

# 手術支援テクノロジーの世界の潮流と日本の可能性

---

2026年2月

 **DBJ** 株式会社日本政策投資銀行

産業調査部

---

# 目次および要旨

## 1. テクノロジーの活用が進むヘルスケアと手術支援ロボットの台頭

P2

- 近年、手術支援ロボットをはじめとするテクノロジーの進化は、世界のヘルスケアシステムに大きな変革をもたらしている。高齢化や医療人材不足といったグローバルな課題に対応するため、IoT・AI・ロボティクスなどのデジタル技術が手術現場で急速に普及している。手術支援ロボットの導入が拡大する中、米国・欧州・中国などの主要メーカーは、AI・デジタル技術の統合や遠隔手術、触覚フィードバック、多関節アームなどの新機能を搭載したロボットを発表し、低侵襲性や操作性の向上、術者支援機能の強化を進めている。特に、マイクロサージャリーロボットは、超微細な手術精度や新たな臨床応用の可能性が注目されている。

## 2. イノベーションの期待が高まるマイクロサージャリーロボット

P6

- マイクロサージャリーロボットは、微細な血管や神経、リンパ管などを高精度に操作できる手術支援ロボットである。マイクロサージャリーは、手先の器用さが求められる分野であり、従来は熟練医師の手技に依存していた。ロボットやAI技術が導入されることにより、手振れ補正や標準化された操作が可能となり、医療の質や安全性の向上への貢献が見込まれる。現在は主に形成外科領域で導入が進んでおり、今後は眼科や耳鼻科、脳神経外科など他分野への応用も期待されている。さらに、日本企業によるマイクロサージャリーロボットの開発も加速しており、国際的な競争力強化やイノベーション創出に向けた動きが強まっている。

## 3. マイクロサージャリーロボットの海外動向

P11

- マイクロサージャリーロボットの海外動向として、ヘルスケア分野で積極的な取り組みを進めるデンマーク、オーストラリア、マレーシアでは臨床応用や教育・トレーニングが広がりつつある。デンマークでは多施設共同研究や若手外科医の育成、オーストラリアでは高精度手術と教育体制の強化、マレーシアではアジア初の導入事例が報告されている。世界的にも、こうしたロボット技術の活用はまだ初期段階にあるが、手術支援テクノロジーの活用に向け、国際連携や規制対応の迅速化も進めている。一方、日本は開発企業が多いものの、マイクロサージャリーロボットの導入はまだ十分に進んでいない。

## 4. 日本発マイクロサージャリーの可能性

P16

- 日本発のマイクロサージャリーは、熟練の手技や高い開発力を背景に、今後の医療イノベーションをけん引する潜在力を有している。一方で、日本の医療機器産業は、国内市場の成長だけでは限界があるため、国際連携の強化が不可欠である。今後は、開発支援のための実証環境の整備、機器導入や国際展開を後押しする基盤構築に加え、バーチャルホスピタルの創設、AIとの融合、医療機器規制の相互認証、データ基盤の強化など、幅広い取り組みが求められる。これらを進めることで、日本発のマイクロサージャリー技術を世界に展開し、国際的な医療課題の解決に貢献することが期待される。

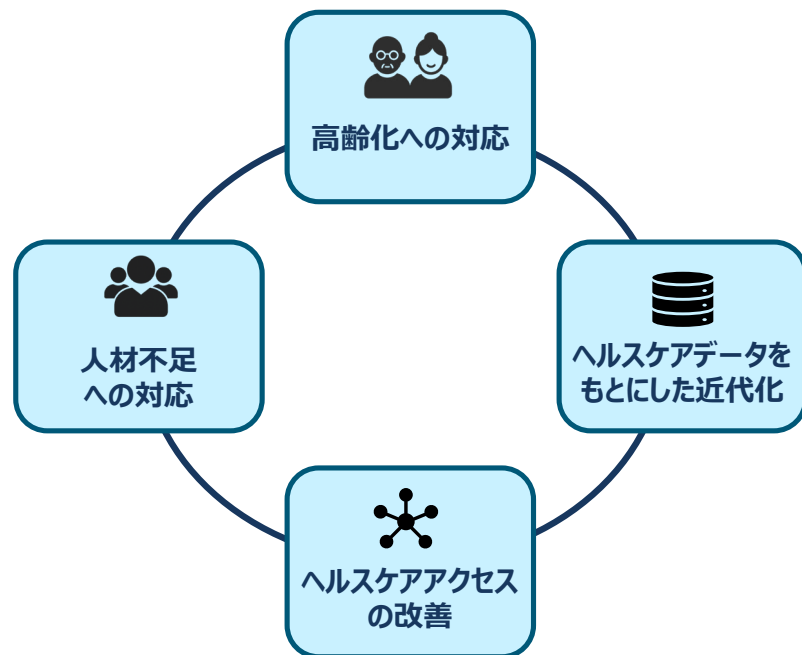
## 1. テクノロジーの活用が進むヘルスケアと手術支援ロボットの台頭

---

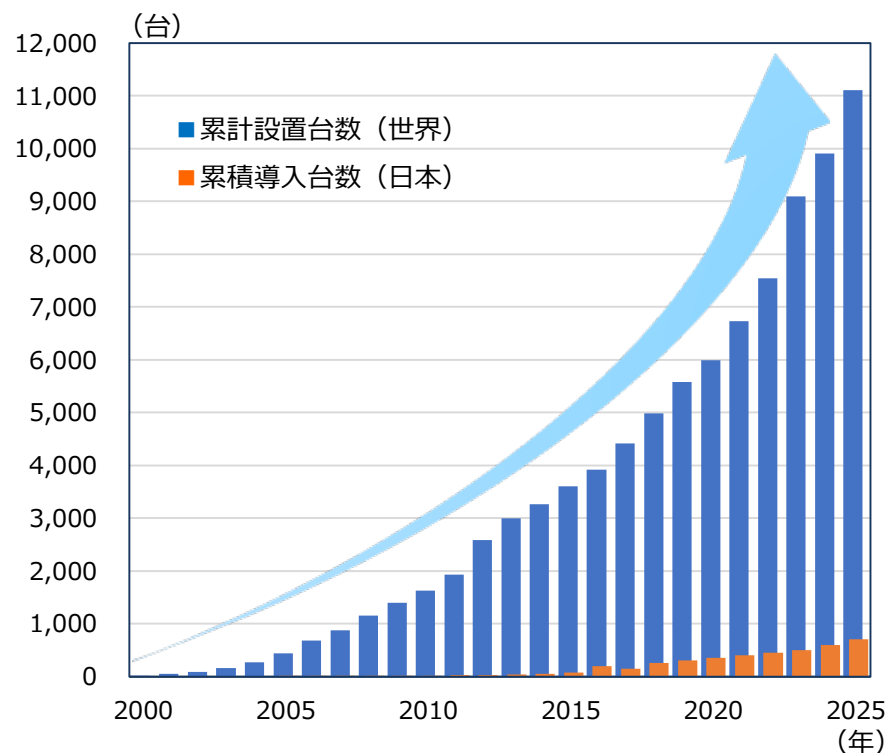
## 1-1. テクノロジーの活用が進むヘルスケア

- グローバルのヘルスケアシステムは、高齢化や医療人材不足への対応などの課題に直面しており、IoT、AI、ロボティクスなどのデジタルヘルスを活用したヘルスケアシステムのトランスフォーメーション（変革）が進展しつつある。
- その一例として、手術支援ロボットのda Vinciは、2000年代初頭の導入開始以降、年々設置台数が増加しており、**ロボット技術の活用が手術現場で急速に進んでいる**。日本でも2010年以降、導入が本格化し、急性期病院や大学病院などを中心に全国の医療機関で設置台数が増加している。

