

ロボット大賞 ガイドブック

ROBOT AWARD

「第4回 ロボット大賞」受賞ロボット紹介



第4回 ロボット大賞 (THE 4TH ROBOT AWARD)

主催：経済産業省 一般社団法人 日本機械工業連合会



この事業は、競輪の補助を受けて実施しています。
<http://ringring-keirin.jp>

お問い合わせ

「ロボット大賞」運営事務局

TEL:03-5644-7298 FAX:03-5644-7300 E-mail: info@robotaward.jp

公式ウェブサイト <http://www.robotaward.jp/>



この事業は、競輪の補助を受けて実施しています。
<http://ringring-keirin.jp>

「ロボット大賞」とは?

「ロボット大賞」は、我が国のロボット技術の革新と用途拡大及び需要の喚起を促すため、活躍したロボットの中から市場創出への貢献度や期待度の高いロボットや部品・ソフトウェアを表彰する制度で、2006年に創設され、様々な場所で活躍する最新のロボットや部品・ソフトウェアなどこれまで4回実施し、合わせて43件が表彰されています。

「ロボット大賞」を通じて我が国のロボット産業の一層の発展と、ロボット技術が実用化されて私たちの暮らしに活用されることを期待しています。

- 事業の目的**
- ① ロボット技術の開発と事業化を促進する
 - ② 技術革新と用途拡大を加速する
 - ③ 社会に役立つロボットに対する認知度を高める
 - ④ ロボットの需要を喚起することを目指す

ロボット大賞 概要

※第4回ロボット大賞募集要項より抜粋

主催: 経済産業省、一般社団法人日本機械工業連合会

審査対象: 日本国内で活躍したロボット及び部品・ソフトウェア

部門: サービスロボット部門、産業用ロボット部門、公共・フロンティアロボット部門、部品・ソフトウェア部門

審査基準: 審査における評価基準は、「市場創出の貢献度・期待度」(以下①及び②)と、「技術的先進性」(以下③)とします。

- ① 社会的必要性
導入・販売の実績、将来のロボット市場創出の期待度、メリットの大きさ、公益性、ニーズの強さなど
- ② ユーザーの視点に立った評価
利便性、実用性、経済性、デザイン性、維持コストなど
- ③ 技術的先進性
安全性、新規性、技術的安定性、動作環境の汎用性や操作性など

表彰位: 「ロボット大賞」(経済産業大臣賞)

優秀賞の中から、審査基準に基づいて最も優れたロボット又は部品・ソフトウェアに授与

「最優秀中小・ベンチャー企業賞」(中小企業庁長官賞)

優秀賞の中から、「中小企業ならではの柔軟な発想」などを活かした最も優秀なロボット又は部品・ソフトウェアに授与

「日本機械工業連合会会長賞」

優秀賞の中から、ロボット産業の振興において特に優れたロボット又は部品・ソフトウェアに授与

「中小企業基盤整備機構理事長賞」

優秀賞の中から、特に中小企業分野でのロボット産業の振興において、優れたロボット又は部品・ソフトウェアに授与

「優秀賞」

部門ごとに、審査基準に基づいて、優れたロボット又は部品・ソフトウェアに授与



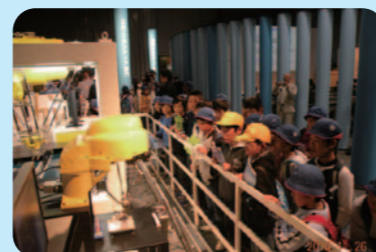
第4回ロボット大賞表彰式



人と協働するロボット



イチゴ収穫ロボット



ゲンコツロボット

※2011年度は募集なし(次回の募集開始は2012年夏を予定しております。2012年度の実施概要が決定しましたら、ロボット大賞公式ウェブサイトにてご案内します。)

「第4回 ロボット大賞」受賞ロボット一覧

第4回 ロボット大賞 (経済産業大臣賞)

