

視覚起因性めまい感に関する認知心理学的研究 Cognitive Psychological Approach to Visually Induced Vertigo

○石口 彰、薬師神 玲子

○Akira Ishiguchi, Reiko Yakushiji

お茶の水女子大学文教育学部、名古屋大学人間情報学研究所
Ochanomizu University, Nagoya University

We investigated two problems about the visually induced vertigo (VIV) by the cognitive psychological approach. The first problem was the relation between attention and VIV. We carried out two experiments and obtained the results that VIV had no influence on the latency and amplitude of P300 (i.e. a positive element of the event related potential), and that attention tasks reduced the degree of VIV. The second problem was the spatial frequency properties of the VIV inducer (i.e., movie). The experimental results showed higher spatial frequencies were less involved in the VIV than lower frequencies.

1 研究目的

高度情報化社会、マルチメディア社会の本格化とともに、それまで人間の感覚・知覚系にとって整合性をもって与えられてきた様々な情報が、それぞれの感覚・知覚系に拮抗状態を生じさせ、生体にとってネガティブな反応を生じさせるようになってきた。その如実な例が、前庭、体性感覚系と視覚系の情報の拮抗として生じる、めまい感である。

めまい感 (vertigo) とは、静止時における重力方向感覚の不快感であり、あるいは周りや自分の運動の誤知覚である (Brandt, 1999)。

めまい感に関する研究では、メニエル病などの内耳性疾患や、小脳・脳幹系の障害など、平衡障害としての医学・生理学的研究が多く行われてきた。また、心理学的には、不安神経症や鬱病に見られる心因性のめまい感の研究も行われている。本研究では、前庭感覚系や体性感覚系の情報は一定のもとで、視覚情報の変化によってのみ生じる、視覚起因性めまい感を扱う。

めまい感に及ぼす視覚情報の影響に関する研究は、内外とも、主として、動揺病 (motion sickness) との関連で行われることが多い。一般の動揺病においては、酔酔いや車酔いの場合のように、前庭刺激の変化が関与しているが、本研究で扱う視覚起因性めまい感とは、“純粋な”視運動性動揺病、いわゆる、Simulator Sicknessと同義である。

本研究の目的は以下の2点である。

① 視覚起因性めまい感とattentionとの関連性を検討する。

この目的を達成するためには、双方向のアプローチが必要である。すなわち、視野のある部分に課せられる注視課題の負荷によって、めまい感の程度は影響を受けるかを検討する。あるいは逆に、めまい感は、注意課題の遂行にどのような影響をもたらすかを検討する。

② 視覚情報を独立に操作し、めまい感を生じさせる視覚情報の特性を検討する。

めまい感を生じさせる視覚刺激 (動画像) に関しては、その時間的特性は多くの研究によって検討されてきた (O'Hanlon & McCauley, 1974; Potvin et al. 1977) が、空間的特性に関しては、未だ研究が進んでいない。

2 研究経過

本研究は、上記の2つの目的を遂行するために、2種の研究を平行して行った。ひとつは、石口が中心となり、注意 (Attention) とめまい感との関係を検討した。もう1つは、薬師神が中心となり、めまい感のカットオフ空間周波数を変化させて、めまい感への効果を調べた。

2.1 視覚起因性めまい感とAttention

めまいが生じると、身体の平衡障害や運動失調・眼球運動異常、自律神経系の障害などが生じるが、このような状態で、刺激の評価・識別などを行う過程に影響が生じるのが、問題となる。

一方、Simulator Sicknessでは、視野の中に参照枠が存在すると、その生起が低減されるという研究がある (Prothero et al. 1999)。そこで、視野内のある位置への注意を変化させることで、めまい感の程度は影響を受けるのではと考えた。

2.1.1 視覚起因性めまい感と事象関連電位 P300

事象関連電位は脳波の一種であり、誘発電位よりも潜時が長く、刺激そのものよりも被験者が刺激の持つ意味を認知したり判断したりすることと関連があると考えられている。特に、P300は、潜時が300msほどのポジティブ成分であり、刺激への選択的注意に関連していると考えられている。従って、めまい感が選択的注意に影響を与えれば、P300の潜時や振幅にそれが反映されるであろうと予測される。

【方法】

・被験者 お茶の水女子大学学生10名

・刺激 コントロール条件とめまい条件に関し、それぞれ2種の映像を作成した。コントロール条件では、ビデオカメラを固定した、通常の動画像である。めまい条件では、ビデオカメラを、振幅30°、振動数約0.25Hzの水平・垂直単振動を組み合わせて移動させながら、撮影した動画像を用いた。

