

18.

ロボティクス・メカトロニクス

18・1

総論

少子高齢化，労働力不足が進むいっぽうで，犯罪・災害・事故・テロなど，われわれの生活はさまざまな脅威にさらされている。安全・安心な社会の実現が求められるなか，技術戦略ロードマップ⁽¹⁾や需要予測⁽²⁾では，産業用のみならず，生活分野，医療福祉分野，公共分野などのサービス分野におけるロボティクス・メカトロニクス技術の市場規模が今後著しく伸びると予測されている。いっぽう，ロボティクス・メカトロニクス部門（以下，本部門）が企画しているロボティクス・メカトロニクス講演会での発表件数，参加者数は，増加の一途をたどっている。2008年の講演会では1055件の発表が行われ，参加者も1500名を超え，ロボティクス・メカトロニクスの研究開発がますます活発化していることがわかる。第三期科学技術基本計画⁽³⁾や新産業創造戦略⁽⁴⁾の中でも，「ロボット」が重点分野として挙げられ，現在，多くのロボティクス・メカトロニクス関係のプロジェクトが実施されている。ロボティクス分野におけるSLAM (Simultaneous Localization and Mapping) をはじめとする確率論的な方法論，メカトロニクス分野におけるマイクロ・ナノ技術などで，著しい技術的進展があった。また，先端技術開発のみならず，移動知⁽⁵⁾や共創知能⁽⁶⁾といった，知的機能の探求に関する基礎的科学的研究の新たな展開も顕著である。ロボティクス・メカトロニクス産業の活性化や社会貢献に関連して，ソフトウェアの再利用性を高めるための知能化・標準化や安全方策に関する議論，さまざまな競技会などを通じたロボメカ教育・人材育成など，活発な活動が行われている。

〔浅間 一 東京大学〕

18・2

ロボティクスメカトロニクスプロジェクト

応用切り込みプロジェクト

a. IRT プロジェクト（文科省先端融合領域イノベーション創出拠点の形成「少子高齢社会と人を支えるIRT基盤の創出プロジェクト」） 高速計算/通信や大容量データベースを核とする情報技術 (IT) と知能化された機械システム技術 (RT) との融合技術 (IRT) を創出し，高齢者が活力を維持する活動支援や家事介護の支援ロボットが社会変革を起こすことを狙って2006年度より開始された。東京大学とトヨタ自動車 (株) をはじめとする7社が，産業化の出口を見据えて研究の初期か

ら対等な立場で協働する新たな産学連携モデルである。

b. 戦略先端プロジェクト (NEDO 技術開発機構「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」) 将来の市場ニーズおよび社会的ニーズから導かれた7ミッション (柔軟物ハンドリング，人間・ロボット協調型セル，片付作業用，高齢者対応コミュニケーション，ロボット搬送システム，被災建造物内移動，建設系産業廃棄物処理) を，実施者の提案によるロボットシステムおよび戦略性の高い要素技術を開発し活用することで達成することを目標とし，2006年度より複数の主体が競争的に開発を進めている。3年目の2008年度にステージゲートを設け，ミッションごとに最も優れた実施者を選定し，実用性，事業性をもつロボットの実現をめざす。このほか，応用に切り込むプロジェクトには，2008年度から開始される実用化に資する基盤技術の普及と標準化，活用事例創出を狙う基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクトがある。

c. ネットワークロボットプロジェクト (総務省ネットワーク・ヒューマン・インタフェースの総合的な研究開発ネットワークロボット技術) 本プロジェクトでは，利用空間，連携動作，情報共有などの点で従来のサービスを飛躍的に拡大するネットワーク技術とロボット技術との融合が追及され，従来の目に見えるビジブルロボットにとどまらず，環境に埋め込まれたアンコンシャス型ロボットや，バーチャル型ロボットとが連携することで，高度な対話コミュニケーションロボットが実現されつつある。

