

野外調理を題材とした協調的な役割分担に関する探索的な検討

市川 淳^{†1} 山田 雅敏^{†2} 藤井 慶輔^{†3} 竹内 勇剛^{†1}

^{†1} 静岡大学情報学部

^{†2} 常葉大学経営学部

^{†3} 名古屋大学大学院情報学研究科

要旨

本研究では社会活動で不可欠な役割分担に着目し、集団目標を達成する協調メカニズムの理解を目指す。身近な活動の野外調理を題材に、役割の分担過程を探索的に検討した。4人1組でBBQを行わせ、その様子を撮影するフィールド実験を実施した。役割をタグ付け、記録するアノテーション分析の結果、BBQの構成や手順の知識が共有されたメンタルモデルからトップダウンに必要な役割を理解、決定するだけでなく、環境や周囲の振る舞いに応じてボトムアップに配置されることが示唆された。協調的な役割分担には2種類の情報処理が機能する可能性があり、画像処理で取得した参加者等の位置データから後者の側面に関する分析を進める予定である¹。

キーワード

集団協調, 役割分担, 情報処理, フィールド実験

1 はじめに

本研究では、他者と取り組むことで、単独では難しい活動を展開してハイパフォーマンスや集団目標を達成する協調メカニズム [1, 2] の理解を目指す。社会活動の多くは、作業量や複雑さから集団を構成するメンバー間で役割を決める。関連して、認知科学では分散認知の理論 [3] が提唱されており、人の情報処理は知識に代表される内的資源の利用だけでなく環境や他者といった外的資源とのインタラクションも含まれる。そして、各メンバーの役割をサブシステムと捉え、サブシステム間や環境とのインタラクションを通して集団が1つのシステムとして機能すると考えられている。

協調的な役割分担に着目した研究は認知科学だけでなく、スポーツ科学や神経科学、生物集団行動学など、分野を横断して取り組まれている。しかし、神経科学では環境を厳密に統制した実験室実験から検討されており (例えば [4])、得られた知見の現場適用に関わる生態学的妥当性が少なからず問題として挙げられる [5]。また、生物集団行動学では近年、機械学習のシミュレーションから狩りのような生物の群れ行動の説明を試みる研究がある (例えば [6])。しかし、シミュレーションで得られた結果の妥当性を実験室の外、実際に活動が展開されるようなフィールドで検証した研究は少ない。他方で、スポーツ科学では集団スポーツ (バスケットボール) のフィールド実験を行い、ディフェンスの危機的な状況に基づく役割分担の調整とその構造が解明されている [2]。上記で紹介した認知科学の研究 [3] も、船舶や航空機の操縦を対象に状況を記述するエスノグラフィから得られた理論である。フィールドから協調メカニズムを検討することで生態学的妥当性の問題をクリアできる可能性はあるが、先行研究 [2, 3] における活動の専門性は高く、観察されたインタラクションの詳細が一般には理解しづらい点がある。

そこで、本研究では身近な活動を対象に役割の分担過程を検討することを目的として、BBQの野外調理に着目する。野外実習は集団協調を育むために学校教育の一環として実施され [7]、ここでは調理も行われる。ゆえに、野外調理は一般の多くが一度は経験したことがあり、昼食や夕食の限られた時間に調理して皆が楽しく食事する点が理想の1つであり集団目標と言える。さらに、作業量を考慮すると様々な役割がみられやすい。以上より、本研究ではグループでBBQの活動を行わせるフィールド実験を実施した。そして、各メンバーがどのように役割を担当するかを検討した。実験室実験よりもメンバー間や環境とのインタラクションが長時間でかつ、予測しづらい。従って、探索的な分析から役割の分担過程を議論することにした。本章で、実験の詳細を述べる。

2 方法

2.1 参加者

大学生及び院生が4人1組で、計3組12名 (男性10名、女性2名) 参加した (グループの平均年齢23.08歳, $SD = 2.77$ 歳)。グループは相互に知り合い同士で構成され、以下ではA, B, Cと呼ぶ。グループCのみ男性2名と女性2名の混合で参加した。実験が行われた静岡大学の人を対象とする研究に関する倫理審査の承認及び、全員から書面にて参加への同意は得られている。

