

航空機ブラストの影響を受ける通行帯を想定した実証実験計画

国土交通省 航空局

令和6年12月

航空機ブラストの影響を受ける通行帯を想定した 実証実験 開発進捗状況説明資料

株式会社JALインフォテック
2024年12月10日

0.ブラスト検知方法について

1.システム概要

- ①航空機認識モジュール
- ②進行可否判定モジュール

2.開発進捗状況

- ①フィールドテスト実施内容
 - 1)データ収集
 - 2)航空機認識モジュール
 - 3)進行可否判断モジュール
- ②本番実証実験の目的
- ③全体スケジュール

3.その他

- ①システムの汎用性について

<課題>

一部のGSE通路がブラスト影響範囲内にかかる場合があり、指定の停止線で停止し運転者が安全確認をおこなったうえで通行している。該当エリアの自動運転導入にあたっては、通行時にブラストの影響を受けないか航空機の位置等の情報から判断する必要がある。

<手法の比較>

自動運転車両がブラスト影響範囲内に侵入しないようにするために、ブラストの影響範囲及び時間帯を把握する必要がある。その影響範囲等を特定するためには、航空機の位置、向き等の情報が必要となる。

①のカメラにおいては航空機の位置、向き等のAI解析が不可能である一方、②のカメラでは、航空機の位置・向き等のAI解析が可能のため、今回の実証では**カメラ映像解析による航空機認識の手法を採用**。

手法	メリット	デメリット
①サーモグラフィカメラによる熱検知	(致命的なデメリットにより実現に適さない)	サーモグラフィは物体の表面温度を感知するもので、 気体 (=ブラスト気流) の温度が検知できず、ブラストの範囲を特定できない。 機能が熱検知に特化しており 航空機の位置・向き等のブラスト影響範囲特定に必要な情報をAI解析できる性能を有していない。
② カメラ映像解析による航空機認識	取得した画像から航空機位置・向き等の情報をAI解析するために必要な性能を満たしたカメラを利用できる。 そのため自動で航空機位置が取得できる。	カメラ設置箇所ごとに、航空機の位置・向き等を認識するための 十分なAI学習が必要。

<今回の手法で実現する事項>

- カメラ映像をA I 解析し、航空機の位置・向き等を把握し、ブラスト影響範囲の特定に必要な航空機情報を自動で取得することができる。
- 取得した航空機情報を使用し、航空機の将来位置を推定し、自動走行車両の通行がブラスト影響範囲に含まれるかの通行可否判断がおこなえる。

