肢体不自由者のための視線による 日本語入力システムの開発と NIRS による評価

R&D of the Japanese Input Method with eye-control and evaluation with NIRS
for users with disabilities

○准 小谷 信司 (山梨大) 学 大木 一浩 (山梨大) 准 渡辺 寛望 (山梨大)

Shinji KOTANI, University of Yamanashi, kotani@yamanashi.ac.jp
Kazuhiro OHGI, University of Yamanashi
Hiromi WATANABE, University of Yamanashi, hwatanabe@yamanashi.ac.jp

This paper describes the Japanese Input Method with eye-control for users with disabilities such as Cerebral Palsy and ALS. The eye-controlled device is the My Tobii P10 and the evaluation device is NIRS (near infra-red spectroscopic). We report on preliminary experiments with keyboard-input with NIRS by without disabilities. We propose three input methods with eye-control. The proposed methods are evaluated with NIRS. Experimental results showed the effectiveness of “the beeper input method”.

Key Words: Japanese Input Method, disability, eye-control, NIRS

1. 研究の背景と目的

平成 18 年身体障害児・者実態調査[1]より身体障害児・者数は 357 万人である。その内、肢体不自由児・者数は 181 万人である(図 1)。肢体不自由児・者の中でも脳性マヒや、ASL(筋萎縮性側索硬化症)など全身性の運動機能障害を抱えている障害者の方は、言葉の発話、文字の書字、ジェスチャーなどでの直接的なコミュニケーション手段を利用することが困難である場合が多い。

携帯電話やパーソナルコンピュータなどの情報通信機器を利用すればコミュニケーションを行うことは可能となる。しかし、複数の障害を抱えるために、キーボードやマウス、音声での操作ができないために情報通信機器を用いたコミュニケーションも困難である。したがって、直接的もしくは間接的に自らの意思を相手にどのように伝えるかが問題となる。そのため障害者の方の残存機能を利用したコミュニケーション実現システムの開発が強く望まれている。

目標の実現のためには、障害の部位、程度に合わせてカスタマイズする仕組みが必要となる。また、特定の一人のみを対象とせず、多くの人に利用してもらうためには、コストやシステムの大きさも考慮しなければならない。さらに、教育・広報活動も行う必要がある。

具体的な目標実現の手段として視線を利用する。視線は、脳性マヒで肢体不自由であり発話が不明瞭な障害者の方、重度の ALS の障害者の方でも利用できるインターフェースである。そこで、視線入力方式によるコミュニケーション装置の研究と開発、評価を目標とする。評価手法には、工学的な定量評価、心理学的な主観的評価、近赤外線分光装置(以下、「NIRS」near infra-red spectroscopic)、および、バイタルセンサによる生理学的評価を用いる。

ステージ 1 を「日本語入力方式の確立と NIRS による評価」、ステージ 2 を「障害を持つ方からのフィードバック」、ステージ 3 を「携帯電話とデジタルカメラ機能による新システムの構築と評価」に分ける。

視線入力装置の研究や製品開発は行われている[2][3]。タッチパネル上での日本語入力における「かな」50 音配列の研

究も行われている[4]。しかし、視線入力装置に有効な日本語入力システムは確立されていない。

本稿では、ステージ 1 の「既存の視線入力装置を利用した日本語入力方式の確立と NIRS による評価」に関して記す。

なお、本研究課題は、「山梨大学大学院医学工学総合研究部工学系学域ヒトを対象とする研究に関する倫理委員会」の審査を受けている。

図 1: 身体障害児・者、肢体不自由者の人数と割合

2. システム構成

2.1 視線入力装置

本研究で用いる視線入力装置は、スウェーデン Tobii Technology 社製の My Tobii P10 (以下、「My Tobii」) である。図 2 に外観を、表 1 に仕様を示す。言語は、日本語には対応していない。

図 2: My Tobii の外観

My Tobii は、世界で 1,500 台以上の販売実績があり、視線による快適なコミュニケーション補助装置として優れた評価を得ている。15 インチディスプレイの上下に 2 つずつ近赤外線照射部があり、下部中央にカメラが取り付けられており、視線方向を高精度に検出する。検出した視線の確定は、1) ある一定時間注視、2) まばたき、3) スイッチ、のいずれかで行うことができる。

