

重度障害者のための意思伝達支援装置“舌マウス”の開発

寺島 正二郎*, 李 升国**, 星野 謙人***,
松澤 智由貴****, 佐々木 聡*****,
水島 昌徳*****, 高木 茂王*****

(平成 23 年 10 月 31 日受理)

Development of an Augmentative and Alternative Communication (AAC) System Operated Using by the Mouthpiece Type Remote Controller and/or the Intraoral Joystick for Seriously Disabled People

Shojiro George TERASHIMA*, Shogoku LEE**, Kent HOSHINO***,
Chiyuki MATSUZAWA****, Satoshi SASAKI*****,
Masanori MIZUSHIMA***** and Shigeo TAKAGI*****

We have tried to develop an Augmentative and Alternative Communication (AAC) system operated by users' tongue motion for seriously disabled people. This system consists of two input devices of a mouthpiece type remote controller and an intraoral mini-joystick. The mouthpiece type remote controller has 4 switches to operate PC's mouse up/down and right/left. The intraoral mini-joystick has a three-axis force sensor (operating direction in the plane and the magnitude) to detect the user's tongue motion.

To make sure the basic characteristic of this system, the maneuverability was tested. The candidate of 5 to 10 able-bodied male tried to operate the PC's mouse using the two input devices. The required time to input the prescribed sentence using the mouth piece type remote controller by tongue was 6-16% increasing. Using the intraoral mini-joystick, the average duration was about 2[sec] and the accuracy was good enough to apply this system to the assistive tools. These results suggest the possibility that this system would be effective as an assistive tool for severely disabled people.

Key words: Cervical Cord Injury, ALS, Assistive Technology, Rehabilitation Engineering,
Tongue Motion

1. はじめに

頸髄損傷や筋萎縮性側索硬化症(ALS)などにより上肢・下肢共に自由が利かない上に、発語機能にも障害を有する重度障害者にとっては、福祉機器の操作のみならず、介助者との意思伝達にも支障をきたす。このような障害者のコミュニケーションエイド(意思伝達装置)としては、古くからは文字盤や透明文字盤が利用されており、障害者と介助者との 1 対 1 の意思伝達に用いられてきた。これらは、電源が不要で持ち運びも容易であるが、相手が居る時にしか利用できない点、慣れていないと読み取りが困難であるなどの問題もある。最近では携帯用会話補助装置の他、走査型文字入力装置なども多く開発されており、

* 機械制御システム工学科教授, ** 新潟大学大学院生, *** 株式会社サイカワ, **** 歯科手塚医院,
***** 明倫短期大学, ***** 株式会社オーギャ

利用者に適応可能なスイッチを選定し文字の入力を行っている。ここで、スイッチやその操作方法には電気接点式、呼気式、血流式、眼球運動式、脳波式など様々あるが、操作性の向上の観点から、新たな操作装置の開発も望まれている。

他方、我々は、チンコントロールなども利用できない重度障害者においても自立して電動車椅子の運転を行うための操作支援装置として、口腔内に設置し、舌で操作を行う口腔内リモートコントローラーの開発を行っている。これまでに、13.56MHzのRFタグを搭載した4ch型コントローラーを開発し、その通信特性や操作性を明らかにすると共に、実験室環境下であるものの、市販の電動車椅子の運転操作に成功している^[1-3]。

ここで、上記の口腔内リモートコントローラーシステムは、操作対象を電動車椅子から、他の装置や環境制御機器に変更可能である。そこで、本研究では、口腔内リモートコントローラーシステムを発語も困難な重度障害者の意思伝達支援装置（コミュニケーションエイド）への適応を目指している。しかし、この口腔内リモートコントローラーにおいても、利用者の"障害の程度"や"舌癖"によって、十分な操作が行えない場合もある。そこで、利用者の"舌癖"による影響を受け辛く、小さな動作で操作可能な操作装置の開発を目指し、口唇部分で軽く咥え、舌先で軽く操作するだけで、利用可能な口腔内ジョイスティックの開発も併せて行っている。

本報では、発語も困難な重度障害者の意思伝達支援装置として、入力装置として口腔内リモートコントローラーシステムおよび口腔内ジョイスティックの2系統を有するシステムの提案を行い、実利用の可能性について検討を行ったので報告する。

2. システム構成と実験方法

2.1 システムの構成概要

2.1.1 口腔内リモートコントローラーを用いた“舌マウスシステム”

Fig.1 は口腔内コントローラー（試作 2 号機、3 号機）および、当該コントローラーを用いて、PC に文字を入力するためのシステム構成図である。ここで、上記の様な重度障害

