代表提案者　松本亜希子
受付番号

# 応募フォーム詳細

・A4 サイズ 10 ページ以下とします。
・以下の各項目について記入して下さい。

## １．実験テーマ名

加重力及び無重力時における上下肢の血流量の比較
（チーム名：京都大学総合人間学部／大学院人間・環境学研究科チーム）

## ２．実験の目的・概要

私達の研究室では、「第３回航空機による学生無重力実験コンテスト」において無重力への曝露による上肢と下肢での酸素飽和度の違いを検討しました。その理由は、無重力への曝露により上肢よりも下肢の骨格筋で酸素不足が顕著に生じると考えたからです。この実験では、２名の被験者がそれぞれ１２回の無重力飛行中に上肢と下肢の指先（第２指）から酸素飽和度を測定しました。その結果、

１．下肢については、２名の被験者ともに無重力への曝露開始時に酸素飽和度の低下が生じました。さらに、無重力への曝露中は酸素飽和度の低下が継続しました（図１を参照して下さい）。
２．上肢については、２名の被験者ともに無重力への曝露中に酸素飽和度の上昇が認められました（図２を参照して下さい）。

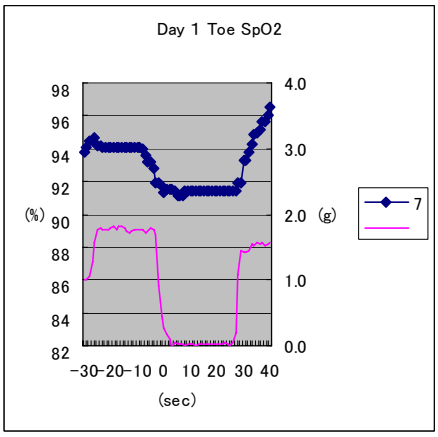



**図１．下肢の指先（第２指）の酸素飽和度の変化**
無重力に暴露されると酸素飽和度は 94.0%から 91.5%まで低下しました。25 秒間の無重力中は、酸素飽和度の低下が持続しました。図中の上の線は酸素飽和度（%）、下の線は重力（g）を示しています。横軸には、無重力の開始時間を 0 秒として時間の経過を示してあります。
第３回航空機による学生無重力実験コンテストの実験結果の一部です（2005 年 12 月に実験実施）。

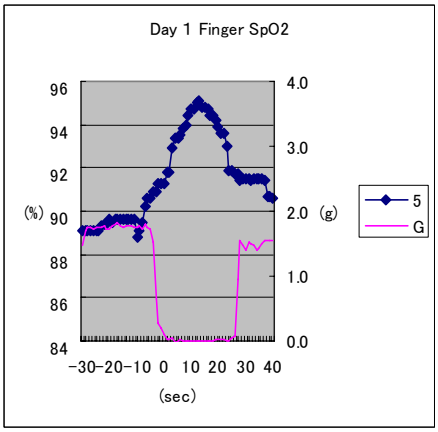



**図２．上肢の指先（第２指）の酸素飽和度の変化**
無重力に暴露されると酸素飽和度は 89.5%から 95.0%まで上昇しました。25 秒間の無重力中に酸素飽和度の上昇が認められました。図中の上の線は酸素飽和度（%）、下の線は重力（g）を示しています。横軸には無重力の開始時間を 0 秒として時間の経過を示してあります。
第３回航空機による学生無重力実験コンテストの実験結果の一部です（2005 年 12 月に実験実施）。

以上のことから、無重力への曝露により上肢よりも下肢の骨格筋で酸素不足が生じていることを明らかにしました。無重力の環境では下肢の骨格筋で萎縮が顕著に認められることが報告されています。したがって、この実験により下肢の骨格筋の萎縮には酸素の供給不足が影響していることを示唆する結果が得られました。

しかしながら、無重力への曝露時に酸素飽和度が低下していても血流量の変化を明らかにしなければ、骨格筋で酸素供給が不足していると結論できないことが分りました。そこで、本研究では、「無重力への曝露により上肢よりも下肢の骨格筋で血流量の低下が生じる」と仮説を設定しました。この仮説が検証されれば、「無重力への曝露による骨格筋の萎縮は筋活動量の減少による」とするこれまでの報告に加えて、「無重力への曝露による骨格筋の萎縮は血流量の減少による」という新たな見解を示すことができます。

この仮説を検証するために次のような実験を計画しました。

１．無重力飛行中の上肢と下肢の血流量を測定して、無重力への曝露中に上肢と下肢の血流量に違いが認められるかどうかを検討します。

２．無重力飛行中の上肢と下肢の酸素飽和度を測定して、無重力への曝露中に上肢と下肢の酸素飽和度に違いが認められるかどうかを検討します（第３回航空機による学生無重力実験コンテストの結果の再確認）。

