

# チーム協調のメタ化に関する研究

## Metacognitive Approach for Team Cooperation

野々瀬 晃平<sup>1</sup> 菅野 太郎<sup>1</sup> 古田 一雄<sup>1</sup>

Kohei Nonose<sup>1</sup>, Taro Kanno<sup>1</sup>, and Kazuo Furuta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院工学系研究科

<sup>1</sup> School of Engineering, The University of Tokyo

**Abstract:** Teams and teamwork are indispensable for our society, especially when dealing with difficult and complex tasks not easily addressed by a single individual. Studies of team cooperation therefore have been drawn attention in different research areas such as human factors, services, and business economics, and a variety of evaluation methods and team trainings have been proposed. These methods and trainings, however, mainly concern with observed behaviors such as closed-loop communication, backup-behaviors, and some traits of good leadership. In order to better understand the mechanism of team cooperation and to develop more efficient training method, it is additionally necessary to make clear cognitive factors behind team cooperation. In this study, such factors were tried to be elicited from the metacognition about team cooperation; how team members find and recognize their cognitive activities and why they do such activities. Then, a coding system for such metacognitive data was developed. This coding system was applied to the analysis of team experiments and the result suggested that metacognitive activities on cooperation activities made some impact on improving team cooperation. In addition, it suggested that such instruction that induces metacognition on cooperation can work effectively for enhancing team performance.

## 1. 導入

医療活動や危機対応、大規模人工物のオペレーションなど安全性や信頼性、効率性が求められる多くの場面でチームによる活動・運用がなされている。そうした場面では人というリソースが効果的に協調し、チームとしての能力を向上させることが重要である。そのためチームワークのモデル化や評価手法、分析手法、訓練手法に対するニーズは高く、欧米を中心に様々な研究がなされている。

例えば、Salas, Sim, and Burke (2005) はチームワークが Team Leadership、Mutual Performance Monitoring、Backup Behavior、Adaptability、Team Orientation の5つの要素から構成されるとしている<sup>[1]</sup>。また、チーム訓練手法の研究で有名なものに Crew Resource Management (CRM) がある。これは航空業界で主に使用、改善されてきたチーム訓練のフレームワークの一つであり、「利用可能なリソースを効率的に利用し、安全で効率的なフライトオペレーションを達成する」ことであると定義される。CRM 訓練ではコミュニケーションや意思決定、チーム形成・維持などを CRM スキルとして定義し、それらを向

上させるための訓練プログラムが開発されている。こうした従来研究で用いられている主要なアプローチはチーム活動を観察し、観察された行動データを基にチームワークの構成要素の分析や訓練手法の開発を行うものである。

しかし、こうした構成員の行動結果の観察に基づくアプローチでは、構成員が適切な協調行動を取れる理由を直接的に分析することができない。構成員の協調行動は、その構成員のチームの捉え方やそれに基づく判断によってもたらされるものである。そのため、構成員がなぜその協調行動を取ったのか、また自分の所属するチームをどう捉えているのか、ということ抽出・分析することがより直接的な分析と言える。このような分析によってチーム協調に優れている構成員の考え方の特徴が明らかとなり、より効果的な構成員の訓練方法が実現できると考えられる。

本研究では構成員自身によるチーム協調へのメタ認知を用いた協調の分析・評価手法の開発とメタ認知のチーム訓練手法への利用可能性の検討を行う。まずチーム構成員が自身の協調過程を説明すること、すなわち、協調へのメタ認知を行わせる。そしてメ

タ化された内容をコード化する枠組みを開発し、優れたチームの特徴を考察する。最後に、協調へのメタ化を行わせる際の質問文（メタ認知の手掛かり）によりチームの訓練効果が得られるかを検証する。

## 2. メタ認知研究

人間には認知活動それ自体を認知の対象とする心の動きがある。これは「メタ認知」と呼ばれる認知的活動であり、主に教育心理学の分野で研究がなされている。

メタ認知はメタ認知的知識とメタ認知的活動（メタ認知スキル）に大別されている<sup>[2]</sup>。メタ認知的知識とは、人間（自分、他人、人間一般含む）の認知特性についての知識、課題についての知識、方略についての知識である。メタ認知的活動はメタ認知的モニタリングとメタ認知的コントロールに分けられている<sup>[3][4]</sup>。メタ認知的モニタリングとは、認知についての気づきやフィーリング、予想、点検、評価など、メタレベルが対象レベルから情報を得ることであり、メタ認知的コントロールとは認知についての目標設定や計画、修正などメタレベルが対象レベルを制御することである。