### ヘルスケアシステムのグローバルな課題



### da Vinciの導入台数（累積）の推移



(備考) 1. 各種資料によりDBJ作成

2. グラフはIntuitive Surgical, Incの年次報告書、四半期報告書、プレスリリース等によりDBJ作成（一部推計）

## 1-2. 世界の主要な手術支援ロボットメーカー

- 世界の主要な手術支援ロボットメーカーは、AIやデジタル技術の統合、低侵襲手術への対応、術者支援機能の強化に注力しており、高精度で多様な手術への適応が進む。
- 近年は中国企業の台頭が著しく、MicroPort社などが独自技術やコスト競争力を武器に市場シェアを拡大している。

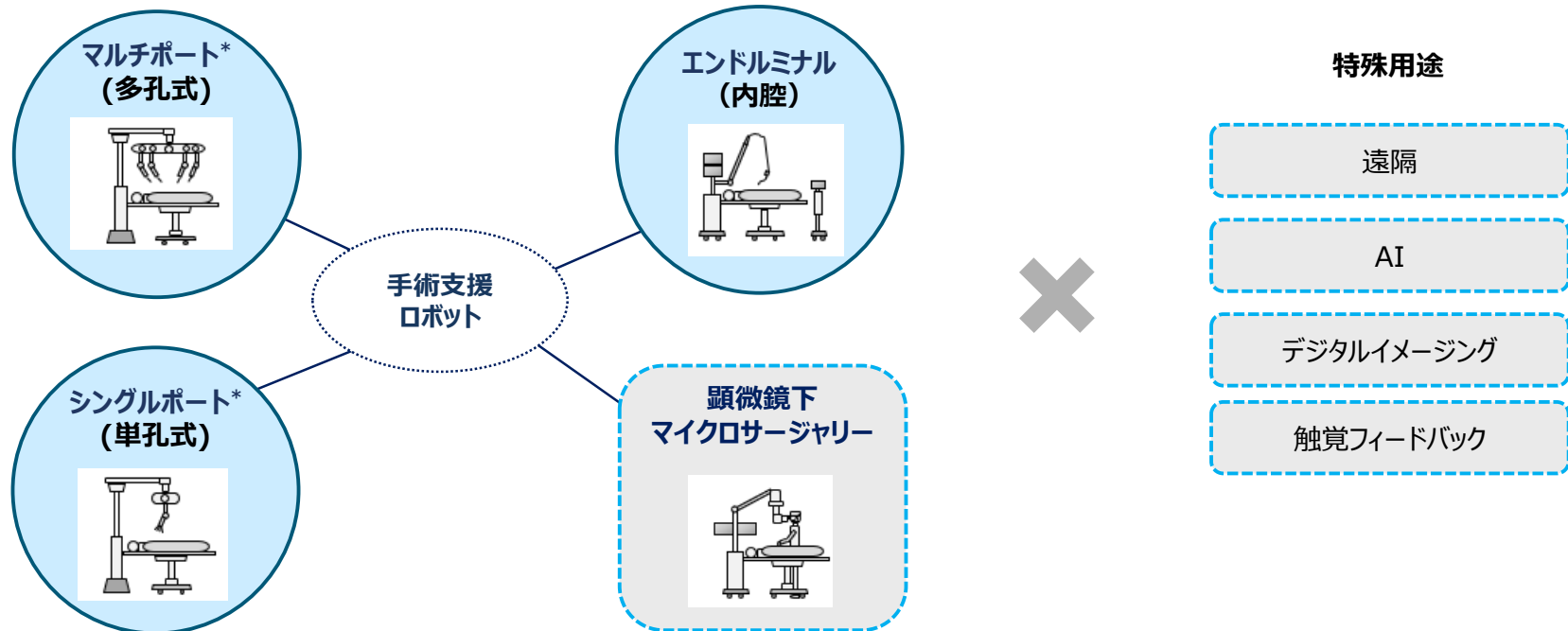
### 世界の主要な手術支援ロボットメーカー

社名 (国)	商品名	特徴
Intuitive Surgical (米)	da Vinci 5 (ダビンチ 5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界的に普及しているda Vinciシリーズの最新世代</li> <li>高精度な操作性とAI・デジタル技術の統合による高度な術者支援を実現し、多様な手術領域に対応できる柔軟なシステム構成</li> </ul>
Medtronic (米)	Hugo RAS (ヒューゴ RAS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界展開を進める手術支援ロボット。クラウド接続による手術データの一元管理や遠隔教育支援が可能</li> <li>モジュール型の構造により多様な手術室環境や手技に柔軟に対応</li> </ul>
Asensus Surgical (米)	Senhance (センハンス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>触覚フィードバック機能によって術者の手の感覚を再現</li> <li>眼球追従カメラ制御により、常に最適な視野を自動で確保</li> </ul>
Cambridge Medical Robotics (英)	Versius (ヴァーシアス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽量かつコンパクトな設計で病院への導入が容易であり、自由なポート配置によって術者の負担を軽減。幅広い手術に適応</li> </ul>
MicroPort (中)	Toumai (トウマイ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国初の国産腹腔鏡手術支援ロボットとして、幅広い手術領域に対応</li> <li>世界初の遠隔機能対応で承認を得たロボットの一つであり、高精細3D映像と触覚フィードバック機能を搭載</li> </ul>
Ronovo Surgical (中)	Carina (カリナ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>モジュール式設計で柔軟なポート配置が可能</li> <li>AIによる術者支援や手術データ解析機能を搭載</li> </ul>
SAGEBOT (中)	KANGDUO (カンドゥオ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>AIによる術者支援機能を搭載し、複雑な手術操作をサポート</li> <li>多関節アームによる高精度な動作と柔軟なポート配置で多様な症例に対応</li> </ul>
Revo Surgical (韓)	Revo-I (レボ・アイ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>コスト効率に優れた設計で、地域医療機関や中小規模病院でも導入しやすく、直感的な操作性と多関節アームによる高い柔軟性を実現</li> </ul>
Medicaroid (日)	hinotori (ヒノトリ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>独自開発の多関節アームにより繊細な動きが可能で、臨床現場のニーズに合わせた直感的な操作性と安全性を両立</li> </ul>

### 1-3. 手術支援ロボットの注目領域

- 手術支援ロボットは、従来のマルチポート型に加え、シングルポート型やエンドルミナル型、顕微鏡下マイクロサージャリーなど多様なアプローチが拡大している。Intuitive Surgical社（米）、Medtronic社（米）、Medicaroid社（日）など主要メーカーは、各分野で先進的な技術開発と市場競争を展開している。
- ここ数年でAIやデジタルイメージング、触覚フィードバック技術を組み合わせた術者支援機能の高度化が進み、低侵襲性の追求や国際展開とともに、手術医療の標準化と質的向上が加速している。特に、**マイクロサージャリーロボットの領域は、超微細な手術精度や新たな臨床応用の可能性が注目**されており、今後の医療イノベーションの中核を担う技術領域として期待が高まっている。

