

温度感覚フィードバックシステムの開発

大塚 彰 辻 敏夫 沖 貞明 坂 和正 敏

温度感覚フィードバックシステムの開発

大塚 彰¹⁾ 辻 敏夫²⁾ 沖 貞明¹⁾ 坂 和正敏²⁾

キーワード 知覚フィードバック, 温度感覚, 切断

抄録

上肢の切断者にとって感覚の欠如は大きな問題である。そこで、今回、感覚を補填するフィードバックシステムを考案した。とくに、視覚などで代償が困難と考えられる温度感覚に対するフィードバックシステムを試作した。この温度感覚を選択したのは、人との触れ合いの中で他の人の体温を感じることの必要性を認識しているからである。システムは、切断者の皮膚温と対象物の温度差を直接温度としてフィードバックするものである。伝達される温度幅は、熱傷・凍傷の危険のない範囲とした。試みではあるが、本システムの実用性を認めることができた。

1. はじめに

上肢切断者の義手における問題点の一つとしては、人の手における感覚機能の欠如が挙げられる。この感覚機能の欠如は切断者の義手装着率の低下の一因となっていると考える。

一般的に上肢切断者は視覚により、欠如した感覚（とくに、触覚・圧覚および関節位置覚）を代償することで、義肢の操作を行っている。しかし、視覚からの情報が得られ難い条件下（暗闇など）では、この視覚による代償が困難となり、義肢の操作が困難になる。このために、感覚機能の補填が義肢開発に望まれる点である¹⁻⁵⁾。

今回、視覚による代償が最も困難と思われる温度感覚を、フィードバックするシステムを試作したので紹介する。

この際の基本となる考え方として、この温度感

覚の対象としては、人と人との温かさの交換、すなわち、切断者が相手の体温を感じとれる範囲を中心とした温度のフィードバックとした。

2. 温度感覚フィードバックシステムの試作

温度感覚フィードバックシステムは、義肢操作時において対象接触物の温度と切断端皮膚温度との差温度を切断端皮膚にフィードバックするシステムである。本システムの適用としては日常生活において直接に手で触れる範囲の温度内で使用するものとした。

著者らは、人との接触において相手の温もりを感じることができるシステムの構築を目標とした。

2000年9月6日受付

Development of a feed-back-system for thermal sensation

1) 広島県立保健福祉大学理学療法学科 〒723-0053 三原市学園町1-1

Department of Physical Therapy, Hiroshima Prefectural College of Health Science

1-1 Gakuen-machi, Mihara-shi, Hiroshima, 723-0053 Japan

Akira OTSUKA (RPT), Sadaaki OKI (MD)

2) 広島大学工学部

Toshio TSUJI (ENG), Masatoshi SAKAWA (ENG)

2-1 システム概要および特徴

1) システム概要

義肢操作時において対象接触物の温度と切断端皮膚温度との差温度を切断端皮膚にフィードバックするシステムである。

システムの概要としては、対象接触物の温度が体温より高い場合にはパッドにより加熱し、低い場合は吸熱することで対象接触物の温度を感じとることが可能である。このように対象接触物と皮膚温度との差によりフィードバックするために、体感温度として対象物の温度を感じることができるものである。

2) システムの特徴

① 専用の熱電対センサーを小型し、原理的には幅広い温度範囲で使用が可能である。

② 高温、低温に対する安全機構がハードウェアおよびソフトウェアによってとられるよう配慮した。フィードバックされる温度の設定は、皮膚温度と接触物体温度との差で出力され、本システムでは $-16\sim+14^{\circ}\text{C}$ の範囲とした。

③ 吸熱と加熱は、出力電流値で制御し、温度差に応じて加速するよう演算処理を行い、フィードバック速度が速まるようにした。

2-2 システム構成

図1に温度感覚フィードバックシステムの構成図を示し、図2に出力部のシステム図を示す。図3にその温度感覚フィードバックシステムの外観を示す。

まず、温度感知部であるが、熱電対を加工した薄型温度センサーにより対象接触物の温度を電気的抵抗値で計測し、信号入力する。

ついで、信号解析/出力部では、センサーより入力した信号をオペレーションアンプにより入力してマイクロコンピュータで解析する。センサー温度（対象接触物温度）および切断端の皮膚温度より解析し演算後にフィードバック信号として温冷パッド部へアナログ信号で出力する。

