

Effects of Human–Machine Competition on Intent Errors in a Target Detection Task

Beck, H. P., McKinney, J. B., Dzindolet, M. T., and Pierce, L. G.

Human Factor, 2009, Vol. 51, No. 4, pp. 477-486.

1. Introduction

- 家庭, 職場, 戦場では, 課題を手動で行うか, 自動化システムに頼るか, という選択肢が頻繁に与えられている
 - 自動化システム使用の判断(automation usage decisions : AUDs)を誤ると, 生産性が衰え, 時に, 負傷, 死を被ることもある(e.g., Beck, Dzindolet, & Pierce, 2002)

- Parasuraman & Riley(1997)
 - 自動化システム使用について, 2つの最適ではない判断を示す
 - Disuse : 自動化システムの未使用
 - 課題に対して, 高い自動化レベル(level of automation : LOA)で良いパフォーマンスを得られるときに, 手動, または, 低いLOAで課題を行う
 - Misuse : 自動化システムへの過信
 - 課題に対して, 手動, または, 低いLOAで良いパフォーマンスを得られるときに, 高いLOAで課題を行う

- Beck et al.(2002)
 - Misuse/Disuse に陥る原因
 - 評価エラー
 - 操作者が, 自動化システム使用/未使用のどちらが有効か, 正確に評価ができない
 - 意図的エラー
 - 操作者が, 自動化システム使用/未使用のどちらかを選択する際, どちらが有効か知っているが, その情報を軽視する

1.1. Why Distinguish Between Appraisal and Intent Errors

- Dzindolet & Beck(2006)
 - 湾岸戦争の際, 何人かの兵士が, 有効な自動化システムをオフにして戦場へ向かった
 - 自動化システムを過小評価した(評価エラー)のか, 有効とわかりながらも何らかの理由で使用しなかった(意図的エラー)のか?

⇒ 評価エラーと意図的エラーで、異なる改善策が必要

■ Beck, Dzindolet, & Pierce(2007)

➤ 自動化システム使用の方が、未使用よりも正確であるフィードバックを与えた場合

- 自動化システム使用/未使用の判断を行う際、55%の確率で自動化システム未使用が選択された

➤ 同様のフィードバックが与えられ、シナリオトレーニング* が予め行われた場合

- 自動化システム未使用の選択は、29%に減少した

⇒ 何故、意図的エラーは生じるのか？何故、自動化システム使用が有効であるという情報に反する行動をとるのか？

1.2. John Henry Effect, Personal Investment, and Automation Disuse and Misuse

- 多くの研究では、人間は、パートナーやチームメイトとして機械との関係を築くことが示されている

(Bowers, Jentsch, Salas, & Braun, 1998; Miller & Parasuraman, 2007; Nass & Moon, 2000; Park & Catrambone, 2007; Rajaonah, Tricot, & Anceaux, 2008; Klein, Woods, Bradshaw, Hoffman, & Feltovich, 2004; Madhavan & Wiegmann, 2007b)

■ Beck et al.(2007)

➤ 意図的エラーが生じる理由

- 参加者は、自動化システムを競争相手として捕らえた可能性がある
- **John Henry effect** : 比較されることによる精神的発奮から結果的に生じる無意図的な成績向上

1.2. Task, Design, and Hypotheses

■ 課題

➤ 画面に表示されるヘリコプターが敵か見方か判断する課題

➤ ヘリコプターが表示される前に、自動化システム使用/未使用のどちらが有効か判断を行う

- 刺激提示後に判断を行う先行研究(e.g., Dzindolet et al. 2001; Madhavan & Wiegmann, 2007a)とは異なる。このような判断が必要な状況はよくある。

* 意図的エラーを防止するために考案。自動化システム使用/未使用のどちらかが正しい、または、適切であるという信念を持たず、どちらが有効かを客観的に比較させるトレーニング。

■ 要因計画

- 2(オペレーター：Self-reliant/Other-reliant)ー参加者内×2(システム能力：優/劣)ー参加者間×14(ブロック数)ー参加者内の混合要因計画
- オペレーター要因
 - Self-reliant：参加者自身と自動化システム(combat identification device：CID)が課題を行う。どちらが正解するかを予め予想
 - Other-reliant：前の参加者とCIDが課題を行う。どちらが正解するかを予め予想。参加者自身は課題を行わない
- システム能力要因
 - システム能力・優：CIDは参加者の2倍正解する
 - システム能力・劣：CIDは参加者の半数正解する
- ブロック数
 - 各ブロックで20試行ずつ課題を行う(全280試行)

■ 仮説

- Self-reliantのみ，参加者自身が課題を行うため，自己投資が多くなる
→ 人間ー機械の競争関係
- 自己投資により，自動化システム未使用が強化されれば，Self-reliantでは，
 - システム能力・優のときDisuseが多くなる
 - システム能力・劣のときMisuseが少なくなる

