

令和2年度

GSEの軌跡分析・

現況再現シミュレーション実施調査業務結果

国土技術政策総合研究所 空港計画研究室

令和3年3月17日

調査の背景と目的	2
シミュレーションモデルの概要	3
R1モデル（試算の前提と試算結果等）	5
R2モデル（主な改良点等）	13

調査の背景と目的

● 労働力不足対応に向けた自動走行GSEの導入可能性検討の必要性

- ✓ 現在、我が国の空港では訪日旅客6,000万人時代に向けた機能強化が進められているが、生産年齢人口の減少等により顕在化する労働力不足は、この空港機能強化にあたって克服すべき課題となっている。国土交通省航空局ではこの課題に対応するため、IoT、AI、自動化技術に代表される先端技術の活用を官民連携のもと模索しており、地上支援業務に用いるGSE（Ground Support Equipment）の自動走行技術について導入可能性を検討することとした。

● 自動走行GSE導入課題抽出のためのGSE交通流シミュレーションモデルの開発

- ✓ 自動走行GSE導入に向けて、GSE交通流の観点からの課題抽出、対応策検討を行うために、空港制限区域内におけるGSE交通流シミュレーションモデルを開発。平成30(2018)年度にプロトタイプモデルを開発して以降、3か年に亘り改良・拡張を続けてきたものである。



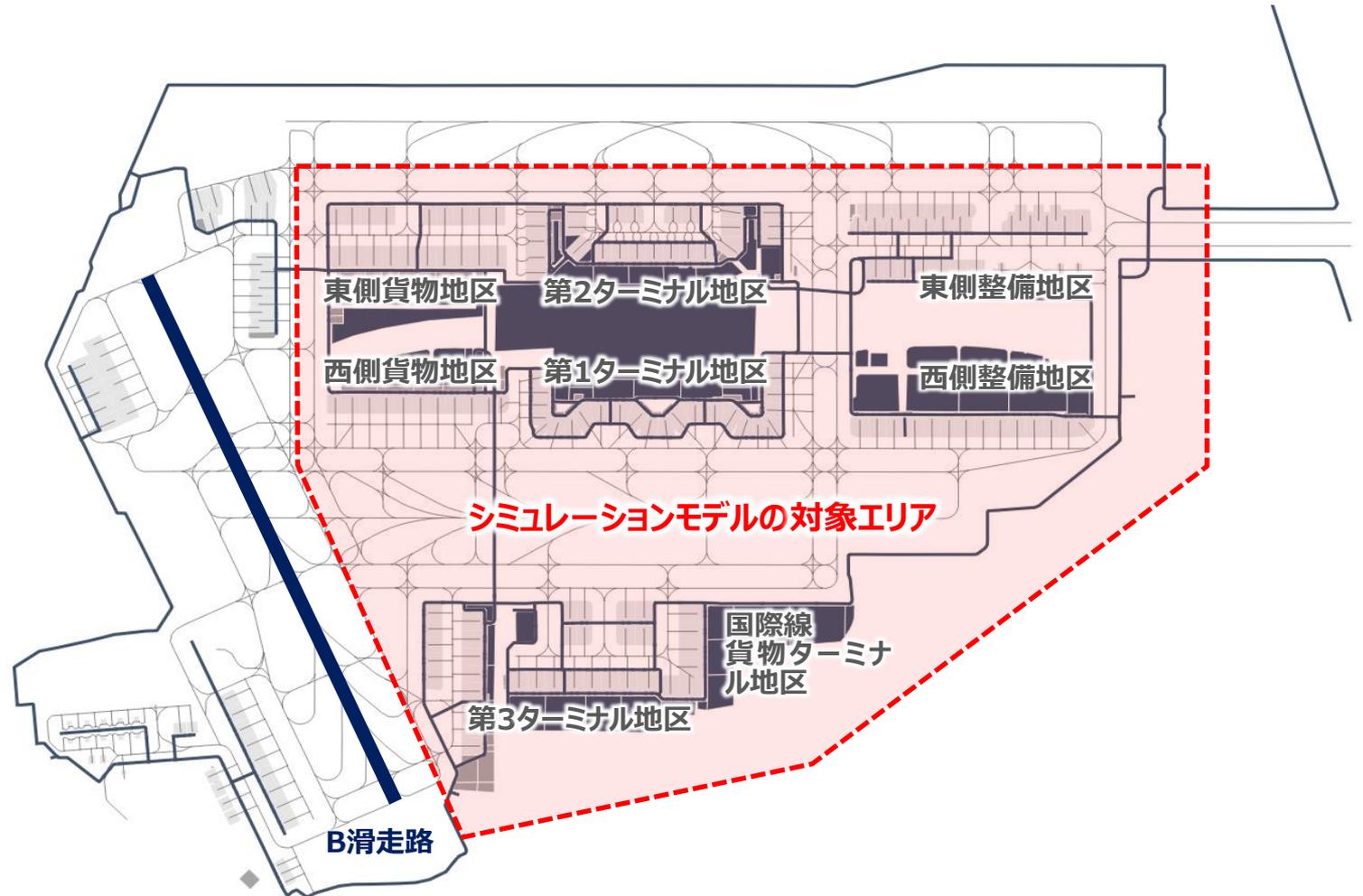
シミュレーションモデルの概要

- 一般街路ネットワーク対象の交通流シミュレーションを応用し、羽田空港制限区域内の車両通路ネットワーク、GSE交通流を対象に開発した交通流シミュレーションモデル。
- 自動走行GSEをはじめとするGSE走行性能の変更や、車両通路整備、通行規制、航空ダイヤ変更等による交通流への影響評価に適用可能。

