



管制支援機能が 管制業務作業量に及ぼす影響

航空交通管理領域

平林 博子、井無田 貴、瀬之口 敦、
ビクラマシンハ ナヴィンダ、虎谷 大地、村田 暁紀



航空路管制業務における容量管理



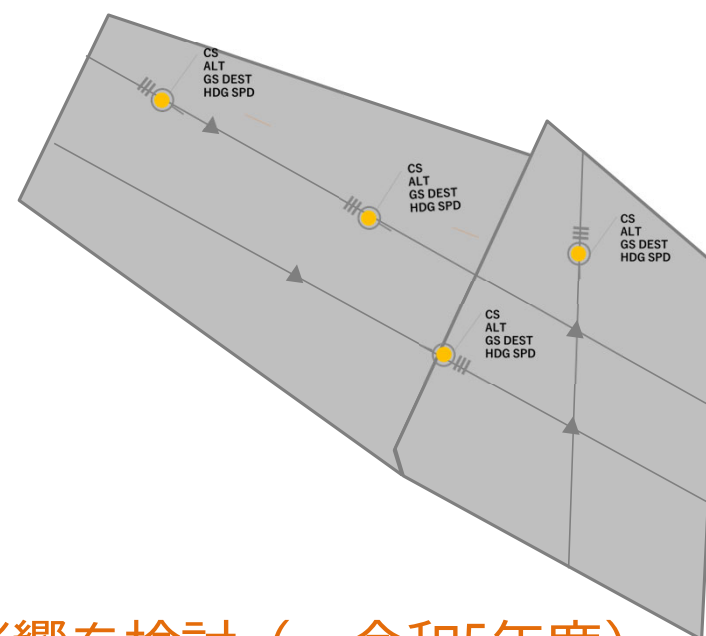
航空路管制業務における容量管理

- 空域をセクターに区分し、セクター毎に管制業務を実施
- 容量管理はセクター単位で実施
- 航空機の滞在時間を基にした管制官の作業量（時間）

▶▶ 管制官の作業量に依存

管制官の作業量に影響を与える要素

- 空域・経路構成
- 取り扱い交通
- 個人の技量・メンタル
- 管制運用時に使用する管制システムの各機能
 - 支援機能・自動化機能



適正な容量管理のために
管制支援機能が管制業務作業量に及ぼす影響を検討（～令和5年度）

航空路管制業務作業量



飛行フェーズによりタスクが異なる → 必要な管制措置（作業量）が異なる

通過



一機あたりに必要な作業の一例

HAND ACCEPT
HAND INITIATE

到着



HAND ACCEPT
HEADING CHANGE
ALTITUDE CHANGE
SPEED CHANGE
:
:
HAND INITIATE

作業時間

- パイロットとの交信
- システム操作

本日の発表



