

ヴィジランス課題遂行時における注意の視野特性

Visual field anisotropy of sustained attention in a vigilance task

○梅内智元, 和田裕一, 加藤孝義

○Tomoyuki Umeuchi, Yuichi Wada, and Takayoshi Kato

東北大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

キーワード: ヴィジランス (vigilance), 持続的注意 (sustained attention), 視野 (visual field)
信号検出 (signal detection), 弁別力インデックス (discriminability index)

連絡先: 〒 980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 東北大学大学院 情報科学研究科 加藤研究室
梅内智元, Tel.: (022) 217-5080, Fax.: (022) 217-5068, E-mail: umeuchi@control.is.tohoku.ac.jp

1. はじめに

近年のコンピュータ技術の発展と普及に伴い, 情報提示端末として CRT ディスプレイをインターフェイスとして用いた作業形態が多くの労働環境において一般的になりつつある. VDT (visual display terminal: 視覚表示端末) を介した視覚性認知課題を円滑かつ確実に遂行する上で VDT に提示される表示情報の役割は大きく, 作業効率や正確性といった作業成績は CRT 上の情報提示の様式に少なからず依存すると考えられることから, 人間の視覚情報処理特性に適合した設計原理に基づくインターフェイスデザインの開発が求められている. 本研究では, 提示情報の選択機構としての視覚的注意の特性に注目し, VDT 作業時の視覚情報処理における注意機能の特性を解明するための基礎資料として, 視覚情報の提示視野が視覚的注意を必要とする視覚性課題の遂行成績に及ぼす影響を及ぼすかについて検討することを目

的とする.

情報提示視野と課題成績の関係に関しては, 視覚情報処理における左右半視野の非対称性 (ラテラルリティ) の問題としてこれまでに多くの研究が行われている¹⁾. また最近では, 上下半視野間に見られる視覚情報処理の機能分化特性についても注目されている^{6,10)}. 本研究の関心である, 選択的注意機能と情報提示視野の関係については, 選択的注意の機能が左右あるいは上下半視野間で非対称な方向特性をすることが示唆されている⁷⁾.

西條 (1998)⁸⁾は, 集中的注意を必要とする視覚性弁別課題における刺激の空間的配置 (刺激提示視野) の影響を検討している. その結果, 要弁別刺激が視野の上下もしくは左右のどの位置に提示されるかによって視覚性課題の反応時間が異なること, また, このような上下・左右視野間でみられる注意機能の非対称性は, 刺激の形態的弁別が求められるか定位反応が求められるかといった, 課題の性質によっても影響を受けることが見出さ

れた。しかしながら、西條の実験は主に瞬間視場面を扱ったものであり、そこで得られた知見が本研究で問題としている VDT 作業時の視覚情報処理、特に提示情報に対する持続的な注意が必要となるような監視作業場面（ヴィジランス事態^[1]）にも適用できるかどうかについては明らかでない。そこで本研究では、持続的な注意が必要とされるヴィジランス事態において、要検出信号の検出パフォーマンスに上下・左右視野間で何らかの非対称特性（visual field anisotropy）がみられるか否か、について検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 装置

実験の制御および反応の記録には、IBMPC-AT 互換機に装着した VSG2/3F graphics card (Cambridge Research Systems) を用いた。刺激提示には 17 インチ CRT モニタ (SONY GDM-17SE2T, 解像度 1024 × 768, リフレッシュレート 100 Hz) を用いた。被験者の反応入力には、PC 付属のキーボードならびに PC のパラレルポートに接続したデジタルジョイスティックを使用した。

2.2 刺激

一試行は、凝視点 (1300 ~ 2100 ms) - 刺激画面 (100 ms) - 凝視点 (100 ms) - マスク画面 (100 ms) の系列提示からなる。

一試行を通して、CRT 画面中央に凝視点 (視角 $0.5^\circ \times 0.3^\circ$) を提示した。凝視点は刺激画面を除いてデジタル数字の“8”の形を提示したが、刺激画面では“1”と“8”以外の 1 桁のデジタル数字の形に変えたものをランダムに提示した。