シミュレーションモデルの概要

対象エリア	羽田空港制限区域内ほぼ全域（B滑走路の南側全域）
対象車種	羽田空港制限区域内の全車種（グラハン関連GSEを中心とした全13車種区分）
対象期間	基本設定は24時間（0:00～24:00） ※必要に応じて変更可能
モデルの機能	各種状況変化等に伴うGSE交通流への影響評価
インプット	ゾーン、車両通路ネットワーク、航空機交通流、GSE車両規格・性能、GSE交通流（GSE1台ずつの出発地・出発時刻、到着地・到着予定時刻）
アウトプット	GSE交通流（GSE1台ずつの到着地・到着時刻、発着地間の通行経路・所要時間・平均速度）、 各リンク間のマクロ的な車種別時間帯別通行台数・平均所要時間・平均速度 など

- 羽田空港制限区域内ほぼ全域（B滑走路の南側全域）



- 羽田空港制限区域内のGSEの走行実態を把握するため、GSE2,234台に発信機、53地点に受信機を取り付け、連続7日間の観測により、**GSEの通過位置・時刻データを把握**する走行実態調査を実施。

走行実態調査の概要

取得技術	● 発信機×受信機間の BLE信号送受信 によるGSEの通過位置・時刻データ取得
設置台数	● 発信機：羽田空港内登録の自走式GSEのうち 2,234台 に発信機（ビーコン端末）取付 ● 受信機：羽田空港内車両通路の交差点近くを中心とした 53地点 に受信機（スマートフォン）設置
設置位置	● 受信機：GSEの 主要なOD・経路 を特定可能で、GSEや航空機の円滑で安全な移動を阻害しない 主要通路・交差点 近くの照明灯の基礎付近など
実施時期	● 2019年11月21日～27日 連続24時間×7日間
協力体制	● 羽田空港内登録車両を所有する 22事業者 （※調査協力+GSEへの発信機取付の協力） ● 国土交通省航空局空港技術課、東京航空局東京空港事務所（※調査・各種調整協力）
取得データ	● データ取得した台数 1,856台分 （発信機取付2,234台の83.1%） ● 取得データ総数 3,011,711件

BLE信号のデータ取得イメージ



- 自動化する**GSE車種**、**導入割合**、自動化の**技術レベル**についてシナリオを想定。
- 加えて、**運用ルール**について自動走行GSEの導入を前提としたシナリオを想定。
- これらのシナリオの組合せにより、シミュレーションを実施。

自動走行GSE導入に係る試算シナリオ

		Without	With 1	With 2	With 3	With 4
自動走行GSEの車種		なし	旅客輸送バス等(BUS/MB)、トーイングトラクター (TT)			
自動走行GSEの導入割合		0%	10%	50%	100%	100%
自動化の技術レベル	走行速度等	速い BUS/MB:30km/h TT:15km/h	遅い BUS/MB : 20km/h* TT : 15km/h*			速い BUS/MB:30km/h TT:15km/h
	追い越し機能	(あり)	なし 追い越し不可			あり 車車間通信により 追い越し可
	右左折時の交差点通過	速い 目配せ等の譲合いで 1台通過後に右左折可	遅い 対向右左折車がいなくなるまで停車			速い 車車間通信による譲合いで1台通過後に右左折可
運用ルール	交差点の優先/ 非優先等	優先設定なし (先着順に通行)	優先設定なし		3-1 優先設定なし	3-2 自動走行優先
						自動走行優先