#### 手術支援ロボットの新たな領域・特殊用途



(備考) 各種資料によりDBJ作成

\*ポートとは、手術器具やカメラを挿入するための切開部位（入口）

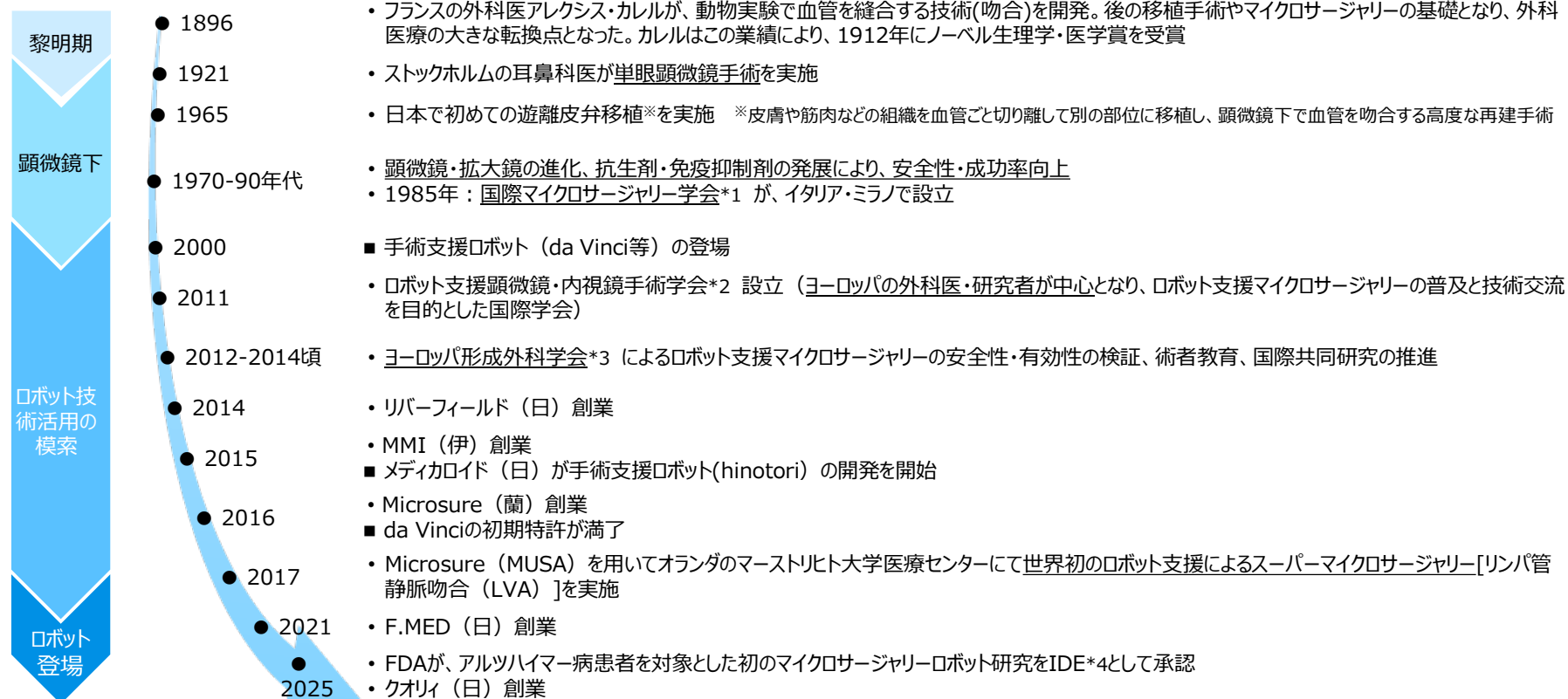
## 2. イノベーションの期待が高まるマイクロサージャリー

---

## 2-1. 歴史

- 顕微鏡下手術であるマイクロサージャリーは、微細な血管や神経などを扱う高度な外科手術として、20世紀初頭から発展してきた。1960年代以降、血管吻合や遊離皮弁移植などの技術が確立され、形成外科・再建外科・神経外科などで応用されるようになった。
- 2000年代以降、da Vinciなどの手術支援ロボットの登場により、伝統的にマイクロサージャリーの研究が盛んなヨーロッパを中心に、ロボット技術の活用が模索され始めた。

### マイクロサージャリーの歴史



(備考) 各種資料によりDBJ作成

\*1 International Society for Reconstructive Microsurgery

\*2 Robotic Assisted Microsurgical & Endoscopic Society

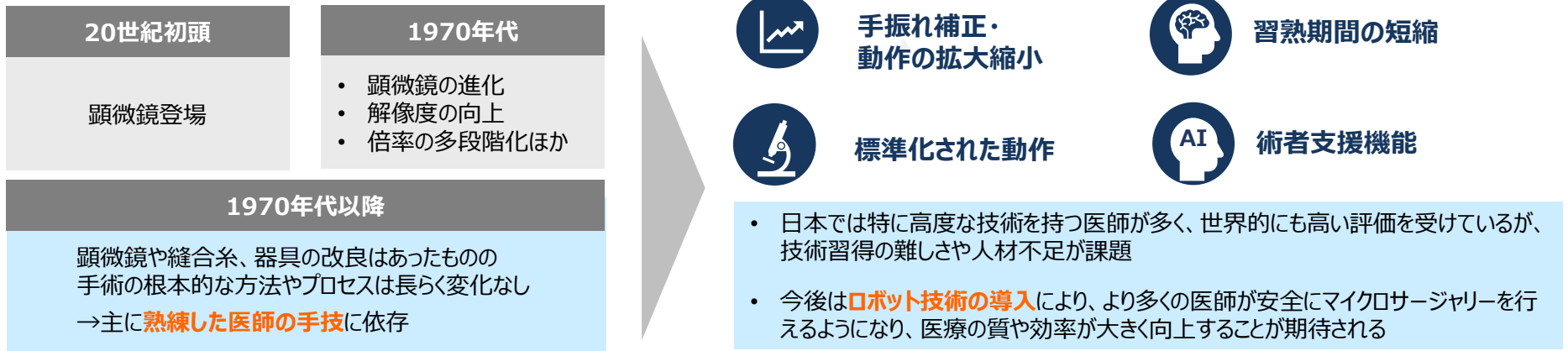
\*3 European Society of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery

\*4 未承認医療機器の臨床試験を米国で実施するためのFDAの特別許可

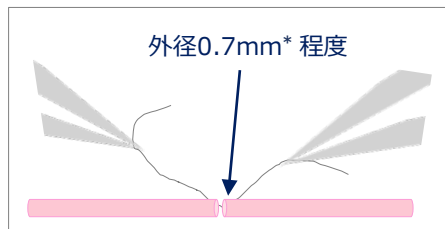
## 2-2. 期待されるイノベーション

- **マイクロサージャリーは、主に熟練医師の手技に依存して発展してきたが、技術習得の難しさや人材不足が課題となっている。**
- 今後はロボットやAI技術の導入により、手振れ補正や標準化、習熟期間の短縮が期待され、医療の質や効率、安全性の向上が見込まれる。特に日本は、微細血管吻合やリンパ管静脈吻合など、手先の器用さが求められるマイクロサージャリー領域で世界的に高い技術力を有し、強みを発揮してきた。一方で、こうした分野でもロボット技術が海外で進展すると、日本の優位性が低下する可能性もある。そのため、**日本独自のアイデアを活かした高度な手技へのロボット開発・活用の推進**が期待される。

