

介護・医療支援パートナーロボットの实用化に向けて

鴻巣仁司，藤範洋一，近藤展英，清水奨（トヨタ自動車株式会社）

1. トヨタ・パートナーロボット

トヨタ自動車は、「世界中の人々の暮らしを，社会を豊かにする」ことを目指して，企業活動に取り組んでいる．2007年には「パートナーロボット」開発ビジョンを発表し，ロボット技術で人の活動をサポートすることによる新しいライフスタイルの提案として「パートナーロボット」の開発を進めてきた．今後，先進各国を中心に益々進む「少子高齢社会」において，パートナーロボットが役立つフィールドとして，「介護・医療支援」，「パーソナル移動支援」，「製造・ものづくり支援」，「家事支援」の4つの領域を考えている．

2. 介護・医療支援パートナーロボット

介護・医療支援向けパートナーロボットは，自立支援型，練習支援型，介護支援型の3分野に分類される．自立支援型では，本人の活動を手助けし，修正自立状態を作るロボットとして，「自立歩行アシスト」，練習支援型では，運動機能の回復練習中の患者の運動を適度に支援し，運動習得の難易度を調整するロボットとして，「歩行練習アシスト」と「バランス練習アシスト」，介護支援型では，介助者の活動をロボットが支援する「移乗ケアアシスト」の合計4種類のロボットを開発している．以下，それぞれのロボットについて紹介する．

2.1 自立歩行アシスト

従来，維持期脳卒中やポリオなどで片側に麻痺を有する患者が歩行を行う際には，長下肢装具や短下肢装具が利用されてきた．しかし，どちらも下肢の振り出しが困難になる，膝折れによる転倒の危険性などの問題があった．

自立歩行アシスト（図1左）は，これらの問題を解決し，片脚に麻痺を有する患者が安全・快適に歩行できることを目標として開発した．下肢装具に似たフレームの膝関節部分にモーターが取り付けられており，麻痺側立脚期には膝伸展を，遊脚期には膝屈曲をアシストする．下肢の角度を計測する姿勢センサ，足裏荷重を測定する荷重センサを搭載しており，これらのセンサから得られるデータにより患者の歩調を推定する．常に適切なタイミングで膝屈曲が開始されるだけでなく，患者が歩行速度を変化させた場合にも，自動で膝の屈曲保持時間が最適化される^[1]．

下肢麻痺患者での実証実験の結果，歩幅の増大，

歩行率が低下する傾向がみられ，主観評価でも「ゆったりと歩ける」「膝折れしない安心感がある」などの意見が得られている．

2.2 歩行練習アシスト

歩行練習アシスト（図1右）は脳卒中による片麻痺患者の歩行練習を支援するためのロボットである．従来，脳卒中患者で麻痺が重度の場合には，まず長下肢装具を用いて歩行練習を行い，ある程度の麻痺の改善や歩行の習熟が得られてから短下肢装具での歩行練習に移行することが多い．しかし，長下肢装具は麻痺側の振り出しには不利であるため，療法士による介助が多くなり，歩行習得までの効率が良いとは言えない．何とか患者自身で麻痺側を振り出すことができても過剰な代償動作が行われ，これが定着してしまう恐れもあった．

歩行練習アシストは，これらの問題を解決し，発症初期から効率のよい歩行練習をおこなうことを目標としたロボットである．基本的な機構，機能は自立歩行アシストと同様であり，麻痺側立脚では膝伸展を，遊脚では膝屈曲をアシストする．自立歩行アシストにはない歩行練習アシストの特徴として，歩行能力の向上に伴い，立脚時の膝伸展アシスト量を調整できるようになっており，ロボットに頼らない歩行の習得を助ける．また，麻痺側への荷重量や膝屈曲角度などをリアルタイムでモニタできる．従来，療法士やリハビリ医が患者の動作を観測し，推定していた値を定量的に計測できる．

すでに，藤田保健衛生大学病院，同七栗サナトリウムにて実証実験を重ねており，従来装具による練習よりも介助量が早期に軽減する，下肢の運動機能が早期に改善するなどの効果を確認中である．

