

Attentional Tunneling and Task Management in Synthetic Vision Displays

Wickens, C. D., & Alexander, A. L.

(2009) *The International Journal of Aviation Psychology*, 19(2), 182-199

- **Attentional tunneling**
 - 特定の情報, 仮説, 課題目標, 課題時間に必要以上の注意を割り当てる
 - 他の事象を無視
 - 他の仮説について考えることや他の課題を遂行することに失敗する
 - このような現象をこの研究で扱う
- **例**
 - 飛行機(Eastern Airlines L1011)事故
 - ◇ 離陸時のギアトラブルに注意を向け, 飛行高度の調整に失敗
 - 自動車の運転中に携帯電話で会話
 - ◇ 会話の生成や理解に「従事」することによって事故が生じる
(Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Drews, 2007; Strayer, Drews, & Johnston, 2001)
 - スリーマイル島における原発事故
 - ◇ 誤った一つの仮説に集中して, 明確な異常事態に注意を向けない
(Rubenstein & Mason, 1979)
- 今回の研究
 - 表示画面が引き起こす **attentional tunneling** に焦点を当てる

HUD-Induced Tunneling

- **HUD (Head-up display)**
 - 資料 1
- **HUD が引き起こす attentional tunneling**
 - HUD を装備したフライトシミュレータの実験
 - ◇ 他の飛行機が前方に突然侵入する状況
 - パイロットは, 中心視野で侵入を捉えていても, その侵入に気づかない
 - 統計的に有意にというわけではなく, そのような事例があった
(Fischer, Haines, & Price, 1980)
 - 再現度の低いシミュレータ
(Wickens & Long, 1995)
 - 再現度の高いシミュレータ

(Fadden, Ververs, & Wickens, 2001; Hofer, Braune, Boucek, & Pfaff, 2000)

– 同様の現象を確認

- 予期しない事象が中心視野で捉えられていても，検出が保障されるわけではない
 - inattentive blindness として説明されている
- (Rensink, 2002; Simons & Levin, 1998)

3D Immersion Compellingness

- 中心視野から外れた事象に関して
 - 検出パフォーマンスは更に低下する
 - ◇ 多重タスク環境では，課題に関連した予期可能な事象でも検出されない (Nicolic, Orr, & Sarter, 2004; Stelzer & Wickens, 2006; Wickens, Muthard, Alexander, Van Olffen, & Podczerwinski, 2003)
- 3D 画面の切迫感が引き起こす attentional tunneling
 - SV(synthetic vision)や HITS(high way in the sky)は，パイロットに 3D の観点を提供 (資料 2)
 - ◇ 相対的な大きさ，動きの手がかり，奥行き感，距離の情報
 - attention sink が生じやすい
- 実験 (Olmos, Wickens, & Chudy, 2000; Wickens, Thomas, & Young, 2000)
 - 前方には実際の外界の状況を映す画面
 - 手元に没入型の 3D 画面，俯瞰型の 3D 画面，または，俯瞰型の 2D 画面を設置 (資料 3)
 - ◇ 没入型 3D 画面を使用した場合，前方画面に出現したターゲットの検出率が低下
 - 没入型の 3D 画面に注意が固定される
 - attentional tunneling が生じやすい
- この研究
 - SV 画面を使用して行われた 7 つの実験についてメタ分析を行う
 - 各実験で，1, 2 回の予期できない異常事態が生じた
 - 異常事態における画面が及ぼすパイロットへの影響を検討

Method

- Table1 は各実験の詳細

TABLE 1
Methodological Details Across Experiments

Study	Display Conditions	Design	N	Scenarios	Off-Nominal Event
SV1	SV HITS PFD	Within	18	6	Missed approach blimp
SV2	SV HITS PFD	Within	24	8	Rogue blimp
SV3	SV HITS PFD	Within	14	8	Rogue blimp, runway offset, or tower
SV4	SV PFD (No HITS)	Within	12	0	None
SV5	HITS PFD (No SV)	Within	24	6	Tower
SV6	HITS PFD (No SV)	Within	24	4	Rogue blimp
SV7	SV HITS PFD	Between	40	3	Weather change on navigation display
SV8	SV HITS PFD	Between	30	2	Bad weather
	PFD (No SV, no HITS)				

