

## 15. ロボティクス・メカトロニクス部門

### 15.1 総論

少子高齢社会における QoL の維持向上や労働力の確保，災害や事故に対する安全・安心の実現，製造業やサービス産業における生産性の向上など，さまざまな社会的なニーズに応えるべく，ロボティクス・メカトロニクスに関する多様な研究開発とその実用化研究がこの 10 年間で顕著な発展を遂げている。

「ロボット」が成長戦略の柱として位置づけられ，平成 27 年 1 月に策定された「ロボット新戦略」でロボットの利活用の推進が掲げられた。医療，介護，福祉，リハビリ分野でのロボット技術の活用が一つの大きな流れである。もう一つの流れは，東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所（以下 1F と記す）の事故が一つの大きな引き金となり，また，被災地である福島浜通り地域の復旧・復興のための福島イノベーションコースト構想の一環としての，ロボットの実施試験や性能評価を行う拠点の設置（福島県楢葉町や南相馬市など）とも相まって，廃炉や災害対応のためのロボットの開発・実用化・現場導入も加速している。また，総合科学技術イノベーション会議（CSTI）が策定した科学技術基本計画に基づき，戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）や革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）が開始され，社会インフラの点検・維持管理，災害対応，介護などの分野におけるロボット技術開発も重点的に行われている。

技術としては，装着型ロボットやドローンなどの開発と利用が著しく活発化した。研究においては，確率統計的な手法が主流となり，SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) による自己位置同定とマッピング，SfM (Structure from Motion) などの画像処理による 3 次元復元とカメラ位置の推定をはじめ，深層学習を含む人工知能の手法の応用などによって，ロボティクス・メカトロニクスのさまざまな問題が解けるようになった。また，MEMS や 3D プリンタなどの AM (Additive Manufacturing) の技術によって，小型で高機能なデバイスの開発，低コストで臨機応変な少量生産（加工・成形）が可能になった。

特に最近，人工知能（深層学習など），ビッグデータ，IoT (Internet of Things) などの研究開発が活発になっており，ロボット技術もこれらの技術と融合・進化することによって，今後新たな機能の実現とさらなる応用分野が拡大することが期待される。

[浅間 一 東京大学]

### 15.2 ロボティクス研究と注目技術

この 10 年の注目技術とトレンドを，部門一般表彰である ROBOMECH 表彰の受賞研究を基に紹介する。

ROBOMECH 表彰は部門講演会であるロボティクス・メカトロニクス講演会の他，本部門が主催，共催（ただし幹事学会の場合のみ）する講演会・シンポジウムを対象とし，毎年 5 件を選定している。ロボティクス・メカトロニクス講演会の発表件数は 2008 年に 1,000 件を超え，2014 年には 1,285 件，2015 年には 1,325 件と大変多い。

表 1 に年度毎の分野別の受賞件数を示す（年度は発表した年度を表し，受賞年度はその翌年度である）。複数の分野にまたがる受賞研究には\*印を記し重複してカウントしてある。紙面の関係上，論文タイトルはロボティクス・メカトロニクス部門の HP<sup>(1)</sup>を参照して頂きたい。また，すべての受賞研究を紹介することはできないこともご了解頂きたい。

マイクロ，ナノ，バイオ分野の受賞は 2011 年から増え始め，最多の受賞分野となった。特にバイオ，医療への応用が特徴である。細胞を対象としたマイクロ電気メス (2011)，磁気駆動や光駆動による単一細胞の力計測法，弾性計測法が開発された (2012) (2013)。さらに磁気駆動により卵細胞を把持しその除核に成功している (2013)。光造形では，磁性光硬化樹脂の軽量化により，磁気駆動マイクロスクリューの水中での移動 (2011)，光渦と呼ばれるラゲールガウシアンビームを用いたマイクロチューブや 2 重螺旋チューブの造形に

成功した(2015)。また、網膜を模擬した曲面構造を有する直径 100  $\mu\text{m}$  の血管モデルが作製された(2015)。さらに細胞シートの品質管理のために、空気噴流を使った弾性計測法が考案された(2012)。

視覚の分野では、複数移動体追跡(2008)や金網の除去(2010)のように複雑なケースを扱うことに特徴が見られる。また高速ビジョンが特に注目され、ダイナミックリグラスピング(2006)、紐動作(2012)、マイクロ流体計測(2012)、書籍電子化システム(2013)へと応用され、顕著な効果を発揮している。

自己位置推定、環境地図の分野では、さまざまな方式により性能向上が図られた。レーザ距離計を用いてスキャンマッチングを3次元空間で高速に行う方法(2006)、レーザ反射強度の利用(2010)、ステレオカメラを用いたビジュアルオドメトリとカメラ画像からランドマークを認識し自己位置を修正する方法(2010)、環境の三次元地図とGPS時刻同期を用いた遠隔運転システム(2010)、既存の市街地図を利用した自己位置推定(2015)が提案された。

医療ロボティクスでは、機構的な工夫や細径化への挑戦が特徴である。駆動ワイヤ非干渉型関節を用いた着脱自在な術具ユニット(2006)、単一のポートから組み立て可能な臓器圧排用ハンド(2008)、同様に吸盤を有するハンド(2014)、小児外科手術支援のための径 3.5 mm という細径の3自由度持針器(2011)が開発された。

移動機構、レスキューでは、不整地や瓦礫での移動方法に関心が集まっている。スコープ挿入のための流体ロープウェイ(2010)、尺取り虫を模擬したインチュウーム駆動(2011)が開発された。また、全方向移動が可能な円形断面クローラ(2008)、チンアナゴを参考とした土中推進索状移動体(2015)が開発された。

触覚の分野では、触覚提示に関心が集まっている。ヒト指模倣型触覚センサが開発され、触感因子の実時間抽出(2006)が行われ、能動触のための粗さ感伝達システム(2007)が開発された。さらに提示の時間遅れの影響が研究された(2008)。また超音波を用いた提示装置(2013)が開発された。

福祉、リハビリの分野では、人体動作を支援するさまざまな方法が考案された。起立/着座支援とリハビリ機能を有する歩行器(2007)、ゴム人工筋を用いたがん骨転移患者の寝返り支援コルセット(2009)、血栓予防のために他動運動を促す空気圧アクチュエータを備えたソックス(2014)が開発された。人体計測の分野では、マーカレスで人体の関節構造を推定する方法(2007)、モーションキャプチャ、EMG、筋の動特性モデルに基づく筋張力のリアルタイム推定法(2009)が開発された。

機構の分野では、変速機構が注目され、空缶を握りつぶせる軽量電動義手(2007)、ねじを用いた変速機構による完全密閉型バルブ(2011)が開発された。センサの分野では、水晶振動子を微細加工技術により小型化することにより、小型で広い計測範囲の力センサが開発された(2008)(2009)。

