

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25730088

研究課題名(和文) 航空管制官のチーム状況認識の評価手法の開発と適用

研究課題名(英文) An Evaluation Method of Team Situation Awareness of Air Traffic Control Teams

研究代表者

野々瀬 晃平 (NONOSE, KOHEI)

東京大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：20644496

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：複雑で状況の変化が起きやすい環境(航空管制等)でタスクをチームで安全かつ効率的に行うためには、チームメンバー間で状況認識、タスクについての理解の共有が重要である。これまでそうした環境での個人の状況認識の評価手法は多く研究されているが、チームでの状況認識については具体的な評価手法が十分には確立されていない。本研究では、航空管制を対象に相互信念に基づくチーム状況認識の評価手法を開発し、その妥当性、信頼性を検討した。開発した手法は航空管制の資格者が、管制官の背後に座り、その行動を記述して記録したデータを分析することで、そのチーム状況認識を定量的に評価する手法である。

研究成果の概要(英文)：High reliability teams in complex and dynamics settings, such as air traffic control (ATC) teams, require high levels of shared awareness and understanding between team members concerning the task for safe and efficient operations. Although much research has been devoted to the measurement of situation awareness of individuals in high risk environments, the operationalization of team situational awareness (TSA) has remained fuzzy and the development of techniques to measure TSA has received little attention. This study describes the first results of a TSA measurement based on mutual belief. The new TSA method is a qualitative as well as a quantitative method, which relies on qualitative data obtained through behavioral observation by subject matter experts and allows quantitative TSA ratings based on the collected data. This paper describes the method and initial efforts to establish reliability and validity in an ATC environment and discusses the next steps for further development.

研究分野：認知システム工学

キーワード：チーム状況認識 航空管制 チームワーク 評価手法 チーム認知

1. 研究開始当初の背景

(1) 航空機が空港から出発し、目的地に着陸するまでの航空路の航空管制は、複数の空域に区切られ、各空域で、航空機の映ったレーダー画面を注視し、航空機のパイロットと無線通信を行い、状況に応じて飛行速度や高度などの指示を出す管制官(対空席)と、その隣に座り対空席の考えを確認しながら、周囲の空域の管制官と通信し、対空席を補助する管制官(調整席)がチームを組んで航空管制業務を通常遂行している。両者は同じ資格を持ち、彼らが優れたチームワークを発揮する事により、空域状況や管制プランの確認、状況に応じた柔軟で効率的な管制プランの実行が可能となっている。すなわち、彼らが対処可能な航空機の数や位置の複雑性が、航空容量を設定する上で重要である。そのため、近年予測されている航空需要の増大に対処すべく、航空管制官のタスク遂行を支援するオペレーションシステムの開発が行われている。その開発・評価では、主に対空席のパフォーマンスやワークロードへの影響が対象になっている。しかし、対空席の業務は調整席による支援を受けており、安定し優れたチームワークが彼らの業務を支えていると考えられる。そのため、システムの開発・評価には彼らのチームワークへの影響も考慮する必要がある。

(2) しかし、現在、航空路管制官のチームワークの分析、評価手法は確立されておらず、研究そのものが未だ少ない。数少ない航空路の管制官のチーム研究の端緒として相互信念を用いたチーム認知モデルの提唱がなされている(Soraji ら、2012)。相互信念とは人間が対人インタラクションを行う際に保持する反射的、再帰的信念のことである(Kanno ら、2013)。相手が何を考えているか、相手から自分がどう思われているかという信念がこれに相当する。この研究では、現場観察の結果、航空管制官らは相手の行動の観察やコミュニケーションを通じ、チーム内でチーム状況認識の形成、すなわち自身の状況認識だけでなく、相手が自分と同じ考えを持っているか、また、自分が相手と同じ考えを持っていることを相手は把握できているか、という信念を各航空管制官が形成することによりチームで業務を遂行していることが示されている。そして、航空管制官のチーム状況認識が優れたチームワークには必要であると考えられている。しかし、これまで現場を対象としたチーム状況認識やチームワークの評価手法の開発とその適用はされていない。