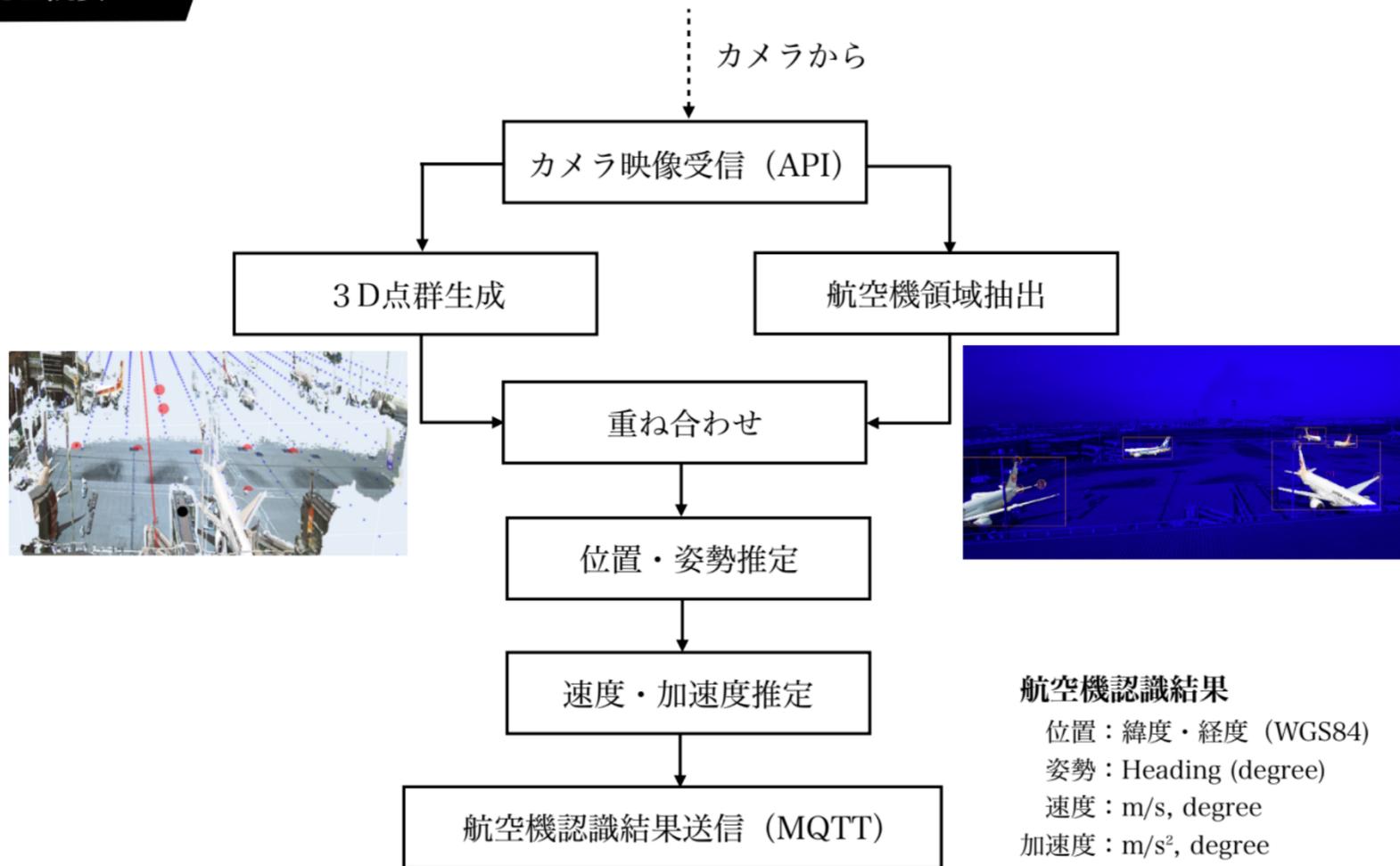
<必要な技術>

	技術	必要な機能	機能の目的	関連する説明
1.	航空機の認識技術 カメラ映像を解析して航空機の位置・向き等を認識する	①航空機の輪郭検出 ②航空機の姿勢推定 ③航空機の距離推定	距離計測のために必要な航空機本体の輪郭を抽出する 航空機の向きを検出する 航空機の緯度経度を推定する	P11 航空機認識モジュール
2.	進行可否判定技術※ 車両が認識した航空機からのブラスト影響範囲に入るか判定する	①設置箇所からの航空機認識精度確認 ②現在位置のマップマッチング ③将来位置推定用の誘導路データ設定 ④システム認識状況と判定処理状況のモニタリング	システムの認識結果と実際の録画映像を比較して認識精度を確認する 認識した航空機の現在位置について誘導路に合わせた誤差補正を行い、その補正結果を確認する 誘導路データに想定通過経路と通過時の想定速度を設定し、航空機の将来位置を推定する 航空機の現在位置・航空機の推定将来位置・判断対象の自動運転車両の位置関係と判定処理状況を可視化する	P12 a) 制度検証・改良・シミュレーションのための開発用ツール P13 b) マップマッチングシミュレーションツール P14 c) 誘導路データベース編集ツール P15 d) 表示モジュール

※航空機認識情報を受けた進行可否判定については、今回の実証実験においては一連で行うが、共通インフラの実運用においては共通FMSの責任範囲は航空機認識結果の通知までとなる。 Copyright © 2024 JAL Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.

1. 航空機認識技術 (モジュール)

処理概要



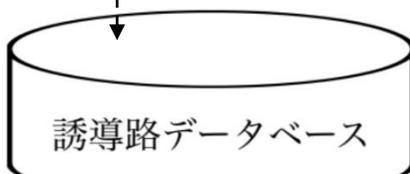
2. 進行可否判定技術（モジュール）

処理概要

c) 誘導路データベース編集ツール

a) 精度検証・改良・シミュレーションのための開発用ツール

b) マップマッチングシミュレーションツール



共通FMS (VME) 配信

事業者FMS受信

- 共通FMSより受信する航空機情報
- 1) 位置：緯度経度 (WGS84)
- 2) 姿勢：Heading (degree)
- 3) 速度：m/s
- 4) 加速度：m/s²

航空機認識モジュールから

航空機情報受信 (MQTT)

自動運転車両から

車両情報受信 (MQTT)

マップ・マッチング^{※3}

危険区域到達時間推定

危険区域離脱時間推定

進行可否判定

d) 表示モジュール

進行可否判定結果送信 (MQTT)

※3) 航空機が誘導路上のどの位置をどの方向に移動中か推定する。

1. システム概要 (実験システム構成)

