

# 自然情景観察における頭部方向に基づく眼球位置分布の偏り Eye Position Distribution Depends on Head Direction in Natural Scene Viewing

中島 亮一<sup>†</sup>, 方 昱<sup>‡</sup>, 塩入 諭<sup>†</sup>, 松宮 一道<sup>†</sup>, 徳永 留美<sup>†</sup>, 栗木 一郎<sup>†</sup>,  
Ryoichi Nakashima, Yu Fang, Satoshi Shioiri, Kazumichi Matsumiya,  
Rumi Tokunaga, Ichiro Kuriki

<sup>†</sup>東北大学電気通信研究所, <sup>‡</sup>東北大学大学院情報科学研究科

Research Institute of Electrical Communication, Graduate School of Information Sciences, Tohoku University  
rnaka@riec.tohoku.ac.jp

## Abstract

In a daily life, we usually move our eyes together with head motion to obtain information from wide area of visual environment. In this study, we examined relationships between eye and head movements while viewing large natural scene images. Participants, sitting on a chair, moved their head and eyes naturally to view a scene image for 5 seconds, and their eye and head orientations were recorded. We analyzed the eye and head movement data to obtain frequency distribution of eye position as a function of head orientation. The results showed a clear correlation between horizontal eye position and horizontal head orientation. That is, when the head directed to the left or right, the peak frequency of eye position shifted also to the left or right (relative to the head), respectively. In contrast, there was no correlation between the vertical eye positions and head orientations. These findings may suggest that there is a mechanism that controls head-eye correlation specifically for horizontal direction.

**Keywords — Eye Movements, Head Orientation, Scene Viewing**

## 1. はじめに

我々は日常生活において、視野中の詳細な視覚情報を獲得するために、眼球運動により順次対象を網膜中心部に投影する。広範囲の視覚情報に対しては、通常眼球のみならず頭部が運動する。例えば、日常生活の様々な行動（絵画鑑賞や読書など）においては、眼球運動は15度以内であることが多いが[1]、それ以上の範囲を見る場合には頭部が動く。また、数十度周辺に視線を移動する場合は、まず頭部が動き、その後眼球を動かし、対象を視野中心にとらえることも報告されている[2, 3]。これらのことから、大きな注意の移動においては、頭部と眼球の協調的運動を制御する機構が働くと考えられる[4, 5]。

人の頭部と眼球が協調的に動くことは古くから報告されている（例えば[6, 7]）が、その多くは、点刺激を呈示しそこに視線を向けさせるような、比較的単純な環境設定における実験に基づいている。そのような限定的な実験環境では、日常生活で働く頭部、眼球の協調過程を十分にとらえることはできない。我々は、広い視野でかつ視線移動が数秒間連続する実験条件における頭部運動と眼球運動の関連について研究を行っている。

我々は先行研究において水平方向360度視野での視覚探索課題（TL探索：多くのLの中からTを探す課題）を行い、その時の頭部運動と眼球運動の関係を検討した[8]。その結果、頭部が胸部に対して左側（右側）を向いている時、眼球位置の平均は頭部方向に対して左（右）に偏り、頭部が胸部に対して正面を向いている時には、頭部に対して正面に集中する傾向があることを見いだした。さらに眼球位置分布は、頭部運動速度（方向と速さ）にも依存し頭部が左方向（右方向）に運動している時、眼球位置分布も左側（右側）に偏る傾向がみられた。これらの結果に基づき、頭部方向と頭部運動速度とから、頭部に対する眼球方向の分布推定がある程度可能であることも示した。これは、眼球運動測定ができない環境においても、頭部方向から視線位置を確率的に推定することが可能であることを意味する。