全体的な傾向として、性能の大幅な向上と応用分野の拡大が見られた10年である。

表 1 ROBOMECH 表彰分野別推移

| 分野\年           | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12  | 13 | 14 | 15 | 合計 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| マイクロ, ナノ, バイオ  |    |    |    |    |    | 2  | 3*  | 2  | 1  | 1* | 9  |
| 視覚             | 1* |    | 1  | 1  | 1  |    | 2** | 1  |    |    | 7  |
| 自己位置推定, 環境地図作成 | 1  | 1  |    |    | 3  |    |     |    |    | 1  | 6  |
| 医療ロボティクス       | 1  |    | 1  |    |    | 1  |     |    | 1  | 1* | 5  |
| 移動機構, レスキュー    |    |    | 1  |    | 1  | 1  |     |    |    | 1  | 4  |
| 触覚, 触覚提示       | 1  | 1  | 1  |    |    |    |     | 1  |    |    | 4  |
| 福祉, リハビリ       |    | 2* |    | 1  |    |    |     |    | 1  |    | 4  |
| 把持, マニピュレーション  | 1* |    |    |    |    |    | 2*  |    |    | 1  | 4  |
| 人体モデリング, 人体計測  |    | 1  |    | 1  |    |    |     |    | 1  |    | 3  |
| センサ, センシング手法   |    |    | 1  | 1  |    |    |     |    | 1  |    | 3  |
| 機構             |    | 1* |    |    |    | 1  |     |    |    |    | 2  |
| 聴覚             | 1  |    |    |    |    |    |     |    |    |    | 1  |
| 宇宙             |    |    |    |    |    |    |     |    |    | 1  | 1  |
| 海洋             |    |    |    |    |    |    |     | 1  |    |    | 1  |
| 製造技術           |    |    |    | 1  |    |    |     |    |    |    | 1  |

[小俣 透 東京工業大学]

## 参考文献

(1) ロボティクス・メカトロニクス部門 HP 部門賞・過去の受賞一覧

<https://www.jsme.or.jp/rmd/Japanese/Awards/past.html> (参照日 2017 年 4 月 16 日)

### 15.3 ロボット研究開発の国際動向

海外におけるロボットの研究開発は活発であり、特にヨーロッパの存在感が大きくなりつつある。

EC(European Commission)は、2007 年から 2013 年まで実施されてきた Framework Programme 7 (FP7)<sup>(1)</sup>の成功を受け、2014 年から、Horizon 2020 (The EU Framework Programme for Research and Innovation)<sup>(2)</sup>と呼ばれる、2020 年までの 7 年間のプロジェクトを開始した。Horizon 2020 は、ヨーロッパ最大の研究・イノベーションプログラムで、7 年間に約 800 億ユーロが投入される予定である。

2013 年に終了した FP7 は、研究開発分野におけるヨーロッパの存在感を高め、グローバルにリーダーシップを取ることを目的としていた。FP7 のプロジェクトの特徴は、全てのプロジェクトが複数の国から参加する複数の機関によって構成されるプロジェクトであるとともに、ヨーロッパ域内で行われていない研究ならばどのような研究でも提案・実施できた点にある。結果的に、ヨーロッパ内に多くの研究者ネットワークが構築されるとともに、それまでヨーロッパ域内ではあまり盛んでなかった研究も活性化され、少なくともロボティクスの分野では、ほぼ全ての研究開発分野のキャッチアップが 7 年間で達成されたことになる。

2014 年から始まった Horizon 2020 では、ヨーロッパのグローバルなリーダーシップをより確実なものにするために、その成果を企業に移転することが期待されている。ロボティクスの分野では、2012 年に結成された非営利団体の euRobotics が中心となって、SPARC と呼ばれる PPP(Public-Private Partnership)が 2014 年に結成された。SPARC によって、Horizon 2020 の枠組みを使って提供される 7 億ユーロの研究開発資金を含む、合計 21 億ユーロの世界最大の民生用ロボットプログラムが誕生した。

SPARC では、Horizon 2020 における、SRA(Strategic Research Agenda)<sup>(5)</sup>と呼ばれるヨーロッパのロボットの研究開発の戦略的研究政策と、MAR(Multi-Annual Roadmap)<sup>(5)</sup>と呼ばれる研究ロードマップが公開されており、考えられるほぼ全ての分野で、マーケットのニーズに基づき、徹底的にロボット技術開発が行われようとしていることがわかる。ロードマップは、Horizon 2020 の中の ICT(Information and Communication Technology)分野( ICT-25 & ICT-26)での研究開発公募に対応しており、2016 年の ICT 分野での公募に対応したロードマップが公開されている。なお、Horizon 2020 では、ICT 以外の多くの分野でもロボティクス関係の投資が行われている<sup>(6)</sup>。

米国では、NASA、NSF などの複数の政府機関にまたがるロボットのプロジェクトが、National Robotics Initiative (NRI)として行われている。NRI は、Computing Community Consortium(CCC)が 2009 年に公開したロボティクスのロードマップ<sup>(7)</sup>をベースに、2011 年から複数の政府機関にまたがるプロジェクトとして開始された。ロボティクスのロードマップは 2016 年 12 月にアップデートされ、CCC から公開されている<sup>(8)</sup>。また、2017 年の初めには、複数の政府機関にまたがる National Robotics Initiative 2.0: Ubiquitous Collaborative Robots<sup>(9)</sup>が開始されている。ヨーロッパに比べると小ぶりのプロジェクトであるが、米国は、政府主導というよりも、民間主導のプロジェクトが多く、Google のセルフ・ドライビング・カー<sup>(10)</sup>のように、ロボティクスの研究開発は活発に行われており、世界を牽引している。

[小菅 一弘 東北大学]

## 参考文献

(1) [https://ec.europa.eu/research/fp7/index\\_en.cfm](https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm) (参照日 2017 年 5 月 1 日)

(2) <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020> (参照日 2017 年 5 月 1 日)

(3) <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/robotics> (参照日 2017 年 5 月 1 日)

(4) Strategic Research Agenda For Robotics in Europe 2014-2020, [https://www.eu-robotics.net/cms/upload/downloads/ppp-documents/SRA2020\\_SPARC.pdf](https://www.eu-robotics.net/cms/upload/downloads/ppp-documents/SRA2020_SPARC.pdf) (参照日 2017 年 5 月 1 日)

(5) Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap For Robotics in Europe Horizon 2020 Call ICT-2016 (ICT-25 & ICT-26), <https://www.eu-robotics.net/sparc/upload/about/files/H2020-Robotics-Multi-Annual-Roadmap-ICT-2016.pdf> (参照日 2017 年 5 月 1 日)

(6) <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/robotics> (参照日 2017 年 5 月 1 日)

- (7) <http://www.us-robotics.us/reports/CCC%20Report.pdf> (参照日 2017年5月1日)
- (8) <http://cra.org/ccc/wp-content/uploads/sites/2/2016/11/roadmap3-final-rs-1.pdf>
- (9) [https://www.nsf.gov/pubs/2017/nsf17518/nsf17518.htm?WT.mc\\_id=USNSF\\_25&WT.mc\\_ev=click#toc](https://www.nsf.gov/pubs/2017/nsf17518/nsf17518.htm?WT.mc_id=USNSF_25&WT.mc_ev=click#toc) (参照日 2017年5月1日)
- (10) <https://waymo.com> (参照日 2017年5月1日)