・装置 周囲を黒幕で覆われた14インチテレビモニタ上に、映像を提示した。被験者はあご台に顔を寄せ、観察距離 (約55cm) をほぼ一定に保った。

・めまい感評定質問紙 品田・石口(1996)で用いた質問紙を利用した。内容は、めまい感の症状に関する10項目の質問からなり、7段階評定である。

・脳波測定 電極は記録電極として、Fz, Cz, Pz, 基準電極としてA1, A2、ボディアースとしてFpz、眼球運動用としてEOGの位置に装着した (図1)。測定条件は、感度が50μV/DIV、低域遮断周波数0.5Hz、広域遮断周波数30Hz、分析時間800ms、加算回数30回、加算方式ブリトリガ加算であった。

・注意課題 P300を測定するために、音刺激によるoddball課題を用いた。刺激音は2000Hzと1000Hzの純音をヘッドフォンで提示した。音圧は80dbSL、刺激提示間隔は1から2秒の

ランダムであった。ターゲット刺激は2000Hzの純音であり、被験者は、ターゲット刺激が提示されたら、できるだけ早くボタン押しするよう教示された。

・手続き 被験者はまず、めまい感質問紙に記入後、注意課題・脳波測定を行った。注意課題中は、前面の+シンボルを注視するよう教示された。続いて、映像を観察した(1.5分)。観察後、再度、質問紙への回答、注意課題・脳波測定を行った。以後、「映像、質問紙、注意課題・脳波測定」を3回繰り返した。従って、質問紙への回答、注意課題・脳波測定は1条件につき5回(5セッション)となった。被験者は、少なくとも1週間の期間をおいて、コントロール条件とめまい条件の両条件の実験に参加した。

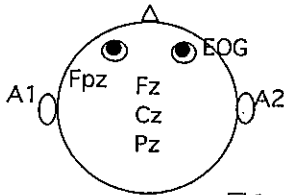


図1 電極の装着位置

【結果】

まず5回のセッションの経過に沿っためまい感評定値の変化を示す(図2)。コントロール条件とめまい条件では、第3セッション以降、有意な差($p<.05$)が得られた。したがって、めまい感映像の効果が認められた。一方、P300の潜時と振幅の変化を示したのが、図3である。図からも明らかなように、有意なめまい感が生じた第3セッション以降でも、コントロール条件とめまい条件間で、P300の潜時、振幅ともに、有意な差は得られなかった。

【考察】

P300は、刺激の評価・識別過程に関連する、すなわち、選択的注意に関連すると考えられている。これを前提としたならば、今回の実験結果は、「視覚起因性のめまい」は、選択的注意に影響を与えない、ことを示唆していると言えよう。

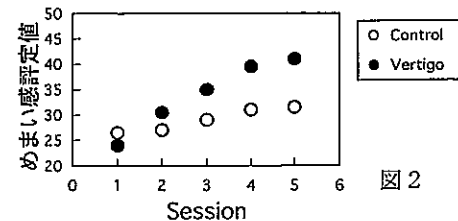


図2

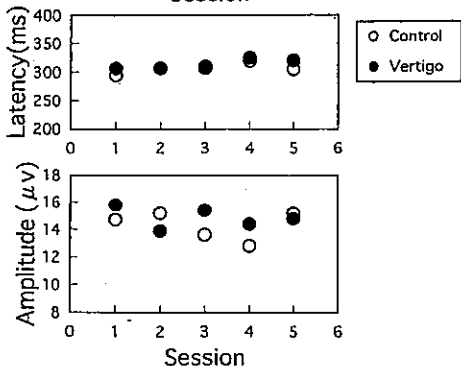


図3 P300の潜時と振幅

2.1.2 視覚起因性めまい感と注視課題

この研究では、注視課題の負荷によって、視覚起因性めまい感が、影響を受けるかどうか検討する。

Simulation Sickness における参照枠の効果は、1つには、運動画像によって引き起こされる非意図的な眼球運動を、抑制することにある。そこで、負荷の多い注視課題ほど、固視点付近への注視時間を長くさせ、その結果、非意図的な眼球運動をより抑制し、めまい感を低減させるのではと予測した。

【方法】

・被験者 お茶の水女子大生9名と筆者
 ・刺激 めまい映像は、ビデオカメラを、振幅30°、振動数約0.25Hzの水平・垂直単振動と、さらに、回転振幅45°の振り子運動(回転中心は、ビデオレンズの中心)を組み合わせて移動させながら、撮影した動画像を用いた。映像は2分間である。
 また、注視課題の刺激は、課題負荷レベルに応じて3種類作成した。

