

# 管制処理プロセス可視化ツールを用いた 訓練支援の可能性

狩川 大輔\*1, 青山 久枝\*1, 高橋 信\*2,  
古田 一雄\*3, 石橋 明\*4, 北村 正晴\*5

\*1: (独) 電子航法研究所 航空交通管理領域

\*2: 東北大学大学院 工学研究科

\*3: 東京大学大学院 工学系研究科

\*4: (株) 安全マネジメント研究所

\*5: (株) テムス研究所

# 背景

航空交通の需要増大に伴う、  
航空管制のさらなる安全性・効率性向上

航空管制システムの中核を担う管制官の効率的な養成

## 管制官養成における困難さ

(1) 管制業務の「プロセス」の不可視性

✓ 経験に基づく直感的な判断を多用(説明困難)

➡ シミュレータ訓練やOJT等の  
実践を通じたスキルの体得が中心

(2) 変動する状況下における複数の目標(安全性・効率性・  
経済性等)の同時達成

➡ 変動に適応し、成功を維持する能力

# 目的

管制官のより効率的な養成を目的とした  
訓練支援ツールの実現

- 管制処理のプロセスの可視化
  - 成功要因(なぜ、成功できるのか?)の可視化
- ➔ 実践訓練 + 体系的・理論的なスキル伝承の支援

## 本報告

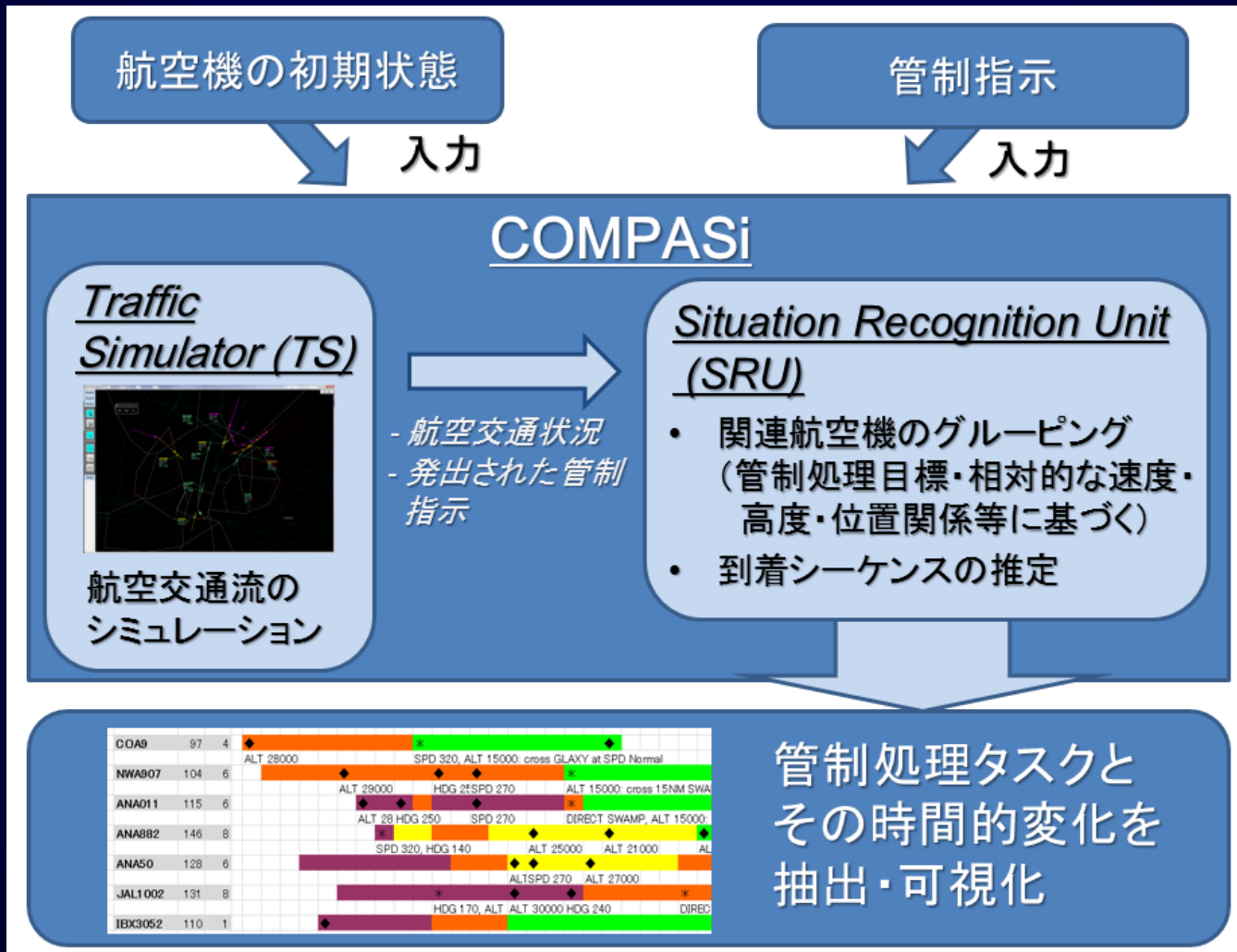
- ① 管制官養成訓練支援を目的とした  
管制処理プロセス可視化ツールの概要
- ② 可視化ツールを用いた、管制処理戦術の  
可視化・分析の試行事例

