

ISS 実験計画：放物線飛行による微小重力および過重力下での傾き感覚に対する視覚と頸部深部感覚の関与

金子寛彦（東工大）、和田佳郎（奈良医大）、平田豊（中部大）、柴田智広（NAIST）、小高泰、松田圭司、岩木直（AIST）、三浦健一郎、久代恵介、鹿内学（京大）、疋田真一（広島市大）、長谷川達央（京都府医大）、水科晴樹（ATR）、五島史行（日野市立病院）、野村泰之（日本大）、村井紀彦（京都桂病院）、松延毅（防衛医大）、栗田昭宏（さいたま赤十字病院）、原田竜彦、伊藤泰明（国際医療福祉大熱海病院）

Visual and Neck Proprioceptive Contributions to Perceived Head Tilt under micro- and hyper-gravity during Parabolic Flight

Hirohiko Kaneko*, Yoshiro Wada, Yutaka Hirata, Tomohiro Shibata, Yasushi Kodaka, Keiji Matsuda, Sunao Iwaki, Kenichiro Miura, Keisuke Kushiro, Manabu Shikauchi, Shinichi Hikita, Tatsuo Hasegawa, Haruki Mizushima, Fumiyuki Goto, Yasuyuki Nomura, Norihiko Murai, Takeshi Matsunobu, Akihiro Kurita, Tatsuhiko Harada, Yasuaki Ito

*Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Kanagawa 226-8503

E-Mail: kaneko@ip.titech.ac.jp

Abstract: We conducted parabolic flight experiments as a pilot study of a planned space experiment to clarify the mechanism of spatial orientation during long-term space life. Under microgravity and hypergravity (1.8G and 1.5G) during parabolic flight, the subjective visual body axis (SVBA) was measured in three head roll-tilt conditions (20 degrees rightward, upright, and 20 degrees leftward) with/without visual information in four normal subjects. The head tilt perception (head roll-tilt minus SVBA) data were plotted against the head roll-tilt under the same gravity and visual conditions, and the slope of the linear regression line was calculated as the gain in tilt perception. In the dark, all subjects showed decreased gains in tilt perception under microgravity in comparison with normal gravity. By contrast, the gains in tilt perception varied in response to hypergravity. Visual information affected the gains in tilt perception under normal gravity and hypergravity, but not microgravity. Based on these results, we will design detail conditions and procedures for the space experiment.

Key words; Tilt perception, Subjective visual body axis, Micro-gravity, Hyper-gravity, Visual information, Parabolic flight

1. はじめに

宇宙では重力がなくなるため傾き感覚は存在しないと考えられてきた。しかし、1998 年におこなわれた 16 日間の宇宙滞在中の実験において、横方向の遠心加速度刺激により宇宙飛行士に傾き感覚が生じた¹⁾。これは予想外の結果であり未だそのメカニズムは不明である。そこでわれわれは、“宇宙では重力情報に代わって視覚情報や体性感覚情報、あるいは重力の記憶が傾き感覚を形成する”と考え、この仮説を検証するため 6 ヶ月間の長期宇宙滞在中に傾き感覚を経時的に観察する宇宙実験を計画した。この提案が ISS 利用ライフサイエンス分野及び宇宙医学分野の国際公募の候補テーマに選定され、現在準備を進めているところである。

2. 目的

上記宇宙実験の実験条件や手順を検討する目的で、放物線飛行中の微小重力および過重力環境下に

て予備実験を実施した。

3. 実験方法

実験は健常成人 4 名を対象に、航空機内で被験者を座位にて体幹を固定し、放物線飛行中の微小重力、その前後の過重力（1.8G、1.5G）、地上の 1G という各種重力環境下において（図 1）、3 種類の頭部傾斜条件（直立、左右 20 度の roll 傾斜）（図 2）

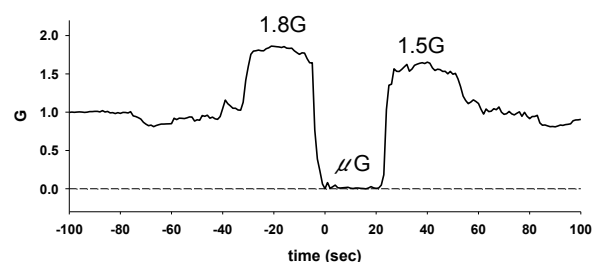


図 1 放物線飛行中の重力変化

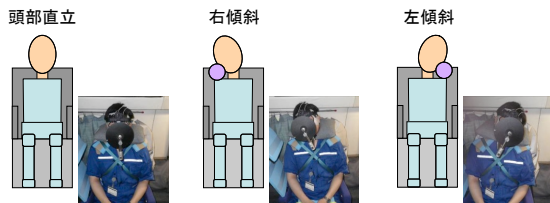


図2 頭部傾斜条件

と2種類の視覚条件(暗所、明所)を組み合わせた6種類の実験条件下にて自覚的身体軸方向(Subjective visual body axis、SVBA)を測定した。