表 1: My Tobii の仕様

Display	15" Screen
Dimensions	360x365x110 mm
Weight	5.3 Kg
Working Distance	50-70 cm
Freedom of Head Movement	30x15x20 cm
Gaze Data Rate	40 Hz
Accuracy	0.5 Degree
Software: O.S.	Windows XP
Language	All European

2.2 NIRS

本研究で用いる NIRS は、株式会社ダイナセンズ社製の携帯型近赤外線組織酸素モニタ装置 PocketNIRS Duo (以下、「NIRS システム」) である。近赤外分光法の原理は、近赤外 (700-950nm) が、生体組織を透過する際、血液中のヘモグロビンが近赤外光を吸収し、その酸化状態により、吸光度が変化することを利用して、オキシヘモグロビン (以下、oxy-Hb) とデオキシヘモグロビン (以下、deoxy-Hb) とトータルヘモグロビン (以下、total-Hb) の濃度変化量を測定する。

図 3 に外観、図 4 にプローブ・センサ部分の写真を、表 2 に仕様を示す。

表 2: NIRS システムの仕様

測定項目 (濃度変化量)	oxy-Hb, deoxy-Hb, total-Hb
サンプリング間隔	20ms, 100ms, 200ms, 1s
光源 (3波)	LED (735nm, 810nm, 850nm)
光検出器	フォトダイオード
測定方式	MLB法 (モディファイド・ランベルト・ベール法)
本体サイズ、重量	100x61x19mm, 100g
送受光間距離	30mm
無線通信	Bluetooth (クラス2)

図 3: NIRS システム外観 図 4: プローブ・センサ部分写真
プローブの設置位置は、脳機能マッピング法[5]にも用いられている脳波測定国際 10-20 法システム[6][7]の Fp1 と Fp2 とした。プローブ 1 が Fp2、プローブ 2 が Fp1 に対応する。

3. キーボード入力による NIRS システム基礎実験

視線入力を行う前に、健常者によるキーボード入力による基礎実験を行い、NIRS システムとプローブ設置位置、タスク負荷との関係を求めた。

3.1 実験条件

A) 入力する文章は、幅広い年齢層が知る歌謡曲の歌詞

- B) ひらがな、カタカナ、漢字を含む文字数 107 文字
C) 「ローマ字入力」、「カナ入力」各 1 回
D) 文字変換の区切りは指定しない (被験者任せ)
E) 実験中の会話は避ける

3.2 被験者

被験者は、健常者の日本人 10 名、詳細情報を表 3 に示す。

表 3: 被験者の詳細情報

被験者	年齢	性別	普段の入力方法
S01	20代	男性	ローマ字入力
S02	20代	女性	ローマ字入力
S03	30代	男性	ローマ字入力
S04	30代	女性	ローマ字入力
S05	40代	男性	ローマ字入力
S06	40代	女性	ローマ字入力
S07	50代	男性	ローマ字入力
S08	50代	女性	ローマ字入力
S09	50代	男性	ローマ字入力
S10	50代	女性	1年前までカナ入力、現在はローマ字入力

3.3 測定データ

NIRS システムの測定データの見方を記す。上段は右額 (Fp2) のデータ、下段は左額 (Fp1) のデータである。横軸は時間 (sec)、縦軸はそれぞれのヘモグロビン濃度変化 (a.u.) である。図中、黒色の縦線は文字入力を開始した時刻、黄色の縦線は文字入力が終了した時刻である。波形において赤色は oxy-Hb を、青色は deoxy-Hb を、緑色は total-Hb の濃度変化を表す。

3.4 測定結果

ローマ字入力とカナ入力で大きな差のあった例を示す測定結果として、S05 のローマ字入力の結果を図 5 に、カナ入力の結果を図 6 に示す。

図 5: S05 のローマ字入力結果

図 6: S05 のカナ入力結果

図6の横軸スケールは、図5の横軸スケールの10倍である。縦軸スケールは同一である。入力時間はカナ入力にローマ字入力の10倍を必要とした。ローマ字入力においては、大きな血流量変化は見られない。カナ入力においては、左右額とも大きな血流量変化 (oxy-Hb と total-Hb の増加) が見られる。