リアルタイムシミュレーション実験

- 管制業務作業量に影響を及ぼす管制システムの支援・自動化機能
実装時の業務量を測定
- 主観的評価（主観的作業負担－経験・技術・戦略等）

対象とする支援・自動化機能

- CPDLC: Controller Pilot Data Link Communications
 - 管制官-パイロット間のデータリンク通信

実験実施期間

- 2023年2月、11月～12月

試行回数

- 49試行（1試行約30分）
（30分以上は42試行）



航空路管制処理システム - TEPSと航空路管制業務



TEPS: Trajectorized En-route Traffic Data Processing System

航空路管制業務

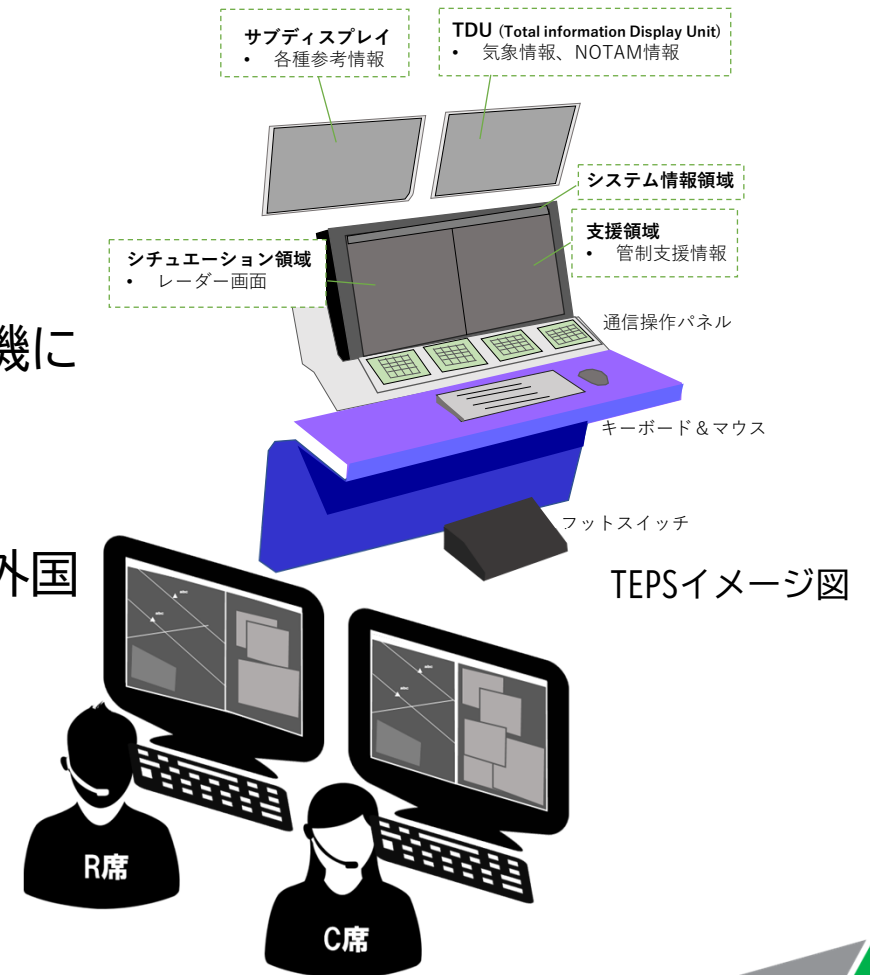
セクター毎に二人一組で実施

R席：航空機（パイロット）との対空通信業務

- 計器飛行方式（IFR）によって飛行する航空機に対する管制許可、管制指示、etc.

C席：周辺管制機関との調整業務

- IFRによって飛行する航空機に関する国内・外国の管制機関との連絡調整、etc.



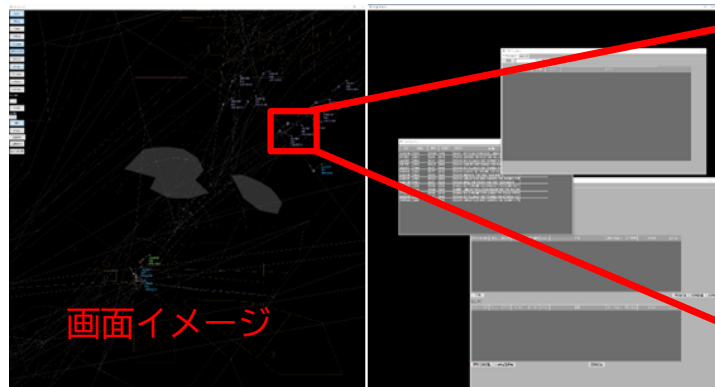
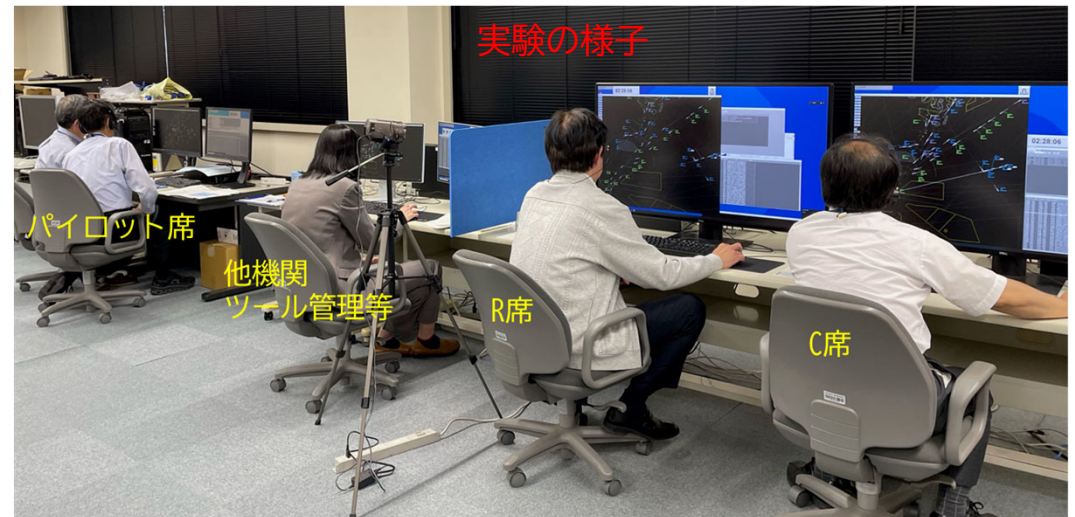
評価実験