Note. SV = synthetic vision; PFD = primary flight display; ND = navigation display; HITS = highway in the sky; SV1 = Alexander, Wickens, & Hardy (2005, Experiment 1); SV2 = Alexander, Wickens, & Hardy (2005, Experiment 2); SV3 = Wickens et al. (2004); SV4 = Alexander & Wickens (2005, Experiment 1); SV5 = Alexander & Wickens (2005, Experiment 2); SV6 = Alexander & Wickens (2005, Experiment 3); SV7 = Iani & Wickens (2007); SV8 = Johnson, Wiegmann, & Wickens (2006). SV4 did not include an off-nominal event and is therefore not discussed in the results.

- 参加者
 - 飛行機免許を持つパイロット
- 実験にはフライトシミュレータを使用 (Figure 1)
 - 中央画面(実際の外の状況を表示)の下部に SV 画面(HITS 等を表示)を設置
- 所要時間
 - 8-20 分
- 各実験で、以下の異常事態の内どれか一つが生じた
 - 前方に電波塔が出現
 - 前方に小型機が出現
 - 実際の飛行経路と SV 画面の飛行経路に誤差が生じる
 - 小型機, または, 悪天候で前方の視界が遮られる
 - 悪天候で前方と SV 画面のナビゲーション表示が遮られる
 - ◇ SV 画面の HITS に頼ってはいけない状況
 - ◇ SV 画面上の異常事態の表示, 非表示は実験によって異なる
 - ◇ 異常時における参加者の反応を分析



FIGURE 1 (a) Off-nominal outside-world traffic (the blimp is visible in the middle outside-world screen); (b) off-nominal radio tower.

Results

- 異常事態を回避ミスした(HITSに頼った)割合に基づいて分析 (Table2)
 - 全体：45% (71/158名)
 - ◇ 全体的に、回避行動を行わなかった参加者は少数派
 - 異常事態がSV画面で非表示の場合：52%(67/130名)
 - 異常事態がSV画面で表示された場合：14%(4/28名)
 - ◇ 異常事態が非表示の場合、回避ミスは有意に多い ($\chi^2=7.2, p<.05$)

TABLE 2
Miss Rate of Off-Nominal Events Across Experiments

Study	Off-Nominal Event	HITS	No HITS	Total	RT (sec)
<i>Off-Nominal Only Visible Outside</i>					
SV1	Missed approach blimp	16/18	X	16/18	X
SV2	Missed approach blimp	17/24	X	17/24	X
SV3	Rogue blimp	4/8	1/6	5/14	X
SV3	Runway offset	5/12	X	5/12 ^a	X
SV5	Tower	10/24	X	10/24	3.52
SV6	Rogue blimp	3/24	X	3/24	X
SV8	Bad weather	12/20	1/10	13/30	X
	Total	67/130	2/16		
<i>Off-Nominal Visible on or Near SV Display</i>					
SV3	SV tower	0/8	X	0/8	
SV7	ND weather change	4/20	8/20	12/40	
	Total	4/28	8/20		

Note. SV = synthetic vision; ND = navigation display; HITS = highway in the sky; RT = response time; SV1 = Alexander, Wickens, & Hardy (2005, Experiment 1); SV2 = Alexander, Wickens, & Hardy (2005, Experiment 2); SV3 = Wickens et al., (2004); SV5 = Alexander & Wickens (2005, Experiment 2); SV6 = Alexander & Wickens (2005, Experiment 3); SV7 = Iani & Wickens (2007); SV8 = Johnson, Wiegmann, & Wickens (2006).

^aTwo of the 14 pilots did not receive a runway offset event.