レベル1:注視点の左右に、一方は数字(3から8までのうち1つ)、他方はXが提示される。被験者は、数字が、左右どちらに出たかを、キー押し反応により答える。

レベル2:注視点の左右に、一对の数字(ともに、3から8)が提示される。被験者は、どちらの数字が大きいかを識別し、キー押し反応を行う。

レベル3:刺激は、レベル2と同じであるが、被験者は、一对の数字の積を求め、その一の位の数が、提示された数字対のうち、どちらと近いかに判断し、キー押し反応を行う。

・装置 めまい映像(あるいは静止画像)は14インチ・テレビモニタ上に、注視課題は、17インチカラーディスプレイ上に提示し、ハーフミラーを用いて、重ね合わせた。被験者はあご台に顔を乗せ、観察距離(約55cm)をほぼ一定に保った。

・めまい感評定質問紙 Kennedy et al(1993)の開発した、Simulator Sickness Questionnaireを参考として、16項目からなる、めまい感質問紙を作成した。被験者は各項目に関して当てはまるか否かを、0から4の5段階評定で回答した。

・手続き まず、3種類の注視課題を行った。この場合、めまい映像ではなく、静止画像を重ね合わせた。1つの注視課題では、30組の刺激が、4秒に1組ずつ提示される。これを1セッションとし、各注視課題につき3セッションずつ行った。

刺激が、課題負荷レベルに関わらず4秒ごとに提示されるのは、トータル的試行回数と提示時間とを、レベル間で一定とするためである。

つぎに、めまい映像を重ね合わせる4つの条件からなる実験をランダム順に行った。

- 条件1:注視課題レベル1+めまい映像
- 条件2:注視課題レベル2+めまい映像
- 条件3:注視課題レベル3+めまい映像
- 条件4:めまい映像のみ

各条件では、はじめに、めまい感質問紙に回答し、そのあと、めまい映像と重ね合わされた、30試行(2分)からなる注視課題を行い、再度、質問紙に回答する。この、「課題+質問紙回答」を3回(3セッション)繰り返す。ただし条件4のみは、注視課題は課せられず、めまい映像のみを同じ時間だけ自由視し、質問紙に回答する(同じく3セッション)。

各条件は、日にちを変えて行った。

【結果】

まず、3種類の注視課題の結果を示す(図4)。横軸は実験セッション、縦軸は、平均反応時間である。各レベルごとの反応時間には、有意な差が得られた。すなわち、反応時間を指標とした場合、注意負荷の効果があらわれたと言てよい。

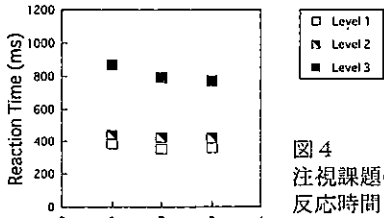


図4 注視課題の反応時間

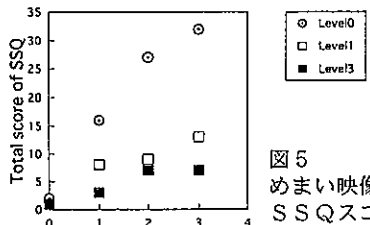


図5 めまい映像とSSQスコア

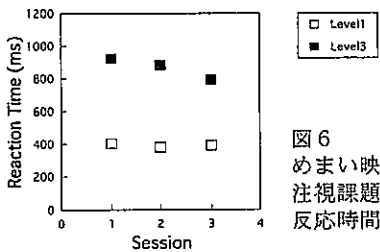


図6 めまい映像中の注視課題の反応時間

次に図5に、各条件におけるめまい感評定値を示す。ただし、条件2の結果は割愛し、また条件4はLevel0と表記されている。図からも明らかのように、めまい映像のみの場合では、セッションが進むにつれてめまい感の評定がかなり高くなっていくのに対し、注視課題を導入すると、めまい感はかなり低減されることがわかる。さらに、注視課題間でも、有意な差が得られた($p < 0.05$)。また、図6に示すとおり、めまいセッションが進んでも、各注視課題の反応時間は、ほとんど変化しないことが示された。