産業用ロボット部門

**安全・快適に人と協働できる
低出力80W駆動の省エネロボット**

トヨタ自動車株式会社/株式会社オチアイネクス
/名古屋工業大学/首都大学東京

日本機械工業連合会会長賞

サービスロボット部門

**注射薬払出ロボットを起点とした
薬剤業務支援ロボット群**

パナソニックヘルスケア株式会社/パナソニック株式会社

日本科学未来館館長賞

公共・フロンティア部門

「きぼう」ロボットアーム

宇宙航空研究開発機構(JAXA)/日本電気株式会社(NEC)

優秀賞

サービスロボット部門

イチゴ収穫ロボット

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
/シブヤ精機(旧エスアイ精工)株式会社

優秀賞

サービスロボット部門

ジョイスティック式自動車運転システム

国立大学法人東京農工大学/株式会社ニッシン自動車工業

優秀賞

公共・フロンティア部門

**消防用偵察ロボット FRIGO-M
(フライゴー・エム)**

三菱電機特機システム株式会社
/総務省消防庁消防大学校消防研究センター

最優秀中小・ベンチャー企業賞 (中小企業庁長官賞)

産業用ロボット部門

**HAMDAS-R (ハムダスアール)
豚もも部位自動除骨ロボット**

株式会社 前川電気

中小企業基盤整備機構理事長賞

公共・フロンティア部門

**超高压送電線の活線点検ロボット
「Expliner (エクスプライナー)」**

株式会社ハイボット/東京工業大学/関西電力株式会社
/株式会社かんでんエンジニアリング
/株式会社ジェイ・パワーシステムズ

優秀賞

サービスロボット部門

細胞自動培養ロボットシステム

川崎重工株式会社

優秀賞

サービスロボット部門

サイバネティックヒューマンHRP-4C

独立行政法人産業技術総合研究所

優秀賞

産業用ロボット部門

ゲンコツ・ロボットシリーズ

ファナック株式会社

優秀賞

部品・ソフトウェア部門

D3モジュール

株式会社 D3基盤技術

第4回 ロボット大賞 (経済産業大臣賞)

産業用ロボット部門

安全・快適に人と協働できる低出力80W駆動の省エネロボット

トヨタ自動車株式会社／株式会社オチアイネクス／名古屋工業大学／首都大学東京

安全・快適に人と協働できる省エネロボット



受賞担当者のコメント

受賞した大きな成果は、【安全に人と協働できる省エネロボット】として広く認識していただいた事です。受賞後はトヨタ社内展開及びトヨタグループ会社への導入促進を図り、高品質且つ安価な日本の車づくりのために貢献しています。今後は更なる低コスト化とロボットシステムのコンパクト化により、車作り以外の部品作りにも応用展開を進めて、製造業の省エネにも大きく貢献してまいります。

トヨタ自動車(株)組立生技部 主幹
藤原 弘俊氏
// 生技開発部 主任
村山 英之氏

■本質安全と省エネー低出力ハイブリッド駆動技術ー

従来のロボットでは、モータ推力の70～90%はロボットの自重を支えるのに使われていて、運べる対象物の重量はモータ推力の10～30%しかなく、モータ推力がムダになっていました。このため、可搬重量20kgを超えるロボットは1500Wといったキロワットクラスのモータを用いていました。そのため、モータ出力が高いため、人と隔離する安全柵を必要とし、広大なスペースを占有していました。

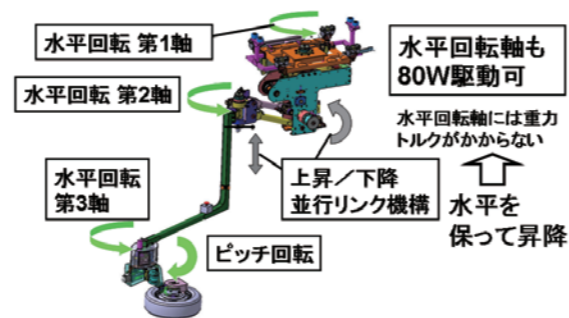
そこで、本質安全化のために、本質安全の動力源の基準とされる定格出力80W以下の低出力モータを用いながら、可搬重量25kgを狙いました。

