

原著

筋電位を利用したワープロ制御システム開発の試み

—— 重度アテトーゼ型脳性麻痺者を対象として ——

安達 潤¹⁾ 佐藤美彦¹⁾ 出口隆一¹⁾ 太田 茂²⁾ 末光 茂³⁾

旭川児童院¹⁾

川崎医療福祉大学 医療技術学部 医療情報学科²⁾

川崎医療福祉大学 医療福祉学部 医療福祉学科³⁾

(平成5年12月8日受理)

Development of the Word Processor System
for a Patient with Severe Athetotic Cerebral Palsy

Jun ADACHI¹⁾, Yoshihiko SATO¹⁾, Ryuichi DEGUCHI¹⁾
Shigeru OHTA²⁾ and Shigeru SUEMITSU³⁾

Asahigawa-Jidoin¹⁾

Okayama, 703, Japan

Department of Medical Informatics

Faculty of Medical Professions²⁾

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-01, Japan

Department of Medical Social Work

Faculty of Medical Welfare³⁾

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-01, Japan

(Accepted Dec. 8, 1993)

Key words : athetotic cerebral palsy, severe motor paralysis, action potentials of muscles, assistive devices, quality of life (QOL)

Abstract

We have developed a word processor system for a patient (a 41-year-old female) with severe athetotic cerebral palsy, who has little useful movement. She can understand our language because her mental age is evaluated as over 6 years. This system has a switching device which is controlled by the action potentials of muscles. When the device detects the action potentials over the threshold (which is adjustable), the relay closes momentarily. The relay and the word processing device are linked. The action potentials can be generated voluntarily without real movement, so the patient can control the word

processor. But in the case of athetotic cerebral palsy, action potentials can be generated involuntarily by emotions such as excitement. To avoid this, the relay continues to be open for an adjustable period once the switching device detects the action potentials over the threshold. The word processor system has enabled the patient to express herself and has contributed to improving the quality of her life.

要 約

実用的な運動をほとんど有していない、重度アテトーゼ型脳性麻痺患者が使うためのワープロシステムを開発した。このシステムは筋電位で制御されるスイッチを有しており、閾値（調整可能）を越える筋電位を検出するとリレー回路が瞬間的に閉じる。そしてリレー回路とワードプロセッサ部がつながっている。筋電位は実際の運動が生起しなくても随意的に発生させ得るので、患者はワードプロセッサを制御することができる。しかしアテトーゼ型脳性麻痺の場合、興奮などの情緒状態によって筋電位が不随意的に発生することがある。このことを回避するために、閾値を越える筋電位を一旦検出するとある時間（調整可能）リレー回路が開放状態を維持するようにした。このワープロシステムは患者の自己表現を可能にし、患者のクオリティ・オブ・ライフの向上に寄与することとなった。

序

運動障害は人の日常生活に対して大きな制約となる。人の生活環境は、様々な姿勢をとること、移動すること、細かい操作活動といったものを人に要求するからである。そしてまた人の生活では音声言語や動作言語を通じた他者とのコミュニケーションが重要な役割を占めており、このことに対しても運動障害は同じく大きな制約となる。一般に運動障害を抱えた人達は、健全な運動器官での動作の代替、福祉機器の利用、他者への援助依頼といった方法を通じて、日常生活上の不利益に対処している。しかし重篤な運動障害を抱えた障害者ではこれらの何れの方法も利用することができない場合がある。例えば重度アテトーゼ型脳性麻痺者では過度の筋緊張が全身に及び、代替動作や福祉機器のスイッチ操作、及び構音器官の適切な制御の全てが不可能となっていることがある。このような形で運動障害を抱えている人達は日常生活上の不利益に自ら対処することができず、また他者との意志疎通も困難であるために、生活の中で高いストレスを経験していることが予想される。

今回、著者の一人である太田茂の発想に基づいて開発を試みた「筋電位を利用したワープロ

制御システム」の目的はこういった重篤な運動障害を抱えた人達のコミュニケーションを援助することである。他者とのコミュニケーション、そしてそれを通じた自己意志の発露の可能性は何よりもこういった重篤な運動障害を抱えた人達に必要であり、望まれていることであろう。

