



2009年8月27日
独立行政法人理化学研究所
東海ゴム工業株式会社

介護支援ロボット「RIBA（リーバ）」による移乗作業の実現

ーロボットによる人の優しい抱き上げで、介護の労力を大幅に軽減ー

本研究成果のポイント

- 61kgの人を、ベッドや車椅子から抱き上げ、移動し、抱き下ろす、一連の作業を実現
- 触覚を介したロボット操作で、被介護者の位置や姿勢、環境の変化に柔軟に対応
- 高剛性干渉駆動方式や高強度樹脂材料などの新技術を採用

独立行政法人理化学研究所（野依良治理事長）と東海ゴム工業株式会社（TRI：西村義明社長）が2007年に設立した理研-東海ゴム人間共存ロボット連携センター^{*1}（RTC：細江繁幸連携センター長）は、介護支援ロボット「RIBA（Robot for Interactive Body Assistance；リーバ）」を開発しました。RIBAは、人間タイプの両腕により、人をベッドや車椅子から抱き上げ、移動し、抱き下ろす一連の移乗^{*2}作業を行うことができる、世界に先駆け開発された介護の負担を軽減するロボットです。これは、RTCロボット感覚情報研究チームの向井利春チームリーダー、先端ソフトデバイス研究チームの郭士傑チームリーダーらRTC全体による成果です。

日本は少子高齢化社会に向かって歩みだしており、将来の介護者不足が大きな社会問題となっています。この介護問題を克服するため、ロボット技術の活用に大きな期待が寄せられています。特に、ベッド-車椅子間の移乗は肉体的に重労働なうえ、1日に何回も必要な作業です。そのため、多くの介護士は腰痛に悩まされるなどの問題を抱えており、介護施設などでは、移乗の負担を軽減することが解決すべき重要な課題の1つとして挙げられています。

2006年に理研は人の抱き上げを目指したロボット「RI-MAN」を開発しました。しかし、RI-MANは安全性、可搬重量、関節可動範囲、動作精度などが不十分であったため、実際に抱き上げることができたのは、あらかじめ決められた位置に座っている18.5kgの人形が限度でした。

RTCは、このRI-MANの成果を継承し、理研の制御・センサ・情報処理技術とTRIの材料・構造設計技術を融合して、新しく開発した高剛性干渉駆動方式や高強度樹脂を用いることで実現した世界最大級の自重比^{*3}を誇る可搬重量^{*3}や、腕を広範囲に覆う高精度触覚センサを利用したロボット操作機能、情報処理の高速化によりロボット全体を統制した動作が可能な分散情報処理などを特徴とする、介護支援ロボット「RIBA（リーバ）」を開発しました。また、TRIが開発した発泡ウレタンなどの柔軟素材や成形技術により、関節を含め全身をソフトな外装で実現し、安全性の強化を図りました。これらにより、実際の人間（現在のところ61kg以下）の移乗作業を可能にしました。

今後も、このRIBAを発展させた介護支援ロボットの研究を一層推進し、数年以内に介護施設でのモニター使用を行って課題を整理した後、TRIによる商品化を目指します。RTCは、少子高齢化を迎える社会に対して、ロボット技術を通して貢献していきたいと考えています。

1. 背景

少子高齢化社会に向かって歩みだしたわが国では、高齢者の増加という社会現象が進行し、介護者不足の問題が深刻化し始めています。この介護者不足を補うため、ロボット技術には大きな期待が寄せられています。特に、ベッド－車椅子間の移乗は、肉体的に大変な作業であるにもかかわらず、1日に何回も必要で欠かすことができません。ある介護施設では、介護士は1人当たり、1日に約40回もの移乗作業を行っており、その結果、多くの介護士が腰痛に悩まされています。

2006年、理研は人の抱き上げを目指したロボット「RI-MAN」を開発しました(2006年3月13日プレス発表：

<http://www.riken.jp/r-world/info/release/press/2006/060313/detail.html>)。しかし、RI-MANは安全性、可搬重量、関節可動範囲、動作精度などで課題が残り、実際に抱き上げることができたのは、あらかじめ決められた位置に座っている18.5kgの人形が限度でした。

