

近部遠部周辺視に呈示した動的刺激に対する反応特性

The response of attention to dynamic visual stimuli in near and far peripheral visual field

キーワード: 脳波、事象関連電位、タスクパフォーマンス、周辺視

人間生活工学研究室 13TM1149 李 玉龍

■Abstract: In this study, we investigated the response of ERPs and response time(RT) when the subjects paying attention to the dynamic visual stimuli in the near/far peripheral visual field. By analysis 10 subjects ERPs and RT data, we found that, the closer to the central visual field the greater P300 amplitude and the RT is significantly shorter. More interesting, when prompting stimuli at 20-degree far peripheral visual field, the latency of P300 and N200 is significantly shortest. Therefore, if only to see the task performance the near peripheral visual field is comparative more advantage. But at 20-degree far peripheral condition the response of brain is faster.

■背景

近年、科学技術の発展に伴い、ウェアラブルデバイスなど新しいユーザーインターフェースを提供できる電子製品が次々開発されている。中に Google Glass をはじめウェアラブルデバイスが周辺視野で情報を呈示することによって、ヒトが従来のユーザーインターフェースより周辺視野での情報の読み取りが多くなってきた。周辺視野の視覚特性に合わせたインターフェースデザインによって、操作効率がよりよくなると期待されている。

ヒトの静止視力が視野中心から約 2° から離れると 50%以下に低下し、空間分解能力が低くなる。一方、周辺視野は外界に対する全般的な察知や中心視への誘導性に重要な役を担っている。周辺視については色視野や、情報と空間的判断処理の時の優位性など 1) 2) 幅広く研究されているが、周辺視野全体的な動的刺激に対する視覚特性はまだ解明されていない。

■目的

本研究では脳波とタスクパフォーマンスによる周辺視野の動的な刺激に対する反応特性を明らかにするために実験を行った。

■方法

周辺視は主に桿体(暗所視)に頼っているため、実験室の照度は低めの 46 lx にセッティングした。また、実験に使ったモニター(46 インチ、NEC 製 LCD-V463-N)の輝度は 0.016 cd/m^2 とした。モニターは被験者の目から 50cm を離れた所に置いた。被験者の頭を実験中に常に同じ位置で固定するため、顎台を使用した。裸眼またはコンタクトレンズ使用で日常生活に支障のない視力を持つ大学生 10 人(男性 6 人、女性 4 人)が被験者として実験に参加した。全ての被験者は実験前日十分な睡眠(8 時間)を取り、実験当日でカフェインの摂取を控えた。

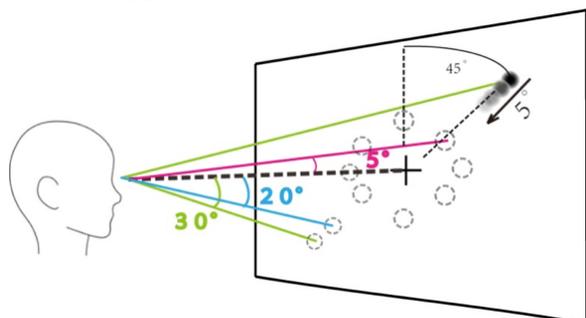


図 1 実験条件

実験で使われた視覚刺激は黒地に運動している白いドット(半径 2.5 視覚度)だった。ドットの中心は白(R,G,B=255)で輪郭は黒色(R,G,B=0)に至るガウス減衰を掛けた。全てのドットは向心運動で、出現する場所から視覚度 5° の距離まで 1 秒でフェードアウトした。

被験者はドットが出現すると出来るだけ早くドットの出現位置に応じた向きのボタンを押すことを要求された。1.5 秒以内に回答できなかった場合は誤操作として扱い、統計解析から除外された。試行の間には 400ms から 1.5s までランダムなインターバルがあった。被験者の反応時間と各条件の脳波の事象関連電位が記録された。

実験条件は偏心角(5° 、 20° 、 30°)と方向(8 方向)の 2 要因で、合計 24 条件だった。各条件 60 試行、合計 1440 試行をランダムに行った。測定は 15 分毎に 1 ブロック、5 ブロックに分けて行った。ブロックの間には 5 分の休憩があった。