※有人走行GSEよりも加速・減速が遅い

効率性

- 全GSEの総走行時間、損失時間※/区間平均速度
※混雑の無い理想的な状況の総走行時間に対して、どれだけ総走行時間が増加しているのかを表す指標

安全性

- 全GSEの停止回数※
※ブレーキをかける機会が増えることで、衝突リスクが増加することを表す指標

省力化

- 有人走行GSEの総走行時間※
※有人走行GSEを自動走行に置き換えることで、有人走行GSEの総走行時間、すなわちドライバーの業務時間が減少することを表す指標

- 全GSEの総走行時間は、自動走行GSEの割合が増えるに従い増加。

✓ With3-1とWith3-2ではWithoutより約21～22%増加。

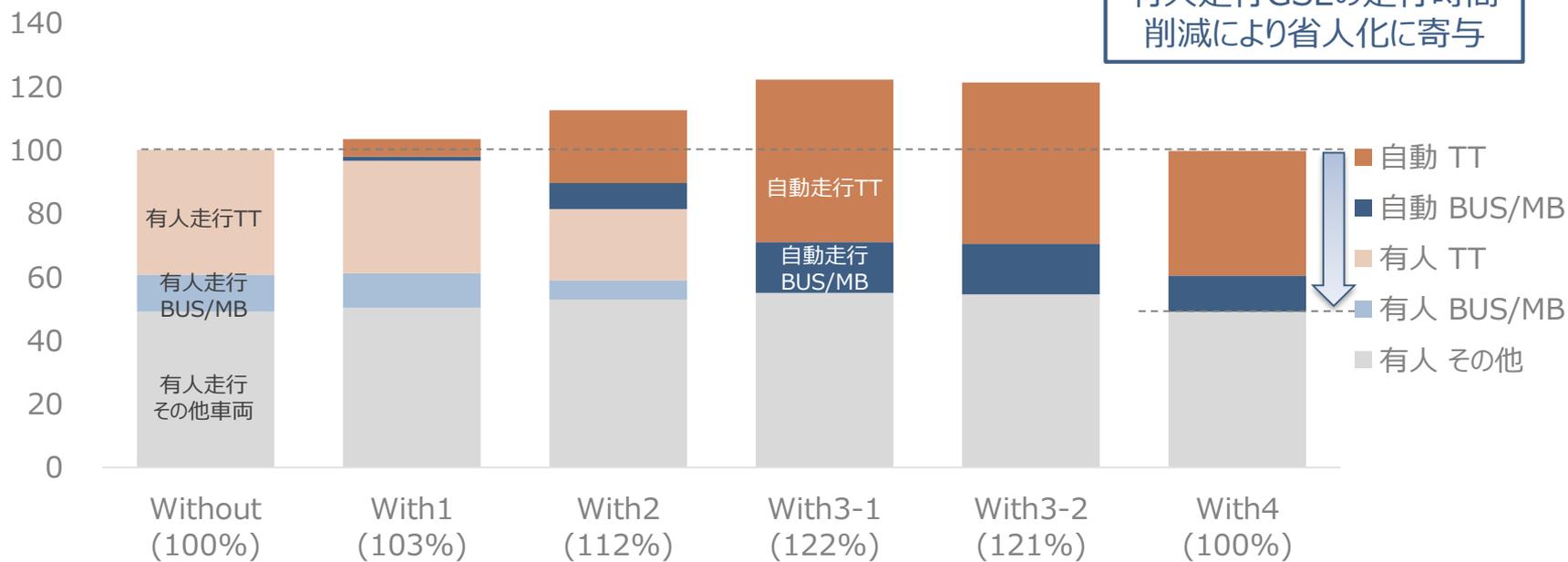
効率性

- 自動走行GSEの技術レベルが上がり導入割合が増えると、省人化に大きく寄与

✓ With4はWithoutに比べ有人GSEの総走行時間は約半分に減少し、省人化による業務時間削減効果に期待。

