

眼球運動系の適応的変化のタイムコース： 研究班 WG「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」 活動報告

奈良県立医科大学 和田佳郎、産業技術総合研究所 小高泰、松田圭司、京都大学 三浦健一郎、
田端宏充、久代恵介、奈良先端科学技術大学院大学 柴田智広、東京工業大学 金子寛彦、広島
市立大学 疋田真一、中部大学 平田豊

Time course of adaptive eye movement responses: Working Group Report of "Adaptive Gain Control in Sensory-Motor System for Space Environment"

Yoshiro Wada

Nara Medical University, Kashihara, Nara 634-0813

E-Mail: wada@naramed-u.ac.jp

Yasushi Kodaka, Keiji Matsuda

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, Ibaraki 305-8568

Kenichiro Miura, Hiromitsu Tabata, Keisuke Kushiro

Kyoto University, Kyoto, Kyoto 606-8501

Tomohiro Shibata

Nara Institute of Science and Technology Kyoto University, Ikoma, Nara 630-0192

Hirohiko Kaneko

Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Kanagawa 226-8503

Shinichi Hikita

Hiroshima City University, Hiroshima, Hiroshima 731-3194

Yutaka Hirata

Chubu University, Kasugai, Aichi 487-8501

Abstract: Our working group is conducting physiological, engineering and psychological studies on adaptive ocular responses in order to investigate the neural mechanism of sensory-motor plasticity in long-term space environment. In this symposium, we introduce one of our studies, in which the adaptive change of eye movements evoked by visual, vestibular and somatosensory inputs during dynamic visual acuity experiments are examined in healthy human subjects.

Key words: Sensory-motor, Adaptation, Vestibule-ocular reflex, Cervico-ocular reflex

1. 研究班 WG の目的

環境変化に対する感覚 - 運動系の適応的変化は、脳の責任部位によってタイムコースが大きく異なることが知られている。中でも大脳の適応が最も柔軟で、online gain control と呼ばれるほどである。それに比べて、下位中枢神経系における適応変化はゆっくりではあるが、一度適応するとその変化は長い期間にわたって定着する。われわれはそのような感覚 - 運動系の特性を巧みに利用して、地上のさまざまな外的環境の変化に適応してきた。しかし、近い将来実現する宇宙生活は、人類がこれまで体験したことのない環境であり、うまく適応できるかどうかは未知である。特に、感覚 - 運動系における適応過程のタイムコースの違いが、どのような不都合を生み出すか懸念される。本研究班 WG では、これらの問題点を予測するために、感覚 - 運動系のモデルとして視覚、前庭覚、体性感覚によって駆動する眼球運動系に注目し、その適応的変化に関する多角的な研究をおこなっている（図 1）。

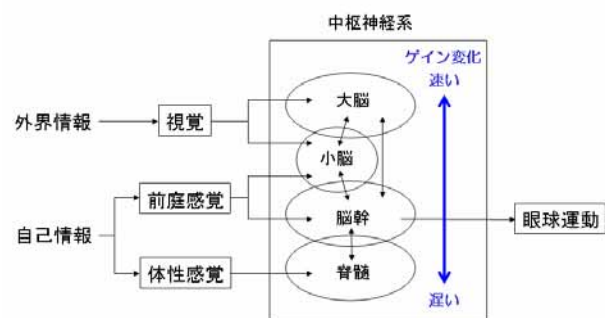


Fig.1 Scheme of visual, vestibular and somatosensory evoked eye movements

2. WG メンバー間の交流活動

本研究班 WG メンバーの共通 keyword は“眼球運動”である。しかし、その background は生理学、工学、心理学と広い分野にわたっているため、お互いの研究内容の理解を深めることを目的に、第 1 回研究班 WG 会合（2006 年 3 月 1～2 日、京都）を開催した。表 1 はそのプログラムの抜粋である。

Table 1 Program of WG meeting

3月1日(水)	
13:20-13:50	「VORゲイン調整の座を探して」 平田 豊
13:50-14:20	「過去の経験の履歴に基づく追跡眼球運動の準備のためのゲイン調整」 田端 宏充 (京都大学 医学研究科 認知行動神経科学)
14:20-14:50	「空間知覚を理解するためのアプローチ」 久代 恵介
15:10-15:40	「空間知覚の適応的变化」 金子 寛彦
15:40-16:10	「適応的なVOR-OKR、円滑性追跡眼球運動、サッカドの統合制御モデル ～ロボティクスの立場から～」 柴田 智広
16:10-16:40	「画像処理による視線計測法」 松田 圭司
3月2日(木)	
9:10-9:40	「Biophysical properties of premotor burst neurons may be important in determining saccadic dynamics」 三浦 健一郎
9:40-10:10	「視覚入力と前庭入力による直線運動の認知」 小高 泰
10:30-11:00	「眼-筋協運動時における運動知覚によるVORの抑制」 正田 真一
11:00-11:30	「頭部運動が動体視力にとって不利か有利か？」 和田 佳郎

