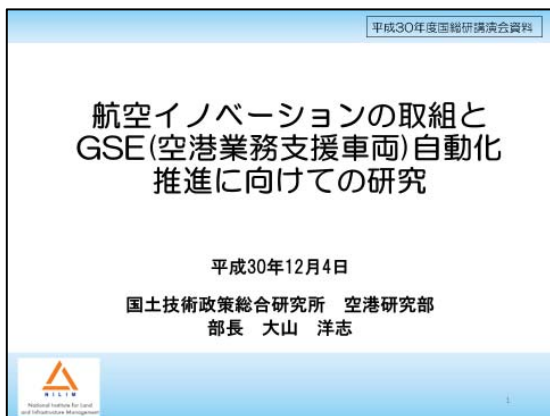


#### 4.4 車両操作自動化技術等の空港運用への導入

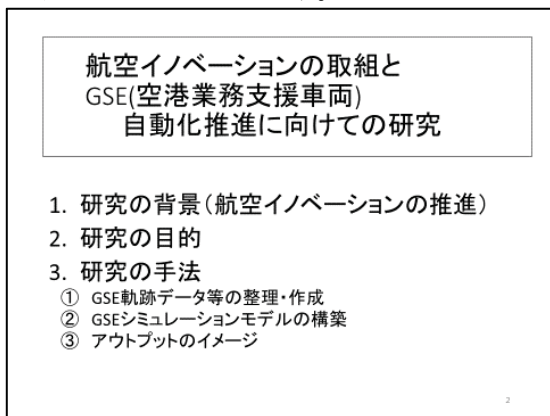
(空港研究部長 大山 洋志)



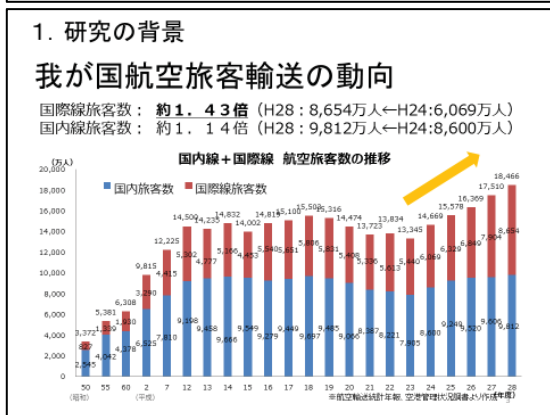
ただ今、御紹介のございました空港研究部長の  
大山でございます。私のほうからは航空イノベー  
ションの取組と GSE (空港の業務支援車両)、その  
自動化の推進に向けての研究ということで御紹  
介させていただきたいと思ひます。

初めに、お配りしておりますパンフレットの記  
述とは、表題が、やや違っておりますけれども、  
この取り組みの背景まで含めて御説明させてい

ただいたほうが理解しやすいかと思ひまして、タイトルのほうを若干変えておりますので、ここ  
お断りさせていただきます。



本日の発表の流れでございますけれども、最初  
に、研究の背景といたしまして、航空イノベー  
ションの推進ということで、現在の最新の動向を御  
説明させていただきまして、その後、具体的に私ど  
もの研究の内容、目的と手法ということで、順次  
説明を進めさせていただきたいと思ひます。



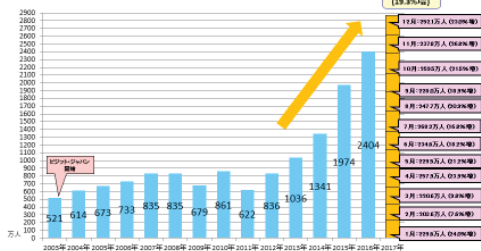
初めに、この研究の背景ということでござい  
ますけれども、大きく3点申し上げたいと思ひます。  
最初に、我が国の航空輸送の動向ということでご  
ざいますけれども、これは、皆様方、御存じの方  
も多いかと思ひますが、平成23年、東日本大震  
災の年でございますけれども、この年、航空輸送  
もかなり落ち込んだわけでございますが、その後、  
急ピッチで回復しております。とりわけ国際旅客

につきましては、震災のときの落ち込みが非常に甚だしかったわけでございますけれども、そのと  
きから見ますと、例えば、平成24年時点と平成28年で比較すると、1.43倍と非常に大きな伸びに  
なっているということでございます。