2.2 手続き

BBQの活動を行う前に、プロフィール等を回答する事前アンケートを実施した。その後、参加者は現場を訪れ、実験の流れや留意点に関する説明を受けた。食事できるように進めて、目安4時間で終わらせられるようにと教示した。さらに、全員が食事できる時点と食べ終わった時点で集合して「いただきます」と「ごちそうさまでした」を言うように伝えた。グループはコンロの設置、火起こし、調理、片づけまで行った。そして、終了直後に活動を主観評価するアンケートを実施した。各項目と評価方法を表1に示す²。加えて、当日の実験後に約1週間の十分な期限を設けて活動を振り返る自由記述のアンケートも補足的に行い、自身が担当した役割や担当した理由等を尋ねた。

全てのアンケートはWebフォームで実施し、グループ内で相談することなく各自が回答するように求めた。

2.3 環境

実験環境を図1に示す。グループはカラーコーンの範囲内 (横10m x 縦6m) で全ての作業を行った。経過時間はタイマーから確認できた。グループの様子は、活動範囲外の地面に接地されたビデオカメラ2台と、隣接する建物の2階の柵から3mほど延びる三脚の上に設置したビデオカメラ2台で撮影した (いずれもSony製, HDR-CX680)³。俯瞰撮影した映像は主に今後、各参加者やコンロ、テーブルの位置を記録する際に利用する予定である (詳細は4章を参照)。

¹責任著者: 市川 淳 (静岡大学情報学部)
連絡先: j-ichikawa@inf.shizuoka.ac.jp

²No. 7の項目は、グループの有能感に関する参加者間で共有された信念を表す集団効力感であり、関連研究 [8] を参考にした。

³俯瞰用ビデオカメラの1台は、予備で設置した。

Table 1: 野外調理終了直後に行ったアンケートの項目

No.	項目	回答方式
1	料理は全般的に美味しかった	10段階のリッカート尺度 (1:全くあてはまらない～ 10:非常にあてはまる)
2	4時間以内に活動を終えることができた	同上
3	活動は楽しかった	同上
4	活動は難しかった	同上
5	活動を行う上で人数が足りなかった	同上
6	活動に対する自身の貢献度	0～100 (全員の合計貢献度を100)
7	このグループであれば、困難や失敗があっても持ちこたえることができる	-5～+5 (活動前の基準を0として、 正負は持ちこたえられる・ られないを意味)

Note. 「活動」とは設営や火起こしを含めた調理、片づけなどの作業全体を指す。

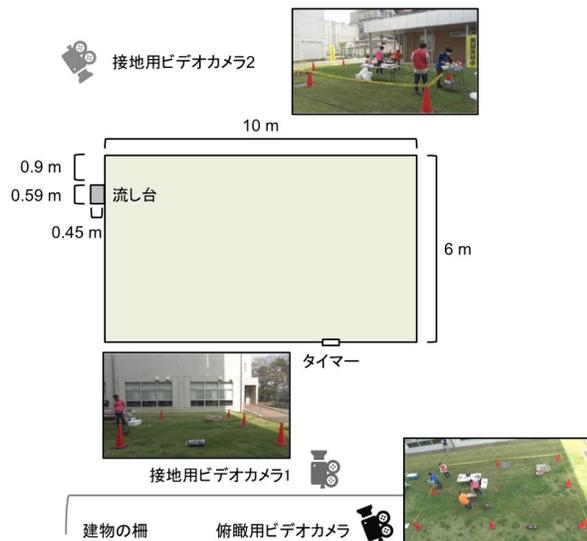


図 1: フィールド実験の環境

なお、参加者には実験者が分析時に個人を識別しやすいように4色のカラービブス（赤色、青色、ピンク色、オレンジ色）を着用させ、さらにワイヤレスマイクと送信機を付けた。接地用カメラ2台に受信機を取り付け、後述する分析の参考までに各カメラから2名ずつ音声記録した。