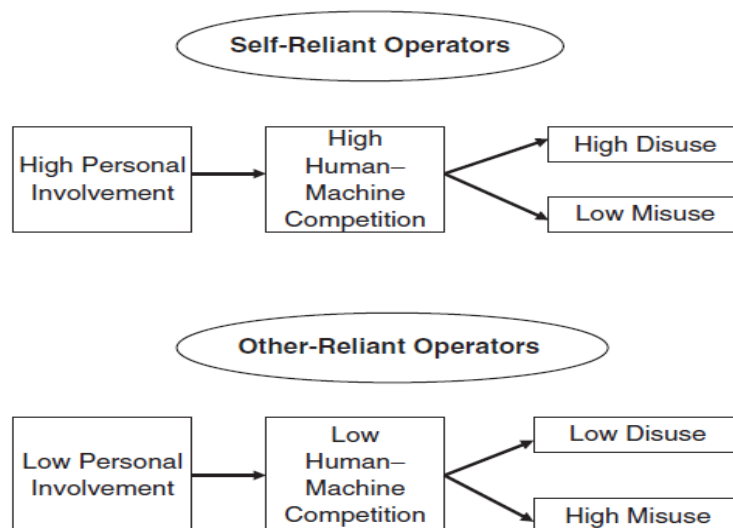


Figure 1. Hypothesized relationships of personal investment and human-machine competition on disuse and misuse.

2. Method

2.1. Participants

- 大学生88人(女性：44人，男性：44人)
- 各条件に同数振り分けられた，性別に関しても同比率

2.2. Instrument

- パソコンにヘリコプターの画像を表示
- 表示される敵ヘリコプター(Hind)／味方ヘリコプター(Black Hawk)：各72台
- 各68台を2回表示，各4台を1回表示
 - 全280回表示

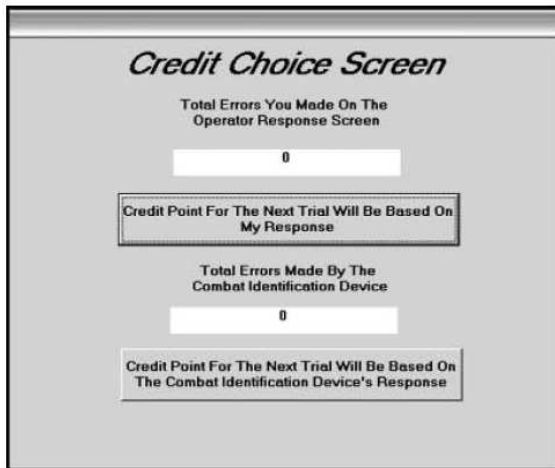
2.3. Procedure

■ Self-reliant

- 1) 参加者自身の判断，または，CIDの判断のどちらが正解するか予想(Figure 1. a)
- 2) 敵，もしくは，味方のヘリコプターが0.75秒間表示される(Figure 1. b/ c)
- 3) 敵なら”Fire”，味方なら”Hold Fire”を選択(Figure 1. d)
- 4) CIDが”Fire”，”Hold Fire”のどちらを選択したか表示(Figure 1. e)
- 5) 結果を表示(Figure 1. f)
 - A) 最初にどちらが正解すると予想したか
 - B) 参加者とCIDの判断結果
 - C) ヘリコプターが敵であったか，味方であったか
 - D) 稼いだポイント
 - 1試行正解で1ポイント(?)
 - 210ポイント以上正解で5\$, 210ポイント未満正解で報酬なし
- 6) 参加者とCIDの誤答数を加算して表示(Figure 1. a)

■ Other-reliant

- 1) 前の参加者の判断，または，CIDの判断のどちらが正解するか予想(Figure 1. a)
- 2) 敵，もしくは，味方のヘリコプターが0.75秒間表示される(Figure 1. b/ c)
- 3) 前の参加者の判断を見る(Figure 1. d)
 - ”Fire”，”Hold Fire”の選択を行わない
- 4) CIDが”Fire”，”Hold Fire”のどちらを選択したか表示(Figure 1. e)
- 5) 結果を表示(Figure 1. f)
- 6) 前の参加者とCIDの誤答数を加算して表示(Figure 1. a)



