

前回検討会のご意見・対応とそれ以降の検討方針

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



これまでの検討状況

- 昨年度より、グラハン作業の生産性向上の検討を進めている中、特に手荷物積付作業の検討を進めている。
- 現状の作業は人ならではの作業であり、ロボットフレンドリーな環境構築と新たな技術開発が必要。



BHS等



積付作業



- ・ 航空コンテナは横開きなので、作業員のけがや、手荷物の破損を防ぐために、「荷崩れしないように積み付ける」必要がある。
- ・ しかし、手荷物には一つとして同じ形・重さ・硬さのものが無く、それを機械が、崩れないように何段も積む、というのが困難。
- ・ ただでさえ難しいのに、さらに、現状では、手荷物が預かった順にメイクにシュートされるので、例えば、積付の最後の最後に重い手荷物が来た場合に、人間なら器用に積み付けられるかもしれないが、機械の場合には無理やり積んだ結果ガラガラっと荷崩れしてしまう。
- ・ さらに、混雑時間帯は、メイクの上が右図のようになるので、探し直すことも困難。



預かった順にメイクにシュートする → 1コンテナ分の手荷物を一旦貯めて積付順に並び替えて送り出す

手荷物識別



素材やサイズ等を取得
→ 今後技術開発

積付アルゴリズム



最適な積付順を考える
→ 今後技術開発

BHS



その順番に流す
→ 既存設備の改修

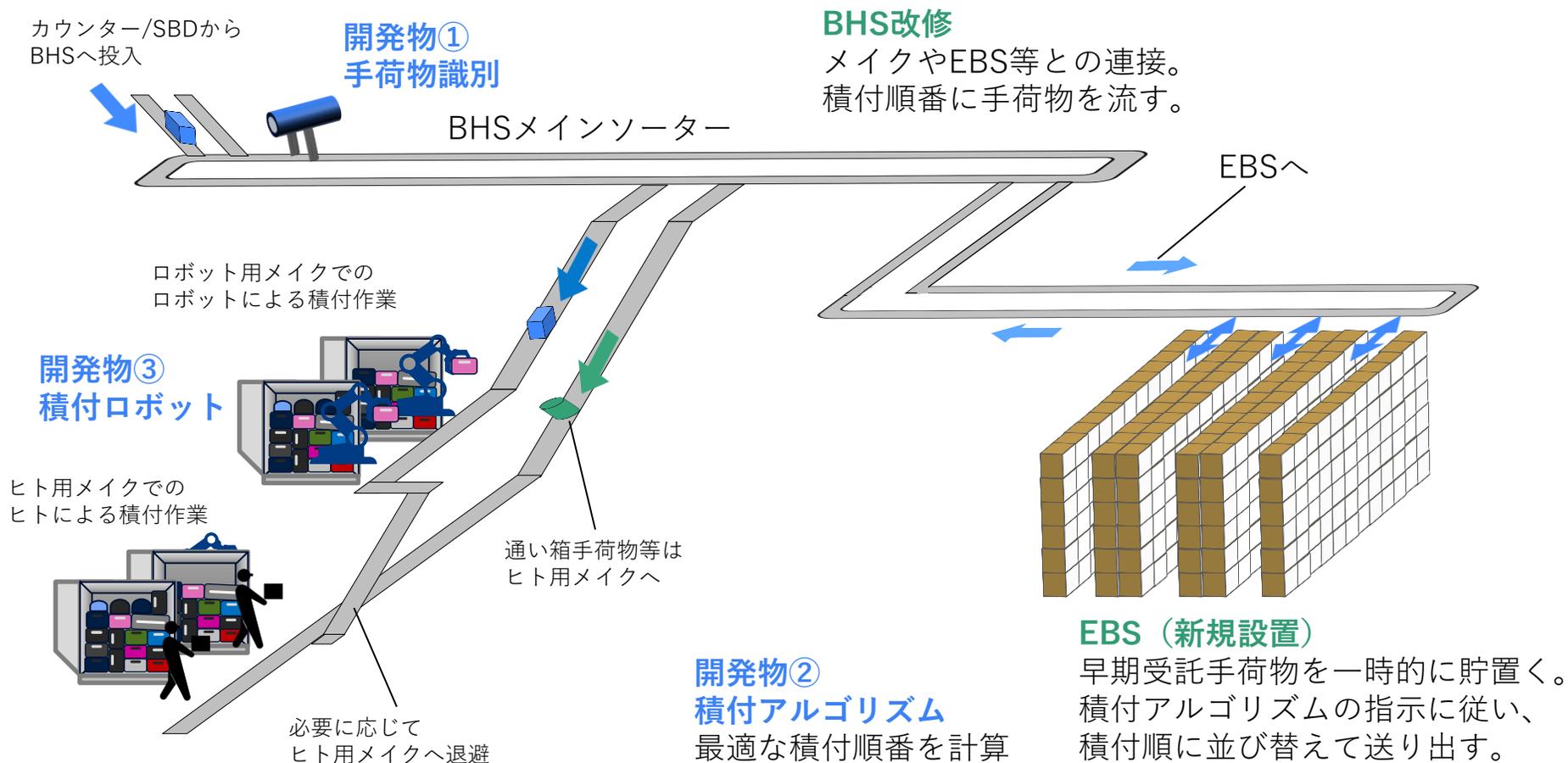
積付ロボット



様々な手荷物を狙った位置に置く
→ 今後技術開発

開発物の全体イメージ(EBSを使用する場合)

- 開発物は、①手荷物識別や③積付ロボット(ハードウェア)、②積付アルゴリズム(ソフトウェア)の他、既存BHSの改修や、必要に応じて新規設置するEBSなどにより構成される。
- ①～③は、今後NEDO懸賞金活用型プログラムにて開発を行う予定である。



前回検討会以降の検討方針

- グラハン業務の生産性向上に向けての検討においては、グラハンの実施主体であり現場のニーズを把握しているエアラインが主導し、国が検討等をサポートすることが最も効果的であるとして検討を進めている。

