

## メカニカル安全装置を搭載した歩行訓練ロボットの開発 (脚位置検知機構の提案)

東海大 ○ 平島 良紀 東海大 ◎ 甲斐 義弘

東海大 猪股 宏迅

### 要旨

高齢化の進行に伴い、歩行機能に障害を持つ患者が増加しており、その歩行訓練をサポートする歩行訓練ロボットが必要とされている。このような歩行訓練ロボットでは患者の動きを認識し、患者の歩行訓練を適切にサポートすることが必要である。本研究ではこれまでに開発した歩行訓練ロボットに取り付け可能で患者の脚位置を検知できる機構を提案する。その足位置検知機構の有効性は実験により検証する。

### 1. 緒言

近年、日本では高齢化が進行している。その結果、2060年には人口の39.9%が65歳以上の高齢者となる超高齢化社会になると予測されている<sup>[1]</sup>。それに伴い、加齢や疾病などが原因で歩行障害を持つ患者が増加することが予想される。現在、歩行リハビリテーションの現場では理学療法士や看護師らが患者に付き添い、体を支えながら介護し、歩行リハビリテーションを行っている。したがって、介護者の負担が大きくなってしまふことが予想される。このため、患者が自立して安全に歩行訓練を行うことのできる歩行訓練ロボットの開発が求められる<sup>[2]</sup>。これまでに、肘掛にかかる力を力センサを用いて計測しその力情報に基づき動作する歩行支援機<sup>[3]</sup>、患者腹部との距離を変位センサを用いて計測しそれに基づき動作する電動歩行機<sup>[4]</sup>などが開発されている。しかし、力センサを用いた歩行支援機では患者が力センサに加える力を発生させなければならない。また、患者腹部との距離を用いた電動歩行機では患者の脚が遅れた場合でも腹部が電動歩行機に近い位置にあると脚が遅れたことを検知できず患者は転倒してしまう可能性がある。

本研究では、患者の脚位置を検知する脚位置検知機構を提案しそれを取り付けた歩行訓練ロボットについて述べる。脚位置検知機構を取り付ける歩行訓練ロボットはこれまでに甲斐らが開発したロボットで、制御用コンピュータが故障したとしても患者の安全を確保できるように取り付けた速度ベース安全装置、トルクベース安全装置、接触力ベース安全装置を搭載している。まず、これまでに甲斐らが開発した歩行訓練ロボットについて述べる。次に、脚位置検知機構及びそれを取り付けた歩行訓練ロボットについて述べる。最後に、脚位置検知機構により計測したデータに基づき歩行訓練ロボットが動作するかどうかを実験により検討する。

### 2. 歩行訓練ロボット

これまでに製作した歩行訓練ロボットおよびドライブユニットの概観を図1、図2に示す。ドライブユニット上には速度ベース安全装置、トルクベース安全装置が取り付けられており、ロボットの前方には接触力安全装置が取り付けられている。

### 3. 脚位置検知機構を搭載した歩行訓練ロボット

歩行訓練ロボットの使用者として歩行障害を持つ患者を対象とした場合、ロボットの操作時に患者にかかる負担は低減されるべきである。そのためにはロボットが患者に合わせた走行を行う必要がある。そこで、歩行訓練ロボットに新たに赤外線センサ(GP2Y0A21YK0F)を用いることで、患者の脚部位置を検知できる

ようにした。このセンサは発光部から出力された赤外線反射角度を受光部で計測することによって検知を行う。人体寸法データ集<sup>[6]</sup>を参考に、ロボットの左側フレームに床からの高さ532mmでセンサ間隔95mmの位置に7個のセンサを取り付けた(図3参照)。さらに、ロボットの右側フレームに床からの高さ409mmでセンサ間隔95mmの位置に7個のセンサを取り付けた。ロボットの制御方法は、センサで読み取ったデータを基にロボットのモータの速度を変化させる。また、脚位置の検知位置を、左右から50~150mmと150~300mmとし、検知状況の可視化を行えるようにした(図4(a), (b)参照)。これにより、患者の脚位置をコンピュータ上で確認することも可能になった。