① 管制官養成訓練支援を目的とした  
管制処理プロセス可視化ツールの概要

# 管制処理プロセス可視化ツール

## COMPASi : COMPAS in interactive mode

*COMPAS: COgnitive system Model for simulating Projection-based behaviors of Air traffic controller in dynamic Situations*



# 航空管制タスク指標 (タスクレベル\*)

各航空機に対して必要な管制処理とその時間制約を5段階のレベルで表現

Lv.	タスクの状況	表示色
1	必要な管制処理は完了	緑
2	巡航高度 or 規定の高度への上昇/降下	黄
3	他機との干渉を解消する処理(管制間隔設定)、 および規定に基づく $+\alpha$ の間隔設定(干渉機1機)	橙
3+	他機との干渉を解消する処理(管制間隔設定)、 および規定に基づく $+\alpha$ の間隔設定(干渉機複数機)	赤紫
4	Level 3, 3+の中で時間的制約を強く受けるもの	赤



## 管制処理のプロセス(戦術)の比較

- ✓ 未完了タスクの時系列的な変化 → 「タスク処理効率」の比較
- ✓ Lv. 3以上の解消のタイミング → 「安全性」の比較

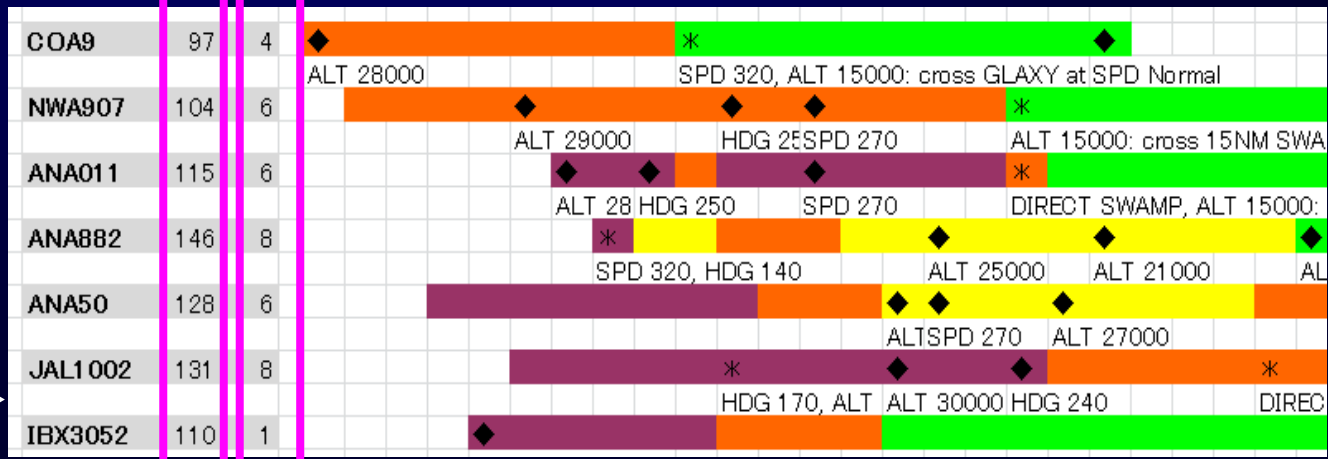
(\*) 青山他:“認知工学的手法に基づく航空管制システムに関する研究Ⅳ (1) -管制パフォーマンス評価指標の改良と評価-“, ヒューマンインタフェースシンポジウム2010論文集, pp.209-212, 2010.

