中国におけるサービスロボットの2022年の状況

# 報告書の概要

**サービスロボット産業の市場規模は、AI技術の進歩や政府の好意的な政策により拡大しています。**

* 産業用ロボットとは異なり、サービスロボットは人手不足を解消し、生産性を向上させることができます。ロボット製造技術の反復と、SLAMや人間とロボットの相互作用などの人工知能技術の革新に基づき、サービスロボットは多くの文脈に適用されています。同時に、中国政府は、サービスロボット産業を支援するために有利な政策を導入し、成長しやすい環境を提供しています。

**サービスロボットの知能化が進めば進むほど、その活用シーンは多様化していきます。**

* 人工知能技術の進歩に伴い、サービスロボットは深層学習、機械視覚、意味理解、認知推論の分野で進歩した。破壊的技術に後押しされ、サービスロボットは床掃除、フードデリバリー、パーティー会場建設、行政事務、小売、物流、医療、教育、感情ケアなどのタスクを実行できるようになった（Cheng, 2019）。公共交通の現場、政府部門、小売自動車産業は、サービスロボットの新しい分野となった。

**サービスロボット産業は、需要の高度化、人間の代替、需要の開拓に対応するため、徐々に成長していくでしょう**。

* サービスロボットは、人間のサービスに対するニーズを満たし、サービスを提供することが原動力となる。ロボットの高度化・人間の代替についての教育コストの低さは、サービスロボットにとって最初に着手・検証する方向と考えられる。今ない需要を開拓する製品は個人の様々なニーズを満たすことになり、初期段階では多くの市場開拓が必要で、障壁は高いが、発展の可能性は抜群である（程、2019）。

# 目次

# ロボット産業の概要

### 1.1 ロボットの定義と分類

ロボットとは、作業を自動で行う機械群のことである。ロボットの分類については多くの議論があり、国際ロボット連盟（IFR）では、ロボットを用途に応じて産業用ロボットとサービス用ロボットに分類している。産業用ロボットは、人と機械の協働ロボットや産業用移動ロボットなど、生産工程やそれを取り巻く環境に適用されるロボットである。サービスロボットは、個人/家庭用サービスロボットや専門家向けサービスロボットなど、人間のニーズを満たすロボットである（Pineda & Meza, 2015）。

中国では、高所や水中、災害時など特殊なシーンで活躍するロボットが多いことから、ロボットを産業用、サービス用、特殊用に分類しています。その中で、サービスロボットはロボット分類の中で最も新しい区分である。サービスロボットは日常生活の中で広くサービス業務に応用されている。レジャーや娯楽、商業サービス、医療、農業、教育などの分野で様々な用途がある（CSTC, 2019）。

### 1.2 開発の歴史

**ロボットは、プログラム制御型、適応型、知能型の3つのステージで発展してきました。**

1860年代、「ロボット工学の父」と呼ばれるジョセフ・エンゲルベルガーがユニメーション社を設立し、世界初の産業用ロボットを開発した。現代のロボット産業はここから始まり、技術の進歩や市場の需要の変化に合わせて進化を続けてきた。商業サービスとしてのロボットの発展は、おおよそ3つの段階をたどった（Zhiganov, 2016）。

**プログラム制御型ロボット（第1段階）。**この初期の段階のロボットは、ワークフローに従ってスタッフがあらかじめ書いたプログラムに従って機能する。つまり、ロボットは人間の指導の下で対応する作業を完了し、すべての作業ステップを記憶・記録する「ティーチング・リプロダクション」によって機能する。その後、ロボットは同じ環境条件のもと、同じ工程・方法で作業を完了させる。プログラム制御ロボットは、ピッキング、配置、反転、アンマウント、組み立て、シェイクなどのプリセットプロセスを使用して、人間の動作機能をシミュレートすることができます。そのため、工作機械や生産ラインなどの工業生産において、設置、ハンドリング、梱包、機械加工作業などに広く利用されている。

しかし、この段階のロボットには顕著な限界がある。確立されたプロセスに従ってしか作業目標を達成することができず、状況の変化に柔軟に対応することができません。また、環境認識能力がないため、異常な状態をタイムリーに把握し、ワークフローを調整することができず、不確実で危険な事象を引き起こす可能性さえあります。

**適応型ロボット（ステージ2）。**適応型ロボットは、コンピュータによって制御されるセンサー装置を通して、環境を感知することができる。このロボットは、センサーを通じて動作環境や動作対象物に関する簡単な情報を得ることができる。そして、得られた情報をコンピュータが解析・処理し、ロボットの動作を制御する。

適応型ロボットは、すでにある程度の初歩的な知能を持ち、さまざまな環境変化に対応できるが、まだ完全な自律型ではなく、技術者の連携が必要である。

コーネル大学Creative Machines研究室室長のHod Lipson氏は、2015年2月にシリコンバレーで開催されたThe Big Talkで、同研究室の自己認識型適応ロボットを発表しました。特定の環境で自己学習させ、それに応じた評価とフィードバックを与えることで、模倣能力と直感的判断力を向上させ、情報の解析・処理能力と適応性を高めたロボットです。

フレクシブ社は、製造業、ヘルスケア、小売業などにおける複雑な作業を、極めて高いエラー許容度、強力な反干渉性、完全なジョブモビリティで実行するために設計された適応型ロボットとして、2019年にRizonを発表しました。フレクシブは、人間とロボットの相互作用や不確実な環境において安全な制御と操作を保証するために、新しいシャフトジョイント、ジョイントトルクコントローラ、独自の力覚センサー、階層型ロボット知能システムを開発しました。

Elephant Roboticsは、小型ながら多機能な協働ロボットアームを連ねた教育用ロボットとして、2020年にmyCobotを発売しました。ユーザーが産業用や医療用のアプリケーションを実現するのに役立ちます。myCobotシリーズのロボットアームは、使いやすさ、安全性、低騒音を実現します。人間とロボットの協働を可能にする、多くのオートメーション用途を迅速に開発できるため、高い競争力を持つ選択肢を提供します。安全性と費用対効果に優れ、ビジネスの効率性を高めます。

**知能型ロボット（第3ステージ）。**ロボット産業は現在、知的化の初期段階を迎えている。この段階のロボットは、主に3つの側面において、より人間に近い特徴を持つようになる。

1. **多様な知覚とインタラクション能力**知能ロボットは視覚、聴覚、触覚など様々な感覚システムを備えており、様々な方法で外部環境情報を取得し、その情報を処理することで、さらにロボットの行動に影響を与え、リアルタイムに外界と相互作用することができる。
2. **柔軟で独立した意思決定能力**知能ロボットの多くは、アルゴリズムを用いて意思決定を行う。外部環境の異なる入力に応じて、自動的に計算し、対応を生成し、行動を制御することができる。適応型ロボットと比較して、知能型ロボットはより複雑な環境をロボット自身で処理することができる。
3. **自己学習能力**深層学習や強化学習などの人工知能技術を応用することで、知能ロボットが学習し、最適化することが可能になります。訓練と学習を繰り返すことで、作業スキルを真に習得することができます。

AI技術の進歩に伴い、知能ロボットの自律性は常に向上しており、その用途は家庭の掃除や配膳から、プロのコンパニオンロボット、教育ロボット、リハビリテーションロボット、手術ロボット、ビジネス客の案内、あるいはパーティーを盛り上げるロボットへと広がっています。

例えば、米インテュイティブ・サージカル社（ISGR）の「ダ・ヴィンチ」は、現在世界で最も成功し、広く使われている手術用ロボットです。外科医は手術中に患者に触れる必要がありません。ロボットと手術器具は、3Dビジョンシステムとモーションキャリブレーションシステムの動作制御により、外科医の技術的な動きや手術の手順をシミュレートします。