本実験では、これらの項目を検討することにより、無重力への曝露時に生じる上肢と下肢の骨格筋での萎縮の違いのメカニズムを明らかにすることを目的としています。このような研究成果は、無重力飛行を用いた無重力への曝露実験で得られることができ、他の実験で同様な研究をすることは不可能です。

なお、宇宙飛行中には毛利衛宇宙飛行士や向井千秋宇宙飛行士の顔が腫れ上がり（ムーンフェース）、血流動態の変化が生じることは報告されています。しかしながら、上肢と下肢の血流量を比較する実験は今回が最初になります。

また、研究室では、「第３回航空機による学生無重力実験コンテスト」後にスペースシャトルで宇宙飛行した実験動物（ラット）の骨格筋を構成する筋細胞（筋線維）とそれらを神経支配する脊髄の神経細胞（ニューロン）の萎縮・変性を検討しました(Ishihara et al., 2006)。その結果、上肢の骨格筋よりも下肢の骨格筋で萎縮が顕著であり、それらを神経支配するニューロンで変性が生じていました。これらは、本研究の仮説である「無重力への曝露による骨格筋の萎縮は血流量の減少による」を強く支持する結果になります。

Ishihara A, Yamashiro J, Matsumoto A, Higashibata A, Ishioka N, Shimazu T, Ohira Y. Comparison of cell body size and oxidative enzyme activity in motoneurons between the cervical and lumbar segments in the rat spinal cord after spaceflight and recovery. Neurochemical Research, 31: 411-415, 2006.

(Yamashiro は、第３回航空機による学生無重力実験コンテストでの代表研究者、Matsumoto は、今回の学生無重力実験コンテストの代表提案者)

## ３．実験内容の区分

生物・医学

## ４．実験手順

1. Preflight

無重力飛行の当日に被験者の健康チェックを行います。飛行１時間前に被験者に血

流量測定装置（上肢用１個と下肢用１個）、テープレコーダー（１台）を装着します。左側の手と足の第２指にそれぞれ血流量測定装置を取り付けます。テープレコーダーは被験者の声や時間経過を記録するために被験者の腰に取り付けたポシェットの中に入れます。血流量測定装置、テープレコーダーを装着後にフライト前の血流量、酸素飽和度（血流量測定装置から測定できます）、脈拍数（血流量測定装置から測定できます）を測定します。

航空機に搭乗します。血流量測定装置とテープレコーダーは乾電池で作動しますので、航空機からの電源供給は不要です。

2. In Flight

航空機が動き始める直前に血流量測定装置とテープレコーダーの電源をオンにして血流量、酸素飽和度、脈拍数を連続で測定・記録します。これらの装置の電源は航空機が着陸してエンジンを停止した直後にオフにします。

3. Postflight

航空機から降りた１時間後に血流量、酸素飽和度、脈拍数の測定を行います。

4. Data Analysis

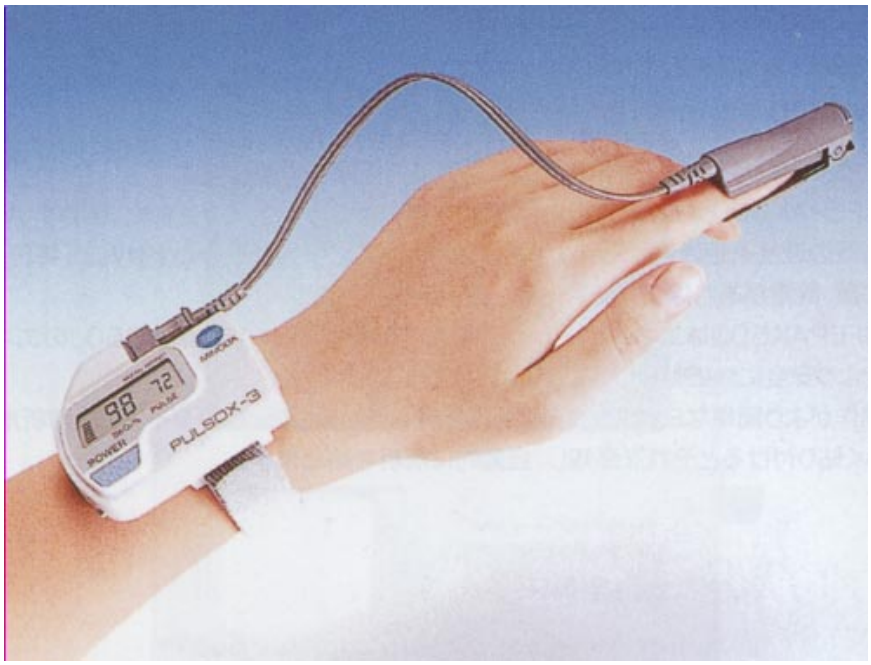
血流量測定装置をデータプリンタに接続して、血流量、酸素飽和度、脈拍数のデータをプリントアウトします。テープレコーダーの音声と時間経過を参考にして無重力に曝露時の血流量、酸素飽和度、脈拍数のデータを整理します。