カナ入力を使用していた S10 では、各血流量変化はほとんどなく、ローマ字入力とカナ入力の結果に差は見られない。

3.5 考察

各被験者の total-Hb の血流量変化を表4に示す。被験者全員が十分な経験があるローマ字入力では血流量に変化がない傾向が見られる。S10以外の被験者が行ったカナ入力では、血流量が増加する傾向が見られるが、個人差は存在する。

表4：脳血流量変化 (－：不変、○：増加)

被験者	ローマ字入力 (右、左)	カナ入力 (右、左)
S01	－、－	○、○
S02	－、－	○、○
S03	－、○	○、○
S04	○、－	－、－
S05	－、－	○、○
S06	－、－	－、－
S07	－、－	－、－
S08	○、○	○、○
S09	－、－	○、○
S10	－、－	－、－

4. 日本語入力システムの開発

アルファベット文字入力に関しては、アルファベットの数が26文字と少ないため、画面にソフトキーボードを表示する方法が一般的である。他に、電話機の番号記憶の補助のために数字キーに対応したアルファベットを選択する「キー連打方式」、EXideas社が開発した「Message Ease」方式がある。

かな文字入力に関しては、ATMなどで採用されている五十音ソフトキーボードがあるが、文字数が多いため、小さな画面に表示するには向いていない。最近のほとんどの携帯電話では数字キーを連打する「キー連打方式」が採用されているが、例えば、「こ」を入力する場合、「2」キーを5回押さなければならず、視線による入力方法として適切ではない。携帯電話が普及する以前に使われていたポケベルでは、数字キーをふたつ連続して押すことにより、一つの「かな文字」を入力することが可能で、「ポケベル入力方式」と呼ばれており、現在も携帯電話で採用されている。2回キーを押すことにより、すべてのひらがなを入力することができるため、「キー連打方式」よりも効率が良く、また、同じキーを連打する確率も低いため、視線入力に適している。本研究では1)アルファベット入力のソフトキーボードとかな変換 (以下、ローマ字入力方式)、2)五十音ソフトキーボード、3)五十音表記を採用した「ポケベル入力方式」 (以下、「五十音表記ポケベル入力方式」) を実装して、評価を行った。

4.1 開発環境

日本語入力システムの開発環境は以下の通りである。

- ・パーソナルコンピュータ：My Tobii
- ・オペレーティングシステム：Windows XP
- ・開発ソフトウェア：Tobii Communicator 4

4.2 日本語入力システムの機能と画面レイアウト

実装した3つの日本語入力シ

ステムにおいて、文字入力の他に、「終了」、「読み上げ」、「Enter」、「Back Space」、「Specie・漢字変換」、「日本語IME ON/OFF」、「記号入力」の機能を付け加えた。これらは、被験者に混乱を起こさな

図7：ローマ字入力方式のように、画面上での配置位置と、色を統一した。各画面、ローマ字入力方式を図7に、五十音ソフトキーボードを図8に、五十音表記ポケベル入力を図9に示す。

図8：五十音ソフトキーボード (左：通常画面、右：拡張画面 (小文字、濁点、半濁点選択用))

図9：五十音表記ポケベル入力方式 (左上：1回日の画面、右上：2回日の画面 (1回日に「あ」を選択した場合の例)、左下：2回日の画面 (1回日に「は」を選択した場合の例)、右下：2回日の画面 (1回日に「記号」を選択した場合の例))

5. NIRSに基づく評価実験

5.1 実験条件

キーボード入力による実験条件との違いは、文字数を107文字から33文字に変更した点のみである。

5.2 被験者

被験者は、健常者の日本人4名、詳細情報を表5に示す。

表5：被験者の詳細情報

被験者	年齢	性別	普段の入力方法
S01	20代	男性	ローマ字入力
S04	30代	女性	ローマ字入力
S05	40代	男性	ローマ字入力
S08	50代	女性	ローマ字入力

視線による日本語入力を体験して、アンケート調査のみを行った被験者は5名（20代、30代の男性）である。

5.3 波長カットフィルターの導入

NIRSで使用する3波長の近赤外光、および、My Tobiiで使用する照射赤外光の干渉を避けるために、高波長カットフィルターをNIRSのフォトダイオード受光部（プローブ1とプローブ2の計2ヶ所）に、短波長カットフィルターをMy Tobiiの赤外光発光部（上部左右、下部左右の計4ヶ所）に取りつけた。この処置により、従来は難しいといわれていた、視線検出装置のNIRSによる評価が可能となった。