Ali DamoのAIラボは、ビジネスシリーズ製品向けのサービスロボット2台も発売しました。その操作プロセスは、Tmall Elvesの音声システムとAlipayに接続されています。このようにして、音声決済ができるようになり、アリババのエコシステムと統合することによって、これらのサービスロボットの価値が向上している。

海外のネット企業もサービスロボット市場への参入を加速している。アマゾンは2021年に家庭用ロボットを発売した。さらにグーグルは、顧客が食べ物を注文するのを助けることができる知的サービス会話ボットを開発したと発表しています。グーグルが以前売却したボストンダイナミクスは、2020年に業務用サービスロボットを発売し、さらなる商業化の可能性を探っている。

Elephant Robotics社は、様々なサービス用途のニーズに対応できるコンパニオンロボット「MarsCat」と「Metacat」を発売しました。MarsCatは、世界初の家庭用バイオニックキャットです。ロボットペットとしての役割は、人々に驚きと喜び、そして安らぎを与えることです。MarsCatは、本物の猫と同じように完全な自律性を持っています。複雑な指示は必要ありません。また、反応も敏感で、繊細なインタラクションが可能です。触覚、音声認識、顔認識、そしておもちゃで遊ぶことができます。MarsCatは、目、体、性格など、ひとつひとつがユニークです。また、人の扱い方によって性格が変わります。また、クアッドコアのRaspberry Piを搭載しているので、プログラミングも素早くでき、無限の可能性を持っています。

MetaCatは、リアルなコンパニオンロボットであるペット猫として、ホンモノの猫そっくりの毛皮と滑らかで親しみやすい皮膚を備えています。また、AIを搭載しているため、本物の動物のように人と接することができます。Elephant Roboticsは、MetaCatを発売することで、人々にコンパニオン・ペットを提供し、孤独感を軽減させることを目的としています。MetaCatは、本物のペットの世話をすることができない高齢者や子供たちを特に対象としています。

### 1.3 サービスロボット普及のドライビングフォース

**サービスロボット産業は、サービスの価値、技術、政策に後押しされ、急成長しています。**

**1.サービスの価値：ロボットは優れたアプリケーションを実現し、需要を喚起し、産業の発展を促進する（Kuo、2017）。**

**生産性を解放する：**産業社会は、機械を使って生産性を高め、人間を骨の折れる手作業から解放する。インダストリー4.0の時代、インテリジェントマニュファクチャリングは世界の製造業発展の核となっている。ロボット産業は、伝統産業の高度化を促進し、人間の生産性をさらに向上させる上で重要な役割を担っています。

**生産性を向上させる：**高齢化の進展に伴い人件費が年々上昇し、中国の経済発展は労働力不足とコスト高という問題に直面しています。サービスロボットを広く活用することで、中国の人口不均衡がもたらす多くの社会問題を緩和することができます。

**人々の消費意欲に応える：**若い世代の消費者のインテリジェント製品への要求は、常にアップグレードされています。スマートフォンからインテリジェントウェア、インテリジェントホーム、インテリジェントカーまで、単純なツールアプリケーションから感情的なコミュニケーションや日常の伴侶まで、ロボットはますます人間の仕事と生活に溶け込んでいます。

**2.技術の進歩ロボット製造技術の反復開発と人工知能技術の多者間革新により、ロボットの知能程度が劇的に向上し、サービスロボットの幅広い応用が促進された。**

SLAM、サーボモーター、センサー、高度な複合材料などにより、ロボットは人間よりも鋭い感覚と運動システムを持つことができるようになりました。ロボットはより軽く、より正確で、より柔軟で、より安全なものとなっている。表1は、複雑な環境に対するロボットの適応性を向上させる関連技術を示したものである。

人工知能インタラクション技術の漸進的な成熟により、ロボットは基本的な言語と画像認識能力、感情コミュニケーション、強力な論理演算能力を持つことができるようになった。ロボットは自立した「思考」の知的化段階に入り、多くの面で徐々に人間に近づき、あるいは人間を凌駕して、幅広い用途で仕事をこなすことができるようになった。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **知覚・感性** | **モーションコントロール** | **ヒューマンマシンインタラクション** |
| スラム  センサー  ライダー  ミリ波レーダー  光学カメラ  GPS  超音波センサー  ジャイロスコープ | 流体・モーター制御  アーム  コントロールセンサー  サーボ  減速機  AIチップ | エーアイティー  海難救助  セマンティクス理解  セマンティック合成  画像認識  ディープラーニング  基本計算 |

表1:ロボティクス関連技術

例えば、Elephant Robotics社のモバイル複合ロボットMyAGVは、多くのアプリケーションでこれらの技術の利用を検証しています。このロボットは、メカナムホイール、ライダー、高精度カメラを使用し、複雑な環境への適応能力を大幅に向上させました。MyAGVはアイ・イン・ハンドデザインを採用しており、識別や把持のためにさまざまなアクセサリーと組み合わせることができます。また、SLAMライダーナビゲーションにより、リアルタイムの移動とマッピングを実現することができます。

**3.政府の政策世界はロボット開発の黄金時代に突入した。中国政府は、強い製造業の国づくりを加速させることを提案している。**

2015年5月8日、国務院は、中国を30年の努力によって世界の製造業の発展をリードする製造大国とするための戦略「中国における製造2025」を発表しました。

2016年、工業情報化部、国家発展改革委員会、財政部が共同で発表した「ロボット産業発展計画（2016-2020）」では、中国における比較的完全なロボット産業システムを形成するために、5年間の投資を行うことが呼びかけられました。

2017年の中国共産党第19回全国代表大会の報告書では、中国を製造強国とし、先進的な製造業を発展させるための取り組みを加速させることが指摘された。そして、政府は新世代の人工知能「インテリジェンス＋」を育成する3年間の行動計画（2018～2020年）を発表した。同計画は、高齢者介護、リハビリ、補助、児童教育、火災救助などの公共サービスでのロボット利用を促進することを目的としている。

## 1.4 市場規模

**世界のロボット産業は、中国を中心に急成長しています。**

**ロボット産業の重要な一翼を担うサービスロボットは、知的化・応用価値の継続的な向上により、世界市場で急速に発展しています。**

2016年以降、世界のサービスロボット市場の年平均成長率は23.8％に達しています。IFRと中国電子学会によると、2016年から2021年までの平均成長率は11.5%です。2021年、国際サービスロボット市場は111億ドルに達し、2022年には120億ドルに成長すると予測されています。世界のロボット市場は、2020年に250億ドル以上となった。その内訳は、産業用ロボットが144億9000万ドル、サービスロボットが125億2000万ドル、特殊ロボットが65億7000万ドルである。(中国電子学会、2021年)

中国は、世界最大級のロボット市場として、中国の政策、技術、市場の需要などの複合的な刺激を受けて急速に発展している（IFR, 2020）。

## 1.5 資本分析

**ロボットへの投資は合理的になりつつあり、投資家はコアテクノロジーメーカーを好んでいる。**

ロボット産業のプロジェクトが増加している。2019年7月26日のJingdata.comによると、産業用ロボットプロジェクト524件、サービスロボット465件、特殊ロボット67件、その他ロボット部品、アルゴリズム、システムインテグレーターなどのハード・ソフト提供者からなるロボット関連プロジェクトは合計1589件（UAVを除く）であった。

