寝たきり障害者介助機器システムの開発と展望^{*}

米 田 隆 志^{**} 舟久保 熙 康^{**}

Key Words

bedridden patients, care and nursing, manipulator, enviromental control system, micro-computer

Abstract

In Japan, at present the number of severely crippled and bedridden patients who have to completely taken care of in daily life is tending to increase for several reasons, one of the most important being the fact that the proportion of aged persons in the population is growing.

Providing care for these persons is becoming an extremely serious social problem for bedridden patients and also for their families.

As one solution to this problem, we developed an enviromental control system for bedridden patients.

The system is composed of input units, a small mobile unit, an automated storage cabinet, manipulator system, various enviromental control devices and a central control unit.

Various improvements in the basic components of the system are presented, as well as the development of some additional new components.

はじめに

我国の寝たきり障害者の数は70万人と言われており、そのうち90%は家庭内で生活していると推定される。これら障害者の数は疾病の他に交通事故・スポーツによる事故の増加等にとともに、残念ながら増加の傾向にある。さらにここ数年の間に急激に突入するであろう高齢化社会を迎え、その増加を予想せざるを得ない状況

である。

このような寝たきり障害者の介助は、本質的に人の手を介して行われるべきであるが、長期にわたる連続看護は介助者に精神的にも肉体的にも大きな負担を強いるものであり、介助者の疲労、発病等を惹き起こすケースも多い。また、寝たきりの患者の方としても、日常生活の細々した動作をいちいち介助者に頼むことに遠慮を

* Development of an enviromental system for bedridden patients

** Takashi Komeda, Hiroyasu Funakubo : Faculty of Engineering, The University of Tokyo

感じるような心理的抵抗があることもある。

一方、24時間拘束されている介助者を社会活動に参加させることは、高齢化社会を迎えようとしている我国にとって大きな問題である。つまり、身体不自由な高齢者の社会活動への参加継続をはかり、その自立生活を援助し、それによって減少する壮年層の社会活動への参加率を高めることは大きな意義をもつ。このために、介助者の心身の負担の軽減と患者の自立を助ける技術的な補助を導入することはやむを得ない手段であり、特に患者の日常生活の介助は重要な部分を負担するものと考えられる。ただ、この実用化にあたっては特にその用途の限界については慎重に検討すべきであり、いたずらに機械化を図ることが目的でなく、技術的な補助の役割を越えることがないように自戒することが必要である。

以上の趣旨のもとに昭和53年より寝たきり障害者等の日常生活介助機器システムの開発に関する研究を当研究室では実施してきている。ここでは、すでに開発を終了したプロトタイプの紹介と、現在開発中の機器及びその将来について述べることにする。

システム概要

開発されたシステム全体を写真1に示す。

システムは、入力装置部・搬送車・整理棚・マニプレータ・中央コントローラー等から成り立っている。以下にそれぞれについて述べる。

写真1 介助機器システム全体

1 入力装置部

患者が自分の意志に基づいて周辺機器を動か

そうとした場合、その障害の程度により様々なレベルがあり、このレベルに応じた入力装置を考えねばならない。現在までに開発した装置としては、タッチスイッチ・呼吸スイッチ・音声入力装置・ルックサイトシステムがある。

タッチスイッチは、寝たきりになっても手の機能が残っている患者が使用するもので、自分の意図するボタンに触れるだけで入力が可能となるもので、力の弱った老人でもボタンを押す必要がなく、余分な体力を消耗する心配がない。また1つ1つのボタンを大きくしてあり、使い易くしている。

呼吸スイッチは、ボタンを押す代わりに息を吹きかけることにより入力を行うもので、手の自由が束縛されている人でも入力が可能である。

音声入力装置は、音声そのもので入力するのではなく、音の相対的な高低と長短を識別する方式であり、取り扱いが簡単であり会話の困難な人でもハミングができれば使用可能である。入力部・出力部それぞれに8ビットマイクロコンピュータを用いており、入力ー出力は直ちに行われる。また、音質は圧縮非線形DPCM方式を用いており、極めて良質である。(写真2)