# 1. 研究の背景

## 訪日外国人旅行者数の推移

訪日外国人旅行者数は2013年には1,000万人、2016年は2,000万人を超え、**2017年は2,869万人に拡大**。



までの累計が、昨年比で大体 10%弱の伸びとなっておりますので、恐らく、年内には 3000 万人の大台を突破するのはほぼ間違いなからうと、そのような状況でございます。

## 空港間競争の激化

拡大する航空・観光需要の取り込みに向け、**近隣諸国においては、新空港や新ターミナルの開設、リニューアルが相次ぐ**。



理論でございます。日本の場合、アジア地域で非常に大規模な空港が次々にできている、或いは、拡張されているという現状がございまして、厳しい国際的な競争に晒されているという状況でございます。一例で挙げますと、これは、2017年、シンガポールのチャンギ、それから、2018年、これは、お隣、韓国ソウルの仁川というように、それぞれ、かなり大規模な拡張工事が行われているということでございます。それから、お隣、中国の北京、香港、更にはタイ、それぞれ2020年、21年にかけて次々に拡張等がなされるということで、国際的な競争がいよいよ激しくなっているということでございます。

## 供給側制約への懸念: 航空分野の就労状況

旅客需要が増加する一方で、生産年齢人口の減少等を背景に、**航空分野においても、保安やグラハムなどをはじめ、人手不足等が懸念**されている。



- 【雇用形態、従業員確保に関する航空関係9社ヒアリング内容抜粋】（H29年12月ヒアリング実施）
- グランドハンドリング業務は他の業種に比べ急激な減少傾向にあり、人材不足が大きな課題。
  - 委託が2次、3次と重なるにつれて労働条件が厳しくなり、人材不足と課題。また、雇用状況の把握も難しくなっており、委託先の稼働率は稼働率向上への対策とし、給与水準の引き上げ等を実施。グランドハンドリング業務に力を入れている。等

は横ばいもしくは漸減傾向ということで、これは、建設産業とも全く同じでございますけれども、

この国際旅客のうち、特に訪日外国人の動向がどうかということでございますけれども、これも先ほどと同じようにやはり震災の年が非常に激しく落ち込んでおります。620万人ということで、ボトムになっているわけでございますけれども、その後、非常に目覚ましく伸びております。昨年、2017年時点で2860万人ということになっておりまして、3000万人の大台間近というような状況でございます。ちなみに、直近のデータでは、10月

続きまして、2点目でございますけれども、これは、国際的な空港間競争の激化に関する最近の動向でございます。これは、理論としては、やや古い話になりますけれども、空港のハブ・アンド・スポークというネットワーク戦略がございまして。要は、ある空港が、航空ネットワークの中心的なところを占めていくと、そこが、ネットワーク全体の需要をかなり取り込んでいくというように

続きまして、3つ目の大きな課題でございますけれども、これは、供給側の制約ということで、とりわけ労働問題の関係でございます。この左側のグラフでございますけれども、この黄色の折れ線が、航空産業に従事する労働力の状況を示しております。需要につきましては、先ほどから申し上げておりますとおり右肩上りでどんどん伸びておるわけでございますが、一方で、供給側の労働力

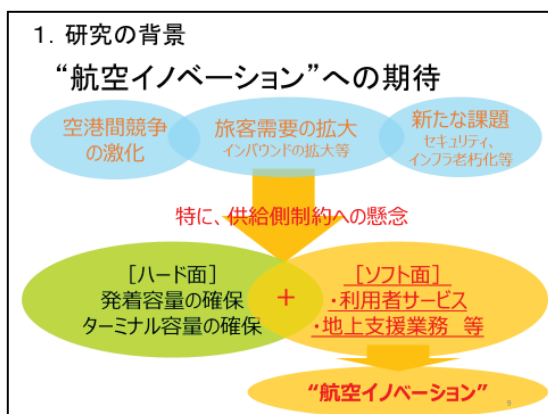
非常に危機的な状況にあるわけです。更に、この右側が有効求人倍率を示しておりますけれども、とりわけ航空に関わりのある保安の有効求人倍率が高いということで、これまた非常に厳しい状況であるということがございます。そのような背景の下、航空会社等に実際にヒアリングいたしましても、やはり労働制約は、非常に大きく、かつ高コストになりがちな構造となっているため、非常に大きな課題であるというようなことがございます。

