

令和2年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(情報学専門調査班) 研究期間延長(新型コロナ対応)分

知能ロボティクス関連分野に関する学術研究動向

一 知能ロボットの新たな潮流と実用化への展開一

近野 敦 (北海道大学大学院情報科学研究院・教授)

2020年8月に国産手術支援ロボットシステムhinotori™が製造販売承認を取得した。ここでの承認とは(独)医薬品医療機器総合機構(PDMA: Pharmaceuticals and Medical Devices Agency)の審査後に厚生労働大臣の承認を受けたことを指す。日本ロボット学会誌では手術ロボットの社会実装について特集号を組んでいる[1]。そこで、手術支援ロボット機器の学術研究動向について調査を行った。

手術支援ロボットシステムの先駆けとなったのは、米国Intuitive Surgical社のDa Vinciサージカルシステムである。Da Vinciサージカルシステムは2000年に腹腔鏡手術において米国食品医薬品局(FDA: Food and Drug Administration)の承認を取得している。日本では2009年に国内の製造販売が承認された。Da Vinciサージカルシステムは2021年12月31日までに、米国で3,720台、ヨーロッパで1,059台、アジアで894台、その他の地域で316台の、合計5,989台導入されている[2]。

国産で初めて製造販売承認を受けた手術支援ロボットシステムhinotori™は、川崎重工業(株)とシスメックス(株)が50%ずつ出資している(株)メディカロイドが開発し、販売を行っている[3]。現在のところhinotori™で保険収載(保険適用と価格の設定)されているのは、泌尿器外科の腹腔鏡手術の7術式である(Da Vinciでは呼吸器外科5術式、心臓外科2術式、消化器外科16術式、泌尿器外科7術式、婦人科外科3術式が保険収載されている)[2]。

Da Vinciやhinotori™は腹腔鏡手術において、執刀医、助手、内視鏡操作者の三つの役割を一つのロボットシステムで行うが、そのほかにも助手の役割に限定、あるいは内視鏡操作に限定したロボットシステムも多数存在する。

医療ロボットの安全に関する規格を担当するのは、ロボットの標準化のための技術委員会ISO/TC(Technical Committee)299に設置されたJWG5(International Electrotechnical Commission(IEC)TC62とのJoint Working Group)である。JWG5で策定された文書は、IEC/TR 60601-4-1(自律度を有するME(Medical Electrical)機

器/システムに関するテクニカルレポート)、IEC80601-2-77(ロボット手術支援機器の基礎安全および基本性能に関する特定要求事項)、IEC80601-2-78(機能回復ロボットの基礎安全および基本性能に関する特定要求事項)の三つである[4]。このうち、Da Vinciやhinotori™のようなRobotically Assisted Surgical Equipment(RASE)の安全を規定しているのはIEC80601-2-77である。

医療分野における手術支援機器の技術開発は飛躍的に進化しており、今後もロボット技術の応用が大きく期待される分野である。

参考文献(webpageへのアクセス日はすべて2022年4月12日)

- [1] 特集:手術ロボットの社会実装, 日本ロボット学会誌, Vol. 39, No. 3, 2021.
- [2] 日本ロボット外科学会ホームページ, <https://j-robot.or.jp/robot/>
- [3] <https://www.medicaroid.com/product/hinotori/>
- [4] 鎮西, 鍋島, ISO/TC299/JWG5(医療ロボットの安全)の現在, 過去, 未来, 日本ロボット学会誌, Vol. 38, No. 5, pp. 439-442, 2020.

知能情報学関連分野に関する学術研究動向 一機械学習の応用ドメインの広がりに伴う異分野連携状況の調査一

荒井 幸代 (千葉大学大学院工学研究院・教授)

2019年度の「人工知能研究における最適化(計画)問題の動向と潜在的な関係分野の発掘」において、実機を伴うプラント制御、交通制御、避難計画の最適化に対する適用を前提とした研究課題が増え、「診断」から「計画問題」への研究に中心がシフトしていることを示した。2020年度は、応用の広がりを支える基本アルゴリズムの根底にある統計学や制御理論研究から知能情報学へのアプローチに注目した。

国内では、2017年に計測自動制御学会やシステム制御学会のメンバを中心として発足したDML(Dynamical Machine

令和2年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(情報学専門調査班) 研究期間延長(新型コロナ対応)分

Learning) 研究会において、機械学習との調和や発展的応用を目指した解説記事や研究調査が進められている。2019年の「計測と制御」特集号[1]でこれまでの研究会の成果や関係分野の専門家の記事がまとめられている。

国外では 2018 年から機械学習と統計学、制御理論の関係を扱った重要な論文が相次いで示されている [2][3][4][5]。概観すると、制御理論は機械学習の理論的基盤を提供し、強化学習は大規模な制御問題における制御系の限界を伸張することを可能にしている。また、離散時間制御問題として用いられるマルコフ決定過程におけるモデルについて強化学習との連携は重要であること、さらに、教師あり学習と静的な状況下での最適化問題との等価性や、確率的勾配法と平均場理論との関連性と相互補完を示している。さらに、実世界で重要となる確率的制御問題に対する機械学習の決定論的な方法との統合への期待と、実問題への適用可能性を検証する研究課題が注目を集めている。

参考文献

[1] 加嶋健司：機械学習と調査する制御理論を模索して：計測と制御 58 巻 (2019) 3 号、pp. 153-155 <https://doi.org/10.11499/sicejl.58.153> (2019)

[2] Léon Bottou, Frank E. Curtis, Jorge Nocedal : Optimization Methods for Large-Scale Machine Learning, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1606.04838> (2018)

[3] Adam M Oberman : Partial differential equation regularization for supervised machine learning, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.01612> (2019)

[4] Guan-Horng Liu, Evangelos A. Theodorou : Deep Learning Theory Review: An Optimal Control and Dynamical Systems Perspective , <https://doi.org/10.48550/arXiv.1908.10920> (2019)

[5] Alain Bensoussan, Jiayue Han, Sheung Chi Phillip Yam, Xiang Zhou : Value-Gradient based Formulation of Optimal Control Problem and Machine Learning Algorithm , <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.0928> (2021)