

1. 研究題目

頭部への直線加速度入力が追従眼球運動を指標とした空間識に及ぼす影響

(英文タイトル)

Importance of Vestibular Function for the Precise Perception of Three-Dimensional Space in Gravitational Environment

2. 代表研究者名

久代 恵介 京都大学大学院人間・環境学研究科・助手

Keisuke Kushiro, Ph.D., Assistant Professor of

Department of Human and Environmental Studies, Kyoto University

3. 和文アブストラクト

今日の車社会における最も重要な課題の一つは、“運転者の安全”である。我々は、これまで行われてきた“運転者の安全”に関する研究に疑問を抱いている。何故ならば、その多くが“運動”、“注意”あるいは“運転装置”のみに焦点が向き、運転者が常に外界から直線（重力）加速度刺激に曝されている事実を考慮していないためである。つまり、身体に加えられる外界からの外乱に対処し平衡を保てなければ、運動も注意も運転装置もあまり意味をなさないことを私は主張したい。運転中の外乱である直線（重力）加速度は内耳に存在する耳石器で感受される。この情報が運転者の空間知覚に誤差を生じさせる重大な要因であることは事実であるが、機構の詳細は全く不明である。本研究では、外乱として加えられた直線（重力）加速度が、脳内でどのように処理されるかを神経心理学的手法により検証する。これにより、運転中の空間知覚を定量化し、運転者の安全に必須な情報処理機構を解明したいと考える。

4. 英文アブストラクト

It is generally accepted that human depend on five specific sensory systems that are commonly referred as “5-Kan” in daily life. We question this common concept since we consider that other sensory systems are indispensable elements, too. Vestibular system that detects linear and angular acceleration applied to the head is critical for perceiving the three-dimensional space in gravitational environment. The importance of vestibular system would be even more crucial when driving a car because vestibular end organs sense linear and angular acceleration restlessly, and they send spatial information to the brain. What surprises us is that for understanding spatial perception, knowledge from visual system has been dominantly accumulated, but the other sensory systems have been poorly studied. For the precise perception of three-dimensional space, not only visual system but also multi-modal sensory inputs have to be integrated and processed through upstream pathway to higher order of central nervous system. Here, we would like to show that vestibular system is critical in daily life especially for driving a car, and it could be counted as “Dai 6-Kan” by performing psychophysical experiments that highlight functional importance of vestibular system.

5-1. 研究目的

本研究の目的は、自動車運転中、身体に外乱として加えられた直線（重力）加速度が、脳内でどのように処理されるかを解明し、安全運転とどのように関連付けられるかを導出することである。本実験より期待される知見から、内耳の前庭器、特に直線（重力も含む）加速度受容器である、耳石器はどのように、追従眼球運動に影響をあたえ、運転の安全に干渉するかを定量的に明らかにすることである。

5-2. 研究経過

小生は助手ではあるが、貴財団等による援助を足場に、全く何もない状態から、構成員1名（小生）の研究室を立ち上げる使命を帯びていた点が他とは異なった。現在、パイロットス

タディーを遂行しており、本実験に用いるパラメータの決定等を検討している段階である。これまで得られた結果は、今後、モジュレートされ得られる結果と比較検討する予定である。

5-3. 研究成果

本実験では、60インチの大型透過型スクリーンに映しだされるに前面から後面へ流れるオプティックフローを呈示する。これは、運転中の視刺激を疑似させるためである。これとは別に、被験者前面の中央に、1.5°の円が映し出される。同形の円はスクリーン右より40° / Sの速度で中央へと流れる。視野角は45°である。被験者はこれを追従眼球運動し、中央の円と衝突するタイミングでハンド

ヘルド仕様のボタンを押す。一方、視覚刺激用コンピュータから発せられる衝突信号とボタンプレスより生じる瞬間の時間信号を用い、視覚における衝突とボタン押しタスクを導出する。この後、同一の被験者は、前庭の耳石器を外被（耳の後ろ）に電気刺激された状態で同様のタスクを遂行する。この手法は GVS（Galvanic Vestibular Stimulation）として前庭器の刺激に用いられる一般的な手法である。GVS と視刺激を組み合わせたことは本研究のオリジナリティーである。図 1 に実験環境と装置を図示した。