さらに、インターネット上に本 WG の情報交換の場を設けた (<http://157.110.90.37/xoops/spacewg/>)。これにより、メンバー間の日常の交流活動がよりいっそう活発になることが期待される。

3. 研究の紹介

ここでは、和田が進めている頭部 - 眼球運動と動体視力に関する実験を紹介する。

右方向の運動物体に対する動体視力を考えると、頭部静止条件 (図 2 A) では、視覚駆動性眼球運動 (SP) のはたらきが重要である。体全体を右方向に回転させると (図 2 B)、右方向の頭部運動によって左方向の前庭駆動性眼球運動 (VOR) が誘発され、SP とは逆方向であることから動体視力にとっては不利にはたらく。したがって、動体視力を向上させるためには VOR を抑制しなければならない。では図 2 C のように頭部だけを右方向に回転させるとどうなるであろうか？この場合、SP、VOR に加えて頸部筋紡錘の入力により体性感覚駆動性眼球運動 (COR) が誘発される。しかし、COR の機能は依然として不明な点が多く、COR による眼球

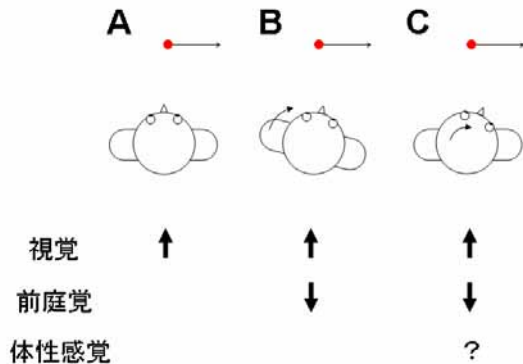


Fig. 2 Experimental conditions

運動の方向も報告者によりまちまちである。もし、COR のはたらきが明らかになれば、このような眼球運動を指標にして視覚、前庭覚、体性感覚の相互関係を定量的に評価することが可能である。そこで、本来は外傷予防のために使用するマウスガードが頸部筋緊張に影響を与えることを利用して、COR のはたらきを検討した。図 3 左は、図 2 C の条件下におけるマウスガードなしでの頭部 - 眼球運動、咬筋および頸筋の筋活動の測定例であり、この例では右方向の頭部回転中に左方向の眼球運動が出現している。これは、SP、VOR、COR の総和であるといえる。ところが同じ条件下でマウスガードを装着すると、左方向の眼球運動が小さくなるという現象が認められた (図 3 右)。これは、マウスガードによって COR が変化した結果であり、相対的に右方向の眼球運動が駆動したことを意味している。現在、本実験の成果を基にして、視覚、前庭覚、体性感覚の適応的变化についての研究を計画中である。

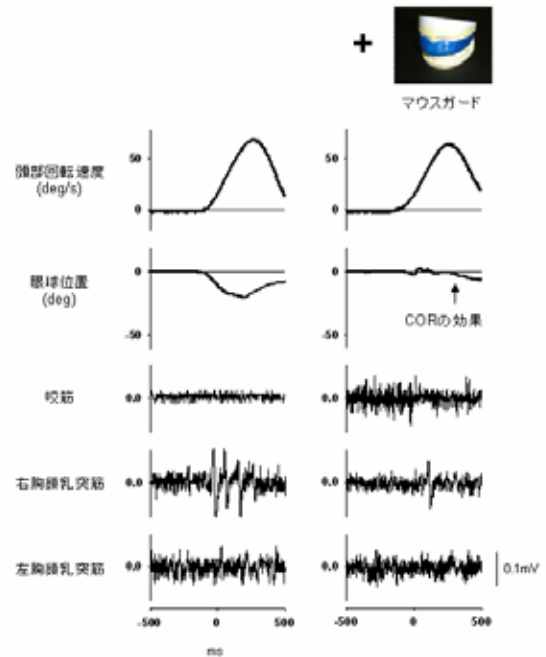


Fig.3 Recording data