

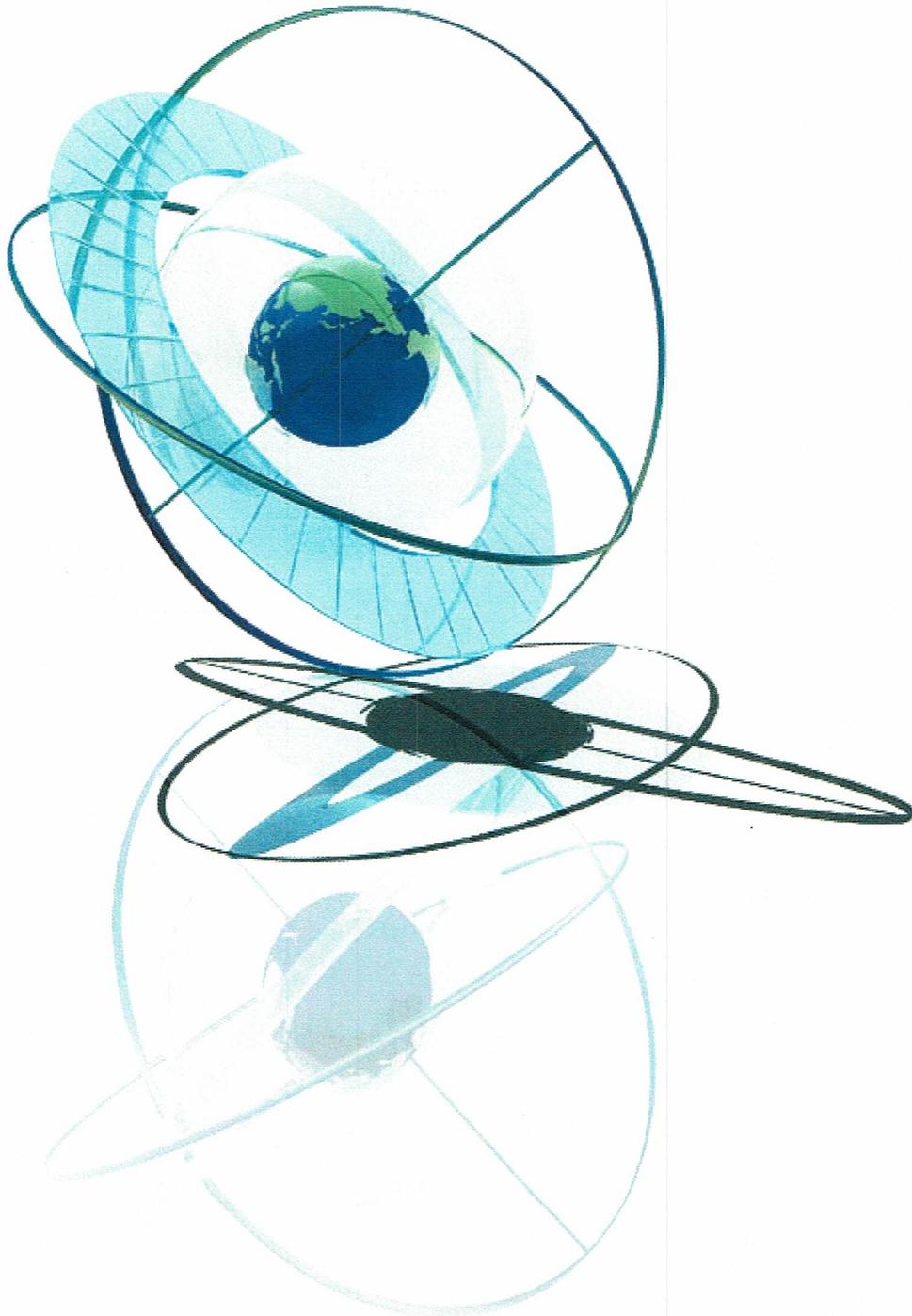
ロボット

261

2021年7月
(隔月発行)