運動障害用のワープロ機器の入力方式には「直接入力方式」、「符号入力方式」、「走査入力方式」が存在するが、今回報告するシステムでは走査入力方式の一つである「自動走査入力方式」を採用した。この入力方式はディスプレイ画面上にアルファベットまたはカナの文字表を表示しておき、一定時間間隔でカーソルを自動的に移動させ、選択したい文字の上にカーソルがきたときにスイッチを押して文字選択を行なうというものである。自動走査方式での入力に関してはこれまで、押す、吹く、瞬きをする等の動作で操作できるスイッチが開発されてきた^{1,2)}。しかし簡単なスイッチの操作でさえ困難な人達も存在する。そのために今回ワープロシステムではスイッチ操作のかわりに随意的制御による筋電位の変化を利用することを試みた。その理由は、等尺性収縮に見られるように実際に運動が生起しなくても随意的に筋電位を制御できるからである。このことが示唆するのは、本症例の

ようなタイプの運動障害を抱えた人達でもスイッチを制御し得る可能性である。

システム開発に際して、1992年6月16日から1993年5月15日にかけて合計10回のセッションを行なった。以下これらのセッションについてそれを4期に分け、目的、方法、結果、考察という形で記述する。ただし各セッションの目的はあくまでも今回のシステムを実用的な道具とすることであった。そのため各セッションは厳密な実験的統制のもとでは行なわれておらず、現象の分析も定性的なものに留まっている。

方 法

1. 第1期システム開発

第1期の目的は「ワープロシステムの入力装置を駆動する信号として、重篤な運動障害を抱えた人の筋電位が使用できるか否かを検討すること」である。

対象は41歳の女性であり、アテトーゼ型脳性麻痺の診断を受けている。昭和43年3月18日重症心身障害児施設旭川児童院入所。日常生活は仰臥位、あるいは車椅子座位でそのほとんどを過ごしている。本症例は身体を随意的に動かそうとすることや精神的な活動の影響によって全身が不随意的な緊張状態に陥ることが多い。そのため上肢及び下肢を実用的な動作に用いることはできず、頭部の回旋も自由に制御できないという状態ではない。そして全身の緊張状態に抗して随意的な動きを実現しようとすると多大な疲労をとまう。本症例の発語は非常に不明瞭であり意志の伝達は困難である。日常会話の理解は特に支障はないように思われるが、年齢相応の言語理解力を有していないことが知能検査や発達検査の結果から推定される。日常生活での主なコミュニケーションはYes-Noサインで行なわれている。文字の理解に関しては、同一の文字盤を用いて繰り返し尋ねれば、音に対応して文字を選び出せるようになるが、文字の位置が変わると混乱する。また文字操作の基礎となる音節分解能力や音韻抽出能力が未熟なため、単語単位の文字を理解したり、表現したりすることはできない。これらの言語技能については現在訓練中である。

手続きはポリグラフで健常成人と本症例の筋電位を記録して、比較検討することとした。使用したポリグラフは日本光電社製のRM-6000ポリグラフである。使用ユニットは生体電気用アンプ AB-621G であり、測定波形をサーマルアレイレコーダ WS-681G で感熱紙上に記録した。電極は日本光電社製の皿電極を用い、左腕骨筋に5cm間隔で併置して装着した。セッションを行なった部屋の構造上、蛍光灯やCRTの電氣的遮蔽を行なうことはできなかった。

2. 第2期システム開発

第2期の目的は「周辺の電気機器に起因する雑音成分をシステム自体の改良によって除去するために開発した筋電計（第1次筋電計）を使用してワープロシステム全体の動作を検討すること」である。