SVBAの測定は宇宙実験で使用予定のDokodemo SVBA測定装置を使用し、バイトバーに接続している柄の先端のdisc(被験者の眼前18 cm、直径15 cm)上のbarを手動にて自覚的な身体軸方向に合わせるよう指示した。SVBAは約20秒間の各重力環境下に3回連続して測定した。実験後、被験者の前額部に取り付けたカメラと被験者前方50 cmに設置したカメラの映像から、各条件下における頭部傾斜角度(身体軸と頭部軸の角度)と頭部傾斜感覚(頭部傾斜角度-SVBA)を求めた。頭部傾斜角度を横軸、頭部傾斜感覚を縦軸としてデータをプロットするとほぼ直線になることから、近似直線のslopeを傾き感覚Gain(=1:正確、>1:傾きを過大評価、<1:傾きを過小評価)としてあらわした。

4. 結果

図3に4名の暗所および明所での各重力環境下における傾き感覚Gainの結果を示す。暗所での傾き感覚Gainは、1Gでは1前後(1.50, 1.32, 0.87, 0.67)であったがバラツキが大きく、微小重力になると4名とも1Gの時よりも小さくなった(それぞれ1.20, 0.80, 0.16, 0.35)。過重力(1.8G)になると傾き感覚Gainが1Gで1より大きい被験者はさらに大きく、1Gで1より小さい被験者はさらに小さくなる傾向が認められた。明所になると傾き感覚Gainは1G、過重力では4名とも1に近づいたが、微小重力ではほとんど変化がなかった。

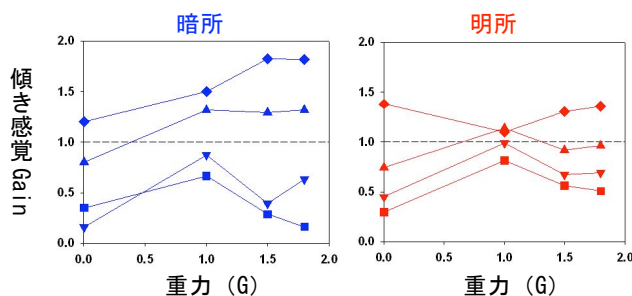


図3 微小重力および過重力下での傾き感覚

5. 考察

暗所、微小重力では視覚情報や重力情報が無いにも関わらず傾き感覚Gainは4名の平均が0.63と0よりも十分に大きかった。この結果は、傾き感覚が体性感覚情報(主に頸部深部感覚)あるいは重力の記憶により生じたことを強く示唆している。今回は20秒間の急性効果であったが、宇宙実験では長期的な効果を検討する計画である。

暗所では1Gから過重力になると、頸部深部感覚情報および耳石器からの信号が増加することから傾き感覚Gainは同じかやや大きくなるものと予想していたが、逆に小さくなる被験者が2名認められた。この2名の傾き感覚Gainはいずれも1Gで1より小さく、1G以外の非日常の重力環境では通常と異なる情報が抑制される特性を有している場合もあるのかも知れない。

明所では視覚情報があるため傾き感覚Gainは暗所よりも1に近づく(より正確になる)と予想し、1Gや過重力では予想通りであった。しかし、微小重力では視覚の効果がほとんど認められなかった。この理由は不明であるが、今回の20秒間という短時間の微小重力では視覚効果が十分に発揮できない可能性が考えられる。あるいは、視覚情報は他の重力情報と大きく異なる場合には影響しないのかもしれない。しかしこれも、宇宙実験による長期の効果により変化する可能性がある。

以上の予備実験の経験や結果を参考にして、準備中の宇宙実験をさらに充実した内容に改良していく予定である。

6. 参考文献

- 1) Clément G, Moore ST, Raphan T, Cohen B.: Perception of tilt (somatogravic illusion) in response to sustained linear acceleration during space flight. *Exp Brain Res*; 138: 410-8 (2001)