すなわち、

① 対象接触物温度－切断端皮膚温度
＝温度差 A

② 温冷パッド部温度－温度差 A
＝マイクロコンピュータ入力温度
となる。

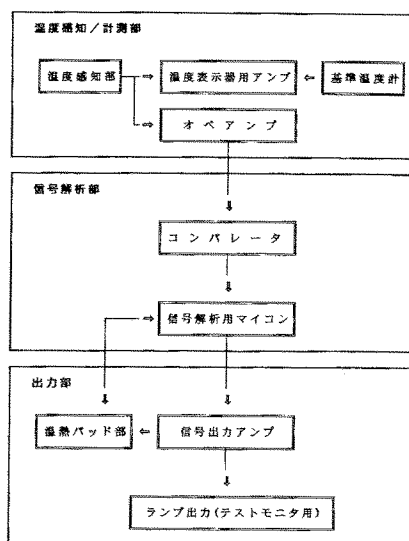


図1 温度感覚フィードバックシステムの構成図

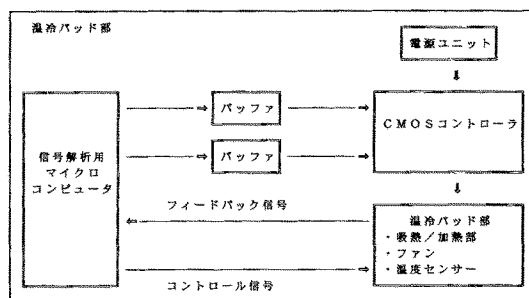


図2 出力部のシステム図

温冷パッド部(図4)では、信号解析用マイクロコンピュータ入力温度により温冷出力パターンに合わせて加熱および吸熱制御を行う。この際の制御は出力電流値で行う。

マイクロコンピュータ入力温度が一定範囲以外にならないよう、温冷パッドに内蔵されている温度センサーにより監視し、熱傷や冷傷を防止するよう工夫した。温度監視はマイクロコンピュータ入力温度で監視し、 $-16\sim+14^{\circ}\text{C}$ の範囲で 2°C ピッチで監視することとした。表1に本システムで温度フィードバックできる温度範囲と段階について示す。システムとしては、上述の範囲をこえるとインターロックがかかるよう安全面に努めた。さらに、マイクロコンピュータ入力温度の差

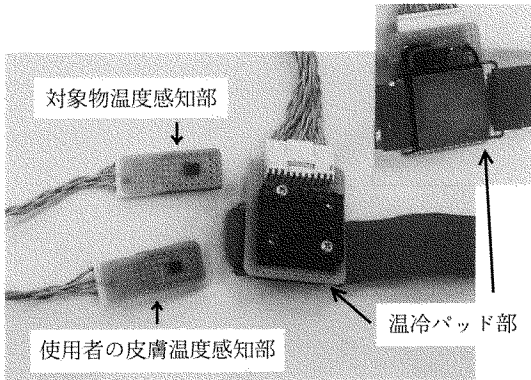
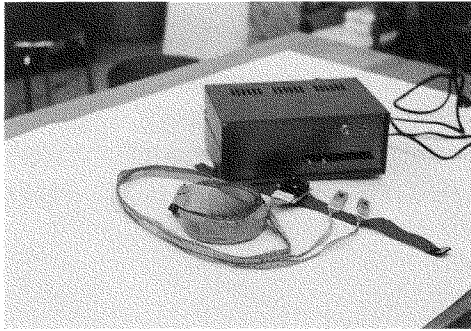


図3 温度感覚フィードバックシステムの
外観

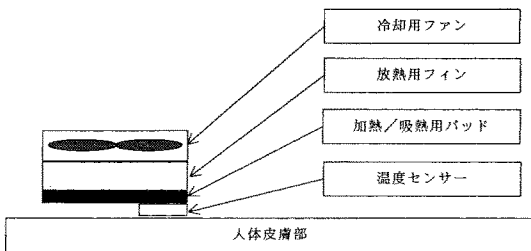


図4 温冷パッド部の構成図

が大きい場合は、加速加熱または加速吸熱を行い、フィードバック速度とエネルギー使用量の向上を図った。

図5にシステムの使用図(写真)を示しておく。一応、模擬的な使用の範囲ではあるが目的を達することを確認できた。

本温度感覚フィードバックシステムは、まだまだ試作の域ではあるが、今後小型化・軽量化および反応速度の向上化を目指し、併せて、義肢ハン

表1 フィードバックできる温度範囲と段階

段階	温度差* (°C)	備考
15	+14	ソフトウェア インターロックにより加熱停止
14	+12	
13	+10	
12	+8	
11	+6	
10	+4	
9	+2	皮膚温度に近い温度に設定
8	0	
7	-2	
6	-4	
5	-6	
4	-8	
3	-10	
2	-12	
1	-14	
0	-16	ソフトウェア インターロックにより冷却停止

*温度差とは、対象物の接触部の温度と皮膚温度の差とする。

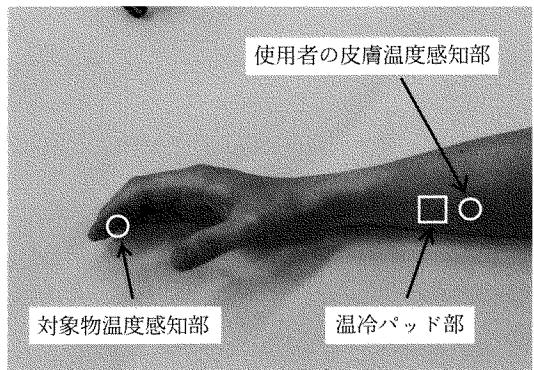


図5 システムの使用図

ドに組み込み臨床テストを行ってきたい。

また、他の感覚機能とくに触覚のフィードバックシステムの開発も試みていきたいと考えている。

3. まとめ

① 上肢切・離断者に欠如する知覚、とくに視覚によるフィードバック機能の期待の薄い、温度感覚フィードバックシステムを試作した。

② 試作目的に対しては、使用の可能性を確認できた。

③ 今後、小型高性能化を目指し、実用化へ向けて取り組みたい。

文 献

- 1) 川村次郎：義手の感覚装置について，日整会誌，45（9）：755-768，1971
- 2) 川村次郎ほか：義手，整形外科 MOOK，No. 46：46-57，1985
- 3) 青山 孝ほか：座談会；電動義手が普及しないのは何故か？，日本義肢装具学会誌，9（4）：407-422，1993
- 4) 東原孝典ほか：パターン認識による把持コントロールを行った前腕電動義手の研究，第13回バイオメカニズム学術講演会，165-166，1992
- 5) 東原孝典：電動義手の実用化研究の必要性について，日本義肢装具学会誌，12（特別号）：108-109，1996