### マイクロサージャリーのイノベーションへの期待



血管吻合のイメージ



- ・ 顕微鏡下で人の手で鉗子を直に操作して吻合を行う
- ・ 糸は人の髪の毛より細い

マイクロサージャリーロボットによるトウモロコシ粒の縫合



- ・ トウモロコシ1粒に5針超の縫合が可能
- ・ 人の動きを10分の1までにできるモーションスケーリング搭載

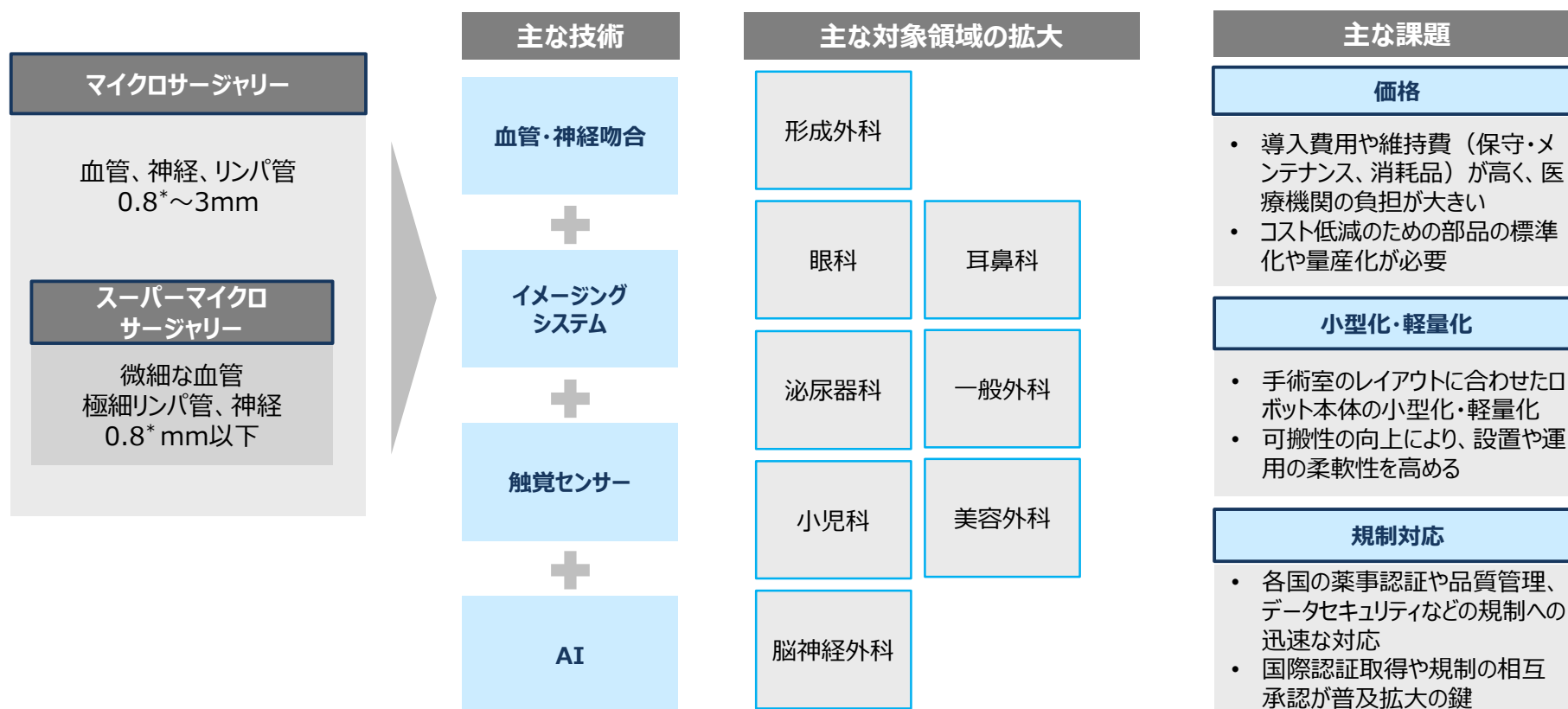
(備考) 1. 各種資料によりDBJ作成  
2. 写真はクオリティ株式会社より提供

\*血管吻合コンテストで採用される標準的な血管外径

## 2-3. 主な種類、対象領域、課題

- マイクロサージャリーやスーパーマイクロサージャリーは、特に形成外科領域で活用が進んでいる。血管・神経吻合やリンパ管静脈吻合など、微細な組織を扱う高度な再建手術が多く行われている。
- 今後はイメージングシステムや触覚センサー、AI技術の発展により、**眼科や耳鼻科、脳神経外科など他分野への応用も拡大**し、多くの診療科で高精度かつ安全な手術が実現されることが期待されている。その際、**ロボットの価格や小型化が課題**となる。

### 主な種類、対象領域、課題



## 2-4. 開発企業

- マイクロサージャリーロボットの開発企業は、MMI社（Medical Microinstruments）（伊）やMicrosure社（蘭）など欧州勢が認証取得や臨床実績を有している。
- 一方、**日本発の開発企業も複数存在し、研究開発を積極的に進めている**。今後、臨床展開が進むことで、グローバル市場での競争力向上が期待されている。

### マイクロサージャリーロボットの開発動向

企業名	MMI	Microsure	リバーフィールド	F.MED	KouTech	クオリイ
創立	2015年	2016年	2014年	2021年	2022年	2025年
本社所在地	イタリア	オランダ	日本	日本	中国	日本
ロボット名	Symani	MUSA	—	—	Kai	—
製品特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・手首型器具</li> <li>・振動軽減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存器具の利用が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・触覚フィードバック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・磁石を用いた滑らかな動作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・7自由度の極小鉗子</li> <li>・AIによる手振れ補正</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・直観的で効率的なUI</li> <li>・独自の術具交換機能</li> <li>・高精細4K映像</li> </ul>
実績	世界35か国で導入、約千件以上の臨床使用	臨床使用	2025年にマイクロサージャリー領域の研究開発を加速	非臨床試験済	臨床使用	非専門医による吻合テスト成功
認証・承認	CEマーク取得（2019年） FDA承認（2024年）	CEマーク取得（2019年）	—	—	—	—

（備考）各種資料によりDBJ作成

### 3. マイクロサージャリーロボットの海外動向

---

## 3-1. 海外の取り組み事例

- 日本では医療機器開発や熟練した手技に強みがある一方で、ヘルスケア分野で積極的な取り組みを進めるデンマーク、オーストラリア、マレーシアではマイクロサージャリーロボットの臨床現場での活用事例がみられる。
- 世界的にも、こうしたマイクロサージャリーロボットの活用はまだ始まったばかりである。臨床で使用されている主なロボットはMMI社のSymaniが多く、臨床応用だけでなく、次世代外科医の育成のための教育やトレーニングでの活用も進展しつつある。

### マイクロサージャリーの海外取り組み事例

#### デンマーク

- 大学病院や研究機関マイクロサージャリーの多施設共同研究（欧州連携）では、マイクロサージャリーロボット（Symani、MUSA-2）の実証や教育プログラムを展開
- 形成外科・再生外科・神経外科・血管外科など多様な分野で応用が進み、若手外科医の教育やトレーニングに活用

#### オーストラリア

- メルボルンでは、Symaniを活用したマイクロサージャリーの臨床応用や教育・トレーニングが進展
- St Vincent's Hospitalでは、乳房再建やリンパ浮腫治療などでSymaniを導入し、医療の質向上や次世代外科医の育成にも貢献

#### マレーシア

- マラヤ大学医療センター（UMMC）では、アジアで初めてSymaniを導入
- 2024年より、マイクロサージャリーやリンパ管吻合などの分野で臨床利用を開始

### 【参考】 主要なヘルスケア機関

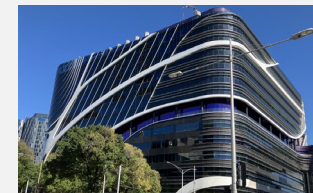
#### BioInnovation Institute

ノボルディスク財団の支援により2018年設立のライフサイエンス分野のインキュベーター兼スタートアップ支援機構。欧州最大級のイノベーションハブ



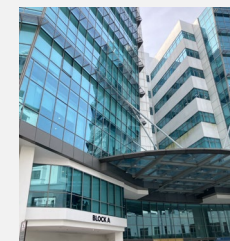
#### Peter MacCallum Cancer Centre

メルボルンのバイオメディカル地区に位置するがんの治療、研究、教育に特化した公立総合センター。700人以上の研究者が所属



#### Pantai Hospital Kuala Lumpur

IHHヘルスケアグループ。国際水準の医療サービスを認証するJCIを6回にわたって取得。日本語通訳スタッフは3名在籍。手術支援ロボットも導入済。グループ内では、コマンドセンターを用いた情報連携を推進



(備考) 1. 各種資料によりDBJ作成  
2. 写真はDBJ撮影

## 3-2. デンマーク

- 医療データが集約され、世界有数のロボットクラスターが存在するデンマークでは、マイクロサージャリーロボットの臨床研究や多施設共同プロジェクト、大学による実践的な教育コース、病院でのロボット導入・技術革新等、欧州の中でも先進的な取り組みが進んでいる。
- 形成外科・再建外科・神経外科・血管外科など多様な分野での臨床応用や若手外科医の教育・トレーニングにも貢献している。

