

日本コンピュータ外科学会 年次報告

## 手術ロボット・マニピュレータの研究開発動向

### Surgical Robotics and Manipulator

中村亮一 (正会員)<sup>a\*</sup>, 正宗 賢<sup>b\*\*</sup>

<sup>a</sup> 千葉大学フロンティア医工学センター

<sup>b</sup> 東京女子医科大学先端生命医科学研究所

Ryoichi Nakamura<sup>a</sup>, Ken Masamune<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University

<sup>b</sup> Institute of Advanced Biomedical Engineering and Science, Tokyo Women's Medical University

#### Key words

手術ロボット, マスタスレーブ, ナビゲーション, 情報誘導, 術者支援, 自動化

#### 1. はじめに

本稿では、CAS 領域の中でも先端的な分野のひとつである「手術ロボット・マニピュレータ」に関する市場動向および研究・技術動向を述べる。ここでいう手術ロボットとは、自律的な動作をする真のロボットから、操作者の意図通り受動的な動きをするマニピュレータ、ロボットの要素技術を用いたデバイス、駆動源を有していないロボットのような形の機械なども含めた総称としてここでは扱う。今回は、まず市場動向にて全体的な動向を示し、技術的な動向として、情報誘導型、自動処理型、マスタスレーブ型、術者負担軽減型に大きく分類し現在注目を受けている研究などを含め解説した。

#### 2. 市場動向<sup>1)</sup>

2012 年の内視鏡手術支援ロボット da Vinci (Intuitive Surgical 社) の前立腺手術における保険収載に伴い、国内でも da Vinci の導入数は爆発的に増加し、米

国に次ぐ第 2 の da Vinci 導入国となった。日立製作所の内視鏡保持ロボット Naviot<sup>2)</sup>以来、国内企業による手術支援ロボットの製品化は久しく行われていなかったが、2015 年 7 月に東京工業大学・東京医科歯科大学発のベンチャー企業リバーフィールド株式会社が空気圧アクチュエータ技術を応用した内視鏡ホルダロボット EMARO を製品化<sup>3)</sup>し、2019 年頃を目安に da Vinci と同様の内視鏡手術支援ロボットの製品化を目指している<sup>4)</sup>。また非医療機器ではあるが脳神経外科手術用手台ロボット iArmS (株式会社デンソー) の販売も 2015 年 4 月に開始され<sup>5)</sup>、本邦でも手術支援ロボットの導入と製品化の波は高まっている。

手術支援ロボットへの市場の期待としては、人口減社会に対応した新しい高度医療と安心安全を確保した標準医療の普及である。高齢患者や重症患者には体への負担が少ない低侵襲治療が求められるが、さらにこの人口減社会・医療費削減社会では、入院期間を短縮し早期社会復帰を達成すること、健康寿命を延長することを通じて「元気なお年寄り」、すなわち社会参加可能な労働人口を確保することが求められる。また少ない医療従事者で必要な外科医療の量と品質を確保するためにも手術支援ロボットを用いた技術向上、医療事故の低減と信頼性確保、外科医の

\*千葉大学フロンティア医工学センター

〒 263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33

ryoichin@faculty.chiba-u.jp

\*\*東京女子医科大学先端生命医科学研究所

〒 162-8666 東京都新宿区河田町 8-1

masamune.ken@twmu.ac.jp

負担軽減が求められる。またこのような高い医療技術が大学病院等での基幹病院のみで提供される特別な技術でなく、遠隔診断や先端治療機器を応用し、中核病院でも提供可能となることも求められる。これらは医療技術が発展途上にある新興国の市場でも期待される技術である。