検討の進め方

エアラインはグラハンに関する豊富な知見があり、また現場のニーズをよく把握している

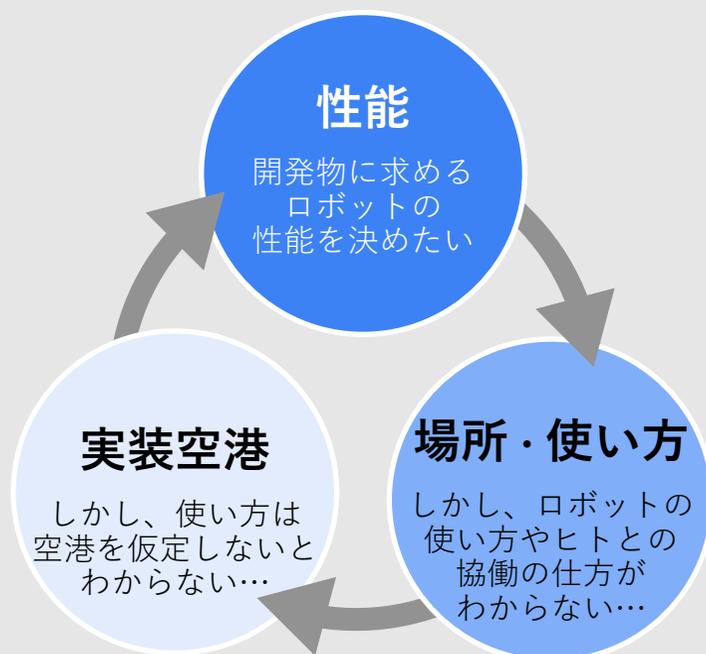


エアラインが主体となって検討を実施し、国はその検討をサポートする形が最も効果的な進め方



検討会に向けロボットの性能を決定すべく、週に1度エアラインと会議を行い検討を進めてきた

検討における循環構造



検討が循環し、デッドロックに…

解決の方向性

まずは導入効果等踏まえ
実装空港を仮定し
循環構造を打破



導入効果や稼働率が高いと考えられる**8大空港**（新千歳、仙台、成田、羽田、関西、中部、福岡、那覇）を実装空港に仮定



また求められる処理能力が最も厳しいと考えられる**羽田空港**を主な空港として検討実施

技術開発にあたり対象とするBHS

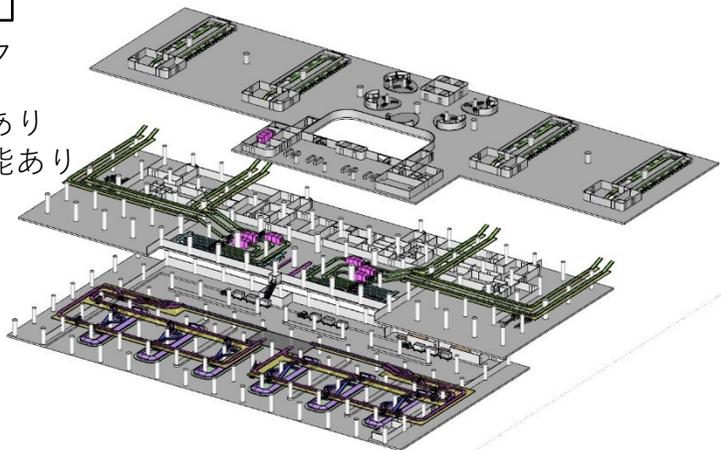
- 空港毎にBHSは大・中・小規模あり、メイクの個数や仕分け機能の有無等の違いがある。
- 国の支援では、複雑で難易度は高く、導入効果は大きいと見込まれる大規模BHSの技術開発を先行。
- 開発する技術は、中・小規模BHSへの転用も踏まえ検討する。

大規模BHS

優先

大規模

- ・複数のメイク (カーセル)
- ・仕分け機能あり