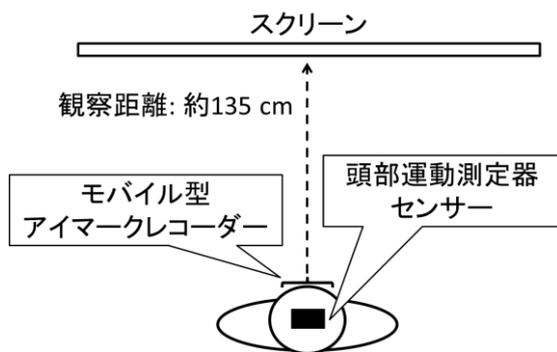
本研究では、頭部方向に基づく眼球位置分布の偏りという知見が、視覚探索課題に特有なものではなく、より一般的なものであるか否かについて検討した。実験刺激として自然情景を用い、刺激

中の物体をただ観察するという課題を課した。前報で視覚探索課題に対して得られた頭部運動と眼球運動の協調と、同様の結果が得られるという予測のもと、頭部運動と眼球運動の関係性を測定した。

## 2. 実験

実験は、科学技術振興機構による戦略的創造研究推進事業（CREST）のアウトリーチ活動の一環として、イベント会場で行われた。実験参加者は来場していた 60 代までの男女 257 名（平均年齢 21.8 歳，男性 149 名，女性 108 名）であった。

(a)



(b)



図 1 実験状況(a), および自然画像の例(b)

実験では、椅子に座った参加者の前にスクリーンを設置し、そこにプロジェクタを用いて自然情景画像（視角約 53 度 × 41 度，観察距離約 135cm）を呈示した（図 1）。1 枚の画像の呈示時間は 5 秒

間であった。実験課題は、頭部と眼球を自由に動かして画像を観察することであった。参加者の頭部に 3 次元磁気センサー（Polhemus Fastrak）を装着し、頭部運動を計測した。それと同時に、モバイル型アイマークレコーダ（EMR-9）を装着して、参加者の眼球運動も記録した。実験における刺激呈示の制御，眼球運動，頭部運動データの取得は Matlab を用いて行なった。1 人の参加者が 3 枚の画像を観察した。

## 3. 結果

課題を行なった 260 名のうち，30 名分のデータは測定機器の不具合により取得できなかったため，残りの 230 名分のデータを分析対象とした。実験中，参加者は椅子に座った状態で頭部を動かしていたため，胸部方向は正面であると仮定した。つまり，頭部方向とは，胸部に対する頭部方向を示している。まず，頭部方向の分布を計算したところ，水平，垂直方向ともに，頭部方向の 90% 以上は左右，上下方向に 12 度以内の範囲に分布していた（水平方向：93.5%，垂直方向：97.3%）。そこで，この範囲内での各頭部方向における頭部に対する眼球位置の分布を計算した。

まず水平方向成分について分析を行なった。頭部が左右，正面を向いている時の眼球位置分布を求めた（図 2）。我々の先行研究の結果と同様に，頭部が左側（右側）を向いている時，眼球位置は頭部方向に対して左（右）に偏り，頭部が正面を向いている時には，眼球位置は頭部に対して正面に集中するという傾向も見られた。さらに，頭部運動速度ごとに同様の分析を行ったところ，頭部が左向き（右向き）に運動している時，眼球位置分布も頭部方向に対して左側（右側）に偏っているという結果が得られた。そして，頭部方向と，各頭部方向における眼球分布のピークとなる位置の相関を求めたところ（図 3），非常に高い相関が見られた（決定係数： $R^2 = .93$ ）。