2019年、資本市場が冷え込む中、ロボット産業への投資はより合理的になった。投資家は、コア部品、AIチップ、人工知能対話技術など、産業チェーンのコア技術メーカーに傾倒している。重要な融資は、明確なアプリケーションまたはコア技術を持つ完全なロボット製造に焦点を当てています。 2019年、ロボット分野の計98社が約438億元の融資を受け、表2に示すように、ほとんどがサービスロボット向けであった。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **しっかりした** | **資金調達ラウンド** | **資金調達額** | **資金調達時期** | **エリア** |
| ロボシア | B | 数千万人民元 | 2019年5月 | 水中ロボット |
| ホライゾン ロボティクス | B | 600百万米ドル | 2019年2月 | AIソリューションプロバイダー |
| ギークプラス | C | 非開示 | 2019年7月 | 物流ロボット |
| Elephant Robotics | B | 非開示 | 2019年12月 | 協働ロボット |

表2:サービスロボット分野での大型融資イベント

# 産業チェーンの分析

## 2.1 ロボットサービスのエコシステム

サービスロボットのサービスエコシステムは、コアとなるハードウェアサプライヤー（チップ、コントローラ、サーボ、センサー）、ソフトウェアまたはプログラムインテグレーター（SLAM、ロボットバージョン、言語インタラクション、クラウドプラットフォーム）、ロボットメーカーで構成されています。ロボットは通常、以下の図1に示すように、自己管理および代理店を含む販売チャネルを通じて市場で販売される。

|  |  |
| --- | --- |
| descriptdescript | descriptdescript |

**販売チャネル**

**↑**

|  |
| --- |
| descriptdescriptdescriptdescriptdescript  descriptdescriptdescriptdescriptdescript |

**ロボット**メーカー

↑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| descriptdescriptdescript |  | descriptdescriptdescript |
| descriptdescript | descriptdescript |
| descriptdescriptdescript | descriptdescript |
| descriptdescript | descriptdescript |
| descriptdescript | descriptdescriptdescript |

**コア・ハードウェア ソフトウェア/プログラム・インテグレーター**

図1：ロボットのエコシステム

## 2.2 インダストリー・チェーン分析

**サービスロボットの産業チェーンは複雑で、技術が核となり、用途も多様です。**

全体として、中国のサービスロボット産業のサプライチェーンは比較的成熟している。技術の商業化の需要に後押しされ、ますます多くの企業がサービスロボット産業に参加し、重要な技術・ソリューションプロバイダーとなった（Karabegović, 2017）。産業の精緻化の進展に伴い、分業はますます高度化し、サプライチェーンはより複雑になっている（Cheng, 2019）。

サービスロボットのコアとなるハードウェアには、サーボモーター、チップ、コントローラー、減速機、各種センサー、その他動作制御を担う部品、基本演算、環境認識、バッテリー、電源、メモリーなどの標準部品が含まれています。ABB、NVIDIA、Elephant Robotics、Panasonicは、ロボット工学の主要なハードウェアサプライヤーである。

ソフトウェアまたはプログラムソリューションインテグレータは、サービスロボット産業向けにソフトウェア、アルゴリズム、技術ソリューション（SLAMやロボットビジョン、言語インタラクション技術、ロボットオペレーティングシステムやソフトウェアアプリケーション、クラウドサービスなど）を提供します。ソフトウェアまたはソリューションプロバイダーは、外部環境の認識、人間とロボットの相互作用、意思決定、実用的な問題解決を含むサービスロボットの機能を開発し、さらに向上させるための主要なリンクである。

ロボットメーカーは、主にソフトバンク、Elephant Robotics、バイドゥ、グーグルなどで構成されています。現在、ロボットメーカーが中心となって、サービスロボットの実用化を推進し、人間の生活を支える多様なアプリケーションでの利用価値を探っている。

### 2.2.1 コアハードウェア

**中国のサーボの自主研究開発能力が向上し、中国ブランドが台頭してきた。**

サーボはサーボモータとも呼ばれ、電気機械統合部品であり、モータ、コントローラ、センサ、減速機などのユニットを統合したロボットの動作制御の中核部品である。サーボは、ロボットの実際の環境制御指示に応じて、コントローラを介してモータや減速機を駆動し、トルクや速度を拡大・変化・調整して、ロボットの移動方向、運動状態、位置精度を柔軟に制御する。サーボは一般にロボットの関節の「筋肉」に例えられ、ロボットの関節の動きを駆動・制御する。関節の数が多ければ多いほど、ロボットの運動性能は向上します。サーボを多用すればするほど、必要なトルクは高くなる。

過去、サーボ分野では外資系企業が主導権を握り、中国のロボット産業発展のボトルネックになっていた。現在、中国のサーボ市場における中国ブランドの浸透率はわずか20％であり、市場シェアの大半を外資系ブランドが占めている。その中でも、シーメンスとボッシュ・レックスロスが主要なプレーヤーである。中小型サーボ市場では、パナソニック、安川電機、三菱電機をはじめとする日本ブランドが重要な位置を占めている。中国ブランドでは、HuichuanとEstonがリーダーであり、合計で約6％の市場シェアを持っています。

中国ブランドの自主的な研究開発による技術的ブレークスルーにより、このサーボ市場の海外支配は侵食されつつある。第一に、「中国製造2025」戦略により、サーボシステムの開発に政策的支援と財政的補助が提供された。第二に、産業用・サービス用ロボット産業の爆発的な発展が、川下のアプリケーションを拡大し、サーボの需要を拡大した。海外ブランドと比較すると、中国のサーボ製品は明らかな価格優位性を持っている。中国ブランドは日本ブランドと比較して平均15％、欧米ブランドと比較して30％の価格優位性を持っている。その経済性とアプリケーションの普遍性を追求することができる。最後に、中国ブランドと海外ブランドの技術格差は徐々に狭まってきている。現在、中国ブランドは日常使用の70%から80%のニーズを満たすことができ、中国製品ブランドは技術のブレークスルーを求めて研究開発の努力をさらに続けている。

技術的なブレークスルーは、関連企業がロボット産業の競争において先行者利益を得ることを可能にするだけでなく、中国のサービスロボットの市場応用のプロセスをさらに加速させる（鄭、2016年）。

**チップは、ロボットの基本演算やコマンド制御に使われ、開発の初期段階にある。**

チップはサービスロボットのもう一つの主要なハードウェアであり、データ計算とコマンド配信を担当する。応用範囲から、市場にある可視化機械チップは普遍的なチップと専用チップに分けられる。汎用チップは、CPU、GPU、FPGAなど、コンピュータ、ロボット、インテリジェントデバイスなどの分野で使用することができる。専用チップはAIコンピューティング用に設計されたチップで、カンブリアン1(Cho, 2020)などのAIチップとも呼ばれる。

汎用チップは，効率が悪く消費電力が大きいため，サービスロボットのディープニューラルネットワークの計算には複雑だが，携帯性・柔軟性は良い。特殊なチップは、効率が高く、消費電力も少ないが、携帯性と柔軟性に劣る。

機能については、AIチップは主に訓練と推論をサポートするために使用されます。訓練は、大量のデータを使って、特定の機能を持つようにアルゴリズムを学習させる。推論とは、様々な結論から導き出される計算によって、新しいデータの条件下で訓練されたモデルを使用することです。訓練と推論は、ほとんどのAIシステムにおいて比較的別々のプロセスであり、異なるチップを必要とします（Cho, 2020）。

学習で処理するデータ量は多く、状況も複雑であるため、チップの高い計算能力と精度が求められる。現状では、トレーニングは主にクラウドサーバーに集約されています。また、学習過程には様々な複雑なアプリケーションが含まれる可能性があるため、それをサポートする一定の汎用的な機能が必要となります。一方、推論は、演算性能、精度、汎用性などの要求が低く、特定のアプリケーションのタスクをこなす必要があり、一般に端末で行われる。したがって、ユーザーエクスペリエンスの最適化により注意を払う必要がある。