特集 ウィズコロナ,アフターコロナ

<https://www.jara.jp/>



高知工科大学 システム工学群 知能機械工学専攻 知能ロボティクス研究室

1. はじめに

高知工科大学は、大学工学部がなかった高知県のハイテク産業の浮揚を目的として、高知県により1997年公設民営方式で私立大学として創設され、2009年4月に公立大学法人化により公立大学へ移行した。当研究室は、本学創設と同時にスタートしたので、25年目になる。2021年5月13日現在、学部生5名、修士課程学生4名、博士課程1名、研究補助員1名、特任助手1名、助教1名、教授1名からなっている。

知能ロボティクス研究室では、24年にわたり一貫して、少子高齢社会に貢献する要素技術及びロボットシステムの開発に取り組んできた。本稿では、代表的なロボットシステムとして5点、要素技術として1点を紹介する。

2. 研究紹介

(1) 健康増進ロボット

国立身体障害者リハビリテーションセンター病院の木村哲彦先生は、1986年に欧州視察の折に乗馬療法に出会い、手軽な自宅向け乗馬ロボットの実現を目指していたが、乗馬療法による健康増進メカニズム及び諸量間の定量的関係の解明が必要であった。そのため、木村先生のご指導の下で、松下電工（現：パナソニック株式会社）・高知医科大学（現：高知大学医学部、プロジェクトリーダー石田健司先生）・高知工科大学の共同研究チームが結成され、1998年から1999年にわたり、乗馬の動きを忠実に再現した6自由度の平行ロボットを用いて、図1aに示すように、歩様と筋力増強とバランス能力向上との定量的関係を解明した。これにより、他動的な揺動刺激で自発的な運動を誘発する健康増進方法が確立された。この成果に基づいて、松下電工は家庭用フィットネス機器のJOBA ジョーバ®を開発し、2000年より世界に向けて広く販売している（図



図1a 平行ロボットを用いた、乗馬療法の健康増進メカニズムの解明

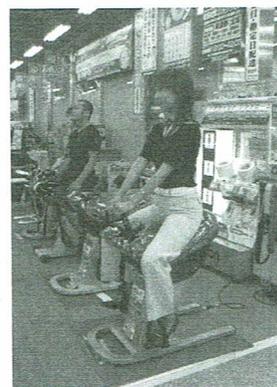


図1b 乗馬療法に基づく世界初のフィットネス機器JOBAの販売の様子

1b)。これは、世界で初めての日本発のオリジナルなフィットネス機器であり、ロボット技術の一般家庭への普及として、最も成功した事例の一つである。その後、様々な“トレーニング家電”に進化している¹⁾。昨今では、特に外出が控えられた海外において、室内用フィットネス器具として改めて注目され始めた。

(2) 全方向移動型歩行訓練ロボット

従来の歩行訓練機は、平坦路における直立二足歩行を想定しているため、前方方向しか訓練できないという問題があった。しかし、歩行機能障害に対処するためには、左右方向、斜め方向、転回や旋回といった、全方向に移動する歩行訓練が必要である。この問題の解決に向け、高知工科大学、高知医科大学、地元企業（株式会社相愛、有限会社サット・システムズ）の共同研究により、2002年に世界で初めて全方向移動型歩行訓練ロボットを提案した。その後、約2年にわたり、高齢者を対象とした臨床試験を行い（図2a）、その結果、臨床有用性及び優位性が認められ、2008年に商品化された。商品名は『歩行王』と書き、“あるきんぐ”と呼ばれている（図2b）。現在、オーダーメイドで海外にも輸出されている²⁾。

