

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500236

研究課題名(和文)無意識的な身体運動制御における両眼視差の影響

研究課題名(英文)Effect of binocular disparity on unconscious body actions

研究代表者

金子 寛彦 (Kaneko, Hirohiko)

東京工業大学・総合理工学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60323804

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、両眼視差とその時間的变化が、ヒトの身体運動制御に果たす役割を明らかにすることを目的とし、特に広い視野中の垂直方向の視差の分布と水平方向の頭部運動との関係について実験的に調べた。

その結果、視覚対象へ頭部を向ける課題において、対象周囲の静的な垂直視差が影響を持つことが明らかになった。また、視覚対象に頭部方向を保つ課題において、動的な垂直視差変化が無意識的な頭部運動を誘発する被験者も見られたが、ほとんどの被験者では垂直視差による頭部運動への影響は見られなかった。以上の結果は、垂直視差が運動制御に何かしらの影響を持つと考えられるものの、その量や質には大きな個人差が存在することを示す。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the influence of static and dynamic disparity on the control of body and action. Especially, we examined whether the distribution of vertical disparity in a large visual field affects horizontal head movements.

The results indicate that static vertical disparity in the surround affects the goal of head pointing to a target. The results also showed that vertical disparity oscillation did not affect unconscious head movement, except for a few observers. These results indicate that the information of visual direction from vertical disparity has some effects on the control of action, although there is individual difference in the process.

研究分野：視覚情報処理

キーワード：垂直視差 頭部運動 眼球運動 空間認識 視方向 行動 頭部傾斜感覚

## 1. 研究開始当初の背景

左右眼網膜像の違い(両眼視差)が人間の奥行き知覚に寄与することは古くから知られており,その特性やメカニズムに関する研究は数多くなされている。しかし両眼視差に関するこれまでの研究はほとんどが,両眼視差と奥行き知覚の関係についてのものであり,両眼視差が眼球,運動,身体などの運動を行う上で果たしている役割については,十分に理解されているとは言えない。特に,無意識的な周辺視野の視差情報と運動応答との関係についての研究はほとんど見られない。しかし,両眼視差情報の処理メカニズムの理解,そして,よりよい立体画像・映像の作成のために,無意識的な運動・行動における両眼視差の役割を明らかにすることが必要不可欠であり,本研究は,それを目指した先駆的な研究であると言える。

## 2. 研究の目的

本研究では,広い視野中の両眼視差の分布および時間的な変化が,眼球・頭部・身体の運動制御に果たす役割を明らかにすることを目指した。今回は,特に広い視野中の垂直方向の視差(垂直視差)と水平方向の頭部運動との関係に着目し,それらの関係を定量的に明らかにすることを目的とした。

研究においては,まず,垂直視差の分布形状と時間変化条件をパラメータとして,頭部運動反応を計測する実験を行い,その結果から,それらの関係を定量的に記述する。本研究で行うことは,網膜像からのフィードバックによって自分自身の眼球,頭部,身体的位置を検出,補正する機構の性質を調べることでもある。両眼視差が外界の空間構造に関する情報になると考えるだけでなく,観察者自身の眼球,頭部,身体的位置情報として働くと考えことは発想の転換であり,両眼視差処理機構の解明において新たな視点を与える。また,本研究の結果から両眼視差と運

動・行動反応の関係が明らかになれば,3D映像の臨場感の向上や危険性,疲労の低減につながることも期待され,3D映像システムの発展に大きく貢献し,感性的な情報の呈示手法一般にも影響を与えることになる。

## 3. 研究の方法

広い視野中の両眼視差が,無意識的に生じる運動・行動制御に果たす役割を明らかにするという目的のため,垂直視差が準静的及び動的に変化する刺激を広視野に呈示し,それを観察する被験者の,頭部,及び眼球,身体の運動をポジションセンサ,眼球運動計測装置,重心動揺計を用いてそれぞれ計測した。その結果より,それぞれの運動に与える垂直視差の影響を定量的に明らかにする。