d. 21世紀COEプログラム (文科省世界的研究教育拠点の形成のための重点的支援21世紀COEプログラム) 日本の大学に世界最高水準の研究教育拠点を形成することを目標とする同プログラムでは，数多くのロボットのプロジェクトが実施されている。2007年度に終了した東京大学の21世紀COE「情報科学技術戦略コア」の実世界情報システムプロジェクトでは，「未来のリビングルーム」が実現された。そこでは，人間の行動に応じて，その人を臨機応変に支援するさまざまな人間行動支援環境が，ヒューマノイドロボットやVR (Virtual Reality) システム，エージェントシステムなど，多種類のロボットや情報システムが協調することで構築された。

基盤作りプロジェクト

a. JST 共通基盤プロジェクト (総合科学技術会議 科学技術連携施策群 次世代ロボット共通プラットフォーム技術) 各府省が実施している各種プロジェクトの基盤となるソフトウェアやロボット環境 (ロボットプラットフォーム) を実現することを狙い，2005年度より開始されたプロジェクト。基盤として共有できるロボットワールドシミュレータ (AIST)，また，ロボットと協調して働く構造化された環境として，ロボットタ

ン(九州大学)が完成し、施設空間や家庭にセンサを配置することによる人の計測環境(ATR)や物品が計測される構造化環境(AIST)が実現されつつある。

b. 知能化プロジェクト(経産省次世代ロボット知能化技術開発) 経産省では、ロボットの基盤づくりプロジェクトをここ数十年にわたって継続してきており、2007年度からは、知能ロボットをいつもスクラッチから開発するのではなく、その上に構築できるようにするプロジェクトが開始されている。作業知能(生産分野と社会・生活支援)、移動知能(社会サービス産業および生活支援)、高速移動知能(公共空間移動支援)、コミュニケーション知能(社会サービス産業および生活支援)の知能ソフトウェアモジュールの構築とともに、これらのモジュールの蓄積管理フレームワークとしてのロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発がなされている。

(佐藤 知正 東京大学, 平井 成興 (独)産業技術総合研究所)

ロボティクス・メカトロニクス技術

ロボティクス・メカトロニクスの最先端技術について、主にロボティクス・メカトロニクス講演会2007^mからトピックスごとにその現状を紹介する。

ナノ・マイクロメカトロニクス

2006年9月に本部門内にナノ・マイクロロボットメカトロニクス分科会(P-SCD357, 主査: 福田敏男, 名古屋大学)が設置され、部門内外の関連研究の調査、連携活動を積極的に進めている。従来のロボメカ講演会では「マイクロ・ナノ作業」と「MEMS (Micro Electro Mechanical System) とナノテクノロジー」の二つのセッションが企画されていたが、この分科会が中心となり2007年講演会では「Nano/Micro Robotics & Mechatronics」の分野に統合して、「MEMSとナノテクノロジー」(発表件数10件)、「ナノ・マイクロ作業システム」(9件)、「ナノ・マイクロ流体システム」(13件)、「ナノ・マイクロバイオシステム」(13件)の4セッションに再構成し、要素技術、並びに応用・システム化技術の視点で関連研究のわかりやすい成果発表が行われた。MEMS関連では微小駆動アクチュエータと微小力センサ、触覚センサなどのコンポーネントを中心に、表面張力を利用した水面歩行や壁面歩行が可能なマイクロロボットシステムの研究が発表されている。ナノ・マイクロシステムにかかわる3セッションでは、ナノオーダーの計測や操作を行うコンポーネントの提案、細胞や組織を対象とするナノ・マイクロ作業の開発が主流となっている。とくに、細胞の効率的な計測や操作をチップ上の微小流路内で行う方法が活発となっている。

ヒューマノイド

ヒューマノイドの研究は相変わらず活発で28件の発表があり、HRP2などの確立されたプラットフォームを用いた研究が大半を占めている。緊急停止やぐり抜けによる障害物回避を始め、歩行の安定制御などにかかわる研究が10件と多い。ヒューマノイドの特徴を生かした全身動作や作業の提案もあ