# COMPASiによるタスクレベルの出力



タスクレベルの  
画面上への重畳表示

タスクレベルの  
時系列グラフ表示



## ② COMAPSiを用いた、管制処理戦術の 可視化・分析の試行事例

➡ COMPASiを使って、適切に管制処理戦術を  
比較・分析できるのか？の評価



# 評価実験①

COMPASiを用いて、管制処理戦術を「安全性」や「タスク処理効率」等の観点から可視化・比較する

## ✓ 航空交通流シナリオ

管制官を被験者とする管制業務シミュレーション実験  
(先行研究)で用いられたシナリオを使用

## ✓ 管制処理戦術

管制業務シミュレーション実験で観察された  
戦術2パターン(戦術Aと戦術B)

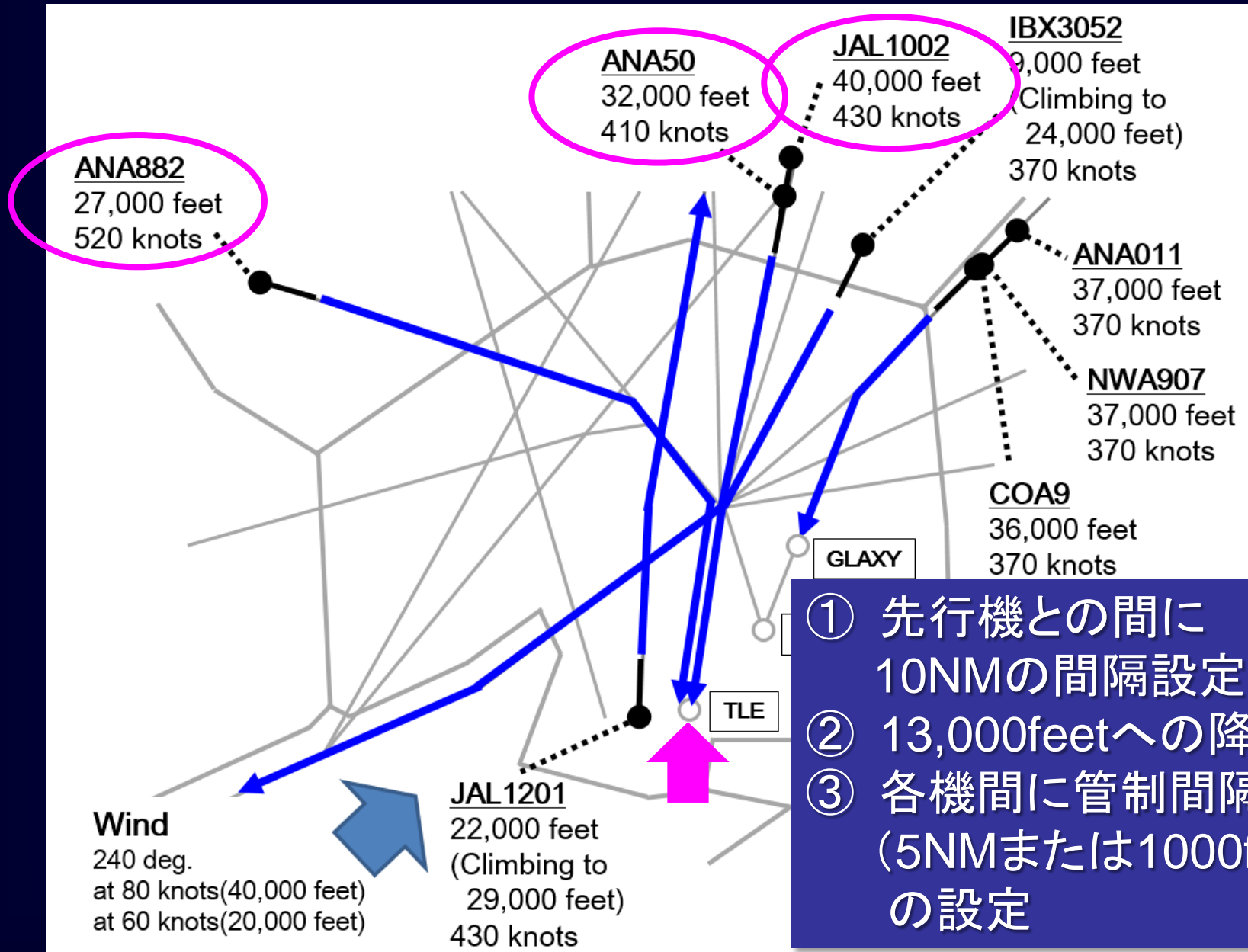
## ✓ 比較項目

安全性、タスク処理効率、飛行距離(経済性)