【考察】

注視課題を導入することで、視覚起因性めまい感をかなりの程度抑制できることがわかった。実験では、めまい映像と注視課題画面とは、被験者に対し、等距離に設置したので、vergenceの効果とは言えない。今回の実験では、眼球運動は測定してないので、注視課題によって、非意図的な眼球運動がどの程度抑制されたのかは不明であるが、めまい感の低減が、注意の選択性にあるのか、眼球運動にあるのか、今後の課題といえよう。

2.2 視覚起因性めまい感と空間周波数

空間周波数情報とめまい感の関係については、

Hu et al. (1997) が、グレーティングパターンを用いて検討し、めまいを生じさせやすい空間周波数があることを示している。しかし、実映像に含まれる空間周波数成分とめまい感の関係については未だシステムティックな検討は行われていない。

動揺病の発生には、眼球運動重要な役割を担っていると考えられる (Ebenholtz et al., 1994)。眼球運動の制御には、上丘を通して視覚連合野に投射する視覚の副経路が大きな役割を担っているが、この経路では、低空間周波数情報のみが処理される。従って、視覚起因性めまい感には、映像中の低空間周波数成分の影響が大きいと予想される。

【方法】

- ・被験者 名古屋大学学生10名
- ・刺激 2.1.2項の実験で使用した動画像に対して、以下の4種類のフィルタを適用し、4種類の映像を得た。(フレームサイズ720×480pix)

高域通過フィルタ(レベル1) : カットオフ周波数 9.6サイクル/水平フレームサイズ以下
 高域通過フィルタ(レベル2) : カットオフ周波数 96サイクル/水平フレームサイズ以下
 低域通過フィルタ(レベル1) : カットオフ周波数 9.6サイクル/水平フレームサイズ以上
 低域通過フィルタ(レベル2) : カットオフ周波数 4.8サイクル/水平フレームサイズ以上
 この4種類の映像に原映像を加えた、5種類の映像を刺激として使用した。図7は、実験に使われた映像の中の1フレームについての原画像(a)、低域通過フィルタ(レベル2)の出力(b)、高域通過フィルタ(レベル2)の出力(c)の出力である。

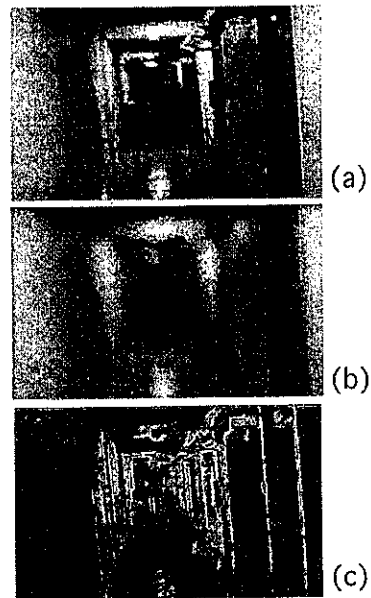


図7 実験で用いた映像の1コマ : (a) 原画像、(b) ローパス画像、(c) ハイパス画像

- ・装置 刺激は、ヘッドマウントディスプレイ(Olympus製EyeTrek)で提示される。被験者

は、背もたれ（頸部より下まで）のついた椅子に楽に腰掛けて刺激を観察した。なお、観察時には、頭部は固定されていなかった。被験者が刺激を観察する際には、部屋の照明を落とし、画面以外のものは見えないようにした。

・手続き 実験は、1日約45分ずつ、5日に分けて行われた。毎回、被験者は、実験を行う前に、めまい感評定質問紙（2.1.2項の実験で使用した質問紙と同じもの）に回答する。次に、5種類の映像のうち、いずれか1つを2分間見せられ、その後、その時（回答時）の状態について、質問紙に回答する。これを同じ映像について5回繰り返す。さらに、10分間の休憩を置いた後、再度質問紙に回答する。なお、各被験者は、5日間、ほぼ同じ時間帯に参加した。

【結果】

結果を図8に示す。横軸は動画像を観察した回数、縦軸はめまい感評定質問紙の総得点である。なお、図には、前被験者の平均得点を示してある。図より、すべての刺激条件で刺激提示時間の増加に伴ってめまい感が上昇していること、および刺激提示後10分経っても、また動揺感がかなりの強度で続いていることがわかる。各セッション（刺激提示時間）ごとの評定値の差は有意であった（ $p<.05$ ）。また、刺激提示後10分後の評定値は、実験前の評定値に比べて有意に高かった（ $p<.05$ ）。

