

シェイプセンサを利用した環境制御装置の新しい操作方式

A New Manipulation Method for Environment Control Systems using Shape Sensors

辻 敏夫 (会員), 島 圭介 (非会員), 船曳 晶彦 (非会員), 下森 智 (非会員),

柴 建次 (会員), 福田 修 (非会員)*, 大塚 彰 (非会員)**

Toshio TSUJI, Keisuke SHIMA, Akihiko FUNABIKI, Satoru SHITAMORI,

Kenji SHIBA, Osamu FUKUDA, and Akira OTSUKA

Abstract

This paper proposes a new manipulation method for environment control systems using a shape sensor for the physically disabled. This system enables a human operator to control various home electric appliances, and can assist the physically disabled in their daily activities. The operation method can be easily changed according to operator's ability. The operator can use not only haptic devices such as a keyboard, a mouse and a touchscreen, but also the bioelectric signals. In this paper, we propose a new manipulation method for environment control systems using a shape sensor that can measure a small curvature change. This paper shows the basic concept of the system design and the developed prototype system. The effectiveness of the developed system is verified through experiments by patients with a cervical spine injury.

Key Words

Barrier-free, Interface, Environment control system, Medical and welfare apparatus, Shape sensor

1. はじめに

日本における肢体不自由者数は平成 13 年 6 月時点で約 175 万人であり、1 級・2 級の重度障害を有する肢体不自由者数は約 69 万人にのぼっている¹⁾。肢体不自由者らは、社会貢献、生きがい、健康維持などの理由から地域や社会への高い参加意識を持っており、これらを活かすための社会基盤のバリアフリー化が現在急速に進められている。近年急激に浸透したインターネットや E-mail、マイコン内蔵型の家電機器などは、彼らの生活の質を向上させるとともに、介護者の精神的・時間的負担の軽減にもつながりつつある。

重度障害者が、介護者なしで自立生活を過ごすための支援装置に環境制御装置がある。この装置は、日常生活に必要な家電

機器の制御、意思伝達、ナースコールなどを支援するものである。Table 1 に示すのは、現在市販されている重度障害者用の環境制御装置の例である。ライフタクト ((株) 旭化成) は、タッチパネルや音声を使用して室内家電機器を制御する装置である。ECS-65X ((株) アイホン) は、呼吸を入力手段として利用する装置であり、ベッド、テレビ、電話など数多くの機器を制御できる。また、三菱電機コントロールソフトウェア (株) 製の「みでら」は、押しボタンや呼吸スイッチなど、多様な入力に対応可能であり、MCTOS ((株) テクノスジャパン) は、筋電位信号、眼電位信号、脳波信号などの生体電気信号を利用して意思伝達や環境制御が実現できる装置である。これらの装置を用いることで、重度障害者がある程度の自立生活を送ることが期待できる。しかしながら、これらの装置は障害によっては入力手段が必ずしも有効でなかったり、使えるようになるまでにある程度の訓練が必要なる場合もある。また、障害が進行性の場合には、途中から装置を使用できなくなることもあり、障害者自身やその家族に大きな苦痛を与える可能性がある。

著者らの研究グループでも、新しい環境制御装置 Bio-Remote を開発してきた^{2),3)}。Bio-Remote は、多様な入力手段に対応できる装置であり、以下に示す 3 つの特徴を有している。第 1 の特徴は、使用者に合わせた多様な入力手段を有している点であり、タッチパネル、マウスなどのハブティック型はもちろん、筋電位信号、加速度信号などの生体信号も制御入力として利用することができる。第 2 の特徴は、入力と出力 (インタフェースの操作) の対応関係を柔軟に変更可能としている点であり、使用者は個々の能力に応じた操作を実現できる。第 3 の特徴は、確率ニューラル

2005 年 11 月 15 日受理

2006 年 4 月 6 日最終原稿受理

広島大学大学院工学研究科, 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1

* 独立行政法人 産業技術総合研究所九州センター 実環境計測・診断研究ラボ, 〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町 807-1

** 県立広島大学大学院総合学術研究科, 〒723-0053 広島県三原市学園町 1-1

Graduate School of Engineering, Hiroshima University, Higashi-hiroshima, 739-8527

* On-Site Sensing and Diagnosis Research Laboratory, National Institute of AIST, Tsu, 841-0052

** Graduate School of Comprehensive Scientific Research, Prefectural University of Hiroshima, Mihara, 723-0053

Table 1 The features of the environment control system marketed now.

Products name	Method of operation	Adaptation to user	Practice	Price (yen)
LIFETACT	Voice or touch panel	Voice recognition	Unnecessary	350,000
ECS-65X	Expiration etc	None	Necessary	650,000
MITERA	Push button, touch panel etc	None	Necessary	798,000
MCTOS	EMG, EOG or EEG signals	None	Necessary	280,000

ネットを利用した適応学習機能であり、入力手段、障害の個人差に柔軟に対応することができる。これまでに、高齢者、上肢切断者などを対象にした操作実験を実施し、システムの有効性を確認した。しかしながら、障害者の要望は様々であり、未だ入力手段の種類は十分とは言い難い。障害者が入力手段を選ぶ際の選択肢の幅を広げることは今後も必要な課題と考える。

