつくりたい
(例：対象重量32kgを必須とする)

デメリット

- 必須要件を達成できないメーカーは参加できない

希望要件に変更

成果達成のための対応

- コンテストの評価方法を工夫する（達成を促すような評価基準を求めるなど）

更なるメリット

- 多様なアイデアや技術力を持つより多くのメーカーが参加可能
- ユーザーにとって多様な選択肢が増える可能性

※元々必須としていた条件についてはその達成を促すよう今後も進めて行く（特に対象重量32kgについて）

対象手荷物種類および取扱重量

○ 当初はBHSを流す手荷物全てを対象として想定していたが、ロボットメーカーへのヒアリング結果を踏まえ、技術的難易度の高さ、および規格・状態が多岐にわたり、その検知のために新たな技術開発が必要となることから、取扱対象手荷物から通い箱を除外した。また、取扱重量を希望要件の32kgとした。

・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）

(対象外) BHSレーンで搬送できない手荷物（大型手荷物）

通い箱搬送手荷物

・対象手荷物の取扱重量

希望要件 1個当たり3～32kg※

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）

羽田空港国内線のBHSで流すことができる寸法を参照し、

必須要件 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

※：必須要件→希望要件への変更理由
メーカー意見：難易度の高さ、必須要件では参加をためらう原因
コンテスト意義：アイデア・高度技術を有する多くの企業の参画促進

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	ボストンバック、リュック等
通い箱搬送【対象外】	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

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

○ エラーおよびエラー率について、メーカーヒアリングで指摘された定義の明確化と、開発要件の実現性に係る課題等を踏まえて更なる検討・精査を行った。

- 開発者の技術開発指針の観点、およびコンテスト上で導入時の活用効果を推定する観点から、エラー率を要件項目とすることは重要。《エラー率推計の前提条件および算出方法》
- エラーの定義を、「人が介さないと作業が継続できない状態」とする。なお、荷崩れが生じた場合でも、ロボットによる積付が継続できる場合はエラーとみなさない。
(ロボットハンドから手荷物が落下しロボットによる積付が継続できなくなった場合、手荷物が崩れロボットによる積付が継続できなくなった場合、ロボットハンドにタグやキーホルダーが巻き込まれるなどしてロボットによる積付が継続できなくなった場合、その他の要因でロボットによる積付が継続できなくなった場合 等)
- 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。《エラー率の計算式：エラー率＝エラー回数÷ 積付トライ回数※》

※積付けトライ回数は、1台のコンテナに手荷物を積付ける作業全体を1回とカウントする。

ロボット導入前後のヒトの作業時間および余力時間

	ヒトの取扱数量 台/日	現在		ロボット導入後	
		ヒトの単位作業時間 秒/台	ヒトの作業時間 分/日	ヒトの単位作業時間 秒/台	ヒトの作業時間 分/日
パターンA	90	820	1,230	276	413
パターンB	72		984		331
パターンC	154		2,105		707

現在

ヒトの作業時間
分/日

615
492
1,052

—

ロボット導入後

ヒトの作業時間
分/日

413
331
707

=

余力時間
分/日

▲202
▲161
▲345

現在作業時間の1/2

エラー対応に充てることができる時間

エラー率の算出

※ 荷崩れ：手荷物が崩れロボットによる積付が継続できなくなった場合などを想定。コンテナ積み付け個数上限の8割（40×0.8=32個）崩れた場合を上限値の前提として算出。
積残し：ロボットハンドからの手荷物落下、ロボット停止などで積付が継続できなくなった場合などを想定。コンテナ積み付け個数上限の8割（40×0.8=32個）積残した場合を上限値の前提として算出。


エラー対応に要するヒトの作業時間				
作業内容	現在	ロボ導入後	差分	単位
ロボット動作ON/OFF	0.0	0.5	+0.5	分/回
安全柵の開閉	0.0	0.5	+0.5	分/回
積み直し作業（荷崩れor積残し）	0.0	8.0	+8.0	分/回
計	0.0	9.0	+9.0	分/回

