

機関番号：24303

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21791633

研究課題名 (和文) 振動刺激による平衡感覚の向上 ―確率共振理論に基づいた複合ノイズ刺激の検討―

研究課題名 (英文) The efficacy of the neck muscle vibrational stimulation in balance improvement

研究代表者

長谷川 達央 (Hasegawa Tatsuhisa) 京都府立医科大学・医学研究科・助教

研究者番号：10515951

研究成果の概要 (和文)：

振動刺激の効果を健常被験者で確認するため、視覚情報を攪乱する刺激を作製した。その課程で、視覚性に誘発されるリーン錯覚に関して新規な知見を得た。現在小型振動装置の開発中である。

研究成果の概要 (英文)：

To evaluate the efficacy of vibrational stimulation in normal subject, we generated visual stimulation to disturb equilibrium. We obtained several findings of the leans caused by visual cues. Now, the compact muscle vibration device is under development.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
H21 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
H22 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・耳鼻咽喉科学

キーワード：リーン錯覚

1. 研究開始当初の背景

研究の背景

平衡感覚は二足歩行を行う人間にとって日常的に用いられる基本的な感覚である。そのため、平衡感覚障害であるめまい症の患者で慢性的な立位保持の困難さ、という QOL を著しく低下させる症状を訴える症例に頻繁に遭遇する。また、平衡感覚は多くのスポーツの分野でも重要な働きを担っており、特に柔道や体操競技などは体の安定性が競技成績に直結する。一般的に、体の安定性が重視されるスポーツにおいては体幹が動揺している状態は不利になると思われる。しかし、実際の柔道選手の動きをみると、絶えず体を揺らすような動作がみられる。また、トップ

クラスの体操選手はむしろ一般人より安静立位において重心動揺が大きいというデータがある (未発表)。また日常生活においても、列車内ではむしろ体を揺らしているほうが安定して立位を保持できる。平衡感覚にとっては動揺・振動はノイズであり、一般に平衡感覚を低下させる要素として働くと考えられる。しかし近年、ノイズを加えることにより閾値以下の信号 (サブリミナル信号) に対する感覚を鋭敏化するという確率共振 (Stochastic Resonance: SR) という概念が注目されている (図 1)。そこで、申請者は「身体に振動刺激を加えることで平衡感覚が鋭敏化し身体の安定性が向上する」という仮説を検証し、日常生活やスポーツ中における

る身体の安定性の向上やめまい患者の disability の軽減を目指す。
ヒトにおける SR に関する先行研究としては、ボストン大の Collins らが最初に報告している(Collins et al., Phys. Rev., 1997)。指尖部の触覚がノイズの付加で鋭敏化し、至適強度をこえたノイズが負荷されると徐々に知覚閾値上昇するという結果がみられた。また、臨床面では補聴器の信号にノイズを付加することで語音弁別能が上昇するという報告もある(Zeng et al., Brain Res., 2000)。

2. 研究の目的

平衡感覚は視覚、前庭感覚、体性感覚からの情報を統合して認知される。その中では視覚による身体動揺の知覚は反応が遅いとされ、姿勢制御においても特にすばやい動揺に対して視覚の果たす役割は小さいとされている。それに対して、前庭感覚からの身体動揺の知覚は反応が速い。前庭脊髄反射として知られる姿勢制御反射は 50-100 ms の潜時で反応するとされており、前庭感覚は身体動揺に対してよりすばやく対応しうる。体性感覚器、特に頸部の筋紡錘、関節受容器からの信号は前庭神経核に 8 ms の潜時で入力するとされており、体性感覚情報は動揺に対して鋭敏にすばやく対応するために重要な働きをもつ。そこで今回、申請者は体性感覚受容器である筋紡錘をターゲットに頸部、下肢の筋に振動刺激を加えて、平衡感覚に与える影響を検討する。