【空港管理者責任】

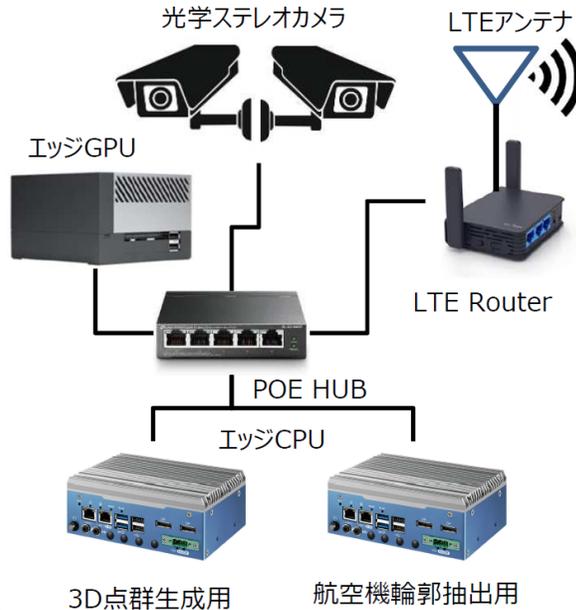
責任分界点

【事業者責任】

共通インフラ機能

■ 中央監視制御装置A

- ※ 航空機認識モジュール (T3屋上に設置)
- ※ 本番時は共通FMS機能の一部となる



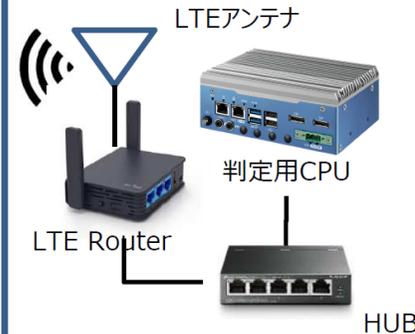
【航空機認識モジュール機能】

- ・光学ステレオカメラにより監視対象エリア画像を取得
- ・取得画像を解析し必要データを算出
- ・一定間隔で航空機データを算出し続けデータを配信
- ・遠隔監視者確認時はカメラに直接接続して映像を取得

事業者FMS機能

■ 中央監視制御装置B

- ※ 判定モジュール
- ※ 本番時は事業者FMS機能の一部となる
- ※ 実際はクラウド上に構築



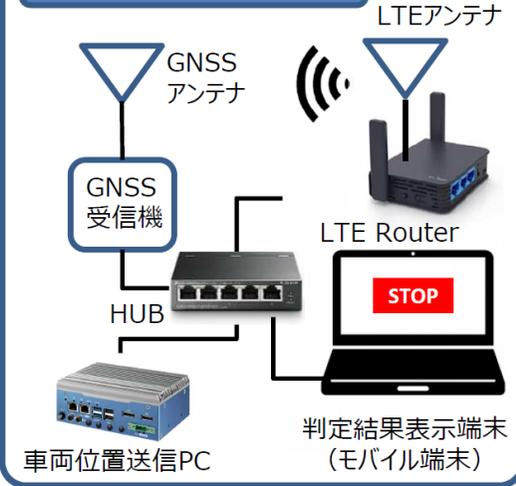
【判定モジュール機能】

- ・航空機に関する位置・速度・加速度・向きの情報、および、誘導路等の航空機経路地図情報から、車両がプラストエリアを走行完了までの間に危険区域に到達すると予測される航空機の有無を検出。
- ・危険区域への到達が予測される航空機がない場合は「進行可」と判定し、到達が予測される航空機がある場合は「進行不可」と判定する。
- ・上記の判定を「通行可」となるまで繰り返す。

- 通行可否判断要求
- 位置情報

- 通行可否判断返信

実験車両(JIT連絡車)



【実験車両】

- ・実験車両はJIT連絡車を使用
- ・実験者は車両に搭載した「判定結果表示端末(モバイル端末)」にて判定結果を確認し、ドライバーに走行可否の指示をおこなう。

稼働状況モニター



- ・任意の場所でシステムの稼働状況をモニターすることが可能。

① 航空機認識モジュール

システム概要

- カメラにより航空機を認識し、位置・姿勢・速度・加速度を推定する。
- 結果を進行可否判定モジュールに送信する。
- 通信プロトコルはMQTTを用いる。



※1) 本実証実験ではMQTTブローカーはクラウド上に構築。

② 進行可否判定モジュール

システム概要



- 航空機認識モジュールからの航空機情報、および、自動運転車両からの車両情報をもとに、進行可否判定を行う。
- 本モジュールはクラウド上に構築する。
- 通信プロトコルはMQTTを用いる。