り、重量物のリフティング、ピボット動作による物体操作のほか、さまざまな全身接触動作に対応可能な触覚センサも提案された。筋アクチュエータの適用、転倒実験、全身行動実現など、独自の研究目的に応じた新たなハードウェアの開発も行われている。

脚式移動技術

受動歩行も含め45件の発表があった。2脚式では、エアシリンダや筋型アクチュエータ、パラレルメカニズムを適用した2脚歩行ハードウェアの提案とともに、ダイナミック歩行の実現などが報告されている。4脚ロボットでは、ダイナミック歩行を実現するハードウェアの開発や4基のクローラを用いた可変型歩行ロボットなどの提案とともに、センサを用いた障害物回避や自律動作の生成なども行われている。6本の腕脚統合型ロボットでは人間用のはしごの昇段動作を実現するとともに、先端に車輪を搭載したハイブリッド型のハードウェアも提案され不整地の高速移動を実現している。受動歩行では、効率的な歩容を生成する視点での脚形状や足裏形状の設計と解析の研究開発が多い(11件)。歩容生成のための制御方法や歩行効率の検証なども含め非常に活発な分野である。

車輪移動技術

とくに目新しいハードウェアの提案はなく、レーザレンジファインダや超音波センサを用いた環境センシングや地図生成などと合わせ、自律歩行の研究が発表された。とくに、自己位置同定と地図生成(SLAM)の研究は活発であり、車輪型ロボットや脚ロボットを用いて複数センサ情報を効果的に利用する方法が紹介されている(8件)。

フィールドロボティクス

文科省レスキューロボットプロジェクトは2006年度に終了したが、関連する発表が多数あった(30件)。内訳は、がれき内外の移動機構や制御法、遠隔操縦に関するものが18件、センサや探査装置などのコンポーネントに関するものが9件、その他が3件である。人力発電を利用したがれき内部探査装置や担架ロボット、蚤の移動形態をモデル化した運搬経路構築法などのユニークな提案が目される。建設ロボット関連は12件あり、2006年度より始まったNEDO戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクトに関連した解体ロボット関連の研究が発表された。

知能化関連

RFID (Radio Frequency Identification) やセンサモジュールを用いた環境構造化や空間知は今やトレンドである。空間知とインテリジェント・ロボティックルールの二つのセッションが設けられ、環境構造化の基本原則やシステム提案、ロボットの制御手法などの発表が多い(22件)。センサや通信機能を搭載した多機能ID (Identity) やマイクロ/分散アクチュエータなどモジュールに関する研究も9件の発表があった。生物の行動に知能の原理を見出す研究が特定領域研究として2006年度より実施されており、8件の関連する発表があった。そのほか、人間の行動理解やモデル化に基づく新たなセンシングやアクチュエーションへの応用を目指す認知ロボティクス(8件)、

情緒・感性・身体性に基づく知能の創発(6件)、進化・学習(26件)のセッションがあり、知能化の研究は相変わらず活発である。

[新井 健生 大阪大学]

18・4

ロボティクス・メカトロニクス応用

応用分野は極めて広範にわたっており社会的にも実用化が期待され、研究開発も実用化に向けて活発な活動が行われている。

産業用ロボットは生産プロセスにおいて自動化・省力化のための不可欠なツールとして確立されてきたが、技術展開や適用作業の拡大等、隔年に開催される国際ロボット展にその動向を見ることができる。2007年11月に開催された国際ロボット展のテーマは「RTが未来を拓く—ものづくりからパーソナルまで—」で、産業用から非産業用に至るまで多くのロボットが展示された。