2. 研究の目的

(1) 本研究では航空管制の現場で利用可能なチーム状況認識の評価手法の開発を行い、実現場での適用を通じて、その評価を行う。

3. 研究の方法

(1) 現場ではオペレーション中の管制官に干渉することができず、また、ビデオでの撮影も難しい。そこで、管制官の行動を直接記述記録し、その記述結果を用いてチーム状況認識を評価することとした。まず、チーム状況認識の種類を、その内容と状態(共有パターン)で定義し、それに対する行動マーカーや必要な記録事項を設定する。そして、それを可能とする行動観察記述フォーマットを作成する。

(2) チーム状況認識の内容の分類をするため、航空管制の知識を持った専門家の助言を受けつつ、Cannon-Bowers ら(1993)を基にタスク分析を行った。表1にチーム状況認識の内容の定義を示す。

表1 チーム状況認識の内容の定義

内容	定義
Team aspects	現在の優先順位、戦略、作業方法、ワークロード、必要な支援
Traffic plans	事前の調整や衝突回避策
Status equipment	操作システムの状態、情報の解釈、予測システムへの信頼
Traffic and sector situation	現在の状況の複雑性の要因(静的要因、動的要因)

(3) チーム状況認識の状態(共有パターン)の分類は相互信念に基づくチーム認知モデルを基に行った(図1)。そのモデルでは、2名(メンバーA、B)で構成されているチームを想定し、メンバーA/B自身の認知(Ma/Mb)、パートナーの認知に対する信念(Ma'/Mb') (パートナーが何を考えていると思うか)、パートナーの信念に対する信念(Ma''/Mb'') (パートナーからどう思われていると思うか)の組み合わせにより、チーム認知の共有パターンを表している。

例えば、航空機Xが来ているとき、メンバーAの認知(Ma)は「航空機Xが来ている」となる。そして、もし、メンバーBはそれに気づいていない、とAが思っていた場合、Bの認知に対するAの信念(Ma')は「Bはそれに気づいていないと思っている」となる。そして、AがBに航空機Xのことを知らせるインタラクションが生じると、Bの認知に対するAの信念(Ma')は「Bは航空機Xの存在に気付いている」になり、Bの信念に対するAの信念(Ma'')は「Aが航空機Xに気付いているということをBは分かっている」ということになる。

このモデルでは、そうした自身の認知や信念の状態の把握や、パートナーとのインタラクションや観察を通じての信念の形成、そして認知と信念の相互作用により、メンバーは自身の認知の補完や相手の認知の修正のためといったインタラクション(コミュニケ

ーション等)を行うと考える。すなわち、インタラクションの種類が、その行為者の認知や信念の状態と関連付けられている。

本研究では、チーム状況認識の状態について航空管制の専門家と議論し策定した。その結果を表2、また、その行動マーカ-を表3に示す。

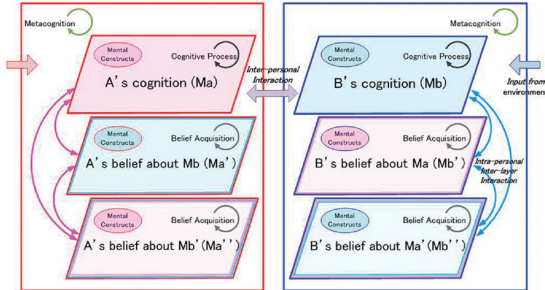


図1 相互信念に基づくチーム認知モデル (Kanno ら, 2013).

表2 チーム状況認識の状態の定義

スコア	定義
5	対空席/調整席は正しい認知と相手の認知について正しい信念を明確なコミュニケーションなしに得ている
4	対空席/調整席は正しい認知と相手の認知について正しい信念を明確なコミュニケーションを通じ得ている
3	対空席/調整席の認知が間違っているが、パートナーはそれに気付いている
2	対空席/調整席の認知は不十分であるが、パートナーはそれに気付いていない
1	対空席と調整席の認知が不十分/間違っており、双方それに気付いていない

表3 行動マーカ-

スコア	行動マーカ-
5	対空席/調整席が、正しい認知と相手の認知への信念を基に、パートナーからの明確な要請なしに適切にパートナーのオペレーションを助けている(支援や補助)
4	対空席/調整席が適切かつ明確にパートナーとやり取りし、正しい認知、またはパートナーの認知に関する信念を得ている
3	対空席/調整席がパートナーの認知の誤りに気づき、修正を行う(専門家による判断)
2	対空席/調整席の認知が不十分であり、パートナーがそれに気づいていない(専門家による判断)
1	対空席と調整席の認知がともに不十分/誤っており、それに気づいていない(専門家による判断)