その解決方法として、ロボットの自重をロボットの姿勢にかかわらず常に一定にバランスさせるバネを用いた一定自重補償機構と、80Wモータを組み合わせた低出力ハイブリッド駆動機構を開発しました。

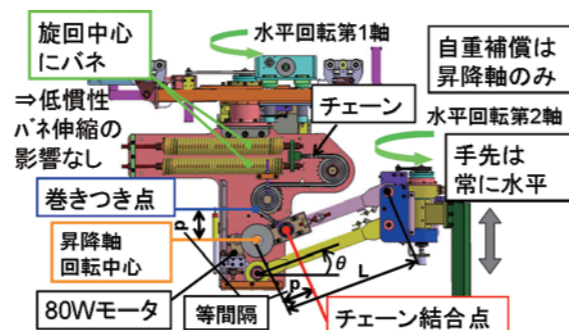
従来の一定自重補償機構は複雑で、ロボット自重130kgといった大荷重に適用する上では耐久性や応答性の面で課題がありました。これを平行リンク機構と組み合わせ、軸構成を工夫することでシンプル化を図り、トヨタ自動車の高岡工場での110mm/秒というラインスピードに対応できる速度と耐久性を確保しています。また、この機構により、直動機構に比べ上下方向をコンパクトにすることができ、上部空間が狭い既存の

工場にも設置できるようになり、汎用性が高まりました。

この結果、低出力モータ化を実現でき、従来比20分の1の省エネも達成しています。



ロボット全体構成



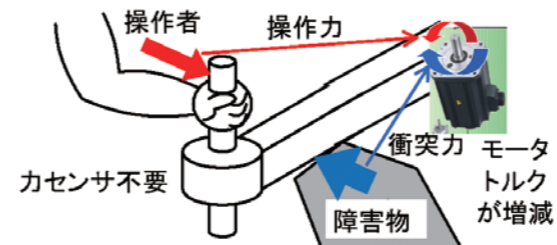
低出力ハイブリッド駆動構成

■低コスト安全制御ーカセンサレス柔軟制御ー

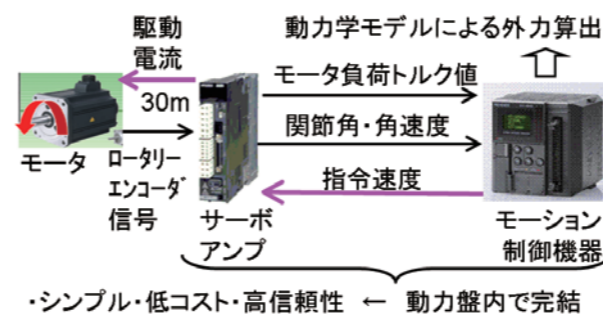
従来の安全制御で用いているレーザーセンサや力覚センサ、接触センサ、パンパススイッチは、高コストで死角があり、死角をなくすには多数のセンサが必要となります。また、従来の力覚センサを用いた柔軟制御では、衝突した際の指令位置と実測位置の偏差が大きいと過大な力を発生させる恐れがありました。

そこで、駆動モータの電流と各駆動軸の速度センサから、ロボットの動力学モデルを用いて外力を推定し、仮想ベルトコンベアの特性に従ったモータ制御をすることで、ロボットのどこがぶつかっても衝突を検知し、偏差によらず一定の柔軟性を持たせることができました。

これにより、ロボットと人がぶつかった場合でも、人との接触力を70N以下に抑えてロボットを停止させることができるようになり、人が協働作業する時の安全性を向上させ、人にとっても安心感を高めることができました。