メタ認知的活動は認知を効率的に活用する際に重要な機能であると考えられており、特に学習や技能の熟達化に関する研究で知見が集積されている。学習支援法の研究の一つにメタ認知的手掛かりを学習者に与え、メタ認知的活動を促すことで学習効果を促進する手法がある。Veenman (2005)は認知課題（数学の文章題）遂行時の学生にメタ認知的手掛かりを与えることで、学生のメタ認知スキル獲得の支援に成功している<sup>[5]</sup>。また、Bannert (2006)は学習者がある特定の情報のまとまりを選択したときにその選択理由を言わせる省察プロンプトの使用が学習者のメタ認知的知識やメタ認知スキルのレパートリーを活性化させ、学習とその転移を促進することを見出している<sup>[6]</sup>。

協調活動においてもメタ認知的活動の重要性が示唆されている。Jermann and Dillenbourg (2008)は二者間の会話データと操作データを基に協調状態を可視化するメタ認知ツールを作成し、その使用の有無が協調行動に与える影響を調べた<sup>[7]</sup>。その結果、リアルタイムにメタ認知ツールのフィードバックを受けていた群では、詳しくプランニングについて話す傾向があり、操作と発話のバランスをとることができた。これはメタ認知的活動が適切に促されることにより協調活動が改善され得ることを示唆している。

こうした研究の一方で、そもそも協調へのメタ認知にはどのような種類が存在するのかはまだ明らかに

されていない。そのため、まずチーム協調実験を行い、協調過程へのメタ認知の結果を基に、協調へのメタ認知の分類手法を作成する（実験 1）。そして、メタ認知的手掛かりを活用したチームの訓練が可能であるかを検討する（実験 2）。

## 3. 実験 1

チーム構成員による協調のメタ化データを取得するため、2 人組チームによる協調作業の実験を行った。そして、そこで得られた協調のメタ化データを基に、メタ化内容をコード化する手法を開発した。

### チーム協調実験

#### タスク

航空管制シミュレータ（図 1）を用いて、チームで協力して安全かつ効率的に飛行機を離着陸させることを課した。ゲームのシナリオはランダムに離陸便、着陸便が発生するものであった。

#### 被験者

大学院の学生 6 名（3 チーム）

#### チーム構成

マウス操作で指示対象の機体を選択する「機体選択役」とキーボード操作で指示内容を入力する「コマンド役」で構成した。構成員は対面して座り、試行中は自由に会話することができた。

#### 手続き

最初に操作練習を被験者がタスクを行うのに必要な範囲の操作知識を得たと実験者が判断するまで行った。試行は 15 分行われ、構成員は試行中 7.5 分毎に計 2 回「あなたはこのタスクをどのように協調して行っていますか？」という質問文に対し、自身の協調過程のメタ化を行った。

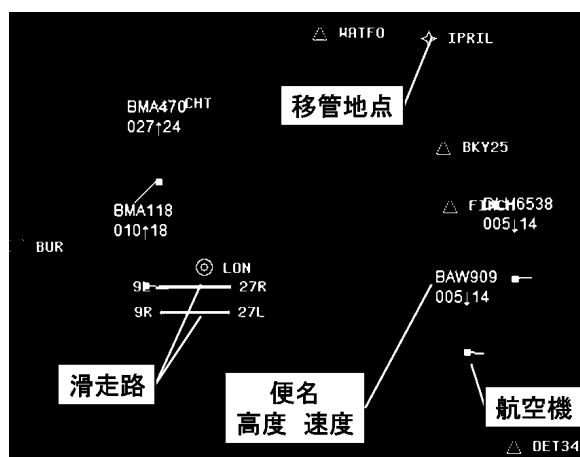


図 1 航空管制シミュレータ

パフォーマンス指標（ゲームスコア）

安全違反時間と成功機体数を用いた。安全違反時間とは機体間の距離が水平方向 3 マイル未満かつ垂直方向 1000feet 未満になった時間を示す。成功機体数とは着陸成功機体数と移管成功機体数の和から空域離脱機体数と着陸失敗機体数を引いた値とした。