| 「観光ビジョン」の目標達成に向けた機能強化                                |   |   |
|--|---|---|
| 「観光ビジョン」に定める訪日旅行者数の目標<br>(2020年：4000万人、2030年：6000万人) |   |   |
| 観光ビジョン<br>目標   | 空港機能の強化   | 管制容量の拡大                                 |
| 2020年<br>4000万人                                      | ・羽田飛行経路の見直し等<br>首都圏空港の機能強化<br>(+約8万回)と、<br>・他空港の機能強化<br>により対応 | 現行の管制容量で<br>対応可能                        |
| 2030年<br>6000万人                                      | ・成田空港の滑走路増設・<br>延長や夜間飛行制限の緩和と、<br>・他空港の機能強化<br>により対応          | 国内管制空域の<br>抜本的再編<br>により対応<br>(2024年度完了) |

「観光ビジョン」においても、触れられておりますが、このような需給ギャップに対応するために、これは、ハードウェアの面での対応ということになりますけれども、例えば、羽田空港の飛行経路の見直し等、首都圏空港の機能強化によりまして、発着回数を約8万回増加させるとか、そのような対応が進められているということがございます。

| 主要7空港における機能強化(概要) |  |        |                               |                            |           |
|-------------------|--|--------|-------------------------------|----------------------------|-----------|
|                   | ～2017年度  | 2018年度 | 2019年度                        | 2020年度                     | 2021年度～   |
| 羽田                |  |        | 第2ターミナル増改築完了<br>国際線ターミナル増改築完了 |                            |           |
|                   | 2020年東京オリンピック競技大会までに飛行経路の見直し等により、空港処理能力を拡大するための取組を推進 |        |                               |                            |           |
| 成田                | (15年3月：管制機能の高度化により空港処理能力を拡大)                         |        | 高速連絡通路等の整備により空港処理能力を拡大        |                            |           |
|                   | 成田空港の更なる機能強化(夜間飛行制限の緩和、第2滑走路の整備等)の実現に向けた取組を推進        |        |                               |                            |           |
| 関空                | 1月：第2ターミナル(国際線)の発着<br>年度中：第1ターミナルビルの改修計画の検討          |        |                               |                            |           |
| 中部                |  |        | LCC専用ターミナルの開業                 |                            |           |
| 新千歳               | 3月：管制運用の見直し等による発着回数拡大                                |        | 国際線ターミナル地域再編                  |                            |           |
| 福岡                |  |        | 国内線ターミナル地域再編(誘導路二重化等)         |                            | 第2滑走路供用開始 |
| 那覇                |  |        |                               | 第2滑走路供用開始<br>国際線ターミナル増改築完了 |           |

羽田空港以外でも、成田、関空など主要7空港におきましても、着々と機能の増強が図られているところでございます。この一番下が那覇空港の例でございますけれども、ただ今、第2番目の平行滑走路の整備が鋭意進められているところでございます。これは、ちょうど東京オリンピック・パラリンピックの時点で合わせてオープンできるようにということで、今、一生懸命取り組まれているところでございます。



以上の流れを少し整理したいと思います。先ほど申しましたような大きく3つの課題がございまして、それに対して、供給制約をどのように解消していこうかということがございます。ハードウェアにつきましては、先ほど申したような空港側の取り組みということになるわけですが、一方で、ソフトウェアの面での対応がございまして、これは、例えば、利用者サービ

スの向上であるとか、或いは、地上支援業務の強化、これがまさに私どもの研究テーマに繋がってくるわけがございますけれども、このような対応が必要になってくるということがございます。

# 1. 研究の背景 航空イノベーションの推進について

- 目的
  - ① 官民関係者の協調と気運醸成
  - ② 自動化・ロボット、バイオメトリクス、AI、IoT、ビッグデータなど先端技術・システムの活用
- 対象分野
  - ①FAST TRAVELの推進（空港での諸手続・動線の円滑化）
  - ②地上支援業務の省力化・自動化を当面の取組分野とする。
- 連絡会による官民連携
  - 「第1回航空イノベーション推進官民連絡会」
  - ・開催日：平成30年1月30日
  - ・会場：TIAT Sky Hall（東京国際空港国際線ターミナルビル）
  - ・主催：国土交通省航空局、定期航空協会、一般社団法人全国空港ビル協会
  - ・参加者：主要航空会社、主要航空会社運営評議会(AOC)議長、主要空港公社、主要空港ビル会社、国際航空運送協会(IATA)、法務省入国管理局、財務省関税局、農林水産省消費・安全局、厚生労働省医薬・生活衛生局