## 4. 研究成果

本研究の成果の主要な部分は,視覚対象へ頭部を向ける課題(頭部ポインティング課題)における,対象周囲の静的な垂直視差の影響に関する項目と,視覚対象に頭部方向を保つ課題(頭部方向保持課題)における,動的な垂直視差変化に夜無意識的な頭部運動に与える影響に関する項目に分けられる。以下にそれぞれについて,成果の要点を述べる。

(1)頭部ポインティング課題における静的垂直視差の影響。

この研究における一つの実験では,図1に示すような垂直線分上に並んだ静止刺激を用いて,垂直視差が頭部ポインティングに与える影響を調べた。対象の垂直大きさ視差(VSR: Vertical size ratio = 右眼像垂直方向サイズ / 左眼像垂直方向サイズ)は,頭部正面を1として,対象が右にいくほど大きく,左にいくほど小さくなる。したがって,VSRを実際より大きくすれば,対物が実際より右に存在する状態をシミュレートしたことになる。頭部ポインティングとはターゲットが頭部正面にくるように頭部を回転させることであるか

ら、もし、頭部ポインティングを行う際の方向手がかりとしてVSR が利用されているならば、VSR を大きくしたときに頭部はより右方向に回転すると予想される。本実験では画面上では5種類のVSRを持ち、左へ約25°から右へ約25°の位置をシミュレートしたターゲットに頭部ポインティングを行い、VSRの違いによって頭部ポインティング方向に変化が生じるかどうかを調べた。

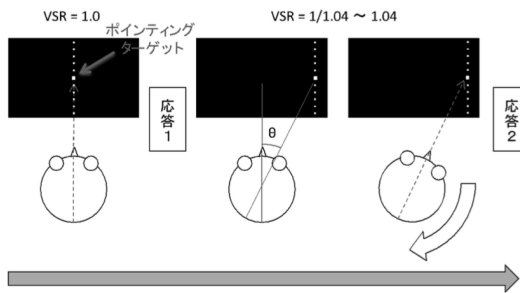


図1 実験における1試行の流れ。

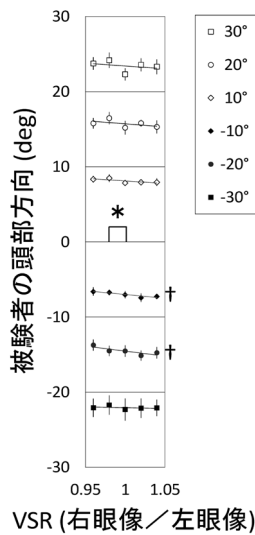


図2 頭部ポインティングの結果。

結果を図2に示す。横軸は刺激のVSRで、縦軸は被験者の応答時の頭部方向(正符号が上から見て反時計回り)である。6つのシンボルは刺激の水平方向の呈示位置を表す。

結果より、VSRが大きくなると頭部方向が右(時計回り)にずれる傾向がみられた。これは予測された方向と一致しており、頭部ポインティングにおいてVSR(垂直視差)が方向手がかりとして利用されていることを示

唆する。しかし、VSRの変化による頭部ポインティング角度の変化は最大で2°程度と、理論的な値と比較して小さい値であった。

(2)頭部方向保持課題における動的垂直視差の影響。

本実験では、垂直視差の変化が頭部方向の変化を誘発するのではないかと予測し、その影響を調べた。図3に示すように、身体の正面にある対象を両眼で注視した場合(上図)、頭部の方向によって垂直視差パターン(VSR)は異なる(下図)。このため、対象を注視している被験者に、時間的に変化する垂直視差パターンを呈示すれば、視覚系は意図しない頭部運動が起きたと認識して、それを打ち消すような頭部運動を行うと予想した。図4に呈示する垂直視差パターンの一例と、その時予想される被験者の頭部運動を模式的に示す。被験者は当初VSR1.0の刺激を頭部正面で観察している(左図)。そこへVSRを1.05にすることで、被験者は垂直視差から通常は頭部が左に回転したことを示す情報を受け取る(中図)。そこで、頭部方向の安定を保つために、無意識に右への頭部回転運動が誘発されると予想される(右図)。

