

蒸気による圧覚発生要因の検討

甲斐 卓弥[†]

小島 雄一郎[†]

橋本 悠希[†]

梶本 裕之[†]

Investigations of Pressure Sensation that is Generated by Steam

TAKUYA KAI[†]

YUICHIRO KOJIMA[†]

YUKI HASHIMOTO[†]

HIROYUKI KAJIMOTO[†]

1. はじめに

従来の触覚提示デバイスの問題として、デバイスと皮膚が直接接触しなければ情報を提示できないことが挙げられる。この問題を解決するためにデバイスと皮膚を接触させずに触覚を提示する、非接触型の触覚提示手法が提案されてきた。

星ら¹⁾は超音波を照射し、皮膚近傍で衝突させることにより空中での触覚提示を可能としている。橋本ら²⁾は風を知覚するまでの閾値を検証し、微風による触感生成を検討している。

しかしそれぞれの手法は提示装置が大がかりになることや、エネルギーコストが肥大化するという課題が残る。

我々は水を沸騰させた際に発生する蒸気にゆっくりと手をかざした際、時に温度感覚とは別に指が持ち上げられるような圧覚が生じる現象を発見し、“蒸気圧覚”と名付けた³⁾。本研究はこの現象を解明することで、非接触下における簡便な触覚提示手法として応用することを目的とする。

現在のところこの現象は確実に生じるわけではなく、ある一定の条件下でのみ生じる傾向がある。本論文では蒸気圧覚が生じる要因を検証し、解明することを試みる。

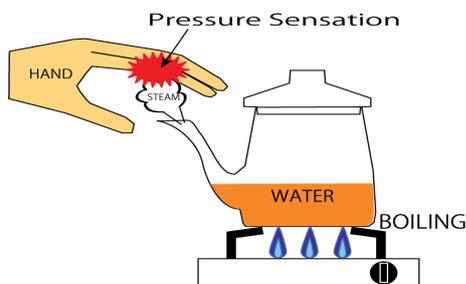


図1 提案手法：蒸気による圧覚

2. 蒸気圧覚発生原因の検討

本章では前回の報告³⁾までの蒸気圧覚発生要因の検討結果について簡単に述べる。

蒸気圧覚の原因として、まず蒸気そのものによる実際の圧力変化が考えられる。しかし圧力センサを用いた計測の結果、人間の知覚閾を超えるレベルの圧力変化は確認できなかった。

次に熱単体が圧覚に起因しているかどうか検証を行った。遠赤外ヒーターに手をかざすことで圧覚が生じるか検証したところ、圧覚が生じることはなかった。Stevensら⁴⁾の、温度上昇に伴い圧覚閾値が上昇するという知見と合わせて考えると、熱そのものによって圧覚受容器が活動したとは考えにくい。

圧力変動でも、熱単体でも圧覚が生じないことから、蒸気圧覚の発生要因は水蒸気と熱の複合的な作用であると考えられる。

温度感覚受容器が活動することが本質なのか、温度と水蒸気による物理的な変化が本質なのかを判断するため、蒸気に手をかざす前の手の状態を変化させる事によって蒸気圧覚発生閾値に変化が生じるか実験によって検証した。温覚刺激成分のカプサイシンを手に塗り蒸気にかざしたが、知覚の変化は確認されなかった。一方で手にエタノールを塗布し水分を除去して蒸気に手をかざしたところ、圧覚が知覚しやすくなった。これらの結果より、「手の乾き」が「熱を伴った水蒸気」によって何らかの変化を生じることが圧覚を生じさせる原因として考えられる。

手の水分含有率を変化させることが蒸気圧覚発生要因の一つと考えるならば、水分を調整する汗の影響が考えられる。

3. 汗腺の影響

汗は汗腺から分泌される。汗腺は圧力を知覚する受容器、メルケル盤の側に分布していることが知られ

ている(図を引用).