※2) 誘導路をネットワークとみなして
ノードおよびパスをデータベース化
したもの

①フィールドテスト実施内容

1).データ収集

■その1

- ・目的：キャリブレーションと3D位置情報の検出。
- ・実施場所：羽田空港第3ターミナル屋上。
- ・機材構成：実証実験で使用予定のPanasonic製カメラ。データ収集用のエッジ装置。
- ・実施期間：9月前半（9/11～12）と9月後半（9/26）
キャリブレーション/3D点群情報生成モジュールの開発・精度向上のためのデータ取得。
9月前半に収集したデータでは、検出精度（距離誤差10%未満）に達しなかった。
9月後半に追加データ収集を実施。

■その2

- ・目的：キャリブレーションと3D位置情報の検出および車載システム動作検証
- ・実施場所：羽田空港第3ターミナル屋上およびT3付近車両通行帯
- ・機材構成：前回使用機材に加え、車載機器(自車位置通報)
- ・実施期間：11月11日(月)～11月15日(金) ※データ検証は社内にて継続中
キャリブレーション/3D点群情報生成モジュールの開発・精度向上のためのデータ取得。
車載機器動作確認。

2) 航空機認識モジュール

- ・航空機認識精度の調整。
- ・昼夜を問わず重なった航空機、夜間のタクシーライトでハレーションが発生し輪郭が見えにくい航空機の認識精度が改善。
- ・3D位置情報検出エンジンはAIモデルの変更を含む調整中。