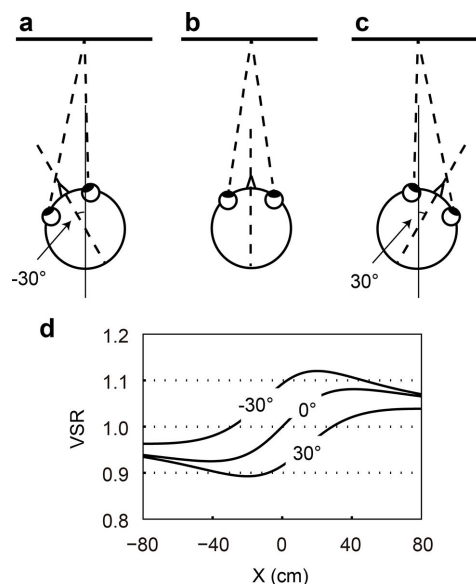


図3 頭部位置と垂直視差(VSR)の理論的關係。

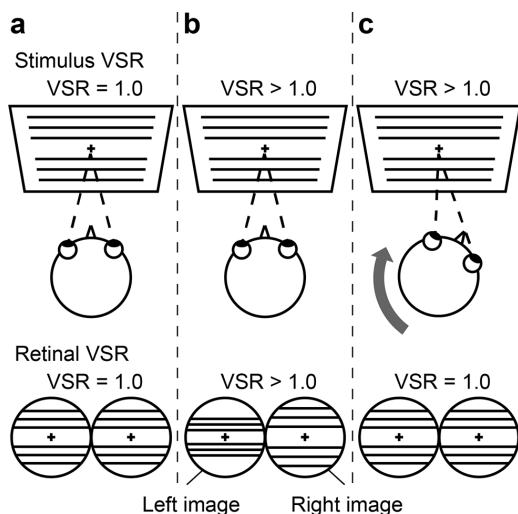


図4 垂直視差の変化とその時予想される頭部運動の一例。

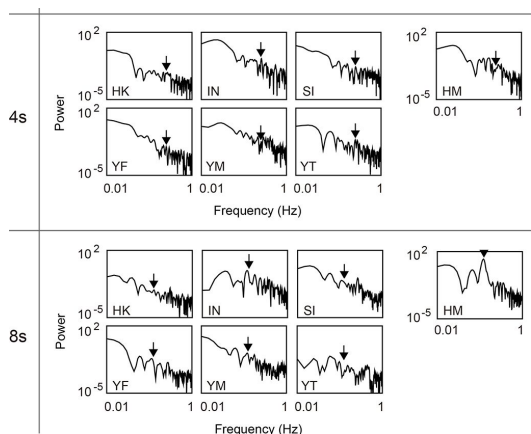


図5 垂直視差の変化とその時予想される頭部運動の一例。

図5に頭部方向の変動データに対して行った、FFTによるパワースペクトル分析の結果を示す。各パネルは各被験者の結果であり、横軸は周波数、縦軸はパワーである。図の上下は垂直視差の変動周期の違いである(上4sec, 下8sec)。また図中の矢印は、刺激の変動周波数を示している。

これより、被験者HM, INの8sec条件, YTの4sec条件など、いくつかの条件においてVSRの変化とほぼ同様の周期を持つ頭部運動がみられた。この周期的頭部運動は、VSRの変化によって頭部正面と知覚される位置が変化し、無意識にそれを補正しているために生じていると考えられる。しかし、その他のほとんどの条件においては垂直視差による

頭部運動への影響は見られなかった。以上の結果は、垂直視差が運動制御に何かしらの影響を持つと考えられるものの、その量や質には大きな個人差が存在することを示す。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Toru Maekawa, Hirohiko Kaneko, "Does Changing Vertical Disparity Induce Horizontal Head Movement?", PLoS ONE, 査読有, 10(9), 2015, e0137483, DOI: 10.1371/journal.pone.0137483

前川 亮, 金子寛彦, "頭部ポインティングにおける両眼視差の影響", Vision, 査読有, 26(3), 2014, 109-121

<http://www.visionsociety.jp/VISION/vol26/no3/VISION260301.pdf>

Aki Tsuruhara, Hirohiko Kaneko, So Kanazawa, Yumiko Otsuka, Nobu Shirai, Masami K. Yamaguchi, "Infants' sensitivity to vertical disparity for depth perception", Optical Review, 査読有, 20(3), 2013, 227-281.