3 分析及び結果

3.1 事後アンケート

活動終了直後に実施したアンケートについて、グループごとに各項目で中央値を算出した。結果を表2に示す。10段階で評価するNo. 1～3の項目におけるスコアの絶対的な高さを踏まえると、どのグループも限られた時間内に食事を行い楽しく活動を終わらせたことが示唆された。日常的に実施されるBBQの目的と同様の集団目標は達成できたと考えられる。他方で、その他の項目では全てのグループに共通する顕著な特徴はみられなかった。

Table 2: 野外調理終了直後に行ったアンケートのスコア

No.	項目	Group	Median
1	料理は全般的に美味しかった	A	9
		B	8
		C	8.5
2	4時間以内に活動を終えることができた	A	10
		B	10
		C	10
3	活動は楽しかった	A	9
		B	10
		C	10
4	活動は難しかった	A	5.5
		B	3.5
		C	2.5
5	活動を行う上で人数が足りなかった	A	3
		B	1
		C	1
6	活動に対する自身の貢献度	A	25
		B	21.5
		C	25
7	このグループであれば、困難や失敗があっても持ちこたえることができる	A	2.5
		B	3
		C	4.5

3.2 アノテーション

3.2.1 主要な役割

アノテーションソフト ELAN 6.4⁴を使って、活動が画角より入っている接地用ビデオカメラ2と、俯瞰用ビデオカメラの映像を同期させ、各参加者が担当した役割をタグ付けした。BBQは、コンロで炭に火をつけて食材を焼く。そこで本分析では、作業場や使用道具を観察した際の判断の容易さ、信頼性を考慮してまず「火起こし」及び「コンロ調理」の役割に着目した。前者はコンロの設営や炭を入れる、火を起す作業で、後者はコンロで肉や野菜を焼く、焼きそばを調理する作業を指す。これらは、限られた時間に全員が食事する集団目標に対して比較的近いサブゴールで主要な役割と言える。実験者の第一著者が上記の役割とその時間帯を参加者ごとにタグ付けし、同じく実験者の第二著者が独立して全てのタグに目を通して齟齬がないかを確認した。

結果を図2に示す。横軸は時間（秒）、縦軸は参加者が着用したビブスの色である。また、縦軸に平行な実線と破線、点線はそれぞれ映像から同定された「いただきます」と「ごちそうさまでした」、「活動終了」のタイミングである。どのグループも全体的な傾向として、特定の1名ないし2名が「火起こし」及び「コンロ調理」の役割を担当する時間が相対的に長いことが示された。グループAではピンク色とオレンジ色の参加者、グループBではオレンジ色の参加者、グループCでは赤色とピンク色の参加者が他の参加者に比べて担当時間が長い特徴がみられた。

なお、事後アンケート（表2）におけるNo. 2の項目に関連して、本分析から活動開始と終了を同定したところ、全てのグループで4時間以内に終了できたことが示された（図2の点線）。

3.2.2 その他の役割

次に、主要な「火起こし」及び「コンロ調理」の役割が遂行される間に、その他にどのような役割が行われるかを分析した。この分析に関しては、役割の開始と終了を判断する難しさやそれに伴う信頼性を考慮して以下の手続きをとった。