機能面では、複数ロボットによる協調作業、視覚・力覚センサを適用した知能化の方向に力点が置かれており、また情報処理速度の向上により高性能化が進んできている。構造面では、従来の垂直多関節タイプ、水平多関節タイプが主流であることに変化はないが、特定用途に特化しより使いやすさを追求したものへの方向性がうかがえる。片腕7軸の冗長軸を持ちながらスリムな構造の双腕ロボットも現れ、干渉を回避しながら多様な作業ができるようになってきた。新たな構造では、FPD(Flat Panel Display)の大型化に伴い超大形ガラス基板の搬送用として昇降軸にダブルリンク式支柱機構を採用して高負荷・長ストロークを高速・コンパクトに実現したロボットが開発されている。用途面では、アーク溶接、スポット溶接、塗装、組立、ハンドリング等の従来からの用途で継続的に開発が行われているだけでなく、上記知能化の機能・性能向上によってピンピッキングが実用的なレベルに進展してきている。機能・性能を向上させつつさらに広範囲な応用に向けて展開されることを期待したい。

医療分野では、医工連携による研究開発が積極的に進められているが、さまざまな要因で実用化への障壁は高いと言わざるを得ない。この分野における代表的なロボットは手術支援ロボットであり、低侵襲化により患者負担を軽減できる内視鏡下手術用のロボットの研究開発が進んでいる。術者へは術部の情報をリアルタイムで適確に提示することが必要である。従来は視覚情報提示にとどまっていたが、力覚提示が可能なシステムの研究が進められており、空気圧駆動鉗子で、病巣に触れた時の感覚を術者に提示することを目指している。鉗子に力覚用のセンサを搭載する必要がないこと、空気圧駆動のため磁場の影響を受けないこと等を特徴としている。また、遠隔での手術トレーニングシステムの研究開発も進められている。内視鏡下鼻内手術トレーニングシステムで、インターネットを介しハイパーミラー画像をリアルタイムで見ながら、指導医と学習者が同じ形状の精密ヒト鼻腔モデルに対して手術を実施して研修するシステムである。医療分野では、手術に必要な情報をわかりやすく適確に提示すること、術者の意図が術部へ確実に伝えられることが重要であろう。

福祉分野では、社会的な要請の高い、超高齢化社会における

QOL(Quality Of Life:生活の質)向上を図るべく研究開発が進められている。介護支援、自立支援、機能回復訓練、起立支援等のロボットが挙げられる。抱え上げ動作による移乗作業を目的とした介護支援ロボット研究用プラットフォームは柔軟な面状触覚センサを配置し、干渉駆動機構や全身マニピュレーション方式によって重さ12kgの人形を抱え上げるレベルになっている。自立支援ロボットとしては、足関節の底背屈を自動的に調整するMRブレーキを用いたインテリジェント下肢装置、2足歩行の技術をベースとした装着型歩行アシスト装置等の実用化に近いものが発表されている。また、農作業等の高負荷作業を軽減する超音波モータを応用したパワーアシストスーツも研究されている。