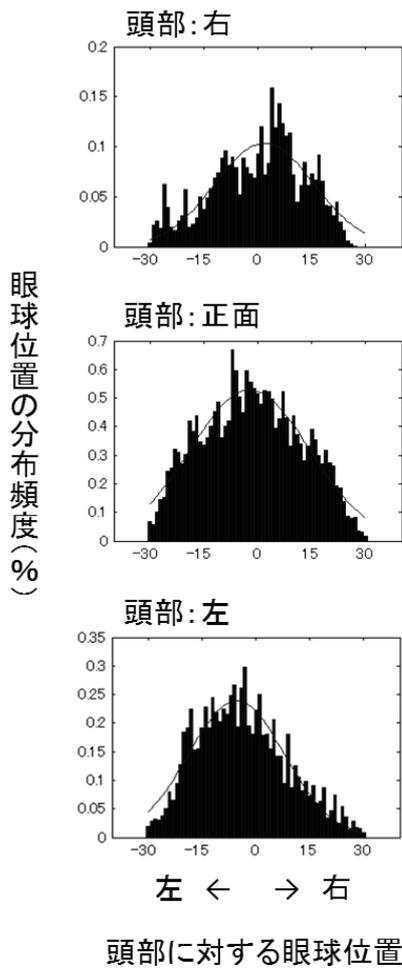


図2 水平方向における頭部方向と眼球方向分布の関係。頭部が左右を向くと、眼球位置分布も頭部と同じ方向に偏る。

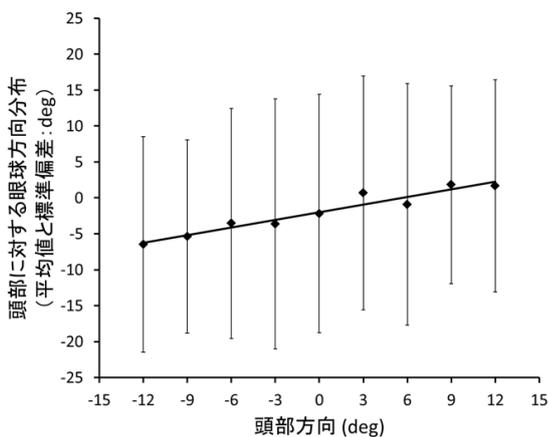


図3 水平方向における頭部方向と眼球分布のピーク位置の関係。両者には非常に高い相関が見られた。

次に、頭部方向と眼球分布の関係について、垂

直方向成分についても同様の分析を行った。水平方向とは異なり、頭部が垂直方向のどこを向いても、眼球位置分布はほとんど変化せず、頭部と同じ方向を中心とした分布となった(図4)。頭部運動速度についても同様の分析を行ったところ、頭部が上向き(下向き)に運動している時、眼球位置分布は上側(下側)に偏っているという結果が得られた。ただし、この偏りは非常に小さいものであった。よって、垂直方向に関しては、頭部方向に基づく眼球位置分布の偏りは水平方向と比較すると非常に小さいと考えられる。また、頭部方向と、各頭部方向における眼球分布のピーク位置の相関を求めたところ(図5)、相関は見られなかった(決定係数:  $R^2 = .00$ )。

