

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2014

課題番号：22500188

研究課題名(和文)大きな両眼網膜像差による人間の空間認識における運動の役割

研究課題名(英文)Effects of target motion on human depth perception from very large binocular disparity

研究代表者

佐藤 雅之(Sato, Masayuki)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号：40336938

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：大きな両眼網膜像差による奥行き知覚における刺激の運動の効果について検討した。具体的には、刺激の運動方向、観察者の運動方向、刺激の大きさ(空間周波数)、刺激の速度(時間周波数)、単眼性立体効果における運動、静的な変位の効果について検討した。実験結果から、2つの点刺激を水平方向に逆位相で動かした場合に立体視の促進効果が得られること、観察者が左右に動いた場合には効果が大きく、前後に動いた場合には効果が小さいこと、0.3 c/deg付近で大きな効果が得られること、4 Hz付近で大きな効果が得られること、単眼性ではないこと、静的な効果ではないこと、が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Effects of target motion on human depth perception from very large binocular disparity were examined. Specifically, (i) dependency on stimulus motion direction, (ii) on observer motion direction, (iii) on target size (spatial frequency), (iv) on target velocity (temporal frequency), (v) effects of static target displacement, (vi) influence of motion on monoptic depth were examined. The results showed that prominent facilitation was obtained (i) when two point stimuli moved horizontally in counter phase, (ii) when an observer oscillated horizontally, not back and forth, (iii) at about 0.3 c/deg, (iv) at about 4 Hz and that this is a (v) dynamic (vi) binocular effect.

研究分野：視覚心理物理学

キーワード：両眼網膜像差 運動視差 奥行き情報統合 空間周波数チャンネル 時間周波数チャンネル 視差エネルギー モデル 複視 奥行き知覚

1. 研究開始当初の背景

両眼網膜像差や運動視差は人間の視覚系にとって有効な奥行き手がかりであるが、過剰な両眼網膜像差は複視を生じ[1]、また、過剰な運動視差は運動知覚を生じ[2]、奥行き知覚を生じないため、これらの手がかりは小さい奥行きを知覚する際にのみ有効であり、大きな奥行きを知覚するには有効でないと考えられている。

一方、最近の我々の研究[3]により、両眼網膜像差と運動視差を組み合わせることにより、これまでこれらの奥行き手がかりが有効でないと考えられてきた大きな奥行きの範囲においても、非常に鮮明な奥行きが知覚されることが明らかになった。これは、知覚心理学や神経生理学における新しい問題を提起しているだけでなく、3次元映像表示システムや仮想現実システムを設計する上でも非常に興味深い事実である。

参考文献

- [1] C. W. Tyler: Sensory processing of binocular disparity. C. M. Schor and K. J. Ciuffreda (eds): *Vergence eye movements: Basic & clinical aspects*. Butterworths, Boston, 199-295, 1983.
- [2] H. Ono and H. Ujike: Motion parallax driven by head movements: Conditions for visual stability, perceived depth, and perceived concomitant motion. *Perception*, **34**, 477-490, 2005.
- [3] 宮屋敷英弘・佐藤雅之: 大きな両眼視差領域における運動視差による立体視の促進効果. *Vision*, **19**, 87-96 (2007).

2. 研究の目的

本研究の目的は、これまでに行ってきた実験の条件を拡張することにより、この奥行き情報統合の特性を詳細に明らかにし、そのメカニズムを解明することである。

3. 研究の方法

心理物理学的な実験により、次の6点について検討した。

- (1) 刺激の運動方向依存性
- (2) 観察者の運動方向依存性
- (3) 刺激の大きさ(空間周波数成分)依存性
- (4) 刺激の速度依存性
- (5) 単眼性立体効果における運動の影響
- (6) 静的な変位の効果