省力化

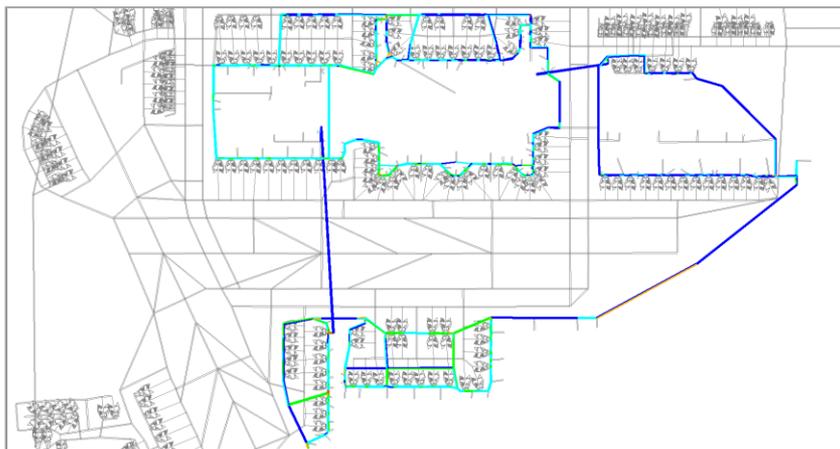
Without=100%



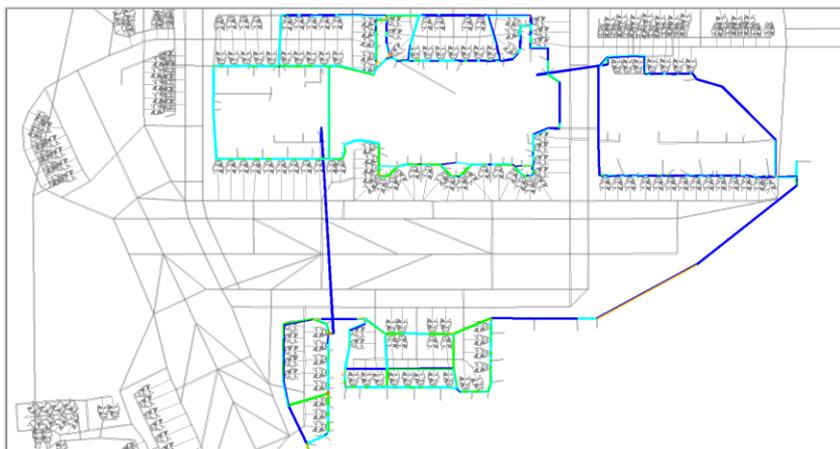
各ケースでの総走行時間の比較

- With1やWith2では、Without比較して、GSEの区間平均速度の大きな低下はない。

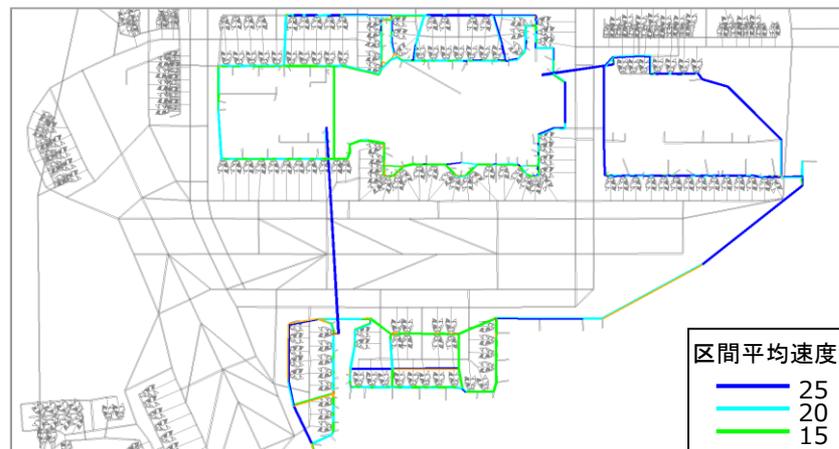
効率性



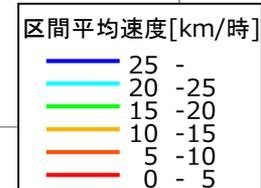
Without



With1



With2



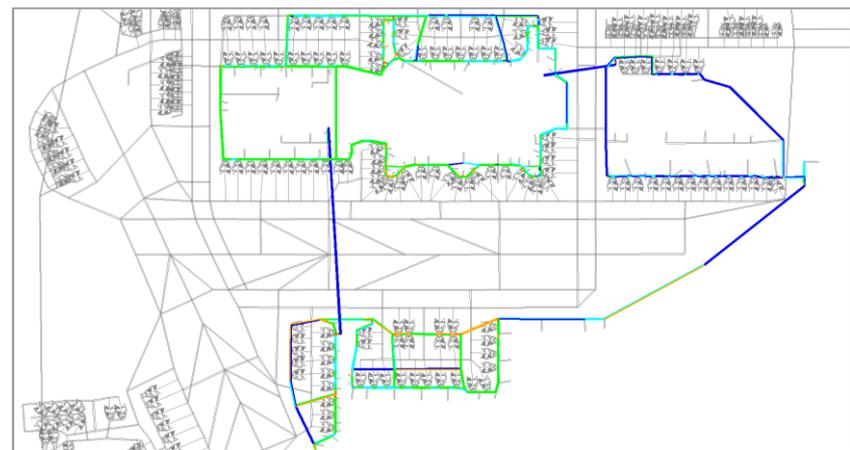
各ケースでの区間平均速度の比較 (8時台)

効率性

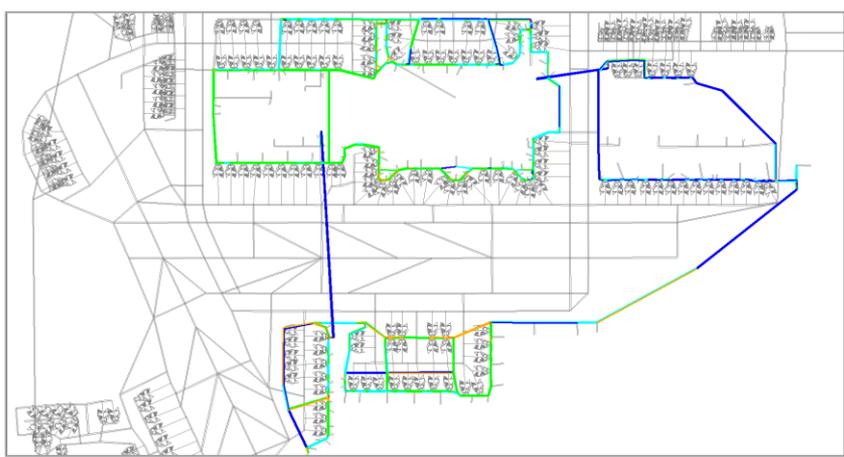
- With3-1やWith3-2では、Without比較して、一部の区間において、GSEの区間平均速度の低下が顕在化。



