

## 下肢リハビリ支援システムの開発

後藤 和弘・池田喜一\*  
機械電子部・\*九州工業技術研究所

### Development of lower limb rehabilitation support system

Kazuhiro GOTOH・Kiichi IKEDA\*  
Mechanics & Electronics Division・\*Kyushu National Industrial Research Institute

#### 1. はじめに

将来の高齢化社会が問題となっているが、一般に高齢化が進むにつれて身体機能が低下していく。特に下肢機能の低下は行動範囲の制限につながるから、精神面でも不安定になる可能性がある。このような高齢者や事故などによる下肢不自由者が、下肢機能の低下予防、維持、回復訓練を目的として歩行訓練装置を利用することで、これらの問題を軽減することができる。

そこで本研究では、高齢者や下肢不自由者を対象とした下肢リハビリ支援システムの開発を目標として、訓練者の下肢の負担を軽減するように、下肢への負荷を調節する身体支持機構について検討する。

#### 2. 従来の研究

患者の歩行を支援する簡易な器具としては、Fig.1のような4脚式または車輪付きの歩行器などがあるが、上肢で体重を支える力が必要になる。また、段差等の乗り越えは困難であり、平地での訓練においても転倒しないように注意を要する、などの問題点がある。

アクチュエータをもつ歩行訓練装置としては、吊り上げ式の歩行訓練装置<sup>1)</sup>や訓練評価機能を持ったフィードバック型歩行訓練装置<sup>2)</sup>などがあるが、いずれも動作可能領域が限られている。藤江ら<sup>3)</sup>による歩行介助システムは室内の広い範囲を移動できるが、装置は比較的大きい構造となっている。これらのシステムでは斜面や段差などを含むような実際の日常生活環境に近い訓練環境を自由に構成することができない。

一方、吊り上げ式の装置としては天井走行型リフター

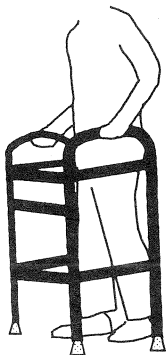


Fig. 1 歩行訓練器具の例

があるが、人を運ぶためのものであり、歩行訓練には適していない。

#### 3. 下肢リハビリ支援システム

##### 3.1 システムの概要

水中における歩行訓練では常に訓練者の真上に浮力が作用し、下肢への負担が少ない状況で訓練ができる。本研究では、これと同様の効果が得られるように常に訓練者の身体を真上から支持し、下肢への負担を軽減しつつ下肢へ与える負荷を調節しながら訓練可能な下肢リハビリ支援システムの開発を目標とする。

段差やスロープ等を含む生活環境に近い状況で訓練を行う場合、下肢機能が低下していると段差等に足をひっかけることや歩行中に足元が不安定になる可能性がある。その結果、転倒などにより打撲等の二次的な障害につながる恐れがある。また、目標の訓練経路に沿って歩けず、身体が左右にふらつくことも想定される。

これらの点を考慮し、Fig.2に示すシステムを設計した。身体支持機構から吊り下げたワイヤで訓練者の身体を支持し、カメラでマーカの位置を検出して訓練者の動きに追従するよう支持機構を制御する。訓練者がふらついた場合など小さな移動については支持機構だけを制御して常に訓練者を真上から支持できるようにする。また、歩行によって室内を大きく移動する場合にはガイドレールを用いて誘導する。下肢へ与える負荷を調節するには、床反力計などをもとに支持機構を制御する。

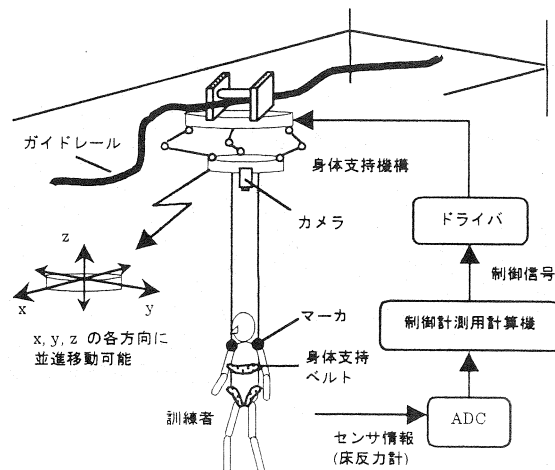


Fig. 2 下肢リハビリ支援システムの概念図

### 3.2 身体支持機構

支持機構部では、訓練者の頭上からワイヤを吊り下げ、ベルト等を用いて身体を支持することで転倒を防止する。また、下肢への過度の負担を避けるために下肢に与える負荷を調節するとともに、水平方向へのふらつきがある場合でも身体を常に真上から支持できるように訓練者の動きに追従して支持機構を制御する。

