

## Monitoring an Automated System for a Single Failure: Vigilance and Task Complexity Effects

Molloy, R., & Parasuraman, R. (1996).

*Human Factors*, 38(2), 311-322.

### Introduction

- 自動化システムは、様々な環境、特に航空関連で多く使用されている
  - 自動化システムは完璧ではない。エラーを起こすことがある
  - パイロットはこのような自動化システムを監視する必要がある
    - ◇ パイロットの負担が増加
    - ◇ 人間は自動化システムのモニタリングが得意ではない  
(Davies & Parasuraman, 1982; Parasuraman, 1987; Wiener, 1987)
  - パイロットの自動化システムへの過信が問題を大きくしている
    - ◇ 過信によって、自動化システムのエラーに関する情報を無視することがある  
(Mosier, Skita, & Korte, 1994)
- Parasuraman et al. (1993)
  - 自動化システムの監視エラーは、多重タスクの環境でのみ生じる
  - フライトシミュレーション課題
    - ◇ 追従課題、燃料調整課題、エンジン調整課題
      - 条件 1 : 全て手動で行う
      - 条件 2 : エンジン調整課題を自動化システムに任せ、他の課題を手動で行う
      - 条件 3 : エンジン調整課題を自動化システムに任せ、その監視だけを行う
        - 自動化システムがエラーを起こした場合は手動で行う
    - ◇ 結果
      - エンジン調整課題のパフォーマンスを比較
      - 条件 1 と 3 では、パフォーマンスに差はない
      - 条件 2 では、他の条件よりもパフォーマンスが低い
        - 参加者は自動化システムのエラーに気づかなかった
  - 実験の問題点
    - ◇ 彼らは、自動化システムが何度もエラーを起こす状況を設定
      - 現実的には、自動化システムのエラーが生じるのは 1 回程度
        - 単一のエラーについて検討する必要がある
- Vigilance(持続的注意)
  - 重要な信号を検出する必要がある場合、時間の経過に伴い vigilance は低下する  
(Davies & Parasuraman, 1982; Loeb & Binford, 1970; Warm, 1984)
  - 自動化システムの監視ミスには vigilance の低下が関連



- エンジン調整課題
  - ◇ ポインター位置が、中央から1スケール以上、上下した場合にキーを押す
    - それぞれ独立して変動
  - ◇ 10秒以内にキー押しできれば、1.5秒後にポインターが中央へ移動
    - できなければ、操作ミス
    - 1スケール以上の上下がない場合にキー押しすれば、**false alarm**
  - ◇ 自動化システム
    - 1スケール以上、上下した場合に”Warning”ランプが点灯
    - ポインターを中央へ移動
  - ◇ 自動化システムのエラー
    - ポインターが移動しない
      - 30分のセッションで1度だけ発生
      - 10秒以内に検出(定められたキーを押す)できなければ、操作ミス
- 追従課題
  - ◇ 十字線をカーソルで追従
    - ジョイスティックでカーソルを操作
- 燃料調整課題
  - ◇ A, Bのタンクの燃料を一定に保つ(2500gallon以下)
    - 6つのタンク、タンクをつなぐポンプ
    - ポンプの”on”, ”off”によって燃料調整, キーボードで行う
- **Single-complex task**
  - 自動化システムがエンジン調整課題を行い、それを監視する
    - ◇ 追従課題, 燃料調整課題は画面に表示されない
    - ◇ システムエラーを検出する
  - 自動化システムのエラー
    - ◇ 30分のセッションで1度だけ発生
    - ◇ 10秒以内に検出(定められたキーを押す)できなければ、操作ミス
- **Simple task**
  - **vigilance**課題(図形の識別課題)
    - ◇ 1秒ごとに図形を提示
    - ◇ 通常の四角形(3.2cm<sup>2</sup>)よりも、小さい四角形(2.7cm<sup>2</sup>)の**critical signal**が提示されたとき、スペースバーを押す
      - 30分のセッションで1度だけ生じる

### *Procedure*

- 参加者には3条件のいずれかの課題を行わせた

- トレーニング試行(手動のみで実施)
  - トレーニング1(5分)
    - ◇ 8回のエンジンの誤作動を経験
  - トレーニング2(5分)
    - ◇ 1回のエンジンの誤作動を経験
      - それぞれのトレーニング後, パフォーマンスをフィードバック
- 本試行
  - セッション1(30分)
    - ◇ 課題開始の10分後に自動化システムのエラー(Simple taskではcritical signal)が生じる
  - セッション2(30分)
    - ◇ 課題終了の10分前に自動化システムのエラー(Simple taskではcritical signal)が生じる
      - 自動化システムエラーのタイミングはカウンターバランス
      - 各セッションのパフォーマンスフィードバックなし

