T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	頭部方向の制御における両眼視差の役割に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	前川亮
Author(English)	Tooru Maekawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10037号, 授与年月日:2015年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:金子 寛彦,内川 惠二,小池 康晴,伊東 利哉,渡邊 淳司
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10037号, Conferred date:2015/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

博士課程学位論文

論 文 要 約

THESIS OUTLINE

東京工業大学
大学院総合理工学研究科
物理情報システム専攻
前川亮

本論文では，両眼視差が方向手がかりとして頭部方向に与える影響についての研究成果を報告している．論文は 7 章で構成され，第 1 章序論では，頭部中心方向推定とその手がかり，特に両眼視差について説明している．第 2 章では，本研究の主な実験で用いられた実験装置と実験刺激について述べている．第 3 章から第 5 章では，本研究で行われた主な実験 3 つの結果を報告している．各章のタイトルは，第 3 章「周辺の視覚情報が頭部ポインティングに与える影響」，第 4 章「能動的頭部運動における両眼視差の影響」，第 5 章「受動的頭部運動における両眼視差の影響」である．第 6 章では，総合考察を述べる．主な考察内容は，行動と知覚における両眼視差の働きの違い，そして刺激視野の大きさが両眼視差処理に与える影響である．そして第 7 章にて，本研究の結論を述べている．ここでは，各章の内容について簡潔に紹介する．

最初に実験の背景と目的を説明する．我々は普段，眼に映る物体の方向を知り，その方向に頭を向けたり手を伸ばしたりすることができる．これらの行為を行うためには頭部に対する対象の方向を知る必要がある．頭部に対する対象の方向を知る手がかりには，大きく分けて，眼筋の運動情報と，対象周辺の視覚情報の 2 つが考えられる．これまでの視方向研究の分野においては，ほぼ眼筋の運動情報のみが扱われ，対象周辺の視覚情報についてはほとんど調べられてこなかった．これは一般的な視環境において，対象周辺の視覚情報の影響がほとんどないと考えられていたためである．しかしながら，暗所における視方向推定の不安定さを示した研究などから，対象周辺の視覚情報が方向推定において役割を持つことは示唆されており，その働きを明らかにすることは方向推定について調べる上で重要である．

本研究では，対象周辺の視覚情報として，両眼視差の垂直方向成分である垂直視差が方向推定に使われていると推測した．垂直視差は幾何学的には頭部に対する対象の方向の情報を持つことが示されている．この情報は眼球方向や網膜上の物体の座標に依存せずに利用することができるため，眼筋の運動情報とは異なる状況で有効に働くと考えられる．しかしながら，これまでに行われた垂直視差と方向知覚に関する研究では，その影響は非常に弱いまたはないという結果が報告されている．

それらに対して本研究では，知覚的な視覚情報処理と行動のための視覚情報処理が異なるために，影響が見られていないのではないかと考えた．Goodale & Milenr (1995) は視

覚情報処理には知覚と行動の 2 つの異なる経路が存在するという仮説を提唱し，その根拠として，視覚情報が知覚されないにも関わらず行動には影響を与える実験結果を示した．それと一貫して両眼視差の分野においても，広い視角の一様な視差は，知覚には弱い影響しか与えないのに対して，眼球運動や身体動揺といった運動の制御には比較的強い影響を与えるという結果が報告されている．これは，広い視角の両眼視差が知覚よりもむしろ行動の際の手がかりとして利用されていることを示唆しており，方向推定においても同様の傾向が見られると予測される．したがって本論文では，方向に関する行動である頭部方向を応答方法に用いて研究を行った．

実験には広視野に両眼視差刺激を呈示するための偏光板付プロジェクタと大型スクリーン，また頭部運動を計測するためのポジションセンサと LED ターゲット付きヘルメットなどを使用した．これらは実験目的に必要な精度を得るため，実験前に十分なキャリブレーションを行った．

以降は実験内容について述べる．実験は大きく 3 つに分かれ，それぞれ，周辺の視覚情報が頭部ポインティングに与える影響，能動的頭部運動における両眼視差の影響，受動的頭部運動における両眼視差の影響について調べた．周辺の視覚情報が頭部ポインティングに与える影響を調べる実験は，周辺の視覚情報が頭部中心方向推定に利用されていることを確認するために行った．その後，頭部運動を能動的頭部運動と受動的頭部運動に分け，それぞれに対して両眼視差が与える影響を調べた．