■ 左画像改善前/右画像改善後⇒中央より進入する航空機認識が可能になった



3) 進行可否判定モジュール

各種ツールの開発。誘導路のルートとスポット情報の登録。UIの調整。

a) 精度検証・改良・シミュレーションのための開発用ツール

「システム認識結果」と「実際の録画映像」を比較することにより認識精度を目視確認で確認するためのツール。

上段：システム認識結果表示

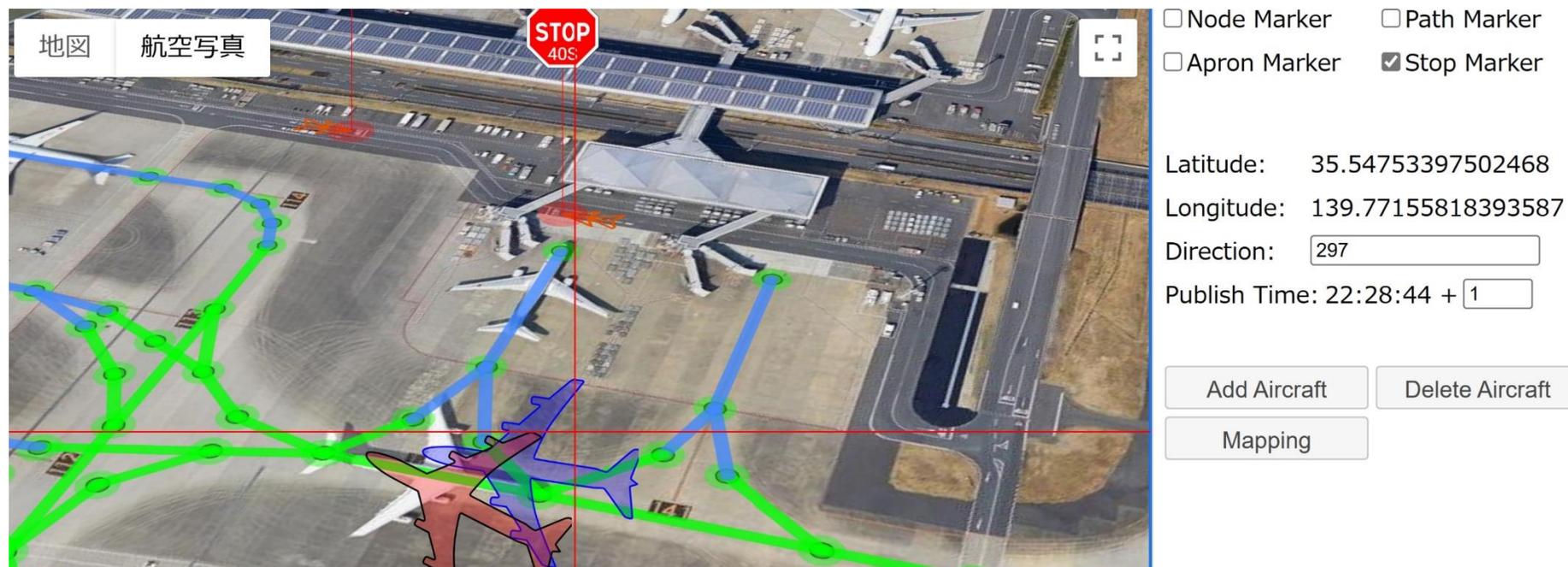
下段：実際の録画映像表示



3) 進行可否判定モジュール

b) マップマッチングシミュレーションツール

- ・航空機位置推定にて検出されたデータの誤差を一定のルールの範囲で補正し航空機情報の精度向上をおこなっている。この誤差補正結果を目視確認するツール。
- ・本システムでは、誤差の修正に許容値を設定し許容値を逸脱した場合は、誘導路へのマッチング補正はおこなっていない。これは方向についても同様なロジックである。
- ・許容値の数字については現在チューニング中につき結論には至っていないが推定座標値が誘導路幅を逸脱しない場合、誤差補正をおこない中心線上に位置するよう補正。



地図 航空写真

STOP 40S

Node Marker Path Marker
 Apron Marker Stop Marker

Latitude: 35.54753397502468
Longitude: 139.77155818393587
Direction: 297
Publish Time: 22:28:44 + 1

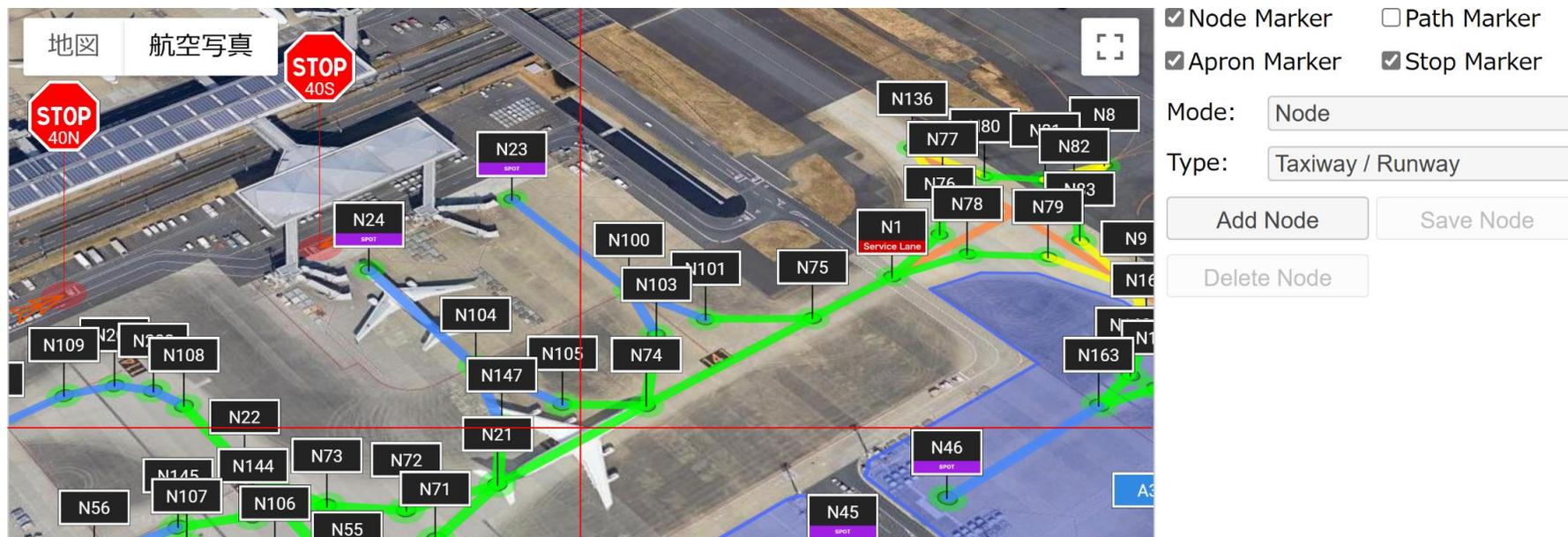
Add Aircraft Delete Aircraft
Mapping

3) 進行可否判定モジュール

c) 誘導路データベース編集ツール

- ・航空機の将来進行位置推定のために整備したデータベースに全ての想定通過経路をノード、パスで設定し、航空機の進行先を推定するツール。
- ・各パスには航空機の想定速度が登録されており、将来位置推定の計算をおこなう時に使用する。
(現在は暫定登録)