技術的な枠組みとしては、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）、FPGA（Field-Programmable Gate Array）、CPU（Central Processing Unit）、脳型チップに分類される。表3は、これら3つのAIチップの関連情報である。人工知能の応用において、深層学習アルゴリズムは、膨大なデータの高速通信、専用の演算能力、非構造化データの処理の3つがチップの性能に要求されます。GPU、FPGA、ASICなどのAIチップは、それぞれの利点を生かし、クラウドやエッジエンドで優れた性能を発揮し、広く応用されている。技術動向の観点からは、短期的にはGPUが依然としてAIチップの主流であり、長期的にはGPU、FPGA、ASICが並列傾向を示すと思われます。脳型チップは人工知能の最終的な開発モードだが、産業化にはまだ程遠い。市場動向としては、AIチップの世界需要は急成長を維持し、今後5年間の市場成長率は50％近くになると予想される。中国ではチップ技術に大きな差がありますが、AIアプリケーションの実装が急速に進むため、AIチップの需要はより急速に拡大すると思われます。

世界のAI産業は急成長しており、AIチップの需要も高まっています。ガートナーの最新統計によると、世界のAIチップ市場は2018年に42億7000万ドルに達し、2023年には323億ドルに達すると予想されています（Zheng, 2016）。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **種類** | **GPU** | **FPGA** | **エーシック** | **脳型チップ** |
| 商品説明 | 単一命令、複数データ処理、多数の演算ユニットと超長パイプラインの使用、主に画像分野の演算高速化で使用される | マルチ命令、特異データフロー解析に最適 | 特定の機能に合わせてカスタマイズされた専用AIチップ | 知覚、行動、思考する人間の脳機能をシミュレートする。 |
| 特徴 | 汎用性、高い演算性能、高い消費電力 | プログラマブル、消費電力、汎用性は普通です。 | カスタマイズ可能、安定した性能、平均消費電力 | 低消費電力、高速応答、初期段階において |
| 事例紹介 | AMD、Intel、NVIDIA | 瀋健科技 | BITMAIN、Google、Horizon | IBM、ウエストウェル |

表3：チップ情報

**巨大企業のチップは、ロボットをはじめとする知的製造業を基本的に支えています。**

近年、中国と海外の技術系企業はチップ分野のレイアウトで競争しており、伝統的なチップメーカー、インターネット大手、インテリジェントメーカーなどがある。全体的な競争については、欧米、韓国、日本が引き続き市場をリードし、ミドルエンドとハイエンドのクラウドチップを独占している。中国企業も進歩はしているが、主に周辺に集中しており、クラウド格差が顕著である。しかし、ほとんどの中国チップの研究開発はまだ初期段階にあり、重要な第一歩を踏み出し、ロボット産業の発展のために良い基礎を築いている。表4は、いくつかのチップと企業の製品ニュースと発売日を示したものである。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **種類** | **しっかりした** | **製品ニュース** |
| 従来のチップメーカー | インテル | 2017年8月VPU「Movidius aMyriad X」の販売を開始  2017年9月自律神経チップの販売を開始 |
| エヌビディア | 2017年5月GPU Votta」を発売  2018年1月Jetson Xavier（ジェットソン・ザビエル）」の発売を開始 |
| コミュニケーションテクノロジー株式会社 | 華為技術（HUAWEI | 2018年8月に"キリン980 "を発売 |
| アップル | 2018年9月A12 Bionicを搭載した新商品を発売 |
| インターネットジャイアンツ | バイドゥ | 2018年7月AIチップ "Kunlun "の販売を開始 |
| グーグル | 2018年5月TPU3.0を発売 |
| スタートアップ | ビットマイン | 2018年10月にAIチップ「BM1682」とプロデューサー「BM1880」の発売を開始 |
| ホライゾン ロボティクス | 2018年4月"Journey2.0 "を発売。 |
| キャンブリコン | 2018年5月AIチップ "MLU100 "の販売を開始 |

表4：チップの発売日

ロボットチップには、強固な演算能力、判断能力、実行能力が必要です。クアルコム、インテル、NVIDIAなどの海外メーカーは、ロボットチップを積極的に展開している。同時に、Rockchip社、ALLWINNER社、ACTS社などの中国企業も、彼らと歩調を合わせるように懸命に努力しています。Rockchip社のRK3399とRV1108チップは、サービスロボットに使われている（Zheng, 2016）。

### 2.2.2 ソフトウェアまたはプログラムソリューションインテグレータ

**SLAMは、ロボットのナビゲーションとポジショニングの問題を解決します。マルチセンサーフュージョンが業界のトレンドです。**

**SLAM：Simultaneous Localization and Mappingの略。**SLAMは、仮想環境におけるロボットの定位と動作のナビゲーションの問題を解決する。ロボットを未知の環境に置き、移動しながら環境の完全な地図を描き、障害物を回避し、実際の状況に応じて移動経路を計画することができるようになります。

SLAMのセンサーは主にレーザーとカメラで、業界ではSLAMをレーザーSLAMとビジュアルSLAMに分類しています。現在、レーザーSLAMの方が成熟し安定しており、業界の主流となっているアプリケーションです。ビジュアルSLAMは、近年、業界の研究開発の焦点となっていますが、どちらのアプリケーションにもいくつかの欠陥があります。一部の業界企業は、補完的な利点の観点から、マルチセンサー融合SLAM技術の研究開発に着手しています。マルチセンサフュージョンは徐々に業界の発展トレンドになりつつある。表 5 はその相対的な長所と短所に関する詳細な情報を示している。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **メリット／デメリット** | **レーザーSLAM** | **ビジュアルSLAM** |
| メリット | 高い信頼性と成熟した技術 | シンプルな構造、多様な設置方法 |
| 直感的に描画でき、高精度で累積誤差がない。 | センサー検出の制約がなく、低コスト |
| 地図はパスプランニングに使用することができます | 意味情報を抽出することができる |
| デメリット | レーダー探知範囲による制限 | 環境光の影響を受けやすく、暗い（テクスチャーのない）環境では動作しない。 |
| インストールには構造的な要件がある | 計算負荷が大きいため、構築した地図そのものを直接、進路計画やナビゲーションに利用することは難しい |
| 地図に意味情報がない | センサーの動的性能の向上が必要であり、地図作成に累積的な誤差が発生する。 |

表5：レーザーSLAMとビジュアルSLAMの相対的なメリットとデメリット

**SLAMは市場の要求の変化に合わせて継続的に発展していますが、業界全体が十分に成熟しているとは言えません。**

SLAM技術が徐々に成熟していくことは、サービスロボットの応用価値を向上させるための基礎となる。サービスロボット製品に対する市場の要求が絶えず改善されるのに伴い、SLAM技術も常に適応し、アップグレードしていかなければなりません。使いやすさ、高精度、安定した性能は、SLAM産業が目指すところです。