この対応について、航空界全体として、包括的に取り組んでいこうということで、航空イノベーションの取り組みという動きがございます。これは、今年の1月から始まっておりますけれども、国土交通省航空局、それから、定期航空協会、全国空港ビル協会などが主体となりまして、自動化・ロボット、バイオメトリクス、AI、IoTなど、先端技術を活用いたしまして、1点目はFAST TRAVELの推進、それから、2点目は地上支援業務

の省力化・自動化の推進を目指しております。申すまでもありませんけれども、私どもの研究というのは、この2点目の地上支援業務のところに関わってくるということでございます。

## 官民ロードマップ(抜粋)と進捗状況

| 分野  | 領域       | 省     | 2017年度<br>【実現期・準備期】   | 2018年度<br>【実現期・準備期】 | 2019年度<br>【実現期・準備期】 | 2020年度<br>【実現期・準備期】 |
|-----|----------|-------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 旅客  | 利用効率向上   | 国土交通省 | 機内でモバイル決済             | 自動検知による完全自動化        |                     |                     |
| 貨物  | 効率的な貨物搬送 | 国土交通省 | 自動搬送・ベルト              | 自動搬送・ベルト、50%自動化     |                     |                     |
| 手荷物 | 手荷物検査    | 国土交通省 | 作業支援ロボット、輸送人による作業との共存 |                     |                     |                     |
| 機内  | 機内サービス   | 国土交通省 | 自動検知・ベルト              | 自動搬送・ベルト、50%自動化     |                     |                     |
| 運用  | 運用効率向上   | 国土交通省 | カールト、スマートフォン等で機内を共有   |                     |                     |                     |

その全体のロードマップをお示ししておりますけれども、旅客につきましては、例えば、ランプバスの省力化・自動化、それから、貨物につきましては、同じく省力化・自動化を進めていくという運びでございます。

## 空港における自動走行実証実験(2018年度)

<空港の制限区域内における自動走行の実証実験>

【想定内容】

- ◆ 旅客・乗員・作業員等の輸送
- ルートの例：ターミナルビルから駐機場まで 等

【進め方】

- ◆ 公募要項等に基づき、実証車両提供者を公募
- ◆ 空港や航空会社と調整した上で、実証実験者を選定
- ◆ 実証実験を実施し、有識者委員会で評価

【実証実験想定スケジュール】

- 2018.4～ 公募要項（案件）策定
- 2018.7～ 6/26～7/27 実証車両提供者公募（公募要項・公募要項書）
- 2018.10～ 9/25 実証車両提供者、空港等決定
- 2019.1～ 実証実験

【車両の一例】

その一連の取り組みの流れでございますけれども、今年に入りましてから、国土交通省の航空局が主な主体となって、空港の制限区域内での車両の実証実験を進めております。これは、6月から9月にかけてまして、実際に事業者を公募、決定いたしまして、実証実験が、今月半ばから、もう間もなくでございますけれども、仙台空港を皮切りに、以下、羽田、成田、中部等において進められる予定でございます。