将来位置はb) マップマッチングシミュレーションツールでマップマッチングされた前進中の航空機を対象に、その位置から本ツールで設定した想定通過経路を検索し、ブラスト影響がGSE通路にかかる走行区間に至るまでの時間を本ツールで設定した通過予定パスの想定速度から算出・推定する。



3) 進行可否判定モジュール

d) 表示モジュール

- ・システムが認識した航空機および自車両の状況を目視確認するためのツール。PCブラウザ上で動作し、航空機や車両を3Dモデルで表示可能。
- ・地図情報はOpenStreetMapをベースに「東京国際空港制限区域図」およびProject PLATEAU^{※1}の「3D都市モデル」を統合して、実証範囲に特化したVisualizerを開発。Project PLATEAUでも採用されているオープンソース「CesiumJS」を使用。
- ・進行可否判定については、実際の自動走行TT車（6連ドロー）の実測値をふまえ、GSE通路上ブラスト危険区間を車両が通過完了に要する時間を設定し、その時間帯と誘導路データベース編集ツールから推定した航空機の位置から算出したGSE通路上ブラスト影響がある時間帯と比較して判定する。



表示モジュール



羽田GSE通路のブラスト危険区間

※ 1 : 国土交通省が主導する日本全国の3D都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト

本実証実験におけるブラスト危険エリアは以下に示す定義を定め実施する。

※2024年3月25日開催 第17回検討委員会 別紙1 共通インフラガイドライン案P37 3.2.2.5航空機ブラスト検出カメラ/センサーa,監視範囲に掲載

□機種：大型機をモデルとし検証する。

※検証用航空機機種=B777-300ER(全長:73.9m/全幅:64.8m)

□距離：100mとは航空機中心点より半径100mを対象とする。

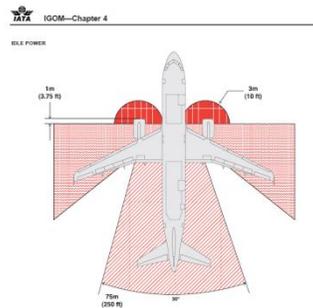
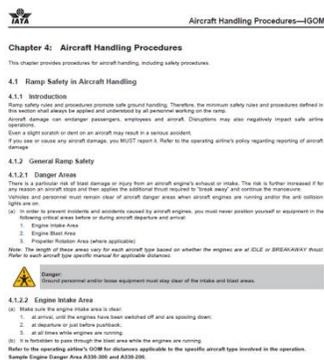
□後方：後方の解釈について記載なきため、IATA Ground Operations Manual(IGOM) Chapter4: Aircraft Handling Procedures Sample Engine Danger Area A330-300 and A330-200に記載のエンジン後方30°の範囲「航空機後方」とする。



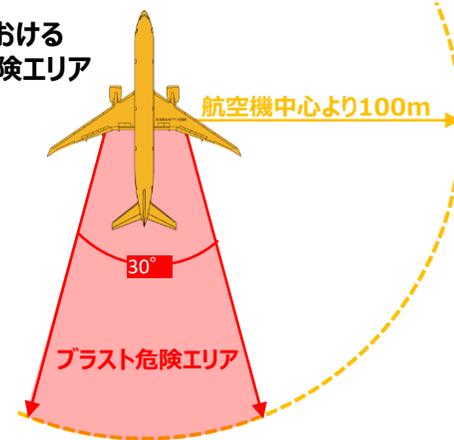
IATA Ground Operations Manual (IGOM)
Supplement to Airport Handling Manual
IGOM Effective 1 January–31 December 2015