ロボット産業チェーンの中で、SLAM技術を提供する企業は大きく2つに分かれる。1つはナビゲーションとポジショニングのモジュールを提供する企業で、もう1つはロボットメーカーが自己使用型SLAMを開発するものである。全体として、中国のロボット産業におけるSLAM技術は十分に成熟しておらず、精度と性能の安定性においてさらなる発展が必要である。表6は、ロボット分野におけるいくつかの中国企業の基本情報と技術的特徴を示したものである。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **企業名** | **基本的な状態** | **技術的特徴** |
| Boocax | 2014年に設立された、ロボティクス、センサー、ポジショニング・ナビゲーションソリューションを専門とする会社 | 主にLiDARを使用し、UWB（超広帯域技術）、超音波、赤外線を組み合わせて測位を実現し、マルチセンサー情報融合技術により、測位、ナビゲーション、パスプランニングを実現するものである。 |
| Sugan Tech | 2014年に設立されたロボットビジョンソリューション | VSLAMアルゴリズムは、様々なセンサー（ライダー、慣性計測ユニット、走行距離計、超音波など）を統合し、安定かつ正確な位置・姿勢情報を得ることができ、ロボットなどの知的デバイスが3次元空間環境情報を得るのに役立ち、自律移動、経路計画、シーン理解などの能力を持つことができる。 |
| Gaoxian Robotics | 2013年に設立された、ロボットナビゲーション・ポジショニングシステム開発会社 | レーザーとビジュアルのSLAM技術を統合し、ホームサービスロボット、清掃ロボット、セキュリティパトロールロボットなどのサービスロボットを提供しています。 |
| Linkmiao | 2015年に設立され、屋内外のモジュラー型レーザーSLAM自律測位・ナビゲーションシステムソリューションを提供している | 主力製品であるNavI-Box（自律航法BOX）は、主に移動体ロボット分野 |
| SLAMTEC | 2013年に設立され、主な事業はレーザーレーダー、すなわちモジュラーセルフアクティブ測位とナビゲーションのソリューションです | SLAMWAREは、BASIC LIdar SLAMと関連するパスプランニング機能を統合した、単一モジュールのロボット用自律位置ナビゲーションシステムです。 |
| Elephant Robotics | 2016年に設立され、人工知能やロボティクスの技術、製品、ソリューションサービスを提供しています | SLAMレーザーレーダーによるリアルタイム移動とマッピング、自律航行を実現するmyAGVキットを販売開始 |

表 6:中国企業数社の基本状態と技術的特徴

**完全なSLAMデータベースを所有することで、技術系企業の競争力が大幅に向上する**

Apple、Google、Facebookは、SLAM技術に多額の投資を行っており、ロボットに視覚的な入力を与えることで、より敏感に、より正確に周囲を把握することができるようになります。SLAMは、ロボット工学、自律走行、VR/ARなど、様々な分野で活用することができます。多くの応用分野では、SLAMデータベースをサポートとして利用し、技術と環境を密接に組み合わせ、常に更新・反復して最大限の効果を発揮させることが必要です。SLAMデータベースを完備することで、テクノロジー企業の競争力を大幅に高めることができると考えています。例えば、Facebookは膨大なユーザーデータとコミュニティの力を使って、画像を解析し、ユーザーの画像がどこで撮影されたのかフラグを立てることができます。グーグルは、スマートグラスのカメラの位置を分析することで、ユーザーに正確に広告を提示することができます。

Googleは現在、Project Tangoを通じてSLAMを実装し、Lenovoのような企業と協力しています。Tangoは2つのカメラを使って奥行きと文脈を感知するため、より価値が高い。Appleは2015年にドイツのAR企業Metaioから重要なSLAM技術を取得したことを基にARKitを開発した。スナップは、GPSデータとSLAMマッピングを組み合わせて、関連するARコンテンツを現実世界に投影する技術に関する新しい特許を申請している。

Watch SLAM（2015年発売）は中国初の国産SLAMシステムであり、Metaioと13th Labが相次いで買収されて以来、世界でも数少ない市販のSLAMシステムの一つとなっています。また、百度はAI研究の中核にSLAM技術を組み込んでいます。LenovoもWikitudeと共同で、SLAMデータベース「Augmented Human Cloud」を開発している（Shukla, 2020）。

2021年、Elephant Robotics社は、SLAMを応用した世界最小の6自由度複合ロボットmyAGVを発売し、リアルタイムな移動とマッピング、自律航法、正確な位置決めを可能にした。

**Robot Visionは、ロボットに世界を知覚・認識する能力を与える**

**ロボットビジョン：**ロボットが世界を「見て」、物体を「認識」することを可能にします。ロボットビジョンは、部品検出、品質選別、光学文字認識、画像認識、顔認識、三次元空間認識など、自然空間を認識・識別するための様々な方法が含まれる。サービスロボットにおいて、一般的に使用されるロボットビジョン技術は、環境認識、3次元空間再構成、物体・画像認識に大別される（Zhang, 2022)

**環境認識：**ロボットは、周囲の環境や物体の空間的な位置、形状、輪郭、大きさ、色、明るさなどの情報を収集し、処理する。レーザー、レーダー、赤外線などのセンサーとインテリジェントカメラを組み合わせて、情報をデータ化し、機械が計算することで、ロボットが世界を認識できるようにします。

**三次元空間の再構築:**収集した空間環境や物体データをコンピュータで処理・計算し、機械が認識・読み取り可能な3次元モデルを構築し、ロボットの意思決定や指示、行動計画などの「ガイド」に利用する（Malik, 2019）。

**顔・物体認識:**ロボットが顔や物体の特徴から個人差を識別する能力のことです。例えば、挨拶ロボットは、お客様の性別、年齢、歩き方、姿勢、服装の特徴などの基本情報を識別し、パーソナライズされた挨拶を提供することができます。

**ロボットビジョン市場は広範であり、まだ混沌としている。中国と国際企業は市場での位置確保を加速している**

ロボットビジョンは、人工知能、画像処理、信号、センシング技術などを含む総合的な応用技術である。近年、人工知能産業の発展に伴い、ロボットビジョン関連技術は顔・物体認識分野を中心に急速に発展している。基礎技術は比較的成熟しており、市場開拓のピークを迎えている。

現在、中国はロボットビジョンの分野で最も活発なプレイヤーのひとつとなりつつあり、その応用範囲は半導体や家電、自動車製造、太陽光発電半導体、ロボットなど、国民経済の各分野に及んでいます。中国ロボットビジョン産業連盟の統計によると、2015年から2018年にかけてロボットビジョン産業は増殖し、年平均成長率は35％以上となった。

中国には200社以上の国際的なロボットビジョン企業や現地企業、300社の製品代理店、70社以上の専門的なロボットビジョンシステムインテグレーターが存在します。その数は現在も年間20％の割合で増加している。増加傾向は明らかであるが、競争の点から見ると、中国企業は主にシステムインテグレーターである。同時に、コアコンポーネントを独自に研究開発する外資系企業が技術的に優位にある。ハイエンドバリュー市場のほぼすべてを、COGNEX、KEYENCE、HEXAGONなどの国際企業が占めている。中国にはまだ支配的な地位を占めるリーディング企業は存在しない。中国ロボットビジョン産業連盟の調査によると、2017年の中国ロボットビジョン企業の平均売上高は約7269万元で、1億以上の企業の年間売上高は16.5％を占めるに過ぎない。

世界のインターネットおよび半導体企業は、ビジョン技術の開発とインテリジェントな画像処理での競争を繰り広げています。インテルは、電子知覚と画像理解能力を強化するためにItseezとMovidiusを買収しました。グーグルは産業用ロボットの3D視覚認識技術を補完するため、industrial perceptionを買収した。フェイスブックとグーグルは、ロシアのコンピュータビジョン企業であるVisionLabsと提携し、共通のオープンソースコンピュータビジョン開発プラットフォームを開発しました。

**言語対話に基づくロボットインタラクション技術は広く普及しているが、改良の必要あり**

インタラクション技術は、ロボットとの親和性や応用価値を高め、ロボットを人間の特性に近づけるためのコア技術の一つである。視覚的インタラクションに加え、言語インタラクション（音声や文字によるインタラクション）も広く使われているロボットのインタラクション技術です。市場にあるほとんどのサービスロボットは、言語インタラクションが可能です。さらに、触覚インタラクションは、タッチスクリーンから、より広い範囲の電子皮膚へと徐々に拡大している（Sheridan, 2016）。