## 15.4 ロボット施策とプロジェクト

### 15.4.1 経済産業省の施策とプロジェクト

ロボット分野における最近の経済産業省の施策として、ロボット革命に向けた技術開発や規制改革、標準化などの観点からの具体的なアクションを定めた「ロボット新戦略」<sup>(1)</sup>がとりまとめられた(2015年1月)。これに続き、サービス分野などさまざまな分野でのロボットの利用及びロボット産業の振興を進めるために、製造産業局内にロボット政策室が設置された(2015年7月)。ロボット政策室が取り組む施策として、ものづくり・サービス<sup>(2)</sup>、介護<sup>(3)</sup>、インフラ点検・災害対応<sup>(4)</sup>等の現場へ導入されるロボットの技術開発を支援している。また、ロボット市場を拡大するために、ロボットシステムの導入を促進する(例えば、ロボットシステム的设计・構築を担うシステムインテグレータ育成のための)予算措置<sup>(5)</sup><sup>(6)</sup>や、ロボット・ドローンの社会実装を進める(例えば、ドローンの運行を管理するシステムを開発・実証するための)予算措置<sup>(7)</sup>を講じている。さらに、ロボットに関連する産業基盤を福島県に構築する国の施策の一つとして、同県の南相馬市、浪江町にロボットの実証試験を実施するためのテストフィールドの構築を進めている<sup>(8)</sup>。オープンイノベーションを通じてロボットの研究開発・社会実装を進めるために、2020年にはロボットの国際競技大会(World Robot Summit)を実施する予定である(2018年にプレ大会を実施予定)<sup>(9)</sup>。産業技術環境局研究開発課では、人工知能技術等を活用し、ロボットが場面や人の行動を理解し柔軟に行動するための技術開発を実施している<sup>(10)</sup>。

[高本 仁志 産業技術総合研究所]

## 参考文献

- (1) ロボット革命実現会議, 日本経済再生本部  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/robot/> (参照日 2017年4月5日)
- (2) ロボット活用型市場化適用技術開発プロジェクト, 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
[http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100107.html](http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100107.html) (参照日 2017年3月29日)
- (3) ロボット介護機器開発・導入促進事業, 日本医療研究開発機構  
<http://www.amed.go.jp/program/list/02/01/030.html> (参照日 2017年3月29日)
- (4) インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト, 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
[http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100081.html](http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100081.html) (参照日 2017年3月29日)
- (5) ロボット導入実証事業, 日本ロボット工業会  
<http://www.jara.jp/hojyo/koubo.html> (参照日 2017年3月29日)
- (6) ロボット導入促進のためのシステムインテグレータ育成事業, 日本ロボット工業会  
<http://www.jara.jp/hojyo/sierkoubo.html> (参照日 2017年3月29日)
- (7) ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト, 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
[http://www.nedo.go.jp/koubo/CD2\\_100070.html](http://www.nedo.go.jp/koubo/CD2_100070.html) (参照日 2017年4月5日)
- (8) World Robot Summit の開催形式及び競技種目を決定しました, 経済産業省  
<http://www.meti.go.jp/press/2016/12/20161202001/20161202001.html>
- (9) 福島ロボットテストフィールドの概要, 福島県 (参照日 2017年4月5日)  
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/32021f/test-field.html>
- (10) 次世代人工知能・ロボット中核技術開発, 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
[http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100106.html](http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100106.html) (参照日 2017年3月29日)

## 15.4.2 文科省関係

さまざまなロボティクス・メカトロニクス関連の基礎研究が科学研究費補助金により行われている。ここ10年間では、特定領域研究や新学術領域研究において、「移動知(平成17年度～平成21年度)」、「構成論的発達科学(平成24年度～平成28年度)」、「身体性システム(平成26年度～平成30年度)」などで、ロボティクスと脳科学、神経生理学、認知心理学、リハビリ医学などとの融合領域研究が、また、「バイオペラ(平成17年度～平成21年度)」、「バイオアセンブラ(平成23年度～平成27年度)」、「分子ロボティクス(平成24年度～平成28年度)」などで、マイクロロボティクスやバイオロボティクスの研究が、「アクチュエータ(平成16年度～平成20年度)」でメカトロ要素の高機能化・極限化研究が、「人口ロボット共生学(平成21年度～平成25年度)」でロボットと人・社会の関係性に関する研究が行われたほか(いずれも略称)、特別推進研究や基盤研究などでも、センシング・認識や、人間機械インタラクションなどに関するさまざまな研究が活発に行われた。

また、科学技術振興機構においても、戦略的創造研究推進事業(ERATO)の浅田共創知能システムプロジェクト(平成17年度～平成22年度)、石黒共生ヒューマンロボットインタラクションプロジェクト(平成26年度～平成31年度)をはじめとして、ロボティクス・メカトロニクスに関連した先端的な基礎研究が推進されている。

これらから、ロボティクス・メカトロニクスの学術的動向として、要素技術におけるブレークスルーを探索しつつ、学際的な研究によってシステム研究の新たな展開を目指そうという傾向が読み取れる。

[浅間 一 東京大学]

## 15.4.3 内閣府関係

各省庁単独で行うことが困難な研究開発課題については、内閣府が中心となって研究プログラムが実施されている。

ロボティクス・メカトロニクス関連では、さまざまなロボット技術関連のプロジェクトが各省庁で行われている中、重複の排除、連携の強化、補完的な研究開発課題の実施を目的とし、平成17年度～平成20年度に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の開発が実施された。具体的には、環境情報の構造化などのコンセプトのもと、各府省、研究機関などで共通に使えるロボット基盤・インフラ技術としての共通プラットフォーム技術の開発の取り組みが行われた。

一方、平成26年度から、府省庁の枠を超えた研究開発プログラムとして、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)が行われている。SIPでは、「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」において、社会インフラ(橋梁、トンネル、ダム)や施設の点検・保守のためのロボット技術や災害対応のためのロボット技術の研究開発が行われているほか、「次世代海洋資源調査技術」、「自動走行システム」、「次世代農林水産業創造技術」などにおいて、ロボット技術を活用したさまざまな研究開発が行われている。

また、平成26年度から、社会に大きな変革をもたらす革新的な科学技術イノベーションの創出を目指し、革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)も設置された。ロボティクス・メカトロニクス関連として、「重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニックシステム」「タフ・ロボティクス・チャレンジ」、「バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命」などの研究開発プログラムが行われている。

[浅間 一 東京大学]

## 15.4.4 その他

総務省では、戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)の一部として、ネットワークロボット技術(平成16年度～平成20年度)、ライフサポート型ロボット技術(平成21年度～平成24年度)、さらには、スマートネットワークロボット(平成27年度～平成28年度)など、これまでICTの延長としてのロボット技術の研究開発を継続的に行っている。一方、消防庁では、消防活動や災害時レスキュー活動を支援する、さまざまな消防防災ロボットや災害対策ロボットを開発し、一部のロボットに関しては、その配備を推進している。

厚生労働省では、日本再興戦略(平成25年6月閣議決定)に掲げられている「ロボット介護機器開発5ヵ年計画」を実現すべく、平成25年度より、介護ロボットの開発と導入を推進している。なお、この施策については、経産省が機器開発を、厚生労働省が介護現場での現場実証を担当し、省庁連携が行われている。

国土交通省では、建設施工におけるロボット技術の開発・普及を推進するため、平成15年度から平成19年度まで、総合技術開発プロジェクト「ロボット等によるIT施工システムの開発」が実施された。平成26年度からは、社会インフラを巡る老朽化の進行、地震・風水害等の災害への備え、人口減少・少子高齢化等、我が国の抱える諸課題に対処するために、次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入を推進している。社会インフラの維持管理については、橋梁、トンネル、水中（ダム、河川）を対象とした点検、災害対応については、災害状況調査、災害応急復旧などについて、現場検証・評価、さらには試験的導入の施策を実施している。ここでも、経産省が機器開発を、国交省が現場実証・導入を担当し、省庁連携が行われている。