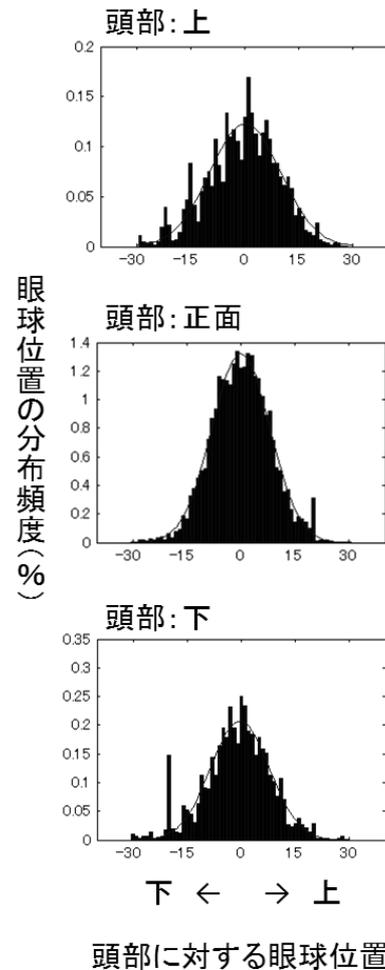


図4 垂直方向における頭部方向と眼球方向分布の関係。頭部が上下を向いても、眼球位置分布にはっきりとした偏りは見られない。

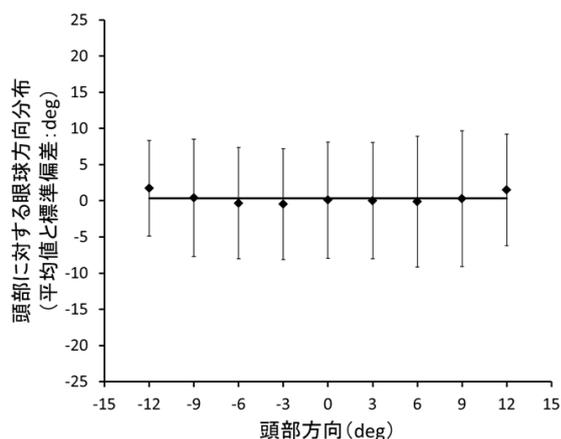


図5 垂直方向における頭部方向と眼球分布のピーク位置の関係。両者には相関は見られなかった。

#### 4. 考察

水平方向に関しては、頭部が胸部に対して左（右）方向に向けられているとき、頭部に対する眼球位置分布も同方向、すなわち左（右）に偏るという結果を示した。これは、我々の先行研究の結果[8]と一致している。頭部運動と眼球運動の水平方向における協調[4, 5]は、視覚探索だけでなく、自然情景観察時に対しても同様であり、眼球位置の頭部方向への偏りは、一般化できることが示唆された。

一方、垂直方向に関しては、眼球位置分布が頭部と同方向に偏るという傾向は見られず、常に頭部方向を中心とした分布を示した。水平、垂直方向ともに、頭部方向はほぼ同じ範囲（90%以上が $\pm 12$ 度以内）に分布していたため、この違いを頭部変化の範囲に帰すことはできない。これはまた、刺激が横長であることの問題でもないことも示唆する。

これらの結果は、頭部運動と眼球運動の協調過程は、水平方向と垂直方向では異なることを示す。水平方向には、頭部が向いた方向のさらに先を眼球が向くような協調過程が考えられるが、垂直方向に関しては、眼球位置は頭部方向と独立に制御されていると言えそうである。眼球運動測定ができない環境において、頭部方向から視線位置を推定することを考えると、頭部方向情報が有効であり、水平、垂直について異なる扱いをすることで

推定精度の向上が見込まれる。

#### 参考文献

- [1] Bahill, T. A., Adler, D., & Stark, L. (1975). "Most naturally occurring human saccades have magnitudes of 15 degrees or less." *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, Vol. 14, pp. 468-469.
- [2] Doshi, A. & Trivedi, M. M. (2012). "Head and eye gaze dynamics during visual attention shifts in complex environments." *Journal of Vision*, Vol. 12, No. 2(9), pp. 1-16.
- [3] Einhauser, W., Schumann, F., Vockeroth, J., Bartl, K., Cerf, M., Harel, J., Schneider, E., & Konig, P. (2009). "Distinct roles for eye and head movements in selecting salient image parts during natural exploration." *Basic and Clinical Aspect of Vertigo and Dizziness*, Vol. 1164, pp. 188-193.
- [4] Freedman, E. G. & Sparks, D. L. (2000). "Coordination of the eyes and head: movement kinematics." *Experimental Brain Research*, Vol. 131, pp. 22-32.
- [5] Stahl, J. S. (1999). "Amplitude of human head movements associated with horizontal saccades." *Experimental Brain Research*, Vol. 126, pp. 41-54.
- [6] Barnes, G. R. (1979). "Vestibulo-ocular function during co-ordinated head and eye movements to acquire visual targets." *The Journal of Physiology*, Vol. 287, pp. 127-147.
- [7] Zangmeister, W. H. & Stark, L. (1982). "Types of gaze movement: Variable interactions of eye and head movements." *Experimental Neurology*, Vol. 77, pp. 563-577.
- [8] Fang, Y., Nakashima, R., Matsumiya, K., Tokunaga, R., Kuriki, I., & Shioiri, S. (2012). "Eye position distribution depends on head orientation." *Poster presentation in the 12th Annual Meeting of Vision Science Society*, Vol. 12, No. 9, p. 1248.