サービス分野は極めて広範にわたるが、運搬、案内、セキュリティ、清掃等について概観する。「運搬」への応用としては、無軌道自律走行ロボットがあり、群制御や長時間自動運転のための自動充電等の機能充実が図られ、血液検体搬送等のシステムとして実用化されている。ホテルや空港等で客の荷物を運ぶポータロボットも実証実験が行われ、実用化に向かいつつある。多数の人の中で動くことから、環境認識、障害物回避、人に追従して移動する機能等の性能アップが進んできている。飲み物をデリバリーしたり、飲み物のトレイを載せたワゴンを押して運ぶ等を二足歩行ロボットで行わせる事例も出てきており、運搬作業も対象や動作環境によって適切な構造や移動方式が採用されていくと考えられる。「案内」への応用では、施設内の巡回案内・展示説明等を行うロボットとして、説明用のプロジェクトを搭載したもの、お客様の名札タグを認識して案内説明を行うもの等がある。ショッピングのための店内を案内するロボットの実証実験も行われた。ICタグによってお客の認識をして来店履歴や対話内容を記録し来店回数を重ねるごとにロボットの挙動が変わっていく、また環境に埋め込まれたカメラやセンサと連携してサービスを行うなどビジブル型のネットワークロボットと位置づけられるものが開発されている。運搬や案内のサービスでは、人とのコミュニケーション機能が必須であり主に音声認識機能が用いられているが、雑音環境での認識率はいまだ不十分で、高い認識率を実現することが実用化に向けての重要な課題であろう。「セキュリティ」への応用では、自動巡回警備を行うロボットが実用化されているが、機能面での向上が図られている。顔認証機能を搭載し、指名手配犯等の顔写真をあらかじめ登録しておき多数の人間の中から特定の人物を発見、通報が可能となってきている。「清掃」作業への応用では、家庭用の床清掃から新たにプール清掃ロボットへ展開されている。水を吹きつけることによってプールの床面を清掃し、水を吸い込みフィルタでゴミをろ過して、ゴミやバクテリア等をこし取ることができる。また、高速道路のサービスエリア(SA)のトイレ等を対象とした掃除ロボットが開発されている。床に水を吹きつけてブラシで磨き、水分をバキュームで吸い取る方式だが、掃除だけでなく渋滞情報やSA近郊の観光情報を紹介する等の機能を付加し実用化を目指している。そのほかの応用として、床下点検ロボットが実用化されてきている。床下走行機能とモニタ用のカメラを搭載し、床下を走行してシロアリ被害の有無等を点検する。これらの応用では、特定の用途に専用化して実用化へ展開する方向性がうかがえる。レスキュー分野は、災害時における被災者の発見・救助という

人道的な見地からロボット技術の応用展開が継続的・積極的に図られている。

バイオ、農業、建設等の分野でも活発にロボティクス・メカトロニクス関連の研究開発が進められているが、詳細については割愛させていただく。

非産業用分野でビジネスとして成り立っているものは少ないが、適用対象を絞り込み、そこに求められる機能・性能を充実させて行くことが一つの方向性と思われる。

ロボティクス・メカトロニクス技術が多様な実世界へ適用されて発展していくことを期待したい。

(田中 雅人 (株)安川電機)

ロボティクス・メカトロニクスと社会

ロボティクス・メカトロニクス教育の観点からは、多方面にわたる工学技術および基盤となる科学技術への理解を深め、創造性を伸ばすというロボット製作の持つ教育的な効果(「ロボット創造教育」)への理解が深まりつつある。これを受け、省庁間の連携を加速し、科学技術立国を推進する総合科学技術会議科学技術連携施策群 次世代ロボット連携群主催により、社会が必要とする科学技術者人材育成をテーマに、2007年3月7日「ロボット創造教育」シンポジウム⁽¹⁾が開催された。

啓蒙活動と市民参加型技術開発の観点からは、本部門主催ロボット・グランプリ(3月)、「ROBO-ONE」(3月、9月)、ロボカップ ジャパンオープン大会(5月)、組込技術(ET: Embedded Technology)とロボットを融合したET×ロボット2007(6月)、レスキューロボットコンテスト競技会本戦(8月)、国立科学博物館にて、「大ロボット博」(10月~2008年1月)、第28回全日本マイクロマウス大会「マイクロマウス2007」(11月)など多くの競技会、展示が実施され、内容の高度化と一般の関心と期待の高まりをうかがわせる。

いっぽう、実世界への適応性、ロボаст性を目的に、アメリカ国防総省高等研究計画局(DARPA)主催により、街地環境で交通ルールを順守しつつ完全自律走行を競う「Urban Challenge」(11月)⁽²⁾が開催された。日本においては、新たな技術チャレンジとして、人と共存する屋外環境における自律ロボットの行動ロボаст性向上を目的に、つくば市遊歩道1kmを自律移動する、「つくばチャレンジ(RWRC: Real World Robot Challenge)」⁽³⁾を実施したことが特筆される。

