

Malleable Attentional Resources Theory: A New Explanation for the Effects of Mental Underload on Performance

Mark S. Young & Neville A. Stanton

Human Factors, Vol. 44, No. 3, pp. 365-375 (2002)

Introduction

- 自動化システムは人間の作業負荷を軽減するために実装されている
 - 作業負荷が極端に低いことは問題である
 - ◇ パフォーマンスの低下を招く (e.g., Brookhuis, 1993; Hancock & Caird, 1993)
- 多くの研究は、自動化システムがエラーを起こしてから回復するまでの間に、パフォーマンスが低下することを示している
 - パフォーマンス低下の程度は以下の要因によって変化する
 - ◇ 自動化システムへの期待度 (Nilsson, 1995)
 - ◇ mobilization of effort (Desmond, Hancock, & Monette, 1998)
 - ◇ complacency (de Waars, vander Hulst, Hoedemaeker, & Brookhuis, 1999)
 - ◇ 作業負荷 (Stanton, Young, & MacCaulder, 1997)
- 作業負荷の低下とパフォーマンスの低下との関連について検討をした研究は少ない

Malleable Attentional Resources Theory

- 作業負荷の低下が原因でパフォーマンス低下が生じることが報告されている
 - University of Michigan, Transport Research Institute の実験
 - ◇ 自動車の運転をしながら車内で複数の課題を行う
 - ◇ 自動車を停車した状態で同様の課題を行う
 - いくつかの課題では、後者の方がパフォーマンスは低かった
- Attentional resource theory
 - 注意資源の容量を越える負荷がかかった場合、パフォーマンスは低下する
 - 注意資源の容量は不変 (Wickens, 1984, 1992)
- Malleable attentional resource theory (MART)
 - 課題環境によって注意資源の容量は変化すると仮定
 - ◇ 作業負荷の低下が必ずしもパフォーマンスの改善にはつながらない
 - (e.g., Young & Stanton, 1997a, 1997b, 1999a, 1999b, 2001, 2002)
 - ◇ 作業負荷の低下に合わせて、注意資源の容量も縮小していると考えられる

- 本研究は、MARTを検証する最初のステップである
 - 自動車運転シミュレーター、運転を行う自動化システムを使用した実験を行う

Method

Design

- 自動化レベルの異なる状況を設定
 - 自動化レベルが高い程、作業負荷は低下し、パフォーマンスが低下する可能性について検討
- 実験要因：自動化レベル
 - manual：走行スピード、車間距離、ハンドル操作
 - adaptive cruise control (ACC)：走行スピード、車間距離は自動
 - active steering (AS)：ハンドル操作は自動
 - ACC + AS：完全自動
 - ◇ 参加者内、順序はカウンターバランス
- 従属変数
 - メインタスク(自動車運転)のパフォーマンス
 - ◇ 走行車線から逸脱した回数、時間、スピードの不安定性、車間距離の不安定性
 - サブタスク(メンタルローテーション課題)のパフォーマンス
 - ◇ 作業負荷を示す指標
 - ◇ 運転画面の左下に正方形を組み合わせて作られた2つの図形が示される
 - ◇ 2つの図形が同一であるか否かを判定
 - 一方の図形は正面を向いている、もう一方は同一の図形を 0° 、 90° 、 180° 、 270° に回転させた状態
 - 同一であれば、ハンドルに装備されたボタンを押す
 - ◇ サブタスクを行う判断は参加者に任せた
 - 時間があるときに課題を行ってくださいと教示
 - 注視時間
 - ◇ サブタスク画面を見ていた時間
 - 参加者の顔を撮影、運転画面の左下を見ている時間を測定

Participants

- 30名(男性17名、女性13名、平均年齢25.3歳)

Procedure

- 練習走行 15 分
- サブタスクの練習 3 回
- 教示
 - 前方車(112.6km/h で走行)を追従してください
 - ◇ 走行車線にその他の車は走行していない, 車線変更の必要はない
- 本課題として 4 条件を各 10 分実施

Result

Primary Task Data (Table 1)

- 走行車線から逸脱した回数について分散分析
 - 主効果あり ($F(3, 72)=163.2, p<.001$)
 - ◇ Manual \doteq ACC > AS \doteq ACC + AS
- 走行車線から逸脱した時間について分散分析
 - 主効果あり ($F(3, 66)=69.1, p<.001$)
 - ◇ Manual \doteq ACC > AS \doteq ACC + AS
- スピードの不安定性, 車間距離の不安定性
 - Bloomfield & Carroll (1996)
 - ◇ 複数のデータポイントから最適な追従走行のラインを一次方程式で算出
 - ◇ 最適な走行ラインからの逸脱度について分析
 - 最適なスピード, 車間距離を 1200 のデータポイントから同様の方法で算出
 - ◇ 最適なスピード, 車間距離からの逸脱度を参加者ごとに標準誤差として算出
- スピードの不安定性について分散分析
 - 主効果あり ($F(3, 63)=7.07, p<.001$)
 - ◇ Manual \doteq ACC \doteq AS > ACC + AS
- 車間距離の不安定性について分散分析
 - 有意な差はみられなかった ($F(3, 63)=1.78, p=.161$)

TABLE 1: Descriptive Statistics for Evaluative Performance Variables

	Manual	ACC	AS	ACC+AS
Number of lane excursions	42.0 (16.5)	39.7 (14.2)	1.04 (1.00)	1.61 (1.37)
Time spent out of lane	111.1 (48.8)	101.7 (52.1)	2.68 (3.45)	4.69 (4.73)
Speed instability	10.2 (3.38)	9.17 (3.31)	8.92 (1.73)	7.13 (0.741)

Note: Means are shown in regular type, standard deviations are shown in parentheses.