- ・タグ読取機能あり (EDS※あり)



複雑で難易度が高く、導入効果大きい

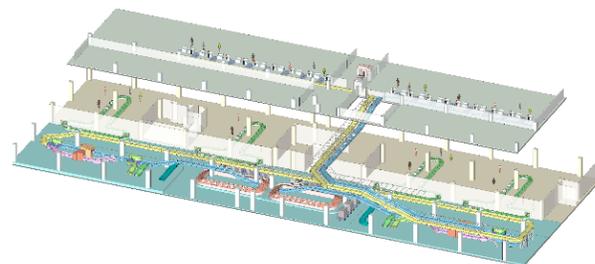
国の支援により大規模BHSで先行的に技術開発

- ・複数のメイクがあるため、運用への影響が少ない
- ・仕分け・タグ読取機能があるためBHSの改修が少ない

中・小規模BHS

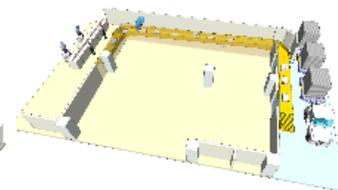
中規模

- ・メイクは1つ (カーセル)
- ・タグ読取機能あり (EDS※あり)



小規模

- ・メイクは1つ (ストレートベルト)



難易度が比較的 low、導入効果は限定的

開発された技術の中・小規模BHSに転用

➡ 羽田空港を対象に実態把握

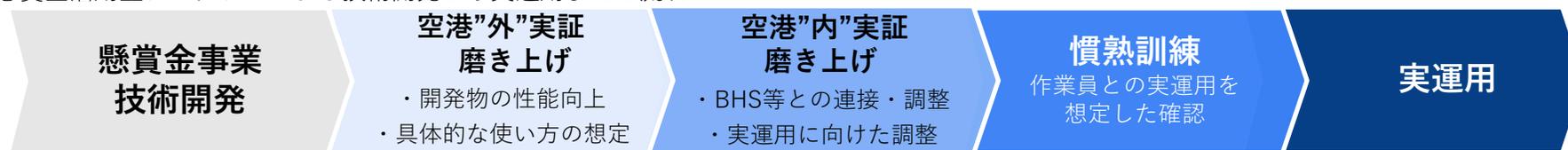
※EDS：爆破物検知システム

出所：BHS図はトーヨーカネツ社資料 (2025.2)

前回検討会以降の検討方針

- 当初は開発後すぐに慣熟訓練や空港内の磨き上げを行う目標であったが、このためには具体的な環境整備が必要であり、更に環境整備のためには具体的な開発物の仕様を決める必要があった。
- しかし、開発物の使い方が想定しきれなかったことから、むしろ開発物の仕様を明確に定めずに、一定の空間内で自由に開発できることとした。