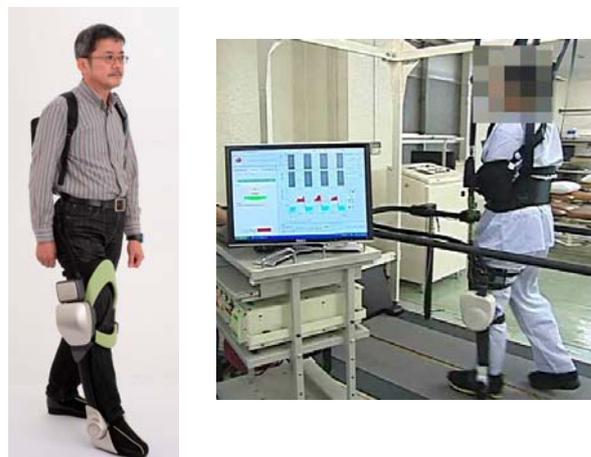


図1 自立歩行アシストと歩行練習アシスト

2.3 バランス練習アシスト

転倒の年間発生率は在宅高齢者において約 10～20%、在宅脳卒中患者においては 40～60%とされている。要介護状態の原因として「転倒と骨折」は全体の約 1 割を占めるとする報告もあり、転倒のリスクを有する者のバランス能力を高め、転倒の発生率を下げることは社会的意義も大きい。これまでもバランス能力の向上を目的とした様々な練習方法が提案されているが、適切な難易度の訓練が存在しない、動きが少ないためフィードバックが得にくく、退屈でつまらないという問題点があった。そこで、弊社が健常者向けに開発した立ち乗り型パーソナル移動支援ロボットを応用した新しいバランス練習について、藤田保健衛生大学と共同で開発を進めてきた。この立ち乗り型パーソナル移動支援ロボットは倒立振り制御の原理で立っており、搭乗者の姿勢を直立に保つように制御され、搭乗者の前後左右への重心移動により操縦することができる。

このロボットを、効果的にバランス練習を行うことができるように改変したものがバランス練習アシスト（図 2）である。ロボットとゲーム用コンピュータ、大型モニターを無線 LAN で結び、ロボットの動きをモニターに表示可能とし、ゲーム用コンピュータで制御されるバランス練習用のゲームと連動する。バランス練習アシストを用いた練習方法として、2 種類の練習を設計した。1 つは外乱対処練習であり、ロボットの不規則な自動運動に抗して、ロボットを静止状態に保つことが求められる。もう 1 つは重心移動練習であり、ロボット上で能動的に重心を移動することにより、ロボットを動かし、ゲーム上の動く目標物に追いつくことが求められる。難易度はロボットとゲームのパラメータを変更することで任意に調整可能とした。練習に動的ゲーム体験を取り入れることにより、練習意欲が促進されると考えた。

藤田保健衛生大学病院での実証実験の途中段階として、動的バランス能力を改善する可能性が示唆される結果が得られつつある^[2]。



図 2 バランス練習アシスト

2.4 移乗ケアアシスト

従来、介護は人手に頼って行われてきたが、介護は重労働であり、特に腰部への負担が大きい。看護師や介護者の腰痛保持率は 72～88%と報告されている。腰痛による看護・介護職者の労災は世界共通の

問題であり、欧米では No Lifting Policy という「人力のみによって患者の移乗を行うことを禁止した指針」を推奨する運動が起こっており、介護機器の活用が進んできている。特に体重が重い患者、障害が重い患者では 2 人介助が必要で、業務効率が低下するという問題もある。腰部に負担がかかる介護動作の中でも、移乗動作とトイレ介助動作は特に頻度が高く、それにともない負担も大きい作業になっている。そこで移乗動作とトイレ介助動作をアシストすることを目標に移乗ケアアシスト（図 3）を開発、試作した。移乗ケアアシストは介護者が操作するロボットで、胸部前面と側面の保持具により被介護者を支えて持ち上げる。小柄な介護者であっても、ベッドからトイレまでの一連のケアを安全、安心に行うことができる。保持具の形状や持ち上げ軌跡を工夫するとともに、被介護者を抱きかかえる力を細かく制御することにより、負担の少ない快適な持ち上げを実現する。

これまでに数十名の健常者、要介護者に対して持ち上げ動作の実証実験を行い、胸部圧迫による痛みや呼吸苦などの有害事象がないことを確認している。



図 3 移乗ケアアシスト

3. 実用化に向けて

ここに紹介した介護・医療支援向けパートナーロボットはそれぞれ今後、実証実験を拡大していく。その取り組みの中で弊社の DNA である「現地現物」の精神で、多くの病院、施設、そして、患者や障がい者、要介護者の皆様の声を真摯にお聞きし、製品へのフィードバックサイクルを短期でまわすことにより、製品化を加速させる予定である。一方、これらの介護・医療支援ロボットが社会に広く普及し、高齢社会を支えるようになるためには、社会制度上の支援、その充実にも期待するところである。

参考文献

- [1] 中島一誠, 今井田昌幸, 藤掛祥則, 鴻巣仁司: “自立歩行支援ロボットの開発”, トヨタ・テクニカル・レビュー, 59 (229), pp.135-139, 2013.3
- [2] Ozaki K, Kagaya H, Hirano S, Kondo I, Tanabe S, Itoh N, Saitoh E, Fuwa T, Murakami R: “Preliminary trial of postural strategy training using a personal transport assistance robot for patients with central nervous system disorder”. Arch Phys Med Rehab 94(1): 59-66, 2013