Secondary Task Data

- サブタスクの正解数 (Figure 1)
 - 条件間の誤答数に有意な差はみられなかった ($F(3, 57)=1.33, p=.273$)
 - ◇ 全体の誤答率は約 5%
 - 正解数について分散分析
 - ◇ 主効果あり ($F(3, 78)=98.1, p<.001$)
 - Manual \div ACC < AS < ACC + AS
 - 正解数が多いほど、メインタスクの作業負荷は低く、注意資源の空き容量は大きいことを示す

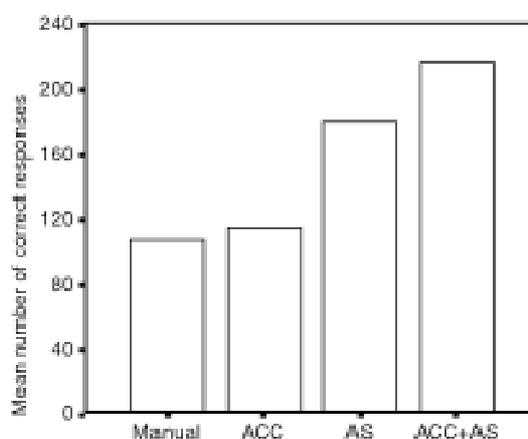


Figure 1. Secondary task scores in each condition. Higher score implies more spare attentional capacity and thus lower MWL.

Attention Ratio Data: The Test for MART

- Attention ratio : サブタスクスコアとサブタスク画面の注視時間から算出 (Figure 2)
 - 分散分析
 - ◇ 主効果あり ($F(3, 57)=34.7, p<.001$)

- Manual \simeq ACC > AS > ACC + AS
- メインタスクの作業負荷が低いほど、注意の割り当てが非効率的であった
- ◇ 注意資源が縮小した可能性
- ◇ 速さと正確さのトレードオフの関係が、条件間で異なった可能性
 - 誤答率は4条件で差がない
 - ・ MART に基づく解釈が適切であると考えられる

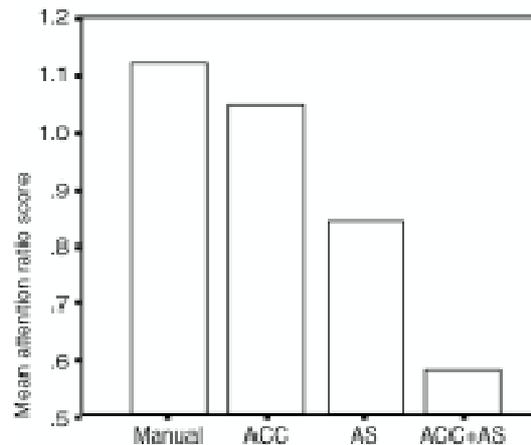


Figure 2. Attention ratio score in each condition. Lower score implies smaller attentional resource capacity.

Discussion

Implications: Mental Workload and Performance

- 自動化システム使用によって作業負荷は低下
 - AS は ACC よりも作業負荷を低下させた
 - ◇ ACC : スピードのコントロールシステム
 - ◇ AS : 操縦のコントロールシステム
 - スピードよりも操縦の負荷の方が高い
 - Desmond & Hoyes (1996)
 - ◇ ACC と AS に主観的作業負荷の差はない
 - 今回の実験
 - ◇ サブタスクのパフォーマンスによる評価
 - ◇ 文脈のない単純な追従課題
 - 自動化システムの違いが明確に現れた

Implications: Malleable Attentional Resources Theory

- MART に基づく仮説
 - 作業負荷の低下に合わせて、注意資源の容量も縮小している
 - ◇ 実験の結果は仮説を支持する
- 作業負荷の低い条件では、課題への動機や覚醒度が低下した可能性
 - 今回の実験課題全体の心理的負荷は均等であったはず
 - ◇ MART を強化するために、今後動機や覚醒度の測定が必要

Conclusions

- 今回の実験では、自動化システム、作業負荷、パフォーマンスの関連を示した
 - MART を支持する結果が得られた
- 自動化システムの使用により作業負荷は低下し、注意資源の容量に影響する可能性
 - ◇ 自動化システムのエラー
 - ドライバーは不可避な事故だと思い込む傾向
(Nilson, 1995; Stanton et al., 1997)
 - 適切な注意を払うことができていない可能性
 - ◇ 今後、自動化システムのエラーに対する反応を考慮した検討が必要