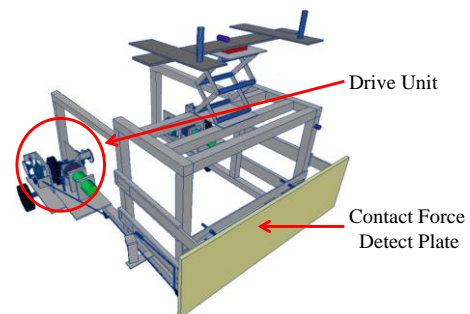


Fig.1 Walking Support Robot

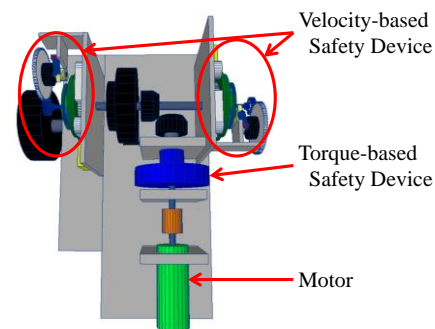


Fig.2 Drive Unit

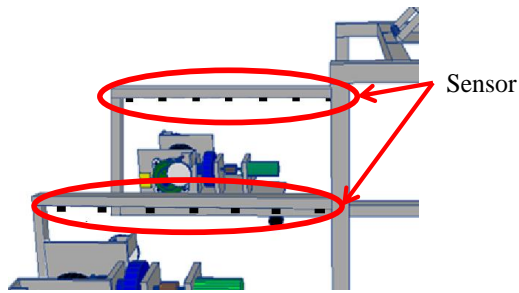
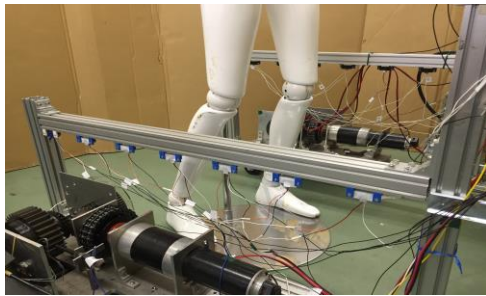
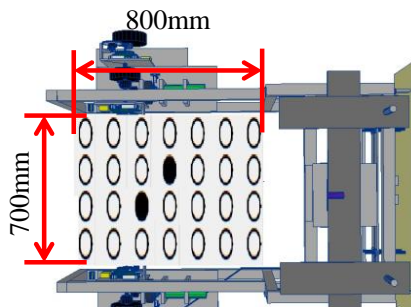


Fig.3 Mounting Position of the Sensor



(a) The Actual Position of the Patient

(b) Position Displayed on a Computer  
Fig.4 Visualization of the Sensing Data

## 4. 実験

センサで患者の位置をセンシングし、それに基づきロボットを動作させる。その一例として、提案した脚位置検知機構の情報に基づき、ロボットが停止するかの確認実験を行った。

### 4.1 実験方法

コンピュータ制御により、進行方向4列目から5列目のセンサに反応があった場合、減速、6列目から7列目のセンサに反応があった場合、停止するように設定を行った。歩行訓練ロボットに取り付けた左右のセンサの中央にマネキンを設置する。ロボットを前進させて、正常にロボットが動作するか否かの検証を行う。右側のタイヤの角速度を高速カメラ(HAS-500)を用いて計測した。実験は5回行った。

### 4.2 実験結果

実験結果を図5に示す。図5より4列目のセンサが反応した後右側タイヤの角速度(青線)が減少しており、さらに6列目センサが反応した後タイムラグはあるが零になっていることがわかる。したがって、本研究で提案した脚位置検知機構より計測された情報により歩行訓練ロボットは減速、停止していることが確認できた。

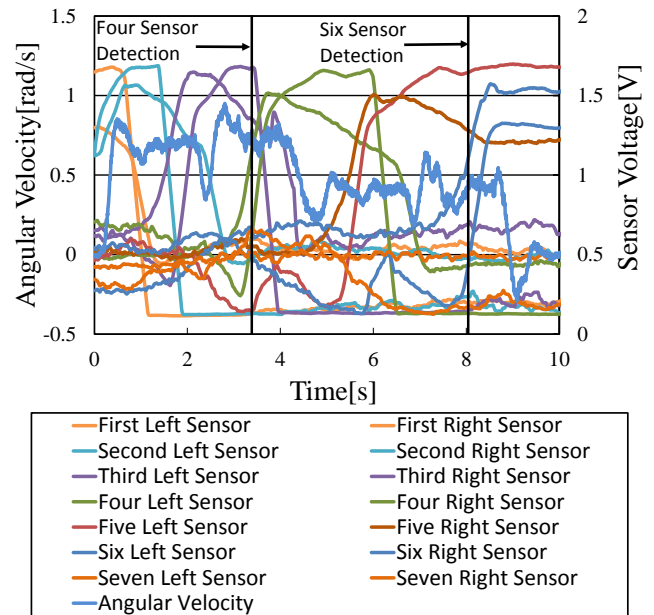


Fig.5 Result of Deceleration Stop Experiment

## 5. 結言

本研究では、脚位置検知機構を提案し、これまでに甲斐らが提案開発した歩行訓練ロボットにそれを取り付けた。脚位置検知機構により計測したデータに基づき歩行訓練ロボットが動作するか否かを実験により検討した。

なお、登壇者は、主に制御プログラム部分を担当した。

## 参考文献

- [1] 内閣府 平成27年版 高齢社会白書(全体版)平成26年度 高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況 [http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/html/zenbun/s1\\_1\\_1.html](http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/html/zenbun/s1_1_1.html) (2016/2/1 アクセス)
- [2] T. Tani, A. Koseki, A. Sakai, S. Hattori, A. Ouchi, "System design and field-testing of the walking training system," in Proc. 1996 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Vol.1, 1996, pp.340-345.
- [3] Y. Jiang, S. Wang, K. Isida, T. Ando and M. G. Fujie, "Directional Control with Forearm Pressures for an Omnidirectional Walking Support Walker," in Proc. Japan Society of Mechanical Engineers Dynamics and Design Conference 2011, 2011, pp144.
- [4] Nemoto, Y, Fujie, M, "Walking support device technology of the elderly" in Proc. Hitachi, Ltd. Mechanical Engineering Research Laboratory Part Four BEM Vol.13, No.2, 1999, pp.42-46.
- [5] Y. Kai and K. Arihara, "A walking support robot with velocity, torque, and contact force-based mechanical safety devices," in Proc. 2015 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2015), 2015, pp.5026-5031.
- [6] 生命工学工業技術研究所研究報告 第2号第1巻 (1994) pp.56-88