

# 左右反転視野でのリーチングに果たす手の見えの役割

平野 奈実  
積山 薫

熊本大学文学部  
熊本大学文学部

People can reach out their own hands to the object quickly and accurately without seeing the hands. In novel visuomotor arrangements such as reversed visual field by prism spectacles, visually guided reaching becomes difficult because of the discrepancy between apparent and spatial positions. In the above situation, the trajectories would be modified by trial and error. Here we examined the role of the visual information about reaching hand in the left-right reversed visual field by manipulating the view of the hand. Participants were asked to reach out their right hand to the visual target. Reaction time, movement time and error distance were measured during the trials. Whereas the view of the hand played only a small role in the normal visual field, the effect of the visual hand was prominent in the reversed visual field in such a way that reaching with the visible hand was much slower and more accurate than without it. These results suggest that people utilize visual information about their hand to correct the trajectories of reaching by trial and error in the reversed visual field.

Keywords: visuo-motor coordination, view of the hand.

## 問題・目的

われわれは、手を見なくても素早く正確にリーチングを行うことができる。このように途中の感覚フィードバック情報を用いずに行う運動は、弾道運動と呼ばれる。一方、左右反転視野の下では、ターゲットの見かけの位置と実際の位置との間に矛盾が生じる(Figure 1)。すなわち、左右反転めがねを着用した状態でFigure 1aのターゲットにリーチングする時、ターゲットの見かけの位置はFigure 1bになる。ゆえに、視野を左右反転させると、見えと実際の位置との間に矛盾が生じ、正確なリーチングが困難になる。Kawato et al.(1987)は、ターゲットの視覚情報と手の体性感覚情報から軌道を計算し滑らかな弾道運動を行うための内的表象を想定した。彼らはこれを“内部モデル”と呼んでいる。反転視野では、通常用いられている内部モデルが有用でないため、手の動きを観察しながら軌道を修正する必要があるだろう。本研究では左右反転視野でのリーチングにおいて、運動中の手の見えの有無をシャッターゴーグルで操作し、その役割を検討した。



Figure 1. An example of the actual (a) and perceptual (b) target positions when the visual field is reversed by prism spectacles.

## 方法

**実験参加者** 熊本大学の学生28名 ( $M = 20.6$ 歳,  $SD = 2.33$ )が実験に参加した。すべての参加者は、正常な視力を有し、エディンバラ利き手テスト(Oldfield,1971)に

より右利きと判定された(側性係数 $M=0.97$ )。

**装置** Windows2000をOSとするPC、デジタル出入力ポートおよびMicrosoft Visual Basic 6で作成したプログラムにより制御し、反応を記録した。刺激はタッチモニタに呈示された。観察距離は約50cmとし、顎台で参加者の頭部を固定した。また、通常視条件では液晶シャッターゴーグルを、反転視条件では左右反転めがねと液晶シャッターゴーグルを用いた。

**刺激** ターゲットは直径 $0.34^\circ$ の白円、凝視点は直径 $0.23^\circ$ の赤円とした。背景は黒色であった。

**手続き** 試行はキー押しによって開始され、参加者はターゲットが呈示されるまでキーを押し続け、ターゲット呈示後、できるだけ正確に速くリーチングしよう教示された。実験は4セッションから成り、被験者にはセッションごとに異なる観察条件下で課題を行うよう求めた。各セッションは24試行から成った。第1の条件は通常視・フィードバックあり条件(NF条件)であった。NF条件では、試行の開始から終了まで常に液晶シャッターが開き、課題中の手先の位置に関する視覚情報が与えられ続けた。第2の条件は通常視・フィードバックなし条件(NN条件)であった。NN条件では、刺激が呈示されリーチングが始まると、リーチング中の視覚情報が奪われた。ただし、試行の終了とともに到達位置とターゲット位置との誤差情報が与えられた。第3の条件は反転視フィードバックあり条件(RF条件)であった。RF条件は左右反転めがねを用い、NF条件と同様に視覚情報を連続的に与える手続きをとった。第4の条件は反転視フィードバックなし条件(RN条件)であった。RN条件は、左右反転めがねを用い、NN条件と同様にリーチング開始と同時に視覚情報を奪う手続きとした。

## 結果

試行の開始からリーチングの開始までをRT, リーチングの開始から終了までをMT, ターゲット位置と到達位置との差を逸脱距離としてFigure 2からFigure 4に示した. RT, MT, 逸脱距離について分散分析を行ったところ, すべての測度に関して視野の主効果, 視覚フィードバックの主効果および交互作用が有意であった ( $p < .01$ ). 単純主効果の検定を行ったところ, RTはいずれの視野条件でも手が見えない時の方が長くなること示された. 一方, MTは, 通常視野では手が見えない時の方が, 反転視野では逆に手が見える時の方が長くなること示された. さらに逸脱距離は, 通常視野では手の見えの有無による差はわずかであったが, 反転視野では手の見えない時の方が見える時に比べ, 逸脱距離が顕著に大きくなること示された.