刺激画面では、複数のガボールパッチ (以下、GP) を凝視点を中心とした同心円状に配置したものの (以下、ガボールパターンと呼ぶ。図 1 参照。)

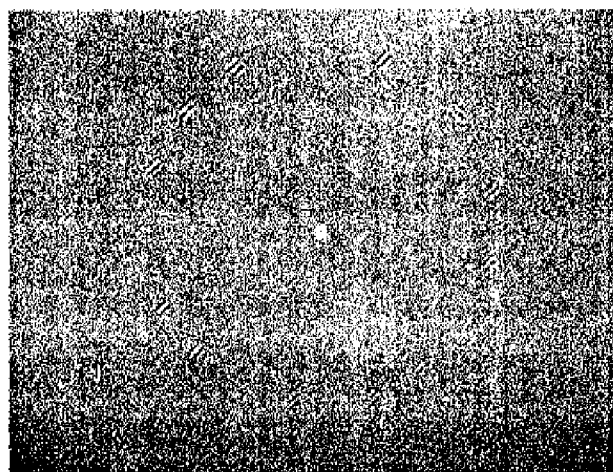


図 1. 刺激画面の一例。

を提示した。各 GP (空間周波数 $f=4.0$ cpd, 空間定数 $\sigma=0.4^\circ$, 平均輝度 22 cd/m², Michelson contrast 0.4) は、凝視点から視角 7° 離れた仮想円周上に、一象限あたり 3 個ずつの計 12 個を灰色の背景上 ($28.7^\circ \times 21.5^\circ$) に配置した。

ある試行におけるガボールパターンには、12 個の GP の中から一つだけ他の GP と 90° 異なる縞方位をもつものが含まれる場合があり、これをターゲットとした。ターゲットは各象限の 3 つの刺激位置のうち中央の位置にのみ提示した。ガボールパターンにターゲットが含まれない試行では、単一の縞方位をもつ 12 個のガボールパターンで構成されたテクスチャ画面を提示した。ガボールパターンの縞方位は 2 種類 ($45^\circ / 135^\circ$) の中から試行毎にランダムに設定したが、全試行を通してそれらの割合が均一になるように調整した。

マスク画面では、縞方位が 90° で空間周波数と位相をそれぞれランダムな数値に設定した 12 個のガボールパターンを、刺激画面におけるガボールパターン提示位置と同じ位置に提示した。

2.3 手続き

本実験は大きく 2 つのセッションに分かれており、1 つは周辺視課題と中心視課題を同時に遂行する実験であり (周辺視 + 中心視課題)、残る 1

つは周辺視課題のみを遂行するものであった（周辺視のみ課題）。同一の被験者がこれら 2 つの課題に参加したが、どちらの課題を先に行うかに関しては被験者間でカウンターバランスをとった。

2.3.1 周辺視+中心視課題

被験者は、頭部と顎部を固定した状態で 57cm 前方の CRT 画面を両眼視した。被験者の課題は二重課題であり、あるランダムな間隔をおいて継続的に提示されるガボールパターンに含まれるターゲットの検出（周辺視課題）と、凝視点として提示されるデジタル文字についての記憶検索課題（中心視課題）であった。（1）周辺視課題：被験者は、ガボールパターンの中にターゲットを認識した場合に、そのターゲットの出現位置（左上、左下、右上、右下）についてジョイスティックをたおして判断した。（2）中心視課題：刺激画面で提示される凝視点のデジタル数字を、前の試行で提示されたデジタル数字と比較し、偶数あるいは奇数が連続して提示された場合（以下、中心視ターゲット試行と呼ぶ）にキー押しによって判断した。

2.3.2 周辺視のみ課題

被験者は周辺視+中心視セッションと同様に周辺 GP ターゲットの検出が求められたが、中心視課題の遂行は求められず、試行中は刺激画面中央のデジタル数字をたんに凝視するように求められた。

両セッションともに、実験は 4 つのブロック（第 1～第 4 ブロックと呼ぶ）から構成され、被験者は、1 ブロック 10 分間の二重課題を 4 回繰り返した。1 ブロックは 300 試行からなり、そのうち周辺視課題においてターゲットが出現する試行は 1 象限あたり 15 試行、また中心視ターゲット試行は 1 ブロックにつき 30 試行であった。中心視ターゲット試行において周辺視課題にターゲットが