	全取扱数量	ロボット導入後 エラー回数・エラー率の推計			
		①コンテナ (台/日)	②余力時間 (分/日)	③作業時間 (分/回)	④回数 (回/日) …②/③
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	
パターンB	72	+161		17.9	
パターンC	154	+345		38.3	

1コンテナあたり許容される積付エラー回数
…④/①

0.25

- ロボットによる積付効率の高さを定量的に測る為、「充填率」を定義する。
- 充填率は、ロボットが積付けた手荷物の体積が、コンテナ全体の容積の何%を占めているかを示す。



管理すべき指標(P)

希望要件 充填率

: 可能な限り高い

- 充填率の定義
$$\text{充填率}(\%) = \text{①ロボットが積付けた手荷物の体積合計} \div \text{②コンテナの容積} \times 100$$

充填率のイメージ

A.充填率の高い積付け方



B.充填率の低い積付け方

※手荷物1個はスペース不足の為、積付できていない



上記の場合、Aのほうが充填率が高く、積付効率が高いと評価する。

注：コンテストでは、参加者の競争条件の公平性を担保し、適切な評価を行うために、ソフト手荷物（リュック等）を含む同じ手荷物の組み合わせで競技する。

前回からの精査事項

- 令和7年度第1回検討会で開発物の開発要件を整理・提示したが、一部の精査すべき課題や、メーカーヒアリング等で指摘された課題等を踏まえて更なる検討・精査を行った。
- 検討・精査の主な対象項目、精査前後の開発要件等は下表の通りである。

項目	精査・検討内容	検討経緯	開発要件（前回）	開発要件（今回）
空間等制約 （間口×奥行）	8大空港のソーティング場を調査して追加設定	前検討会での 積み残し	パターンA 12m×20m パターンB 24m×26m パターンC 40m×20m	パターンA 12m×20m パターンB 24m×26m パターンC 40m×20m
空間等制約 （高さ）	8大空港のソーティング場を調査して設定		必須要件：未定 希望要件：未定	必須要件：3.5m 希望要件：3.0m
対象手荷物種類	通い箱から手荷物のみをピックする難易度の高さ	メーカーヒア等 により再検討	通い箱を含む（希望要件）	通い箱を除く（要件対象外）
対象手荷物取扱重量	重量上限とコストのトレードオフ		必須要件：32kg	希望要件：32kg
エラーおよびエラー率	定義および要件の明確化		（未定）	エラーを「人が介さないと作業が継続できない状態」と定義する
充填率	定義の明確化		充填率：80%	ロボットが積付けた手荷物の体積合計÷②コンテナの容積×100 充填率：可能な限り高い

※希望要件については、より高い性能を実現したメーカーを優位に評価できるよう、評価基準や方法を工夫する。対象となる要件としては、**32kgの手荷物を積付けできること、ソフト手荷物（リュック等）も積付けられること、ロボットの高さを3.0m以下に抑えること、より速く手荷物を積付けられること、エラー率が低いこと、充填率が高いこと**などである。

※赤字は更新箇所

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×3.5m	2便	12台	約211個/hr
パターンB	24m×26m×3.5m	5便	16台	約282個/hr
パターンC	40m×20m×3.5m	8便	44台	約774個/hr