カセンサレス柔軟制御イメージ



カセンサレス柔軟制御システム構成

■生産ラインへの導入

2010年1月よりトヨタ自動車 高岡工場のカラー組立ラインに、このスペアタイヤ自動搭載ロボットを導入しました。隔離するための安全柵を設置せず、人と協働するエリアで運用されています。これまでに、トラブルや事故は無く、2010年9月で累計10万台の車両のスペアタイヤを搭載しました。



導入したスペアタイヤ自動搭載ロボット (トヨタ自動車 高岡工場)

■今後の展開

他に実例の無い人とロボットの協働化を、低出力駆動化および柔軟制御化によって実現し、実際の生産ラインに導入することができました。

この技術は、少子高齢化を迎える中、生産ラインへのロボットの適用領域の拡大に大きく貢献可能であり、女性や高齢者でも安心・快適に働ける生産環境を作り出すことが期待できます。

また、産業用だけではなく、サービスロボットにこの技術を展開することで、最大の課題である安全性の向上と省エネによる稼働時間の延長とバッテリーの小型化が図れ、様々なサービスロボットの実用化の加速が期待できます。



サービスロボットへの応用展開

産業用ロボット部門

HAMDAS-R (ハムダスアール) 豚もも部位自動除骨ロボット

株式会社 前川電気

世界初のナイフを持った自動除骨ロボット



受賞担当者のコメント

受賞後、さまざまなメディアに「HAMDAS-R」を取り上げていただきました。中でもインターネット配信されたものは世界中から反響があり驚いています。世界中への販売展開を進めるとともに、さらに手作業の感覚的な動作に近づけるためにロボットでの再現精度を高めています。また、他の食品加工工程へのロボット化展開も進めており、不定形軟弱体の自動処理の可能性を広げています。

株式会社前川電気 係長
海野 達哉氏

■肉から骨を取り除くロボット

HAMDAS-Rは、骨がついた状態の豚もも肉から骨を取り除く処理(除骨)を自動で行うロボットです。

時間当たり最大500本のもも部位を自動除骨処理する能力があり、骨長さの個体差は100mmの範囲でばらついても許容することができます。また、右脚・左脚をランダムに供給することにも対応しています。

最大の特徴は、ナイフで骨に沿って切る「筋入れ」工程を自動化したことです。この筋入れ作業は、複雑な3次元形状で構成された骨や筋組織の境界に沿って切る必要があり、正確



自動処理風景

に除骨作業を行うには熟練した技術を要します。また、個体ごとに大きさ、肉の付き方、骨の太さ、ねじれ方などが異なるため、個体差に対応した柔軟な切り方が求められます。

HAMDAS-Rは、職人技のコツを処理手順や動作、機構に取り込んで、除骨作業の自動化を実現しました。

■人海戦術の除骨作業

食肉加工工場では、人海戦術の生産体制が一般的になっていますが、重労働と厳しい労働環境から、人材の確保や定着率低下の問題が深刻化しています。さらに、その影響で技能伝承が効率的に進まないため、加工技術レベルを維持することが難しくなっており、自動化・労働形態の改善が望まれています。

一方で、食肉のように、軟らかく、形状や状態が一定ではなく、個体差も大きい、いわゆる不定形軟弱体の処理・加工工程は、作業者が経験によって取得した技能とフレキシブル性に依存しているため、自動化の難易度が高く自動化が進んでいません。

■職人技の自動化

不定形軟弱体の処理を自動化するために、熟練した職人の技に学び、それを機械、制御方法に取り込みました。

①柔軟性のあるカットツール(エンドエフェクタ)

骨の周りはやわらかいクッションのような肉で覆われているため、ナイフで骨に沿って切っている間にも、骨の位置は時々刻々と変化していきます。そのために、ナイフが骨からずれたり、骨に食い込んでしまったりすることがあります。