さらに、図より高域通過フィルタ（レベル2）では、他の条件よりも評定値の上昇がゆるやかであることも示された。統計的検定の結果、最終セッションで、高域通過フィルタ（レベル2）の評定値が他の条件の評定値よりも有意に低いことが示された（ $p<.05$ ）。

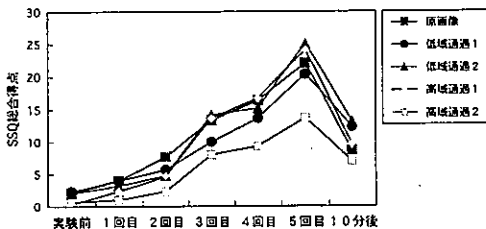


図8 めまい感に及ぼす空間周波数の効果

【考察】

高域通過フィルタ（レベル2）に対するめまい感評定値が低かったという本実験の結果は、視覚起因性めまい感には、ある程度以上の高空間周波数成分が与える影響は、相対的に低いことを示している。視覚経路における情報処理と関連づけて考えるためには、さらに空間周波数特性と時間周波数特性を連動させて検討する必要があるが、これについては今後の課題である。

3 研究成果

本研究の成果は、以下の通りである。

- ① 事象関連電位P300を指標とした場合、動画像によって誘発されためまい感には、選択的注意に影響を及ぼさないことが、明らかになった。
- ② 通常はめまい感を誘発する動画像を観察していても、同時に注視課題が課されると、めまい感は低減することが明らかになった。
- ③ 注視課題の負荷によって、負荷の大きいほど、めまい感低減効果は大きいことが示された。
- ④ めまい感を引き起こす動画像には、高空間周波数領域の関与は、比較的小さいことがわかった。

4 今後の課題と発展

4.1 視覚起因性めまい感とAttentionについて

外界からの情報を選択し、適切な判断を下すことは、日常生活において、きわめて重要な機能である。視覚情報によって、めまい感が生じた場合、そのAttention機能が障害を受けることは、大きな事故の発生につながる。この意味で、視覚起因性めまい感とAttentionとの問題を検討することは、重要な意義を有する。本研究では、めまい感がAttentionへ及ぼす影響をP300という事象関連電位を指標として捉えた。この指標のもとでは、めまい感にAttentionに影響を及ぼさないことが示唆された。すなわち、視覚起因性めまい感には、「とっさの判断」には影響を与えない。しかし、めまい感には、様々な自律神経系の反応を誘発し、それが日常行動に影響を与えることは、予測される。今後は、このような長い時間レベルでの効果を検討することが必要であろう。

次に、本研究では、注視課題を与えることで、視覚起因性めまい感が低減したという結果を得た。この結果は、今後、様々な事態で生じる視覚起因性めまい感への対処法として、重要な意味を持つだろう。しかし問題は、この注視課題の効果が、非意図的な眼球運動を抑制したことに帰因されるのか、注視課題に選択的注意が働き、背景の動画像の処理が低減されたことに帰因されるのか、明かではない。この点を明らかにすることは、視覚起因性めまい感の成立メカニズムを解明する上で、重要な鍵となるだろう。

4.2 視覚起因性めまい感と動画像の特性について

今回の研究では、時間周波数は一定にして、空間周波数のみ変化させた。時間周波数に関しては、0.2~0.3Hzが有効であるという研究結果を踏まえたものであるが、視覚起因性めまい感を引き起こす刺激特性を解明するためには、空間周波数と時間周波数とを組み合わせて、実験変数とすることが有効な手段と考えられる。今回は、装置の制約上、このアプローチがとれなかったが、今後の課題となろう。

引用文献

- Brandt, T. 1999 Vertigo. Its multisensory syndromes. 2nd Edition. Springer.
- Ebenholtz SM. et al. 1994 The possible role of nystagmus in motion sickness: a hypothesis. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 65, 1032-1035
- Hu S., et al. 1997 Effects of spatial frequency of a vertically striped rotating drum onvection-induced motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 68, 306-311
- Kennedy RS. et al. 1993 Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3, 203-220.
- O'Hanlon JF. & McCauley ME. 1974 Motion sickness incidence as a function of the frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion. *Acrospace Medicine*. 45, 366-369
- Potvin AR. et al. 1977 Motion sickness and otolith sensitivity: A pilot study of habituation to linear acceleration. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 48, 1068-1075
- Prothero JD., et al. 1999 The use of an independent visual background to reduce simulator side effects. *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 70, 277-283
- 品田妙子・石口彰 1996 視覚起因性めまい感における周辺視の効果 心理学研究, 67, 221-226