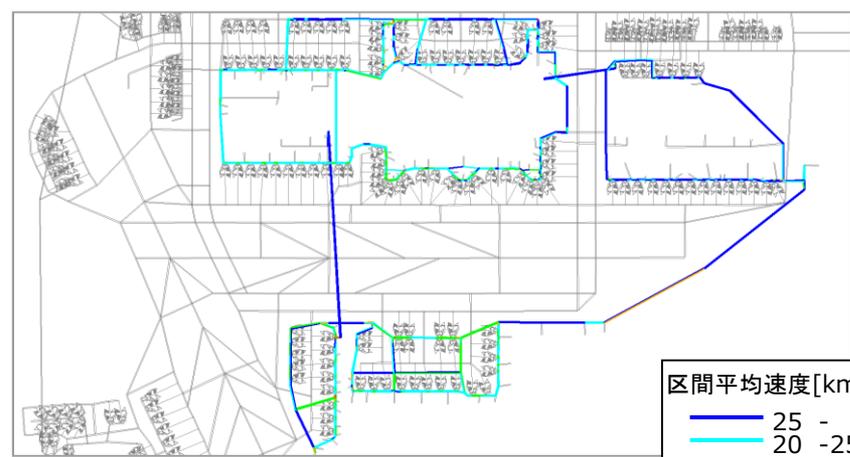
Without



With3-1



With3-2



With4



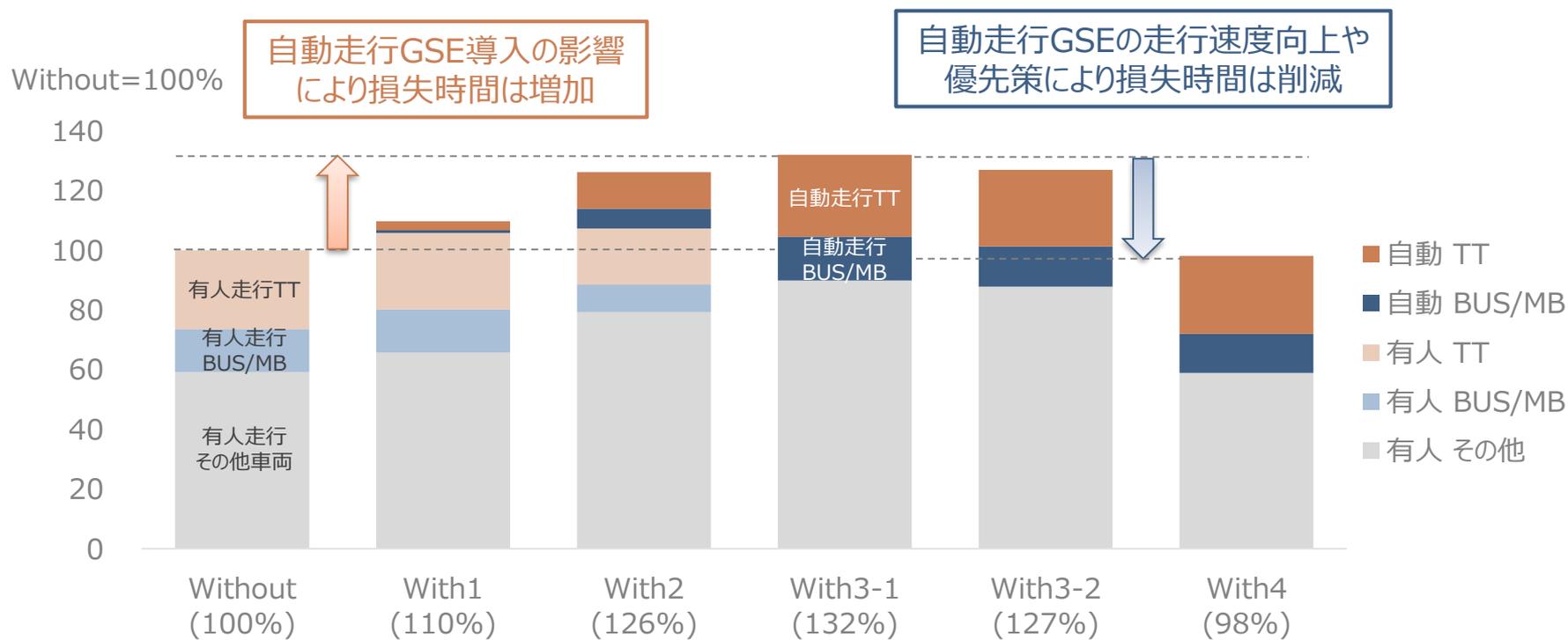
各ケースでの区間平均速度の比較 (8時台)

● 全GSEの損失時間※は、自動走行GSEの割合が増えるに従い増加。

効率性

- ✓ With3-1では、全走行GSEの損失時間はWithoutより約32%増加。
- ✓ With4ではWith3-1に対して損失時間が約26%減少しWithoutと同程度まで回復。

