

## 室内環境制御時における前腕義手ソケット装着時の温度分布計測

### Temperature distribution inside the transradial prosthetic sockets under controlled environment

○ 大田弥史(東電大院) 中北麻紀子(東電大院) 大西謙吾(東電大) 河邊和宏(東電大院)

望月哲平(東電大) 高見響(東電大院) 三田友記(国リハ研) 中村隆(国リハ研)

Yasushi OHTA, Makiko NAKAKITA, Kazuhiro KAWABE, Hibiki TAKAMI, Graduate of Tokyo Denki University

Kengo OHNISHI, Tepei MOCHIZUKI, Tokyo Denki University

Tomoki MITA, Takashi NAKAMURA, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities

**Abstract:** The upper limb prosthesis is a useful tool, however, it will not be used with comfort issues. In order to improve the wearing comfort properties, it requires accumulation of hygrothermal condition data among the body, socket and atmosphere. Experiments were conducted to investigate the relation of temperature and humidity fluctuation at palm and forearm of non-amputee subjects wearing a socket at surrounding temper of 20, 25, and 30 deg C. The temperature and humidity in the socket was highest at 30 deg C. The mutual relation of temperature and humidity rise indicates the physiological response of perspiration changes the thermoregulation between 25 and 30 deg C.

**Key Words:** Upper limb prosthesis, Prosthesis socket, Body surface temperature

#### 1. はじめに

随意的に操作できる義手は上肢切断者の生活支援に機能としては有効であっても、装着快適性が悪い場合には継続使用されない。我が国のように、四季に応じて生活環境の温湿度が大きく変化する状況では、ソケットの温熱特性が装着快適性に及ぼす影響は小さくない。そこで、本研究では義手の装着快適性向上を目指すにあたっての基礎データの蓄積を目的として義手ソケット内の温湿度特性について調査を進める。その対象としてソケット装着者の体温調整の生理学的反応を含めたソケット内環境の温湿度状態変動の体系的なデータの蓄積を目標とし、ソケット外の温湿度条件に応じたソケット内の湿度、体表面温度を実験により調査する。本報告では、基礎実験として非切断者を被験者とし、室内温湿度を一定に保った実験室環境にて測定実験を実施した結果について述べる。掌部と前腕部に設置した温・湿度センサ信号間の特徴、ならびに被験者間の温・湿度センサ信号間の特徴を分析した結果を報告する。

#### 2. 室内環境制御時におけるソケット内温・湿度計測実験

室内温度がソケット内の温・湿度に与える影響を調査することを目的とし、非切断者が着用した模擬義手ソケット内の体表面温度と湿度、ならびにソケット外表面温度の変化を測定した。

前腕部に樹脂製ソケットを装着した際の温・湿度特性の調査にあたり、評価基準となるデータの蓄積と傾向分析を目的として個体差が少ないと思われる非切断者を対象とした。このため、皮膚に既往歴のない非切断者を被験者とし、右前腕に装着する模擬義手ソケットを被験者毎に製作した。なお、ソケットは、着用時に圧痛が生じないように茎状突起部などには隙間を設ける処理をしつつ自己懸垂できるように内面が体表面と密着するよう真空吸引成形した。さらに、開口部は中・長断端長の前腕切断者用に製作されるU字形状とし、内外側上顆の中枢側までを覆う形状とした。また、手指部は伸展内転位、手関節は中間位でソケットを装着できる形状とし、脱着が可能のようにソケット上部にフランジを設けて力を加えると開く構造とした。実験中はフランジをネジで締め、テープで隙間を閉じた。製作した模擬ソケット着用時の前腕を Fig.1 に示す。



Fig.1 Quasi-transradial prosthetic socket with sensor installed

四肢末端部は体中枢温を保つために放熱の調整を行っており<sup>(1)</sup>、先行実験でも室温においてソケット内で腕部に比べ手掌部の体表面温度が高い傾向にあることを確認している<sup>(2)</sup>。本実験では非切断者を対象とし、手掌部と前腕部に温度センサ、前腕中程と肘部に温湿度センサを設け、異なる室内温度で測定箇所間の温度の変動傾向を確認した。