### デンマークのマイクロサージャリーの主な取り組み

医療機関名	導入ロボット	導入年	診療科ほか
オーデンセ大学病院	Symani、MUSA-2	2022年	形成外科・再建外科・神経外科など
コペンハーゲン大学病院	Symani、MUSA-2	2022年	形成外科・手外科・教育コース
オーフス大学病院	Symani	2023年	形成外科・再建外科
ヘアレウ・ゲントフテ病院	Symani	2023年	形成外科・再建外科
南デンマーク大学病院	Symani、MUSA-2	2022年	多施設共同研究に参加

#### ■ デンマークのマイクロサージャリー導入事例

- ・ 2022年以降、デンマーク国内の病院・クリニック・研究機関で、マイクロサージャリーロボット（Symani、MUSA-2など）の導入が進んでいる
- ・ 応用分野：形成外科、脳神経外科、眼科、整形外科、血管外科など
- ・ 技術革新：AIやロボット技術を活用した新しい手術手技や教育プログラムの開発も進行中

#### ■ マイクロサージャリーの多施設共同研究（欧州連携）

- ・ **プロジェクト名**：Clinical experience in open robotic-assisted microsurgery: user consensus of the European Federation of Societies for Microsurgery
- ・ **内容**：デンマークを含む欧州各国の医療機関が、マイクロサージャリーロボットを用いた900例以上の臨床経験を集約し、ユーザーコンセンサスをまとめた多施設共同研究
- ・ **デンマークの関与**：南デンマーク大学（SDU）やコペンハーゲン大学病院などが参加し、マイクロサージャリーロボットの臨床応用を実施
- ・ **教育・トレーニング**：コペンハーゲン大学のマイクロサージャリー教育コース  
 コース名：Microsurgery for surgeons  
 内 容：コペンハーゲン大学が主催する3日間の実践的なコース  
 ラットモデルを用いた血管吻合や神経修復など、顕微鏡下手術の基本技術の習得  
 対 象：形成外科、手外科、整形外科、脳神経外科、血管外科、泌尿器外科などの外科医

### 3-3. オーストラリア [メルボルン]

- オーストラリアは、メルボルンに国内最大級の医療・ヘルスケア産業集積地を有しており、医療機関と工学系大学・研究機関が密接に連携し、医療ロボティクス分野のイノベーションを推進している。
- メルボルンのSt Vincent's Hospitalは、MMI社の世界初のマイクロサージャリー手術支援ロボットSymaniを導入し、高精度手術、教育・トレーニングの革新、技術開発の推進を通じて、医療の質向上と次世代外科医の育成に貢献している。これらの取り組みは、国際的にも注目される先進事例となっている。

#### St Vincent's Hospital\* の臨床・教育・技術革新の取り組み

##### ■ 臨床実績・症例展開

- ・ Symaniを、乳房再建やリンパ管静脈吻合（LVA）、頭頸部再建など多様なマイクロサージャリー症例で活用
- ・ 2024年8月から約100例の症例実績があり、特に0.3mm以下の微細血管吻合など、**従来の手技では困難**な手術にも対応。手術の精度向上、術者の身体的負担軽減、患者のQOL向上に寄与
- ・ 一部症例では従来手技へのコンバージョンも発生しているが、技術改良やチームの工夫で成功率が高まっている

##### ■ 教育・トレーニング

- ・ 外科医、看護師、研修医など多職種が手術支援ロボットのトレーニングを受けており、20名以上のスタッフがロボット操作に習熟
- ・ 実際の手術室でのデモンストレーションや、3Dモニターを活用した教育により、**学習曲線の短縮と若手医師の技術習得が促進**されている
- ・ 手術支援ロボットの導入により、チーム全体の連携や教育体制の強化が図られている

##### ■ 技術革新・運用ノウハウ

- ・ Symaniは、微細な操作性・高い安定性・トレモリダクション（手振れ補正）など、マイクロサージャリーに特化した設計が特徴
- ・ 手術室のレイアウトや機器配置、患者ポジショニングなど、現場の**運用ノウハウも蓄積**
- ・ 機器の改良や新しい手術手技の開発、臨床データの蓄積を通じて、今後の技術革新と応用領域拡大への貢献が期待されている

## 3-4. マレーシア

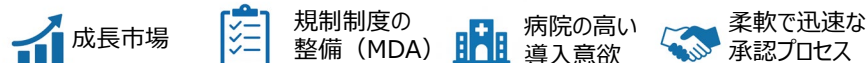
- マレーシアは、新産業マスタープラン2030で医療機器・医薬品産業を重点分野に位置付け、AIやIoT、ロボティクスなど先端技術の導入や国際展開を推進している。
- MMI社はマイクロサージャリー分野のパイオニアとして、Symaniの欧州でのCEマーク取得、米国FDA承認、アジアでの導入など、グローバルな臨床実績を積み重ねている。アジアでは、成長が著しいマレーシアでSymaniが初めて導入され、さらなる医療機器承認の拡大を目指している。

### アジアにおけるMMIのグローバル戦略

#### 【当社戦略】



#### 【マレーシアの強み】



#### 導入病院

マラヤ大学医療センター  
University of Malaya Medical Centre (UMMC)

- ・ マレーシア最大の大学病院であり、先進的な医療技術の導入に積極的
- ・ 2024年にSymaniを導入し、マイクロサージャリーやリンパ管吻合などの分野で臨床利用を開始

マレーシアでの承認取得をASEAN展開の足掛かりとし、  
今後東南アジアでシェア拡大を重視

### 【参考】MMIの沿革



## 4. 日本発マイクロサージャリーの可能性

---

## 4-1. 日本発のマイクロサージャリーの可能性（各国との取り組み比較）

- 日本は上述の国々に比べてマイクロサージャリーロボットを開発する企業が複数存在しており、開発力に強みを持つ。一方で、規制の厳しさや医療現場における新技術への慎重な姿勢、さらに導入プロセスの複雑さなどから、新規機器の評価や導入には時間を要する傾向がある。また、国内に一定の市場規模があることから、海外との協力関係が十分に構築されにくいという課題もある。今後は、臨床現場におけるイノベーションの一層の推進と、国際連携の強化が重要となる。

各国の取り組み		日本	デンマーク	オーストラリア	マレーシア
	開発力*	◎	○ 開発拠点あり	△ 研究に強みあり	△ 開発拠点整備は途上
	臨床環境	△	◎	○	△
主な手術支援テクノロジーの取り組み状況	手術支援ロボット全般	・hinotoriを開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>臨床ロボティクスセンター (CCR : Centre for Clinical Robotics)</li> <li>臨床環境でテストできる施設 (ORTF : Odense Robotics Test Facility)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際医療ロボティクスアカデミー (IMRA : International Medical Robotics Academy)</li> <li>モナシュ大学 : ロボティクス研究室 (RMRL)ほか</li> </ul>	・政府主導で導入促進中
	マイクロサージャリーロボット関連	開発中 (リバーフィールド、F.MED、クオリイ)	Symani、MUSA-2導入 (2022年～)	Symani導入 (2024年)	Symani導入 (2024年)
	政策動向	<ul style="list-style-type: none"> <li>医療機器産業や手術支援ロボット分野でイノベーション創出と国際展開を推進</li> <li>産学官連携や規制改革、クラスター形成(神戸・つくば・関西バイオ等)を通じて、国際競争力と医療サービスの質向上を目指す</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ライフサイエンス・医療データ活用・デジタルヘルスを国策として推進</li> <li>世界有数のロボットクラスターや医療データ基盤を活用し、産学官連携・AI・量子技術によるイノベーション加速と国際展開を重視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>医療・ライフサイエンス分野を重点産業とし、スタートアップ支援やR&amp;D税制優遇、産学官連携を推進</li> <li>メルボルンを中心とした医療産業集積、イノベーション創出と国際展開を促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>医療機器産業の高度化・国際競争力強化・医療ツーリズム推進</li> <li>国家戦略として、デジタルヘルスやロボット分野の強化</li> <li>ASEAN域内の医療機器生産・輸出拠点を目指す</li> </ul>