本論文では、Bio-Remote の拡張入力手段としてシェイプセンサを利用することを試みる。シェイプセンサは、ファイバー状の柔軟な素材であり、取り付けた身体部位のわずかな曲率変化を計測することができる。シェイプセンサを用いることで、微細な身体動作でもシステムの操作に利用できるという利点があり、これまでの入力手段では操作が困難であった重度肢体障害を持つ人にとって有効な入力手段となることが期待できる。以下、2でBio-Remote の構成について紹介し、3ではシェイプセンサを用いた操作実験を実施する。

2. Bio-Remote

Bio-Remote という名称は、Bio:「生・・・」,「生物・・・」,「生物学の」と、Remote:「遠隔操作の」に由来する造語であり、生体生理情報を利用可能なインタフェースシステムを示す。本研究グループは、これまでに生体電気信号を利用したインタフェースシステムの開発に取り組んできた²⁾⁻¹¹⁾。Bio-Remote の開発^{2),3)}は、その実用化を目指した取り組みの一つである。

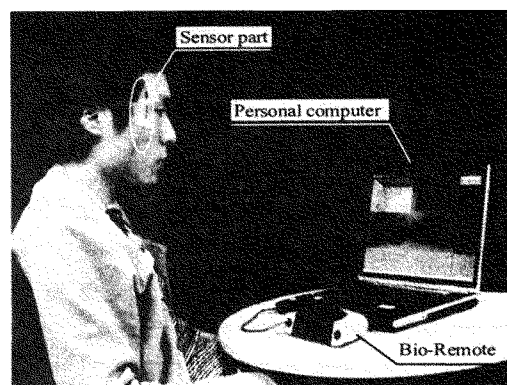
Fig. 1 (a), (b) に Bio-Remote の操作風景とシステム概要を示す。図中 (a) において、パソコン横に設置されているのが、メインユニットの筐体である。使用者はパソコンのディスプレイを見ながら家電機器などを操作する。この写真では、入力手段としてシェイプセンサ（頬に装着）を使用している。

Fig. 1 (b) にシステムの概要を示す。Bio-Remote は、生体生理信号を計測するセンサユニットと、計測した信号に基づいて操作対象を制御するメインユニットからなる。操作入力にキーボード、マウス、タッチパネルを使用する場合は、センサユニットは不用であり、メインユニットのみを使用する。使用者の操作意図は、パソコン上のソフトウェアにより判定する。メインユニットはパソコンに接続されており、操作意図に応じた制御指令が、パソコンからメインユニットに伝わる。家電機器などの操作は赤外線信号で実施する。

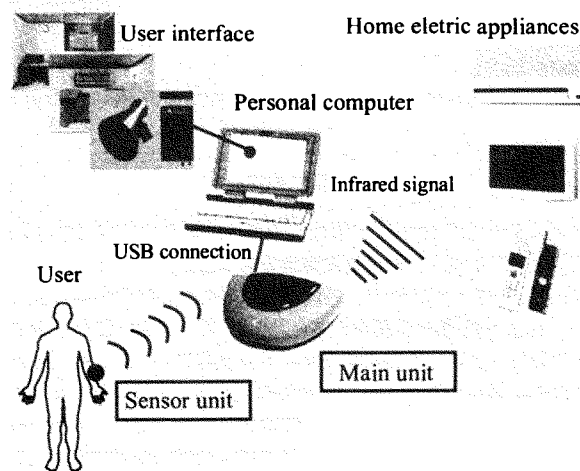
2.1 ハードウェア構成

2.1.1 センサユニット

本論文では、センサユニットにシェイプセンサ (S720, Measurand Inc.) を導入した。Fig. 2 にシェイプセンサの構成、Fig. 3 に信号計測の原理を示す。シェイプセンサは表面がウレタンで



(a)



(b)

Fig. 1 Overview of Bio-Remote.

覆われたプラスチックオブティックファイバーで構成されている。計測部では (a) に示すように一定量の光がファイバーから漏れており (図中の○印)、その損失光の光量により曲率を推定する。損失光は、吸収層に導かれ、周りの光と干渉しないように設計されている。シェイプセンサは両極性を持っており、(b) に示すように曲げることで損失光の光量は減少し、(c) に示すように曲げることで光量は増加する。このように、損失光の光量からセンサの曲げる方向、曲率を算出可能である¹²⁾。

シェイプセンサのアナログ電圧出力は、AD変換器 (DI195B, DATAQ Instruments Inc.) でデジタル値に変換され、RS232C のシリアル通信を介してパソコンに転送される。電圧出力は、センサ部の損失光に応じて変化しており、センサ装着時の出力を基

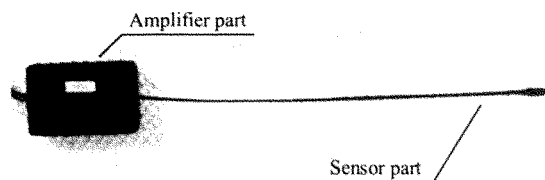


Fig. 2 Components of the shape sensor.