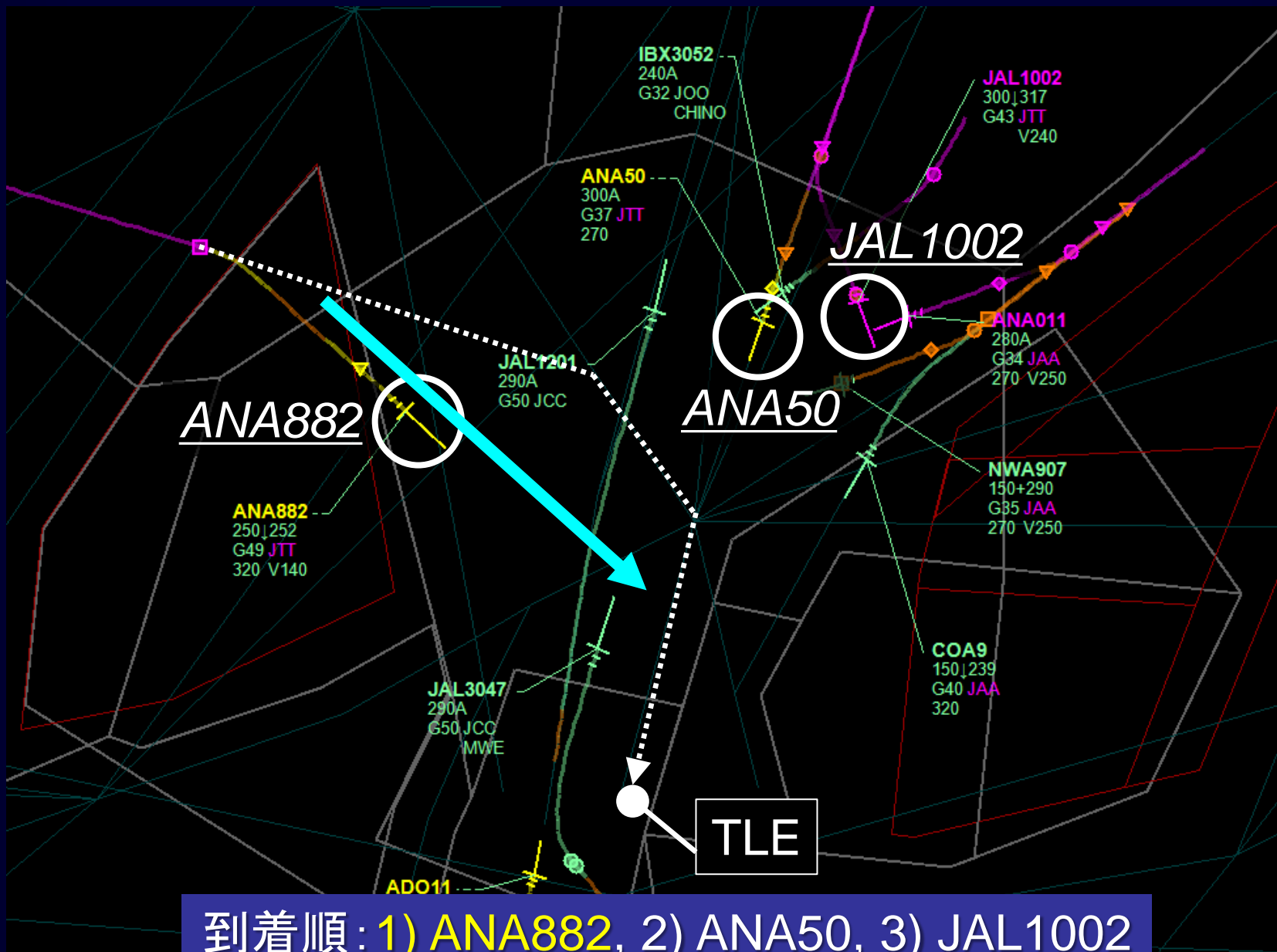


管制官教官による妥当性の確認

# トラフィック・シナリオ



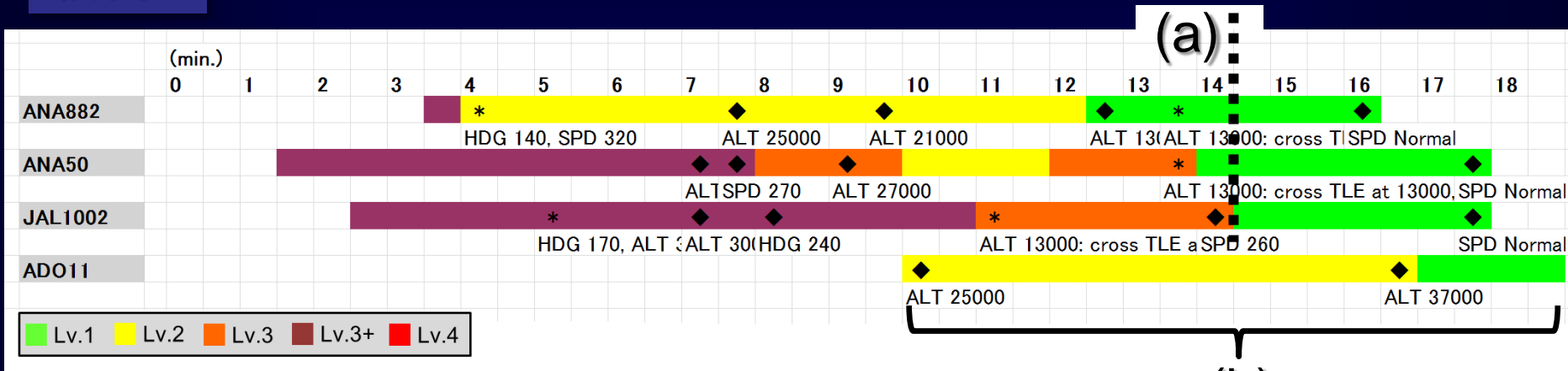