○NEDO懸賞金活用型プログラムによる技術開発から実運用までの流れ



現在の開発後目標

開発物の使い方を詳細まで見通すことができず、現時点で性能・要件を洗い出すことが困難

↓
開発後すぐに慣熟訓練等に移ることは難しいが、むしろ自由度の高い開発ができるようになった

当初の開発後目標

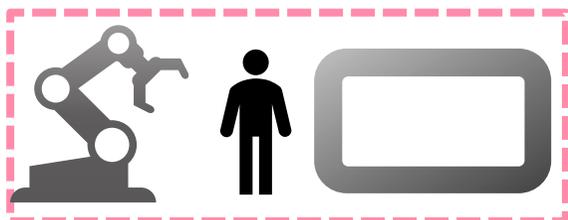
開発後すぐに慣熟訓練等に移る意欲的な目標設定

↓
設置に係る受入環境整備が伴うため、開発物の性能を具体的に決める必要があった

一定の空間制約の範囲内で**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

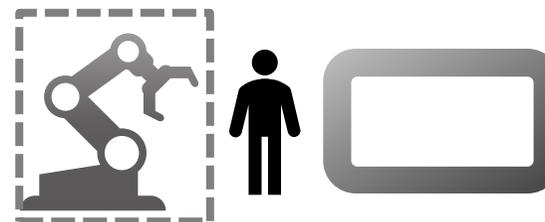
※メーカーからも同様の意見あり

1メイクあたりの性能



- 空間制約
- システム性能
- 作業人数制約 (ヒト・ロボ協働)
- 目標取扱処理量

ロボット単体の性能



No.	項目	ご指摘	対応方針（案）
1	熟練者数の目標	<ul style="list-style-type: none"> この検討で熟練者をいかに減らせるか、熟練者でなくても安全に作業できる環境を構築できるかが重要である。熟練者数の減少目標は、開発物の要件、技術水準設定の参考になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 自由度のある開発の目標として（熟練者数の減少を含む）省人化目標（作業人数半減）を提示することで、開発者による要件の達成水準や採用技術水準の選択の参考となる。
2	積付位置計算機能	<ul style="list-style-type: none"> 積付ロボットは、積付アルゴリズムが予め計算した通りに積付けるのではなく、目の前の空間、状態を見て柔軟に判断・対応する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 積付アルゴリズムの機能には、積付順番の計算に加え、積付ロボットの目の前の空間、状態を踏まえたリアルタイムの積付位置計算も含めることを予定している。 積付アルゴリズムと積付ロボットの役割・機能分担のあり方は、開発者による実現性・効率性等の観点を踏まえ、NEDO事務局とも連携して検討する。
3	アラート発出機能	<ul style="list-style-type: none"> 荷崩れが起きそうな場合のアラート発出機能を組込めば、省人化後の少ない作業人数でも臨機応変に対応しやすくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 当初より積付ロボットにアラート発出機能を組込むことを予定していたが、アラートの種類や発出タイミング等は、ヒトとロボット協働の観点も踏まえ、エアライン各社と連携し検討する。
4	積付アルゴリズムと積付ロボットのデータ連携	<ul style="list-style-type: none"> 積付アルゴリズムは、事前のAI学習だけでなく、実際の様々な積付け実験を通じたトライ&エラーデータによるAIのファインチューニングが必要になる。技術開発を公募する際には、積付け実験データを取り、学習させることが必要になるのではないかと。 	<ul style="list-style-type: none"> 開発段階のファインチューニングに必要な積付アルゴリズムと積付ロボットのデータ連携方法については、NEDO事務局とも連携して検討する。 加えて、NEDO懸賞金活用型プログラム終了後には空港外実証、空港内実証を通じて磨き上げを行う。
5	既存BHSとの接続要件	<ul style="list-style-type: none"> エアラインによって保有しているBHSの仕様は異なっており、それぞれに配慮しながら1つの開発物を作るのは難しい部分がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存BHSとの接続に係る開発物の要件は、エアライン各社やBHSメーカーの協力を得て、既存BHSの仕様の違い等に配慮して検討する。
6	一時保管スペース	<ul style="list-style-type: none"> 積付アルゴリズムが手荷物40～50個分の並び順・配置順を考えるためには、最低でも50個分の手荷物一時保管スペースが必要である。狭隘な空港で一時保管スペースをどう確保するかの観点が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模なEBS（Early Baggage Storage）の新設も選択肢の一つと想定しているが、必要な最大個数、寸法は、開発物の全体像や実運用方法を見据え、検討が必要。