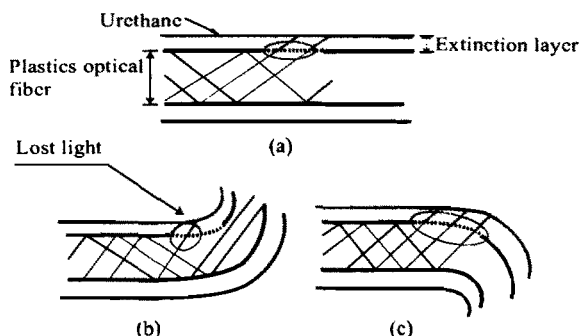


Fig. 3 Principle of measurement in sensor part.

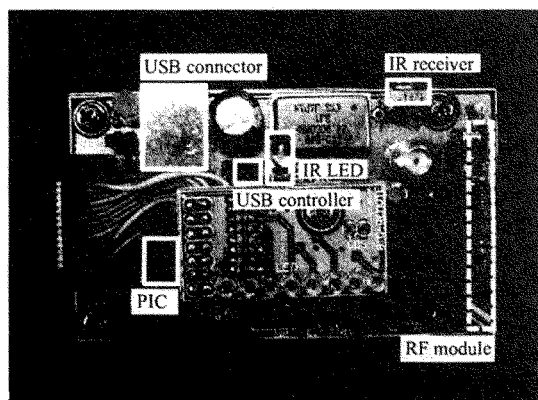


Fig. 4 Circuit of the main unit.

準とし、そこからの変化量を利用しているため、センサの取り付け方法、取り付け位置等には依存しない。

2.1.2 メインユニット

開発したメインユニットの回路構成と仕様をそれぞれ Fig. 4, Table 2 に示す。メインユニットは、使用者の操作意図に応じた制御信号を、赤外線 LED を介して家電機器に送信する。使用者の操作意図は、USB で接続したコンピュータ上のソフトウェアにより判定される。メインユニットは赤外線の受信モジュール (GP1U281Q, (株) シャープ) を備えており、各種のリモコン信号をメモリすることができる。以上の処理は、マイクロコントローラ (PIC16877, マイクロチップ社) で制御する。

なお、メインユニットは、無線ユニット (破線で囲んだ部分) を搭載しており、センサユニットからの信号を無線 (FM 方式, 2400[bps]) で受信し、パソコンに転送することも可能である (筋

Table 2 Specification of the main unit.

Size (W) × (D) × (H)	86mm × 51mm × 42mm
Power supply	USB bus (5 [v], 0.5 [A])
Transmission method	USB1.1 (Full speed mode)
Infrared communication distance	About 8.0 [m]
Modulation method	FM (433 [MHz])
Baud rate	2400 [bps]

電位信号や加速度信号は既対応²⁾³⁾。将来的には、シェイプセンサからの信号も無線に対応する予定である。

2.2 ソフトウェア構成

ソフトウェアは、(1) 生体生理信号からの「意図判定機能」と、(2) 直感的で親しみやすい「GUI (Graphical User Interface) 機能」を提供する。

2.2.1 意図判定機能

シェイプセンサは、ファイバー状の柔軟素材で、貼り付けた部位の微細な曲率変化を計測できる。使用者の操作意図は、シェイプセンサ出力電圧の (i) 時間情報、(ii) 振幅パターン情報に基づいて判定することができる。使用者は、自身の障害の度合いや使いやすさに応じて、判定方法を選択可能である。

(i) 出力電圧の時間情報に基づく判定

Fig. 5 に判定原理を示す。図は横軸が時間、縦軸がシェイプセンサの出力電圧から推定した曲げ角度である。この図に示すようにシェイプセンサから得られる出力波形に対してあらかじめ閾値を設定し、その閾値を越えていた時間の長さを特徴パターンにする。つまり、シェイプセンサからの出力波形を m 個の操作意図に判別する場合、シェイプセンサの出力波形を $F(t)$ 、設定した閾値を α 、閾値を上回った時刻を x 、下回った時刻を y 、閾値を越えている区間を $T (= y - x)$ [s] とし、 m 個の区間 t_i [s] ($t_i < t_{i+1}$, $i = 0, 1, 2, \dots, m-1$, $t_0 = 0$) を任意に設定することで、判定結果 D を

$$D = \begin{cases} M_1 & (t_0 < T < t_1) \\ M_2 & (t_1 < T < t_2) \\ \vdots & \vdots \\ M_{m-1} & (t_{m-2} < T < t_{m-1}) \\ M_m & (t_{m-1} < T) \end{cases} \quad (1)$$

のように得ることが可能となる。ここで、 M_i ($i = 0, 1, 2, \dots, m-1$) は m 個の操作意図を示す。例えば、Fig. 5 (a), (b) では、 $t_2 < T < t_3$ となるので $D = M_3$ 、 $t_{m-2} < T < t_{m-1}$ となり、 $D = M_{m-1}$ と判定される。この判定原理を用いることで、ある一定時間以上連続的に入力があれば操作が決定されるため、無意識的な体動やまばたきの影響を避けることができる。