農林水産省においても、農林水産業・産業界の技術開発ニーズ等を把握し、ロボット技術の農林水産業・食品産業現場への適用や実用化に向けた研究開発を支援しており、平成26年度から「農林水産業におけるロボット技術開発実証事業」などを推進している。

防衛装備庁（旧・防衛省技術研究本部）は、陸上装備研究所で平成23年度からCBRN対応遠隔操縦作業車両システム（Chemical（化学剤）、Biological（生物剤）、Radiological（放射線）、Nuclear（核）汚染地域等での情報収集や施設作業を遠隔操縦で行う無人車両システム）の開発を、また先進技術推進センターで陸上無人機、小型UGV、手投げ式偵察ロボット、隊員用パワーアシスト技術などの開発を行っている。

[浅間 一 東京大学]

## 15.5 ロボット技術応用

### 15.5.1 製造業

2007年頃では、クリーン環境下での半導体製造装置では、ウエハや装置取り合いの標準化により自動化が容易になり、多数のマテリアルハンドリングロボットが導入される状況となった。また、大型化したディスプレイの製造工程では、ガラス基板サイズが□2m規模となり、もはや作業者では取り扱えない規模となり、大型のハンドリングロボット<sup>(1)</sup>が開発されてきた。また、自動車製造向けを中心に1t級の可搬重量を持つ超大型マニピュレータ<sup>(2)(3)</sup>も開発されてきた。

研究では、画像処理装置の高度化と低価格化が進んだことから、セル組立作業へのロボット化<sup>(4)</sup>やばら積み部品の実用化に近いピッキング作業<sup>(5)</sup>の研究に取り組む例が増えてきた。他には、ピッキング用にデルタ型パラレルリンクロボット<sup>(6)</sup>の製品化が相次いだ。最近では3Dプリンタに適用されている。

職人的作業や機械化が困難な作業の多い技能工の不足は製造業における潜在的な課題であり、それまで実用化されていなかった各種作業のロボット化の研究が多く取り込まれ始めた。特に高度な技能を必要とする仕上げ作業<sup>(8)</sup>やヘラ絞り<sup>(9)</sup>などさまざまな作業の自動化が進んできた。

2014年のロボット革命実現会議から2015年にロボット新戦略が打ち出され、さまざまな業種での自動化の推進に導入の補助金<sup>(10)</sup>等が公募されたことから、これまで開発されてきた技術が多数実用化されつつある。また、人とロボットの作業環境の共有化についても国際規格が改訂<sup>(11)</sup>され、実用化が近づいている。ばら積みピッキングで課題になる軌道生成の技術の高度化<sup>(12)</sup>などが開発され、ネット通販や戸別配送<sup>(13)</sup>といった業種の人手不足解消のためのロボット技術の開発が期待されており、コンテストの開催まで実施されている。

[村上 弘記 IHI]

### 参考文献

- (1) たとえば安川電機製品情報, 6軸水平多関節 : MOTOMAN-MFS2500D  
<http://www.e-mechatronics.com/product/robot/glass/lineup/mfs2500/spec.html> (参照日 2017年3月30日)
- (2) FANUC 商品紹介, FANUC Robot M-2000iA  
[http://www.fanuc.co.jp/ja/product/robot/f\\_r\\_large.html](http://www.fanuc.co.jp/ja/product/robot/f_r_large.html) (参照日 2017年3月30日)
- (3) KUKA, KR 1000 titan  
<https://www.kuka.com/ja-jp/製品・サービス/ロボットシステム/産業用ロボット/kr-1000-titan>  
(参照日 2017年3月30日)
- (4) 鷺見和彦, 柔軟物も取り扱える生産用ロボットシステムの開発, 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 10(2009), pp1082-185
- (5) 林俊寛, 曾根原光治, 井之上智洋, 島輝行, 河野幸弘, 三次元物体認識技術を応用したバラ積みピッキングシステムの開発, IHI 技報, Vol. 48, No. 1(2008), pp7-11
- (6) 川崎重工産業用ロボット製品情報, Yシリーズ  
<https://robotics.kawasaki.com/jal/products/robots/pick-place/> (参照日 2017年3月30日)

- (7) Fabcross, Genkei, パラレルリンク機構採用のデルタ型 3D プリンタ「Trino2」を予約開始  
[https://fabcross.jp/news/2015/12/20151211\\_trino2.html](https://fabcross.jp/news/2015/12/20151211_trino2.html) (参照日 2017 年 3 月 30 日)
- (8) 林浩一郎, 上野光, 村上弘記: 精密仕上げロボットシステムの開発, 計測自動制御学会論文集, Vol. 51, No. 1 (2015), pp32-40
- (9) 荒井裕彦, ロボット技術を用いたスピニング加工(へら絞り)手作りの現場密着型ものづくり, シンセオロジー, Vol. 5, No. 2 (2012), pp126-134
- (10) 経済産業省, 平成 26 年度補正予算「ロボット導入実証事業」の成果をとりまとめました  
<http://www.meti.go.jp/press/2016/04/20160426008/20160426008.html> (参照日 2017 年 3 月 30 日)
- (11) 経済産業省, 産業用ロボットの安全性に係る JIS を制定・改正しました(2014 年)  
<http://www.meti.go.jp/press/2014/03/20150325001/20150325001.html> (参照日 2017 年 3 月 30 日)
- (12) MUJIN, MUJIN ピックワーカー <http://mujin.co.jp/jp#products> (参照日 2017 年 3 月 30 日)
- (13) Amazon robotics, ROBOTICS CHALLENGE  
<https://www.amazonrobotics.com/#/roboticschallenge> (参照日 2017 年 3 月 30 日)

### 15.5.2 非製造業(介護, リハビリ, 生活支援)

1993 年に福祉用具法が施行されてから, 使用者, 開発者が介護, リハビリ, 生活支援に大きな関心を示し, 2000 年ごろには多くの関連学会が, この分野に焦点を当てた講演会などを開催するようになった. 機械学会の最近 10 年間では, 機素潤滑設計部門, バイオエンジニアリング部門, ロボティクス・メカトロニクス部門が協働して開催してきた福祉工学シンポジウムが, その発表の場であった. 医療, 福祉, 介護に強く関係するこの領域は, 機械工学の立場からは個別部門がカバーする領域を超え, さらに機械工学の領域も超える対象である. 福祉工学シンポジウムは日本生活支援工学会, ライフサポート学会との共催講演会として, “LIFE”の後に西暦をつける統一名称の下で開催されるようになった. 2006 年からの 10 年間で発表件数は増加し, 一講演会あたり 300 件に達するレベルに成長した. そこでの研究開発内容を見ると基礎や理論ではない介護, リハビリ, 生活支援に直結し, 実用化を目指すものが増加している. 技術内容としては, 目的志向の性質上, 機械技術を超えて通信や情報処理を含んだシステム開発が中心となってきている. 10 年ほど前に, 欧米ではユーザ中心設計が指向され, 障がい者のモビリティ支援などに公的資金による研究開発がすすめられたが<sup>(1)</sup>, ニーズ調査, 設計開発の段階からユーザを巻き込むその方法は難しさがああり, 日本では福祉機器開発の主流とはなっていない. ニーズに焦点を当てることが重要な分野であるだけに, 機械工学の立場からみても部門, 学会を超えた学術研究の連携に加えて, 産学連携やユーザとの連携, 産での異業種連携などを進める新たな段階にきている.