被験者は入室後、安静で 30 分の暗順応をし、5 分間の練習した上でタスクを行った。

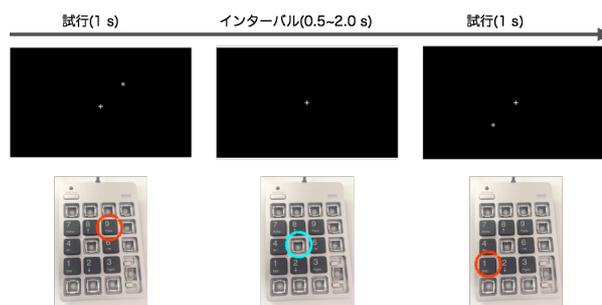


図 2 実験タスク

■結果

実験で記録された反応時間、事象関連電位の潜時と振幅を偏心角と方向の 2 要因の分散分析を行った。

結果、脳波の P300 陽性成分の振幅は中心に近い程大きくなったが($5^\circ > 20^\circ > 30^\circ$)、潜時は偏心角 20° の時が 5° の条件の場合より有意に大きかった。N200 の陰性成分の結果から、偏心角 30° の時より、 20° の条件の時の方が振幅が大きかった。偏心角 30° の条件の潜時が 20° と 5° の時より有意に長かった。一方、反応時間を統計解析した結果、偏心角 5° と 20° の時が 30° より有意に短かった。 20° と 30° の間には有意差が認められなかった。

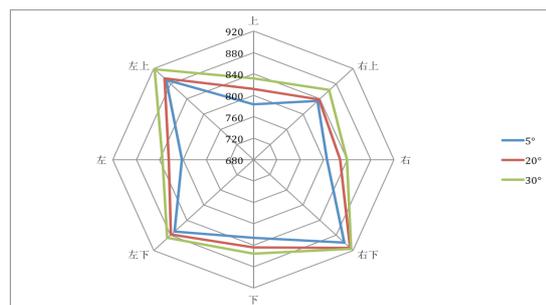


図 3 各条件での反応時間

この結果より、動的刺激に対する反応は近部周辺視がもっとも早く、視覚度 20° までには有意に落ちていないが、30° の場合は有意に遅くなったことが明らかとなった。動的視覚では 20° と 30° の間に急劇に低下することを示した。