(ii) 出力電圧の振幅パターン情報に基づく判定

振幅パターン情報に基づく判定では、使用者に装着した L チャンルのセンサから計測した信号を用い、各チャンネルの最

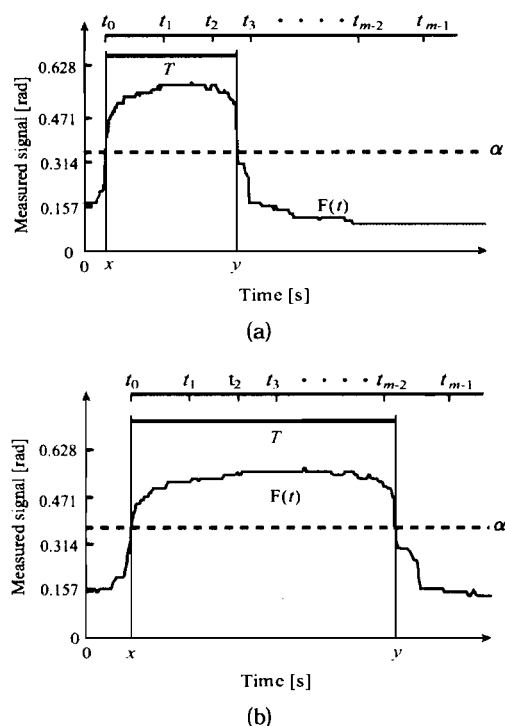


Fig. 5 Principle of determination.

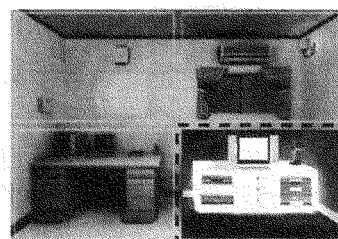
大値が 1, 最小値が 0 となるように正規化したものを, 時刻 t の入力ベクトル $\mathbf{x}(t)$ とする. そして, 辻らによって提案された確率ニューラルネット Log-Linearized Gaussian Mixture Network¹³⁾ (LLGMN) を用い, 入力ベクトルから使用者が行った動作を識別する. このネットワークは, 統計モデルの一種である混合正規分布モデルを内包しており, 学習データの持つ事後確率を学習によって推定できる. LLGMN の出力 $O_k(t)$ は各動作 k ($k = 1, 2, \dots, K$, K は動作数) の事後確率を表しているため, 事後確率が最も高い動作を識別結果とすることで, 使用者の動作を高精度で識別可能である. このとき, 推定した各動作を操作意図 M_i に直接対応付けることで, 任意の操作が可能になる. また, シェイプセンサの出力電圧から定義したエネルギー情報, 及び LLGMN の出力より算出したエントロピーを用いることで, ネットワークの誤識別を防ぐことが可能である¹⁴⁾.

2.2.2 GUI 機能

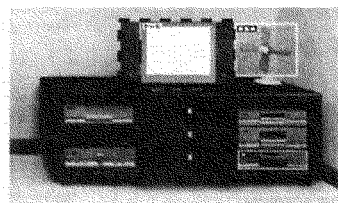
意図判定機能で判別できる判定結果の数には限りがあり, 生活環境に存在する数多くの家電機器の操作を全て行なうことは不可能である. そこで Bio-Remote では, 操作コマンドを階層構造として整理し, 移動・選択の繰り返しで多様な操作を実現可能にする. この方法を用いることで, メニュー移動, メニュー選択の 2 パターンの判定を行うことができれば本システムを適切に操作可能であるといえる.

Fig. 6 は, GUI 機能が提供するインタフェース画面の一例で

The 1st layer



The 2nd layer



The 3rd layer

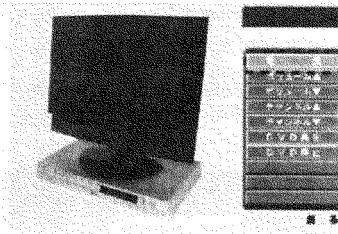


Fig. 6 GUI Interface.

ある. 階層構造を直感的に操作できるように生活環境を模した画面構成になっており, エリアを選択することで, 上位の階層から下位の階層へと移動し, 目的の操作を実施することができる.

使用者が 2 つの操作意図 M_1 (移動), M_2 (選択) でテレビの電源を入れる場合を例に説明すると, まず, 使用者は Fig. 6 の第 1 層で M_1 (移動) を繰り返し, テレビが含まれるエリアで M_2 (選択) を実施する. 第 2 層を示す画面は, 第 1 層で選択したエリアが拡大された画面になっており, テレビ, MD プレーヤー, 扇風機などが並んでいる. 使用者は再び, M_1 (移動) を繰り返し, M_2 (選択) でテレビを選択する. 第 3 層では, テレビのインタフェースが表示されており, 「電源」, 「音量調節」, 「チャンネル選択」などが並んでいる. 使用者は, M_1 (移動) と M_2 (選択) の操作で「電源」を選択する. このとき, Bio-Remote から赤外線リモコン信号が送信される.

3. 実験

開発したシステムの実用性とパフォーマンスを確認するために, 家電機器の操作実験を行った. 被験者は 5 名で, A, B: 頸椎損傷患者 (A: 男性 46 歳, B: 男性 51 歳), C~E: 健康な男子大学生 3 名 (C: 23 歳, D: 22 歳, E: 22 歳), とした. 被験者 A は, 上咽頭腫瘍の治療過程において放射線性頸髄損傷 (第 4 頸髄損傷) を生じ, 気管切開を伴う人工呼吸器を装着しているため, 呼吸等による操作は困難な場合がある. 機能レベルとしては, C4 レベルの四肢麻痺による ADL 全介助レベルである. 被験者 B は, 体操の練習中において第 5 頸髄を受傷しており, 機能レベルは C5

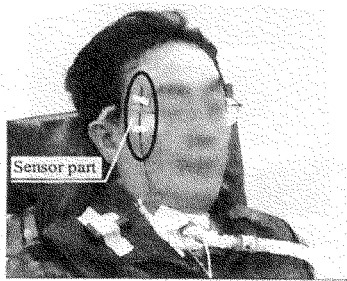


Fig. 7 Sensor position (subject A).