※損失時間とは、混雑の無い理想的な状況（=全車両が全区間を制限速度で走行と仮定）の総走行時間に対して、各ケースでどれだけ総走行時間が増加しているのかを表す指標。

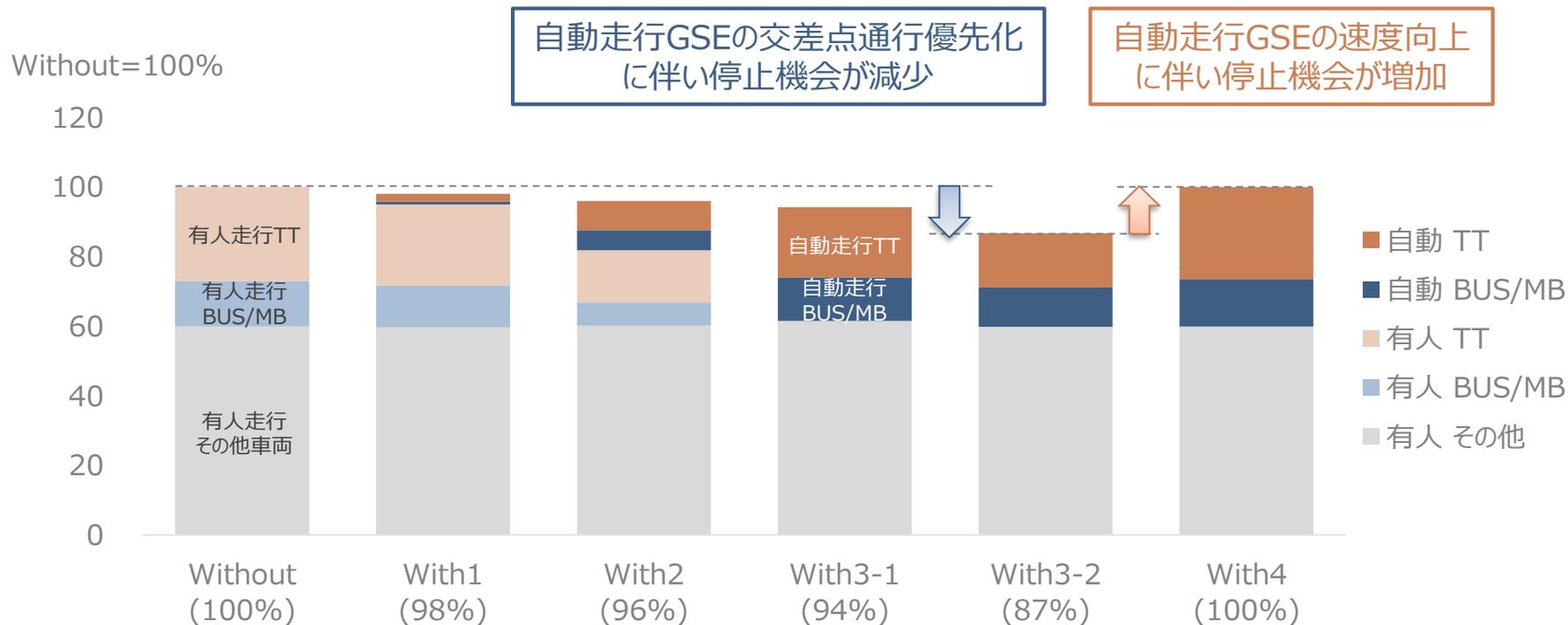


各ケースでの損失時間の比較

● 全GSEの停止回数は、自動走行GSEの割合が増えるに従い減少。

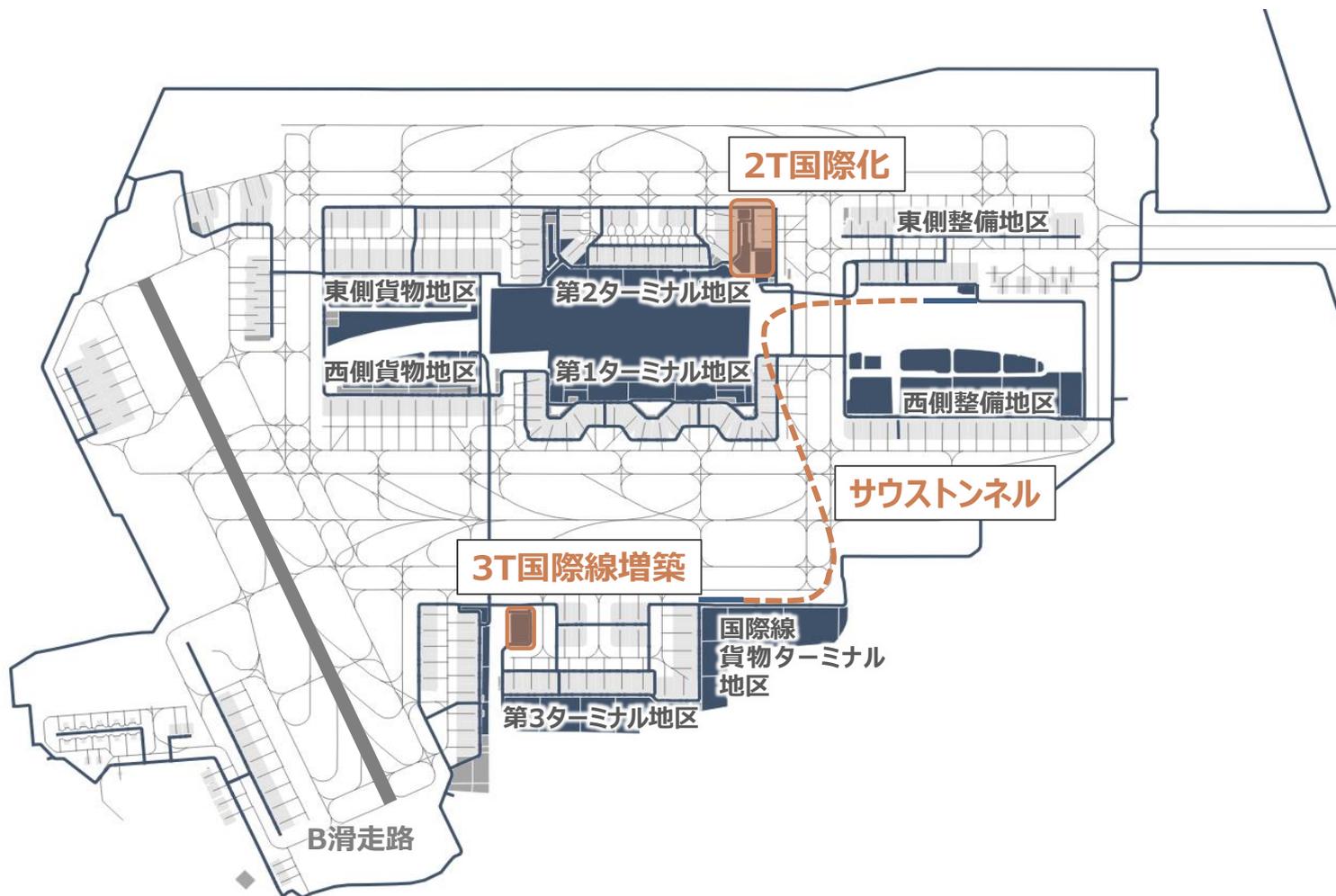
安全性

- ✓ 自動走行GSEの交差点通過が優先されるWith3-2のケースでは、総停止回数はWithoutより約13%減少。
- ✓ 自動走行GSEの交差点での優先通過と併せて高速化が行われるWith4ではWithoutと同等まで停止回数が増加。
- ✓ 推定理由：自動走行GSEの速度が上がることで追従の機会が減りばらついて走行するようになる。同じ交通量だとしても、ばらついて走行する方が、密な車群で走行するよりも進入可能なギャップが見つかりにくく停止機会が増えた結果



各ケースでの停止回数の比較

- 羽田空港における第2ターミナル国際線施設や第3ターミナル国際線施設の増築、サウストネルの供用に伴い車両通路のネットワークを追加。