システム開発 リアルタイムシミュレーションで使用

- TEPSによる管制運用を模擬
 - ・ インタフェース
 - ・ 操作性
- 複数の役割
 - ・ 管制官席
 - ・ パイロット席
 - ・ その他席（他機関等）

所内ネットワークで共有



管制官パイロット間データ通信 - CPDLC



国内CPDLCの導入（令和4年(2022年)3月～）

- FL335以上の空域で導入開始

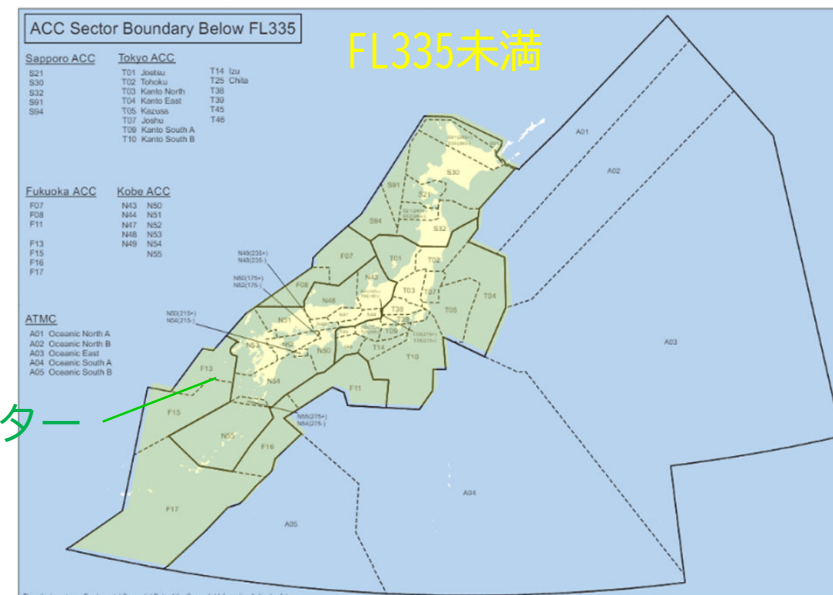
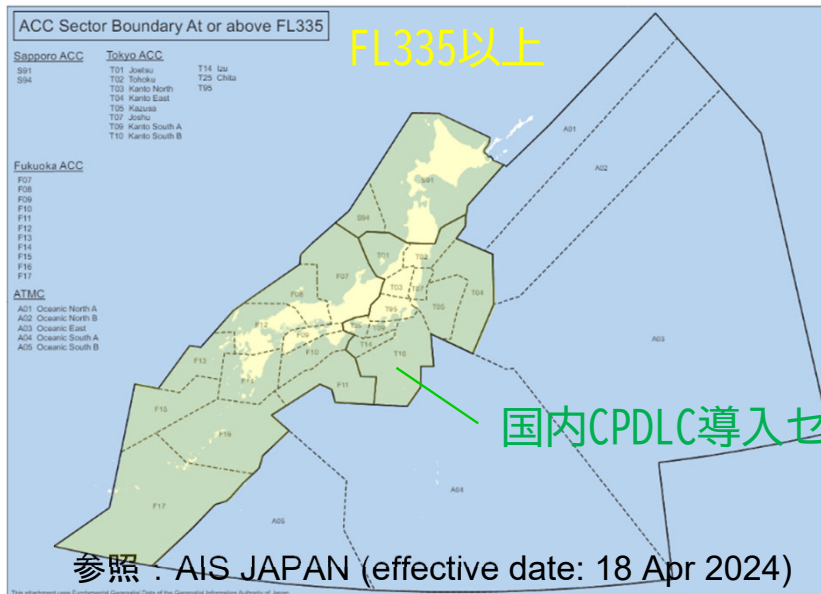
- 通信移管指示
- DBC指定
- マイクロフォンチェック