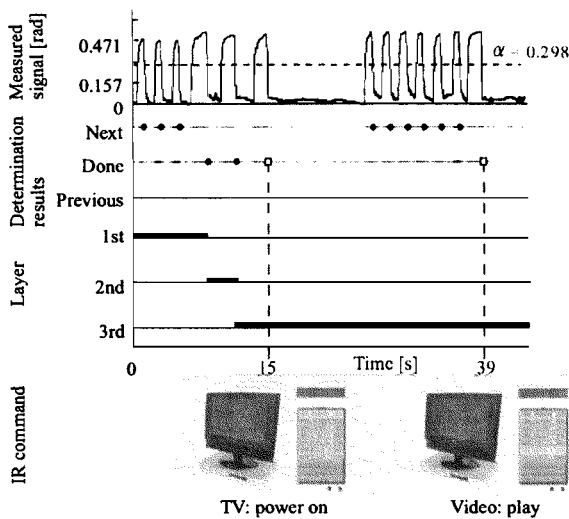


Fig. 8 An example of the operation by subject A.

レベルの四肢麻痺による ADL 全介助レベルである。健康者を被験者とする場合は、障害者の操作を模擬し、指、足首、頸などにシェイプセンサを装着した。いずれの場合も、被験者には実験前に操作方法の説明と簡単な訓練を行った。実験では、被験者 A、及び C~E はシェイプセンサ出力電圧の時間情報を用いた操作を、被験者 B は振幅パターン情報を用いた操作を行った。また、被験者 A は本システムの操作がはじめてであったため、動作パターンを $M_1 \sim M_5$ の 5 通りとし、被験者 C~E については $M_1 \sim M_7$ の 7 通りとした。このように、提案システムでは使用者に合わせて操作方法、操作パラメータを調節可能である。なお、実験の目的、内容については事前に十分説明し、各被験者の同意を得た上で実験を実施した。

3.1 頸椎損傷患者による操作

まず、頸椎損傷患者 (被験者 A, B) による操作実験を実施した。被験者は四肢麻痺でマウスやタッチパネルの使用が不可能なため、Fig. 7、及び Fig. 9 に示すように、外眼角外側部にシェイプセンサを装着して、家電機器の操作を行った。

被験者 A による実験では、シェイプセンサ出力電圧の時間情報による判定法を採用し、1 つのセンサからの入力信号を 5 個のパターン ($M_1 \sim M_5$) に判定した。これらを、メニュー移動 (M_2 順方向, M_5 逆方向), メニュー選択 (M_4), キャンセル (M_1, M_3)

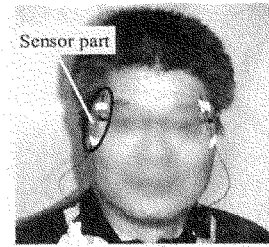


Fig. 9 Sensor position (subject B).

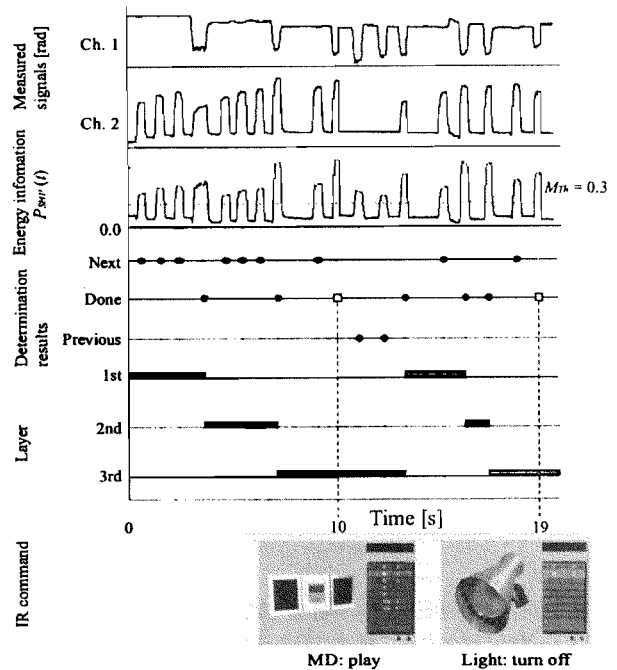


Fig. 10 An example of the operation by subject B.