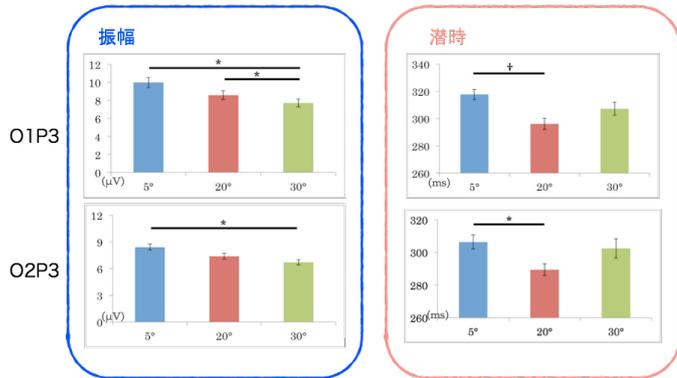


図4 P300 潜時と振幅

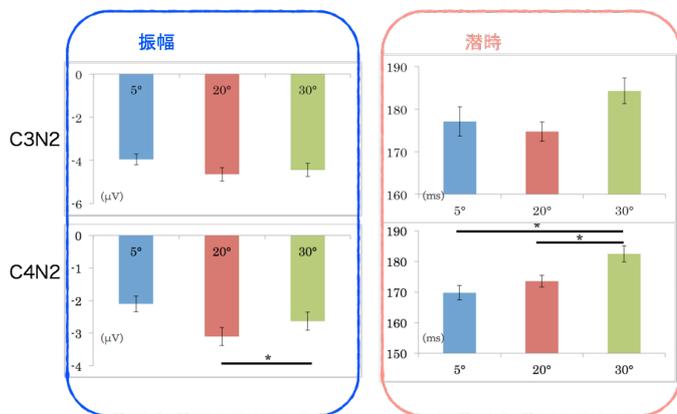


図5 N200 潜時と振幅

■考察

P300 成分の比較した結果から、認知水準は中心視野に近いほど高くなるが、20° での認知のプロセスが早くなる可能性があると考えられる。この結果は網膜上の視細胞の分布の影響にも受けていると考えられる。中心窩中央部に局限して高密度に分布している錐体が明所視、色覚に関与するので、中心窩は最も区間解像力が高い。一方、暗所視を担っている桿体は中心窩から 20° 程離れているところに密度が最も高い。中心窩においては、ほぼ同数の錐体と神経節細胞(X 細胞)が存在している。網膜の周辺部では、多数の視細胞からの入力の一つの神経節細胞に収束し(Y 細胞)、網膜上の比較的広い範囲からの情報がもたらされている。



図6 中心窩と周辺視野における視力
(赤色：X 細胞、青色：Y 細胞)

この 2 つのタイプの神経節細胞が外側膝状体の小細胞層(中心視)と巨大細胞層(周辺視野)を通して、最終的にそれぞれ第3、4次視覚野と MT 層に到達する。つまり、中心視と周辺視の視覚情報の伝達の経路の違いによって、桿体が最も多く分布されている周辺視野の方が運動情報に対して検出しやすい可能性があるとして示唆している。これは、20° の条件の時の P300 の潜時が最も短かった原因として考えられる。

N200 の振幅と潜時の結果から、ヒトの周辺視野に動的刺激を与える際に、30° の場合の注意水準が 5° と 20° の時より有意に低下すると考えられる。

反応時間の結果から、ヒトが視野に現れた動的刺激に対して、偏心角 5° と 20° の時も 30° の時の反応が有意に早いと示唆しているが、5° と 20° の間には有意差が見られなかった。これは 5° から 20° の間にはパフォーマンスが有意に低下していないが、20° と 30° の間にパフォーマンスが顕著に低下になる偏心角の閾値が存在すると考えられる。

タスクパフォーマンスから脳波より多くの有意差が得られたが、これは視覚的な察知と動作的な反応でのデュアルタスクの結果と考えられる。一方、脳波の結果は脳の反応だけを示した。

他に、被験者がテンキーのボタンで入力する際に指の筋肉の仕組みから各方向間に固有的な時間差が発生したこともあったと考えられる。しかし、同じ方向の違う偏心角の条件間では対応している正答ボタンは同じであるため、有意差には影響が与えられなかった。指の動きからの影響については補足実験の検討も必要である。また、今後の反応時間に関わる実験の入力方法は固有差が少ない方法にすべきである。

■まとめ

脳波の P300 振幅と反応時間の結果から、中心視に近い程、動的刺激に対する認知水準が高く、動作的な反応が早くなることを示唆した。しかし、P300 の潜時から 5° より 20° の方が有意に短かった。これは身体的反応を除く、脳の処理プロセスでは 20° の方が早いと考えられる。

また、N200 の結果から、30° より偏心角 20° に現れた動的刺激の方が有意に注意をひかれることを示した。

参考文献

1. 非固定視野視線解析システムの構築-超音波診断装置 GUI に関する人間工学的研究. 徳志偉. 2012
2. 動体周辺視反応時間に関する研究. 大山慈徳 1978
3. The distribution of preferred orientations in the peripheral visual field. G Westheimer. 2003
4. The detection of motion in the peripheral visual field. SP McKee.,K Nakayama. 1984
5. The functional role of central and peripheral vision in the control of posture. A Berencsi.,M Ishihara.,K Imanaka. 2005
6. ブレーン・ブック 見える脳. K Rita. 2012. 82-87
7. A specialized area in limbic cortex for fast analysis of peripheral vision. HH Yu.,TA Chaplin.,AJ Davies.,R Verma. 2012
8. Peripherally Presented Emotional Scenes: A Spatiotemporal Analysis of Early ERP Responses. Simon R., Sylvain D., Pascal D., Sabine D., Jacques H., Henricque S., Brain Topography 20(4) 216-223 (2008)
9. The Distribution Of Preferred Orientations In The Peripheral Visual Field. Gerald W., Vision Research 43(1) 53-57 (2003)
10. 人間工学ハンドブック. 山本隆, 359 (2003)