## 旅客分野の新技術

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p><b>PBB自動着陸技術</b></p> <p>《製品名》<br/>PBBックスウェイ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>機体の100%手前まで自動で荷付が可能(PBB(搭乗機))</li> <li>機体下部位置を正確に測定するためのGPS、双レーザー距離計を備えたPBBへ装着することにより、ボタン一つで操作することが可能。</li> <li>2017年、徳島空港で実証実験を実施。</li> </ul>  | <p><b>バス自動走行技術</b></p> <p>《製品名》<br/>Navya Autonom Shuttle</p> <p>《製品名》<br/>自動運転バス</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>自律走行型の電動自動車。GPSとLiDARやカメラ等のセンシングを併用し、自律走行が可能。</li> <li>2017年には、N2中野村の空港では乗客が開始。フランクフルト空港では、空港内道路(ランプ外)で従業員移動用に使用されている。</li> <li>日本では、SBドライブが2017年7月に港区空域内で実証実験を実施(自動運転レベル4)。</li> </ul>  | <p>《製品名》<br/>自動運転バス</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>20人乗りの小型バス「日野・リエッセ」をベースとした自動運転バス。</li> <li>GPS・レーザーによる自動に加え、路面に埋め込まれた磁器マーカをセンサーで検知し、あらかじめプログラムされたルートを行走することが可能。</li> <li>2017年11月には、滋賀県の道の駅「奥多摩寺深沢の里」周辺で実証実験を実施(自動運転レベル2、一部区間レベル4)。</li> </ul>  |
|--|--|---|

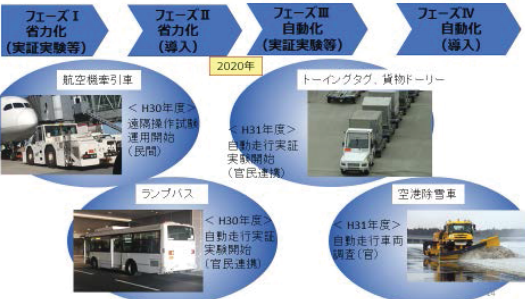
ここで、実際のデモンストレーションのイメージを御紹介したいと思います。これは、この実証実験に参加いたしますグループのうち、全日本空輸とSBドライブ(ソフトバンク系列の会社)、その2社が連携いたしまして、今年の2月に実証実験をやっておりますので、その御紹介をさせていただきます。

これが、実際の実験に用いられたバス、そして、旅客ターミナルビルの手前のほうの新整備場と

いうところで実証実験をやっております。(以下、動画による実験状況の紹介)

### 2. 研究の目的

- 東京オリンピック・パラリンピック(2020年)までにフェーズⅡの達成。
- 官民連携して、**実証実験等**を実施。当研究所では、安全性、施設整備・運用ルール等検討。
- 「航空イノベーション推進官民連絡会」において、**進捗状況をフォローアップ**。



それでは、私どもの実際の研究の内容ということになります。ただ今、申し上げた背景の説明とやや重なりますけれども、実際の車両の自動運転の取り組みは、こういうフェーズⅠからフェーズⅣまで、省力化から自動化ということで順次進んでいくわけでございます。私どもの研究対象といたしましては、ここに掲げられているような航空機の牽引車、或いは、ランプバス、それから、トローイングタグ、貨物ドーリー、或いは、空港除雪車等々の空港業務支援車両を想定しているというところでございます。

### 2. 研究の目的

- ・自動走行車両導入に向けて、運用ルールの策定や所要の施設整備が必要。
- ・実用化に向けて、空港制限区域内交通の動態や安全性・運用効率の確認が必要。
- ・国内外でも実用化に向けた実証実験の途上。実績データは不十分。


海外空港での事例

ブリュッセル空港(ランプバス) 2020年実証実験目標

ヒースロー空港(貨物車両) 2018年自動走行実験

出所)ブリュッセル空港二コース(2018/11/14) https://www.brusselairport.be/ressources/brussels-airport-2018-11-14-01-completing-project-software-testing.html

出所)Oxbotica社プレス(2018/11/14) https://www.oxbotica.io/eng/cargo-vehicles-autonomous-vehicle-in-airport-2018-11-14

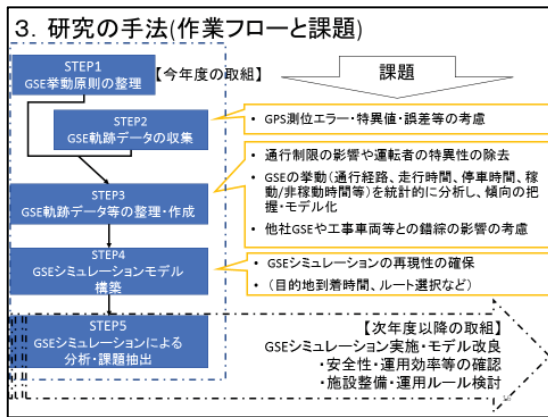


自動走行GSE車両導入時における空港制限区域内の交通流を再現し、安全性や運用効率を評価する手法(シミュレーションモデル)の開発を行う。

続きまして、研究の目的でございますけれども、実際の自動走行を導入するに当たりましての課題といたしましては、例えば、運用ルールがまだ必ずしも決まっていない、それから、必要な施設整備がまだ明確ではない、また、実際に空港制限区域内でそういう自動走行という交通を導入した場合の安全性、運用効率の確認について、これから検証を進めていかないといけない、そのような