と設定した。キャンセルと判定された場合は、入力自体が無効となる。なお、動作決定のための各区間 $t_1 \sim t_4$ [s] は、それぞれ 0.3, 0.8, 1.3, 1.8 とした。

操作結果を Fig. 8 に示す。図はそれぞれ上から、シェイプセンサの入力信号、判定結果、階層メニューの変化、出力した赤外線信号で、陰影をつけた箇所は閾値 α を超えた区間である。判定結果の「Done」については、その操作がメニュー階層の移動に対応する際は黒丸で、家電機器の制御に対応する場合は白四角でそれぞれプロットしている。

この実験において被験者は、メニューの移動・選択を繰り返し、操作開始から 15 秒後にテレビの電源を「ON」にしている。また、電源がついたことを確認した後、再び制御メニューを操作し、39 秒後にビデオを「再生」にしている。シェイプセンサを入力手段に用いることで、目の開閉という微小動作により、家電機器の制御を行うことができた。

被験者 B による実験では、出力電圧の振幅パターン情報による判定法を採用した。センサ数は 2 とし ($L = 2$)、使用する動作は右目閉眼、左目閉眼、両目閉眼の 3 動作とした ($K = 3$)。各

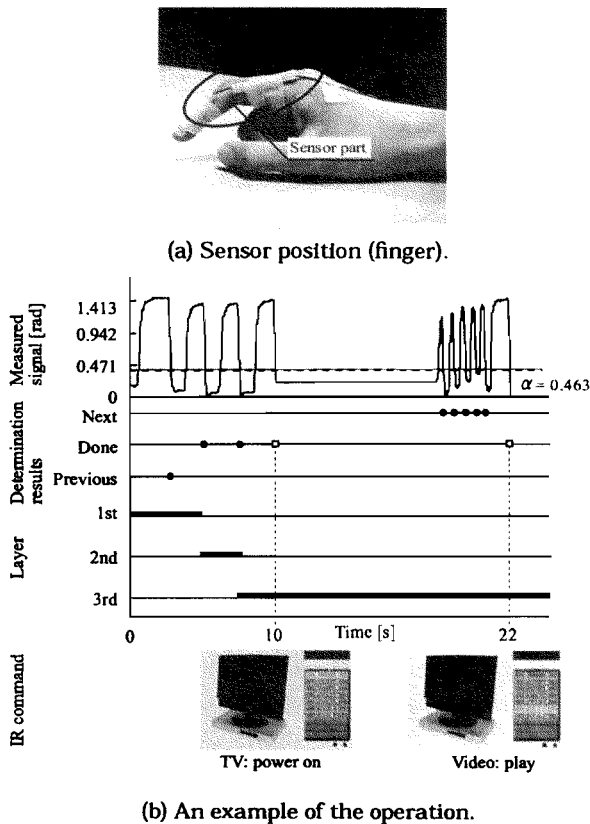


Fig. 11 An example of the experiments by subject C.

動作には、それぞれメニュー移動 (M_1 順方向, M_2 逆方向), メニュー選択 (M_3) を対応付けて操作を行った。

操作結果を Fig. 10 に示す。図は上からシェイプセンサの入力信号, 信号のエネルギー情報 $P_{SHP}(t)$, 判定結果, 階層メニューの変化, 出力した赤外線信号であり, 陰影をつけた箇所は LLGMN が動作発生と判断した区間である。ただし, $P_{SHP}(t)$ は

$$P_{SHP}(t) = \frac{1}{L} \left| \mathbf{x}_i(t) - \mathbf{x}_i^{st} \right| \quad (2)$$

と定義した。 $\mathbf{x}_i^{st}$ ($i = 1, \dots, L$) は安静時に計測した入力ベクトルの平均値である。なお, 図中の M_{Th} は動作判定閾値を表し, エネルギー情報 $P_{SHP}(t)$ が M_{Th} を超えたときに, LLGMN を用いて操作意図判定を行っている。図から, 被験者がメニュー移動, 選択を繰り返し, 自由に家電機器の制御を行っていることが確認できる。このように, センサ数を増加することで複雑な動作を操作方法として選択できるため, 使用者の障害の度合いや使いやすさに合わせた操作が可能である。

3.2 パフォーマンスの評価

次に, 3 人の被験者 (C~E) により, 本システムの操作性を検討した。この実験では, 障害者が本システムを操作する状況を模擬し, センサ装着箇所を Fig. 11~13 (a) に示すように右手第二指, 右足足首, 頸部とし, 判定法には出力電圧の時間情報を用いた。なお, 振幅パターン情報を用いた操作性に関しては, 文献

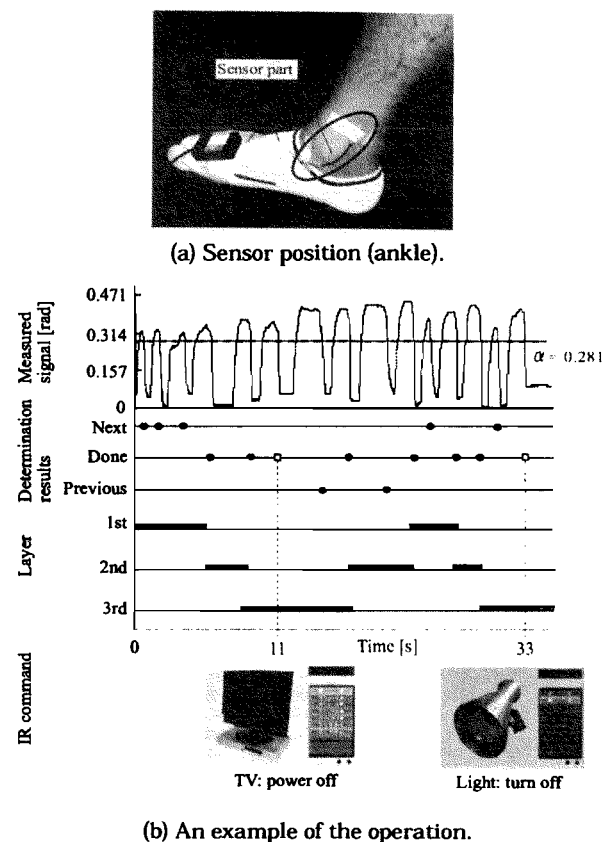


Fig. 12 An example of the experiments by subject D.