## Results

- Table 1, 2は, トレーニング1, 2におけるパフォーマンス

TABLE 1

Mean (and Standard Deviations) Performance Scores for Manual Practice Block 1

Measure	Task Complexity		
	Simple	Single-Complex	Multicomplex
Detection rate (%)	90.0 (11.8)	99.0 (3.61)	65.0 (18.42)
False alarms	8.75 (8.88)	1.33 (2.61)	1.0 (1.28)
Reaction time (s)	0.52 (0.07)	2.63 (0.42)	4.48 (1.41)
Tracking RMS error			135.4 (41.4)
Fuel RMS error			409.1 (297.1)

TABLE 2

Mean (and Standard Deviations) Performance Scores for Manual Practice Block 2

Measure	Task Complexity		
	Simple	Single-Complex	Multicomplex
Detection rate(%)	83.0 (38.9)*	100.0 (0.0)*	83.0 (38.9)*
False alarms	3.08 (4.21)	0.08 (0.30)	0.50 (1.24)
Reaction time (s)	0.60 (0.14)	2.70 (0.59)	4.42 (1.19)
Tracking RMS			110.0 (34.8)
Fuel RMS			160.1 (127.3)

\* Proportion of subjects detecting single failure.

- トレーニング2
  - 高い検出率
    - ◇ Simple taskとMulticomplex taskで, critical signalまたはエンジン誤作動の検出ミスをしたのは各1名(12名中)のみ
- パフォーマンス
  - トレーニング2(手動)と本試行(自動)の検出パフォーマンスを比較
    - ◇ Simple task
      - トレーニング2(83%) > 本試行(42%) ( $p < .05$ )
    - ◇ Multicomplex task
      - トレーニング2(83%) > 本試行(38%) ( $p < .05$ )
    - ◇ Single-complex task
      - トレーニング2(100%)  $\doteq$  本試行(88%) ( $p > .05$ )
- 自動化システムのエラー検出
  - Fig. 2はエラー(critical signal)検出率の平均
  - 条件ごとに, エラー(critical signal)が生じたタイミング間で検出率を比較
    - ◇ Simple task, Multicomplex task
      - 最初の10分 > 最後の10分 ( $p < .05$ )
    - ◇ Single-complex task
      - 最初の10分  $\doteq$  最後の10分 ( $p > .05$ )

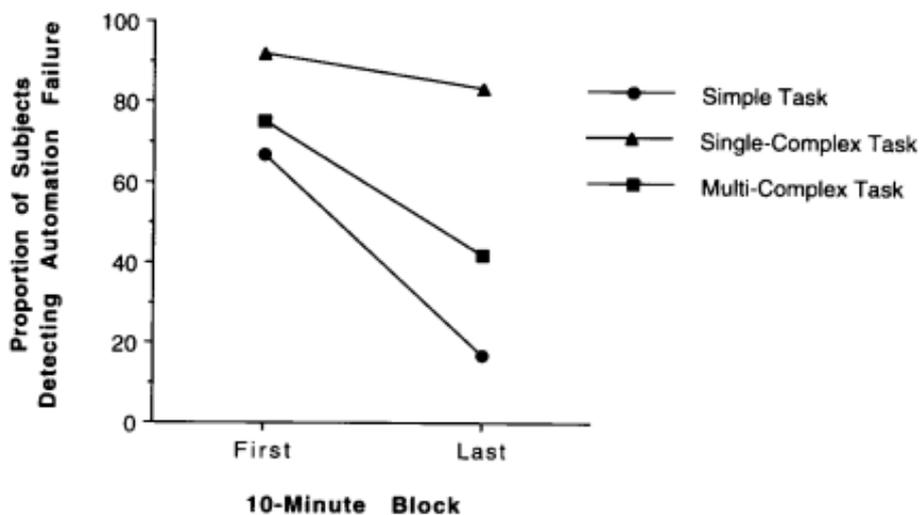


Figure 2. Effects of task complexity and time of occurrence of automation failure on detection rate.

- False alarm
  - Fig. 3はfalse alarmの平均
  - 条件ごとに, エラー(critical signal)が生じたタイミング間でfalse alarmの割合を比較

◇ Simple task

- 最初の10分 < 最後の10分 ( $p < .05$ )