4th Edition

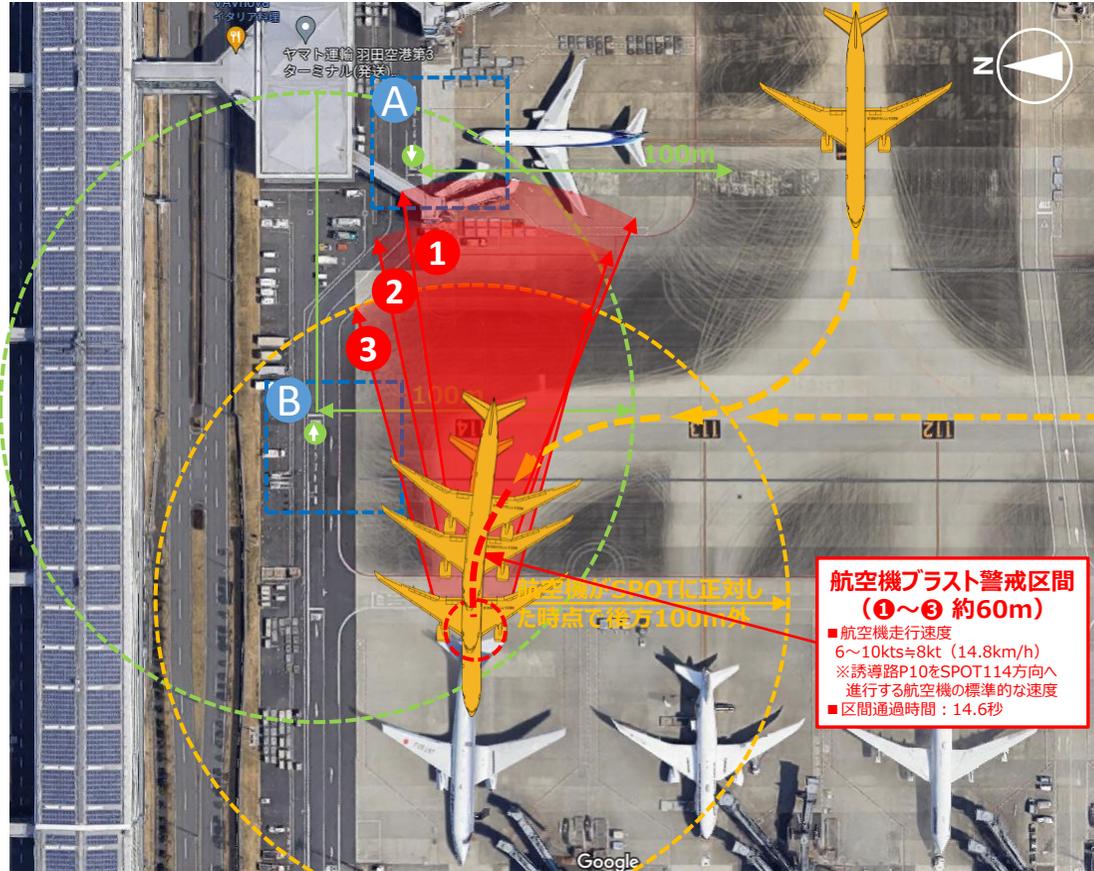


■本検証における
ブラスト危険エリア



■ 航空機SPOT INの場合

※ SPOT OUTはGSE通路との位置関係から対象外



■ 警戒対象航空機経路

当該エリアにおいて通行する車両が航空機ブラストの影響を受ける可能性があるSPOT IN経路は「SPOT114」のみでその他の経路は走行する航空機の後方100m以内とはならないため警戒対象から除外する。

■ 警戒対象区間

・A停止線～B停止線間において航空機後方100m以内に接近する経路は左図「航空機ブラスト警戒区間(赤点線)①～③」上に航空機が存在する場合はその対象と設定する。(注1) (注2)

(注1)安全値については現場環境に応じて適切なパラメーターを設定する。

※実際にブラストの影響を受けるのは①～③の区間となる

(注2)航空機がSPOTに正対した時点③で100m以上となるため危険判定を解除する。

(注3)航空機の移動速度
航空機の移動速度は事前に取得した航空機データの最大値を用いる。

(注4)サーモグラフィーカメラによるエンジン稼働状態検知は将来対応とする。

■ 牽引中の航空機

牽引中の航空機はブラストを発生させていないため、本来「通行可」と判定すべきであるが、本システムの性能上自走・牽引の見極めが出来ない為、牽引時も自走と同じ扱い判定をおこなう。