湿度を40%で一定、温度を20, 25, 30[°C]の3条件に設定し、制御された実験室内にて、各被験者に2試行の測定データを得た。被験者は実験開始30分前に入室し、安静座位にて待機後、各条件で30分間ソケットを装着した状態で計測を行った。条件間のインターバルは30分間とし、ソケットを外して安静座位にて待機する。温度センサは掌側の中指中手骨頭から手関節の中間点(T<sub>1</sub>)と尺骨茎状突起から肘頭までの30[%]の位置(T<sub>2</sub>)の計2か所の体表面に粘着包帯を用いて固定した上でソケットを着用し計測した。また、ソケット内温度(T<sub>in</sub>)と湿度を測定する温湿度センサは尺骨茎状突起から肘頭までの20[%](H<sub>1</sub>)と80[%](H<sub>2</sub>)の位置の計2か所の体表面に粘着包帯で固定した。各センサ信号はLabVIEWにてサンプリング周期0.01[s]にて各試行中継続して記録した。本実験は東京電機大学ヒト生命倫理委員会、ならびに国立障害者リハビリテーションセンター倫理委員会の承認を受け、ソケット製作前に被験者への事前説明を行い、同意を得て実施した。

#### 3. 結果・考察

実験は被験者3名(男性、年齢:平均23±SD0.8歳)に対し行った。各センサで測定した体表面温度、ソケット内湿度は100[s]毎に平均値を算出した。この処理を行った被験者3名の各室内温度条件時におけるセンサ位置毎のソケット内体表面温度、湿度のセンサ信号を平均した結果を Fig.3

に示す。Fig.3より、ソケット内体表面温度、湿度ともに実験終了まで増加傾向が確認された。さらに、統計処理した実験結果について報告<sup>(2)</sup>したが、被験者間のばらつき傾向を確認するため、被験者毎に2試行分の温湿度の100[s]毎の平均を算出し、特徴を確認した。被験者A,B,Cそれぞれのソケット内体表面温度、湿度をFig.4,5,6に示す。概ねいずれの結果も上昇傾向が途中から変化する特徴を示した。

3-1 センサ位置間の比較考察

Fig.3より、1800[s]時の掌部温度  $T_1$  と前腕温度  $T_2$  の差は室内温度が高い順に小さく、20, 25[°C]では計測時間中の2点の温度差の変動は小さいのに対し、30[°C]では徐々に2点間の温度差は小さくなった。ソケット内湿度は室内温度20, 25[°C]では前腕中程と肘のセンサ位置での差は非常に小さいまま1800[s]で90[%]近傍まで上昇するのに対し、室内温度30[°C]では2点間の湿度差は8%程度ありながら上昇し、1100[s]で前腕中程の湿度  $H_1$  が100[%]を超え、肘部湿度  $H_2$  も1800[s]で100[%]に至った。なお、100[%]以上についてはセンサ信号として意味が疑われるが、室内温度30°Cの実験終了時にソケット取り外した際には前腕体表面に水滴付着を確認したことから、センサの測定値の異常ではないと考えられる。なお、各室温条件における2点の温度の変動傾向を比較すると、室内温度30[°C]における前腕部の温度のみが勾配が異なり、室内温度30[°C]では湿度の上昇が他の室温条件と異なることから、前腕部中程における温度と湿度の上昇には発汗等が関与した因果関係か相乗作用がはたらいっているものと推測される。

3-2 被験者間の比較考察

Fig.4,5,6より、被験者3名とも掌部温度  $T_1$  が高く計測時間中温度は上昇した。被験者間で比較すると、A,Cは2点間の温度差が開始時には概ね1°C以上と顕著であるのに対し、Bは温度差が小さく、室内温度25[°C]時では差がない。また、温度上昇も小さく、定常もしくは温度が下がる傾向があった。これら温度上昇の傾向に被験者間の個体差もみられることから被験者を追加した実験が望まれる。湿度の変動については、被験者Aにおいて室内温度20, 25[°C]時の2点間に差が5[%]程度と他2名と比較し大きかったものの、類似した上昇傾向を示した。さらに室内温度30[°C]時の湿度上昇はいずれの被験者でも他の2条件よりも大きい傾向を示した。ただし、勾配が小さくなる時点ならびに湿度には関連がなく、他の因子の影響があるものと推測される。