● 交差点における自動走行GSEの優先通行機能を追加

- ✓ 自動走行GSEの導入期・普及期の、交差点における自動走行GSEの優先通行施策による影響評価を想定
 - 想定される施策の例：交差点等死角箇所へのカメラ、センサ、信号機等の設置
- ✓ シミュレーションモデルでは、一般道路の「感知式黄赤信号」機能を応用して実装

交差点における自動走行GSEの優先通行機能のイメージ

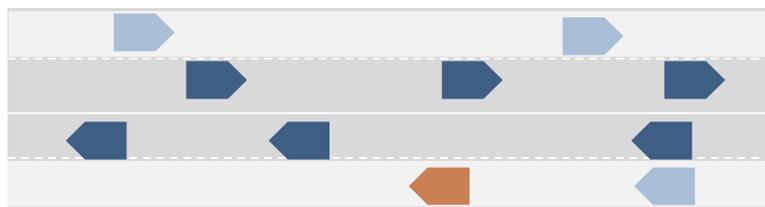


※交差点手前のリンクは安全な停止距離が確保可能な距離として15～20m程度で設定

● 2車線区間における高速GSE優先通行車線規制の反映機能を追加

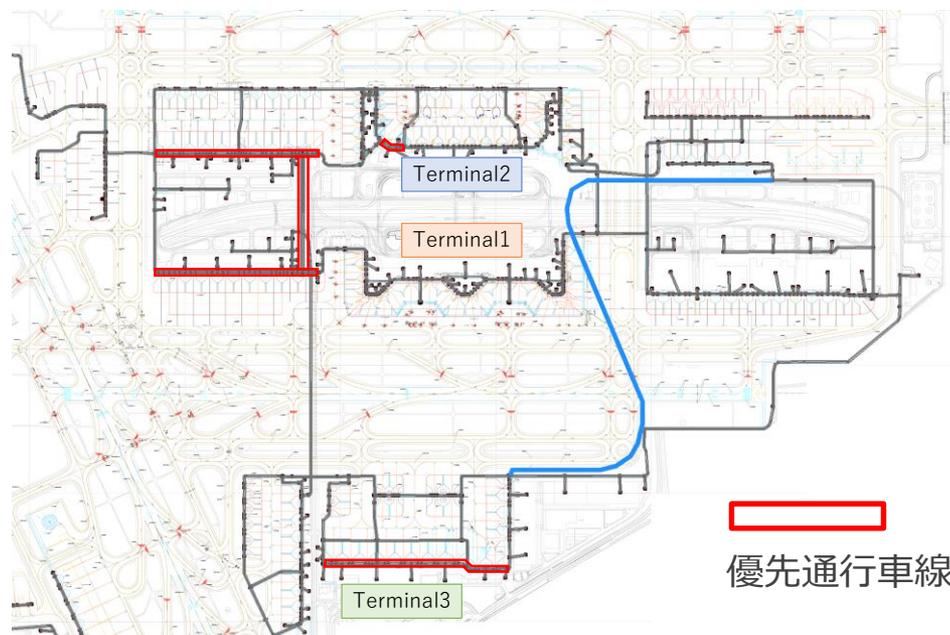
- ✓ 東西貨物地区や第三ターミナル周辺などの2車線区間において、GSEの速度別に走行車線を区分
- ✓ 進行方向左側を低速走行GSE（自動走行GSE含む）、右側を高速走行GSEの優先通行車線と設定し、走行速度の異なるGSEの分離、混雑回避を図る施策による影響評価を想定（衝突リスク低減、低速走行GSEによる先詰まり低減）