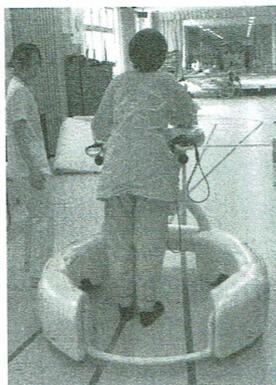


図2a 3号機を用いた歩行リハビリテーションの様子 図2b 商品化された6号機

(3) 単体多機能型生活支援ロボット

「老老介護」が深刻な社会問題となっている中、高齢者・障害者の生活支援のために様々なロボットが開発されたが、これらは単一機能しか持たない機器であるため、自立生活に必要な基本的動作群(ADL)には対応できていない。また、使い方が統一されず煩雑である。そこで、高齢者や下肢障害者を使用対象として、単体多機能型生活支援ロボットと知能化法を開発している³⁾。高知工科大学、高知大学医学部、有限会社サット・システムズの共同研究により開発した単体多機能型生活支援ロボットを図3aに示す。現在、上半身のモーション情報を利用して、作業意図同定法を開発し、図3bに示すようにフィールド実験を行っている。成功すれば、特別な操作を必要としないため、単体多機能型生活支援ロボットは下肢障害者の足代わりになり、上半身の様々な生生活動作を支援することができる。

(4) 建設資材自動搬送ロボット

将来の深刻な作業員不足が課題となっている建設

業では、ロボットによる無人化・省力化が急務である。建設現場では、四つの工事(準備、躯体、内装・外装、外構)の中で内装工事に最も工期がかかる。中でも内装資材搬送にはクレーンが使えないため、人力による搬送となり重労働である。また、内装の仕上がりによる搬送環境の変化、資材の形状と重量に応じた高度な搬送技術も必要である。建築業界では、様々なタイプの自動搬送車(AGV)が開発されているが、未だ普及には至っていない。それは、建設現場が、整理整頓が比較的容易な工場内や物流倉庫などとは異なり、複雑な環境で多様な資材を運ぶ必要があるからである。したがって、前田建設工業株式会社ICI総合センター、有限会社サット・システムズ、高知工科大学が共同で、図4aに示す、オリジナルな自動搬送ロボットを開発し、建設現場で実証実験を行うことで改良を重ねてきた(図4b)。今後、建設現場での運用により、内装工事の作業効率向上に貢献することが期待されている⁴⁾。



図4a 資材搬送ロボット 図4b 建設現場での石膏ボードの自動搬送の様子

(5) 花卉定植作業支援ロボット

少子超高齢化が進むにつれて、花卉農家の後継者も年々減少している。花卉における定植作業は機械



図3a 単体多機能ロボット3号機

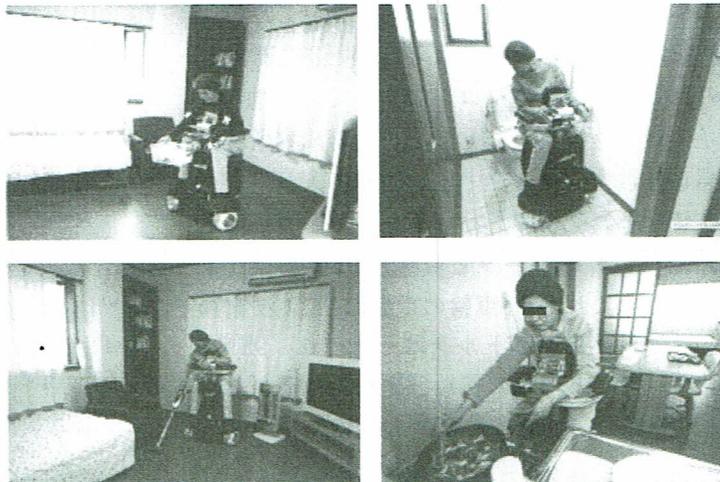


図3b 実際の生活支援動作(搬送, 移乗, 掃除, 料理)

化が進んでいないため、手作業によって行われていることがほとんどである。図5aに示すように、作業は長時間屈んだ姿勢で行われるため、足腰に大きな負担がかかる重労働である。本研究は、高知県で進められている産学官連携プロジェクトである『“IoP (Internet of Plants)”が導く「ネクスト次世代型施設園芸農業」への進化⁵⁾の一環として、花卉定植作業の省力化を目的として定植作業支援ロボットを開発している。提案している花卉定植用小型ロボット2号機(図5b)を用いて、花卉農家のハウスにて行った実験結果として、定植の成功率は83%に達した。今後、地元企業サット・システムズ及び花卉農家と力を合わせてフィールド・テストを重ねることにより、実用化を目指している。