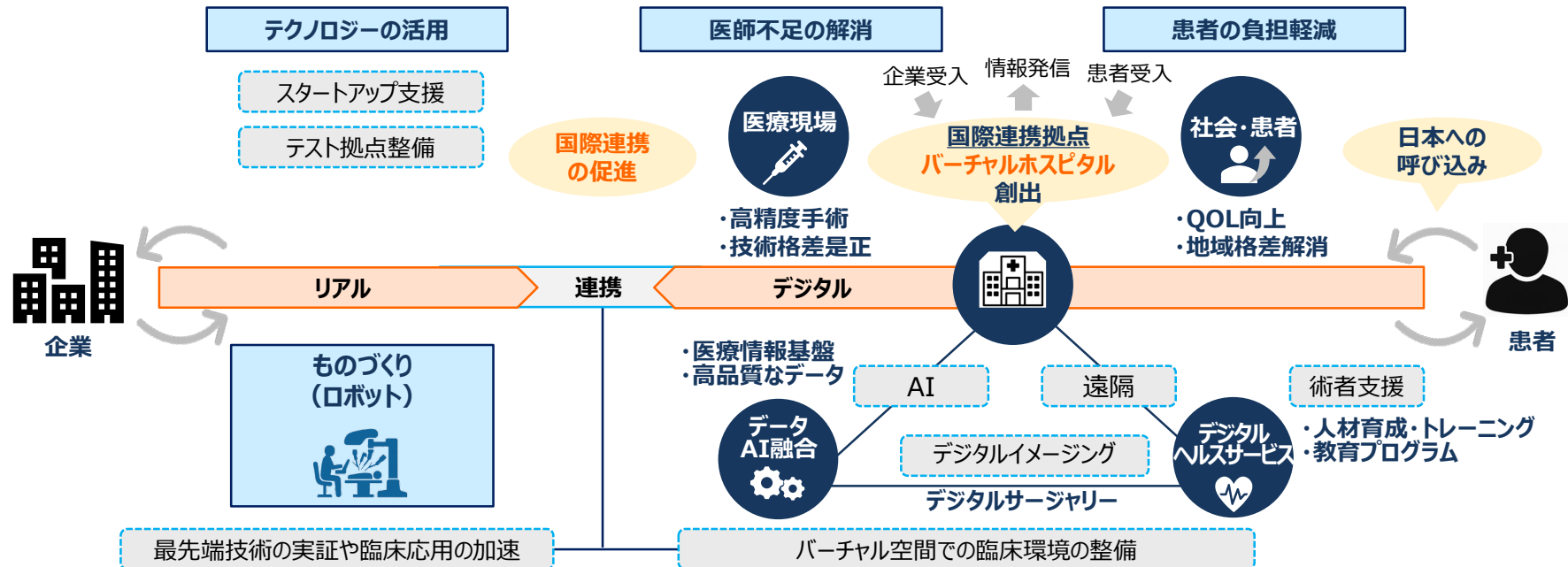
(備考) 各種資料によりDBJ作成

\*開発力は、医療ロボットの開発実績などを踏まえた定性的な医療機器開発力の評価

## 4-2. 日本発マイクロサージャリーの可能性

- マイクロサージャリーは微細な血管や神経を扱う高度な手術であり、熟練医師の手技に大きく依存してきた。そのため技術の標準化や機械化が難しく、長らく世界的な進展が限定的であった。しかし近年は、ロボット技術やAIの導入が進み、高精度手術の実現や技術格差の是正が期待されており、患者のQOL向上や地域医療の均質化にも寄与することが見込まれる。
- 日本はマイクロサージャリー分野において、熟練した手技、精密なものづくり、高い開発力、そして豊富な臨床経験を背景に、国際的な医療イノベーションをけん引し得る潜在力を有する。一方で、日本の医療機器産業は国内市場のみでは成長に限界があるため、国際連携の強化が不可欠である。今後は、開発支援のための実証環境の整備、機器導入や国際展開を後押しする基盤構築に加え、バーチャルホスピタルの創設、AIとの融合、医療機器規制の相互認証、データ基盤の強化など、幅広い取り組みが求められる。これらを進めることで、日本発のマイクロサージャリー技術を世界に展開し、国際的な医療課題の解決に貢献することが期待される。

### 日本発のマイクロサージャリーの可能性



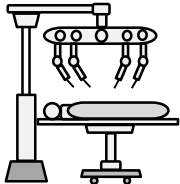
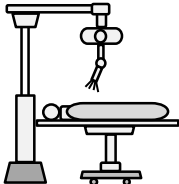
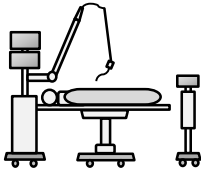
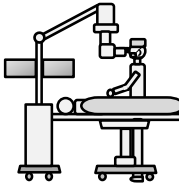
## 5. Appendix

---

## 5-1. 手術支援ロボットの分類

- 手術支援ロボットは、マルチポート、シングルポート、エンドルミナル、顕微鏡下など多様な方式があり、それぞれ外観や侵襲性、操作性に特徴がある。従来はマルチポート型が主流であるが、近年は術式や治療部位に応じて最適な方式が選択され、低侵襲かつ高精度な手術の実現に大きく貢献している。

### アクセス方式による手術支援ロボットの分類

アクセス方式	マルチポート* (多孔式)	シングルポート* (単孔式)	エンドルミナル (内腔)	顕微鏡下 マイクロサージャリー
イメージ				
外観の特徴	複数（2～4本以上）のロボットアームが独立して動き、各アームが専用の手術器具やカメラを装着	1本の太いアームの先端から複数の細いアームとカメラが展開される構造。一つの切開部から全ての器具を挿入	細長く柔軟な挿入部（フレキシブルスコープやカテーテル状）が特徴。自然開口部から挿入	手術用顕微鏡が手術台の上方に設置され、術者がのぞき込む形で使用
侵襲性・操作性の特徴	複数の小さな切開（通常3～5カ所）から各アームを挿入。従来型手術支援ロボットの主流で、操作性に優れる	体表の傷を最小限に抑えられる、より低侵襲な手術が可能	体表に傷をつけず、消化管や気管支などの内腔からアプローチ。従来困難だった部位の治療も可能	高倍率・高解像度の顕微鏡で微細構造を把握し、周囲組織の損傷を最小限に抑える。術者の手技が中心だが、ロボットアシスト型も登場
主な対象領域	泌尿器科、消化器外科（胃・大腸・直腸がんなど）、婦人科（子宮がんなど）、胸部外科など	泌尿器科、婦人科（子宮摘出術など）、一般外科（胆嚢摘出術など）、耳鼻咽喉科（咽頭・喉頭手術など）	消化器内科（消化管内視鏡手術：ポリープ切除など）、呼吸器内科、心臓血管内科	形成外科（微細な血管・神経・リンパ管・腱・組織などの修復・再建・移植）、整形外科、眼科、耳鼻咽喉科、泌尿器科、神経外科など

（備考） 各種資料によりDBJ作成

\*ポートとは、手術器具やカメラを挿入するための切開部位（入口）

## 5-2. デンマーク：医療ロボティクスの取り組み

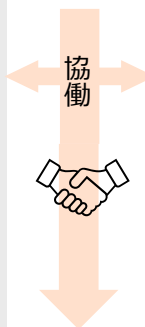
- オーデンセ市では、世界最大級のロボットクラスターを基盤に、医療ロボティクス分野の研究開発が進展している。
- スーパーホスピタルとして2022年に新棟が開設したオーデンセ大学病院（OUH）は、臨床ロボティクスセンター（CCR）と協働し、ロボット支援外科手術、シミュレーション教育や新技術の臨床評価・導入を推進など、多様な医療ロボットプロジェクトを展開している。