写真2 音声コミュニケーションシステム

ルックサイトシステムは、視線方向と頭の動きの関係から地球磁場の力によって自分の意志を伝えるもので、音声入力が不可能な患者でも、入力可能である。

これら入力装置部からの信号は、中央コントローラー部に取り込まれる。

2 搬送車と整理棚

写真3・写真4は夫々搬送車と整理棚を示した

写真3 整理棚から搬送車へトレイが押し出されている様子

写真4 整理棚の内部

ものである。これらは何れも患者と同室内に備え、介助者である家族が、たとえば朝の内に患者が日中1人で生活するのに必要なものを入れておくと、あとは後に述べる中央コントローラーによる表示装置（テレビ画面）を見ながら、指令を与えることによって患者が自分で品物を選択することができるようになっている。このため、両者ともできるだけ小型軽量でなければな

らず、同意する品物の数としては、10種類まで可能としている。患者がある物を必要とした場合、さきほどの入力装置からの信号が中央コントローラーに入り、中央コントローラーでは無線で搬送車に整理棚まで品物を取りに行くよう指令を出す。整理棚は、選択された品物の入っているトレイ番号を確認し、所定の場所へ品物の入ったトレイを置き、搬送車が到着したことを確認した後、搬送車上にトレイといっしょに押し出す機能を有している。搬送車・整理棚ともに8ビットマイクロコンピュータを内蔵しており、システムを拡張することは可能である。

3 マニプレータ

日常生活に最小限必要とみられる動作は多種多様で、寝たきり患者の介助動作も同様に多様である。また、患者を介助する作業の中で日常最小限必要な動作ではないからといって切り捨てられるものではない。たとえば顔が痒くなったとか、少し枕の位置を直したい等の動作がこれに含まれる。

患者が介助者に日常最少限必要な動作以外を頼む際には、ためらい遠慮する心理的な抵抗が生じ、また介助する側にとっても気の休まる暇もない精神的な疲労も加わることになる。このためには患者自身が思う時に、思うように使える補助の手を備えることによって、日常生活といわれる言葉に含まれる種々の異なる色々な動作の中のいくつかを自ら行う事ができれば、前に述べたような諸々の要因の解消に役立たせることが可能となる。これらの条件を考慮した上で開発されたのがマニプレータである。

3-1 本体

写真5は外観、図1はその機構を示す。各部の寸法及び重量は表1に示す。ハンド部は指3本からなり、これ以外の関節部の屈曲・回転等の自由度は6で、合計9自由度である。日常生活の様々な動作に対応可能となるよう1対2本の腕となっている。駆動用アクチュエータは、コアレスDCモーターで、モーター両端には夫々光学式シャフトエンコーダーと減速歯車装置が一体化されている。本体の主要構造材としてカーボンファイバーを用い、軽量化を図っている。

写真5 動作中の1対のマニプレータ

図1 マニプレータ機構図

表1 マニプレータ寸法及び重量

Dimensions and weight of arm

Part	Length (mm)	Weight (kg)
Base	115	2.38
Upper arm	295	1.82
Forearm	260	1.16
Hand and fingers	186	0.57
Total	856	5.93

3-2 制御

図2は、このマニプレータの制御方式のブロック図を示しており、指令部・制御部・モーター駆動部から成り立っている。

制御部では、Z-80マイクロプロセッサを使用し、種々の演算、記憶、指令装置からの入力受付、モーター駆動部への出力等を行っている。

モーター駆動部は1チップマイクロプロセッサ8039を6個用い、信号のデコード、エンコーダからのフィードバック信号の受付等を行っている。

図2 マニプレータ制御ブロック図

る。

モータの制御は8039を用いてソフトウェアで行っており、8039 1個で4つのモーターを同時に制御することが可能であり、従って最大24個のモーターの同時並列制御が可能である。

ソフトウェア的には、マニプレータの周りの空間にX、Y、Z座標の各方向に10cmおきに基準格子点を定め、この格子点によって手首の位置座標を示すアルゴリズムを用いている。ある決められた空間位置まで手首を動かすには、原点からの基準格子点迄動作するのに必要な各モーターのパルス数は予め固定メモリー中にテーブルとして貯えられておりこのテーブルから指令位置に対応する各モーターのパルス数を求めるようにしている。動作精度はX、Y、Zの各方向に対してそれぞれ10mmである。