a



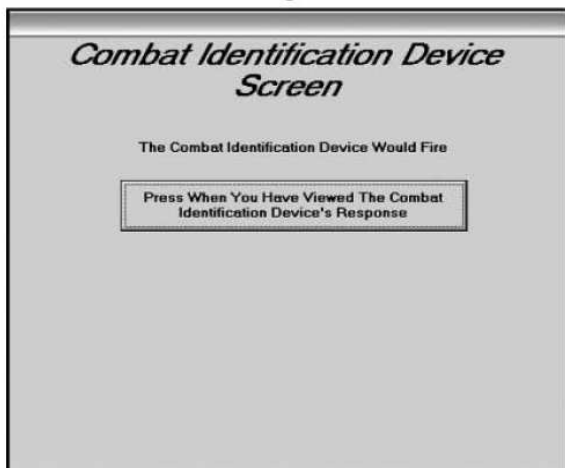
b



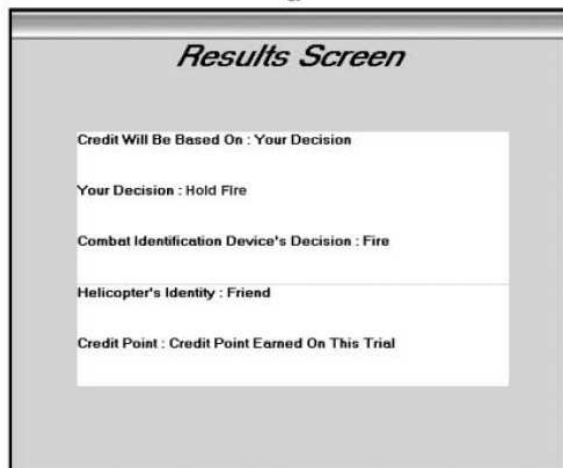
c



d



e



f

Figure 2. Sequence of screens composing a detection trial: Credit Choice screen (a), photograph of a friendly (b) or enemy helicopter (c), Operator Response screen (d), Combat Identification Device Response screen (e), and Results screen (f).

■ アンケート

➤ 課題終了後、アンケートを実施。5段階評価で回答

A) ポイントを稼ぐことと、あなた／前の参加者が、正確に”Fire”, ”Hold Fire”の判断を行うことのどちらが重要だった？

- Other-reliantよりも、人間－機械が競争関係にあるSelf-reliantで、正確な判断が重要視されるだろう

B) あなた／前の参加者とCIDのどちらが正確に”Fire”, ”Hold Fire”の判断を行った？

- システム能力・優の方が、劣よりも、CIDは正確であると評価するだろう

3. Result

■ 従属変数：最適ではないAUDsを行った試行数／ポイントを得られなかった試行数

■ 2(オペレーター：Self-reliant／Other-reliant)－参加者内×14(ブロック数)－参加者内の分散分析

3.1. Superior Machine Conditions

■ 従属変数：最適ではないAUDs(Disuse)を行った試行数

➤ オペレーター要因の主効果($F(1, 21)=38.54, p<.001$)

- Self-reliant > Other-reliant

➤ ブロック数要因の主効果($F(13, 273)=3.02, p<.001$)

- ブロック数を重ねるごとに最適ではないAUDsは減少

➤ 交互作用なし($F(13, 273)=1.58, n.s.$)

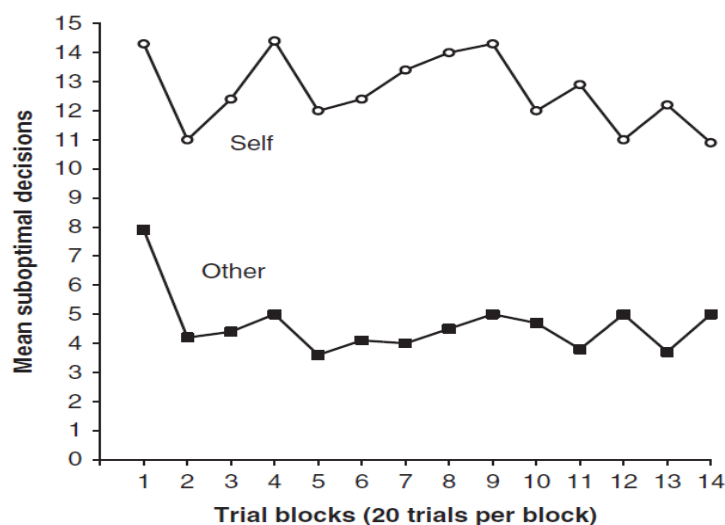


Figure 3. Mean suboptimal automation usage decisions as a function of the operator variable and trial blocks for participants working with the superior machine.