提示されることはなかったが、このことは被験者（TU, YW を除く）には知らされていなかった。刺激画面の提示から被験者の反応までの時間を反応時間として計測した。被験者には一試行を通して CRT 画面中央の凝視点を凝視するように、また、なるべく速く正確に反応するように教示した。

本実験に先立ち、被験者に、注意・対人スタイル診断テスト（TAIS : Test of Attentional and Interpersonal Style）³⁾に対する回答を求めた。また各課題遂行時の直前と直後に、覚醒度の主観評定を行うように求めた。さらに課題終了の直後に、遂行した課題について被験者のメンタルワークロードの程度を評価するために、日本語版 NASA-TLX²⁾による主観的評定を求めた。

2.4 実験計画

2（課題：周辺視+中心視課題、周辺視のみ課題）×4（ターゲットの提示視野：左上、左下、右上、右下視野）×4（作業時間：第 1～第 4 ブロック）の三要因被験者内計画。これは周辺視+中心視課題、周辺視のみ課題ともに共通であった。従属変数として、ターゲット検出（周辺視課題）ならびに記憶検索判断（中心視課題）における弁別力インデックス（ A ）ならびに反応時間を用いた。なお、弁別力インデックスとはノイズと信号とを弁別する観察者の検出力（感受性）を評価する指標であり、次式で表される。

$$A = 0.5 + \{ (H - FA) (1 + H - FA) \} / \{ 4H(1 - FA) \}$$

ここで H はヒット率を、 FA はフォールスアラーム率を表す。

2.5 被験者

被験者は、正常な視力もしくは矯正視力を有する成人 10 名。簡易版エディンバラ利き手テストにおける全被験者のラテラリティ係数 (laterality

quotient: LQ) の平均値は 88.2 で、全員が右利きと判断された。2 名 (TU, YW) をのぞいては本実験の目的に関して知らされていなかった。被験者には、1セッション(約1時間)の参加につき¥1000 が謝礼として支払われた。

3. 結果

本稿では、行動指標である A ならびに反応時間に関する分析結果を中心に報告する。

3.1 周辺刺激の検出における A'

周辺視+中心視課題, 周辺視のみ課題それぞれについて、周辺刺激に対する検出成績に関して各提示視野, 作業時間毎におけるヒット率, フォールスアラーム率を計算し、これらの値に基づいて、各条件毎の A を算出した。得られた A 値に関して、2 (課題: 周辺視+中心視課題, 周辺視のみ課題) \times 4 (ターゲットの提示視野: 左上, 左下, 右上, 右下視野) \times 4 (作業時間: 第1~第4ブロック) の繰り返しのある三要因分散分析を行ったところ、提示視野条件の主効果に有意差がみられた ($F(3,27)=6.38, p < .01$)。また、課題 \times 作業時間の交互作用は有意傾向であった ($F(3,27)=2.70, p < .10$)。

視野条件の主効果に関して多重比較検定 (Tukey-HSD 法) を行った結果、右上視野における A (0.92) は左上 (0.95), 左下視野 (0.96) に比べて低いことが示された ($ps < .05$)。また、右下視野 (0.93) と左下視野との間の A の差は有意傾向であった。

課題 \times 作業時間の交互作用に関して下位検定を行ったところ、周辺視のみ課題では第1~第4ブロックの A に有意差はみられないが、周辺視+中心視課題では第1ブロックと第2, 3, 4ブロックの A に有意差が認められた (それぞれ, 0.95, 0.92, 0.92, 0.91)。