Cordo らは実際に振動刺激を加えたときの筋紡錘の感受性の変化について検討している。その結果、振動刺激を負荷すると筋紡錘の感度は上昇し、至適強度を超えると徐々に低下するとの知見を発表している。そこでまず、さまざまな強度の振動刺激を負荷することで、平衡感覚の鋭敏化に有用な刺激強度を検討する必要がある。

人の筋紡錘は 400Hz までの振動刺激に対し反応するとされており、Cordo らも 5-400Hz のランダムノイズを用いているが、カエルを用いた筋紡錘の周波数特性に関する実験では数 10Hz オーダーの刺激で感受性が急激に低下してくることが示されている。したがってより狭い周波数域の刺激で有効な平衡感覚の向上が得られる可能性がある。そこで、さまざまな周波数域の振動刺激を負荷することで、より効率的な刺激方法を検討する。本研究では「体性感覚受容器に振動刺激を加えることで平衡感覚が鋭敏化し身体の安定性が向上する」という仮説を検証し、平衡感覚を向上させる至適強度、至適周波数域を検討し、最終的には携帯可能な装置を開発して臨床応用をめざす。

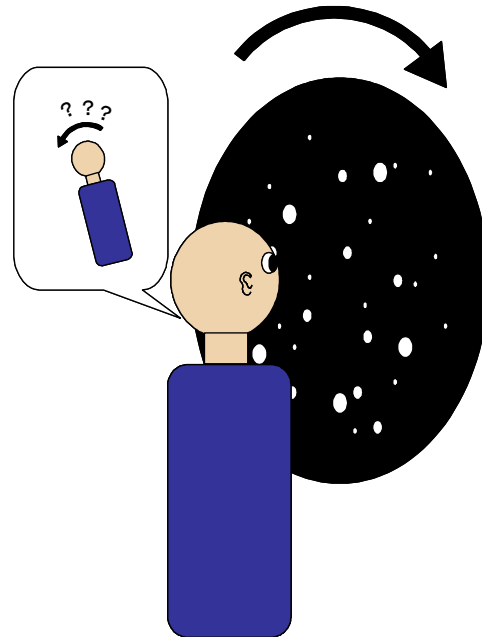
3. 研究の方法

研究概要

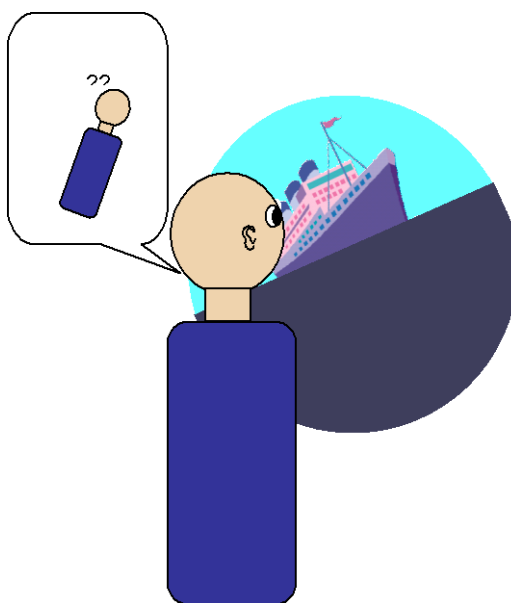
平衡感覚は視覚、前庭感覚、体性感覚からの情報を統合して知覚される。今回、申請者は視覚の情報を攪乱した状態で体性感覚に対して振動刺激を負荷し、振動刺激なしの状態と比較して平衡感覚がどのように変化するかを評価する。