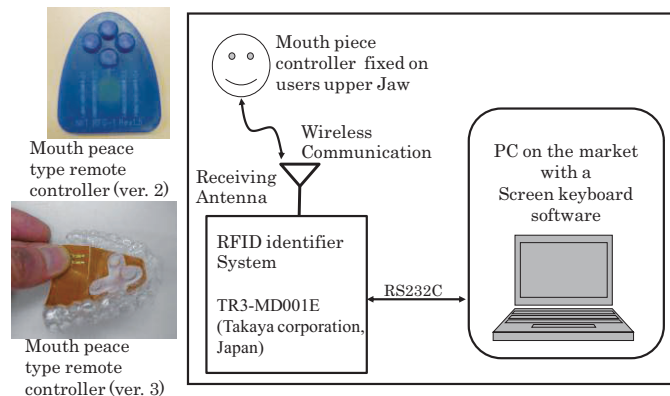


Fig. 1 Schematic diagram for a typing assist system using mouthpiece remote controller.

者は通常のキーボードやマウスによる文字入力是不可能である。そこで、文字の入力に際しては、PC 上にスクリーンキーボードを起動させると共に、画面上のカーソル移動は通常のマウスの代わりに、我々が開発した口腔内コントローラーを用いて操作することとしている。即ち、このシステムは通常のマウスと同様に、舌を用いて PC 上のカーソルを移動可能なことから、本研究室では“舌マウスシステム”と読んでいる。

また、今回利用している口腔内コントローラー（2 号機）は 4ch タイプであるため、カーソルを上下左右に動かす信号しか発信できず、クリック機能は有していない。そこで、本“舌マウスシステム”では、カーソルが“文字キー”上に到達し、設定した時間以上経過した際に、自動的に該当文字が入力される仕組みとした。

口腔内コントローラーは入れ歯安定剤などを用いて利用者の口腔内の上顎に設置し、操作信号の受信アンテナ（TR3-HA101、タカヤ社製）はハンズフリーマイクのように利用者の口腔部周辺に設置する。また、受信アンテナに接続された RFID 識別器（TR3-MD001E、同社製）では、口腔内コントローラーから送信された RF タグの ID 情報の識別を行い、RS232C を介して PC と通信を行っている。PC 上では識別された ID 情報に基づき、対応した上下左右方向にカーソルを移動させ、カーソルが設定時間以上停止していた文字を自動的に入力する仕様とした。

2.1.2 口腔内ジョイスティックを用いた“舌マウスシステム”

Fig. 2 は口腔内ジョイスティック本体の概観、Fig. 3 は口腔内ジョイスティックを用いて PC 上に文字を入力するためのシステム即ち、“舌マウスシステム”の構成図である。

口腔内ジョイスティックは Fig. 2 に示す様に、口唇で咥え、舌尖でスティック部を操作する仕組みとした。また、当該ジョイスティックの本体、電子基板、電源部は口腔内に入れず、チンコントロールなどに用いられるステーに固定することとした。ここで、口腔内ジョイスティックは舌尖による小さな荷重で反応する必要があるため、(株)オーギャ社製の 3 軸触覚センサ（3 軸力センサ）を用いることとした^[4]。このセンサは小型・薄型であり、低荷重から広範囲にわたり負荷の検出が可能である他、負荷された荷重の大きさと方向が同時に検出できる特性を有している。この特性から、本センサを利用することにより、小さな力で操作可能な小型のジョイスティックが製作可能となる。

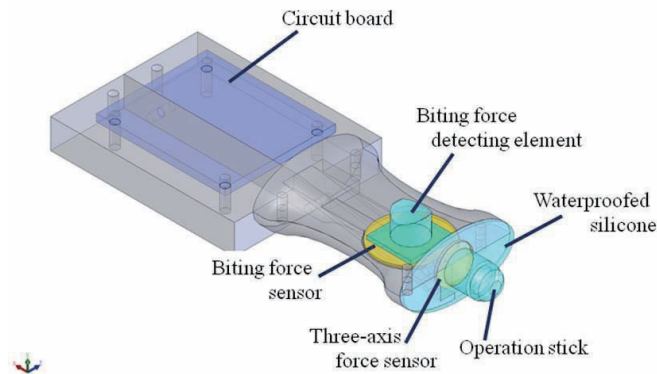


Fig. 2 Schematic diagram of the tongue operated mini joystick.

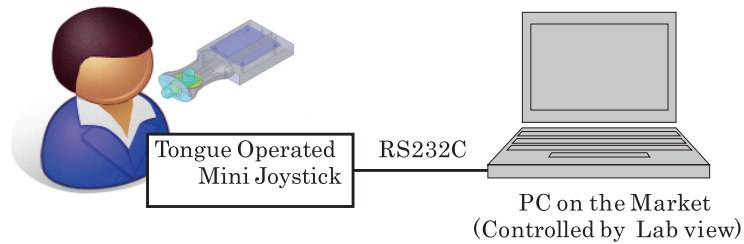


Fig. 3 Schematic diagram of the system configuration for operating a PC.