優先通行車線のイメージ



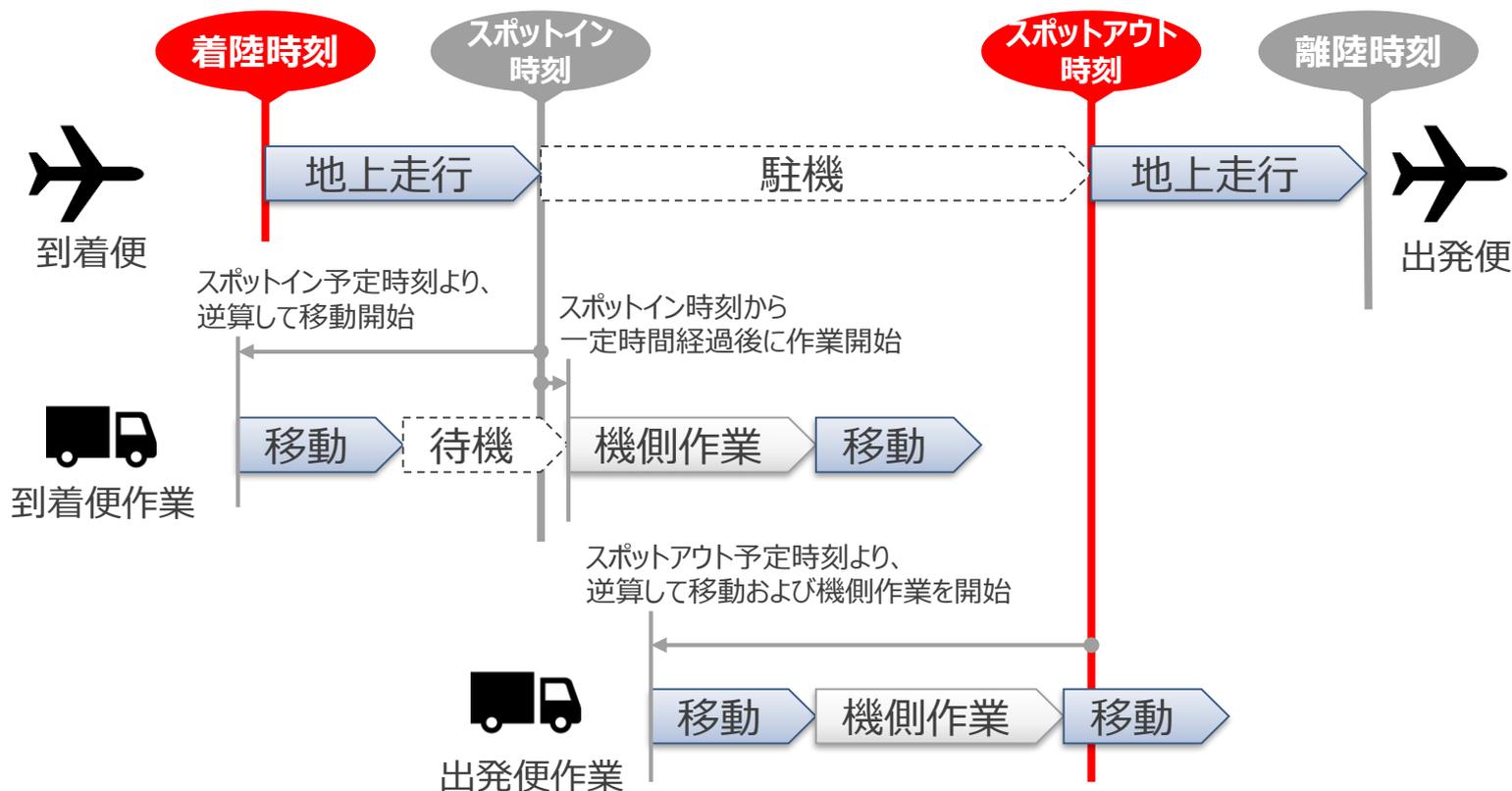
- 低速走行GSE優先通行車線（自動走行GSE含む）
- 高速GSE優先通行車線
- 低速走行GSE
- 低速走行GSE（自動走行GSE）
- 高速走行GSE

優先通行車線の設定区間（2車線区間）



● 仮想の航空ダイヤにおけるGSE交通流を推計

- ✓ 2020年3月の国際線3.9万回増枠を想定した仮想の航空ダイヤに連動するGSE交通流データを推計
- ✓ また、2T国際化、サウストーンネル整備、GSE置場整備に伴う交通流の発着地、利用経路の変化を反映



航空機のスポットイン・スポットアウトに連動するGSEの動きのイメージ

- 視点1：自動走行GSE導入による空港全体の効率性や安全性への影響評価
 - ✓ 下記ケース間の評価指標（損失時間、停止回数等）の比較による影響把握
 - 自動走行GSE導入なし
 - 自動走行GSE導入あり（自動走行GSEの導入割合を段階的に変化）
- 視点2：自動走行GSE導入による負の影響軽減に向けた各種施策の効果評価
 - ✓ 対象とする各種施策
 - 交差点における自動走行GSEの優先通行
 - 2車線区間における高速GSE優先通行車線規制
 - ✓ 下記ケース間の評価指標（損失時間、停止回数等）の比較による影響把握
 - 自動走行GSE導入あり & 各種施策なし
 - 自動走行GSE導入あり & 各種施策あり

- 前提条件：自動走行GSEの性能・挙動特性
 - ✓ 安全性への配慮から、有人走行GSEよりも最高速度設定が遅い
 - ✓ 安全性への配慮から、有人走行GSEよりも交差点進入に要する時間が長い

- 開発中のシミュレーションモデルは、羽田空港制限区域内的の車両通路ネットワークやGSE交通流を対象に、自動走行GSEをはじめとするGSE走行性能の変更や、車両通路整備、通行規制、航空ダイヤ変更等による交通への影響評価に適用することができるツールである。
- 本シミュレーションモデルの内容、維持更新方法等を示した説明書を作成中。