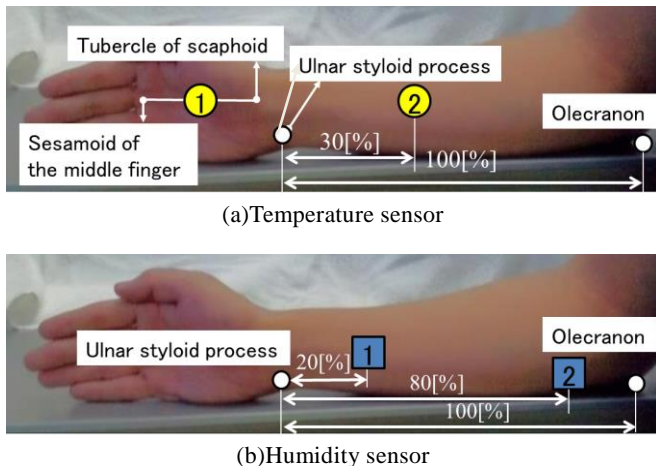


Fig.2 Sensor positions of the temperature and humidity sensors

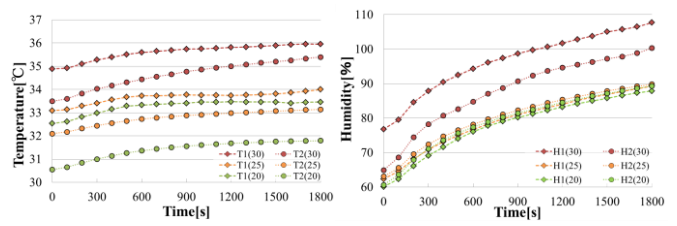


Fig.3 Inner socket body surface temperature and humidity

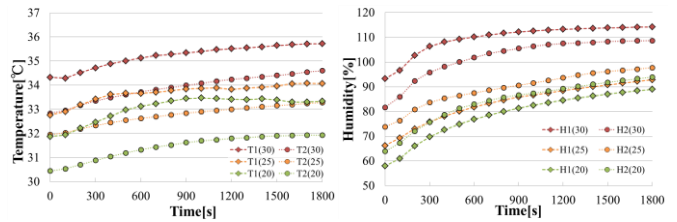


Fig.4 Inner-socket body surface temperature of subject A

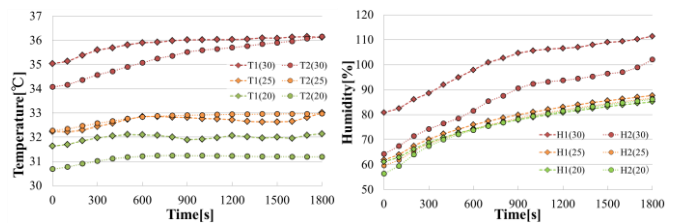


Fig.5 Inner-socket body surface temperature of subject B

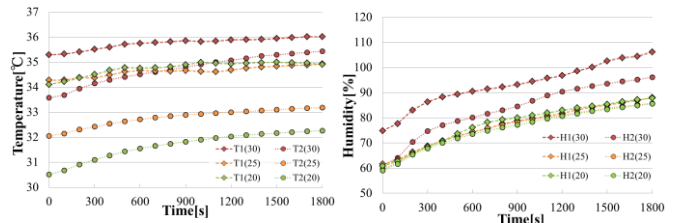


Fig.6 Inner-socket body surface temperature of subject C

4. おわりに

本研究はソケットの装着快適性向上を目指した設計指針を定めるため、装着者の体温調節の生理学的反応を含めたソケット内環境の温湿度変動の体系的なデータの蓄積を目標とし、実験調査を行った。基礎実験として非切断者を被験者とし、ソケット内の手掌部と前腕部の温湿度をセンサにて測定し、分析した。手掌部と前腕部とのソケット内体表面温度と湿度の比較から、室内温度20, 25, 30[°C]の3条件では30[°C]の条件時に温度も湿度も最も高い結果となり、また温度、湿度とも変動傾向は前腕部に差が見られたことから、ソケットの中程で密着度の高いこの部位では体温調節の生理学的反応である発汗による影響でソケット内温湿度の変動に差が示唆されることとなったと推測した。また、温度、湿度とも、高い室内温度では個体差が顕著になることから、他の生体信号と合わせ実験を行う他、被験者数を増やした実験が望ましいと考えられる。

参考文献

- (1) 富田明美, 秦順一, 千葉桂子, 森由紀, 土肥麻佐子, 石原久代, 青山喜久子, 原田妙子, アパレル構成学, 朝倉書店, pp41-44, 2013.
- (2) 中北麻紀子, 大西謙吾, 河邊和宏, 望月哲平, 三田友記, 中村隆, 周囲温湿度環境が義手ソケット内温湿度変動に及ぼす影響, 第27回バイオエンジニアリング講演会, 2015.