各モーター間の協調動作によって、マニプレータ全体がある動的な形状の動きをするために、手首の目標とする位置迄DDA方式によりパルス分配による演算を行い動作させている。この場合、任意のモーターに対する演算を行った際、全てのモーターがその動作終了時に同時に夫々の目標位置に達するようにしてある。

4 中央コントローラー

これまで述べてきた個々の機器を統括して制御するのが中央コントローラー部である。ここでは本システムで行うことの可能な動作のメニューを市販のテレビ上に映し出し、患者の指令を待つ。動作指令が入ると、その指令が患者の意図しているものと同じであるか患者側に確認のメッセージを出す。そして、確認がとれると

写真6 中央コントローラーによる画面上へのメニューの表示

それぞれの機器に動作指令を発するものである。この際、画面上にその動作を文字によって示すとともに、音声によっても患者に伝える様になっている。

また、市販の電化製品と繋げ、スイッチのON・OFFを行ったり、テレビのチャンネルを変える等のことも可能である。(写真6)

3 将来への展望

以上述べてきたものは、プロトタイプとして試作完了したものであり、その有意性は十分にあるものであるが、改善しなければならない点もいくつか出ており、現在、その研究開発を行っている。それらのうちからいくつかについて以下に述べる。

1 マニプレータ

前述したマニプレータは、コンパクトであり、介助用としては機能的には耐えられるもので、コップにジュースをつぐ、トレイを2本のマニプレータを同時に動かすことにより運ぶ、電話を取りに行く等の日常的な動作が可能となった。しかし、長期にわたる使用や、細かな介助動作を考えた場合、以下のような改善点が挙げられた。

1) ギヤのバックラッシュによる動作時の振動

小さなモーターで大きな出力を得るために用いている減速機に、平歯車を用いている部分があり、長期の使用によりバックラッシュが大きくなっており、位置決め精度の劣化、動作中の

振動等の原因となっている。

2) センサ

従来のマニプレータにはセンサーとして、モーターの回転数を検出するロータリーエンコーダーがそれぞれのモーターについているだけの為、たとえばジュースをコップに注ぐ動作にしても、コップとジュースをあらかじめ決められた位置に置かねばならない。たとえ置いてあっても、突発的な事故により、その位置がずれてしまえば、マニプレータは物を把むことはできなくなってしまう。

これらの対策として新たに設計・製作したのが写真7に示すマニプレータである。これは、各部の寸法においてはほぼ前のものと同様であるが、下記の点において優れている。

写真7 新たに開発した1対のマニプレータ

(1) モーターに小型高出力のインランド社製トルクモーターを用い、パワーアップを図るとともに、減速機にハーモニックドライブを用い、これと一体型にすることにより効率のアップと位置決め精度の向上を図った。これにより従来のマニプレータの様な動作中の振動がなくなり、滑

らかな動きを実現するとともに、位置決め精度の向上も可能となった。また、振動による機械部品への悪影響を除くとともに患者に対する恐怖心をなくす点においても有効である。

(2) ハンド部に視覚センサを取り付け、物の置く位置が所定の位置からずれていてもマニプレータが正確に物を把むことが可能な構成とした。

現在、これらの改善点に加え、7自由度構成のマニプレータを製作中である。これは、日常生活の多様な介助動作を考えた場合、6自由度では不十分な場合があるのと、エネルギー効率を考慮して設計されたものである。動作内容により、必要最小限のモーターを選択的に動かし、7自由度総てを動かす必要がある場合だけ総てのモーターを動かすソフトウェアも開発し、現在、より滑らかな動きと、2本のマニプレータの協調動作の為のソフトウェアを開発中である。

2 搬送車

前述の搬送車は車輪型のものであり、床に貼られた金属箔を検出しながら移動する。従って、ある決められた軌道（整理棚から物を取ってくる軌道）以外には動作不可能である。また、車輪型であり同一フロア内でしか動作できず、その場合にも段差があれば乗り越えが不可能である。