②本番実証実験の目的と目標

a)目的（何をするのか？）

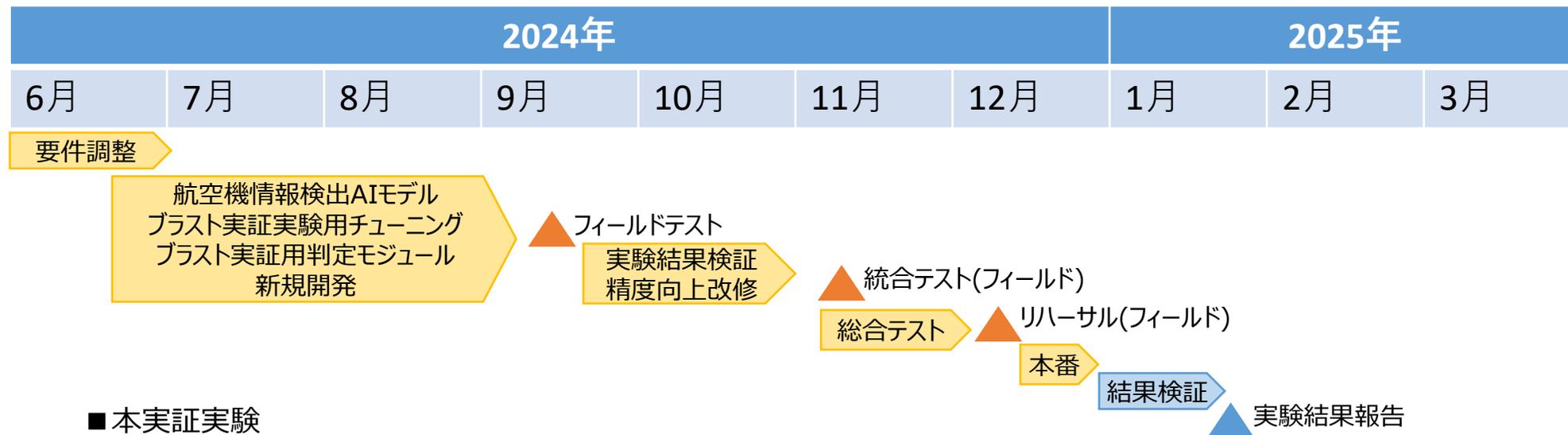
- ・指定停止位置にて停止した自動運転車両が安全にブラストの影響を受けずに走行できるかをシステムが正しく判定するかどうかの確認をおこなう。
- ・他通行者や現場親和性、システム運用等における課題抽出をおこなう。

No	検証項目	観点
1	通行帯走行に対する円滑性	・自車両及び周辺の車両が円滑に通行帯を走行することが出来ているか
2	通行帯走行および周辺の安全性	・航空機、空港職員、自車両、周辺の車両の安全性が阻害されることはないか
3	カメラの有効性 ①各種検出情報の精度 ②進行可否判定の正確性	・選定したカメラ機材および取得した画像が航空機検知の役割を十分はたしているか ・進行可否判定システムは正しい判定をおこなっているか
4	運用方法	・当システムの判定結果が有効に機能しているか ・運行管理者が進行可否判定をおこなううえで提供される情報は適正か
5	走行ルール	・当システムの実装にあたり運用制限や新しい走行ルールの策定が必要か ・天候や時間帯によって運用制限が必要か
6	その他	・その他に留意すべき点はないか

b)目標

判定結果が「100%正しく判定すること」を目標として設定する。

③全体スケジュール



■本実証実験

- ・12月16日(月)・・・am 機材開梱、員数確認 pm リハーサルのフィードバック確認
- ・12月17日(火)・・・事前確認の予備日
- ・12月18日(水)・・・am 開発内容フィードバック、pm 実証実験 ※視察日
- ・12月19日(木)・・・実証実験予備日（12/18に実証実験実施の場合はデータ取得）
- ・12月20日(金)・・・終日データ取得

■統合テスト(フィールド)

- 11/11(月)・・・機材到着。機材動作確認
- 11/12(火)・・・T3屋上で装置動作確認、データ取得
- 11/13(水)・・・車両を走行させ装置動作確認、データ取得
- 11/14(木)・・・T3屋上で装置動作確認、データ取得
- 11/15(金)・・・予備日

■実証実験リハーサル(フィールド)

- 12/2(月)・・・現地作業あり：統合テストのフィードバック確認
- 12/3(火)・・・現地作業あり：実証実験リハーサル1回目
- 12/4(水)・・・予備日
- 12/5(木)・・・現地作業あり：実証実験リハーサル2回目
- 12/6(金)・・・予備日

① システムの汎用性について

本システムを他空港へ転用する場合以下の対応が必要となる。

a) 航空機認識AIモデルへの追加学習

現在の認識モデルは羽田空港T3屋上からの視点にて取得した画像データを使用し学習データを作成している。別の他空港で使用する場合、視点(画角)が変わるため航空機の撮影角度、照明柱や周辺機材等の違いが発生。

このような差分を補うために、監視対象エリアの追加学習が必要となる。

どの程度の追加学習が必要かは事前の検証が必要。

b) 誘導路データベースの整備

羽田空港の他のエリアや他空港で使用する場合、誘導路データベースの整備が必要
同データベースが無い場合、航空機の推定進路、所要推定時間等を元にする判定
モジュールが機能しない。

c) 表示モジュールの整備

基本的な部分は流用が可能であるが空港固有の地図情報等は対象空港に対する
個別対応が必要となる。