**言語インタラクション:**音声認識、意味理解、音声生成などの自然言語処理技術により、ロボットは人間の言葉を理解し、簡単な言語コミュニケーションを行うことができる。言語対話技術は近年急速に発展しており、業界では一般的に推進されています。2018年6月のiFlytek社の発表によると、音声認識精度は98%に近く、ロボットが人間の言葉を理解するための基盤となっています。また、意味理解、言語合成、パーソナライズコーパスを用いて、専門的な質問応答システムを構築することも、人工知能研究の重要な分野となっています。近年、知的な顧客サービスにおける言語インタラクションは徐々に改善されてきている。中国における言語インタラクション技術の発展は正しい軌道に乗ったが、まだ多くの欠点がある。例えば、連続通信、ノイズの影響、遠距離識別など、業界に広く関わる問題はまだ解決されていない。中国の言語インタラクション技術は、まだまだ改良が必要です。

**触覚的なインタラクション:**このインタラクションは2種類に分けることができます。一つは、タッチスクリーンを通してロボットと対話するもので、よりユーザーの実際の使用習慣に沿ったものであり、言語や視覚的な対話の補完にもなるものです。もうひとつは、ロボットの電子皮膚とあらゆる種類のセンサーによって、ロボットが周囲の環境を感知して反応できるようにするものです。

言語インタラクションの分野では、Google、Apple、Microsoft、Amazonの4社が国際的なマーケットリーダーの巨頭である。2011年、グーグルは音声コミュニケーション技術のSayNowと、音声合成技術のPhonetic Artsを買収した。2014年には、SR Tech Groupから複数の音声認識関連特許を取得した。また、Googleは音声認識APIを開放し、80以上の言語でのリアルタイム音声認識・翻訳アプリケーションに対応している。アップルは、Siri、Novauris、VocalIQといった音声技術企業を買収することで、ニューラルネットワークアルゴリズムに基づく音声認識機能を強化し、音声アシスタントであるSiriに大きなエコシステムを構築している。マイクロソフトは、カナダのAI企業Maluubaを買収することでCortanaの機械読み書きの機能を追加し、Windows 10をベースにさらにシェアを拡大した。アマゾンは、人工知能音声アシスタントAlexaを開放し、サードパーティの開発者がプラットフォーム上で音声ベースの技術を改善できるようにし、アマゾンのスマートスピーカーEchoの普及につながった機能を追加した。

中国企業も言語インタラクションの分野で躍進している。iFlytekは、方言認識、マイクアレイ遠距離音拾得、音声覚醒、多ラウンド対話などの技術と、統一インターフェースインタラクションに基づく各種インテリジェントハードウェアを組み合わせて、ユーザーに異なるコンテンツとシナリオのインタラクティブサービスを提供できる、インテリジェントな人間とロボットのインタラクティブサービス、AIUIを新たに発表している。

**サービスロボットのOSは、複数のトレンドに向かって発展している。中国ブランドが徐々に市場に参入している。**

ロボットオペレーティングシステムは、ロボットのハードウェアとリソースを管理するための統合ソフトウェアプラットフォームであり、ロボットプログラマがこのプラットフォームを使用してロボットソフトウェアを開発することを可能にします。現在、主流のロボットOSは、ROS、Android、ROSA、Turin Robot operating system Turning OSなど、Linuxカーネル開発をベースとしたものがほとんどです。また、マイクロソフト社は、主に医療用ロボットで使用されるWindows上に「ROS for Windows」を開発しています。

**ROS：**ROSは、ロボット専用に設計されたオープンソースのオペレーティングシステムです。2007年にスタンフォード大学のAIラボとロボット企業のWillow GarageがロボットプロジェクトのためにROSのプロトタイプを開発しました。数年の開発期間を経て、ROSはニッチなOSから国際的に主流のロボットOSの1つに成長しました（Joseph, 2018）。

**Android:**Androidは、携帯電話のOSとして最も一般的であり、ロボット用OSの主流となっているOSの一つです。ソフトバンクのロボット「Pepper」をはじめ、現在のコンシューマー向けロボットのほとんどはAndroidシステムを採用しています。スマートフォンの普及によりAndroid市場が成熟してきたため、複数のロボットメーカーがAndroidシステムを採用しています。

サービスロボットのOSは、全体として従来のオープンソースシステムが市場の主流を占めています。また、様々なメーカーがそれぞれの分野の実際のニーズに合わせてOSの研究開発に投資している。市場には複数の製品が存在する。しかし、製品が分散しているため、業界全体の標準が確立されず、ユーザーや開発者に不便を強いている。今後、標準的なオペレーティングシステムが市場に出てくるかどうかは、議論の分かれるところだろう。

### 2.2.3 ロボットのアプリケーション

**サービスロボットの知能レベルが大幅に向上したことは、ロボットアプリケーションの構築を加速した。**

人工知能技術の絶え間ない発展により、サービスロボットは深層学習、ロボットビジョン、意味理解、認知推論などの面で大きな進歩を遂げました。その知能レベルは著しく向上しています。技術に後押しされ、サービスロボットの製品タイプも徐々に充実し、複数の用途に浸透している。最初に市場に投入されたフードデリバリーロボットは、パーティー建設、行政事務、教育、小売、物流、医療、感情ケアなど、他の用途に拡大している。

政府ロボットは、共産主義の基本的な理論、例えば党の歴史や政策などを簡単に紹介します。また、この機械は人型に設計されており、実際の人間のように振る舞い、動きます。途中の障害物を避け、人間と普通に会話をすることができます。役所や病院、銀行などでのサービスにも利用できます。しかし、その最も重要な目的は、中国共産党のイデオロギーを広めることです。党建設カレンダー、党建設カリキュラム、党務相談、党員宣誓、党史紹介、展示場見学ガイド、党精神教育などの機能を備えています。さらに、この種のロボットは、上記の機能を実現するためにAIが操作を支援し、クラウドサービスとの接続も可能です。これらの政府ロボットの70％は案内役であり、作業工程の簡素化、労働力のコスト削減、作業効率の向上、ロボット知能の発展を推進できる（Jingdata、2022年）。

教育用ロボットは、教育分野におけるロボットアプリケーションの代表格であり、人工知能、音声認識、バイオニックテクノロジーを教育に応用した代表的なものである。教育用ロボットは、小型・軽量で、広く使用され、費用対効果に優れています。教育用ロボットは小型、軽量で広く利用され、費用対効果も高いため、生徒の科学的リテラシーの育成・向上や、生徒の革新的意識・創造的思考の育成に積極的な役割を果たすことができる。

小売店用ロボットは、その対話型サービスシステムのユニークな利点を活かし、販売員のパフォーマンスのばらつきといった小売店における問題に対して新しい解決策を提供します。同時に、ロボットの斬新な販売形態は消費者を楽しませ、消費者のためのセルフサービス型消費アプリケーションも提供します。

電子商取引の急速な発展に伴い、中国の物流産業は労働集約型から技術集約型産業へと移行しています。この転換に伴い、アップグレード、ハンドリング、スタッキング、ソート機能が進化しています。物流ロボットは一般的に自動航行機能を持ち、棚間を移動し、システムの指示により商品を識別して棚から取り出し、商品と商品棚を宅配便側に搬送し、宅配便の処理と仕分けを補助し、物流効率を大幅に改善し、倉庫面積を節約することができる。

医療用ロボットは、医療機関専用の検査・治療用ロボットであり、高い障壁と高い付加価値を持つ特徴があります。現在、医療用ロボットは主に患者の救助、搬送、手術、リハビリテーションの用途で使用されている。手術用ロボットは、主に腹腔鏡手術、整形外科手術、脳神経外科手術に使用されています。医療ロボットは、正確な位置決め、繊細な動き、器用な操作、手術の傷が小さい、疲れないなどの利点から、心臓、胆嚢、脊椎などの外科手術に適用されています。