### メタ化内容のコード化

実験終了後、メタ化された内容を実験者が分類した。そして、メタ化された内容を複数のタグを付けて分類することとした。この作業をコード化と呼ぶ。

### 結果と考察

メタ化された内容をその「視点」「主体」「事実」「メタ認知的活動」の 4 つの軸からタグを付け、コード化した。4 つの軸に属するタグを表 1 に示す。コード化時に用いられるタグは各軸から最大 1 つとした。例えば、「コマンド入力が発声するようにしている」というメタ化内容があった場合、タグとして「視点」の軸からは「自分中心」、「主体」の軸からは「自分」、「事実」の軸からは「行動」のタグを付け、「メタ認知的活動」の軸からのタグは付けられない。

チームごとに全てのメタ化内容をコード化し、その結果を図 2~4 に示した。タグ内の数値はそのタグがコード化に用いられた頻度を表し、破線で表わさ

れているタグは一度も用いられなかったタグを表わしている。タグ間のリンクはタグの共起頻度を表している。ただし、簡素化のため図上では隣接した軸に属するタグの共起頻度のみを示した。例えば、あるメタ化内容が、「自己中心」、「自分」、「行動」でコード化された場合、「自己中心」と「自分」、「自分」と「行動」にリンクが形成される。実線のリンクは 1 回目のメタ化時の、破線のリンクは 2 回目のメタ化時のタグの共起頻度を表わしている。

表 2 に、各チームのゲームスコアを示す。パフォーマンスは A が一番低く、C が一番高い結果であった。パフォーマンスの低いチーム A の傾向として、メタ認知的活動が見られず、また、自分が行っていることのみをメタ化の対象としていることが分かる（図 2）。一方で、優れているチーム B や C は早期の段階で、メンバー間で一致している考えや協調の問題点の把握などメタ認知的活動を行っている。また、自分が行っていることのみではなく、協調関係の視点でチーム全体の説明を行っている（図 3、4）。

この結果から、構成員が自己中心ではなく協調関係の視点からメタ化を行い、それらについてメタ認知的活動を行うことが協調する上で重要であると考えられる。そして、構成員に構成員の関係を中心にメタ化を行わせることで、協調関係へのメタ認知的活動が誘発され、チーム協調が円滑に行われるようになるのではないかと思われる。

表 1 協調のメタ化内容をコード化する軸とタグ

軸	タグ	説明
視点	自己中心	自分の行っていることのみ説明
	協調関係	チーム全体で行われていることを説明
主体	自分	事実の主体が自分であること
	相手	事実の主体が他の構成員であること
	全体	主体に自他の区別がなく、事実の主体がチーム全体であること
事実	行動	実際の行動の履歴、観察される行動、協調上の注意点、工夫
	優先順位	指示を出す際の優先順位
	方針	戦術や処理手順など
	役割分担	どういうことを担当しているか
	意思決定	どういう流れでチーム内で指示が決定されているか
メタ認知的活動	問題点	できていないこと、協調上の問題点の指摘
	確信	自分と相手の考えに一致、分担の確信があることの報告
	改善策	どうした方がいいかの考え

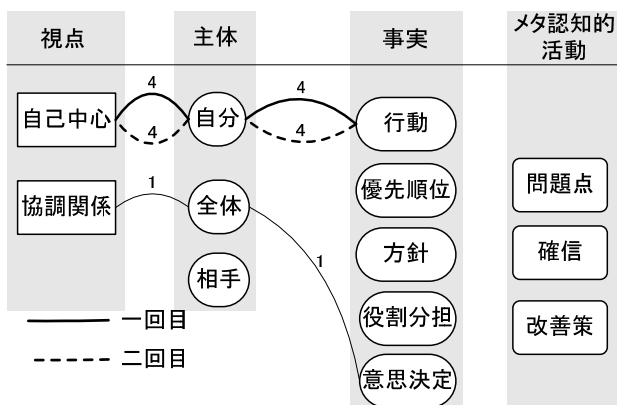


図2 メタ化内容のコード化結果 (チームA)