これらの問題点を考慮に入れ開発中であるのが写真8に示す六本足の搬送車である。今現在は階段昇降可能な車椅子としての開発を進めているが、本介助機器システムへの応用も十分可能なものである。平地を走行する際には前足に取りつけた車輪とモーターで行い、段差がある場合には六本の足を用いて乗り越えるもので、センサーにより段差形状を判別する機能や、座椅子部を常に水平に保つ機能も有している。

現在、様々な階段・段差に対応して乗り越えが可能となる六本の足の軌道生成ソフトウェアの開発中である。この六足搬送車が実現することにより寝たきり患者の生活空間も大巾に広がることが期待できる。

3 移動型マニプレータ

現在のシステムでは、マニプレータはベッドサイドへの据置型であり、その機能を十分に生

写真8 階段昇降可能な搬送車

写真9 マニプレータを移動型にした試み

かしているとは言い難く、介助動作も限られたものとなっている。そこで、搬送車の上にマニプレータを取り付け、家庭内、病院内を自由に動き回ることが可能で、尚かつ棚から物を取ってくる、ベッドの周りを動き、きめ細かい介助動作を可能とする等多くの利点を持つシステムの試みを行った。

写真9に示すものがその試作を行ったもので、搬送車部には市販の電動車椅子を改造しマイク

ロコンピューターを搭載することにより位置情報を得ることを可能とし、これに従来のマニプレータを取りつけたものである。移動は車輪を用いている為、段差の乗り越えは不可能であるが、室内を動き、ものを取ってくる動作は可能である。駆動源にはバッテリーを使用しており、独立しての動作が可能である。

おわりに

以上寝たきり障害者介助用システムの説明と現在開発中の機器について述べてきたが、冒頭にも述べたように介助作業は本来は人間、特に親族の手によるのが最善である。寝たきり障害者への技術的な介助手段の導入に当たっては、介助の機能に関する事前・事後の検討・改善が必要なのはもちろん、今困っているからと安易に導入することがはたして当人の将来の幸福につながるか否かは十分に検討されなければならない。むしろ導入に際しては最少限に止める方向で検討すべきであろう。しかし、実際に寝たきり患者を抱えている家庭では、家族そろっての外出も困難であるのが現状であり、その社会生活は大きな束縛を受けている。従って、次にはこれら介助機器が単に障害者の日常生活の介助用としてではなく、これらの障害者が寝たきりの状態でも何らかの社会活動が行えるための補助手段として用いることがむしろ望ましい場合が考えられる。私共は、これらの状況・条件をよく考慮して、夫々の状況に適応した適切な介助手段を準備することが必要とされよう。

最後に、本研究に当たっては、科学技術庁研究調整局生活科学技術課のなみなみならぬ御理解と御協力を得ていることに感謝の意を表します。また、本研究の実施に御協力下さった企業・官庁・全国のリハビリテーションセンター・大

学等多くの方々にも感謝申し上げます。また、六足搬送車の研究の一部は三菱財団の研究費用によったことを報告致します。

文 献

- 1) 舟久保ほか：「寝たきり障害者等の日常生活介助機器システムの開発とその展望」．交通科学．11（1）：11-17，1981．
- 2) 舟久保ほか：「寝たきり障害者介護用車輪型移動ロボットシステムの開発」．ロボット学会誌．2（3）：232-237
- 3) 根井ほか：「介助用多関節型マニプレータにおける視覚の利用に関する研究」．昭和59年度精機学会春季大会学術講演会講演論文集，p.p.187-190
- 4) 手塚ほか：「協調動作をする一対の介助用多関節型マニプレータの開発」．昭和59年度精機学会春季大会学術講演会講演論文集，p.p.191-194
- 5) 垣本ほか：「階段昇降可能な車いすの開発（第3報）」．昭和60年度精機学会春季大会学術講演会講演論文集，p.p.765-766
- 6) J. C. Adamowski et al : 「DEVELOPMENT OF A SIMPLE ENVIROMENTAL SENSORY USING ULTRASONIC RANGE FINDER FOR A POWERED WHEEL CHAIR WITH THE CAPACITY TO CLIMB AND DESCEND STAIRS」．昭和60年度精機学会春季大会学術講演会講演論文集，p.p.767-768
- 7) 服部ほか：「介助用多関節マニプレータの動作制御法に関する研究」．第3回学術講演会予稿集（日本ロボット学会），p.p.59-60