(4) 管制官の認知とパートナーの認知に対する信念という観点からチーム状況認識を評価するため、半構造化行動記述シートを作成した(図2)。観察者は、チーム状況認識に関わりの有りそうな管制官の行動を出来る限り記述するよう求められた。特に、以下の内容について注目させた。

対空席/調整席の認知と互いの認知についての信念を推測することが可能と思われるインタラクション(言語的(コミュニケーション)、非言語的問はず)

状況認識のミスや間違い、それを修正する行動(正しくない認知の検出と修正、それを行った管制官)

修正のタイミング(適切、遅れ、修正なしの3つから選ぶ)

OBSERVATION FORMULAR FOR TEAM SITUATION AWARENESS (TSA)

Date:	No.:	Time of observation:	Description of event:	No. to RP or other RP:	Operational impact:	Reason for lack of awareness, outside (inter-) observation or miscommunication (in the sector):																		
Sector: Area of responsibility: End session: Sector opening / range (1-15): Military zone (LT): Military zone (RT):			Any observation related to the assessment of the ATIS concerning the 6 crewer domains (either positive or negative): Cognitive: - Ignorance of its own or - Health status partners cognition (HE and RP) Substantive/Confidence: - Any observed behavior, non-compliance or - Incoherence between HE and RP Nature of error type of awareness: - In case of lack of awareness, error, mistake, miscommunication or - misinterpretation please describe:		POE -2 to +1 MILITARY ZONE MIL -1 to +1	Any observed characteristics (check-box, awareness constraints etc.):																		
Team aspects: Team members: - strategies, working - methods, preferred task - distribution, workload - required task-obj- Traffic plans and procedures: - Aircoordinated - coordination and - conflict resolution - plans, priorities and - required procedures: Equipment and technology: - Degree of automation, - interpretation of - information, reliability of - procedures: Traffic and sector situation: - Air traffic and sector - situation, information - from other sectors:	1.					<table border="1"> <tr> <td>Lack of awareness or error by:</td> <td>Corrected by:</td> </tr> <tr> <td>- HE</td> <td>- HE</td> </tr> <tr> <td>- RP</td> <td>- RP</td> </tr> <tr> <td>- Other</td> <td>- Other</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Reason: for STRUCTURE of awareness</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>Correction was: - via ATIS/inter- - communication - via other means</td> <td>Correction was: - via ATIS/inter- - communication - via other means</td> </tr> <tr> <td>- Yes</td> <td>- Yes</td> </tr> <tr> <td>- No</td> <td>- No</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Note: if all</td> </tr> </table>	Lack of awareness or error by:	Corrected by:	- HE	- HE	- RP	- RP	- Other	- Other	Reason: for STRUCTURE of awareness		Correction was: - via ATIS/inter- - communication - via other means	Correction was: - via ATIS/inter- - communication - via other means	- Yes	- Yes	- No	- No	Note: if all	
Lack of awareness or error by:	Corrected by:																							
- HE	- HE																							
- RP	- RP																							
- Other	- Other																							
Reason: for STRUCTURE of awareness																								
Correction was: - via ATIS/inter- - communication - via other means	Correction was: - via ATIS/inter- - communication - via other means																							
- Yes	- Yes																							
- No	- No																							
Note: if all																								

図2 行動観察記述シート

(5) データは6日に渡り、あるヨーロッパの航空管制センターで収集した。そのセンターで航空管制の資格を持っている観察協力者2名(観察者1、2とする)が行動観察を行った。観察協力者は交代して管制官の背後から観察した。彼らはヘッドセットを用いて対象セクターとそれ以外のセクターのコミュニケーションを聞いていた。観察時間15~20分を1セッションとし、合計62セッション記録した。

また、観察協力者は各セッション終了時に、項目1:「管制プランについてチーム内で暗黙のうちに共有していた」、項目2:「予期していない出来事にどう対処するかチーム内で完璧に共有していた」、項目3:「メンバーは互いに誤りやミスを適切な方法で修正していた」、項目4:「調整席が対空席からの明確な要求なしに必要な支援を行っていた」、項目5:「調整席が常に対空席が必要になることを把握していた」という5つの項目について5段階評価を行った。この評価結果と提案手法の結果を比較することで、手法の妥当性検証を行った。

