

# 温度変化による圧覚生起現象が立位姿勢に与える影響

○渡辺 亮<sup>1)2)</sup>, 梶本 裕之<sup>1)</sup>

1) 電気通信大学 2) 日本学術振興会特別研究員

## Effect of haptic sensation elicited by temperature changes on standing position

○Ryo WATANABE<sup>1)2)</sup> and Hiroyuki KAJIMOTO<sup>1)</sup>

1) The University of Electro-Communications

2) Japan Society for the Promotion of Science

Abstract: We have found that vertical force or tactile sensation occurred when temperature of subject's skin changes rapidly. In this illusion, upward motion, pressure or force sensation is elicited when stimulus temperature rises rapidly whereas in the opposite case, downward motion or pulling sensation is elicited. In this paper, we propose to apply this phenomenon to sole to present ground slope. In this paper, we measured result of correlation between stimulation temperature and horizontal position of center of gravity.

### 1. はじめに

我々は皮膚表面に温度変化を提示することで上下方向の移動感や触力覚を生じる錯覚現象を発見し、その性質を研究してきた[1]. これまでの研究から、本現象では温度上昇時に上方向(温度提示面から離れる方向)の移動感や膨張感を、温度下降時に下方向(温度提示面に吸着する方向)の移動感や吸引感を生じる場合が最も多く確認された。

我々はこの錯覚現象を利用し、直立した人間の足裏に提示することで地面の傾きや揺れを表現できるのではないかと考えた。つまり一方の足に上方向の、もう一方の足に下方向の錯覚を生起させることで左右の足場の間に段差がある、または足場が斜めに傾いているような感覚が生起されるのではないかと考えた。また、この手法により傾き、揺れの感覚が提示できる場合、それが純粹に感覚的な姿勢の錯誤として生じるものか、それともまず実際の身体動揺が誘発されたことによるものであるのかを検証することで本錯覚現象のメカニズム解明につながると考えた。

以前の研究では、足裏に一定の温度の刺激を行った場合と、刺激温度を連続的に変化した場合の重心移動距離を比較した[2]. その結果、重心移動距離に差はみられなかった一方、多くの被験者が傾きの感覚を報告した。本稿でもほぼ同様の実験を行ったが、刺激温度の変化と被験者の重心移動の間の相関に着目し、より詳細な検証を行った。

## 2. 実験

### 2.1. 実験システム

実験に用いたシステムを Fig. 1 に示す。システムは 2

台の温度刺激提示装置と、重心動揺計(バランス Wii ボード)から構成される。2 台の刺激装置は約 15cm の距離をおいて配置された。温度刺激提示装置はペルチェ素子(TEC1-12730)およびヒートシンク、冷却ファン、フィルム状サーミスタから構成される。被験者の皮膚に接触するペルチェ素子表面の温度はサーミスタにより計測され、モータドライバによって PID 制御された。



Fig. 1 Temperature stimulator

### 2.2. 実験条件

被験者は 13 名(男性 11 名, 女性 2 名)であった。実験は約 28°C の室内で行われた。

温度刺激提示装置から提示された刺激パターンは以下の 2 条件であった。

(a) 定常的に 32°C を提示

(b) 提示温度が 27~37°C を周期 5 秒の正弦波状に遷移 37°C, 27°C は皮膚表面の温度 32°C からそれぞれ 5°C の温度差にあり、どちらも痛みを生じる温度 42°C 以下である。条件(b)では左右の装置間で刺激温度の変化パターンは半周期の位相差をもって提示され、一方の装置の

刺激温度が上昇している際には、もう一方の装置の刺激温度は下降する。

### 2.3. 実験手続

同一の被験者に対して 2 条件それぞれに 1 試行ずつ行った。被験者は裸足で左右それぞれの温度刺激提示装置の上に爪先立ちで乗り、閉眼状態で両腕を横に垂らし、脱力したまま 30 秒間立位を保った。被験者は実験終了後、体の揺れ（重心の動揺）および足裏に下方向の感覚（上下の移動感や圧覚、力覚）を知覚したかどうか回答した。

### 2.4. 実験結果・考察

総被験者数の 77% にあたる 10 名の被験者が温度変化にあわせた重心の傾きと足裏での上下方向の触力覚をともに知覚したことを報告した。Fig. 2 にある一名の、重心の傾きを報告した被験者の左足裏に提示された刺激の温度と、横方向の重心位置の推移を示す。

