

## 船外活動宇宙服用弾性グローブの開発と有用性検証

岐阜大学 大学院医学系研究科 神経統御学講座 生理学分野  
田中邦彦、安部 力、森田啓之

### Development and Verification of a Gas-Pressurized Elastic Glove for Extravehicular Activity

*Kunihiko Tanaka, Chikara Abe, and Hironobu Morita*

Department of Physiology, Gifu University, Graduate School of Medicine. Gifu 501-1194

E-Mail: kutanaka@gifu-u.ac.jp

**Abstract:** We developed a gas-pressurized elastic glove for extravehicular activity (EVA) in the space. In the present study, we examined the physiological and ergonomical effects of the glove. The effects were also compared to those of a non-elastic glove, which simulated the current EVA suit used in the U.S.A and Russia, and verified the feasibility of the glove.

**Key Words;** Space Suit, Blood Flow, Electromyography, Range of Motion

現在アメリカ航宇宙局 (NASA)で用いられている船外活動用宇宙服 (Extravehicular Mobility Unit、以下 EMU)は服内部を純酸素で 220 mmHg (約 0.3 気圧)に加圧している。これは減圧症予防のため呼吸気圧と同圧に身体を加圧しなければならないためである。しかし外部の高度真空との圧較差によって服は膨張し、稼動に対する抵抗増大ならびに可動域の低下を来たしている。これら稼動性低下の原因としては、服が非伸縮性素材によって構成されているため圧較差による膨張に抗して屈曲側に「皺」を形成しなければ屈曲できないこと、屈曲側の膨張が屈曲を妨げていることなどが考えられる。今回われわれは伸縮性を有する弾性素材を使用することによってこれらの問題が解決できるのではないかと考え、船外活動に最も重要であり、かつ四肢のうち解剖学的人間工学的に最も複雑な構造を必要とする「グローブ」を試作し、その圧較差耐久性、生理学的影響、運動性能等を計測した。さらに現在使用されている非伸縮性グローブとの差異を検証し、有用性を確かめた。

#### 実験

##### 1. 圧較差耐用性、時間耐久性検証

弾性気密用グローブ(気密層)を弾性繊維で編成した布製グローブ(拘束層)で被覆した。グローブを 220mmHg (0.29 atm, 293 hPa)に加圧した。与圧を 8 時間×15 回ずつ計 120 時間行った。

##### 2. 着用実験

19 - 26 歳の右利き健康成人男女 8 名の計測は右手について計測を行った。実験を行うにあたって岐阜大学大学院医学系研究科倫理委員会の承認、宇宙航空研究開発機構倫理委員会の承認ならびに被検者から説明に基づく承諾書を得た。

安静時の手背における皮膚血流をレーザードップラー血流計(TBF-LG1, ユニークメディカル, 日本)で、皮膚温をサーミスター(SST-1, Physitemp, U.S.A)で計測した。近位指節間関節の可動域を 1 軸 Goniometer (Biometrics, UK)を用いて計測し、また最大握力を握力計によって計測した。これらの計測を 1 気圧下グローブ非装着時および圧較差生成下グローブ装着時に行った。装着実験においては、弾性あるいは現行 EMU を模擬した非伸縮性グローブを装着し、チャンバー内に挿入した後チャンバー内を-220mHg まで減圧した状態で行った。

#### 結果と考察

##### 1. 圧較差耐用性、時間耐久性検証

弾性グローブは加圧によって大気圧 (0 mmHg)から速やかに設定値に到達し、計測中の損傷を認めなかった。8 時間後ポンプ停止に伴って速やかに大気圧に復した。また、延べ 120 時間の耐用実験中も損傷を認めなかった。このことから本グローブは現行の EMU と同等の圧較差で、月面基地建設に必要とされる一人当たりの作業時間に耐用可能と考えられた。

## 2. 着用実験

グローブ着用時の皮膚血流は非着用時に比較して約 1.7 倍に増加した。また皮膚温は 1.5°C 上昇した。この変化は伸縮性、非伸縮性グローブで同様であった。このことからグローブの内部環境が、生存に最も重要である局所循環に及ぼす影響はその素材に関係なく同様であると考えられた。また、近位指節間関節の可動域は非伸縮性、弾性グローブともに素手よりも有意に小さかったが、弾性グローブの可動域は模擬 EMU よりも有意に大きかった。同様に、最大握力も素手に比較して非伸縮性、弾性グローブともに有意に小さかったが、弾性グローブのほうが非伸縮性グローブよりも有意に大きかった。これらの結果から、弾性グローブは、現行の非伸縮性素材を用いたグローブよりも繊細な作業ならびにより大きな握力を必要とされる作業双方に有効であると考えられた。