⁴<https://archive.mpi.nl/tla/elan>

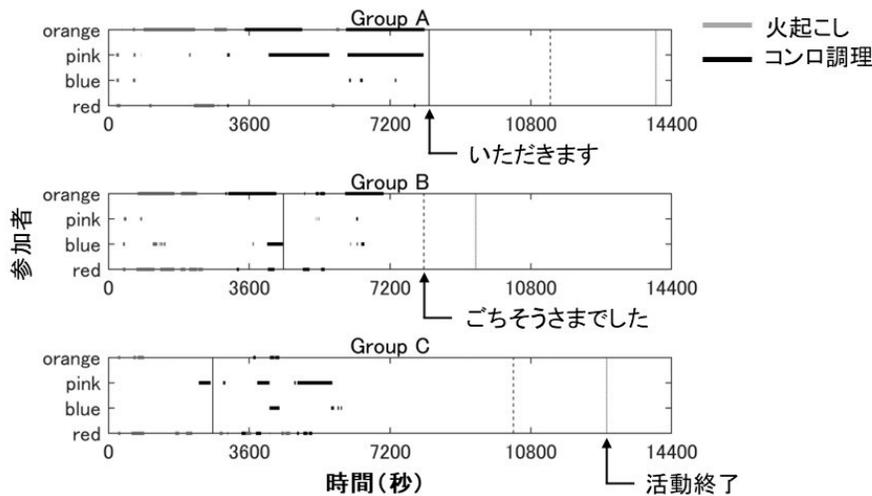


図 2: 各参加者が「火起こし」及び「コンロ調理」の役割を担当した時間帯

3.2.1 項で説明した主要な役割を担う参加者（グループ A：ピンク色とオレンジ色の参加者，グループ B：オレンジ色の参加者，グループ C：赤色とピンク色の参加者）が作業している時間帯において残りの各参加者の行動を観察し，その他の役割として大きく 5 つに着目して一度でも担当した役割を記述した．具体的には「テーブルあるいはイスの設営」，主に食材を切る下ごしらえに関連する「コンロ以外での調理」，網を敷くなどの主要な役割のサポートに関連する「火起こし」や「コンロ調理」の手伝い，紙皿を用意するなどの食事に向けた準備に関連する「配膳」，活動終了に向けて道具を洗うなどの整理，撤収に関連する「片づけ」である．第一著者が分析を行い，第二著者が独立して記述内容を確認し，問題があった場合は協議してから決定した．

結果を示す図 3 の横軸はその他の役割，縦軸は正規化した頻度を表し，プロットの色はビブスの色である．各グラフにおいて縦軸の値が大きいくほど「火起こし」及び「コンロ調理」を担当する時間が相対的に長い参加者 1 名が当該役割を担う時間帯に，残りの参加者が横軸の役割で作業する頻度が高いことを意味する．3.2.1 項の全体的な傾向も踏まえて頻度の最大値をみると，参加者と役割が 1 対 1 対応の完全分散型ではないことが示唆された．

全体的に，グループ A ではピンク色とオレンジ色の参加者が主要な (i) 「火起こし」及び「コンロ調理」の役割で作業する間に，赤色の参加者は (ii) 「片づけ」，青色の参加者は (iii) 「コンロ以外での調理」の役割を担当する配置がみられた．グループ B では，オレンジ色の参加者が (i) 主要な役割で作業する際に，並行して赤色の参加者は (ii) 「配膳」あるいは「片づけ」，青色とピンク色の参加者は (iii) 「コンロ以外での調理」の役割を担当する配置が確認された．グループ C では赤色とピンク色の参加者が (i) 主要な役割で作業する間に，青色とオレンジ色の参加者は (ii) 「コンロ以外での調理」，青色の参加者はさらに (iii) 「片づけ」の役割も担当する配置がみられた．つまり，(i)～(iii) の役割において 1 名ないし 2 名が配置される緩やかな分散型の特徴が示唆された．以上の結果より，次章では役割の分担過程について考察する．

4 考察

本研究では，身近な活動として野外調理の BBQ を対象に役割の分担過程を検討するためにフィールド実験を実施した．結果，全てのグループにおいて，限られた時間内に食事を行い楽しく活動を終わらせ，集団目標を達成できた．さらに，役割のアノテーション分析から全体的な傾向として，参加者と役割が 1 対 1 対応の完全分散型ではないことが示唆された．