手術支援ロボットの世界市場規模は、Winter Green Research の調査によれば 2014 年で 32 億ドル (約 4,000 億円) であるが、2021 年には 200 億ドル (約 2.5 兆円) に達するとの報告<sup>6)</sup>があり、この潮流から今後、年率 30% 程度の成長が見込まれる。本邦においては、2012 年に経済産業省が発表したロボット産業の市場動向調査<sup>7)</sup>によれば、日本における手術支援ロボットの市場規模は 2015 年では 43 億円程度、2025 年には 317 億円と、こちらも年率 20% 程度の成長が見込まれるとの予想がなされている。しかし国内の医療機器全体のマーケットは社会保障費の抑制方針から大きな拡大は望めない。したがって手術支援ロボット市場の拡大のためには、既存の手術技術・機器を代替し、かつ入院期間の短縮や薬剤・医療材料の使用削減など医療費を抑制するような技術革新も要求される。米国においては da Vinci による前立腺切除術は FDA 承認から 10 年ほどで全症例の 80% 以上を占めるまでに至っている。

### 3. 研究・技術動向

#### 3.1 情報誘導型

多次元医用画像情報の持つ位置・姿勢情報を基に術具を患部に正確に導く情報誘導型ロボットは、これまでに X 線 CT, MRI, 超音波画像等の画像情報下で研究開発がなされてきた<sup>8)</sup>。情報誘導型ロボットの典型的な用途は、穿刺針を患部に到達させ、その先端からエネルギーや薬剤を投与するものであり、穿刺排膿、レーザー凝固・蒸散、クライオ等様々な応用展開が行われてきている。ここ 10 年の動向としては、穿刺針の画像を得ながら制御する手法や、刺入中の曲げを推定して目標点に到達させる Needle Steering の研究が世界的にも研究されており<sup>9)</sup>、ここ数年では同軸チューブを用いて先端の位置を変えていくロボット研究が多い<sup>10)</sup>。

また一方では情報誘導型ロボットを広義に捉え、術中に随時変化する対象や診断情報をオンタイムで収集・分析し、その情報に基づいて半自動的に処置を行う自動・半自動手術ロボットの研究も進んでおり、

最近の動向として注目すべきである。

すでにレーシック手術におけるレーザーによる自動組織切除や、CyberKnife で実現されている放射線自動照射治療のように、画像情報・生体情報などに基づくレーザーや電磁波などエネルギー・デバイスを用いた自動治療装置や自動止血装置などが期待を集めている。

この領域では特に、小泉らによる体動補償型超音波手術ロボット<sup>11)</sup>や、榊田らによる超音波 DDS 制御ロボット<sup>12)</sup>など、新しいエネルギー治療法である集束超音波 (HIFU, FUS) の照射位置制御へのロボット応用研究が近年盛んである。また中村らによる心筋再生医療や腹腔内レーザー治療を対象とした自動化のための拍動・呼吸動・体動補償制御の研究<sup>13),14)</sup>や、山中らによる内視鏡レーザー照射システムの開発が挙げられる<sup>15)</sup>。また直近のトピックとして Google が医療用レーザー照射時のホットスポットを赤外線カメラで検出し自動追尾を行う技術について特許を申請している<sup>16)</sup>。

放射線治療など自動ターゲティング技術の導入が進んでいる領域に比較して、外科の領域での自動治療はこれまで障壁の高いものであった。今後は、自動車における自動運転技術の急速な発展にみられるように技術的なブレイクスルーが達成できれば比較的早く一部で実用化・製品化が進むと予想される。

#### 3.2 マスタスレーブ型

手術支援ロボット・マニピュレータ領域は、現在の中核である da Vinci と同様のマスタスレーブ式ロボット・システムの導入が現在も研究開発の中核となっている。マスタスレーブ式手術ロボットの基本機能は「小型化・変形させた医師の手を患者体内に導入して手術を行う」ことを実現する。小型化により狭小空間内に最小限の切開でアクセスできるため、内視鏡下手術の親和性が高く、今後も機能の向上と適応の拡大が図られていくものと考えられる。

また川嶋らによる空気圧アクチュエータを用いた力覚提示機能を有する鉗子マニピュレータ<sup>17),18)</sup>、大西らによるバイラテラル制御型マスタスレーブ制御におけるマスタへの力覚伝達<sup>19)</sup>など、力覚提示についての研究も注目されている。

さらに、皮膚切開を伴わない体内手術を実現する NOTES (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery) や切開孔を臍部の 1 つに集約する単孔式内視鏡

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/6132764>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/6132764>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)