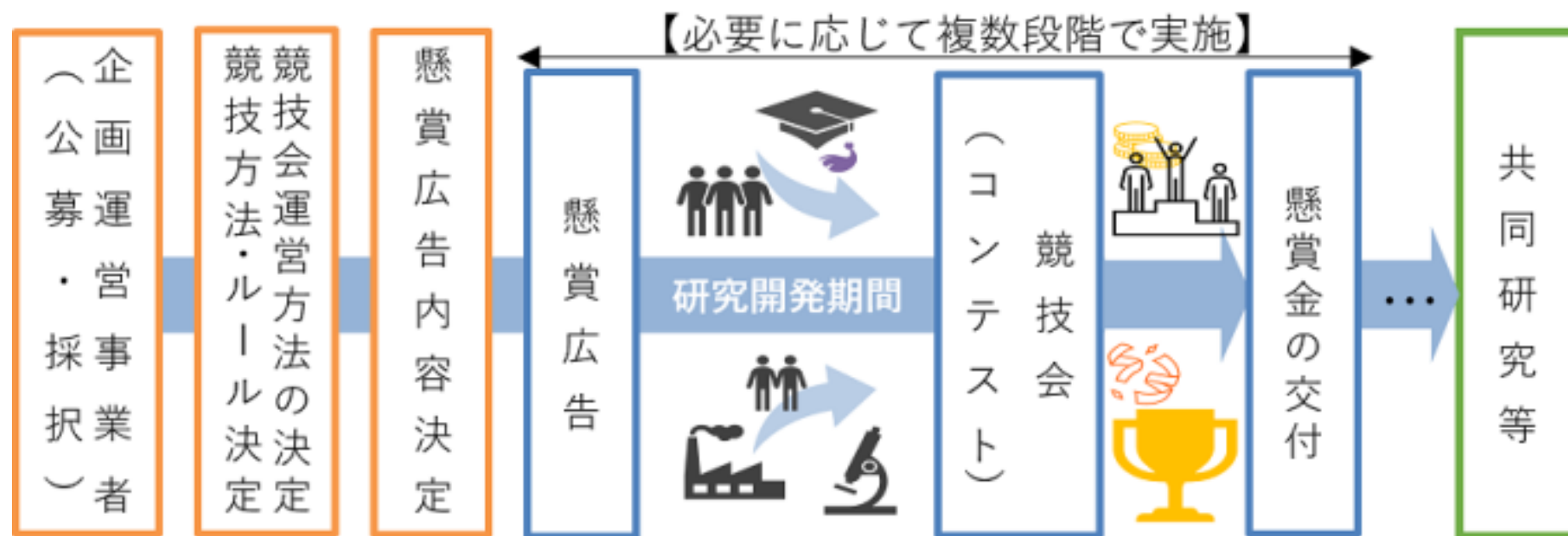
○ 開発者は、メイクエリアの空間制約のもと、ヒトとロボットの協働作業全体で、同時取扱数量を実現可能な、ロボット1台当たりの処理速度や寸法、1メイクに設置するロボットの基数、メイクエリアの配置・レイアウト、ヒトとロボットの協働運用などを自由に設計し、提案することとする。

1.開発物の開発要件精査結果

2.NEDO懸賞金事業の現状

NEDO懸賞金活用型プログラムの目的

- 従来の委託・補助型研究開発事業は、状況変化への柔軟な対応や成果確保に課題があったのに対し、懸賞金型事業は成果達成を受賞条件とするためインセンティブが明確で、海外でも実効性が示されている。
- NEDO懸賞金活用型プログラムは、技術課題の解決に資する多様なシーズをコンテスト形式で募り、実証可能性や社会実装ポテンシャルを基準に有望なシーズを早期発掘し、共同研究や事業化につながる機会を創出することを目的としている。



NEDO懸賞金活用型プログラムのスキーム
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100268.html

※共同研究等とは、民間企業が大学・公的研究機関等に対して共同研究費等を提供するものに加え、応募者と他の企業や大学・公的研究機関等との間の秘密保持契約(NDA)や覚書の締結、自治体調達の契約、国によるガイドラインの策定等を含む。

手荷物積付ロボットの市場規模

経済産業省製造産業局産業機械課ロボット政策室「経済産業省が進めるロボット政策」(2025.12.3)

2025国際ロボット展講演資料

手荷物積付ロボットは世界中に展開可能な巨大市場

- 手荷物積付ロボットの2030年代半ばの市場規模は、国内で約240億円、世界(日本含む)で約5,470億円と見込まれる。早期の技術確立は、世界標準化・国際展開の大きなチャンスと期待される。
- 物流業全般での荷積みロボットは、2030年代前半で最大1.4兆円の巨大市場が見込まれる。