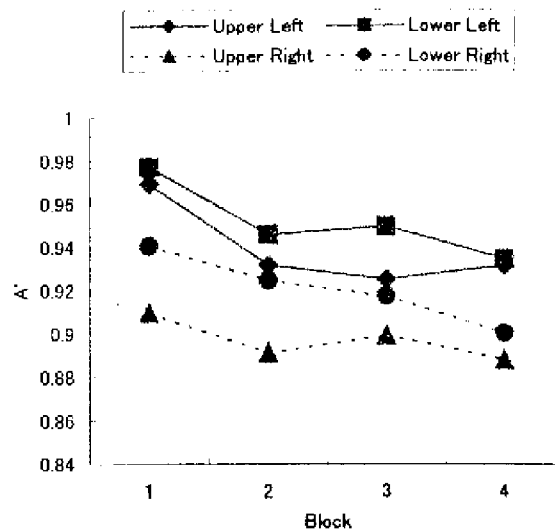


図2. 周辺視+中心視課題における作業時間と A'

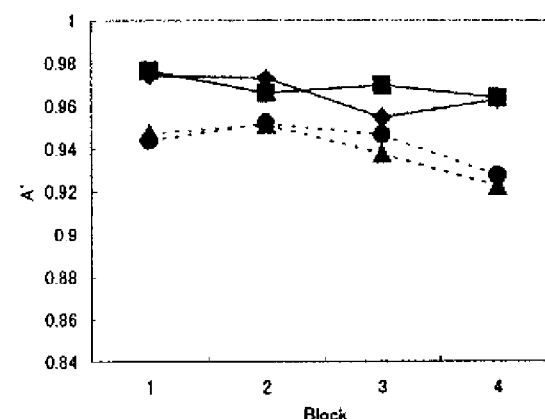


図3. 周辺視のみ課題における作業時間と A'

3.2 周辺刺激の検出における反応時間

周辺刺激の検出に要した反応時間に関して、2 (課題: 周辺視+中心視課題, 周辺視のみ課題), 右下視野) \times 4 (ターゲットの提示視野: 左上, 左下, 右上, 右下視野) \times 4 (作業時間: 第1~第4ブロック) の繰り返しのある三要因分散分析を行った結果、課題の主効果に有意差がみられた ($F(1,9)=55.11, p < .0001$)。周辺視+中心視課題における周辺刺激検出の反応時間 (812 ms) は周辺視のみ課題 (722 ms) に比べて長いことが示された。

なお、周辺視+中心視課題における中心ターゲットの記憶検索課題の成績に関しては、 A' , 反応時間ともに作業時間の効果はみられなかった。

NASA-TLX ならびに覚醒度の主観評定の結果

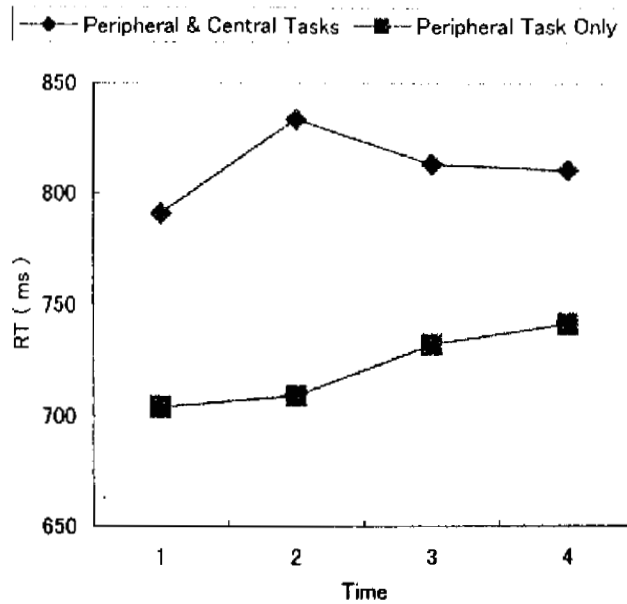


図 4.各課題における周辺視ターゲット検出の平均反応時間

から、周辺視のみ課題に比べて周辺視+中心視課題においてその遂行に高い精神作業負荷が生じていたことが示された。また、周辺視+中心視課題における作業時間の経過に伴う上半右視野の A' の低下の程度は、TAIS の“オーバーロード指標”に関するいくつかの項目のスコアと有意な相関を持つことが示された(詳細は省略)。

以上をまとめると、以下の点に要約される。

- ・周辺視+中心視課題、周辺視のみ課題ともに、上半右視野における知覚感度 (A') はその他の提示視野と比べて低くなることが明らかになった。
- ・周辺視+中心視課題では、作業時間の経過に伴って A' が低下するが(図 2)、周辺視のみ課題ではこのような作業時間の経過に伴う A' の低下はみられなかった。このことから、周辺視+中心視課題では周辺刺激の検出における感受性の低下が生じたといえる。