職人はナイフから手に伝わる負荷でカット状態を判断しながら作業を行い、違和感をもつと瞬時にその状況に応じた反応をナイフに起こしていると考えられます。

これと同様の機能を付加するために、ナイフを左右に往復動させることと刃角度を回転させることができる柔軟性をカットツールに設けています。

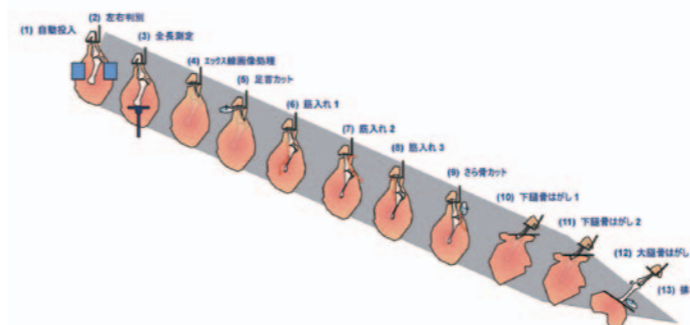
②高速での安定処理

時々刻々と変化する骨の位置に合わせて動作ラインを修正しながら、複雑な形状を高速でトレース(カット)することを実現するために、あえてカットツールにはセンサを使用せず、メカニカルな機構でナイフの動作をさせました。状況に応じた適切な反応動作を高速で行うことが可能となります。

③職人と同じ処理手順で高品質の肉を生産

熟練した職人は、要所のみを切りながら、効率よく肉から骨をはがす動作を行います。また、1本のナイフの動かし方次第で様々な作業をこなしてしまいます。

HAMDAS-Rは、職人の処理手順、方法、動作を機械に適した動作にして、筋肉の組織に傷がない高品質な肉を生産することを実現しました。



処理工程

■導入メリット

①省人効果

従来、20人で行っていた除骨作業が、10人で行えるようになります(500本/時間)。よって、10人の省人効果を得ることができます。重労働からの解放と、作業確保難、定着率低下の問題解決に貢献します。

作業定着率などの問題から技能伝承も難しくなっており、今後の生産効率・肉品質の低下が懸念されていますが、ロボット化により一定のレベルを維持し続けることが可能となります。さらには、労働災害のリスク低減にも貢献する

ことができます。

②高速安定処理

HAMDAS-Rは、500本/時間の処理能力を達成しています。安定した処理能力は、生産計画を立てやすくします。

③高品質の肉

職人と同じ処理方法を機械化することで、傷のない高品質の肉を生産することができます。

④衛生管理

HAMDAS-Rは、食品処理・加工エリアで使用するために、衛生・洗浄・防錆を考慮した構造になっています。

HACCP(危害分析重要管理点)の衛生管理においても、ロボットを導入した工程では、ロボットだけを管理すればよいので、多くの人を管理することに比べて、管理対象を絞ることができます。



自動処理後の豚もも肉と骨

■食品処理・加工市場へのロボット化展開

食品業界全体をみると、特に食品処理・加工工程は、手作業に頼るところが多く、自動化が進んでいません。この多くは不定形軟弱体を処理・加工の対象としている点で共通しています。

また、この工程は、洗浄性、衛生性などへの対応が必須となり、特殊な使用環境になります。

HAMDAS-Rの実現が、食品処理・加工市場へのロボット化の可能性を広げるものとなり、この市場に広くロボット化が展開していくことを望みます。

サービスロボット部門

注射薬払出ロボットを起点とした薬剤業務支援ロボット群

パナソニックヘルスケア株式会社／パナソニック株式会社

薬剤部まるごとロボット化 一人とロボットとの効率の良い労働分担一



受賞担当者のコメント

今回の受賞により、パナソニックが薬剤部の業務支援を目的とした、アシストロボット群の開発・提案を行っていることを、医療従事者だけでなく広く一般の方々にも理解していただくことができました。現在は、薬剤業務プロセスに応じた支援ロボットのみならず、病棟や外来における業務支援や看護支援など、より人と人との繋がりを意識した病院業務全体のアシストを行っていくロボット群の開発を進め、病院のスタッフの方々や患者様に優しい、安全・安心な病院丸ごとロボット化に向けたソリューション構築を目指しています。