物流全般の関連するロボット市場規模

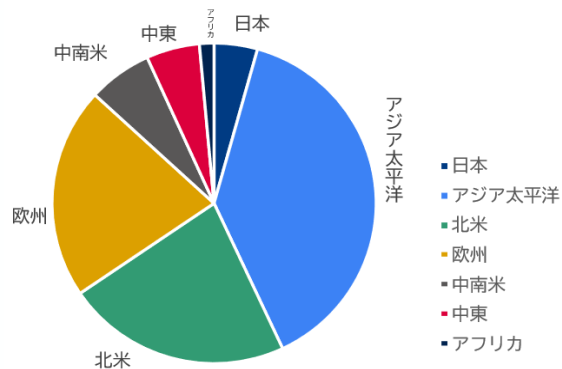
- 物流ロボットの市場は、現状で世界では、1～3兆円程度、日本では500億円程度と推計される。
- 2030年代前半には、この市場が2～5倍程度まで拡大すると予測される。
- その中で、手荷物積付ロボットのような、ロボットアームによる倉庫や製造品・商品出荷における積込みロボットの世界市場は、**現状で2,000億～4,000億円**と、物流ロボット市場の1～2割を占め、**2030年代前半には最大1.4兆円程度**に拡大すると予測される。

注1：国内物流ロボット市場予測については、矢野経済研究所「物流ロボティクス市場に関する調査（2025年）」、富士経済「物流DXの実現に向け自動化・デジタル化が進む次世代物流システム・サービス市場調査」など
 注2：国際物流ロボット市場予測については、Knowledge Sourcing Intelligence「Global Logistics Robots Market Size, Share, Opportunities, And Trends By Application (Custom Packaging, Loading & Unloading, Stationery Piece Picking, Transportation, Delivery, Storage, Audits), And By Geography - Forecasts From 2025 To 2030」、Research and Markets「Logistics Robots Market Report 2025-2033」など
 注3：ロボットアーム型の積み付けロボット市場予測については、Verified Market Research「Articulated Loading Robot Market Size 2026」、Market Size and Trends「Loading Robots Market CAGR 2026-2033 | Share, Forecasts & Applications」など。

手荷物積付ロボットの市場規模

- 現時点で実用レベルのロボットは少なく、早期の技術確立は、世界標準化・国際展開の大きなチャンスと期待される。

空港手荷物積付ロボットの市場規模



(2030年代半ばの推計値)
 国内市場：約 240億円
 世界市場：約5,470億円

注1：市場規模は国内、海外別に「空港別必要ロボット基数(基)×ロボット単価(8千万円/基)」で算出。
 注2：国内は8大空港の乗客数の多い順に導入されると想定。国内空港の空港別必要ロボット基数(基)は、「(「空港別国内別乗客数(人/年)×国内1人当たり預入手荷物個数(国際1.6個/人、国内0.6個/人)÷365(日/年)×空港別国内別ピーク率(hr/日)」)÷ロボット1基1時間当たり処理個数(200個/基/hr)」で算出。
 注3：海外は乗客数の多い順に導入されると想定。現状の空港別乗客数はACIデータ(2024)で設定。海外空港の必要ロボット基数(基)は、日本の空港別データに基づく年間乗客数と必要ロボット基数の相関関係から算出。
 注4：将来の乗客数は、国内・海外ともに、IATA予測(2024.6)に基づく世界地域別の航空旅客数の年平均成長率(2023→2043年、アジア太平洋5.3%、北米2.7%、欧州2.3%、中南米2.9%、中東3.9%、アフリカ3.7%)を適用して算出。
 注5：ここでの市場規模とは、当該年単年の出荷額ではなく、当該年までに空港全体に導入されている総額を意味している。
 出典：国土交通省航空局「令和6年度空港管理状況調査」、ACI「World Airport Traffic Dataset, 2024 Edition (2023 data)」、IATA「Global Outlook for Air Transport」(2024.6)等を基に作成

○ 手荷物積付作業について、NEDO懸賞金活用型プログラムでの開発を行った後、空港外・空港内での実証（磨き上げ）を経て、実装へと進めていく。