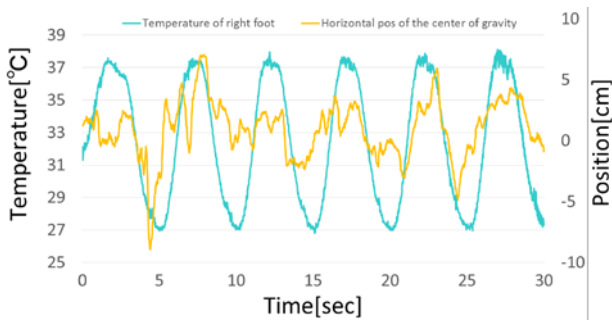


Fig. 2 Transition of temperature and center of gravity

左足に提示した刺激の温度、重心動揺を温度変化の 1~5 周期に対して一周ごとくに相互相関関数をかけた結果を Fig. 3 に示す。

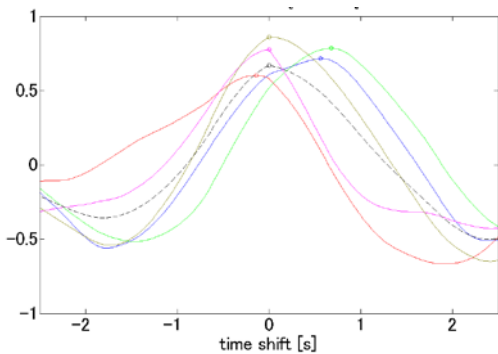


Fig. 3 One subject's result of cross-correlation between stimulation temperature and horizontal position of center of gravity

極値の相関が正であることから、この被験者の場合左足の刺激温度が上昇した際に重心が右に傾いたことを表している。つまり、この被験者に場合には体の傾きの感覚が生じたのみならず、実際に体が温度変化に合わせて傾いていたことがわかる。ただし、このような傾向は被験者全体から見ると少数派（3 名）であった。

Fig. 4 に、被験者全体の相互相関の平均を示す。グラフの実線は被験者全員の平均を、破線は各被験者の平均を示す。黒線は(b)条件下での刺激温度、重心の相関を、緑線は温度変化のない(a)条件時の重心と、同一被験者の(b)条件での温度変化との相関を表す。グラフから、黒線で表された(b)条件の温度変化と重心の相関は、本来関係ないはずの 2 データの比較によって得られた緑線と相関値はほぼ同じということがわかる。このことから、温度変化と重心の動揺の間の関連は小さいと示唆される。

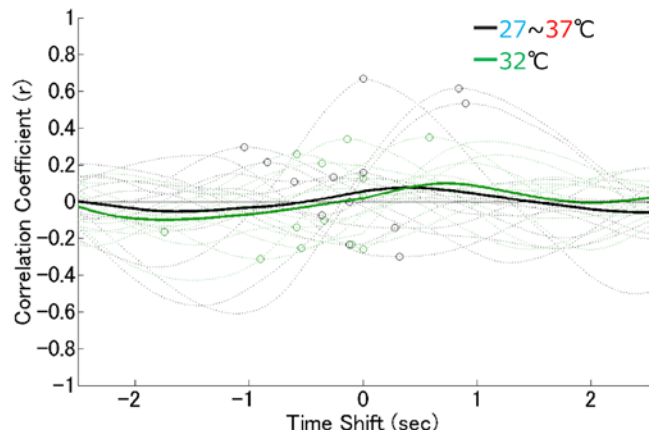


Fig. 4 Average of all subject's result of cross-correlation

以上の結果から、まず揺れ、姿勢の傾きが実際の重心動揺とは関係なく知覚され、それに対する行動として体を揺らす被験者と揺らさない被験者がいたと推測される。つまり、温度変化による触錯、移動感覚は、純粋な姿勢の錯覚として生じ、必ずしも実際の姿勢変化を誘発するものではないことが示唆された。

### 3. おわりに

皮膚表面に温度変化を提示することで上下方向の移動感や触力覚を生じる錯覚現象を利用し、直立した人間の左右それぞれの足裏に逆方向の移動感を提示することで足場の段差や傾きを表現することを試みた。検

証の結果, 刺激温度の変化時には体や足場の揺れ, 傾きの感覚が報告されたが, 温度の変化と重心の推移の間に相関が見られないことから, 純粹に感覚的な姿勢の錯誤が生じていることが示唆された.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26・11748 の助成を受けたものです.

#### 参考文献

- [1] R. Watanabe, H. Kajimoto: Pressure sensation elicited by rapid temperature changes. Asia Haptics 2014, November 18-20, 2014,
- [2] 渡辺, 梶本, 温度錯覚を用いた地面の傾きの表現, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, 2015.
- [3] Wii Fit Plus, <http://www.nintendo.co.jp/wii/rfpj/index.html>