このRI-MANの成果を継承し、理研の制御・センサ・情報処理技術とTRIの材料・構造設計技術を融合し、“人と直接ふれあう人間共存ロボット”の実用化を進めるために、理研とTRIは2007年8月1日にRTCを設立しました。ロボットの実用化には、多くの分野の知識が必要です。RTCでは異なる分野の知識を結集することで、社会で役立つロボットの実現に向けた研究開発を行っています。

2. 研究手法と成果

研究チームは、RI-MANの研究開発の成果を受け、実用的な介護支援ロボットを実現するために、実際の人間の抱き上げを目標としました。このため、材料、構造、情報処理系、センサ、操作方法、デザインなどすべての面で見直しを行い、実際の人間を扱うことができる安全性、パワー、操作性を確保した介護支援ロボット「RIBA(リーバ)」(図1)を開発しました。

(1) 材料

構造材の多くには金属が使われていますが、将来の軽量化と生産性を考え、前腕に高強度樹脂を採用しています。これにより、前腕だけで見れば、強度は変わらずに2分の1の軽量化が実現できました。また、関節を含め、全身を柔軟素材で覆うことで安全性の向上を実現しました。

(2) 構造

RI-MANで実現できたのは18.5kgの人形の抱き上げまででしたが、RIBAでは構造解析を行い、必要部分の強化を重点的に行うことで、重量180kg(バッテリーを含む)のロボットにもかかわらず、61kgの人間の抱き上げが実現できました。これは自重比が0.33と世界最大級の可搬重量です。特に、RI-MANでも用いていた干涉駆動機構^{*4}を改良し、高重量への対応が可能な高剛性干涉駆動方式を開発しました。

移動機構に関しては、介護施設や病院の狭い空間を移動できるように、全方向に移動可能な車輪(オムニホイール)を採用しました。

(3) 分散情報処理

RI-MAN でも使っていたロボット内のネットワークによる分散情報処理をさらに改良しました。ロボット内の各所に埋め込んだ小型情報処理ボード（図 2）を高速化することで、高度な処理が可能となりました。一例として、RI-MAN では 1 枚の触覚シート（64 素子）の処理に 15ms（ミリ秒：1 ミリ秒は 10^{-3} 秒）程度かかっていましたが、RIBA では 1ms で終了します。これにより、腕、胸などの各部位でより複雑な情報処理を行うことができ、ロボット全体として高度な作業が可能となりました。

(4) センサ

RI-MAN の腕には内側だけに触覚センサを装着していましたが、RIBA では腕の全周を覆うように触覚センサを配置（図 3）しました。これにより、抱き上げ時にどのような角度でも抱き上げられた人が触覚センサと接触するようになるとともに、それ以外の部位を、操作者がロボットの操作に用いることができるようになりました。

視聴覚の能力も向上させたことにより、操作者の音声と顔を認識することで、RIBA は操作者に顔を向けながら操作者方向に移動することができます。

(5) 状況に柔軟に対処するための人とロボットの協調作業

現在の技術では、人がいる多様な環境の中で、完全自動で移乗作業を行うのは困難です。そこで、操作者が認識・判断などの人間が得意なことを行い、ロボットが肉体的に負担の大きい力作業を担う協調作業方式を採用しました。ロボットは、可能な範囲で自律的に動くとともに、操作者による修正を受け、さらに最終的な安全性の確認も操作者が実施します。多関節を有するロボットの位置や姿勢に関して、音声やリモコンで詳細を指示するのは困難なため、研究グループはロボットに装着した触覚センサに直接接触し、導くことで操作者の意志を伝える「触覚ガイダンス」（図 4）を開発しました。これにより、直感的に、しかも新たに専用装置を持ったり装着することなく、ロボットを操作することが可能となりました。

(6) デザイン・静粛性

実際の現場でロボットが受け入れられるためにはデザインが重要です。メカニク的なデザインは介護現場にふさわしくなく、また、人間に中途半端に似せると不気味さが生じるので、研究グループはクマのぬいぐるみのような親しみやすいデザインを採用しました。また、構造や材料、制御方法などを工夫することで、大幅な静粛化を実現しました。具体的には、RIBA 前面から 1m の位置、高さ 1m での抱き上げ時の作動音を 53.4dB(A)※⁵ に低減することができました（RI-MAN では 60.0dB (A)）。これは、病院の待合室で許容されるレベルです。