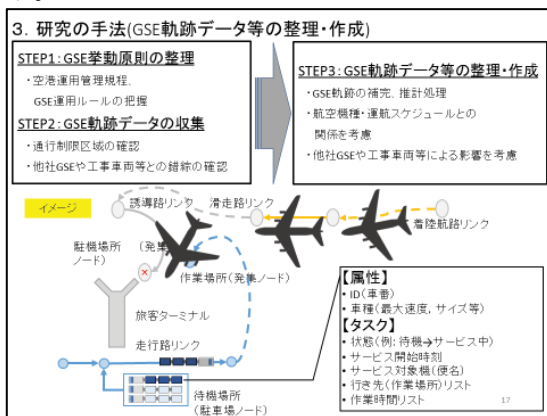
な状況でございます。

一方で、実証実験等につきましては、先ほども一般の道路交通での話がございましたけれども、諸外国を含めまして、なかなか進んでいないという状況です。これは、ブリュッセルとヒースローの実際の例でございますけれども、昨年、ようやく少しずつ実際の実験が始まっているというような状況でございますので、私どもといたしまして、研究として、シミュレーションモデルを開発することによって、こういう先ほど申しましたような諸課題の検討を進めてまいりたいというところでございます。

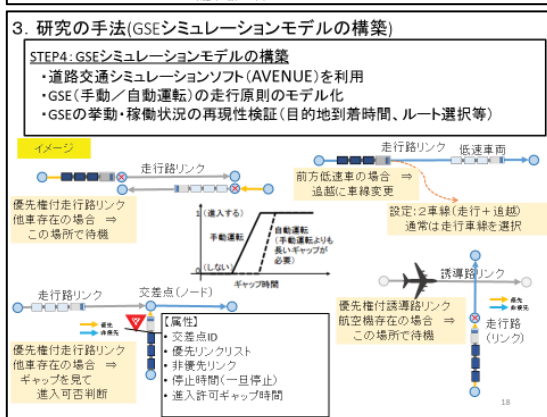


次に、研究のフローと課題ということになります。STEP 1 から STEP 5 まで掲げてございますけれども、当面の目標といたしまして、このSTEP 4 のシミュレーションモデルの構築のところまでを重点的に進めてまいりたいというふうに考えております。課題としては、縷々書いてございますけれども、実際、このシミュレーションを行うに当たりましては、GPS のデータを活用したりとかいうようなことがございますけれども、そ

の際のエラーの除去でございまして、実際の GSE 車両の挙動のモデリング化、そのようなことを進めてまいりまして、最終的には来年度以降の課題になろうかと考えておりますけれども、実際にシミュレーションをやりまして、このSTEP 5 でございますが、先ほど申しました安全性・運用効率の確認、それから、施設整備・運用ルールの検討ということに結びつけていきたいと考えております。



これが、STEP 1 から STEP 3 までの検討のイメージでございます。ここが、旅客ターミナルビルで、航空機が実際に取り付いたときに、一番下に待機しておりますGSE車両が航空機に取り付いて作業した上で、また、戻っていくという模式図でございます。



それを実際にシミュレーションモデルとして置き換えていくわけでございますけれども、これは、一般に道路交通のシミュレーションで広く用いられておりますが、AVENUE というモデルを利用してシミュレーションをやっていくこととなります。こういう形でGSE車両が並んでいるわけでございますけれども、それが走行リンクを通過して実際の航空機に取り付いて作業をするという一

連の流れでございますが、その際にこういう交差点等で車両の合流、分流、或いは、待機というようなことが起こってまいりますので、そういう状況をシミュレートしていくということでございます。(以下、動画によるシミュレーションモデル作動状況の紹介)