[大日方 五郎 中部大学]

#### 参考文献

- (1) 平成 19 年度厚生労働科学研究費補助金障害保健福祉総合研究推進事業報告書, ユーザを中心とした福祉機器開発の動向と方向性に関する調査研究, (公)日本障害者リハビリテーション協会情報センター  
<http://www.dinf.ne.jp/doc/japanese/resource/kousei/h19houkoku/katuyou1.html> (参照日 2017 年 5 月 30 日)

### 15.5.3 非製造業(災害対応, 点検・維持管理)

平成 7 年に発生した阪神淡路大震災では, 倒壊した建物の倒壊などにより多くの方が圧迫死で亡くなられた. 瓦礫の中に閉じ込められた被災者を探索するロボットなどが求められたが, その際にはそれを行えるロボットは存在しなかった. これを受け, 文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト(大大特)」 「レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発」において, 被災者の探索など, 情報収集を行うための災害対応ロボットの研究開発が行われた.

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災では, 被災者探索・レスキューから, プラント・設備の調査, 診断, 修復, 水中探査, 瓦礫除去, 被災地のマッピング, 重作業のパワーアシスト, さらに被災者のメンタルケアに至るまで, さまざまなニーズに対し, クローラ型移動ロボット, 水中ロボット, マルチコプター, 全方位カメラを搭載したマッピング用計測車, 復旧作業補助装着型スーツ, メンタルセラピー用ペットロボットなどが活用された(1Fの事故に関しては, 次項参照). これらの成果の一部には, 「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の研究成果が寄与している.

一方、1991年に雲仙普賢岳の火山爆発が発生した際、火砕流や土石流による被害の拡大を防止するための危険な工事において、無人化施工技術（建設機械にオペレータが搭乗することなく、無線通信を介した遠隔操作によって工事を行う技術）が開発・導入された。これ以来、無人化施工技術は、さまざまな災害時の応急復旧工事等で活用されており、最近では、陸上のみならず、水中での工事でも利用されている。

また、橋梁、トンネル、ダムをはじめとする社会インフラや、化学プラントなどの設備の老朽化、およびそれが原因の事故などが発生しており、これらの点検保守のためのロボット、また、火山爆発や土砂崩落、地震などの自然災害時の調査のためのロボット（ドローンを含む）などの開発や導入の取り組みも活発化している（15.4.3, 15.4.4 参照）。

日本は、地震、津波、台風、火山爆発など、自然災害が多い。また、トンネル、橋梁、高速道路、ダムなどの社会インフラや、化学プラントなどの施設の老朽化への対応も喫緊の課題となっているが、これらの現場では、人が行うことが困難、危険、あるいは不可能な作業や環境が多々存在し、ロボットや遠隔操作機器を導入するニーズは高く、今後さらなるロボット技術の活用が期待されている。

[浅間 一 東京大学]

#### 15.5.4 非製造業（医療）

医療ロボットは前世紀末からの三十数年間で飛躍的發展を遂げてきた。中でも超高齢社会を迎えた先進各国での十年間の進歩は目を見張るものがある。その流れを強く牽引したのは Intuitive Surgical 社の da Vinci サージカルシステムであった。2000年7月11日に消化器系対象として米FDAの認可に引き続き、胸腔鏡（胸部）手術、補助切開部からの心臓手術、泌尿器科、婦人科、小児外科、経口アプローチによる耳鼻咽喉科へと認可範囲を拡大し、2009年の販売以降2016年9月末日迄に全世界3803台、日本237台が設置されている<sup>(1)</sup>。日本での普及は2012年に前立腺がん2016年1月20日に腎臓がんへの保険収載に負うところが大きい。これらの、混合診療・保険外併用・薬事制度などの進展、悪性肝腫瘍に対する2004年4月の経皮的ラジオ波焼灼療法（RFA 穿刺治療）への保険収載なども加わって多くの企業がロボットなどの医療機器の製造に参入意欲を示してきた。機械工学全般による支援が本分野に必須と捉え機械学会の各部門に働き掛けて体制作りを始め、2008年4月より会長主導で部門横断組織「医工学テクノロジー分科会」を設置、2010年4月より関連部門参加の「推進会議」とした。この組織を核に他の工学会、さらには医学界との連携活動も開始し2009年からは新設された「（一社）医工ものづくりコモンズ」の工学サイドの中核として中小企業との連携を始めている、2012年11月からは新設の看護理工学とも連携し初代委員長はロボメカ藤江正克・二代目ロボメカ浅間一先生・三代目機力辻内伸好先生・現委員長流力高木周先生である。

医療ロボットに関してのもう一つの大きなあゆみは「福祉工学協議会」である（15.5.2 参照）。『LIFE』というスマートな名前になり、統一論文集がJ-STAGEに収載されるようになった。

[藤江 正克 早稲田大学]

#### 参考

(1) da Vinci 設置台数（2016年9月末現在） <http://j-robo.or.jp/da-vinci/nounyu.html>（参照日2017年4月24日）

#### 15.5.5 非製造業（廃炉）

1Fの事故対応および廃止措置においては、放射線量が高く、人が近づくことが困難な環境が多々存在し、ロボット技術、遠隔技術の活用が必須となっている。これまでに、通商産業省「極限作業ロボット」（昭和63年～平成10年）や、1999年に発生した東海村JCO臨界事故を受けて実施された経産省の「原子力防災支援システム」や科学技術庁（日本原子力研究所）「情報遠隔収集ロボット」（平成12年～13年）で、さまざまな原子力用ロボットの開発が行われた。これらは、いずれもプロトタイプ開発で終了し、実用化されておらず、1F事故で活用することはできなかったものの、これまでにさまざまなロボットや遠隔操作機器が現場で活用され多大な貢献を果たしている<sup>(1)(2)</sup>。

事故直後は、冷却、封じ込め、サイト内の環境線量低減等が緊急のミッションであった。このような緊急対応期では、時間の余裕がない中で、無人化施工システム、Packbot（iRobot社製）など、すでに実績のある既存の機器やシステムが調達され、現場に投入された。

その後の応急対策期では、原子炉燃料はメルトダウンし、水素爆発が発生したと推定されるなか、原子力建屋などの内部の様子がわからず、汚染水が漏れている状況の中で、状況を調査するためのさまざまなミッションが行われた。調達可能な既存のロボットや遠隔操作機器では限界があるために、入手可能なさまざまな機器やシステムを改造することによって対応した。その例が、千葉工大や東北大などの研究者が開発したQuinceなどである。

さらにその後の廃止措置においては、廃炉に向けた使用済み燃料プールからの燃料や燃料デブリ（原子炉燃料が熔融し、原子炉構造材や制御棒などと共に冷えて固まったもの）の取り出しなどが主たるミッションとなっている。燃料デブリがどこにどの程度存在するかはまだほとんどわかっておらず、汚染水も格納容器外に漏洩している状況の中で、汚染水の漏洩箇所を特定したり、建屋内の除染を行ったり、格納容器の内部の状況の調査を行うための新規のロボット開発が行われている。国際廃炉研究開発機構（IRID）が開発したPMORPHやサソリロボットなどがその例である。