被験者：健康成人被験者で行う

視覚情報攪乱刺激：暗所にて被験者の前方のスクリーンに回転する視覚刺激を提示し自分の体が視覚刺激と反対側に回転しているという感覚（自己回転感覚）を誘発する。



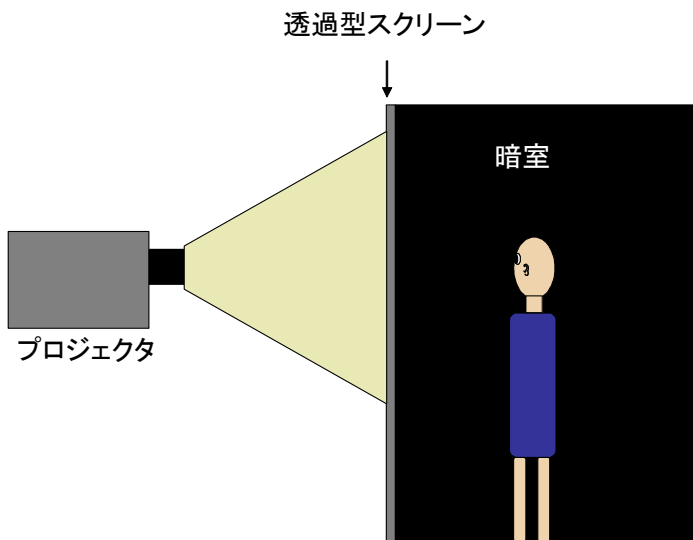
もしくは傾斜した視覚刺激を提示して、重力軸方向の知覚を攪乱する（リーン錯覚）。



振動刺激：ファンクションジェネレータもしくはコンピュータを用いて生成したホワイトノイズを頸部または下肢に装着した振動子に子を加えて振動を発生させる。

測定方法：主観的な体平衡感覚の指標として自覚的視性垂直位 (Subjective Visual Vertical: SVV) を測定する。コンピュータディスプレイ上に線分を提示し、リモコンにて被験者に任意に回転させ、水平面に対して垂直である位置を決定させることで測定する。

実験環境の整備



遮光した室内に、さらに暗室を作製し、被験者が垂直軸をリファレンスしにくい環境を整えた。被験者の前方 40cm の位置に透過型スクリーンを設置し、直径 96cm (視野角 100 度) の視覚刺激を提示できるようにした。SVV の視標は OpenGL で作製し、RF リモコン方式で被験者が操作できるようにした。ノート PC に接続したプロジェクタから投影し、SVV 視標を被験者に提示した。

視覚情報攪乱刺激の作製

1：自己回転感覚刺激の作製

自己回転感覚刺激を OpenGL で作製した。円形のドットをランダムに配置した。円の直径はドットの中心からの距離の 2 乗に比例させた。視覚刺激を時計方向に回転するようにした。回転速度は 15~60 deg/s の間で 15 deg/s ステップで変化させた。