感情コンパニオンロボットは一般に擬人化された特性を持ち、家族のメンバーを積極的に識別し、能動的に会話を始め、画像を撮影して送信し、口頭または音声で対話し、感情的なフィードバックを提供することが可能である。また、これらのロボットは、高齢者やティーンエイジャーに感情的なコミュニケーションやコンパニオンを提供することができる（Bogue, 2020）。

**物流・保管分野の人型ロボットは急速に発展する。**

ヒューマノイドロボットとは、人体に似た形状のロボットを指します。人間の道具や環境と相互作用するなどの機能的な目的、二足歩行運動の研究などの実験的な目的、あるいはその他の目的で設計されることがある。 技術の進歩に伴い、人型ロボットの能力は向上し、徐々に市場に認知され、受け入れられ、より多くの分野で活躍するようになりました。2017年、トヨタ自動車株式会社は、家庭や医療機関など様々な環境において、生活を安全にサポートするコンパニオンロボットとして位置づけられるヒューマノイドロボット「T-HR3」を発売しました。より穏やかで柔軟な動きを完成させることができ、さまざまなポーズで全身のバランスをとることができます。ボストンダイナミクス社の人型ロボット「アトラス」は、すでに地面に落下して上昇する機能や、宙返りの後に連続的にバウンドする機能などを備えています。より強固な知覚と意思決定システムにより、ロボットの行動能力はますます人間に近づいています。

Elephant Robotics社のmyBuddyは、主に家庭や教育現場で使用される、繊細でコンパクトなデュアルアームロボットです。このロボットは様々な制御が可能で、強いインタラクション能力を持っています（Stasse, 2019）。

AGVと無人車技術は、インテリジェント倉庫や物流に応用されている。京東、美団などの電子商取引企業はAGV無人車を配備し、AI+無人車技術を使って物流の「ラストワンマイル」問題を解決し、物流、速達、持ち帰り産業の現状を大きく変えるだろう。AGCロボットは、年率40％以上の成長率で急速に発展しています。人工知能の不可欠な担い手として、物流ロボットは急速な発展機会の時代になると予想される（Cheng, 2019）。

## 2.3 ケース分析

**画像処理チップのリーダーであるNVIDIA社。**

NVIDIAは1993年に設立され、米国カリフォルニア州に本社を置く、世界的に有名な革新的なチップメーカーです。 NVIDIAは、画像処理チップに焦点を当て、5つの製品技術ファミリーをカバーしています。GeForce、Quadro、Tegra プロセッサ、データセンター高速化ツール Tesla、データセンターツール GRID の 5 つの製品ファミリーをカバーしています。 端末のアプリケーションタイプについては、NVIDIAの製品は主に、ゲーム、プロフェッショナルグラフィックス、データセンター、自動車、OEM＆IPの5つのニーズに対応しています。

NVIDIAの2018年年次報告書によると、収益構造については、ゲームが依然として最大のコアビジネスセグメントで53％を占め、次いでデータセンターが25％、プロフェッショナル・ビジュアライゼーションが10％、OEM＆IPが7％、自動車が最小で5％となっています。NVIDIAのデータセンターは、ハイパフォーマンス・コンピューティング、ビッグデータ、人工知能の3大市場に対応しています。NVIDIAのTeslaアクセラレーションツールに基づくGPUアクセラレーションコンピューティングは、顧客ソフトウェアの演算性能を5倍向上させ、運用コストを60%削減することができます。人工知能の進歩と産業界全体の加速されたコンピューティング能力へのニーズに後押しされ、NVIDIAのデータ収益は成長を続けており、2018年のデータセンターの収益は前年比52%増の29億3,200万ドルとなりました。NVIDIAのデータセンターの顧客には、ハーバード大学やスタンフォード大学などの大学だけでなく、エネルギー、金融、製造などの有名企業や、Eコマース、ソーシャルメディア、クラウドサービスプロバイダーなどのオンライン企業も含まれています。

NVIDIAはこの機会を捉え、先行するGPU分野を活かしてAIチップを開発した。NVIDIAは2016年にディープラーニングに最適化された最初のGPU「Pascal」を発売しました。2017年、NVIDIAはPascalの5倍の性能を持つ新GPUアーキテクチャ「Volta」と、新しいニューラルネットワーク推論アクセラレータ「TensorRT 3」を発表しました。TensorRT 3は、既存および将来のネットワークアーキテクチャを高速化するためにプログラムすることができます。

**ロボットの生産と応用に特化したテクノロジーカンパニー、Elephant Robotics社。**

2016年に設立されたElephant Roboticsは、中国・深センに本社を構えています。同社は、ロボットの研究・生産、プラットフォーム・ソフトウェアの開発、インテリジェントな製造サービスに注力しています。Elephant Roboticsは、コラボレーティブロボット（Elephant Robotics®P/C/E Series）およびバイオニックロボット（MarsCat）を独自に開発しています。Elephant Roboticsが製造したロボットは、韓国、日本、米国、ドイツ、イタリア、ギリシャなどの国々で販売されています。

myCobotは、高速応答、小慣性、スムーズな回転を実現する高性能サーボモーターを6個搭載しています。ベース部とエンド部にはレゴコンポーネントインターフェースを搭載しており、様々なマイクロ組み込み機器の開発が容易に行えます。また、色彩認識機能も備えています。交換必要な部品が少なく、メンテナンスコストが低く、素早く分解・交換が可能な、ユニークな工業用・モジュール式設計となっています。当初、ロボットアームはArduino互換のM5Stackのみを使用していました。消費者からのフィードバックを受け、Elephant Robotics社はmyCobotシリーズを拡張し、Raspberry Piマイクロプロセッサーを採用したmyCobot-Piを開発しました。

myCobot-Pi 6軸協調ロボットは、多機能で軽量なインテリジェントロボットアームです。マルチプラットフォームの二次開発をサポートし、ユーザーがマルチシーンのアプリケーション開発を効果的に実現することができるため、ロボットのユーザーはロボットアームを個人的にカスタマイズすることができます。myCobot-Piは、正味重量850g（すなわち2ポンド以下）、可搬重量250g、動作範囲280mmです。コンパクトでありながら強力で、ソフトウェアとハードウェアの豊富なインタラクション方法と多様な互換性のある拡張インターフェイスを持っています。

2019年のCESでは、バイオニックAIロボットペット「MarsCat」が、世界中のジャーナリストや猫好きの注目を集めました。同様に、このロボットペットは、歩く、走る、座る、伸びる、ニャーと表現する、その他のジェスチャーを独立して行うことができます。2年間の継続的な研究開発の後、MarsCatは、特に猫アレルギーや孤独感を感じているコミュニティからの高まる需要に応えるため、大量生産を開始しました。バイオニックボディに加え、MarsCatは2つの有機ELの目を搭載し、リアルな表情を見せるようになりました。この目は、喜び、悲しみ、眠気、恐怖など、さまざまな感情を表示します。頭部と胴体に搭載された6つの感圧・静電容量式タッチセンサーにより、このバイオニックロボット猫は、ユーザーからの様々なインタラクションを感知して、目の動きに応じて様々な感情を表示します。例えば、しばらくタッチしていると、目にラブアイコンが表示され、猫がタッチを楽しんでいることを示します。その他、TOFレーザー距離センサーやマイクなどのセンサーが、Marscatのナビゲーションやコマンドへの応答をサポートします。

# 3.業界の概要と展望分析

## 3.1 業界の概要

党建設、行政、司法分野は、サービスロボットの新しい分野となりつつある。サービスロボットのコアバリューは、人間の生活や労働を効率的かつコスト効率の高いロボット操作で代替・補助し、高度な環境標準を提供することです。この1年で、党建設、司法、行政の各分野がサービスロボットの新しい利用分野となりつつある。