4. 考察

本実験の結果から、持続的注意が関与するヴィジランス作業事態では、上半右視野において視覚

情報に対する感受性が低下することが示された。この結果は、瞬間視事態において焦点的な選択的注意が必要となる視覚性課題遂行時では、上半右視野における視覚情報処理の優位性を示した西條(1998)の結果と対照的な知見であるといえる。また、右上視野におけるこのような感受性の低下は、周辺視+中心視課題、周辺視のみ課題ともにみられたことから、ヴィジランス課題遂行における注意ダイヤモンドの違いにかかわらず生じる持続的注意機能の視野特性を反映したものであると考えられる。

これらのことから、右視野(左半球)の注意機能は一過的・焦点的な様式で機能する場合に優位性を持つ反面、注意を視野内の広範な範囲に分配しそれを維持する機能は左視野に比べて劣っていることが推察される。右視野における注意機能とは対照的に、持続的注意の機能は左視野(右半球)の処理に大きく関与することが報告されており^{5,10)}、本実験の結果はこれらの知見とも整合するといえる。

持続的注意機能におけるこのような視野の非対称特性は、要検出信号として聴覚情報⁹⁾や触覚情報⁵⁾が用いられたヴィジランス課題においてもみられることから、特定の刺激モダリティに依存した現象ではなく、持続的注意が作用する課題全般に認められる現象であると考えられる。しかしながら、例えば視覚情報と聴覚情報といった複数の刺激モダリティに対して持続的注意を向けることが求められる課題においても上述のような信号検出における提示視野の非対称特性が生起するか否かについては明らかでなく、この点に関しては今後の更なる検討が必要であろう。

5. おわりに

本研究では、持続的な注意を要する視覚性課題において、情報提示視野や注意ダイヤモンドと課題

成績との関係を検討するために心理物理的実験を行った。その結果、課題成績や信号検出までの反応時間は、視野に対して非対称であることが明らかになった。今後は前章で述べたように、複数の感覚モダリティに対して注意を向ける必要がある課題においても、視野の非対称性がみられるのか否かについて検討すべきであると考えられる。

参考文献

- 1) Davidson, R. D. and Hugdahl, K., *Brain asymmetry*, MIT Press, Cambridge, MA (1995).
- 2) 芳賀 繁・水上 直樹, 日本語版 NASA-TLX によるメンタルワークロード測定—各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度, *人間工学*, **32**, 71/79 (1996).
- 3) 加藤孝義・細川 徹, TAIS 日本版マニュアル システムパブリカ (1995).
- 4) Parasuraman, R., Sustained attention in detection and discrimination. In R. Parasuraman, D. R. Davies (Eds.), *Varieties of attention*. Orlando, FL: Academic Press. 241/271, (1984).
- 5) Pardo, J. V., Fox, P. T., & Raichle, M. E., Localization of a human system for sustained attention by positron emission tomography. *Nature*, **349**, 61/64, (1991).
- 6) Previc, F. H., Functional specialization in the lower and upper visual fields in humans: Its ecological origins and neurophysiological implications, *Behavioral and Brain Sciences*, **13**, 519/575, (1990).
- 7) Previc, F. H. Attentional and oculomotor influences on visual search performance, *Visual Cognition*, **3**, 277/301, (1996).
- 8) 西條 将樹, 視覚性課題遂行時における上下視野の機能特性 東北大学大学院情報科学研究科, 平成 9 年度修士学位論文, (1998).
- 9) Warm, J. S., Schumsky, D. A., and Hawley, D. K., Ear asymmetry and temporal uncertainty in sustained attention. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **7**, 413/416, (1980).
- 10) Whitehead, R., Right hemisphere processing superiority during sustained visual attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **3**, 329/334, (1991).
- 11) Yund, E. W., Efron, R., & Nichols, D. R., Detectability gradients as a function of target location. *Brain & Cognition*, **12**, 1/16, (1996).