システムからの操作要求に対応する2者間で発現する協調行動の定量的評価

○高橋 雄三（広島市立大学大学院情報科学研究科）

錦織 さなえ（広島市立大学情報科学部）

Quantitative Evaluation of Cooperative Behavior under System Demand Operation among Two operators

Yuzo TAKAHASHI (Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University),

Sanae NISHIKIORI (Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University)

1. はじめに

人工知能がゲーム領域での人間の能力を脅かす現代においても、メタ認知能力や状況の視覚的理解など、人間ならではの能力の重要性は変わらない。しかし、人間の高い能力を持ってしても、大規模で複雑なシステムを1人の操作者で制御することには限界があり、現実的には複数の操作者が協調してシステム制御を行っている。

著者等は2者が協調してシステム制御課題を遂行する場面では、自分の行為に対する相手の評価への感受性が強まり¹⁾、役割に応じた課題遂行へのコミットの強弱によって他者依存的な行動が発現する可能性を示唆した²⁾。以上を踏まえ、本研究では、2者が協調してシステム制御課題を行う操作者の操作行動から、システムが理解可能な操作者相互の協調状態を推定する指標を考案することを目的とする。

2. 方法

2.1 実験参加者

本実験では12人の健康な大学生・大学院生(男女各6人、平均年齢20.9 ± 1.5歳)が実験に参加した。実験参加前に実験内容に関する説明を行い、書面でインフォームドコンセントを確立した。実験は2人1組で行われ、合計12回の実験試行において協調行動の発生頻度が多かった上位6組を協調群、下位6組を非協調群に分類(参加者群)した。

2.2 実験課題

本研究では、化学プラントの燃料生成システム制御を模した課題^{2) 3)}を用いた。図1には本報告で解析対象とした操作対象の略式図を示す。実験では、図中の2つの原料混合タンクと1つの熱処理タンクの容量を原料供給管、原料移動バルブ、混合燃料移送管の開閉操作によって規定範囲(図1中の点線の範囲内)に制御する課題を主課題とした。また、各原料供給管の先には4つの原料供給シス

テム部が配置されている。副課題として、原料供給システム部のレベルゲージに故障が表示されたら所定のキーを押して正常状態に復帰させる操作(制限時間30秒)を実験参加者におこなわせた。

2.3 実験条件

実験は課題の難易度が「易しい条件30分」→「難しい条件30分」→「易しい条件30分」の順で90分間連続して作業をおこなわせた。課題の難易度は原料供給管と混合燃料移送管の故障周期で統制した。参加者は実験に2日間参加し、日によって与えられる役割(上司と部下)を交代させた。与えられる役割の順序は参加者ごとにランダムとした。

2.4 評価指標

作業パフォーマンスの指標として原料供給管、混合燃料移送管、原料移動バルブのキー操作率³⁾を算出した。次に、2つの原料混合タンク容量の差分を1秒ごとに求め、解析区間ごとに周波数解析をおこなった。得られた分布は混合燃料移送管の故障周期に対応した第1成分、燃料供給システム部の故障周期に対応した第2成分、先行研究^{2) 3)}で協調行動と定義した原料の増減周期に対応した第3成分、第3成分以上0.1 Hzまでの第4成分を定義し、各成分のピーク周波数とピーク周波数を構成する領域の含有面積を算出した。解析には時間(10分ごと9水準)と参加者群(協調群と非協調群の2水準)を要因とする二元配置分散分析を用いた。

図1 操作対象の概略図

3. 結果

3.1 作業パフォーマンス

原料供給管、混合燃料移送管、原料移動バルブの操作率に対して二元配置分散分析を行った結果、原料供給管(図2)と原料移動バルブ(図3)では、時間の要因で有意の主効果が認められた(原料供給管： $F(8, 88) = 6.17$, $p < 0.001$, 原料移動バルブ： $F(8, 88) = 6.17$, $p < 0.01$)。図2, 3より、課題の難易度が高い時間帯(30分目から60分目)では原料供給管の操作量は低下し、原料移動バルブの操作量は増加する傾向が認められた。

3.2 協調行動

各周波数成分でのピーク周波数とピーク周波数領域の含有面積に対して二元配置分散分析を行った結果、第1成分のピーク周波数($F(1, 5) = 18.02$, $p < 0.01$)と第2, 第3成分の含有面積で参加者群の有意の主効果が認められた(第2成分： $F(1, 5) = 8.67$, $p < 0.05$, 第3成分： $F(1, 5) = 8.81$, $p < 0.05$)。第1成分では非協調群と比較して協調群のピーク周波数は有意に高かった。また、第2成分では協調群と比較して非協調群の含有面積は有意に大きく(図4)、第3成分では非協調群と比較して協調群の含有面積は有意に大きかった(図5)。

4. まとめ

以上の結果より、3つのタンクの容量を制御するために行われる管・バルブの操作量は、操作者相互の協調状態よりも課題の難易度の影響が強く表れる可能性が示唆された。一方、原料供給システム部の故障周期に対応する第2成分では、協調群と比較して非協調群の含有面積は有意に大きく、また、容量制御を円滑のおこなうための操作戦略に対応する第3成分の含有面積は、非協調群と比較して協調群で有意に大きかった。したがって、2者の操作結果に関する時系列データの周波数成分を定量的に捉えることにより、システムは実時間に近い状態で操作者相互の協調状態を把握することが可能である可能性が示唆された。

参考文献

1) 中田 真梨子 他：“コミュニケーション制約下での戦略共有過程の実験的検討”，ヒューマンインタフェースシンポジウム2011 講演集，pp. 985-986, 2011.

図2 操作率の時系列変化(原料供給管)

図3 操作率の時系列変化(原料移動バルブ)

図4 含有面積の時系列変化(第2成分)

図5 含有面積の時系列変化(第3成分)

- 2) 高橋 雄三：“協調作業時に誘発される他者依存的な行動が役割に基づく作業行動に及ぼす影響”，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014 論文集，pp. 403-406, 2014.
- 3) 錦織 さなえ 他：“2者で行われる遠隔操作課題に対する協調行動の定量的評価”，日本人間工学会関東支部第45回大会講演集，pp. 32-33, 2015.