一方、回収不能になっているロボットや遠隔操作機器もある。ミッションに失敗した原因は、通信不良、低空間認知性、放射線による機能不良などである。今後は、より高放射線環境下で、アクセス性が困難な場所での調査や作業が要求されるようになるため、これらの要因に対する対策や、信頼性・安定性・頑健性の向上、高速化などに取り組む必要がある。また、今後、燃料デブリを取り出し、廃止措置を進めるうえで、耐放射線性を有する機器やデバイスのみならず、内視鏡のように狭い空間から調査や作業が行えるようなデバイス、燃料デブリのサンプリング取り出しのためのツールやマニピュレーション、ハンドリングのためのデバイス、水の環境での使用可能な耐水性・防水性が高いデバイスなどの技術開発や活用が必要になると考えられる。

[浅間 一 東京大学]

## 参考文献

- (1) 浅間 一, 福島原発事故および廃炉対策におけるロボット技術の活用, 日本機械学会誌, Vol. 117, No. 1151 (2014), pp. 647-651.
- (2) 浅間 一, 福島原発事故対応および廃止措置におけるロボット技術の活用と今後の展開, ロボット, No. 235 (2017), pp. 7-13.

### 15.5.6 非製造業（サービス）

サービスロボットには、パーソナルサービスを対象としたものと、パブリックサービスを対象としたものがある。

パーソナルサービスに関しては、家庭、オフィス、店舗、施設（病院、介護施設、学校、等）、公共空間（駅、空港、道路、等）などのさまざまな場所において、ロボット技術の活用が徐々に広がっている。普及が最も進んでいるサービスロボットは、掃除ロボットや手術ロボットなどである。介護、リハビリ、福祉、セラピーなどの分野でも、さまざまなロボットが利用できるようになりつつある。運動支援のための装着型ロボット、メンタルセラピー用ペットロボット、警備ロボット、アミューズメントロボット、コミュニケーションロボットなども広く活用されつつある。案内ロボット、ポーターロボット、教育ロボットなども実環境での実証試験が行われているが、機能性、安全性、経済性などの面でまだ普及してはいない。現在、自動運転に関する研究が活発に行われているが、ここでもロボティクス・メカトロニクス技術が活用されている。

パブリックサービスに関しては、前述のように、災害対応や爆弾処理などですでに遠隔操作ロボット技術が使われている。今後、土木（点検保守、土木工事）・建設（建築）や防衛（偵察や地雷除去）においても、ロボット技術の活用がさらに進むと考えられる。

なお、農林水産業においても、農業においては施肥、耕うん、収穫、害獣対策、農作業支援など、林業においては伐採、木材運搬など、水産業においては漁獲など、さらに食品加工などにおいても、ロボット技術の活用が徐々に拡大している。

[浅間 一 東京大学]

## 15.6 ロボティクスと社会

### 15.6.1 ロボット革命イニシアティブ協議会

ロボット革命イニシアティブ協議会 (Robot Innovation Initiative, 以下 RRI) は、2015 年 2 月に政府がとりまとめた「ロボット新戦略」を実現するための組織的プラットフォームとして、2015 年 5 月に設立され、ロボット関連業界の約 300 社が参加している (2017 年 4 月現在)。RRI の主たる事業目的<sup>(1)</sup> は、① ロボット・イノベーション及びロボット利活用推進に関する課題解決に資する関係者間のマッチング、ベストプラクティスの共有・普及の推進、② 国際標準化活動の推進に向けた情報共有、共通課題の整理及び対応策の企画・立案、③ 情報セキュリティの確保の方策の企画・立案、④ 国際プロジェクト等の企画・立案、⑤ 実証実験のための環境整備、⑥ 人材育成のための企画・立案、⑦ 関係機関との連携による研究開発、規制改革等の推進、⑧ 国際連携を含めた関連情報の収集・発信、普及・啓発事業の推進である。RRI は 3 つのワーキンググループ (WG) で構成されている。IoT による製造ビジネス変革 WG は、今後大きく変化する製造ビジネス環境における課題などに関する認識を共有し、その課題を解決する技術などに関する国際標準の構築などに取り組んでいる。ロボット利活用推進 WG では、ロボットの普及を促す環境整備や都道府県レベルのロボット事業支援機関の創設などにむけての検討を行っている。ロボットイノベーション WG では、ロボットの導入コストを下げるとソフトウェア・ハードウェアの共通化 (ロボットのプラットフォーム化)、ロボット利活用に係る安全基準やルール等の検討、ロボットの研究開発・社会実装を加速させるために 2020 年に開催を予定しているロボット国際競技大会 (World Robot Summit) の設計などを行っている。

[高本 仁志 産業技術総合研究所]

#### 参考文献

- (1) ロボット革命イニシアティブ協議会, Robot Revolution Initiative  
<https://www.jmfrri.gr.jp/> (参照日 2017 年 4 月 6 日)

### 15.6.2 日本ロボット大賞

日本ロボット大賞は、将来の市場創出への貢献度や期待度が高いと考えられるロボット・システム並びにロボットに関連するビジネス・社会実装、要素技術、研究開発及び人材育成を表彰することにより、ロボット技術の開発と事業化を促進し、技術革新と用途拡大を加速することを目的とした表彰制度である。平成 18 年度から平成 20 年までは毎年、それ以降は隔年で、審査および表彰が行われている。従来、日本ロボット大賞では、事業化実績が重視されていたが、現在では、ビジネス・社会実装部門、ロボット・システム部門、要素技術部門、研究開発部門、人材育成部門などの部門で募集が行われており、ロボット・システム・要素技術の販売実績のみならず、ロボットに関連するビジネスやロボットの利活用又はシステムインテグレーションの成功事例、ロボットに関連する特に将来性のある研究開発、ロボット分野における人材育成の取組や教材なども評価の対象となっている。また、ものづくり分野、サービス分野、介護・医療分野、インフラ・災害対応・建設分野、農林水産業・食品産業分野といった、幅広い分野での募集が行われている。

日本ロボット大賞の拡充は、ロボット新戦略の中でも掲げられており、それを受け、平成 28 年度に行われた第 7 回日本ロボット大賞では、従来の経済産業大臣賞に加え、総務大臣賞、文部科学大臣賞、厚生労働大臣賞、農林水産大臣賞、国土交通大臣賞の大臣賞表彰位が増設され、各大臣賞 1 件ずつ、および中小企業庁長官賞 (1 件)、日本機械工業連合会会長賞 (2 件)、優秀賞 (4 件)、審査員特別賞 (2 件) の表彰が行われた。

[浅間 一 東京大学]

### 15.6.3 競技会・教育

日本のロボット教育に関しては、初等教育において、科学技術教育の一環として、中学校の技術・家庭科の授業でプログラムによる計測・制御が必修化されており、その中でロボットが使用されるケースが多くなっている。また、高等教育においても、ロボットに関するさまざまな競技会やコンペが数多く実施されており、多くの高専や大学などの学生が参加している。ロボット技術に関する知識や技能を有する人材育成は、

あらゆる場面で求められるようになってきているが、前述の1Fの廃炉には30～40年かかるとされており、世代を超えての取り組みが必要であることから、文部科学省は平成26年度より廃炉人材育成のプログラムを実施している。