将来拡大予定

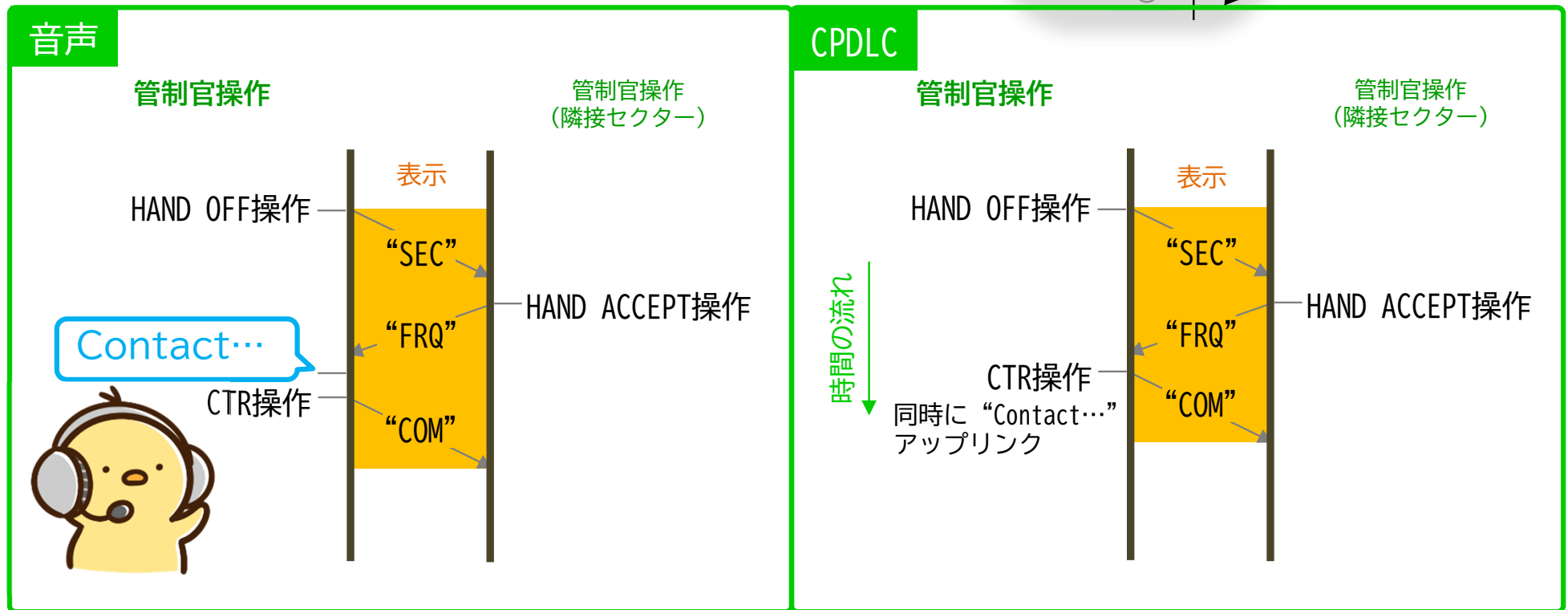
- 高度変更指示
- 経路変更指示
- 速度変更指示
- FIX通過時刻指定
- CDO/STAR発出 等