- SV1
 - 回避ミスの割合が高い 89%(16/18)
 - 実験状況
 - ◇ 小型機が前方に出現
 - ◇ システムが小型機を検出して HITS の再設定を行う
 - ◇ 再設定後, HITS に小型機に衝突する誤った経路が表示される
 - 二重に異常事態が生じる状況では, **attentional tunneling** は生じにくい
- SV3 (下から 2 番目)
 - 全員回避した
 - 実験状況
 - ◇ 電波塔が前方に出現
 - ◇ SV 画面にも電波塔が表示される
 - 異常事態が SV 画面に表示されない場合に回避ミスは生じる
 - SV3, SV8 では眼球運動データを取得
 - ◇ SV3
 - 2 回異常事態が生じた
 - SV 画面に異常事態が表示されなかったグループ
 - 参加者が外界の画面に視線を送った割合
 - 2 回とも回避ミスした参加者 : 1%
 - 2 回とも回避した参加者 : 15%

有意差あり ($p < .01$)

- ◇ SV8
 - 相関関係を確認
 - 回避ミスした参加者ほど、外界の画面を見ていなかった
- SV画面で異常がなく、外界へ目を向けられない場合に回避ミスが起こる
- SV7 (一番下)
 - SV画面上で異常が生じて、必ずしもそれが回避されるとは限らない
 - 実験状況
 - ◇ 前方に異常気象が現れる
 - ◇ 異常気象はSV画面のナビゲーション画面に表示される
 - 4名の参加者は、他に選択肢があったにも関わらず、悪天候の中を飛行
 - 表示された異常事態に気づかなかった

Discussion

Saliency and visual scanning

- 先行研究
 - ある事象が周辺視野で生じた場合、その事象の顕著性(気づきやすさ)は低下 (Stelzer & Wickens, 2006; Wickens et al., 2003; Wickens & McCarley, 2008)
- 今回の結果も同様
 - SV3, SV8の実験では眼球運動データを取得
 - ◇ 実験中に、参加者が外界の画面に視線を送った割合は平均10%ほど (SV3)
 - ◇ 回避ミスした参加者ほど、外界の画面を見ていなかった (SV8)
- 提案
 - 訓練や経験を通して
 - ◇ パイロットに、異常事態が生じる可能性を予期させる
 - ◇ 様々な視線移動のパターンを身につけさせる
 - **attentional tunneling** を減少させて検出率を改善
 - SV3の実験
 - ◇ 1回目よりも2回目の異常事態の方が検出率は高かった
 - 自動化システムに関する研究
 - ◇ 完璧な自動化システムの使用を通して **Complacency** が引き起こされる (Parasuraman, Molloy, & Singh, 1993; Yeh et al., 2003)
 - 予め異常事態を経験する必要がある

Design and training implications

- 画面上のデザインも、外界の事象の顕著性を低下させている
 - HUD 画面上に SV と HITS を表示してはどうか
 - ◇ そのような画面を使用した実験はあまり行われていない
 - ◇ Fadden et al. (2001)
 - HUD に HITS を表示した実験
 - 異常事態を中心視野で捉えていても気づかない
 - 飛行中に、HITS の表示が前方の飛行機を遮る
 - 離着陸時に、HITS の表示が地上の障害物検出に有効
統計的に有意というわけではなく、そのような事例があった
 - 提案
 - ◇ 離着陸時には HITS を使用して、ある高度以上では HITS を使用しない
 - ◇ SV によって、異常事態に注意が向くように背景を加工
 - attentional tunneling は緩和されるのでは
 - ◇ このような新しいシステムを使用する際
 - パイロットは、予めそのシステムを使用して異常事態を経験する必要がある

Constraints and limitations

- 今回の分析に用いた実験は、シミュレータを使用して行われた
 - 実際の飛行状況の再現には制限がある
 - ◇ パイロットは更に注意深くなる必要があり、大きな負担がかかる
(Hockey, 1986; Wickens, 1996)
 - ◇ 高度な飛行技術を持つパイロット 2 人が操縦
 - ◇ シミュレータよりも更に多くのタスクを同時に行う必要
 - シミュレータ実験
 - ◇ 新たなシステムテストに有効 (Joint Planning and Development Office, 2007)