5.4 測定結果

NIRSシステムの測定データの見方は3.3と同一であるが縦軸スケールが異なる。代表的なS04の結果を図10に示す。

図10：被験者S04の測定結果（上：ローマ字入力、中：五十音ソフトキーボード、下：五十音表記ポケベル）

5.5 測定結果の考察

被験者毎に入力時間（Time）と文字探索時間（Srch）、total-Hb 濃度変化の平均値（Mean）と面積値（Area）、アンケート結果（Enq.）を順位付けしたものを表6に示す。

「ローマ字入力方式」を「ローマ字」、「五十音ソフトキーボード入力方式」を「五十音キー」、「五十音表記ポケベル入力方式」を「五十音ポケ」と略した

表6：被験者4人の評価結果

方式	Time	Srch	Mean	Area	Sum	Enq.
ローマ字(S01)	(2)	1	3	3	7	1
五十音キー(S01)	(1)	2	2	1	5	3
五十音ポケ(S01)	(3)	3	1	2	6	2

ローマ字(S04)	(3)	2	2	2	6	3
五十音キー(S04)	(2)	3	3	3	9	2
五十音ポケ(S04)	(1)	1	1	1	3	1
ローマ字(S05)	(1)	1	3	3	7	3
五十音キー(S05)	(2)	2	*1	*1	4	2
五十音ポケ(S05)	(3)	3	*1	*1	5	1
ローマ字(S08)	(3)	3	1	1	5	1
五十音キー(S08)	(2)	2	3	3	8	3
五十音ポケ(S08)	(1)	1	2	2	5	2

5.6 体験アンケート調査結果の考察

自分の名前をそれぞれ3つの入力方式で視線入力してもらい、使いやすい順番に番号付け（1、2、3）をしてもらった。被験者5名の得点を合計した結果は、「五十音ソフトキーボード入力」と「五十音表記ポケベル入力」が9点で使いやすいという評価が高く、「ローマ字入力」は12点であった。

5.7 全体の考察

工学的評価、主観的評価、生理学的評価の観点から視線による入力方式は、「五十音ソフトキーボード入力方式」と「五十音表記ポケベル入力方式」が有効と判断した。どちらが良いのかは慣れの問題及び個人に大きく依存すると思われる。

6. まとめ

肢体不自由者のための視線入力システムの開発とNIRSの評価の研究課題において、ステージ1となる日本語入力方式の確立と健常者による評価を行った。評価結果より、視線による入力方式は、「五十音ソフトキーボード入力方式」と「五十音表記ポケベル入力方式」が有効と判断した。

現在、脳性マヒによる肢体不自由者の方に視線入力を利用しての日本語入力を行ってもらっている（被験者2名）が、視線による分解能が20～30個（4行×5列、5行×6列）程度なので、「五十音ソフトキーボード入力方式」の評価は行えていない。

文献

[1] 厚生労働省社会・援護局障害保険福祉部企画課：“平成18年身体障害児・者実態調査結果”

[2] 山口卓哉，新開大樹，永井義満，石津昌平：“肢体不自由者に適したソフトウェアキーボードおよびポインティングデバイスによる文字入力方法の構築”，信学技報，Vol. 109, No. 358, WIT2009-73, pp. 29-34 (2010-1)

[3] 大野健彦：“視線インターフェースから視線コミュニケーションへー視線のある環境を目指してー”，情処研報 2001-III-95, pp. 171-178 (2001)

[4] 小林夏子：“日本語入力におけるかな50音表配列”，千葉大学卒業論文 (2007)

[5] 大熊輝雄，“臨床脳波学”，医学書院第5版 (1999)

[6] M. Okamoto and I. Dan et al.：“Three dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10-20 system oriented for transcranial functional brain mapping”，NeuroImage.21, pp. 99-111 (2004)

[7] 岡本泰昌：ストレスを感じる前頭前野-ストレス適応破綻の脳内機構-，日本薬理学会誌，Vol. 126, No. 3, pp. 194-198 (2005)