### オーデンセ：ロボットクラスター

- ・ 世界最大の協働ロボット拠点。130社以上のロボット関連企業が集積
- ・ ライフサイエンスとロボティクスの2分野が融合し、医療ロボティクスや自動化医療分野の研究開発に理想的なプラットフォームを構築

#### オーデンセ大学病院（OUH）

- 概要
  - ・ オーデンセ大学病院では15件以上の医療ロボットプロジェクトが進行
- 目的・内容
  - ・ ロボット外科医の継続的なスキル訓練と患者安全の向上を目指し、OUH（オーデンセ大学病院）でロボット支援手術用シミュレーションプラットフォームの開発・導入を行う。手術室の利用制限を解消し、安価かつ多様なトレーニング機会を提供



#### 臨床ロボティクスセンター (CCR : Centre for Clinical Robotics)

- 概要
  - ・ 医療現場とロボティクス技術の橋渡しを目的とした研究・イノベーション拠点
  - ・ オーデンセ大学病院（OUH）と南デンマーク大学（SDU）の工学部・健康科学部が共同で設立
- ORTF（Odense Robotics Test Facility）
  - ・ 臨床現場での新技術・新製品の開発・評価・導入を支援するテスト施設。動物実験施設、工学ラボ、手術支援ロボットなどの新機器を臨床環境でテストできるサージカルシアター（手術室）などが設置されている
  - ・ 革新的医療技術センター（CIMT）、臨床AIセンター（CAI-X）とも連携

### SimBoticプロジェクト：トレーニング用シミュレーション訓練プラットフォーム開発プロジェクト

#### ▶ 体制・パートナー

- ・ OUH泌尿器科が臨床、SimC（シミュレーションセンター）が臨床評価、SDU Roboticsが技術開発、Universal Robotsがロボットアームを提供
- ・ CCRがプロジェクト管理を担い、OUH内部イノベーション基金が資金提供

#### ▶ 特徴

- ・ 3本のロボットアーム（Universal Robots製）を搭載
- ・ 各種手術器具を装着可能。オペレーターコンソールとフットペダルで操作。3Dプリントやモジュール設計により、将来的な拡張や他機種対応も可能

## 5-3. オーストラリア（メルボルン）：医療ロボティクスの取り組み

- メルボルンの医療ロボティクス分野をけん引する機関として、国際医療ロボティクスアカデミー（IMRA）とモナシュ大学を紹介する。
- 国際医療ロボティクスアカデミー（IMRA）は、手術支援ロボットの教育・トレーニングや国際標準化、技術革新を担うアカデミーとして、シミュレーション教育や多様なトレーニングコースを提供している。
- モナシュ大学は、ロボット工学や低侵襲手術、遠隔操作、触覚フィードバックなど多様な分野で手術支援ロボティクスの研究・開発を推進している。

### 手術支援ロボット関連の取り組み

#### IMRA（International Medical Robotics Academy）

##### ■ 概要

- ・ 2017年にビクトリア州政府の支援で発足したメルボルンに本部を置く組織
- ・ ビクトリア州政府やオーストラリア連邦政府の医療・イノベーション関連部門から資金支援を受けて活動
- ・ 手術支援ロボットの教育・トレーニングに特化した国際的なアカデミー

##### ■ 主な活動内容

- ・ 外科医や医療従事者向けの手術支援ロボットの技術習得、安全性向上、標準化を目的とした教育プログラム（VR/シミュレーション、3D動画、実機・合成臓器モデルを組み合わせたロボット外科トレーニング）をオンライン・対面で提供

##### ■ キーパーソン：トニー・コストロ（Tony Costello）メルボルン大学名誉教授

- ・ **IMRAの創設者**。オーストラリア初の手術支援ロボットを実施

##### ■ 常設トレーニングセンターの導入ロボット

- ・ da Vinci（Intuitive Surgical）
- ・ Hugo RAS（Medtronic）

#### モナシュ大学

##### ■ 概要

- ・ 機械工学系の大学が州内には複数（メルボルン大学、モナシュ大学、ロイヤル・メルボルン工科大学他）ある。機械工学とバイオテクノロジーの融合に注力する中、モナシュ大学は医療機器やヘルスケア分野での工学応用に強みを持ち、デバイス開発やロボット関連の研究活動にも重点を置いている

##### ■ 主な活動内容

##### ・ モナシュ大学ロボティクス部門（Monash Robotics）

大学横断のロボティクス組織。医療・手術支援ロボット分野で、安全で患者中心の応用を目指し、地域・遠隔地医療の改善に資する技術開発に取り組む

##### ・ モナシュ大学ロボティクス研究室（RMRL：Robotics and Mechatronics Research Laboratory）

低侵襲手術や遠隔操作手術、触覚フィードバック、精密細胞操作などをテーマにした研究開発プロジェクトを実施中

##### ・ モナシュヘルス（Monash Health）

40以上の医療・ケア拠点を持つ州内最大の公的医療ネットワーク。2025年に初の手術支援ロボットシステムがCasey Hospitalで稼働し、泌尿器科手術で活用

## 5-4. マレーシア：手術支援ロボットの導入状況

- マレーシアでは近年、手術支援ロボットの導入が拡大しつつある。市場成長の背景には、医療技術の革新、低侵襲手術への需要増加、慢性疾患（糖尿病・がん・心血管疾患）の増加、高齢化社会の進展などが挙げられる。
- 手術支援ロボットの導入は公立・民間病院ともに取り組んでいるが、特に医療ツーリズム（医療観光）を推進する民間病院が積極的である。また、マレーシア政府主導の支援のもとでロボットが導入されている事例もある。導入にあたっては、医師のトレーニングや認定制度の整備が進められており、国際的な外科医の育成拠点としての役割も強化している。今後も政府の支援による導入拡大が見込まれる。

### 主要な手術支援ロボットを導入した民間医療機関

病院名	病院数	従業員数	主要サービス・特徴	手術支援ロボット導入状況
KPJヘルスケア	28	15,377	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内最大級グループ</li> <li>幅広い診療科、地域密着型</li> <li>医療観光に注力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>da Vinci Xi/2021年～</li> <li>導入機関:KL他</li> </ul>
IHHヘルスケア	14	9,100	<ul style="list-style-type: none"> <li>プリンスコート、グレンイーグルス、パンタイ等を傘下</li> <li>国際認証取得、医療観光・高度医療に強み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>da Vinci Xi/2021年～</li> <li>導入機関:Pantai KL、Melaka等</li> </ul>
サイムダービー	4	4,400	<ul style="list-style-type: none"> <li>サブアングジャヤメディカルセンター等</li> <li>高度医療・医療観光に注力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>da Vinci Xi/2021年～</li> <li>導入機関:Subang Jaya</li> </ul>
サンウェイメディカル	3	3,900	<ul style="list-style-type: none"> <li>サンウェイメディカルセンターはアジア有数の規模</li> <li>医療観光・手術支援ロボット・AI活用など先端医療に強み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>da Vinci Xi/2021年～</li> <li>導入機関:Sunway</li> </ul>
HMIメディカル	2	1,800	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regency Specialist Hospital, Mahkota Medical Centreを運営</li> <li>日系手術支援ロボットで注目</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hinotori/2025年～</li> <li>導入機関:Regency, Mahkota</li> </ul>