- 全セクターを対象（令和5年(2023年)5月～）



音声による管制とCPDLCによる管制

例) ハンドオフ (管制移管 通信移管指示を含む)



システムへの入力操作 → アップリンクメッセージ
自動化が図られている

リアルタイムシミュレーション実験



対象とする管制指示

- 将来の国内CPDLC運用を想定
- 高頻度で使用
- 操作と同時にアップリンク（自動化）



- 通信移管
- 通信継承
- 針路変更
- 高度変更
- 速度変更

対象とするセクター

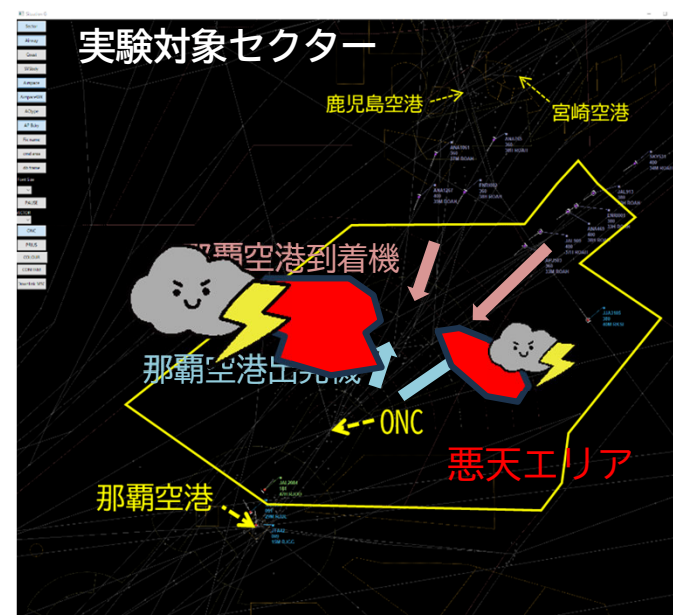
- F16（高高度セクター）

課題*

*実際の運用とは異なります

- ✓ 那覇空港到着機をONCまでに高度を降下させ（FL340）一定間隔（10NM）で低高度セクターに管制移管
- ✓ 那覇空港出発機を最終承認高度まで上昇

悪天要素の追加も試行



主観評価



航空管制業務でのワークロード

- Air Traffic Factors 交通量など
- Mediating Factors 経験、技術、戦略など

シミュレーション実験中に負担感等を測定

- 試行中5分毎に口頭で答えてもらう
 - 業務中の負担感
- 試行後にアンケートを実施
 - NASA TLX (NASA Task Load Index)
 - TWLQ (Team Workload Questionnaire)
 - IOS (Inclusion of other in the self)
 - 総合的負担感



負担感増

負担感の目安

負担感	目安
0%-20%	・ 少ない交通量 ・ 時間を持て余す
30%-40%	・ 少なめの交通量 ・ 十分な考慮時間（戦略立て） ・ 余裕をもって業務を実施
50%	・ 適当な交通量 ・ 適当な考慮時間（戦略立て） ・ テンポよく業務を実施
60%-80%	・ 多めの交通量 ・ 考慮時間が少なく後手後手に回りつつある
90%-100%	・ 限界に近づきつつある
100%を超える	・ 頭真っ白状態