対象は第1期システム開発に参加してくれた対象者と同一対象者である。

手続きは以下のようなものである。システムの筋電位測定部(以下、筋電計という)はOG技研(株)のバイオフィードバックシステム(EMGバイオトレーナー BF-205)を改造することとした。BF-205は測定信号への雑音混入を最小限にするために、本体部と独立電源のプリアンプ部を有している。またこれは任意の筋電基準値を設定して基準値達成訓練を行なうことができるようになっており、今回のワープロシステムではこの機能を利用した。すなわち改造は、測定筋電位が、内部基準値を越えるとビーブ音を発生すると同時にリレー回路を閉じるというように行なった。さらに筋電計は「x秒の間に予め設定された基準値 y を測定された筋電位が z 回を越えたりリレー回路が閉じる」という形でリレー閉鎖に至る条件を設定できるようになっており、この基準を構成する x, y, z の3変数はある範囲の自由度で設定可能となっている。筋電位測定の利得も可変的に設定できる。また筋電計は基準値と測定中の筋電位を切り替え式で表示するメーターを備えている。電極はBF-205に標準装備の皿電極を使用した。電極はプラス電極、アース電極、マイナス電極で構成されている。電極の装着は左腕腕骨筋に対してプラス、アース、マイナスを3cm間隔で併置する形で行なった。

システムのワープロ部は、MSX パソコンを通じて PC-9801 上のワープロソフト一太郎 ver. 3.0 を制御する方式を採用した。MSX パソコンのモニター上には五十音表と機能選択の項目が表示してあり、自動走査方式で文字及び項目の選択が可能となっている。今回用いた自動走査方式は、画面上の文字群を 2 分割し、どちらか一方を選択した後、さらにその部分を 2 分割することで最終的に一つの文字及び項目を選択する方式である。画面は白色と赤色で 2 分割され、画面下部に白、赤、黒で順に色に変化するバーが呈示してある。MSX パソコンには上述した筋電計のリレー端子がつながっており、筋活動の随意的制御で文字選択ができるようになっている。例えばバーが赤色の時にリレー回路が閉じると画面上の赤の部分が選択され、バーが白色の時にリレー回路が閉じると画面上の白の部分が選択される。そしてバーが黒色の時にリレー回路が閉じると一段階前の 2 分割状態に戻ることができるようになっている。この MSX パソコン上の PC-9801 制御ソフトは障害者用として実績があるソフト（佐々木玄佐作/MSX 用障害者向け入力ソフト）を改良したものである。

MSX パソコンは松下電器製 FS-A1GT (MSX turboR) を使用し、そのモニターには PCTV472 を使用した。一太郎 ver.3.0 を動かすパソコンには PC-9801vm を、そのモニターには PC-KD862 を使用した。

セッションは旭川児童院のデイケアルームで行ない、本症例は車椅子に乗った状態でシステムを試用した。システムの試用に際しては言語指示で本症例に随意的筋活動制御を促した。そして筋電計のメーターを視察しながら適切な条件設定を探索する場合と筋電計のリレー端子と MSX パソコンをつないでシステム全体の動作を検討する場合の 2 条件を設定した。筋電計だけを使用する条件では、言語指示によって前腕の力を入れたり抜いたりするよう促した。

3. 第 3 期システム開発

第 3 期の目的は「筋電位変動、基準値を上回る筋電位を測定したときに発生する筋電計内部パルス、設定基準を満たしたときに生起するリレー閉鎖動作の 3 現象を実時間で記録するため

の改良を加えた筋電計（第 2 次筋電計）を使用してワープロシステム全体の動作を検討すること」である。

対象は第 1 期、第 2 期システム開発に参加してくれた対象者と同一対象者である。

手続きは以下の通りである。本症例の筋活動と第 1 次筋電計の動作状態を実時間で確認するために、筋電位変動、基準値を越えた筋電位を検出したときに発生する筋電計内部パルス、設定基準を満たしたときに生起するリレー閉鎖動作の 3 現象をポリグラフにペン書きするためのインターフェースを作製した。ポリグラフは第 1 期セッションと同じものを使用した。また上記 3 現象の確認はブラウン管モニター (VC-640G) でも行なった。

このインターフェースを使用して健常成人および本症例を対象として第 2 期セッションと同様の 2 条件、及び手続きでシステムの試用を行なった。また、今回は MSX パソコンモニター上のバーの色変化速度を少し遅く設定した。