ビジネス面では、ロボット開発に適した部品類が提供されるようになってきた。これまではん用品を利用せざるを得なかった状況を変える兆しと期待される。経済産業省主催の「今年のロボット」大賞2007⁽⁴⁾(12月)は、82件中13件を優秀賞に選定した⁽⁵⁾。ソフトウェア部門では、相互利用性を目的としたモジュール化基盤を与えるミドルウェアとして、2004年よりOMG(Object Management Group)で標準化活動⁽⁶⁾を行ってきた国際標準準拠のRTミドルウェア(OpenRTM-aist-0.4.0)と、ORiN協議会において国内のロボットメーカーが協力して標準化推進してきたロボット・FA機器向けオープンネットワークインタフェース“ORiN”が受賞したことは特筆すべき事項である。

(水川 真 芝浦工業大学)

ロボティクス・メカトロニクスの将来像

(独)科学技術振興機構研究開発戦略センターにおいて、科学技術未来戦略ワークショップ(電子情報通信系俯瞰ワークショップⅢ)が開催された⁽⁵⁾。本研究戦略センターでは、ロボティクス・メカトロニクス技術は、サイバーワールドとリアルワールドをつなぐ電子情報通信系の中の重要な技術として位置づけられている。2007年度のワークショップでは、「産業競争力」をキーワードとして、この分野における「大きな流れ」が同定され、同定された大きな流れに必要な技術について議論がなされ、電子情報通信系の技術俯瞰が行われた。

本分野は、エレクトロニクス、フォトニクスなどのデバイス技術と、それらを用いて実現されるコンピューティング、ネットワーク、ロボティクスなどのIRT(Information and Robotics Technology)から構成されていると考えることができる。産業競争力というキーワードから、①プロダクト/サービスの融合によるサービス創造、②ITによる共創化、③地球環境への貢献の要請、が大きな流れとして同定され、従来のデバイス技術、IRT技術に加えて、これまで全く認知されていなかったService Enabling Platformと呼ばれる新しい研究開発領域が重要であるという結論が得られた。

ロボティクス・メカトロニクスは多数のデバイスから構成されるシステムであるが、重要なのは、構成されたシステムそのものではなく、構成されたシステムが、地球環境や社会も含めたわれわれに、どのようなサービスをどのように提供できるかということである。今後、ロボティクス・メカトロニクス分野においても、必要とされているサービスを創造するための研究開発が、重要になるであろうと思われる。

(小菅 一弘 東北大学)

文 献

- (1) 技術戦略マップ(製造産業分野)、(2005)、経済産業省。
- (2) ロボット技術戦略報告書、(2000)、日本ロボット工業会。
- (3) 第三期科学技術基本計画、(2006)、総合科学技術会議。
- (4) 新産業創造戦略2005、(2005)、経済産業省。
- (5) 特定領域「移動知」、<http://www.robot.tu-tokyo.ac.jp/mobiligence/>。
- (6) ERATO 浅田共創知能プロジェクト、http://www.jst.go.jp/erato/project/akc_P/akc_Pj.html。
- (7) ROBOMEC2007 講演論文集、No.07-2、(2007-5)。
- (8) <http://www.renkei.jst.go.jp/sympo/robot05/index.html>。
- (9) <http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2007/03/07/396.html>。
- (10) <http://www.darpa.mil/grandchallenge/>。
- (11) <http://www.robomedia.org/challenge/index.html>。
- (12) <http://www.robotaward.jp/>。
- (13) http://www.meti.go.jp/press/20071127008/robot_2007.pdf。
- (14) <http://www.omg.org/spec/RTC/1.0/>。
- (15) 科学技術振興機構研究開発戦略センター生駒グループ、科学技術未来戦略ワークショップ(電子情報通信系俯瞰WSIII)報告書、CRDS-FY2007-WR-15、(2008-3)。