3), 4) を参照されたい。

システムは, シェイプセンサからの入力信号を 7 個のパターン ($M_1 \sim M_7$) に判定し, それぞれを, メニュー選択 (順方向 (M_2), 逆方向 (M_6)), メニュー決定 (M_4), キャンセル (M_1, M_3, M_5, M_7) とした。各区間は, 右手第二指, 右足足首にセンサを装着した場合, $t_1 \sim t_6$ [s] を 0.1, 0.6, 0.7, 1.2, 1.3, 1.8 とし, 頸部に装着した場合, 0.2, 0.9, 1.1, 1.8, 2.0, 2.7 とした。なお, $t_1 \sim t_6$ は事前に実施した予備実験において, 各被験者が操作しやすいように値を決定している。

本実験では, 各被験者共通のタスクとして, 以下の 2 通りを設定した。

1. テレビの電源を「ON」にし, ビデオの再生を行う。
2. テレビの電源を「OFF」にし, 照明を消灯する。

いずれも, 家電装置に対して 2 種類の操作コマンドの出力を要求するものである。タスク 1 では, 2 コマンド間においてメニュー階層の移動がない。一方, タスク 2 は, 階層間の移動が多く含まれる。

実験結果の一例をそれぞれ Fig. 11~13 に示す。図はそれぞれ (a) がセンサ装着位置, (b) が操作例であり, Fig. 11 はタスク 1 の結果を, Fig. 12, 13 は, タスク 2 の結果を示している。各図はそれぞれ上から, シェイプセンサの入力信号, 判定結果, 階層メニューの変化, 出力した赤外線信号で, 陰影をつけた箇所は閾値 α を超えた区間である。

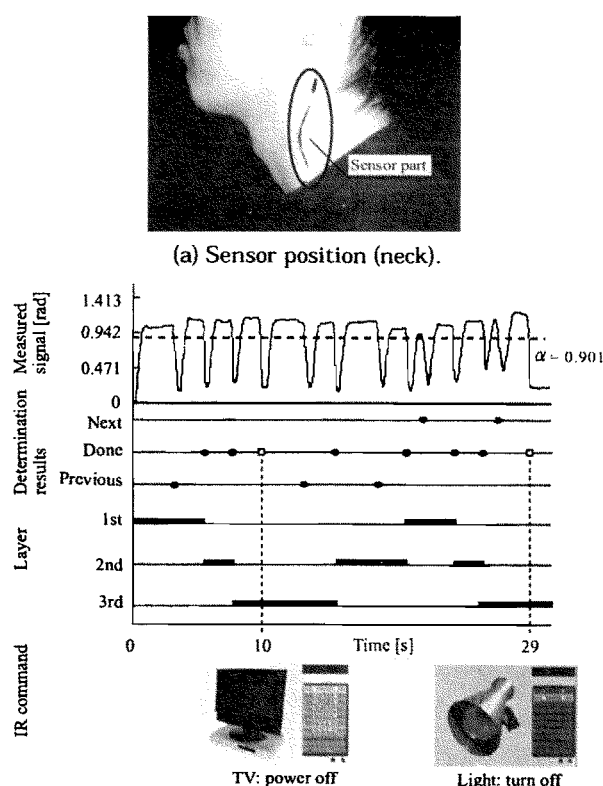


Fig. 13 An example of the experiments by subject E.

例えば, Fig. 11 では, メニュー階層を第 1 層から第 3 層のテレビ制御メニューに移動し, 操作開始から約 10 秒後にテレビの電源を「ON」にしている. また, 操作開始から約 22 秒後にビデオの「再生」を行っている. 一方, Fig. 12 では, 第 1 層から第 3 層のテレビ制御メニューに移動してテレビの電源を「OFF」(操作開始から約 11 秒後) し, 一旦第 1 層まで戻った後, 第 3 層の照明制御メニューへと進んで照明を「消灯」している (操作開始から約 33 秒後).

Table 3 は, 全試行についての操作時間をまとめたものである. 被験者によって, タスク終了までに要する時間にばらつきがあるものの, 操作意図にしたがった家電機器の操作が実施できた. 全試行において, 誤動作は一切なかった.

全般的に, 右手第二指, 右足足首, 頸部, あるいは, タスク 1, タスク 2 の順に, 操作時間が必要な傾向が見られるが, 被験者の「慣れ」に起因する部分も多く含まれていると推察される. 各操作に 20~30 秒程度の時間を必要とすることは, 健常者の通常操作と比較すると不十分であるが, 操作時間が必要な一番の要因は, システムへの入力において「センサを曲げていた時間の長さ」を特徴量にしたことにある (式 (1) 参照). この時間は, 操作者の「慣れ」にしたがって, ある程度まで短縮することが可能であろう.