最初に周辺の視覚情報の影響の実験について述べる．本研究では周辺の視覚情報が方向推定に利用されていることを前提としているが，実験的には確認されていない．そこで，それが正しいことを確認し，その性質を調べるための実験を行った．結果から，視覚情報の存在が頭部ポインティングの確度を高めるというもので，視覚情報が方向推定に利用されていることが確認された．また，頭部ポインティング課題においてはポインティングに十分に長い時間をかけたときのみ，視覚情報の影響があらわれることも示している．

次に，能動的頭部運動の実験では，応答方法にターゲット刺激の方向へ頭部を向ける課題である頭部ポインティング課題を用いた．その際に，ターゲット周囲の両眼視差をシミュレートすることで，対象周辺の視覚情報としての両眼視差が頭部方向に与える影響を調べた．結果，ターゲットが右（または左）にあることを示す視差を呈示すると，それに対応して頭部ポインティングが右（または左）にずれるという傾向が見られた．ただし，影響の大きさは理論値に対して 1-2%と非常に小さかった．これらの結果から，両眼視差は能動的頭部運動である頭部ポインティング時に方向手がかりとして利用されていること，しかしその影響の大きさは他の方向手がかりに比べて小さいということが明らかになった．

最後に，受動的頭部運動への両眼視差の影響を調べた．実験の課題には反射的な姿勢制御のメカニズムを利用した．大画面を見ているときに画面全体を 1 方向に動かすとそれにつられて身体も動く．これは視覚情報を使って姿勢を制御するメカニズムであるが，本研

究では広視野の両眼視差の変化も同様の影響を与えると考えて，その影響を調べる実験を行った．実験では被験者は意識的な運動はせずにターゲットを見続けた．その際の対象周辺の両眼視差を変化させ，対応する頭部運動を記録した．結果はややあいまいで，いくつかの実験ではほとんど視差変化の影響がみられなかったが，ある程度の影響が見られた実験もあった．この原因ははっきりとはわからないが，1 つの可能性としては両眼視差の信頼度の違いが考えられる．影響の見られなかった実験では実験上の統制のために，実験目的とは無関係の視差が定義しづらいような刺激を用いていた．そのことが視覚システムにおける視差全体の信頼性を低下させ，視差を利用されにくくしてしまったのかもしれない．まとめると，両眼視差は状況によっては受動的な頭部運動を誘発することが明らかになった．

これらの結果から，行動と知覚における両眼視差の働きの違い，そして刺激視野の大きさが両眼視差処理に与える影響について推測することができる．視差の情報は狭い領域での局所的な処理と広い領域の広域的な処理とで大きく分かれており，狭い領域の処理は視対象に関する情報を得るために使用し，広い領域の処理は眼球位置・方向や頭部位置・方向を推測するために使われる．そのために，広い領域の視差の影響は本研究のような頭部運動課題を用いることで明らかにすることができると考えられる．

最後に，本研究により得られた主な成果を以下にまとめる．

1. 周辺の視覚情報が頭部中心方向手がかりとして用いられることを確認した．これによって，方向手がかりとなりうる視覚情報の影響を調べることの意義が生じた．また，視覚情報の影響の性質として，視覚情報の存在がポンティングの確度を高めることがわかった．
2. 頭部ポインティングに周辺の視覚情報が影響を与えるには，十分に長い時間をかけたポインティングが必要なことがわかった．これは，視覚情報が頭部方向手がかりとして働くためには，頭部運動のフィードバックとして用いられる必要があることを示唆している．
3. 頭部ポインティング時に現実と異なる頭部方向を示す両眼視差情報を与えることで，頭部ポインティング方向が変化することがわかった．両眼視差は頭部ポインティング課題において，方向手がかりとして使用されていることを示す．
4. 両眼視差の時間的な変化が，条件によっては，受動的な頭部運動を誘発することを示した．これは両眼視差がオプティカルフローなどと同様に，身体運動や姿勢の安定性を保つのに寄与している可能性を示唆している．