### 政府主導で手術支援ロボットを導入した医療機関

病院名	公立/民間	手術支援ロボット導入状況	備考
マコタ・メディカルセンター	民間	• hinotori /2025年～	<ul style="list-style-type: none"> <li>HMI Medicalグループ</li> <li>政府主導の支援で導入</li> </ul>
リージェンシー・スペシャリスト病院	民間	• hinotori /2025年～	<ul style="list-style-type: none"> <li>HMI Medicalグループ</li> <li>政府主導の支援で導入</li> </ul>
クアラルンプール病院	公立	• ROSA Surgical Assistant /2022年～	• 政府病院として初めてロボット人工関節手術を導入
サラワク総合病院	公立	• ROSA Surgical Assistant /2022年～	• 政府主導でロボット人工関節手術を導入
ラジャ・ブルマイザイナプ2世病院	公立	• ROSA Surgical Assistant /2022年～	• 政府主導でロボット人工関節手術を導入

(備考) 各種資料によりDBJ作成

## 5-5. マイクロサージャリーの可能性（補足）

### 補足：各国の取り組み

	日本	デンマーク	オーストラリア	マレーシア
政策動向 詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>医療機器産業のイノベーション創出と国際展開を促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界トップクラスのライフサイエンス輸出国・デジタルヘルス先進</li> <li>AI・量子技術の活用によるイノベーションを加速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スタートアップ支援策・R&amp;D税制優遇・医療産業集積（メルボルン）</li> <li>社会実装を加速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASEAN域内で医療機器生産・輸出拠点化</li> <li>アジアの医療機器ハブを目指すべき、開発・導入支援を促進</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>医療機器産業ビジョン2024でイノベーション・国際展開を明記</li> <li>産学官連携・規制改革も推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国策としてライフサイエンス・医療データ活用を推進</li> <li>2026年に「デジタルヘルス・デンマーク」発足予定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>連邦・州政府ともに医療・ライフサイエンス分野を重点産業に指定</li> <li>産学官連携、スタートアップ支援、R&amp;D税制優遇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新産業マスタープラン2030で医療機器産業の高度化・国際競争力強化</li> <li>医療ツーリズム推進</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>神戸医療産業都市、つくば、関西バイオクラスター等で産学官連携・イノベーション推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>オーデンセの世界有数のロボットクラスター・医療データ基盤を活用し、産学官連携でイノベーションを推進</li> <li>医療ロボティクス分野の研究開発が活発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メルボルンを中心に産学官連携、スタートアップ支援が活発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASEAN域内の医療機器生産・輸出拠点化を目指し、IMDEC（国際医療機器展示会）等で国際連携を強化</li> <li>新産業マスタープラン2030では、医療ロボット分野の強化を掲げる</li> </ul>
医療保険制度	公的医療保険 (国民皆保険)	公的医療保険 (National Health Service)	公的医療保険 (Medicare)	公的医療保険なし (公立と民間の二層構造)
人口*1	約1億2,000万人	約600万人	約2,700万人	約3,600万人
医療機器 輸出金額*2	約1.1兆円 (2023年)	約3.6兆円*3 (2023年)	約2,000億円 (2024年推定値)	約1.2兆円 (2024年)
医療機器 認証機関	PMDA (医薬品医療機器総合機構) および厚生労働省	DMA (Danish Medicines Agency)	TGA (Therapeutic Goods Administration)	MDA (Medical Device Authority)
医療機器規制・ 認証ほか	<ul style="list-style-type: none"> <li>厚生労働省とデンマーク保健省の間で、医薬品・医療機器の規制協力を含むMOU（覚書）締結</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EU MDR（欧州医療機器規則）準拠</li> <li>臨床の質が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EU MDR等と相互承認</li> <li>米国より臨床が安価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国・シンガポールとMOUを締結し、医療機器規制の相互認証、ASEAN域内規制調和に取り組む</li> </ul>

（備考）各種資料によりDBJ作成

\*1：2025年7月1日時点

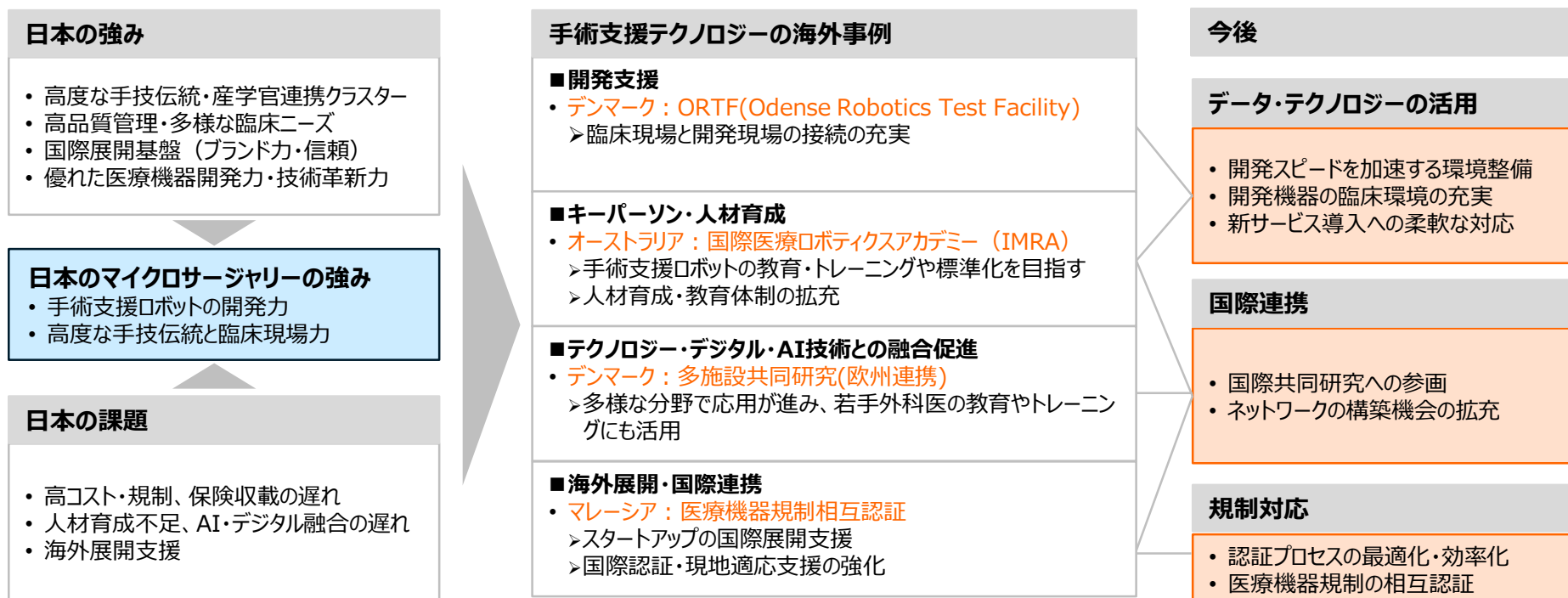
\*2：レートは該当年の年間平均で換算。医療機器の対象範囲は、各データソースの定義に基づく

\*3：ライフサイエンス産業の数値

## 5-6. マイクロサージャリーの日本の展望

- 日本はマイクロサージャリー分野において、長らく培われた熟練の手技や臨床現場力、手術支援ロボットの開発力・技術革新力といった強みを有している。
- 今後は、開発スピードを加速するため、開発環境の整備、臨床現場におけるデータやテクノロジーの活用、国際連携の強化などが重要となる。こうした取り組みにあたり、デンマークのORTFによる臨床と開発を結ぶ拠点づくり、オーストラリアの国際医療ロボティクスアカデミー（IMRA）による手術支援ロボットの教育・トレーニング体制の拡充、マレーシアの医療機器規制相互認証の取り組みなど、各国の先進事例は競争力強化の参考となる。

### マイクロサージャリーの日本の展望



# Disclaimer

---

**著作権 (C) Development Bank of Japan Inc. 2026**  
当資料は、株式会社日本政策投資銀行 (DBJ) により作成されたものです。

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引などを勧誘するものではありません。本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しましては、ご自身のご判断でなされますようお願いいたします。

本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要です。当行までご連絡ください。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず『出所：日本政策投資銀行』と明記してください。