DOI: 10.1007/s10043-013-0050-1

〔学会発表〕(計 29 件)

和田佳郎, 山中敏彰, 重力感受性障害 (Gravity Perception Disturbance, GPD) の疾患概念, 第61回日本宇宙航空環境医学会大会, 2015年11月20日, 慈恵医大(東京)

和田佳郎, 山中敏彰, 村井孝行, 北原 紘, 体操トップアスリートの頭部傾斜感覚の特性, 第116回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会, 2015年05月21日, 東京

前川 亮, 金子寛彦, 垂直および水平視差変化による受動的頭部運動, 日本視覚学会2015年冬季大会, 2015年01月22日, 新宿 (東京)

和田佳郎, 山中敏彰, 村井孝行, 北原紘, 倉田純一, 頭部傾斜感覚の機能的意義, 第73回日本めまい平衡医学会, 2014年11月06日, 横浜市 (神奈川)

Hirohiko Kaneko, Takashi Adachi, Toru Maekawa, Effect of changing vertical disparity on perceived trajectory of moving object, The 10<sup>th</sup> Asia-Pacific Conference on Vision, 2014年07月21日, Takamatsu, Kagawa

Yoshiro Wada, Head tilt perception in normal subjects and patients with vertigo/dizziness, International Updating Course-Workshop in Neurotology, 2014年06月28日, Mexico City, Mexico

前川 亮, 金子寛彦, 両眼視差分布の存在による頭部ポインティング方向の変化, 視覚学会2014年冬季大会, 2014年01月23日~2014年01月24日, 工学院大学 (東京)

足立 崇, 金子寛彦, 物体運動に伴う垂直視差の時間的変化が運動方向知覚に与える影響, 電子情報通信学会HIP研究会, 2013年11月19日, 東北大学 (仙台)

足立 崇, 金子寛彦, 物体運動に伴う垂直視差の時間的変化が絶対距離知覚に与える影響, 日本視覚学会2013年夏季大会, 2013年07月25日~2013年07月26日, 札幌市立大学 (札幌)

前川 亮, 金子寛彦, 背景の視覚情報の有無による頭部ポインティングの精度の

違い, 2013年07月25日~2013年07月26日, 札幌市立大学 (札幌)

Wada Y, Takeda N, Tsukamoto K, Repeated snowboard exercise with conflict between body rotation and delayed visual feedback in the virtual reality world enhances head stability and slalom run performance in the real world in normal young subjects, 2nd Joint World Congress of ISPGR and Gait and Mental Function, 2013年6月22日~2013年6月26日, Akita, Japan

和田佳郎, 山中敏彰, 清水直樹, 細井裕司, 頭部静的roll傾斜中のSVVとOCRによる新しい平衡機能検査法の試み, 第114回日本耳鼻咽喉科学会総会, 2013年5月15日~2013年5月18日, 札幌 (北海道)

前川 亮, 金子寛彦, 垂直視差が頭部方向の制御に与える影響, 平成24年度JAXA宇宙環境利用科学委員会第8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」WG会合, 2013年03月09日, 京都

前川 亮, 金子寛彦, 頭部方向制御における垂直視差の影響, 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「自己身体 の運動が関与する多感覚統合」, 2013年01月11日, 東北大学 (仙台)

和田佳郎, 金子寛彦, 平田 豊, 放物線飛行中のOcular counter-rollingに対する重力と視覚情報の影響, 第58回日本宇宙航空環境医学会, 2012年11月17日, 豊橋 (愛知)

前川 亮, 金子寛彦, 両眼視差とオプティカルフローが頭部方向制御に与える影

響の比較，日本視覚学会2012年夏季大会，  
2012年08月08日，山形大学（山形）

〔図書〕（計 3 件）

金子寛彦，誠信書房，誠信心理学辞典  
〔新版〕（下山晴彦 編集代表），2014，  
1088(155-158)

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

金子 寛彦（KANEKO, Hirohiko）  
東京工業大学・総合理工学研究科・准教授  
研究者番号： 60323804

### (2)研究分担者

和田 佳郎（WADA, Yoshiro）  
奈良県立医科大学・医学部・特任講師  
研究者番号： 80240810