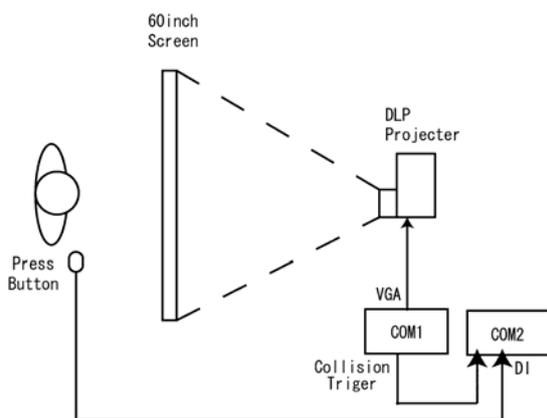


図 1 実験環境と装置

両耳の後方に表面電極を張り、対側の極性を逆にした。～9mA 程度の DC 電流を加えた。電気刺激の強さは閉眼片足立ちが行えるか否かを指標とした。この電気刺激は直流波であり、直線加速度が左右方向に加えられた状況を模擬する。

本実験より得られた典型的な例を図 2 に示す。

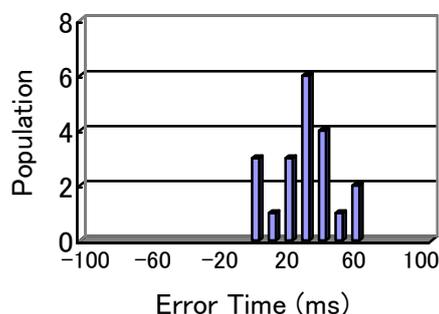


図 2 前庭刺激のない状態でのボタンプレスの時間誤差

図 2 に示すのは、被検者間に共通して見られた結果を良く示す一例である。電気刺激なしの条件である。試行の時間誤差の標準偏差は ± 17.6 ms であった。一方、同条件で前庭刺激を加えた際の標準偏差は ± 43.5 ms（右側に + 電流を印加、図 3）、 ± 35.9 ms（左側に + 電流を印加、図 4）と、ばらつきが大きくなる傾向が見られた。この傾向は全被験者に共通した。

GVS (Right side Positive)

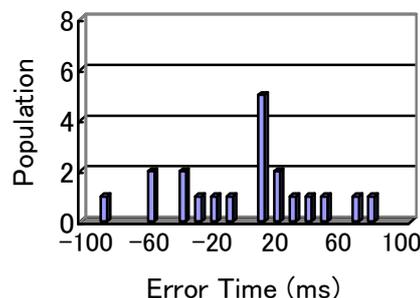


図 3 前庭刺激を加えた際のボタンプレスのエラー時間（右側の前庭に + 電流を印加）

オプティックフローの方向と前庭
った（図3、図4）。

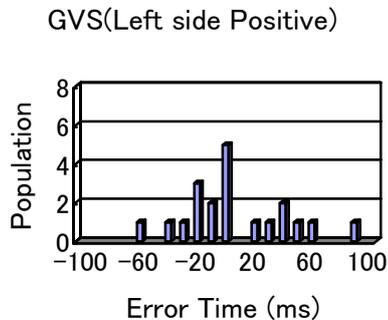


図4 前庭刺激を加えた際のボタン
プレスのエラー時間（左側の前庭に+
電流を印加）

以上より、現段階ではいまだケー
スタディーではあるが、以下のこと
が示唆される。追従眼球運動時に耳石
器からの直線加速度刺激が加わると、
追従眼球運動の精度が低下する。その
精度の低下と電極の極性とは関連が
薄そうである。

これを実社会にあてはめると、た
とえば、自動車を運転中、動的な物体
を眼球が追従する際、不意に頭頸部に
直線加速度が信号が加わると、眼球が
対象物をうまく追従できず、安全な運
転に支障をきたす恐れがあるといえ
る。

4. 今後の課題と発展

本研究はこれからも継続的に行い、
被験者数を増やし、統計的な観点から

刺激の極性に顕著な差は見られなか
仮説を実証したいと考える。また、こ
のパラダイムの発展として、電気刺激
から得られた結果が、自然刺激（頭部
を回転させる）によっても同様の結果
が得られるか否かを確認したい。バー
チャルな刺激ではなく、よりリアルで
現実的な刺激を持ってして証明した
い。

しかしながら、実験装置が非常に
複雑になり、現在、世界にそのような
装置は存在しない。工学系技術者とコ
ラボレーションをし、特許取得と、新
たな研究パラダイムへの進展を目指
したい。

5-5. 発表論文リスト

何もないところから研究室を立ち
上げた点で他の研究者とは状況が異
なる点をご理解いただきたい。

本件では、準備→実験→本実験→
データ解析→執筆までようやくたど
りついた。これらをまとめたものは現
在投稿中(Equilibrium Research)でリビ
ューアの返答待ちである。

6. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、経済
的にご支援を賜りました、貴日産科学
振興財団に心より御礼申し上げます。