4. 第 4 期システム開発

第 4 期の目的は「情緒的変動による不随意的筋活動の発生に対処するために改良を加えた筋電計（第 3 次筋電計）を使用してワープロシステム全体の動作を検討すること」である。

対象は第 1 期、第 2 期、第 3 期システム開発に参加してくれた対象者と同一対象者である。

手続きは以下の通りである。「情緒的変動による不随意的筋活動の発生」に対する方策として、筋電計に検出不応期を設定した。具体的には、基準値以上の筋電位を一旦検出するとその後設定した時間内では基準値以上の筋電位が発生してもリレー閉鎖動作を行なわないという動作を実現した。不応時間は前期セッションで記録した本症例の筋電図をもとに 5 秒間に設定した。

結 果

1. 第 1 期システム開発

蛍光灯、及び CRT に起因すると思われる雑音成分が測定波形上に観察された。

健常成人においては随意的筋活動制御に対応した筋電位の立ち上がり立ち下がりが明確であり、筋電位を入力装置の駆動信号として利用

できる可能性が示された。

本症例においては、健常成人と比較すると前腕の筋活動を随意的に制御する能力に乏しく、また不随意的筋活動が頻繁に出現することが認められた。

2. 第2期システム開発

筋電位表示モードでメーターを視察したが、メーター上で基準値以上の振れが確認されていないにもかかわらず、ピープ音が発生し、リレー回路が閉じるという現象が認められた。これはメーターが平均値表示であり速い電位変動に対するメーターの追随性が悪いためであると考えられる。このことは本症例の筋電位が速い変動性を有していることを示唆している。

筋電計の条件設定に関しては、探索的に行なってみたところ随意的筋活動制御とリレー閉鎖とが有程度対応する条件設定が可能であった。

ワープロ部に関しては、MSX パソコンモニター上のバーの色変化が本症例の筋活動の随意的制御タイミングよりも速く、適切な選択が困難

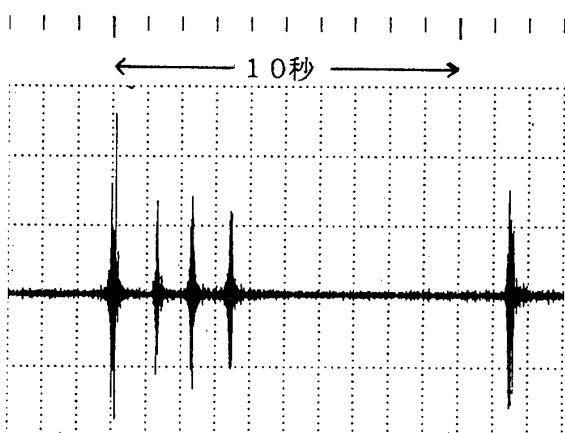


図1 健常者の随意的筋活動制御時の筋電図

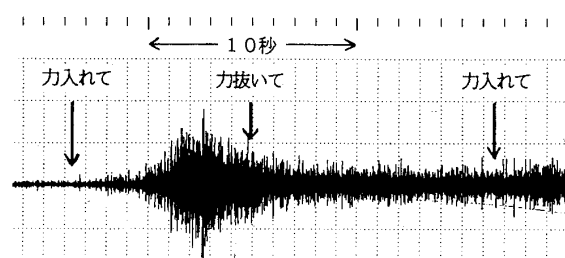


図2 他者からの言語指示による対象者の随意的筋活動制御時の筋電図

であることが認められた。

目的の文字群を選択できるなどの成功体験に基づく本症例の情緒的な変化によって不随意的筋活動が発生し、リレー回路が頻繁に開閉してしまう場合のあることが認められた。この「情緒の変動による不随意的筋活動の発生」はアトローゼ型脳性麻痺の特徴の一つである³⁾。