パナソニックヘルスケア株式会社 医療機器・システムビジネスユニット
院内ロボットビジネスグループ グループマネージャー
菊池 義弘氏

■病院内における薬剤部業務の現状

現在の病院内における薬剤業務とは、医師の処方に基づいた薬剤の取り揃えを行い、その薬剤の鑑査を行った後、搬送を行い、患者様へ投薬を行うという流れで行っています。設置スペース等に限られる、200～400床程度の病院では、大型の注射薬払出ロボット等を導入することが困難であり、薬剤師自身が取り揃えから、病棟への搬送まで行っているのが現在の医療の現状です。

薬剤部における薬剤の種類は、1000種類を超えており、病院入院患者様をメインとした注射薬だけでも、約300種類があります（病院により数は変動します）。これでは、薬剤師は、処方に基づいた薬剤を取り揃えるだけで、多くの時間を費やし、患者様への服薬指導など、患者様に有効で安全な薬物療法を提供するために行うべき本来の業務に手が回らないのが実情です。

■薬剤部業務をロボット化へ

そこでパナソニックは、薬剤部の業務補助を目的とした、アシストロボット群を開発しました。これは薬剤部業務における注射薬剤の取り揃え業務を行う、“注射薬払出ロボットシステム”と鑑査後の薬剤を各病棟へ自律搬送行うことができる“自律搬送ロボットHOSPI”から成ります。

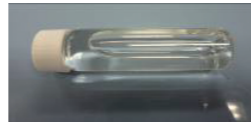


■薬品の破損率5万分の1を実現

注射薬払出ロボットは、業界でも最高レベルの薬品破損率5万分の1を実現しております。注射薬はアンプルやバイアルという名称の非常に割れやすいガラスビンに入っています。



アンプル



バイアル

この注射薬は、始め注射薬払出ロボット内の専用カセットに充填されており、そこからロボット機構にて専用ポケットにピックアップを行います。このカセットからポケットにピックアップを行う際、薬品は破損の危険を生じますが、パナソニックは、薬品を転がすことで、極めて優しく薬品をピックアップするソフトハンドリング機構を実現しました。

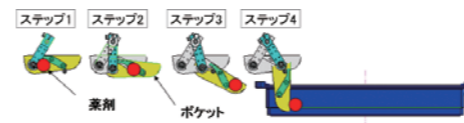


注射薬のピックアップの様子

■省スペースを実現した注射薬剤払出ロボット

また、この注射薬払出ロボットは、業界最小レベルの設置スペースである：幅2,675mm×奥行き750mmを実現しました。これは前述しました、スペースに限りのある200～400床の病院に設置頂けることを目的としています。

注射薬は前述のロボット機構にて専用ポケットにソフトハンドリング機構にてピックアップされます。その後、パナソニック独自の薬剤払い出し機構を導入することで、省スペースでの注射薬用トレイに払い出すことが可能となります。



注射薬のポケットからトレイへの払い出し機構

さらに、投薬情報を記載した注射箋を装置内でトレイに払出し、装置内部で注射薬払出し業務の一連の作業を完結することができます。

■自動搬送を実現した自律搬送ロボット

HOSPIは走行経路にレールや誘導ガイド線を必要としない、自律誘導技術を用いた搬送用ロボットです。予定経路上に障害物があっても自動的に回避し、搬送目的地に向かって走行します。目的地や経路をフレキシブルに変更できるメリットがあり、病院だけではなく検体検査会社などに導入され始めており、汎用性が高いことを認められています。

ロボットの背面には、ID認識された者に限り開錠できる扉つき収納庫を備えており、収納した薬剤が搬送中に、いたづらをされないように守ります。

また、人々のくらしに届けこむために、シンボリックな表情を表現する「顔」を表示し、親近感を感じさせるメッセージを飛ばしながら走行します。



薬剤部から出発するHOSPI

通常、病院は多層階となっており、薬剤調剤室は1階または地下1階にあり、そこから薬剤を上層階の病棟などに運ぶ必要があります。この搬送作業は、看護師や薬剤師の本来業務を中断させるため機械化が強く望まれる作業です。