本入力装置を用いて PC 上で文字を入力するためのシステム構成としては、ジョイスティックからの出力信号を操作対象となる PC に直接取り込み、専用の制御ソフトを用いて画面上のマウスやカーソルなどを操作し、文字入力を実現させている。尚、制御ソフトはグラフィカルランゲージの1つである、日本ナショナルインスツルメンツ社製の Lab view を用いて開発した。また、今回製作したシステムでは操作対象を意思伝達支援装置としての PC に限定しているが、今後は更に汎用性を高める予定である。

2.2 実験方法

2.2.1 口腔内リモートコントローラーを用いた“舌マウスシステム”

本研究で開発した口腔内リモートコントローラーを用いた“舌マウスシステム”の有効性を確認するために、以下の様に比較実験を行った。まず、重度障害者が文章を入力する状況を模し、PC 上にスクリーンキーボード（簡タッチ；テクノウェーブ社製）を起動後、通常のマウスを利用して規程文章を入力した（以下、Normal Mouse）。同様に、当該口腔内コントローラーを舌で操作し、同一文章を入力し所要時間を計測した（以下、Tongue Mouse）。また、舌によるコントローラーの操作性について検討するために、当該コントローラーを口腔内から出し、指で操作した場合の所要時間も併せて計測した（以下、Tongue Mouse / by Finger）。

入力する文章は「今日は良い天気です」とし、漢字変換による影響を省くために、全て“平仮名”で入力した。また、カーソルの移動速度は 100[pixel/sec]、文字が自動的に入力されるまでの設定時間は 2.0 および 3.0[sec]の 2 条件とした。但し、通常のマウスを利用した場合のみ、“クリック”による文字決定の条件も付加した。尚、本システムは開発初期段階であるため、安全を考慮して、被験者は健常者 5 名とし、平均所用時間と標準偏差を算出した。

2.2.2 口腔内ジョイスティックを用いた“舌マウスシステム”

次に、開発した口腔内ジョイスティックを用いた“舌マウスシステム”の有効性を確認するための第一段階として、操作性について実験的検討を行った。具体的には、被験者にアトランダムに 8 方向（前後左右および各斜め方向）への操作指令を与え、PC 上において対

応した場所にカーソルを合わせられるまでの所要時間を測定した。ここで、正確な場所にカーソルを合わせるまでに5秒以上要した場合にはタイムオーバーとした。被験者は健康男性10名(20代:9名, 40代:1名)とし、各8方向5回ずつ計測をした。

3. 結果および考察

3.1 口腔内リモートコントローラーを用いた"舌マウスシステム"

規程の文章を入力した際の所要時間を Table 1 に示す。通常のマウスを利用し、"クリック"により入力文字を決定した場合の所要時間 (Normal Mouse / by Click) が 12.6 ± 1.7 (mean \pm 1S.D.) [sec]で最短であり、続いて、"クリック"は行わず、入力文字が自動的に決定されるまでの設定時間が2.0および3.0[sec]の場合で 40.7 ± 1.5 および 57.2 ± 5.3 [sec]となった。このことから、通常のマウスで"クリック"が利用できる場合には、素早く文章の入力ができるものの、"クリック"ができない障害者にとっては、4~5倍の所要時間が掛かることが分かった。

Table 1: Required time for input the prescribed sentence using by normal mouse and tongue mouse system

Input Modes	Settele Time for Decision [sec]	Required Time [sec]
Normal Mouse	by Click	12.6 ± 1.7
	2	41.7 ± 1.5
	3	57.2 ± 5.3
Tongue Mouse	2	70.0 ± 5.2
/ by Finger	3	80.3 ± 2.8
Tongue Mouse	2	81.7 ± 15.4
/ by Tongue	3	85.3 ± 5.7

次に、口腔内コントローラーを指で操作した場合 (Tongue Mouse / by Finger) と舌で操作した場合 (Tongue Mouse) の結果としては、自動入力設定時間が2.0[sec]の場合は、 70.0 ± 5.2 および 81.7 ± 15.4 [sec]であり、設定時間が3.0[sec]の場合は、 80.3 ± 2.8 および 85.3 ± 5.7 [sec]となった。このことから、口腔内コントローラーを舌で操作して文章を入力しても、Normal Mouse / by Click に対しては約7倍に増加するが、"クリック"機能が無い場合の所要時間と比べると約1.5倍に留まっており、実利用可能な範囲にあると推察された。