NASA TLXアンケート

TLX 主観的メンタルワークロード評価

知的負荷	低い	高い
身体的負荷	低い	高い
タイムプレッシャー	低い	高い
達成感	低い	高い
努力	低い	高い
フラストレーション	低い	高い

どの程度の知的、知覚的活動(考える、決める、計算する、記憶する、見るなど)を必要としましたか。

前の質問 次の質問

IOS

あなたとチームメンバーのタスクの関係を最もよく表すイメージを選んでください。

A. Self Other B. Self Other C. Self Other D. Self Other

E. Self Other F. Self Other G. Self Other

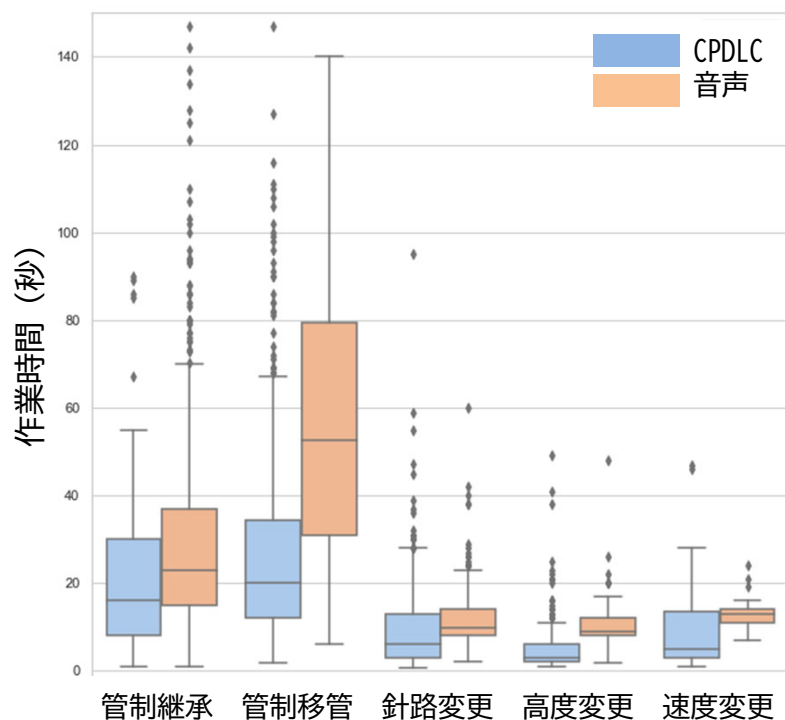
A B C D
E F G

前の質問 次の質問

結果 - CPDLC機能による作業量



管制業務に要する作業時間



各イベント一回の作業時間分布

CPDLC作業時間は従来（音声）による作業時間と比較すると全体で約3割減

- ・ CPDLC (N = 2013) 平均値20秒、中央値13秒
- ・ 音声 (N = 1819) 平均値29秒、中央値19秒

自動化を重視 ▶▶ 作業時間削減

課題

パイロットからのリクエストへの対応

- ・ CPDLC (N = 466) 平均値33秒、中央値20秒
- ・ 音声 (N = 185) 平均値17秒、中央値15秒

パイロットは任意のタイミングで管制官にリクエスト
管制官は同時に対応することはできない

結果 - 負担感と交通量（シナリオ指標）の相関関係



負担感指標

- ・ TLX AWWL値（重みづけ平均）
- ・ TWLQ AWWL値（重みづけ平均）
- ・ 総合的負担感
- ・ IOS指標（親密度の低い方から1…7で数値化）