# 戦術・・・戦術A





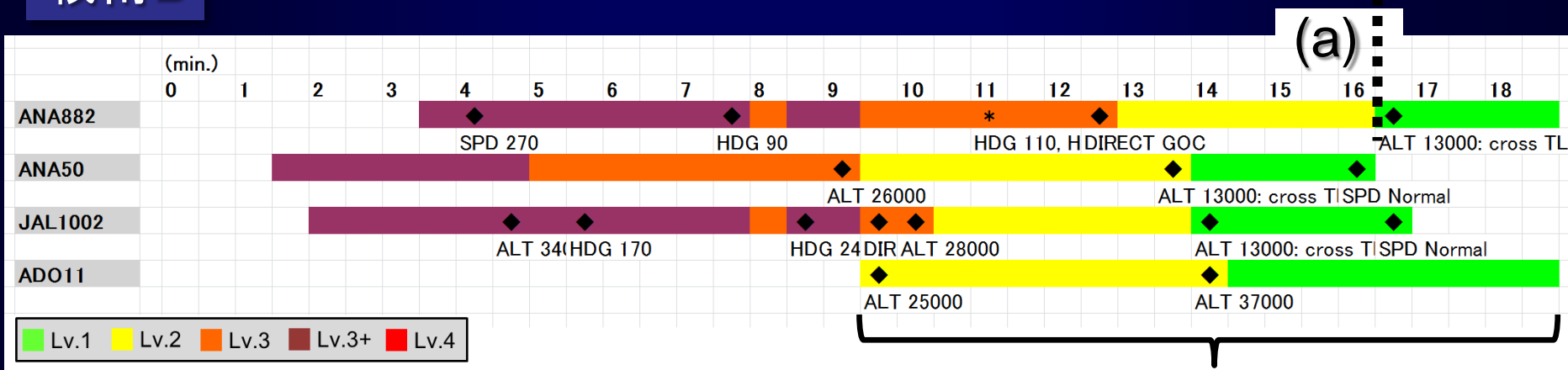
# 結果

## 戦術A



(b)