3. 第3期システム開発

図1は健常者の随意的筋活動制御時のポリグラフ記録である。図2は言語指示によって筋活動の随意的制御を行なっている状況での本症例のポリグラフ記録である。これらの記録は本症例の随意筋活動制御が上手く行なわれていないことを示しており、本症例では力を入れた状態と力を抜いた状態との筋活動の差が明瞭でなく、また筋活動増減の立ち上がり/立ち下がりがゆるやかであることが認められる。図3はシステム試用時の本症例のポリグラフ記録である。この時本症例は全身の緊張がかなり高まっているように見受けられた。記録が示しているのは、言語指示時に比して筋活動が増大していること、そして時に大きな電位変動が瞬間的に発生しているということである。これに伴って筋電計の検出パルスが頻発し、リレーの頻回な開閉が認められる。

以上の記録が示唆するのは、システムの安定的制御のためには「図3中に見られるような散

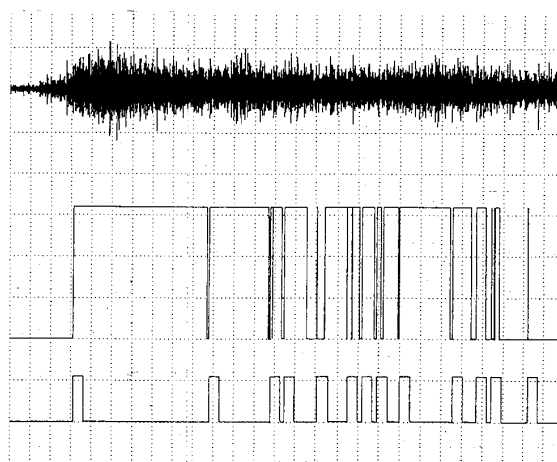


図3 対象者のシステム試用時の筋電図(上段)、及び筋電計内部の閾値上筋電位検出パルス(中段)とリレー開閉動作(下段)

発する大きな電位変動よりも基準値設定を高くしなければならない」ということである。しかしこの設定ではシステム制御のために筋活動量を大きく上げる必要があるので、システム使用者が疲労しやすい状況であるといえる。

MSX パソコンモニター上のバーの色変化速度に関しては、これを遅くしたことで本症例の随意的筋活動制御タイミングとの適合性を上げることができた。また前期セッションでの問題点でもある「ワープロ操作に成功することに基づく情緒の変動による不随意的筋活動の発生」は今期のセッションでも認められた。

4. 第4期システム開発

図4は第3次筋電計を使用してワープロ操作を行なったときのポリグラフ記録である。図に示されるように、不随意的筋電位によって基準値を越える筋電位の検出パルスは発生しているがリレー回路は作動していない（図中の矢印部分）。この筋電計動作によって、目的としない文

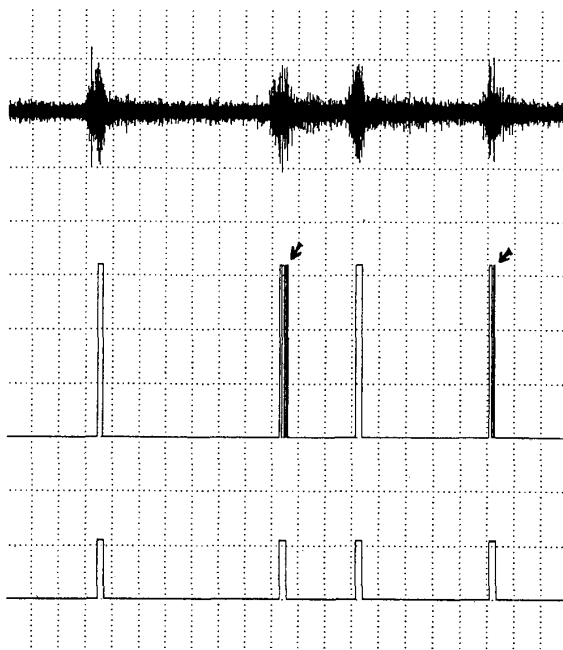


図4 第3次筋電計による対象者のシステム試用時の筋電図(上段)、及び筋電計内部の閾値上筋電位検出パルス(中段)とリレー開閉動作(下段)