Table 3 Experimental results.

Subject	Sensor position	Threshold α [rad]	Time [s]	
			Task 1	Task 2
C	First finger	0.463	22.0	24.4
	Ankle	0.141	23.7	25.6
	Neck	0.372	27.4	38.7
D	First finger	1.126	22.3	26.9
	Ankle	0.281	25.3	29.8
	Neck	0.769	31.8	36.5
E	First finger	1.064	22.2	23.0
	Ankle	1.064	25.2	26.7
	Neck	0.901	26.9	29.3

4. まとめ

本論文では, 環境制御装置 Bio-Remote の拡張入力手段として, シェイプセンサを利用することを試みた. シェイプセンサは, ファイバー状の柔軟な素材であり, 微細な身体動作でもシステムの操作に利用できる. このセンサを用いることで, 使用者の拡大と操作の多様化が期待できる.

開発したシステムの操作性を確かめるために, 頸椎損傷患者, 及び健常者による実験を行った. 頸椎損傷患者は, 四肢麻痺のため外眼角外側部に, 健常者は, 障害者を模擬して指, 足首, 頸にセンサを装着して操作を行った. 各被験者ともに, 目の開閉や関節のわずかな動作で意思通りに家電機器を操作することができた.

実験では, 本システムの操作がはじめてである頸椎損傷患者においても, センサ出力電圧の時間情報を用いた場合には 5 パターンの判定による操作が, 振幅パターン情報を用いた場合には 3 パターンの判定による操作が可能であることを確認した. 本システムにおいて, 判定可能なパターン数や操作時間は, 操作者の熟練度に依存する部分が大い. そのため, 今後はシェイプセンサを用いた操作の効率的なトレーニング方法などを検討する必要がある. また, 階層構造の自動最適化機能や閾値の自動設定などを導入することで, システム機能の充実を図ることを予定している.

なお, ここに本実験に被験者としてご協力いただいた古跡博美氏, ならびに小林勝氏に心から感謝の意を表します. また, 本研究の一部は NEDO 産業技術研究助成事業の助成を受けて実施したものでここに改めて謝意を表します.

参考文献

- 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部, 平成 13 年度身体障害児・者実態調査結果 2002 ; <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/08/h0808-2.html>
- 下森 智, 辻 敏夫, 福田 修, 内田 康弘, 三戸田 直志, バリアフリーインタフェース BIO-REMOTE の開発. 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 2002 ; 415-416.
- 下森 智, 辻 敏夫, 福田 修, 内田 康弘, 三戸田 直志, 加速度情報を利用したバリアフリーインタフェース BIO-REMOTE. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集

2003 ; 1A1-2F-D3.

- 4) 福田 修, 辻 敏夫, 金子 真, EMG 信号を利用した手動制御型人間支援マニピュレータ. 日本ロボット学会誌 2000 ; Vol. 18 (No. 3): 79-86.
- 5) 辻 敏夫, 重吉 宏樹, 福田 修, 金子 真, EMG 信号に基づく前腕動力義手のバイオミメティック制御. 日本機械学会論文集 C 編 2000 ; Vol. 66, (No. 648): 294-301.
- 6) 辻 敏夫, 福田 修, 大塚 彰, 金子 真, 義手制御を目的とした筋電操作トレーニングシステム. 電子情報通信学会論文誌 DII 2000 ; Vol. 83I, (No. 10): 2030-2038.
- 7) 辻 敏夫, 福田 修, 村上 満, 金子 真, ニューラルネットを利用した EMG 制御型ポインティングデバイス. 計測自動制御学会論文集 2001 ; Vol. 37, (No. 5): 425-431.
- 8) O. Fukuda, T. Tsuji, M. Kaneko and A. Otsuka, A Human-Assisting Manipulator Teleoperated by EMG Signals and Arm Motions. *IEEE Trans. on Robotics and Automation* 2003; Vol. 19 (No. 2): 210-222.
- 9) 福田 修, 辻村 好司, 辻 敏夫, 大塚 彰, EMG 信号を利用した食事支援マニピュレータの制御. 医科器械学 2004 ; Vol. 74, (No. 5): 229-237.
- 10) 福田 修, 有田 潤, 辻 敏夫, EMG 信号を利用した全方位型ポインティングデバイス. 電子情報通信学会論文誌 DII 2004 ; Vol. 87, (No. 10): 1996-2003.
- 11) 福田 修, 藤田 真治, 辻 敏夫, EMG 信号を利用した代用発声システム. 電子情報通信学会論文誌 DII 2005 ; Vol. 88, (No. 1): 105-112.
- 12) Measurand Inc., S700/S720 Joint Angle SHAPE SENSOR INSTRUCTION MANUAL; 4-6: 2002.
- 13) T. Tsuji, O. Fukuda, H. Ichinobe, and M. Kaneko, A Log-Linearized Gaussian Mixture Network and Its Application to EEG Pattern Classification. *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews* 1999; Vol. 29 (No. 1): 60-72.
- 14) K. Shima, N. Bu, M. Okamoto, and T. Tsuji, A Universal Interface for Video Game Machines using Biological Signals. *Proceedings of 4th International Conference on Entertainment Computing - ICEC 2005*; 88-98.