2：リーン錯覚刺激の作製

円形の刺激映像領域に、水平線を含む風景写真をテクスチャマッピングして作製した。風景は海水面が画内にはいるため水平の設定

が確実であること、水平・垂直のリファレンスがリッチであること、肖像権の問題が生じないことから、京都府立与謝の海病院の遠景を用いた。

視覚刺激を 0-40 度で Controlled random に傾斜させて提示した。



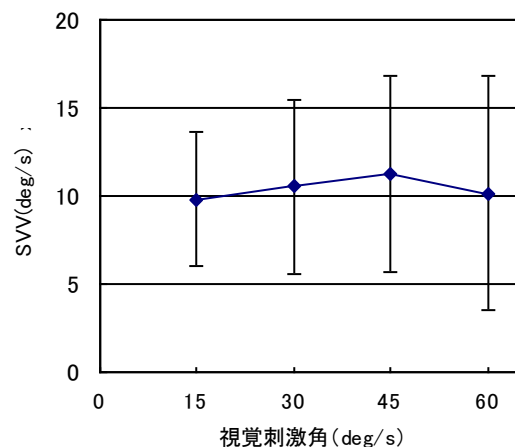
4. 研究成果

1: 自己回転感覚刺激の検討

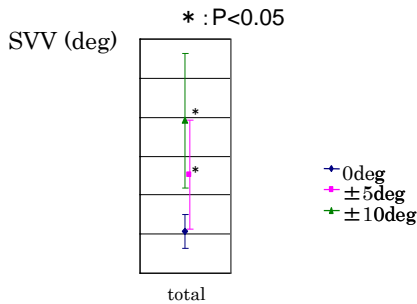
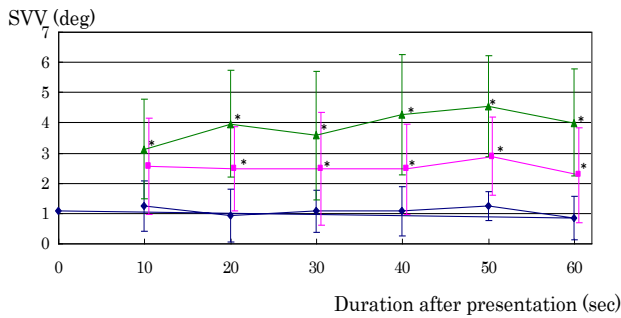
6 人の健常被験者に対して行った。

15-60deg/s 全刺激において、SVV の偏位を認めた。各々の角速度間での SVV の偏位に有意差は見られなかった。

視覚情報攪乱刺激としては、刺激強度が強く平衡感覚の向上を検討する上では有利と考えられたが、全被験者が 5 分以内に嘔気を自覚し、継続して実験を行う進藤刺激負荷実験には利用できないと考えられた。

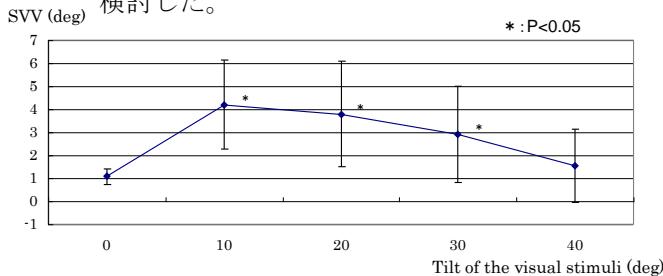


2: リーン錯覚刺激の検討
 10人の健常被験者に対して行った。
 まず、0-10度で5度ステップで変化させて検討した。また1分間での変動の有無を調べた。



1分間10秒ごとに計測したが、この間で明らかなSVVの変動は見られなかった。視覚刺激が5度10度傾斜するとSVVも偏位する傾向が見られた。SVVの偏位はSVVの偏位は5度より10度の方が大きかった。

次に0-40度まで10度ステップで変化させて検討した。



10-30度で視覚刺激を傾斜させると有意にSVVが変位した。40度では有意差が見られなかった。10度でもっとも強く傾斜することが分かった。

従来より水平面を想起させる景色が傾斜して現れた場合、水平・垂直軸が傾斜して知覚されるというリーン錯覚という現象が航空生理学分野では認められていたが、詳細な特性について検討した文献はほとんどみられない。今回のデータは視覚性に誘発されるリーン錯覚についての航空生理学的に新規な知見であり、現在論文作製中である。

また、この視覚刺激では20分間のトライアル中に軽度の嘔気が生じた被験者は10人中2

人であり、自律神経症状も軽度であることから、視覚情報攪乱刺激として適切であると考えられた。

振動刺激装置の作製

臨場感を向上させるため劇場などの座席に設置するタイプの振動装置を用いて、作製を試みた。ファンクションジェネレータで2-1028 Hzのサイン波刺激を作製し、直線加速度計を用いて周波数特性を求めた。特性を加味して、ホワイトノイズを出力するセットを作製した。被験者の頸部・下腿にセットする装置を作製したが、振動装置の自重が大きく、被験者が背負えるサイズには出来なかった。

現在、高周波部分を振動スピーカで、低周波部分をリニアアクチュエータで出力する新規な小型振動刺激装置を作製中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計2件)

長谷川達央、視覚的に誘発されるリーン錯覚の検討、第56回宇宙航空環境医学会、H22/11/13、所沢

他、平成22年度JAXA宇宙環境利用科学委員会 第6回「宇宙環境へ適応するための感覚-運動ゲインコントロール」についての研究チーム会合でも報告した