ロボット競技会に関しては、本部門では、三つのロボットコンテストを実施してきた。本学会100周年を記念して平成9年に創設されたロボットグランプリでは、スカベンジャーロボット競技、ロボットランサー競技、大道芸ロボット競技などの競技が行われており、小中学生から大学生・社会人まで幅広い方に参加いただいている。また、平成11年から、ロボコンプロデュースは、小中学生を対象としたロボットコンテスト企画・プロデュースを対象とした競技会であり、平成11年から開催されている。平成19年より開催しているロボメカデザインコンペは、工学系の学生とデザイン系の学生のコラボにより、機能性とデザインの両方を兼ね備えたロボットを設計・開発するコンペである。

日本では、ロボット関連の競技会は非常に歴史も長く活発で、上記以外にも、マイクロマウス競技会、NHKロボコン、知能ロボットコンテスト、レスキューロボットコンテスト、つくばチャレンジなど、数多くの競技会が行われている。その一方、海外においても、さまざまなロボット競技会が行われるようになり、平成9年に開始された日本発のRoboCupをはじめとして、国際大会も多く開催されるようになった。

ロボット競技会は、人材育成を目的とするものが多いが、近年では、多様な目的を持つようになりつつある。例えば、RoboCupは人工知能の研究開発を推進することが目的の一つとして掲げられている。また、米国で平成25年12月に予選、平成27年6月に本戦が行われたDARPA Robotics Challengeは、1Fの事故を反映した災害対応ロボットの競技会であるが、賞金のみならず、一部のチームには研究開発費も支払われる、戦略的なプロジェクトであった。また、国際学会の一部のCompetitionとして、平成27年から行われているAmazon Pick-up Challengeや、平成28年度に行われたAirbus Shop Floor Challengeは、企業がスポンサーとなっている競技会である。ここでは、各企業が解決を求めている技術課題が、競技内容として定められており、その目的はクラウドソーシングと考えることもできる。

日本では、ロボット新戦略に基づき、World Robot Summit (WRS)開催の準備が進められている。現在、ものづくり分野（部品組立）、サービス分野（家庭内の各種作業支援、店舗における各種業務支援）、インフラ・災害対応分野（プラント災害予防、トンネル事故災害対応・復旧、災害対応標準性能評価）、ジュニア競技（学校、家庭を想定多職種目）などが検討されており、2018年にプレ大会を東京ビッグサイトで、2020年に本大会を愛知県空港島大規模展示場で（一部のインフラ・災害対応分野の競技は、福島ロボットテストフィールドで）行う予定となっている。

[浅間 一 東京大学]

#### 15.6.4 安全

産業用ロボットと人間の接触による事故を発生させないようにするための安全基準に関する議論が進み、人間と共存する環境でのロボットの活用が進んでいる。安全基準は、産業用ロボットのみならず、特に接触が必然となるサービスロボットの普及を進めるうえで、極めて重要である。

ロボットを含む安全の定義は、『安全とは許容できないリスクがないこと』とされている。現時点では、危害の重篤度（Severity）とその危害が発生する確率と生じるかという頻度（Probability）の二つの要素で構成されると国際安全規格等に定められている<sup>(1)</sup>。

従来、日本では、本質安全の観点から、人と衝突しても安全な出力を80Wと定めており、最大出力が80W以上の産業用ロボットは、原則として柵などで囲う必要があった。しかし、2013年12月に通知された「産業用ロボットに係る労働安全衛生規則第150条の4の施行通達の一部改正」によって規制が緩和され、最大出力が80Wを超えるロボットについても、機能安全の条件を満たせば、柵で囲わずに人と協調作業を行うことが可能となった。

ロボットなどの機械安全においては、リスクアセスメントやリスク低減方策による安全性確保の設計原理が施された機械システムは、それによって事故発生時の製造者責任を免責としてもよいという考え方も存在する。ただし、生活支援ロボットなどの場合は、人と接触する可能性を常に想定しなければならず、上記の二つの要素を決めるためのデータや根拠が十分得られず、許容の可否の線引きが難しいケースが多い。また、人と共存する環境で動作するロボットや、人が存在する環境の上空を飛行するドローンなどについても安全

性の確保が必要であり、今後は、規格やガイドラインの作成、それに基づく認証システムの構築が重要となる。

[浅間 一 東京大学]

## 参考文献

- (1) 山田陽滋, 生活支援ロボット分野の安全研究, 自動化推進, Vol. 45, No. 4 (2016), p. 12.

### 15.6.5 標準化

「産業用ロボット」に関する標準化活動を行ってきた ISO TC184/SC2 は、スコープをサービスロボットなどにも拡大し、平成 18 年から「ロボットとロボティックデバイス」に変更となった。FA システム向けミドルウェア OriN は、機器、ネットワーク、プロトコルなどに依存せず、ソフトウェアの再利用性を飛躍的に向上させる汎用的統一通信インタフェースであり、平成 14 年に日本ロボット工業会が提唱して以来、改良等が進められ、現在 OriN2 の仕様となっている。平成 23 年には、その適用例が ISO に規定された。

また、OMG (Object Management Group)において、平成 16 年から日本や韓国が中心となり、ロボット技術の標準化の検討が続けられており、ロボットコンポーネントモデル (RTC) , ロボット位置情報インタフェース (RLS) などの規格化が行われ、RTC のシステム構成やロボットインタラクションサービスなどの規格化に関する議論なども行われている。ロボットの構成要素の接続、統合を容易にするためのソフトウェアプラットフォームの開発も活発に行われてきた。RT ミドルウェア (RTM) は、平成 14 年度から産業技術総合研究所が中心となって開発を進めているロボット用ミドルウェアであり、インタフェース仕様は OMG の RTC 仕様として標準化されている。一方、ロボットベンチャー企業である Willow Garage は、ROS (Robot Operating System) と呼ばれるロボット用汎用 OS と標準モジュール群を 2007 年から開発、オープンソースとして公開し、幅広く利用されるようになってきている。すなわち、ロボットのソフトウェアのインタフェースの標準としては、OMG を中心としたモジュール標準化の流れと、ROS のようなオープンソース戦略によるデファクト標準化の流れとが混在している。

一方、レスキューロボットなどの性能評価方法に関する標準化が、米国国立標準技術研究所 (NIST) が中心となって進められている。これまで、さまざまなレスキューロボット (災害調査, 捜索救助, 爆弾処理なども含む) が開発されており、また適用現場も多様であることから、その評価が難しかった。NIST の標準試験法 (Standard Test Methods) は、これを統一かつ定量的に評価するための性能試験法を標準化したものであり、これらのロボットの社会実装や普及を進めるうえで、極めて重要な取り組みとなっている。現在日本でも、フィールドロボットの性能評価手法が、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の「ロボット性能評価手法等の研究開発」で開発されているほか、日本原子力研究開発機構 (JAEA) 檜葉遠隔技術開発センターモックアップ試験施設専門部会においても、廃炉も含めた災害対応ロボットの性能評価の標準化の検討が進められている。

[浅間 一 東京大学]