矢印時点で検出パルスは発生しているがリレーは開閉動作をしていない。

字または文字群が選択されてしまう場合が少なくなった。

考 察

1. システム開発各期の考察

第1期システム開発の考察は以下の通りである。ワープロシステムの汎用性を目指す上では、周辺の電気機器に起因する雑音成分をシステム自体の改良によって除去することが必要である。さらに、システムの動作を本症例の随意的筋活動制御の特性に適合させ、不随意的な筋活動変化に対処し得るように設計する必要がある。

第2期システム開発の考察は以下の通りである。筋電計のメーターでは現象の視察が困難なため、筋電位変動、基準値を上回る筋電位を測定したときに発生する筋電計内部パルス、設定基準を満たしたときに生起するリレー閉鎖動作の3現象を実時間で記録するための工夫が必要である。またMSXパソコンモニター上のバーの色変化速度を遅くする必要がある。さらに本症例の情緒的变化に伴って発生する不随意的筋活動を筋電計が検出してしまうことに対処する工夫が必要である。

第3期システム開発の考察は以下の通りである。第3期システム開発で残された大きな問題点は「情緒的変動による不随意的筋活動の発生」である。次期のシステム開発ではこの問題への対処策を実現する必要がある。

第4期システム開発の考察は以下の通りである。今期のセッションでは筋電計に検出不応期を設定することで「情緒的変動による不随意的筋活動の発生」に対処した。しかしこの方法は完全なものではなく、不応期を越えて不随意的筋活動が持続した場合および不応期外に不随意的筋電位が発生した場合には、リレー回路が閉じてしまうということとなる。

2. 今回のシステムの本症例にとっての意味

今回のシステム開発は第3次筋電計によるシステムで一応、第1ステップの終了とした。

現在、システムは本症例が両親への手紙を書いたり、詩を書いたりということに使用している。しかしこれは本症例が口頭で病棟スタッフに伝えた内容を病棟スタッフが文字に移し変え、

それを再び本症例がワープロに打つという作業となっている。本症例は重度の運動障害を長年抱えてきたためか、現時点で自ら文章を作製する能力を獲得するに至っていない。そのために上述したような形でのシステム使用となっている。そしてシステムの使用に際してもモニター上の文字表から目的の文字を見つけられなかったり、時に不随意的筋活動でリレー制御が上手くいかなかったりということがある。しかし本症例は自分でシステムを制御して字を打つということに非常な喜びを感じており、病棟へ戻ってからも職員にその喜びを伝えたり、担当ドクターにワープロ使用場面を見てもらったりしている。また本症例はワープロシステムを繰り返し使用する中で左前腕以外の身体部位の緊張をそれほど高めることなくスイッチを制御できるようになってきており、このことは筋電図上にも現れてきていると思われる（図3と図4を比較のこと）。

本症例がワープロシステムの操作に非常に積極的であることは上述したが、それは本症例がこれまで「自分で自分の意志を明確に表現する」という機会を奪われていたということによる。ワープロシステムの使用が文章作製能力の獲得に直結しているわけではないが、本症例自身は将来的な期待を持ってワープロシステムを使用している。本症例を担当している心理カウンセラーからは「自分なりの表現を獲得できるかもしれない可能性」、「自分の意志を他者に明確に伝えられるようになるかもしれないこと」、「以前からの夢である詩集の編纂」等について本症例自身が語っているという情報が得られている。実際、本症例は真剣な表情でワープロシステムを操作しており、担当ドクターからも「システム操作が精神的張りにつながるであろう」という評価を受けている。

先述したように、現時点でのワープロシステム使用は本症例自らが文章を作製するという段階ではない。しかしながら本症例は将来への期待を持ってワープロシステム使用の練習に取り組んでいる。今回開発したワープロシステムは本症例に自己表現の手段を提供し、生活に精神的張りを与えることで、本症例のQOL(Quality

of Life)^{4,5,6)}向上の一助となったと考えられよう。

3. システムの総合評価と今後の展開

今回開発したシステムは、重篤な運動障害のためにこれまで自分なりの表現手段を持たなかった本症例に「自己表現手段獲得」への門戸を開いた。しかしシステム自体はこれで完成したわけではなく、本症例にとってさらに簡便なワープロシステムを実現するという意味では未完成の状態であるといえる。