記述データは一度デジタル化され、航空管制の知識のある二人の評価者(評価者A、Bとする)が提案した基準に沿って別々に記述データを評価した。

4. 研究成果

(1) 提案手法の評価者間信頼性を検討する

ため、二人の評価者（評価者 A、B）の評価結果の一致率を分析した。その結果、Cohen の Kappa 係数が.80 と高く、統計的に有意であった。このことは評価者間信頼性があることを示している。

(2) 妥当性の検証のため、各セッション終了時に評価した 5 項目の点数と、各セッションのチーム状況認識の評価値の平均値の相関を検討した。その結果、両評価者の評価結果がともに観察者 1 による評価質問項目 4 と 5 の評価結果と正の相関をしていた。これは手法の妥当性を表しているが、妥当性向上のための改良が望ましいと考えられる。

(3) データ記録後、観察協力者とデブリーフィングを行い、開発手法の改善方法について考察した。まず、観察協力者は観察対象である管制官の認知や信念を常に正確に推測できるとは限らないため、観察対象者の管制官とデブリーフィングを行い、記録内容の修正や補完が必要であると報告された。この場合、ビデオなど実際の様子を記録できるメディアが使用可能であれば、それを見ながらデブリーフィングを行うことで、評価の精度が向上すると考えられる。訓練用シミュレーターではそれが可能であり、より評価基準について具体例を混ぜたマニュアルを作成し、そうした環境で提案手法を適用することで、提案手法のさらなる評価及び改善が可能になる。

(4) 評価者間で評価の不一致が起こりやすかった事例について分析し、今後の改善点を考察した。

スコア 5：先読みによる支援行動を、対空席、調整席ともにより具体的な行動で定義することが有効と考えられた。これが不十分であったことが、スコア 4 と 5 の不一致をもたらしたと考えられる。

スコア 3 と 4：管制官がパートナーに支援を求める場合には 2 つのケースがあり得る。一つは、例えば対空席が考えを変え、調整席に新しいプランを実行する上での支援を求める場合、もう一つは、対空席/調整席の状況認識が不十分で、業務に必要な行動や情報が抜け落ちていた場合である。前者はスコア 4、後者はスコア 3 に相当するものであり、それを明確にする必要がある。

スコア 2：認知や信念の誤りには自分で気づくことがあり、パートナーによる修正が行われるとは限らない。そうした場合、メンバーはパートナーの誤りに気づいていない場合もあれば、自己修正を期待している場合も考えられる。メンバーがパートナーの不十分さに気付いていたかどうかをデブリーフィングで確認することも必要である。

(5) 結論として、本研究では、航空路管制官について行動マーカを用いたチーム状況認識の開発を行い、その妥当性と評価者間信

頼性の評価を行った。評価者間信頼性は高かったものの妥当性は一部確認されただけであり、今後の改善が必要である。しかし、こうした評価手法がない中で、手法を提案し、実際に現場で用い、手法の評価を行った点は意義があると言える。本研究では、2 人で構成されるチームを対象としたが、構成人数が多いチームも存在しており、そうしたチームへの適用は今後の課題と言える。

<引用文献>

Soraji, Y., Furuta, K., Kanno, T., Aoyama, H., Inoue, S., Karikawa, D., & Takahashi, M. (2012). Cognitive model of team cooperation in en-route air traffic control. *Cognition, Technology & Work*, 14(2), 93-105.

Kanno, T., Furuta, K., and Kitahara, Y. A model of team cognition based on mutual beliefs. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 14, 1 (2013), 38-52.

Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., and Converse, S. Shared mental models in expert team decision making. In N. J. Castellan, Jr. (Ed.), *Individual and Group Decision Making* (pp. 221-46). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. (1993).

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 1 件)

Nonose, K., Corver, S., Majumdar, A., Grote, G., Kanno, T., and Furuta, K. (2014). A Behavioural Observation Method to Assess Team Situation Awareness of Air Traffic Control Teams. *OzCHI2014* (Sydney, Australia), pp.456-459.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野々瀬 晃平 (NONOSE, Kohei)

東京大学大学院・工学系研究科・システム創成学専攻・助教

研究者番号：20644496