これらの技術を統合することで、世界最大級の自重比を誇る可搬重量、腕の広範囲を覆う高精度触覚センサによる操作機能、全身マニピュレーション※⁶、分散情報処理などの機能を有する介護支援ロボット「RIBA（リーバ）」が完成しました。これにより、実際の人間（現在のところ 61kg 以下）を対象にした移乗作業が実現できました（図 5）。

3. 今後の期待

今後も、RIBA を発展させた介護支援ロボットの研究を進めます。さらに、移乗だけでなく、人間とロボットの間で力のやり取りが生じるリハビリテーションなどへの応用についてもすでに検討を始めています。より大きな重量も安全に扱えるとともに、より多様な環境に対応できるように研究を進め、技術の進歩に合わせてロボットの自律性を高めることで、さらに使いやすいロボットを目指します。また、メンテナンス性や生産性を高め、数年以内に介護施設でのモニター使用を行って課題を整理した後、TRI によるロボットの商品化を目指します。RTC は、少子高齢化を迎える社会に対して、ロボット技術を通して貢献したいと考えています。

<報道担当・問い合わせ先>

(問い合わせ先)

独立行政法人理化学研究所

理研-東海ゴム人間共存ロボット連携センター

ロボット感覚情報研究チーム

チームリーダー 向井 利春 (むかい としはる)

TEL : 052-736-5867 FAX : 052-736-5868

名古屋研究推進部

室長 伊藤 博幸 (いとう ひろゆき)

TEL : 052-736-5850 FAX : 052-736-5854

(報道担当)

独立行政法人理化学研究所 広報室 報道担当

TEL : 048-467-9272 FAX : 048-462-4715

東海ゴム工業株式会社 総務部 広報室

TEL : 0568-77-4222 FAX : 0568-72-4537

<補足説明>

※1 理研-東海ゴム人間共存ロボット連携センター

2007年に理研が制度化した「産業界との連携センター制度」に基づき、理研とTRIが2007年8月1日付で開設した連携センター。連携センターでは、人間生活支援ロボット「RI-MAN」を基盤に、介護現場で実際に活躍する“人と直接ふれあう人間共存ロボット”の実用化を目指している。理研の運動系システム制御技術やセンシング技術などの知見と、TRIの新機能材料技術や製品化のノウハウなどを融合して行う研究は、介護者不足の問題を科学技術で解決していくための一助になると期待できる。

※2 移乗

介護の分野では、ベッドや床から車椅子、車椅子からトイレ便座など（またはそれらの逆）への乗り移り動作を移乗という。RTCが調べたある施設では、1人の介護士が1人の被介護者に対して、食事3回とおやつ1回、2日に1回の入浴のため、1日平均9回の移乗作業を行っている。さらに介護士1人が5人程度を見ているため、1人の介護士は1日に40回以上も移乗の介助を行う。そのため身体的負担が大きく、腰痛の原因の1つになっている。

※3 自重比、可搬重量

自重比とは、ロボット自体の重量と可搬重量とを比べた値。どこまでの重量をロボットに含めるかはまちまちで、ここでは、自重にバッテリーや計算機など、独立したシステムとして動けるために必要な重量すべてを含めている。

可搬重量とは一般的に言えば運べる重量のことだが、何をもって「運べる」と定義するかはロボットの機能によって一様でない。ここでは、ベッドや車椅子から人を持ち上げて、移動し、また、ベッドや車椅子に下ろすという意味で可搬重量を使っている。

※4 干渉駆動機構

RIBAの腕関節では、曲げとひねりの2種類1組の動作を、かさ歯車機構を利用した2つのモータの差動により実現している。この機構は、曲げあるいはひねりのどちらか一方だけが必要な場合には、モータ2個分のトルクを合わせた力を出すことができるようになっており、抱き上げ作業で大きな力が必要な肩の振り上げや肘の曲げ伸ばしに威力を発揮する。このような機構を各腕に3組ずつ、すなわち、6個のモータを備え駆動することにより、小型で高出力な腕の動きが実現されている。

※5 dB(A)