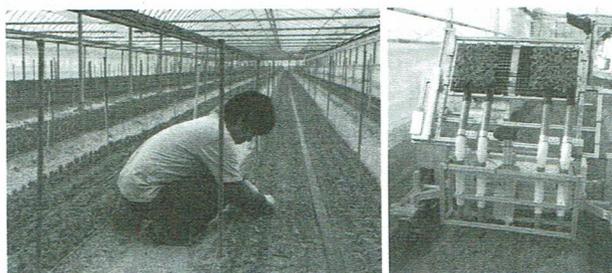


図5a 花卉農家の作業の様子 図5b 花卉定植作業支援ロボット

(6) コンパクトで汎用なオムニホイール

オムニホイールは、室内用全方向移動型ロボットの車輪として、広く活用されている。しかし、市販のオムニホイールは、振動が大きく、さらにモータ・減速機との接続という難点があった。高知工科大学、有限会社サット・システムズ、株式会社相愛の共同開発により、まず隙間を可能な限り減らすことで振動問題を大幅に改善した。次にモータと減速機をオムニホイールに内蔵する機構を開発し、コンパクト性を実現した。2005年より50W~300Wで10数種類の出力トルクを持つコンパクトで低振動なオムニホイールが販売されている⁶⁾。近年、本研究室では、図6に示す、モータ・イン構造と入れ子方式を結合させ、それぞれのメリットを生かしている。具体的には、50Wのモータと減速比1/96のサイクロイド減速機を入れた、1車輪の重量は2.2kg、耐荷重は50kg、連続と停動のトルクはそれぞれ4.98Nmと46.61Nm、連続と停動の接地部駆動力はそれぞれ5.08kgfと47.53kgfを達成している。走行速度範囲

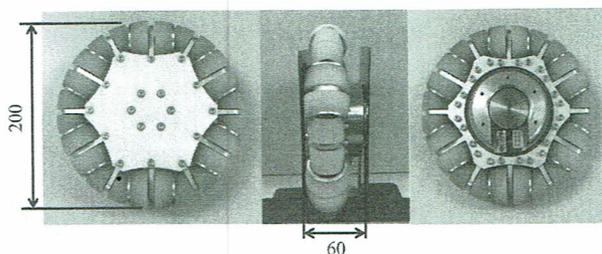


図6 モータ・イン構造と入れ子方式を結合した薄型オムニホイール

1.0km/h~3.0km/hにおいて、振動計測実験を行った結果として、加速度の大きさは、ある市販のオムニホイールの半分以下に抑えられていることが分かった。今後、底部空間を広く取ることが必要な福祉ロボットに活用されることが期待される。さらにオムニホイールの振動原因を定量化した上、制御工学の立場から振動を低減する制御アルゴリズムの開発も行い、一定の成果を得られている。

3. まとめ

本稿では、当研究室で取り組んでいるロボットと要素技術の概要を紹介した。(1)(2)(6)はエンドユーザに使われる意味では成功している。(3)(4)(5)はぜひ実レベルにまで推進したい。日頃、実用化に向けた研究開発プロセスにおいて、学術的課題を発見し、解決することを学生諸君に体験してもらい、人が育つことを目指している。ここで、共同研究者とスポンサーに敬意と感謝を表す。

連絡先

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185
TEL: 0887-57-2306

<http://www.lab.kochi-tech.ac.jp/robotics/>
https://www.kochi-tech.ac.jp/research/research-center/advanced_robotics.html

参考URL

- 1) https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column_special/panasonic_100th/1075407.html
- 2) <https://www.satt-web.com/product/robot.htm>
- 3) https://www.canon-foundation.jp/aid_destination/advanced_news_2019_shuoyu-wang_phd.html
- 4) <https://www.maeda.co.jp/select/2019/02/15/1886.html>
- 5) <https://kochi-iop.jp/project/outline/>
- 6) <http://www.smatsecweb.jp/products/omniwheel.html>