ロボットは、党の情報発信にも活用されている。知識の問い合わせや広報に対応し、党の歴史を説明したり、案内をしたりするのです。情報発信をより柔軟に、より楽しくすることで、視聴者に受け入れられやすくすることに役立っています。

司法分野は専門性が高く、人材の確保が難しい。ロボットは強固な知識ベースと事例保存機能に基づいて、判例知識の普及と応用価値を照会し、繰り返し作業を行う労働者の必要性を低減することができる。情報検索と判例検索の効率を高め、便利な判例比較・分析を提供し、法律と司法解釈の適用を分類・要約し、情報利用効率を向上させることができる。

行政事務におけるロボットの活用は、主に地方自治体の認知度や普及の成熟度に依存し、トップダウン型の推進形態となっている。現在、地域の組織や機関は、行政事務の集中処理を実施し、各種業務の同期処理など一連の便利な政策を導入して、そのプロセスを簡素化している。ロボットは誘導や対話の役割を果たし、事務処理の効率化を図ることができる（Cheng, 2019）。

中国のロボット産業は、諸外国の先進水準と比較すると、相対的に発展途上であり、中核部品の技術が弱く、多くの中核部品が輸入に大きく依存しており、コストが高い。しかし、近年、中国の研究開発投資の向上に伴い、ロボットメーカーがコア技術を突破し、ロボットの性能を大幅に向上させた。サービスロボットは、実用化において、人間がいくつかの簡単な作業を完了するのを補助したり、単独で手伝ったりすることができる。サーボの発展により、ロボットの動作能力はより強くなり、動作はより柔軟になり、企業はロボットの応用方向に注目し始めた（Bogue, 2020）。

産業用ロボットとは異なり、サービスロボットはより強固な消費属性を持っています。産業発展の核心論理は需要主導型であり、ユーザー価値が支配的である。ロボットの道具、娯楽、教育的価値に全力を尽くし、硬直した高頻度ニーズに切り込み、効率的なソリューションを提供できる企業は、産業競争力を持つことになる。需要が顕在化しているビジネス市場において、サービス業の寿命が長く、満足度の高い運用の発展傾向により、顧客の個人化ニーズが高まっている。

## 3.2 今後の予測

**サービスロボット産業へのニーズは、アップグレード、需要代替、需要開拓である**

サービスロボットはサービスと消費の属性を持ち、人間のニーズに応え、奉仕することを発展の根本的な原動力としている。サービスロボット産業は、需要のアップグレードと代替に対応し、一歩一歩発展していくと思われる。

需要の観点から、市場の需要を「需要アップグレード」、「需要代替」、「需要開拓」の3段階に分けて考える。需要のアップグレードは、現在の市場にある既存のインテリジェント製品をより深くインテリジェント化、自動化、多機能化し、製品に高い付加価値を与えることである。需要代替は、元の需要に代わる新しい方法である。実用化においては、ほとんどのロボットが人に代わって使用される。需要探索は、まだ検証されていない未来志向の需要であり、徐々に探索する必要がある。

**需要の高度化と需要の代替は、サービスロボット産業が最初に必要とされる分野**

確実に存在する需要があることは、偽の要求に惑わされるリスクを大幅に低減させます。技術的な反復とソリューションの最適化を通じて、既存の要求の実現をアップグレードすることで、製品開発と進歩の法則に沿った処理効率を効果的に向上させることができる。実質的な断片化なしに、オリジナルの認知に基づく自然な反復を実行することになる。市場教育や浸透コストが低く、プロモーションに資することができる。

需要の探査製品は、選択的な豊かさとパーソナライズされたニーズを満たすでしょう。探査の初期段階は、障壁が高く、優れた発展性があるため、多くの市場開拓が必要である。

# 謝辞

このレポートは、Elephant Robotics社のマーケティング・リサーチ・オフィス（MRO）によって執筆されたものである。MROは、メルボルン大学、ボストン大学、香港中文大学を卒業した平均8年の経験を持つ市場調査員で構成されるチームです。MROは、ロボティクス＆AI業界に対する深い洞察を深めることに専念しています。一次調査データは、NVIDIA、Fly、Baidu、iFLYTEKの現役および過去の社員、中国ロボット学会、深セン国際ロボット生態連合、IEEEのメンバーへのインタビューから導き出されたものである。

MRO は、本レポートのドラフト版のレビューに協力されたメルボルン大学経営・マーケティング学部の Liliana Bove 教授に謝意を表します。

# 参考文献

1.ボーグ、R. (2020).中国のロボット産業。産業用ロボット。The International Journal of Robotics Research and Application（国際ロボット研究・応用ジャーナル）。

2.Cheng, H., Jia, R., Li, D., & Li, H. (2019).中国におけるロボットの台頭。ジャーナル・オブ・エコノミック・パースペクティブズ、33(2)、71-88。

3.Cho, D. (2020).人工知能のためのメモリ設計.International Journal of Internet, Broadcasting and Communication, 12(1), 90-94.

4.ジョセフ、L. (2018).全くの初心者のためのロボットオペレーティングシステム（ROS）.Springer.

5.カラベゴビッチ、I. (2017).中国を中心とした第四次産業革命における産業・サービスロボットの役割.エンジニアリングと建築のジャーナル、5(2)、110-117。

6.Kuo, C. M., Chen, L. C., & Tseng, C. Y. (2017).ホスピタリティロボットを用いた革新的なサービスの調査。インターナショナル・ジャーナル・オブ・コンテンポラリー・ホスピタリティ・マネジメント。

7.Malik, A. A., & Bilberg, A. (2019).人間とロボットの相互作用のための参照モデルの開発。International Journal on Interactive Design and Manufacturing, 13(4), 1541-1547.

8.Pineda, L. A., Rodríguez, A., Fuentes, G., Rascon, C., & Meza, I. V. (2015).サービスロボットのコンセプトと機能構造．インターナショナル・ジャーナル・オブ・アドバンスト・ロボティック・システムズ，12(2)，6.

9.シェリダン、T. B. (2016).人間とロボットの相互作用：現状と課題。ヒューマンファクターズ、58(4)、525-532.

10.Shukla, S., Sanyal, H., & Agrawal, R. (2020, December).ボットのパフォーマンスと精度を高めるためのSLAM技術の使用。2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN) (pp. 699-704) に掲載。IEEE.

11.Stasse, O., & Flayols, T. (2019).ヒューマノイドロボット技術の概要.擬人化システムのバイオメカニクス、281-310.

12.Zhang, H., Liu, L. Z., Xie, H., Jiang, Y., Zhou, J., & Wang, Y. (2022).ディープラーニングベースロボットビジョン。スマートマニュファクチャリングのためのハイエンドなツール。IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 25(2), 27-35.

13.Zhang, Y., Wang, H., & Xu, F. (2017, November).ディープラーニングに基づく知的サービスロボットの物体検出と認識。2017 IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS) and IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM) (pp. 171-176) に掲載されています。

14.Zheng, L., Liu, S., & Wang, S. (2016).中国産業用ロボット開発の現状と将来。国際機械工学・ロボット研究ジャーナル、5(4)、295-300。

15.ローデン、M.A.（1992）。病院給食のための自動誘導車と自己誘導車の分析。University of Nevada, Las Vegas.

16.World Robotics 2021 - Service Robots report.(2021).IFR. https://ifr.org/news/service-robots-hit-double-digit-growth-worldwide

17.中国電子学会。(2021).中国ロボット産業発展報告書. http://www.news.cn/techpro/20211026/cf6c26e3f4a24bd19e15177f8cf2686f/c.html

18.CSTCです。(2019).ロボットの分類.(CSTC, Ed.) https://www.ccidgroup.com/info/1105/25985.htm から取得した。