次に、リモートコントローラーを指で操作した場合と舌で操作した際の結果を比較しても、自動入力設定時間が長くなるにつれて、操作方法による差異は小さくなり、設定時間が3.0[sec]の場合では80.3および85.3[sec]と、5秒程度の差となっていることが見て取れる。この結果から、入力文章の短/長にも依存するが、口腔内コントローラーの舌による操作性も実利用可能なレベルにあることが示唆された。また、この結果から、文字入力に要する時間は、"リモートコントローラーを操作する指 or 舌"などの操作手法より、自動入力設定時間の差異による影響の方が大きく現れる可能性も認められた。即ち、口腔内コントロ

ーラーに“クリック”機能を持たせることにより、文字入力に要する時間は大幅に短縮できると考えられ、より使い易いシステムに改良可能と考えられた。

3.2 口腔内ジョイスティックを用いた“舌マウスシステム”

10名分の測定結果から、各方向および試行回数ごとにそれぞれの平均値を算出し、Table 2に示した。この結果より、全体を平均しても2秒以内に正確な操作が出来ていると言え、試験回数を重ねるに従って操作時間が早くなっていることから、さらなる練習によってより正確な操作が可能と推察された。

Table 2 The time required for operating the "Tongue Operated Mini-Joystick" to correct position.

The Time Required [sec.]

Trial No.	Upper	Upper Right	Right	Lower Right	Lower	Lower Left	Left	Upper Left	Average[sec.]	Range of Time over [%]
1	2.28	2.02	2.7	2.33	2.44	1.95	2.9	2.33	2.38	6.25
2	2.1	1.77	2.36	2.21	2.37	1.72	2.14	2.03	2.09	0
3	1.64	1.63	2.29	2	2.15	1.52	2.15	1.41	1.85	1.25
4	1.63	1.44	2.43	1.72	1.25	1.66	2.08	1.39	1.68	2.5
5	1.58	1.48	1.67	1.56	1.56	1.56	1.74	1.61	1.59	2.5
Average [sec.]	1.9	1.67	2.28	1.98	1.92	1.68	2.2	1.74	1.92	-
Range of Time over [%]	6	0	4	2	4	0	4	0	-	2.5

また、本実験の中で1回もタイムオーバーとならず正確に操作できた被験者は7名であった。また、残る3名においては数回のタイムオーバーが発生したが、各条件におけるタイムオーバーの発生状況には一貫した傾向は見あたらなかった。さらに、全体として見ればタイムオーバー率は約3%と非常に低く、練習やジョイスティックの形状などの改良により、さらに正確な操作や操作性の向上が図れるものと考えられ、障害者の方にも使用可能な操作装置と推察された。

4. まとめ

- 1) 上・下肢および、発語も困難な重度障害者のための意思伝達支援装置として、“舌マウスシステム”を開発した。
- 2) 本報では“口腔内リモートコントローラー”と“口腔内ジョイスティック”の2系統を有する、意思伝達支援システムの提案を行った。
- 3) “舌マウスシステム”を“口腔内リモートコントローラー”により操作した際の有効性を検討するために、実利用環境を模し規程文章の文字入力を行った。
- 4) “口腔内コントローラー”を舌で操作した場合においても、文章入力の所要時間は、指で操作した場合の6~16%増に留まり、実利用の可能性が示唆された。
- 5) 開発した“口腔内ジョイスティック”の操作性を検討するために、操作の正確性や反応速度（所要時間）を計測したところ、各操作に対する所要時間は約2秒であった他、5

秒以上要した例は3%以下であった。

6) これらの結果より、開発した操作システムは実利用の可能性があると示唆された。

謝辞

本研究は以下の助成金の支援を受け現段階まで進捗し、現在も継続して実施中である。ここに記して謝意を示す。

科学研究費助成金 18700480, 21500524, JST シーズ発掘試験研究助成金 05-021, 内田エネルギー財団試験研究助成金 2009-40, 2011-35, 新潟工科大学共同研究助成金 NIIT-18-01, NIIT-20-01, NIIT-22-03, NIIT-23-02.

文献

- [1] S. G. Terashima et.al: Development of Mouthpiece Type Remote Controller for Disability Persons, JBSE, 5(1), pp.66-77, 2010.
- [2] 寺島正二郎他: 重度障害者のための口腔内コントローラーの開発; バイオメカニズム, 20, pp.87-98, 2010.
- [3] S. G. Terashima et.al: Development of a Mouthpiece type Remote Controller for Operation of a Powered Wheelchair and a Computer Device; Proc. of 1st Int. Conf. Applied Bionics and Biomechanics, 2010, CD-ROM
- [4] <http://www.oga-inc.jp/gyoumu.html#seihin>, (cited 2011-10-31).