## 戦術B



(b)

# 結果

- ① 羽田到着機に対する処理の完了時刻：  
14分半(戦術A) vs 16分半(戦術B)

戦術A：  
効率高

- ② ANA882と羽田出発機(ADO11)のConflict  
なし(戦術A) vs なし(戦術B)

戦術A、B：  
安全上の問題なし

- ③ 飛行距離(NM)

	ANA882	ANA50	JAL1002	合計
戦術A	<b>146</b>	136	148	<b>430</b>
戦術B	<b>181</b>	136	147	<b>464</b>

戦術A：  
経済性高



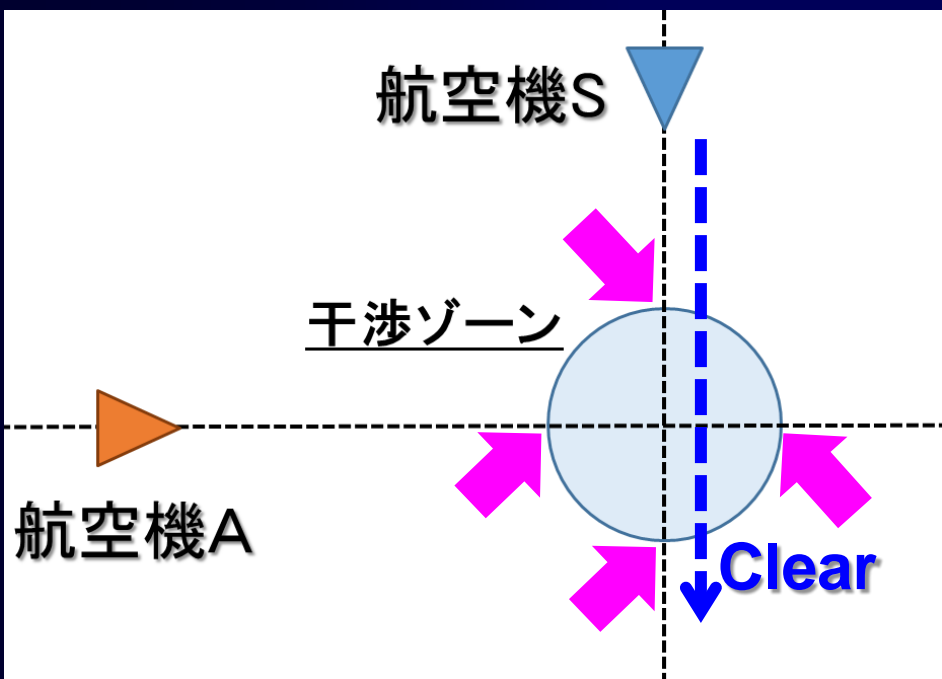
## 管制官：

- COMPASiによる分析結果は妥当
- 共に合理的だが、戦術Bのほうがより広く推奨できる戦術
- 戦術Bに比べて、戦術Aは、ANA882の処理にリスクがある

# 変動許容性の可視化機能

## Variability-Tolerance Visualizer (VTV)

状況が変動した場合に、管制間隔欠如が発生する可能性のある航空機（干渉機）群を検出



状況変動によって両機の相対関係が若干変わっていたら、両機の関係はどうなる可能性があったか？



タスクレベルを用いて表示  
(潜在的リスク)

「状況変動許容性」という観点から戦術を相対的に比較・分析

## 評価実験②

VTVを用いて、管制処理戦術の「状況変動に対する許容性」を比較

### ✓ 航空交通流シナリオ

管制官を被験者とする管制業務シミュレーション実験  
(先行研究)で用いられたシナリオを使用

### ✓ 管制処理戦術

管制業務シミュレーション実験で観察された  
戦術2パターン(戦術Aと戦術B)