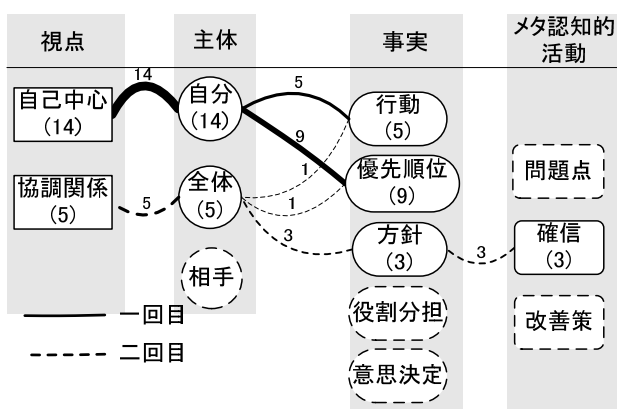


図3 メタ化内容のコード化結果 (チームB)

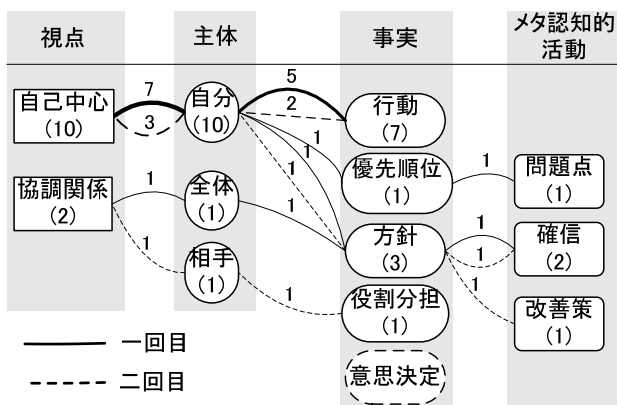


図4 メタ化内容のコード化結果 (チームC)

表2 チームのゲームスコア

チーム名	A	B	C
成功機体数	-2	4	10
安全違反時間 (秒)	477	591	283

## 4. 実験2

実験1から得られた知見から、構成員がチームの協調関係の視点からメタ化を行い、それらについてメタ認知的活動を行うことが協調を行う上で重要であると示唆された。そこで構成員にチームの関係性を中心としてメタ化を行わせることでチームの訓練が可能かどうかを検討するため、実験を行った。

### 実験方法

タスク、チーム構成、パフォーマンス指標は実験1と同じものを用いた。

被験者

大学生及び大学院生 14名 (7チーム)

実験条件

協調へのメタ化を行わせる際の質問文 (メタ認知的手掛かり) として、「自己中心型」(4チーム)と関係中心型 (3チーム) の2種類を用意した。前者では、自分が協調時に考えていることを中心にメタ認知が行われ、後者ではチーム内の関係性を中心メタ認知が行われるものであった (表3)。

表3 メタ化の質問文 (メタ認知的手掛かり)

質問内容	
自己中心型 (N=4)	あなたはこのタスクを何を考えてどのように協調して行っていますか？
関係中心型 (N=3)	あなたはこのタスクがどう協調して行われていると思いますか？

手続き

最初に練習を被験者がタスクを行うのに必要な範囲の操作知識を得たと判断するまで行った。試行は1セットあたり15分、これを2セット行った。試行は7.5分ごとに中断され、被験者は1セット当たり2回、最終的に計4回、質問文 (自己中心型、または関係中心型) に対し、自身の協調過程のメタ化を行った。1セット目と2セット目では対処する空域が異なり、2セット目の方がより多くの航空機を扱う必要があった。そのため、特に2セット目では適切な協調ができていなければ適切な管制を行うことができず、成功機体数の減少や安全違反時間の増加を招くと考えられた。

### 結果と考察

各実験群の平均成功機体数を図5に、平均安全違反時間を図6に示す。1セット目では自己中心型の群と関係中心型の群に成功機体数、安全違反時間の違いは見られなかったが、2セット目では自己中心

型の実験群に比べ、関係中心型の実験群の方が優れていた。これは質問文の違い、すなわちメタ認知の手掛かりの違いがメタ認知のプロセスに影響を与え、その後の協調活動に影響を及ぼした可能性があると考えられる。

質問文が自己中心型の群では、主に自分が協調時に考えていることを中心にメタ化が行われる一方、関係中心型の群では、構成員はチーム全体の協調過程についてメタ化することが求められる。それにより、構成員の協調全体に対するメタ認知的活動が引き起こされ、協調の修正やチーム内の共通認識の確認が行われる。その結果、チーム協調が円滑となり、2 セット目で関係中心型の群は自己中心型の群よりも優れた結果を残すことができたと考えられる。これは関係中心型のメタ認知の手掛かりに従って、構成員に自身らの協調へのメタ化を行わせることでチームの訓練が可能であることを示唆している。