人間の感覚量は刺激の物理的な量の対数に比例する。また、人間の音に対する感じ方は周波数によって異なる。これらを加味した音の大きさの表し方がdB(A)であり、騒音の大きさを表すために一般的に使われている単位。

※6 全身マニピュレーション

ロボットによる対象物の操作は、通常はロボットハンドと呼ばれる手先の部分を用いて行

われる。これに対して全身マニピュレーションでは、手先だけでなく、前腕、上腕、胸など身体全体を用いた対象物の操作がなされる。全身マニピュレーションを行うには、触覚センサを含めた新しい要素技術や制御技術が必要であるが、ロボットハンドだけによるマニピュレーションに比べ非常に大きな力を得ることができる。



図1 RIBA

RIBA は、高さ約 140cm、重さ約 180kg (バッテリーを含む)、愛嬌のある外見を持ち、全身が発泡ウレタンなどの柔軟素材で覆われている。片腕 7、頭 3 (ただし現在は 1 のみ使用)、腰 2 の自由度を持ち、台車はオムニホイールで移動する。

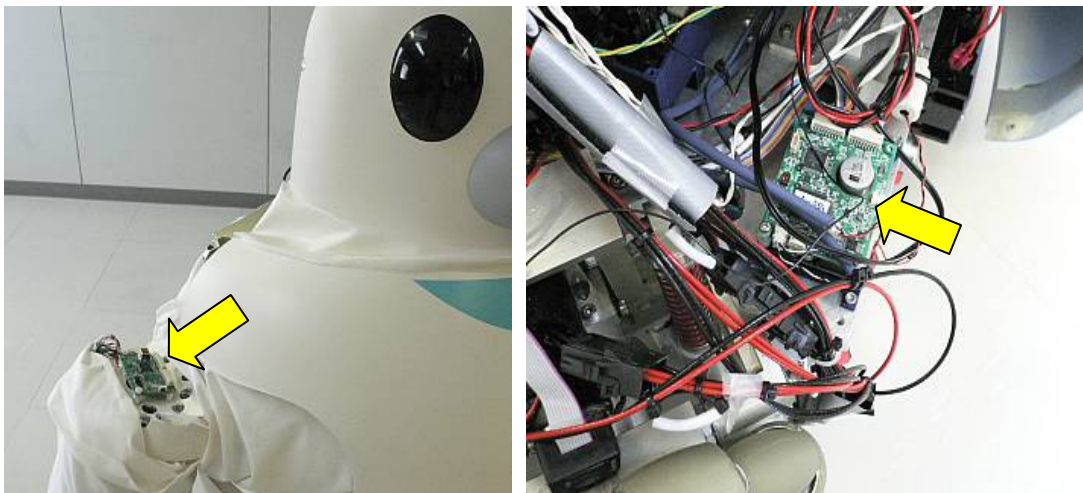


図 2 RIBA 内に埋め込まれている小型情報処理ボード

RIBA 内にはこのような小型情報処理ボードを 20 枚以上埋め込み、内部ネットワークを構成している。処理を分散することで PC の負荷軽減や配線の簡略化に貢献している。