1 つの役割に対して 2 名が配置される場合がある点は，船舶の操縦やバスケットボールのディフェンスにおける役割分担 [2, 3] と同様の特徴が確認された．参加者間でカバーできる体制をとっていた可能性があり，そのような周囲を助けて状況の改善を図るレジリエントな行動や体制は，集団全体の協調で重要であることが指摘されている [2, 9]．なお，音声を確認したところ，全てのグループにおいて 4 名の参加者が「火起こし」及び「コンロ調理」の役割を指示や会話から決める，そのうち 1 名が主要な役割で作業している間にその他の役割が言語的なやり取りで決まる様子はみられなかった．関連して，これは補足的に実施した活動を振り返るアンケートからも示唆された．当該アンケートでは，自身が担当した役割を自由記述させ，その役割を選んだ理由を回答させた．アノテーション分析で記録された各参加者の役割に合致する回答を対象に理由を分類したところ，グループ全体を通して得意，不得意といった個人特性と同程度に，環境や他の参加者，流れを踏まえて自身の役割を決めたという報告がみられた（個人特性：8 ケース，環境や他者，状況：8 ケース，不明：3 ケース）．

従って，集団目標を達成する協調的な役割分担の背後にトップダウン及びボトムアップの 2 種類の情報処理が機能している可能性がある．前者では，BBQ の構成や手順に関する知識が共有された構造のメンタルモデルをグループが有し，そこから必要な役割が理解，決定する側面を指す．共有されたメンタルモデルによって相互の取り組みの説明や予測が可能となり，常に言語的なやり取りを必要としない効率的なインタラクションが実現される [10]．本実験の参加者は大学生及び院生であり，成人であれば十分な BBQ の経験がなくても，少なからず構成や手順の知識はあるだろう．後者は，環境や周囲の振る舞いに応じて役割が決定され

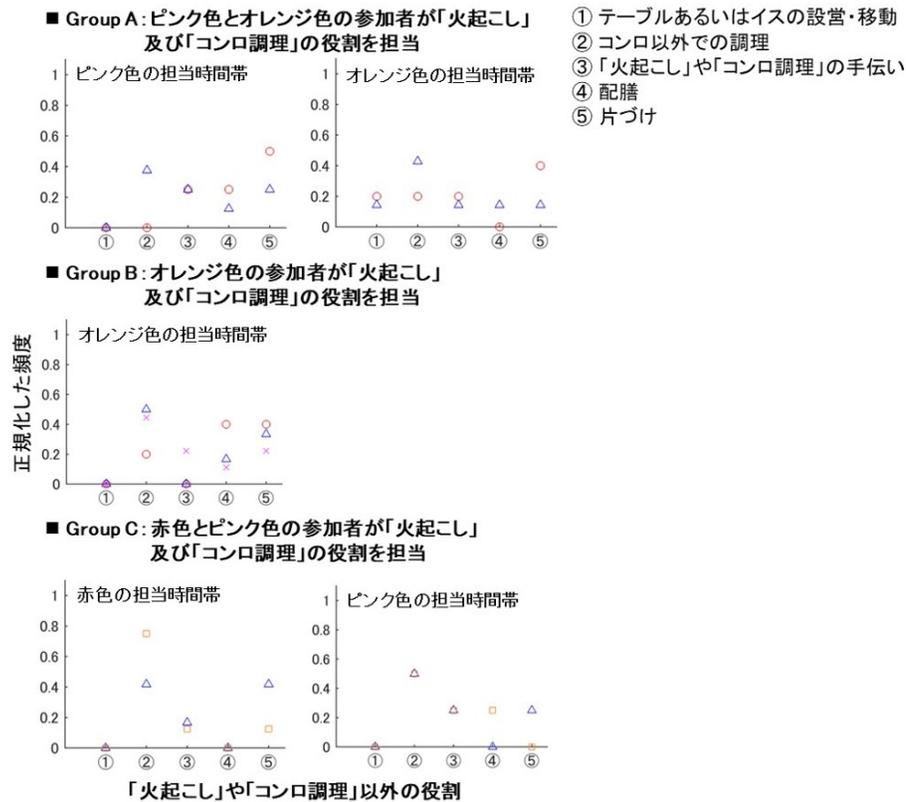


図 3: 「火起こし」及び「コンロ調理」以外の役割に関する頻度. グループ A ではピンク色とオレンジ色の参加者, グループ B ではオレンジ色の参加者, グループ C では赤色とピンク色の参加者が主要な役割を担う際に, 残りの参加者が担当した他の役割の頻度を表す.