シナリオ指標

- ・ CPDLC混在指標（%）

交通指標

- ・ MMBBワークロード値（30分値）
- ・ 30分間の管制下機数

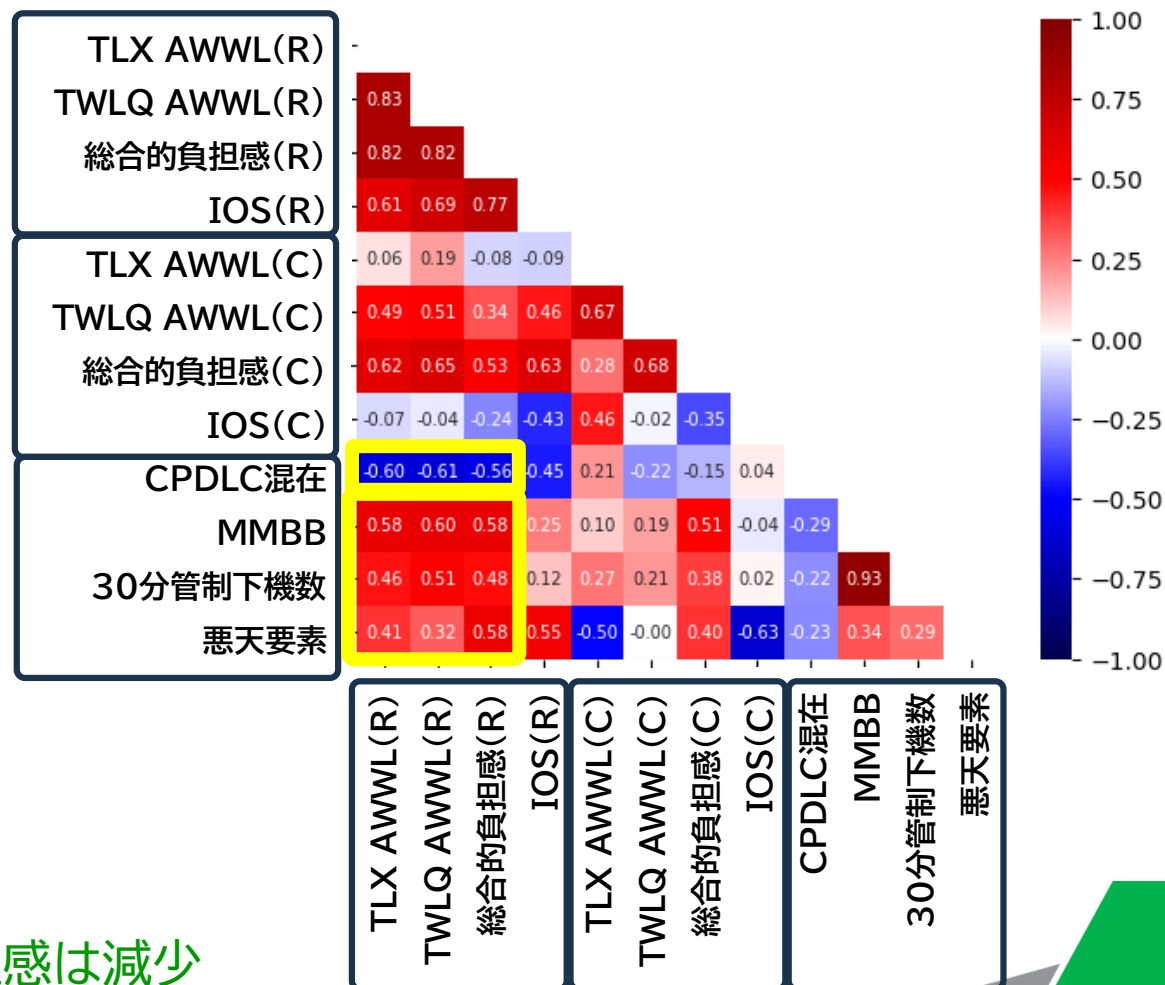
悪天指標

- ・ 悪天あり1、悪天なし0

R席の負担感と交通指標 **正相関**

CPDLC混在と負担感 **負相関**

- ▶ 交通量が増加するほど負担感も増加
- ▶ CPDLC対応機割合が増加するほど負担感は減少



結果 - 因子分析

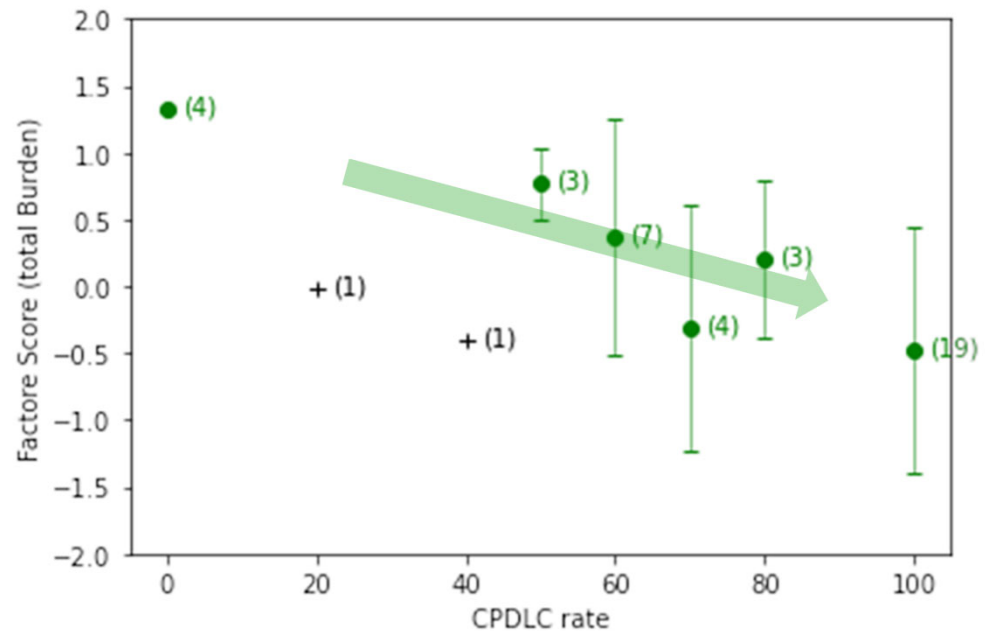


因子分析—指標間の関係性を説明

総合的負担感

	因子1	因子2	因子3
負担感	0.91	-0.25	-0.17
交通	0.59	-0.40	0.30
協調性	0.77	0.43	-0.10
CPDLC	-0.59	0.07	0.28
気象	0.59	0.29	0.36

42試行におけるCPDLC対応機割合と
総合的負担感平均因子得点



▶▶ CPDLC対応機割合が増加するほどR席の総合的負担感は減少傾向

結果 - 悪天と好天



セクター滞在時間と管制指示回数

	機数		平均滞在時間 (分/機)		平均指示頻度 (回/機)	
	好天	悪天	好天	悪天	好天	悪天
到着	11	22	22.9	23.3	4.8	5.9
上空通過	12	25	16.3	15.8	2.2	2.3