図 3 腕の全周を覆う触覚センサ

抱き上げた人の荷重分布の検出ができるとともに、操作者の意図を検出。

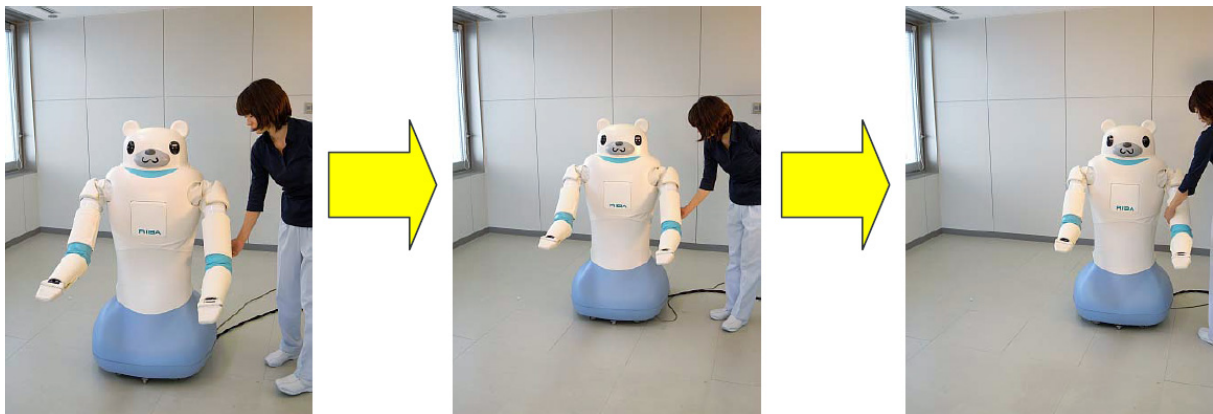


図 4 触覚ガイダンス

操作者が触覚センサに手を触れて RIBA を導くことで、移動や抱き上げパターンを操作する。

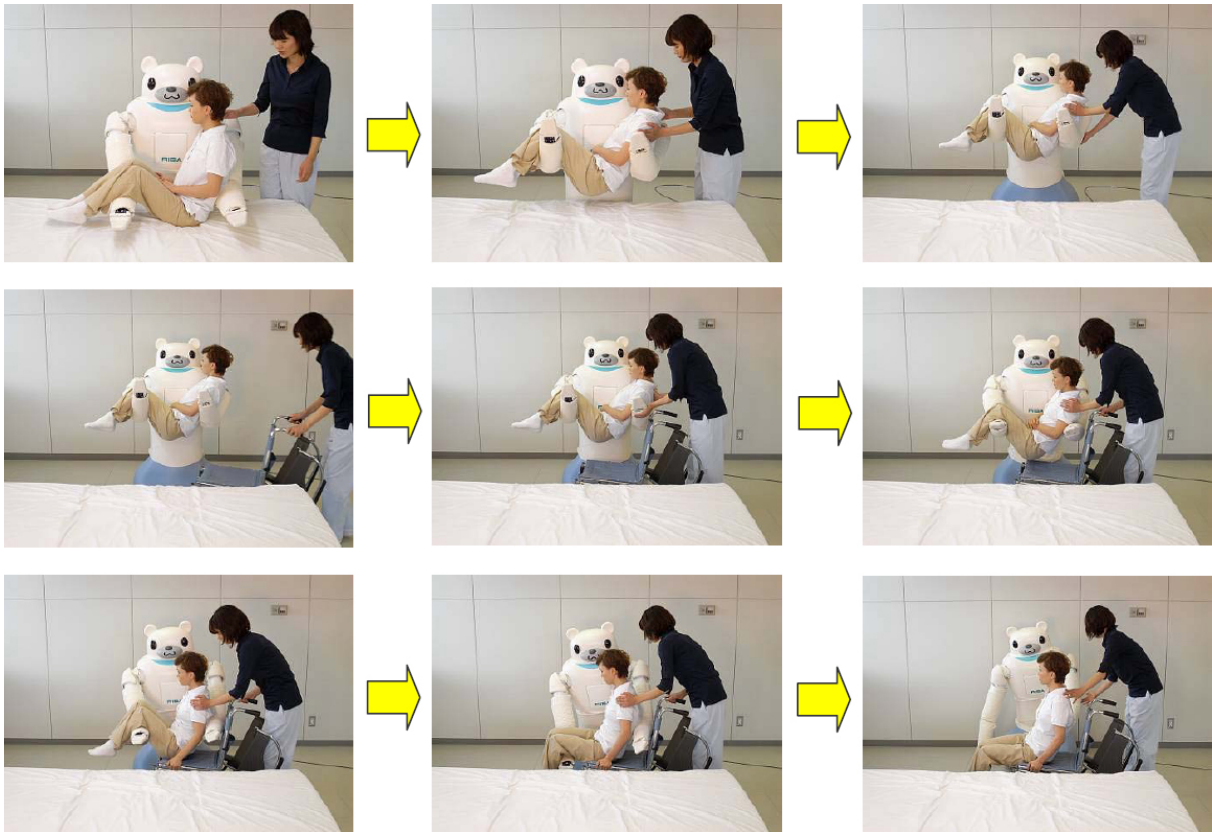


図5 人を抱き上げた様子
ベッドや車椅子からの抱き上げ、移動、抱き下ろしが可能。