4. 研究成果

- (1) 刺激の運動方向依存性  
2つの点刺激を水平方向に逆位相で動かした場合に立体視の促進効果が得られる。

- (2) 観察者の運動方向依存性  
観察者が左右に動いた場合には効果が大きく、前後に動いた場合には効果が小さい。

(3) 刺激の大きさ(空間周波数成分)依存性

図1に実験で用いたテスト刺激をステレオグラムにより示す。固視点の上と下に1次元DoGターゲットを呈示し、極性の異なる網膜像差を与えた。また、水平方向の正弦波状の運動を反対の位相で与えた。

図2に、両眼網膜像差量の関数として、コントラスト感度(奥行きが知覚されるために必要なコントラストの逆数)を示す。視差エネルギーモデルによる予想に反して、中程度の大きさ(もしくは空間周波数成分)をもつターゲットに対して最大の感度が得られた。これは、刺激の大きさに同調する非線形メカニズムによって大きな網膜像差が検出されることを示唆している。

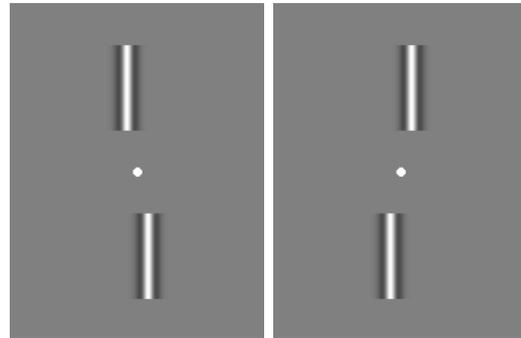


図1. テスト刺激(ステレオグラム)

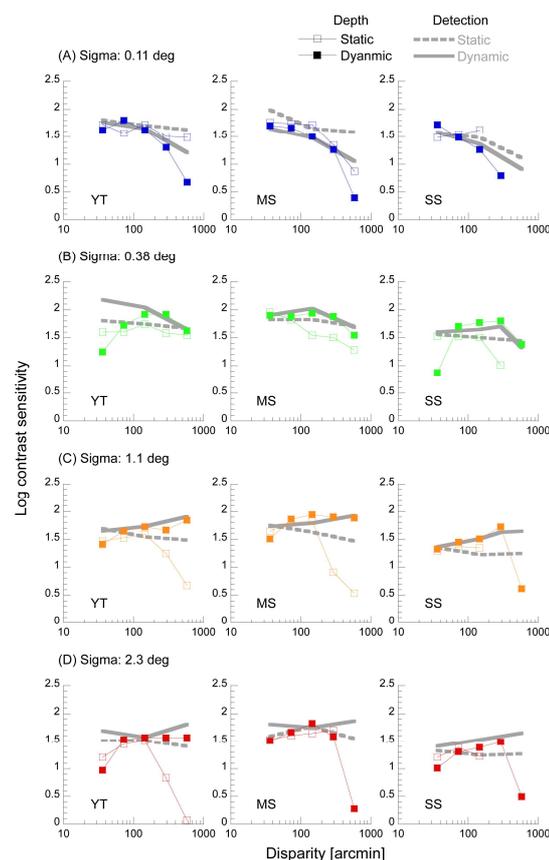


図2. 刺激の大きさ(空間周波数成分)によるコントラスト感度の違い

#### (4) 刺激の速度依存性

図3に、刺激の速度の関数としてコントラスト感度を示す。1次元DoGターゲットの空間定数が大きくなると、感度値が最大となる速度が高くなることからわかる。これは4 Hz付近の時間周波数に同調するメカニズムによって網膜像差が検出されることを示唆している。