No.	項目	ご指摘	対応方針（案）
7	変形しやすい重量物	<ul style="list-style-type: none"> ● 最大32kgの手荷物の形状は重要。ロボットがハンドリングしやすいトランクのような形状であればよいが、ポストンバックのような変形しやすい形状は難しい。変形しやすい重量物の取扱いは今後検討が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 変形しやすい形状や重心が極端に偏っている手荷物の場合、取扱重量32kgは希望要件とし、必須要件は半分の16kgとする。なお、ハード手荷物で重心が極端に偏っていなければ取扱重量32kgは必須要件とする。
8	手荷物の預かり条件、規格、取扱方法	<ul style="list-style-type: none"> ● アルゴリズムや自動積付導入に向けて、ロボットフレンドリーの観点を踏まえた預かり手荷物の形状条件の見直しなどはエアライン側の課題として考えていきたい。 ● アフリカの空港ではポストンバックのような柔らかい手荷物をビニールでぐるぐる巻きにする装置がある。 ● 柔軟なポストンバックのような不定形物は、物流業界のように、専用の箱を作るという考え方もある。空港の場合、コンテナの容積率（充填率）にどの程度の水準を求めると良い。 ● 規格の統一の議論は個社では厳しい。この検討会のような場で業界としての議論ができてきているのは良いことである。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ロボットフレンドリーの観点による手荷物の預かり条件、規格、取扱方法の見直しなどは、ロボット導入前に必要に応じ検討する。 ● コンテナの充填率は80%を希望要件とする。
9	ヒトとロボット協働の運用方法・ヒトの動線	<ul style="list-style-type: none"> ● ヒトとロボットの協働では、最後の積付作業をヒトが行うことの他に、エラーやイレギュラー発生時にもヒトが介入する必要がある。それらの作業を安全に完遂するために必要な動線は、現場の意見を聞きながら決めていく必要がある。 ● 本検討のロボットは運動速度が速く、同じ空間でヒトとロボットが協働するには無理がある。ロボットは閉鎖空間で高速で動き、トラブル時だけヒトがリカバリーするのが良い。具体的な運用方法などは今後の課題である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ヒトとロボット協働による具体的な運用方法やヒトの動線は、磨き上げの段階で、積付ロボットが段階的に達成可能な機能・性能とソーティング場の物理的制約、それらに応じたヒトとロボットの役割分担、安全性確保、作業効率性などの観点等から総合的に判断する。 ● 参考までに、現時点で想定しうるソーティング場のレイアウトや、ヒトとロボットの役割分担などの一例を検討した。
10	段階的なヒトとロボットの役割分担	<ul style="list-style-type: none"> ● 段階的な省力化・省人化だけでなく、ヒトとロボットの役割のシフトも重要である。最終的にロボットがメインになる絵を想定しながら、ステップを踏んで検討する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 開発物の段階的な性能向上・導入を想定し、段階的なヒトとロボットの役割分担を検討する。

令和6年度第4回検討会におけるご意見の整理

No.	項目	ご指摘	対応方針（案）
11	積付ロボットの複数台並行使用	<ul style="list-style-type: none"> ● 積付目標の1時間あたり250個を積付ロボット1台で達成できない場合、2～3台を並行使用する想定が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 積付ロボットの複数台の並行使用の可能性は、開発者による自由な提案に期待するとともに、磨き上げの段階で、積付ロボットが段階的に達成可能な機能・性能とソーティング場の物理的制約、それらに応じたヒトとロボットの役割分担、安全性確保、作業効率性などの観点等から総合的に判断する。
12	開発物の評価・検証の観点	<ul style="list-style-type: none"> ● BHSの安全性確保は、セキュリティの観点で重要である。サービスインの判断は、良いものが開発されたとしても、エアライン各社ごとに相当な社内検証が必要になる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● サービスインの判断はエアライン各社の社内検証次第となることを念頭に、エアライン各社の協力を得て開発物の評価・検証の観点（セキュリティ等を含む）、内容を検討する。
13	実装空港	<ul style="list-style-type: none"> ● 新しいターミナル増設等でスペースが確保できるならよいが、そうでなければ大規模空港は現実的には厳しい。小さい空港からステップを踏んでやるのが良いのではないかと。 	<ul style="list-style-type: none"> ● エアラインとの議論を踏まえると、実装の最初のステップは、新しいターミナル増設等でスペース確保の可能性のある空港での新設を目指す。次のステップは、最初の実装・検証完了後に、空港の既存エリア・既存メイクの段階的な改造を目指す。