そこで、身体的支持機構として3自由度をもつパラレルリンク機構を使用する。下肢への負荷を調節するには、パラレルリンク機構を垂直方向に制御し、訓練者が前後左右にふらつく場合には機構を水平方向に制御して追従し、常に真上から身体を支持する。

### 3.3 パラレルリンク機構

パラレルリンク機構は複数の腕（リンク）で先端部（エンドエフェクタ）を支持する構造で、動作領域は狭いものの、比較的軽量の構造で構成でき、剛性が高く、先端部に大きな力を発生できるという特長をもつ。また、複数のリンクは構造が同一であり、その構成部品に同じものを使用できるため、共通化による実現コストの低減が可能となる。本研究で開発する支持機構は室内環境で用いるため小型であることが要求されると同時に、訓練者を支持するために大きな力を必要とする。パラレルリンク機構の特長はこれらの要求にうまく合致している。

今回は機構を検証することを目的として、Fig.3に示す小型のパラレルリンク機構を試作した。それぞれのリンクを各々1つのステッピングモータで制御し、全体として3自由度をもつ。すなわち並進移動のみが可能で、支持機構のベース部と先端部を常に平行に保ったまま先端部を移動できる。

### 4. システムの検討

試作したパラレルリンク機構を評価するため、パソコンでリンク先端部を制御し、3次元動作計測装置により先端部の動作を計測した。Fig.4はこの結果で、先端部のx軸方向、z軸方向の時間軌跡を表している。図の(1)はモータを1つだけ駆動した場合、(2)、(3)はそれぞれ2つのモ

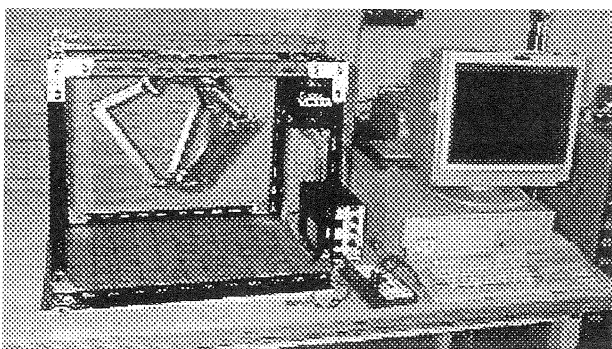


Fig.3 試作したパラレルリンク機構

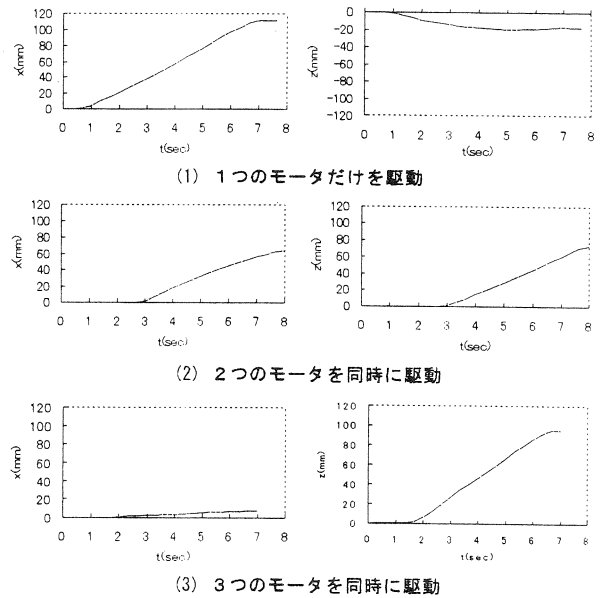


Fig.4 パラレルリンク機構先端部の軌跡

ータ、3つのモータを同時に駆動した場合の結果である。いずれの場合にも先端部を滑らかに移動できていて、水平方向への移動（結果(1)）や垂直方向への移動（結果(3)）がこの機構によって可能であることを確認できた。

### 5. まとめ

下肢リハビリ支援システムの開発を目標として、身体支持機構の概念設計を行った。支持機構部にパラレルリンク機構を用いることで、水平方向への自由度を持たせるとともに、垂直方向の吊り上げ位置を制御できるようにした。そして、試作した機構の先端部を制御する動作実験によって、その可能性を確認した。

今後は支持機構の詳細な制御方策を検討するとともに、訓練者の肩口に取りつけたマーカの動きをカメラ等で検出し、それに追従して身体支持機構を制御する身体追跡・誘導システムの設計、試作を行う予定である。

なお、本研究は通産省産業科学技術研究開発制度によるものである。

### 参考文献

- 1) 井手：医療・福祉ロボットへの期待，日本ロボット学会誌，Vol.8, No.5, 73-78, 1990
- 2) 井橋，斎藤，上野，浅岡，佐藤，辻：フィードバック型歩行訓練装置に関する研究，1998年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集，614, 1998
- 3) 藤江：21世紀の長寿社会を支援するロボット，Genotechnology Symposium2000講演予稿集，48-50, 2000