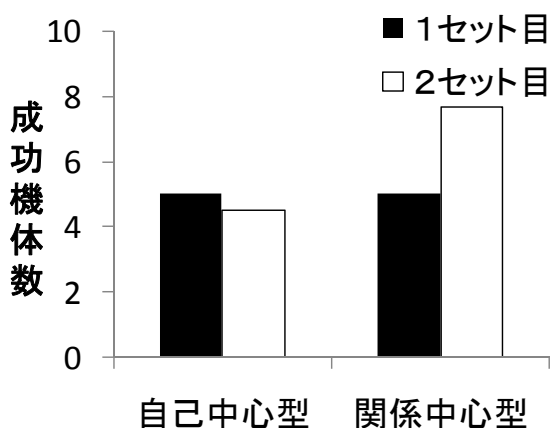


図5 成功機体数

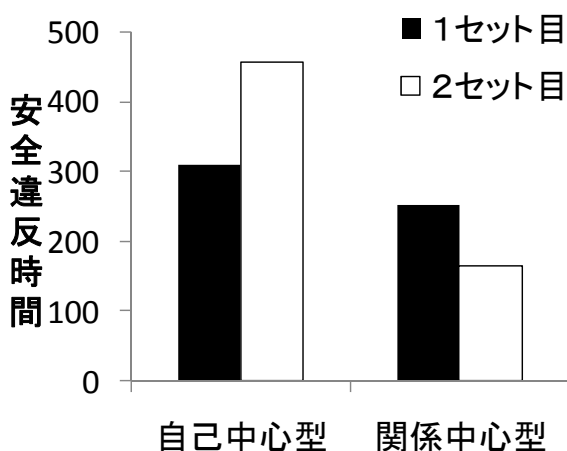


図6 安全違反時間

## 5. まとめ

構成員にチーム協調へのメタ認知を行わせ、メタ化内容のコード化手法を開発した。そして、チームごとのコード化結果とチームパフォーマンスの結果を比べたところ、協調過程全体へメタ認知的活動が行われているチームのパフォーマンスが優れていると示唆された。そこで、メタ化を行う際の質問文、すなわちメタ認知の手掛かりの違いにより協調の訓練が可能かを検討する実験を行った。その結果、協調の関係を中心にメタ化を行わせることで、構成員の協調に対するメタ認知的活動が活性化し、協調が円滑となる効果が得られた。このことはチーム内の関係性を中心にメタ化を行わせることでチームの訓練効果が得られることを示唆している。

本研究で得られた知見は、限定的な状況、チーム条件におけるものである。今後実験数の増加や他タスクへの適用により、知見の頑健性とコード化に用いるタグの網羅性の確認を行う。また、異なるチームタスクに適用することで手法の一般性を検討することが必要である。この手法は CRM に比べ訓練の準備コストがかからないという利点があり、実際のチーム訓練への応用が期待される。

## 参考文献

- [1] Salas, E., Sims, D.E., and Burke, C.S.: Is there a "Big Five" in teamwork? *Small Group Research*, Vol. 36, No. 5, pp. 555-599, (2005)
- [2] 三宮真智子: メタ認知研究の背景と意義, 三宮真智子編著, メタ認知 学習力を支える高次認知機能, 北大路書房, pp. 1-16, (2008)
- [3] Flavell, J. H.: Speculations about the Nature and Development of Metacognition, In Weinert, F. E., Kluwe, R. H. (Eds.), *Metacognition, Motivation, and Understanding*, NJ: LEA pp.21-29, (1987)
- [4] Nelson, T. O. and Narens, L.: Why investigate metacognition? In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.). *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge, MA: MIT Press. pp. 1-25, (1994).
- [5] Veenman, M. V. J. and Spaans, M. A.: Relation between intellectual and metacognitive skills: Age and task differences. *Learning and Individual Differences*, Vol.15, pp. 159-176, (2005)
- [6] Bannert, M: Effect of reflection prompts when learning with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 35, No. 4, pp. 359-375, (2006)
- [7] Jermann P., and Dillenbourg P.: Group mirrors to support interaction regulation in collaborative problem solving.

Computers and Education, Vol. 51, pp. 279-296, (2008)