## ５．実験装置概要

搭載する実験装置は下記の通りです。すべての装置を被験者に装着します。

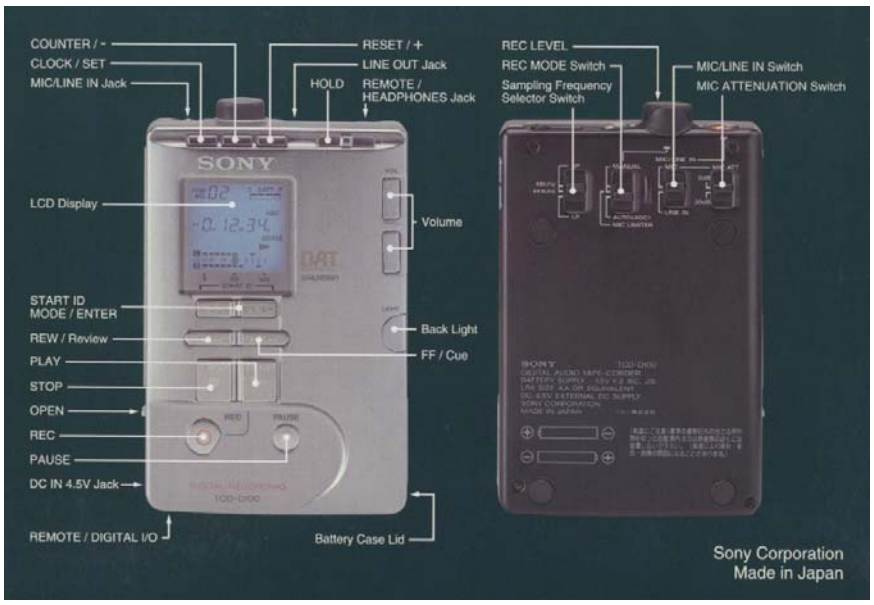
1. 血流量測定装置（２個）：コニカミノルタ社 PULSOX-3i（１個あたり単４アルカリ電池１本使用）

左側の手と足の人差し指に取り付けます。１個あたり 6.8cm（幅）×5.45cm（奥行）×2.1cm（高さ）／１個あたり 42g です。




2. テープレコーダー（１個）：SONY DAT TCD-D100（単３アルカリ電池２本使用）

腰に取り付けたポシェットの中に入れます。１個あたり 8.0cm（幅）×11.73cm（奥行）×2.92cm（高さ）／１個あたり 395g です。




## ６．実験装置のサイズ／重量概算

下記の実験装置を搭載する予定です。

1. 血流量測定装置（２個）
   １個あたり 6.8cm（幅）×5.45cm（奥行）×2.1cm（高さ）／１個あたり 42g
2. テープレコーダー（１個）
   １個あたり 8.0cm（幅）×11.73cm（奥行）×2.92cm（高さ）／１個あたり 395g

## ７．必要な電源容量概算

すべての実験装置は乾電池で作動するために電源は不要です。

## ８．実験支援装置の利用要望

該当無し

## ９．危険物等の搭載の有無

該当無し

## １０．実験実施時の航空機への搭乗希望有無

有（１フライトにつき搭乗者（実験実施者）１名）

## １１．役割分担

代表提案者

松本亜希子（京都大学大学院人間・環境学研究科）

航空機搭乗、データの解析・整理、報告書作成

共同提案者①

牧亜紗子（京都大学大学院人間・環境学研究科）

航空機搭乗、データの解析・整理、報告書作成
共同提案者②
森彩子（京都大学総合人間学部）
地上での航空機実験支援、データの解析・整理
共同提案者③
堀越佳奈子（京都大学総合人間学部）
地上での航空機実験支援、データの解析・整理

**１２．その他特記事項**

本実験で使用します「血流量測定装置」は、コニカミノルタ社が独自に開発しているもので非売品です。コニカミノルタ社には今回の実験に合わせて軽量で簡易型の「血流量測定装置」を独自に開発してもらいました。製品はすでに完成しており、予備実験を終えて本実験で使用できることを確認しています。コニカミノルタ社からも本実験で「血流量測定装置」を使用することの承諾を得ています。独自の「血流量測定装置」を使用して価値の高い実験結果が得られるものと期待しています。是非とも本提案を受け入れて頂きたくよろしくお願い申し上げます。