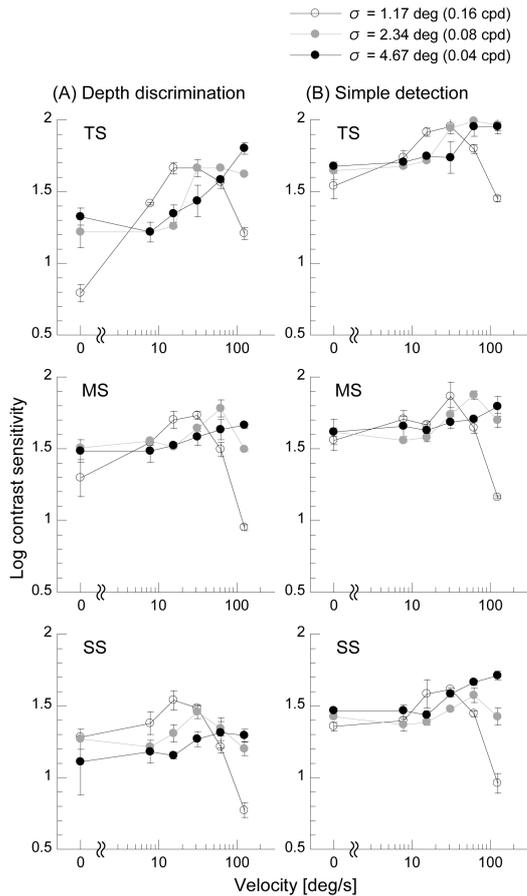


図3．刺激の大きさや速度によるコントラスト感度の違い

#### (5) 単眼性立体効果における運動の影響

単眼に呈示された刺激に対して奥行きが知覚される現象が、Monoptic depthとして知られている。刺激の網膜位置に依存して、鼻側網膜であれば遠くに、耳側網膜であれば近くに知覚されるという。これは両眼網膜像差の検出限界を超える大きな奥行きを検出するための合理的なメカニズムであると考えられている。大きな両眼網膜像差によって二重に見える刺激が動きによって奥行きが知覚されるのは、この Monoptic depth が基礎になっているのかもしれない。この可能性について検討した。

実験結果から、我々が扱っている現象は単眼性の効果ではないことが明らかになった。これは、融像できないとしても刺激が両眼に呈示されることが重要であることを意味しており、大きな両眼視差を処理するメカニズムの存在を示唆している。

#### (6) 静的な変位の効果

人間の視覚特性は、一般的に網膜偏心度によって大きく異なっている。刺激の運動による立体視の促進効果は、運動そのものは本質的ではなく、刺激の運動に伴う変位により視野の周辺部が刺激され、異なる特性が得られているのかもしれない。この可能性について検討した。

図4に示すテスト刺激を用いて、刺激を左右に動かした場合と、変位を与え、静止させた場合とで知覚される奥行き量を比較した。

図5に知覚された奥行き量を示す。立体視の促進効果は静的な変位の効果では説明できないことがわかる。これは、刺激の運動そのものが重要であることを示している。



図4．テスト刺激(アナグリフ)

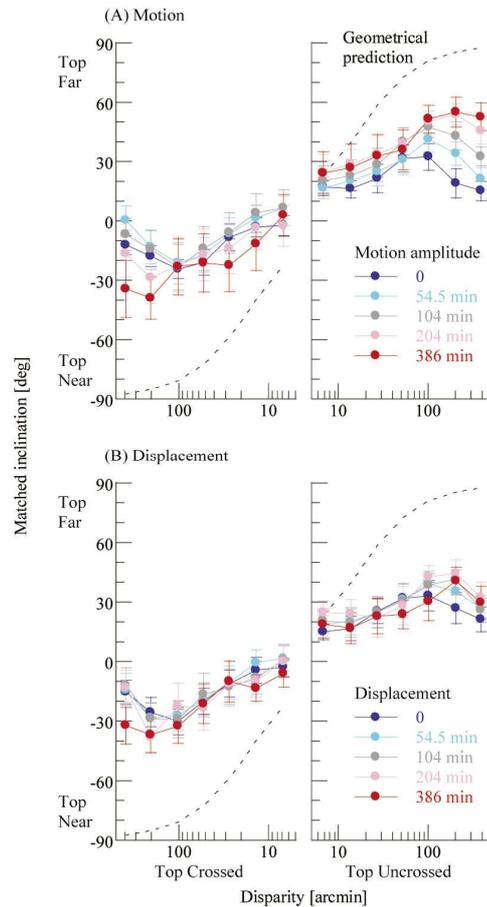


図5．知覚された奥行き量

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

佐藤雅之: 立体視における個人差・視覚の科学, 査読無, 35, 33-37 (2014).