**3. 研究の手法(アウトプットのイメージ)**

STEPS: シミュレーションによる分析・課題抽出

- ・ 将来シナリオの設定 (自動運転車両混入率、自動運転GSEの走行原則等)
- ・ 安全性、効率性の評価方法の検討 (渋滞箇所、ブレーキ回数、到着時間等)
- ・ シミュレーション結果の分析、運用面・施設面での課題抽出

**将来シナリオ (イメージ)**

| 設定年  | 自動走行の導入車種・混入率 |         | 自動走行車両の技術動向の想定                   |
|------|---------------|---------|----------------------------------|
|      | マイクロバス        | トーイングタグ |                                  |
| 2020 | 25%           | 10%     | センシング精度・制御技術の向上による車間の短縮化         |
| 2025 | 50%           | 25%     | 車間通信による信号無し交差点での合流や通行等に要する時間の短縮化 |
| 2030 | 100%          | 50%     | 車間通信可能な車両の増加による追従可能車両の増加         |

**安全性、効率性の評価方法 (イメージ)**

| 入力条件   | 出力内容 (評価方法)  | 視点   |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 将来シナリオ</li> <li>・ 航空機の運航スケジュール</li> <li>・ GSE作業タスクスケジュール</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交差点等要注意箇所でのGSE集中発生回数、台数</li> <li>・ 各GSEのブレーキ回数</li> <li>・ GSEの動線集中等に伴う作業場所への到着遅れ発生状況</li> <li>・ 各GSEの走行時間、総走行時間 (手動/自動運転別)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>安全性</li> <li>効率性</li> </ul> |

それでは、最後に、研究の具体的なアウトプットをどのようにしていくのかということがございます。これは、アウトプットのイメージを作成していくまでの段階を示しているわけですが、将来的にどのような姿になるのかということを設定いたしませんと、当然ながら、シミュレーションできませんので、ここでは、あくまでも仮定の将来的なシナリオのイメージというものを設定しております。これは、あくまでも想定

でございますけれども、例えば、2020年、マイクロバスで25%、或いは、トーイングタグで10%程度、それぞれ導入した場合に、センシング精度、或いは、制御技術の向上によって車両の間隔をどの程度短縮できるのか、例えば、そのようなことをいろいろ想定しながら検討していくということがございます。その上で、実際の評価という段階に移っていくわけでございますけれども、例えば、安全性の面で申しますと、交差点等要注意箇所でのGSEの集中発生回数、台数ということ、或いは、ブレーキの回数等となります。それから、効率性という観点で申しますと、例えば、GSE車両の到着おくれの発生状況などなどにつきまして、分析、検討していくというようなこと

でございますけれども、例えば、2020年、マイクロバスで25%、或いは、トーイングタグで10%程度、それぞれ導入した場合に、センシング精度、或いは、制御技術の向上によって車両の間隔をどの程度短縮できるのか、例えば、そのようなことをいろいろ想定しながら検討していくということがございます。その上で、実際の評価という段階に移っていくわけでございますけれども、例えば、安全性の面で申しますと、交差点等要注意箇所でのGSEの集中発生回数、台数ということ、或いは、ブレーキの回数等となります。それから、効率性という観点で申しますと、例えば、GSE車両の到着おくれの発生状況などなどにつきまして、分析、検討していくというようなこと

以上、  
ご清聴有り難うございます。

【出典等】

\*e3, e5~e13  
国土交通省航空局公表資料に基づく。一部時点修正。  
※ 航空インベーション推進官民連絡会第1回(平成30年1月30日)  
※ 空港利用に際する自動車走行に係る実証実験計画委員会第1回(平成30年6月22日)、第2回(9月25日)

\*p4  
JNTR(日本政府観光局)作成資料に基づく。

\*e14  
写真等の一部資料は、国土交通省航空局作成資料(上記)に基づく。

\*e15  
※ フリュッセル空港ニュースリリース(2018/11/14閲覧)  
<https://www.brusselairport.be/pressroom/brussels-airport-and-de-lijne-start-pilot-project-with-self-driving-bus/>  
※ OdoBotica社プレスリリース(2018/11/14閲覧)  
<https://www.odobotica.ai/tag/cargo-undertakes-autonomous-vehicle-trial-at-heathrow-airport/>

以上でございます。どうもご清聴、ありがとうございました。

——了——