現在のシステムが抱える問題点は幾つかある。一つは不随意的筋電位への対処策である。現時点では検出不応期を設定しているが、不応期が終了してしまえばこの対処策は意味をなさない。また不応期を長く設定するとシステム制御に時間がかかることとなる。対処策をさらに洗練するためには、不随意的筋電位と随意的筋電位とを区別する必要がある。このことを実現する具体的方策としては「筋電位をコンピュータ処理することによって差異を検出する」、「不随意的筋電位にのみ伴う別の部位の筋電位が存在すればそれをモニターすることで区別する」といったことが考えられる。ただしこれらの方法は単なる着想の域を出ていない。さらなる研究が要請されるであろう。いま一つの問題点はワープロ操作の煩雑さである。今回のシステムでは最終的に一太郎 ver. 3.0を制御する方式を取っている。しかしMSXパソコンモニター上の文字表は一般キーボードのキーの種類に準拠しているため、印刷をするときなどにはリターンキーを何度も選択しなければならない。この作業はワープロシステム使用者にとっては非常に面倒なことである。例えば必要に応じて一度の選択でリターンキー二回分の機能を果たすような設定が可能であれば、ワープロシステムの操作がかなり容易になると考えられる。

一方、今回のシステムは本症例の言語技能訓練に新たな道を開く可能性がある。言語技能の習得に関しては運動成分が重要な役割を果たしているということを示唆している報告が存在する^{7,8,9,10)}。今回のシステムは文字表への視線定位と筋電位の随意的制御とを通じて文字を操作するということが言語活動に伴う運動体験を本症例に保証し得ると考えられる。今回のシステ

ムを応用することで、本症例の音節分解能力、音韻抽出能力に働きかける言語訓練プログラムを実現し得るかもしれない。

以上、「システムの本症例にとっての意味」及び「システムの総合評価と今後の展開」について若干の考察を行なった。こういったシステムは単なる道具ではある。しかし道具が人の生活を豊かにするというには疑問の余地がない。福祉機器技術にして“電子立国日本”が後進国で

あるということは否定できない事実だが、後進国から先進国へと移り変わって行くためにも「道具が有用であるという事実」を積み重ねていく努力が必要であろう。

謝 辞

本研究は富士通株式会社の助成によって行なうことができた。ここに謹んで謝意を表明いたします。

文 献

- 1) 太田 茂 (1989) 米国・欧州における身体障害者のための電子機器事情. ASCII, **13**(7), 273—280.
- 2) 太田 茂 (1990) 障害者とコンピュータ. 浅野史朗編 障害者の可能性を広げるコンピュータ. 初版, 中央法規出版, 東京, pp 35—54.
- 3) 石川晃子 (1985) 言語障害. 津山直一編 脳性麻痺の研究. 初版, 同文書院, 東京, pp 102—113.
- 4) 上田 敏 (1984) ADL から QOL へ. 総合リハビリテーション, **12**(4), 261—266.
- 5) 大川嗣雄 (1984) クオリティ・オブ・ライフのリハ医学における評価. 総合リハビリテーション, **12**(4), 269—276.
- 6) 永井昌夫 (1984) QOL について考える. 総合リハビリテーション, **12**(4), 277—281.
- 7) 大井 学, 西川郁子, 田中真留美 (1987) 話しことばをもたない自閉症児の言語理解——2語結合の理解における視空間的支えの効果——. 特殊教育学研究, **24**(4), 51—58.
- 8) 管井邦明 (1986) 音声言語行動の形成条件. 特殊教育学研究, **24**(2), 10—19.
- 9) 管井邦明 (1990) 音声言語の受信と構音の発現に関する理論. 特殊教育学研究, **28**(3), 11—24.
- 10) 渡部信一 (1988) 書字においてつづけ字が頻発した失語症者に対する一考察. 音声言語医学, **29**(4), 322—330.