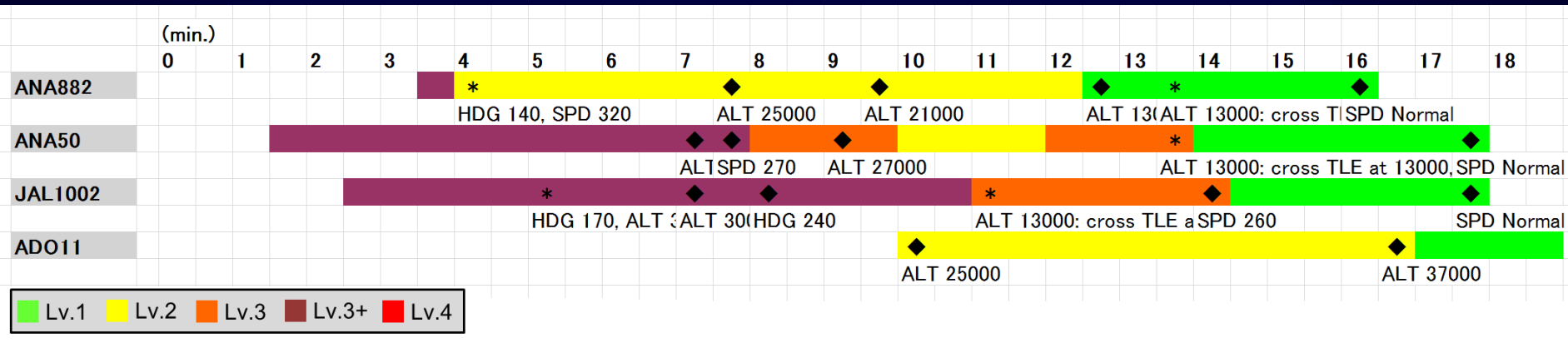


管制官教官によって指摘された、戦術Aにおける  
潜在的なリスクを適切に可視化できるか？

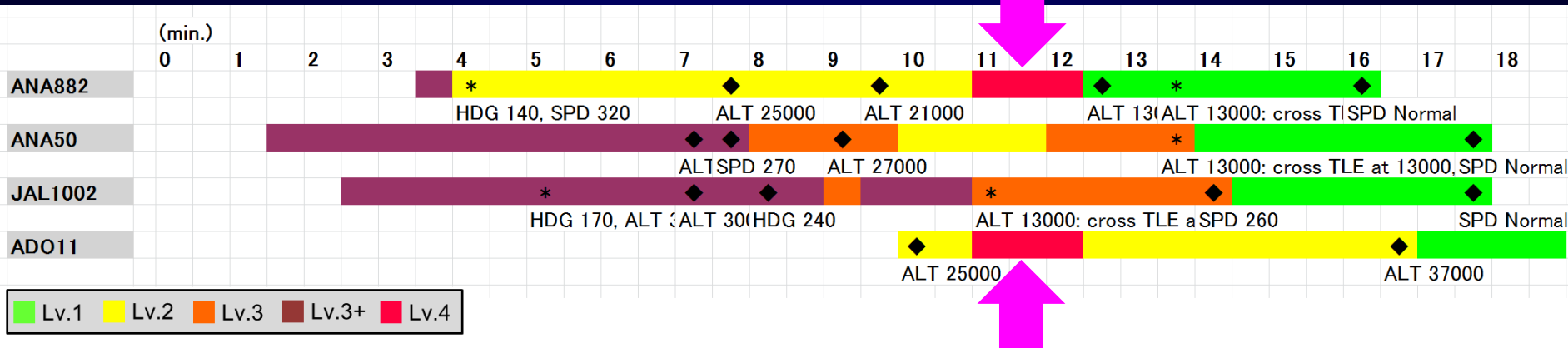


# 結果2 (状況変動に対する許容性: 戦術A)

## 標準条件



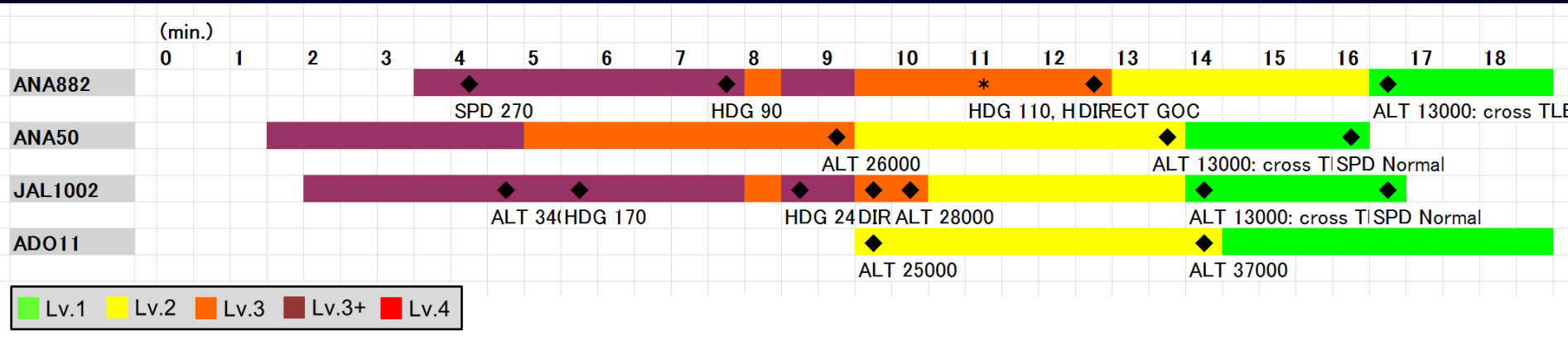
## 変動重視条件 (VTV使用)



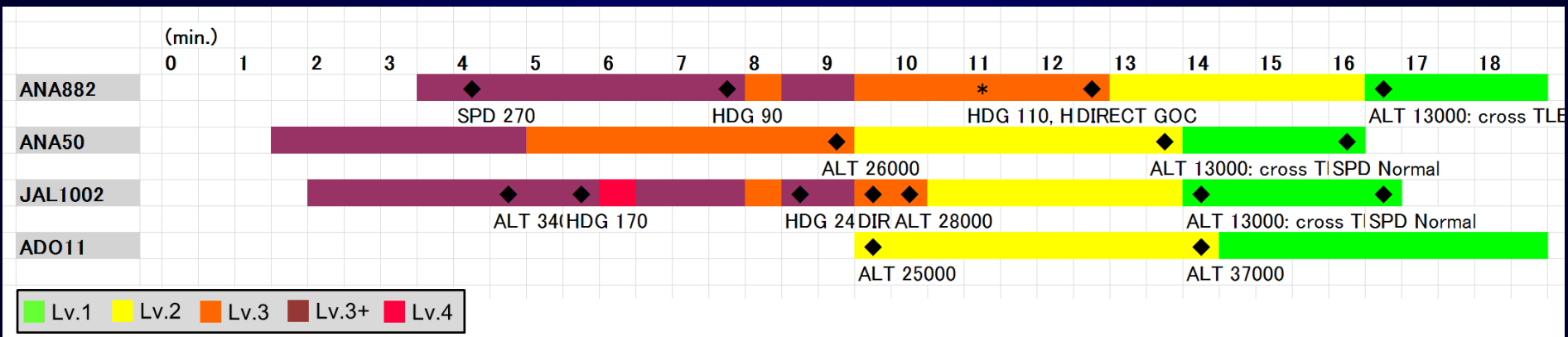
戦術AにおけるANA882の処理方法に伴う潜在的リスク

# 結果2 (状況変動に対する許容性: 戦術B)

## 標準条件



## 変動重視条件 (VTV使用)



戦術Bは状況変動許容性・高(成功要因の1つ?)

# まとめ

## ➤ COMPASiを用いて、管制処理の「プロセス」を可視化

- ✓ 管制処理戦術の可視化・分析を目的としたシミュレーション実験を実施

- 実験1: 安全性・効率性・飛行距離
- 実験2: 状況変動許容性

➡ 管制官による各戦術に対する評価に整合する結果

- ✓ COMPASiを用いたシミュレーション訓練結果の可視化に対する教官からの期待

➡ **管制官養成訓練支援における有効可能性**

## ➤ 「適切な戦術」は状況依存

- ✓ 特徴の異なる戦術を使い分け、変動条件下で成功を維持する

# 今後の課題

- 航空保安大学校岩沼研修センターで使用されている訓練用仮想空域を対象とした評価・改良（実施中）
- 訓練中におけるCOMPASiの使用方法に関するモデルケースの検討と、それに応じた評価・改良

## 謝辞

本研究は、(独)鉄道建設・運輸施設  
整備支援機構「運輸分野における  
基礎的研究推進制度」、  
および科学研究費補助金(課題番号:  
21310103)の支援により実施された。