出発	21	21	22.7	25.1	3.0	4.7
全体	44	68	21.0	21.1	3.2	4.2

1.2倍
➡

+2.4分
➡

1.6倍
➡

悪天時の管制指示頻度（一機あたりの管制指示回数）
種別の重みづけ平均をとると、好天時の1.27倍

➡ 悪天時は好天時と比較し取り扱い可能機数は1/1.27（約0.79倍）
空域容量が21%減少

おわりに



CPDLC機能に関するリアルタイムシミュレーション実験結果

- 管制官からパイロットへのアップリンクメッセージ作成の**自動化**
→管制指示に必要とされる作業時間は平均すると**3割減**
- CPDLC対応機割合が増加するほどR席**負担感**は**減少**傾向



空域容量値（一定時間に管制官が取り扱い可能な交通量）へ与える影響

- 作業時間の減少はそのまま容量値増が可能か？
 - パイロットからの**リクエストへの対応時間増加**傾向（**悪天時の対応**）
 - 主観評価での**個人差**があり、交通状況把握の限界を測るための負担感の目安のさらなる工夫が必要
- CPDLC対応機・非対応機の混在運用時の対応
 - 混在することでエラーが誘発される可能性
 - エラー操作に関するさらなる分析が必要

気象情報、交通流を考慮した軌道調整技術に関する研究内で検討を継続



実験にご協力いただきました
一般財団法人航空管制協会関係者の皆さまに
感謝いたします。