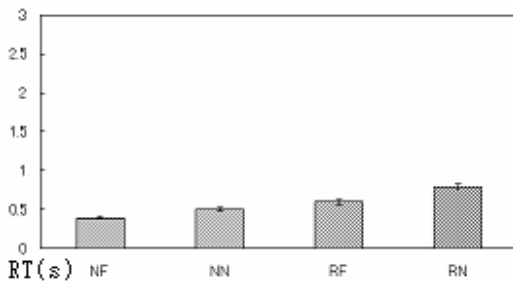


Figure 2. Mean reaction time of all participants in each condition.

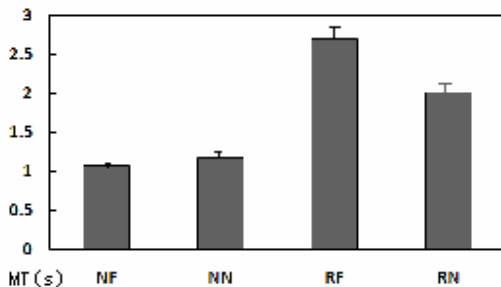


Figure 3. Mean movement time of all participants in each condition.

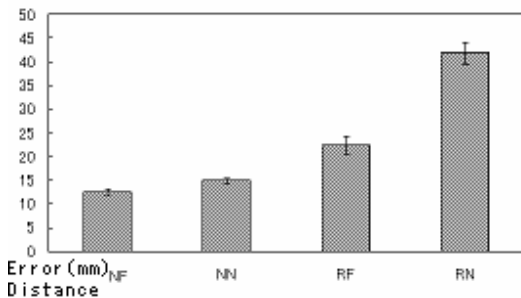


Figure 4. Mean error distance of all participants in each condition.

## 考察

MTおよび逸脱距離の分析結果から, 通常視野では, 手が見えているとリーチングがより素早く正確になる傾

向がみられたが, 反転視野では運動中に手が見えていると, 見えない時に比べてリーチングの正確さは増すが, 課題の遂行に必要な時間は長くなる傾向がみられた. RF条件のときにMTが大きくなった原因は, 視覚情報と運動系の情報との対応づけがない状況下において被験者が課題をできるだけ逸脱距離が小さくなるように行おうと試行錯誤したためであると考えられる. 逆にRN条件では, フィードバックが奪われている間, 視野が左右反転していると知識のレベルではわかっているにもかかわらず, リーチング中は誤差を知らされる術がなかった. そして誤差の程度が確認できるのは, 到達した瞬間だけであった. ゆえに, 正確に課題を行うことよりも, 素早く行うことの方に重きが置かれたのであろう. このことから, 特に反転視野において, リーチング中の手の見えは, 軌道の修正に用いられていることが示唆された.

リーチング課題を用いた反転視野への順応実験において, 行動データとしては主に課題の遂行時間や逸脱距離, 軌道が検討されてきた(e.g. Sugita, 1996; Sekiyama et al., 2000). 運動中の手の見えの効果の検討を加えることによって, 新たな内部モデルが獲得される過程をより客観的に分析することが可能になると考えられる. また, 内部モデルの座やそこに保持される情報について小脳や頭頂連合野などで生理学的な検討も行われており(Imamizu et al., 2000; 村田, 2004), 研究成果を運動スキルの向上や医療リハビリテーションへ応用することが期待されている.

## 謝辞

本研究の実施にあたり, 科学研究費補助金(19330160, 研究代表者 齋藤洋典)の補助を受けた.

## 引用文献

- Imamizu, H., Miyauchi, S., Tamada, T., Sasaki, Y., Takino, R., Pütz, B., Yoshioka, T., & Kawato, M. (2000). Human cerebellar activity reflecting an acquired internal model of a new tool. *Nature*, 403, 192-195.
- Kawato, M., Furukawa, K., & Suzuki, R. 1987 A hierarchical neural-network model for control and learning of voluntary movement. *Biological Cybernetics*, 57, 169-185.
- 村田哲(2004). 手操作運動のための脳内表現. *Vision*, 16, 141-147.
- Sekiyama, K., Miyauchi, S., Imaruoka, T., Egusa, H., & Tashiro, T. (2000). Body image as a visuomotor transformation device revealed in adaptation to reversed vision. *Nature*, 407, 374-377.
- Sugita, Y. (1996). Global plasticity in adult visual cortex following reversal of visual input. *Nature*, 380, 523-526.