る側面を指す. 必要な役割を理解した上で, 状況に応じてパズルのピースを埋めるかたちで役割に対して参加者が配置される. ただし, カバーできる体制をとるため, 参加者と役割は必ずしも 1 対 1 対応ではない. 仮説として, 役割分担の過程は上記のように説明できるかもしれない.

今後は特に, ボトムアップ処理の側面を仮説検証するために集団の動きを分析する予定である. 現在, YOLOX と ByteTrack による画像処理 [11] で各参加者をトラッキングして Labelbox⁵ を用いて手動修正を行い, 位置のデータセットを作成している. 神経科学や生物集団行動学では位置データを分析することで協調が検討されており, 集団運動の特徴はトップダウンに元からプログラムされていないことが示唆されている (例えば [4, 6]). 他方で, 2 種類の情報処理から協調プロセスを検討した研究は数少ない. 本研究によって, 問題解決や学習といった高次なトップダウン処理を主に議論する認知科学を含め, 分野間の接続と協調メカニズムの議論の発展が期待される.

謝辞

実験にご協力いただいた鈴木 孝一様 (BBQ 太郎静岡富士山店), 市川 雅也さん, 天谷 武琉さん, 生駒 響さん (3 名全員, 静岡大学) に感謝申し上げます.

付記

本論文は, 第 21 回情報学ワークショップ (WiNF 2023) の発表内容である. また本研究は, 商業的及び金銭的な利益相反の関係なく実施された.

参考文献

- [1] Woolley, A. W., Chabris, C. F., Pentland, A., Hashmi, N., and Malone, T. W.: Evidence for a collective intelligence factor in the performance of human groups, *Science*, Vol. 330, No.6004, pp.686–688 (2010)
- [2] Fujii, K., Yokoyama, K., Koyama, T., Rikukawa, A., Yamada, H., and Yamamoto, Y.: Resilient help to switch and overlap hierarchical subsystems in a small human group, *Scientific Report*, Vol. 6(23911), <https://doi.org/10.1038/srep23911> (2016)
- [3] Hutchins, E.: *Cognition in the Wild*, Cambridge, MA: MIT Press (1995)
- [4] Candidi, M., Curioni, A., Donnarumma, F., Sacheli, L. M., and Pezzulo, G.: Interactional leader-follower sensorimotor communication strategies during repetitive joint actions, *Journal of the Royal Society Interface*, Vol. 12, No. 110, <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0644> (2015)

⁵<https://labelbox.com/>

- [5] Neisser, U.: *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*, San Francisco: W. H. Freeman and Company (1976)
- [6] Tsutsui, K., Tanaka, R., Takeda, K., and Fujii, K.: Collaborative hunting in artificial agents with deep reinforcement learning, *bioRxiv*, <https://doi.org/10.1101/2022.10.10.511517> (2022)
- [7] 文部省：青少年の野外教育の振興に関する調査研究について, https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/003/toushin/960701b.htm, 2022年7月13日アクセス (1996)
- [8] 河津 慶太, 杉山 佳生, 中須賀 巧: スポーツチームにおける集団効力感とチームパフォーマンスの関係の種目間検討, *スポーツ心理学研究*, Vol. 39, No. 2, pp. 153-167 (2012)
- [9] Bowers, C., Kreutzer, C., Cannon-Bowers, J., and Lamb, J.: Team resilience as a second-order emergent state: A theoretical model and research directions, *Frontiers in Psychology*, Vol. 8(1360), <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01360> (2017)
- [10] Gorman, J. C.: Team coordination and dynamics: Two central issues, *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 23, No. 5, pp.355-360 (2014)
- [11] Zhang, Y., Sun, P., Jiang, Y., Yu, D., Weng, F., Yuan, Z., Luo, P., Liu, W., and Wang, X.: ByteTrack: Multi-object tracking by associating every detection box, *arXiv*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.06864> (2022)