### 15.6.6 その他の取り組み (COCN, 地域振興・特区を含む)

1F の事故対応や廃炉に対し、現時点ではロボット技術は多大な貢献を果たしているものの、東日本大震災および 1F の事故直後は、ロボットが迅速に現場に投入することができなかった。そこで、産業競争力懇談会 (COCN) では、災害対応ロボットの社会実装を推進するために、平成 23~26 年度に、災害対応ロボットに関するプロジェクトを実施し、災害対応ロボットの社会実装・普及に関する提言をとりまとめた<sup>(1)~(4)</sup>。ここでは、高度実用化研究・基盤技術開発研究・基礎研究を含むプロジェクトの立ち上げ、システム化技術高度化・人材育成のための競技会の実施、実証試験・オペレータ訓練・性能評価・認証などを行う拠点の整備、ロボット技術情報などの集積化・一元的管理、緊急時のロボット配備体制の整備、継続的運用のための戦略策定、ロボット性能評価やインタフェースの標準化、規制緩和・規制強化・税制・保険も含めた制度設計、輻輳を防止するための災害対応ロボットのための無線周波数帯の確保など、さまざまな提言が出された。これらの提言のうちの多くは、前述のプロジェクトなどとも連動して、実現に向けて動き出している。特に、

実証試験や性能評価などのための拠点形成に関しては、福島のエノベーションコースト構想の一環として、JAEA 櫛葉遠隔技術開発センターが設置された。また、フィールドロボットのためのロボットテストフィールドも南相馬市（一部の滑走路は浪江町）に建設されつつある。なお、COCN では、平成 27 年度以降も、災害対応ロボット推進連絡会として、その社会実装活動の支援やさらなる提言の作成を継続的に行っている。

また、道路交通法、電波法など、さまざまな規制が、ロボット技術の社会実装の阻害要因となっているケースがある。これまでに、自治体が、規制緩和とそれによる地域産業の振興を目的として、「ロボット開発・実証実験特区（北九州市・福岡市）」（平成 15 年）、「つくばモビリティロボット実験特区（つくば市）」（平成 23 年）、「さがみロボット産業特区（神奈川県）」（平成 26 年）などの特区を利用し、さまざまなロボット技術の開発とその実用化を推進している。特に、平成 26 年からは、仙台市や千葉市なども、国家戦略特区（地方創生特区）の認定を受け、ドローンの開発、実証試験、実用化を進めている。

[浅間 一 東京大学]

## 参考文献

- (1) 平成 23 年度「災害対応ロボットと運用システムのあり方」プロジェクト最終報告書，産業競争力懇談会  
<http://www.cocn.jp/thema39-L.pdf>（参照日 2017 年 4 月 24 日）
- (2) 平成 24 年度「災害対応ロボットと運用システムのあり方」プロジェクト最終報告書，産業競争力懇談会  
<http://www.cocn.jp/thema50-L.pdf>（参照日 2017 年 4 月 24 日）
- (3) 平成 25 年度「災害対応ロボットセンター設立構想」プロジェクト最終報告書，産業競争力懇談会  
<http://www.cocn.jp/thema60-L.pdf>（参照日 2017 年 4 月 24 日）
- (4) 平成 26 年度「災害対応ロボットの社会実装」プロジェクト最終報告書，産業競争力懇談会  
<http://www.cocn.jp/thema71-L.pdf>（参照日 2017 年 4 月 24 日）

## 15.7 将来像

ロボティクス・メカトロニクス部門のこの 10 年を振り返るには、部門の最大行事である部門講演会 ROBOMECH がどのように発展してきたかを顧みる必要がある。表 2 では、この 10 年間の ROBOMECH の概要を示す。

各年度のテーマはその年の部門が置かれた期待を読み解くには大変わかりやすいものとして表現されている。また、発表件数にとどまらず参加者数も順調に増加傾向にあるのは ROBOMECH が企業会員を中心に最先端の技術情報収集の場として機能しているものと考えている。

表 2 ROBOMECH の概要

| 講演会 | 期  | 開催年月日        | ROBOMECH会場    |      | テーマ                                 | 講演件数  | 有料参加人数 |
|-----|----|--------------|---------------|------|-------------------------------------|-------|--------|
| 19  | 85 | 2007.5.10～12 | 秋田拠点センターALVE  | 秋田市  | 豊かな社会を拓くロボティクス・メカトロニクス              | 917   | 1,324  |
| 20  | 86 | 2008.6.5～7   | 長野ビッグハット      | 長野市  | 持続的な産業発展を支えるロボティクス・メカトロニクス          | 1,053 | 1,490  |
| 21  | 87 | 2009.5.24～26 | 福岡国際会議場       | 福岡市  | 豊かな暮らしを創生するロボティクス・メカトロニクス           | 1,035 | 1,435  |
| 22  | 88 | 2010.6.13～16 | 旭川大雪アリーナ      | 旭川市  | ロボティクス・メカトロニクス・フロンティア・ビッグバン         | 1,130 | 1,428  |
| 23  | 89 | 2011.5.26～28 | 岡山コンベンションセンター | 岡山市  | 進化するロボティクス・メカトロニクス                  | 1,157 | 1,640  |
| 24  | 90 | 2012.5.27～29 | アクトシティ浜松      | 浜松市  | グリーン&ライフイノベーションで未来を拓くロボティクス・メカトロニクス | 1,306 | 1,863  |
| 25  | 91 | 2013.5.22～25 | つくば国際会議場      | つくば市 | 社会に浸透するロボティクス・メカトロニクス               | 1,148 | 1,749  |
| 26  | 92 | 2014.5.25～28 | 富山市総合体育館      | 富山市  | 社会に役立つロボティクス・メカトロニクス                | 1,285 | 1,810  |
| 27  | 93 | 2015.5.17～19 | みやこめっせ        | 京都市  | 未来と出会うロボティクス・メカトロニクス                | 1,325 | 1,971  |
| 28  | 94 | 2016.6.8～11  | パシフィコ横浜       | 横浜市  | 未来社会を創造するロボティクス・メカトロニクス             | 1,265 | 1,904  |

さて、ロボティクス・メカトロニクス部門の将来像としては、「ロボット新戦略」<sup>(1)</sup>ではロボットの更なる活用が期待される「ものづくり」、「サービス」、「介護・医療」、「インフラ・災害対応・建設」、「農林水産業・食品産業」の 5 つの分野が定義されている。このそれぞれの分野において、2020 年までのアクションプランが示されており、目指すべき姿に向けた施策が実施される。

また、第 5 期科学技術基本計画<sup>(2)</sup>では、世界に先駆けた「超スマート社会」を実現すべく、その実現に向けた一連の取組を「Society 5.0」と定義し、Internet of Things (IoT)、ロボット、人工知能 (AI)、再生医療、脳科学といった、人間の生活のみならず人間の在り方そのものにも大きな影響を与える新たな科学技術の進展に伴い、科学技術と社会との関係を再考することが求められている。

いずれの取り組みもこれまでそれぞれの分野において大学、企業や研究機関では研究が進められているものの、新たな社会実装を実現していくためには、今後 10 年、20 年後の利用シーンの全体像をイメージし、実用化のための研究活動を推進する必要がある。

そこで、今後益々重要性を増すのがオープンイノベーションや産学連携である。オープンイノベーションへの期待は、あらゆる産業で成功している技術の共有化、一方、産学連携への期待は、技術革新、異分野連携などが挙げられる。

ロボット・メカトロニクス技術はこれらの期待に応え得る境界領域の技術、つまり機械技術を社会実装するには欠くことのできない分野であることに疑う余地はない。

[柳原 好孝 東急建設(株)]

## 参考文献

- (1) ロボット新戦略, <http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150123004/20150123004b.pdf>
- (2) 第 5 期科学技術基本計画, <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>