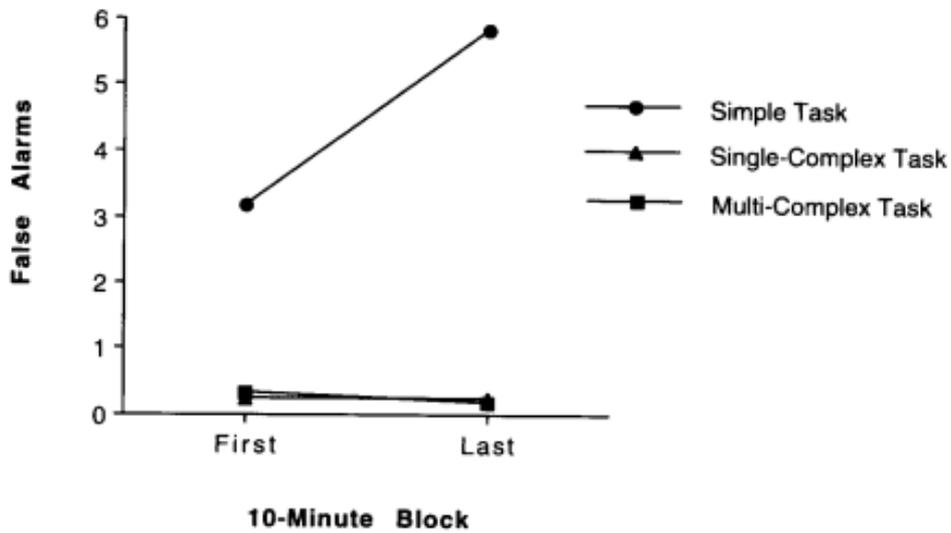


Figure 3. Effects of task complexity and time of occurrence of automation failure on the number of emitted false alarms.

● 反応時間

➤ Fig. 4は反応時間の平均

➤ 条件ごとに、エラー(critical signal)が生じたタイミング間で反応時間を比較

◇ 全ての条件で優位差なし

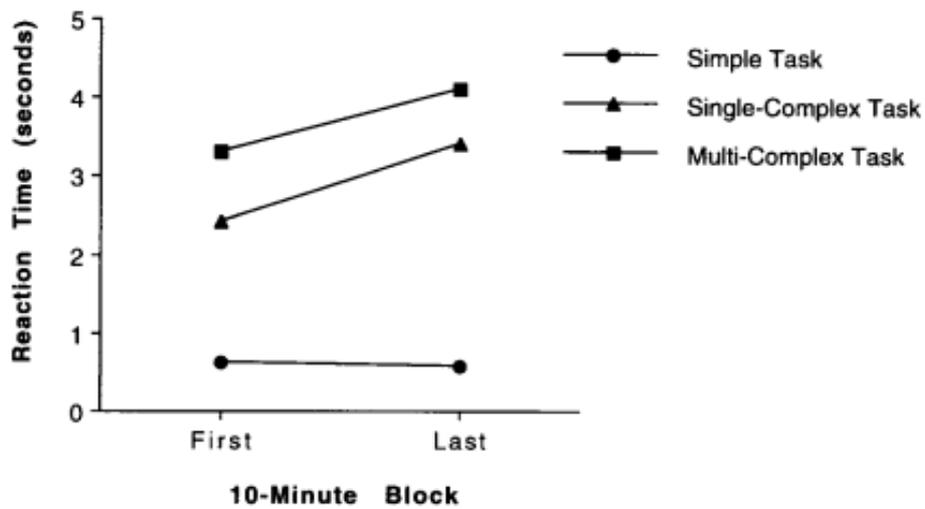


Figure 4. Effects of task complexity and time of occurrence of automation failure on reaction time.

## Discussion

- 手動操作で行うよりも自動化システムを使用した場合、課題パフォーマンスが低くなる
  - Parasuraman et al. (1993)と同様の結果を確認
  - 自動化システムへの過信によって、エラーの検出ミスが助長される可能性
- 多重タスクの状況でも **vigilance** の低下が確認された
  - 多重タスクの状況でも、単一の自動化システムエラーが生じる場合は、**vigilance** の低下による検出ミスが生じる
- **Simple-complex task** では **vigilance** の低下がみられなかった
  - 課題の複雑性と信号検出パフォーマンスとの関連は逆 U 字型になる (Davies & Parasuraman, 1982; Hancock & Warm, 1989)
  - 課題における作業量が多すぎる、また、少なすぎる場合、**vigilance** の低下が生じる (Weiner et al., 1984)
    - ◇ 本研究の結果は、先行研究で示された結果と同様
- **Simple task** では、**false alarm** が増加
  - Mackworth (1950)
    - ◇ **Vigilance** の低下は、条件反応の消去に似ている (**Inhibition theory**)
      - 参加者は自発的に信号に対する条件反応を形成
      - 信号がないため、信号への反応が低下する
  - 単一の信号検出を行う状況では、信号が現れる前から信号への反応が消去するというのは考えにくい (Loeb & Binford, 1970)
  - 今回の実験
    - ◇ 時間の経過に伴い反応は増加
      - Mackworth (1950)の理論に反する結果
- これまでの **vigilance** 研究
  - 検出する信号の発生率が多い (Mackie, 1987)
  - 課題が人工的 (Adams, 1987; Kibler, 1965; Mackie, 1984, 1987)
    - ◇ 現実的ではない
      - 本研究では、これらの問題を克服
- **Implication**
  - 多重タスクを行う状況では、人間が行う監視が非効率的になる
    - ◇ トレーニングや他の支援の使用が必要