- 従属変数：ポイントを得られなかった試行数
 - オペレーター要因の主効果($F(1, 21)=15.44, p<.001$)
 - Self-reliant > Other-reliant
 - ブロック数要因の主効果($F(13, 273)=5.80, p<.001$)
 - ブロック数を重ねるごとにポイントを得られなかった試行数は減少
 - 交互作用なし($F(13, 273)=1.58, n.s.$)

3.2. Inferior Machine Conditions

- 従属変数：最適ではないAUDs(Misuse)を行った試行数
 - オペレーター要因の主効果($F(1, 21)=9.62, p<.01$)
 - Self-reliant < Other-reliant
 - ブロック数要因の主効果($F(13, 273)=16.45, p<.001$)
 - ブロック数を重ねるごとに最適ではないAUDsは減少
 - 交互作用あり($F(13, 273)=8.51, p<.001$)
 - Other-reliantでは、最適ではないAUDsが急激に減少

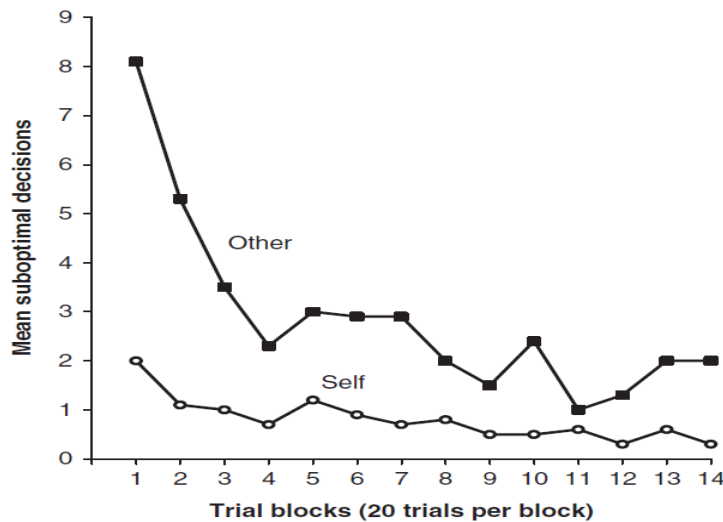


Figure 4. Mean suboptimal automation usage decisions as a function of the operator variable and trial blocks for participants working with the inferior machine.

- 従属変数：ポイントを得られなかった試行数
 - オペレーター要因の主効果($F(1, 21)=5.80, p<.05$)
 - Self-reliant < Other-reliant
 - ブロック数要因の主効果($F(13, 273)=12.53, p<.001$)
 - ブロック数を重ねるごとにポイントを得られなかった試行数は減少
 - 交互作用あり($F(13, 273)=2.00, p<.05$)

3.3. Manipulation Checks

■ アンケート(5段階評価で回答)

A) ポイントを稼ぐことと、あなた／前の参加者が、正確に”Fire”, ”Hold Fire”の判断を行うことのどちらが重要だった？

- Self-reliantの方が、Other-reliantよりも、正確な判断が重要と回答($t(43)=5.18, p<.001$)

⇒ Self-reliantでは、人間－機械が競争関係にあった

B) あなた／前の参加者とCIDのどちらが正確に”Fire”, ”Hold Fire”の判断を行った？

- システム能力・優の方が、劣よりも、CIDは正確と回答($t(86)=20.52, p<.001$)
- Self-reliantとOther-reliantでは、有意な差はなかった($t(43)=0.76, n.s.$)

⇒ Self-reliantは、Other-reliantよりも、誤答を過小評価していたわけではない

4. Discussion

4.1. Personal Investment and John Henry Effect

■ システム能力・優

- Self-reliantでは、誤答数のフィードバックが与えられていたにも関わらず、Disuseが多くなった
- Other-reliantでは、自己投資する必要がないので、誤答数のフィードバックに敏感に反応していた

■ システム能力・劣

- Self-reliantでは、自己投資がMisuseを防いだ
 - 最初のブロックからMisuseが少ない
- Other-reliantでは、ブロック数を重ねて前の参加者の方が正確であると気づいた
 - 最初のブロックで、前の参加者とCIDへの好みに偏りが無い

■ John Henry Effectに陥らないために

- シナリオトレーニングの採用(Beck et al., 2007)
- 自動化システムをパートナーとして扱う(Miller, 2002; Miller, 2004)

4.2. Intent Errors, Misuse, and Disuse

■ 意図的エラー

- ほとんどの参加者は、人間とCIDのどちらが正確かに気づいていた
- Self-reliantとOther-reliantにおけるDisuse, Misuseは、意図的エラーに起因する

- 意図的エラーについての検討は重要である
 - 数理的判断と臨床判断を比較した研究がこれまでに行われている(Dawes, 1994; Dawes, Faust, & Meehl, 1989; Grove, Zald, Lebow, Snitz, & Nelson, 2000)
 - 行動科学を学ぶほとんどの大学院生は、臨床判断よりも、数理的判断の方が正しいことを知っている
 - しかし、専門家でさえ、人生を変えるような判断においては、客観的データよりも主観的印象に頼る

- 今回の実験では、自己投資が、John Henry effectや意図的エラーに影響した
 - 今後、意図的エラーを引き起こす他の要因の特定が必要
 - 要因が特定され、意図的エラーや評価エラーを防ぐことが重要