玉田靖明・伊東文博・須長正治・佐藤雅之: 大きな両眼網膜像差による奥行き知覚における刺激の運動と変位の効果. 映像情報メディア学会誌, 査読有, 67, 479-484 (2013).

玉田靖明・佐藤雅之: 大きな両眼網膜像差による奥行き知覚における運動の効果. 視覚の科学, 査読無, 34, 100-103 (2013).

玉田靖明・佐藤雅之: 大きな奥行き知覚における運動視差と両眼網膜像差の相互作用の頭部運動方向依存性. 映像情報メディア学会誌, 査読有, 66, 182-187 (2012).

玉田靖明・日野貴之・池浦仁美・三浦耕平・佐藤雅之: 刺激の運動が両眼性と単眼性の奥行き知覚におよぼす効果. 映像情報メディア学会誌, 査読有, 65, 1776-1782 (2011).

〔学会発表〕(計10件)

Masayuki Sato: Individual differences in stereopsis and affecting factors. The Tenth Asia-Pacific Conference on Vision (2014). 7月19日~7月22日, かがわ国際会議場(香川県高松市)

佐藤雅之・須長正治: 大きな網膜像差を処理するメカニズムの速度同調性. 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会 (2013). 9月12日~9月13日, 情報通信研究機構ユニバーサルコミュニケーション研究所(京都府)

Masayuki Sato and Shoji Sunaga: Velocity tunings of binocular disparity channels for very large depth. The 36th European Conference on Visual Perception. Perception, 42 supplement, 117 (2013). 8月25日~8月29日, プレーメン(ドイツ)

佐藤雅之・須長正治: 大きな両眼網膜像差を検出するメカニズムの動特性~DoG刺激による空間周波数特性(もしくは大きさ同調性)の検討~. 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会 (2012). 12月2日, 沖縄産業振興センター(沖縄県那覇市)

Masayuki Sato and Shoji Sunaga: Spatiotemporal characteristics of binocular disparity channels for very large depth. The 35th European Conference on Visual Perception. Perception, 41 supplement, 71 (2012). 9

月2日~9月6日, アルゲーロ(イタリア)

佐藤雅之・須長正治: 大きな両眼網膜像差を検出するメカニズムの時空間特性~DoGによる検討~. 日本視覚学会夏季大会 Vision, 24 (2012). 8月6日~8月8日, 山形大学(山形県米沢市)

Yasuaki Tamada and Masayuki Sato: Facilitation of stereopsis by motion parallax depends on head movement direction. The 34th European Conference on Visual Perception. Perception, 40 supplement, 86 (2011). 8月28日~9月1日, トゥールーズ(フランス)

玉田靖明・日野貴之・池浦仁美・三浦耕平・佐藤雅之: 刺激の運動が Monoptic depth におよぼす影響. 日本視覚学会夏季大会 Vision, 23 (2011). 8月3日~4日, 九州大学(福岡県福岡市)

玉田靖明・佐藤雅之: 運動視差による立体視の促進効果の頭部運動方向依存性. 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会 (2011). 3月15日~16日, 東京工科大学(東京都)

玉田靖明・佐藤雅之: 前後方向の頭部運動に伴う運動視差と両眼網膜像差の相互作用. 日本視覚学会冬季大会 Vision, 23 (2011). 1月19日~21日, 工学院大学(東京都)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 雅之 (SATO, Masayuki)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授  
研究者番号: 40336938