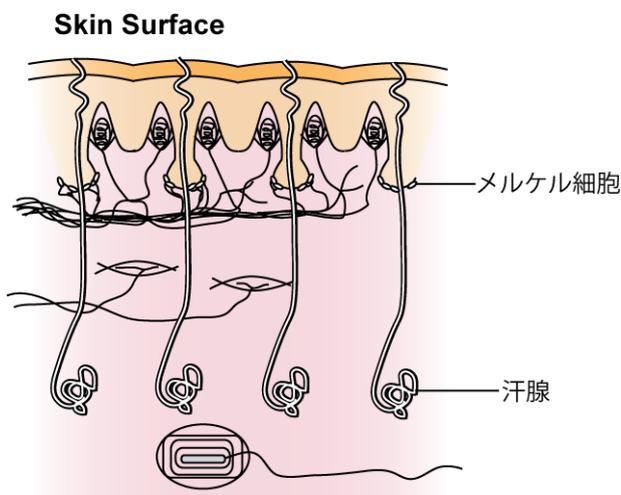


図2 汗腺とメルケル盤の位置関係

メルケル盤と汗腺の位置関係から、熱を持った蒸気により汗腺が熱膨張することで、メルケル盤が刺激され、圧覚が生じたと推測される。遠赤外ヒーターによる温度刺激で圧覚が生じなかった理由としては、熱伝達率の差が考えられる。蒸気は他の熱媒体と違い、高い熱伝達率を持っている⁶⁾。遠赤外ヒーターによる温度変化では汗腺膨張の時間変化率は低いが、蒸気では瞬間的に膨大な熱を提示することができるため、メルケル盤に影響を与える急激な汗腺膨張が生じ、圧力として知覚されたと考えられる。手掌部に無水エタノールを塗布することにより蒸気圧覚の知覚率が向上した原因も、汗腺に溜まっていた汗が取り除かれ蒸気が入り込みやすく、すなわち熱が伝わりやすくなったことで圧覚が強まったためと考えられる。

4. 実験

本実験では蒸気圧覚発生要因に汗腺が影響しているかどうか検証するため、蒸気に手をかざす前の汗腺の状態を変化させる事によって蒸気圧覚発生閾値に変化が生じるか実験を行った。

4.1 実験条件発汗の抑制

次の3つの実験条件を用意した。いずれの条件も左右の手の条件を逆にして同様の実験を行った。

(1) 発汗の抑制

発汗を抑制する成分、クロルヒドロキシアルミニウムが含まれている制汗スプレーを使用した。一方の手に制汗スプレーを塗布し、もう一方には何も塗布せず、左右両方の手の蒸気圧覚の感じ方の変化を比較させた。

(2) 発汗状態時

一方の手を長時間温めることで予め汗を発生させた状態にし、もう一方の手には何も変化させない状態で、左右両方の手の蒸気圧覚の感じ方の変化を比較させた。

(3) 手掌部への水分付加

水分を集める作用がある尿素を用いた。一方の手に尿素軟膏を塗り、もう一方には何もせずに、左右両方の手の圧覚の感じ方の変化を比較させた。

4.2 結果

発汗を抑制した状態(条件1)では圧覚が鮮明になり、発汗時(条件2)には圧覚の像が不明瞭になった。また尿素軟膏を塗った状態(条件3)では圧力を感じることが出来なかった。

これら結果から、急激な熱伝達によって発汗作用が働き、手の水分含有率が大幅に増加することで蒸気圧覚が発生するという仮説が裏付けられた。一方で水分に変化が無い、または既に水分含有率が高い状態で蒸気に触れても圧覚は発生しないこともあわせて確認された。

5. おわりに

本論文では非接触触覚提示手法として蒸気による圧覚提示を目的とし、発生要因を検討した。実験結果より、蒸気圧覚の要因としては汗腺の影響が考えられることが確認された。今後は具体的な非接触型の触覚ディスプレイを制作する。

参考文献

- 1) 星, 岩本, 篠田: 空中超音波振動子アレイによる触覚提示, Proceeding of the 2009 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Fukuoka, Japan, May 24-26, (2009).
- 2) 橋本, 今枝: 人間の指先における微風の知覚特性に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎, Vol. 106, No. 91 pp.35-40, (2006).
- 3) 甲斐, 小島, 橋本, 梶本: 蒸気圧覚に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会第14回大会論文集(2009).
- 4) Stevens JC, Foulke E and Patterson MQ: Tactile acuity, aging, and braille reading in long-term blindness. Journal of Experimental Psychology: Applied, 2(2):91-106, (1996).
- 5) 大山, 今井, 和気: 新編感覚・知覚心理学ハンドブック, 誠信書房, pp.1178-1237, (1994).
- 6) 株式会社ティエルブイ公式ホームページ: http://www.tlv.com/ja/steam_story/0703jyouki_dennetu.html