HOSPIはこの搬送作業を代替するものであり、特に職員が少なくなる夜間は手が回らないことが多くなるため、HOSPIが効力を発揮します。

また、HOSPIは、誘導するためのレールやガイド線を敷設する必要がないため、床や壁などは現状のまま美観を保ち、維持に気を配る必要もありません。

■HOSPIのその他の機能

HOSPIには各階に搬送するため、自動的にエレベータに搭乗する機能も用意しています。



エレベータに搭乗するHOSPI

また、病院のあらゆる箇所に移動するHOSPIを安心して運用するために、無線LANにより現在位置や状態をウォッチし、加えてHOSPIに搭載したセキュリティカメラにより捉えた映像を、拠点となる部屋でモニターする機能も備えています。

将来的には薬剤だけでなく、カルテや検査器具、検体などの搬送、さらにはカートを牽引させてリネン類を運ぶなど、病院内の多彩な搬送作業をこなせる多目的搬送ロボットにする構想を描いています。

■病院内まるごとロボット化へ

今回、病院内の薬剤部において、パナソニックはロボット群による業務アシストを提案しました。このロボット群は、現在も実際の病院にて元気に働いており、薬剤業務の補助として活躍中です。結果、薬剤師の方々も、時間を薬剤の取り揃え、搬送業務から、患者様への服薬指導等に業務シフトができています。

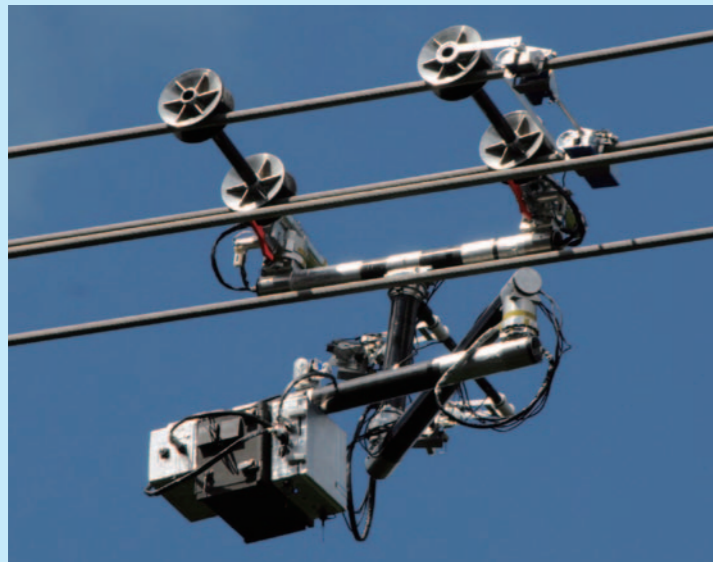
パナソニックでは、錠剤鑑査支援ロボットや注射薬混合ロボットなども開発しており、薬剤業務全体のプロセスに応じた業務支援ロボットを提供していくと共に、病棟や外来における作業支援や看護支援など、より人と人との繋がりを意識した病院業務全体のアシストを行っていくロボット群の開発を進め、病院のスタッフの方々、患者様ともに優しい、安全・安心の病院へのソリューション構築を目指します。

公共・フロンティア部門

超高压送電線の活線点検ロボット「Expliner (エクспライナー)」

株式会社ハイボット／東京工業大学／関西電力株式会社／株式会社かんでんエンジニアリング／株式会社ジェイ・パワーシステムズ

高压送電線の活線点検ロボット



受賞担当者のコメント

受賞後、いろいろなメディアに「エクспライナー」を取り上げていただきました。最も大きな意味は、高压電線点検をロボット化することが可能、という新技術が認知された事です。また、こうしたロボットは世界にもまだ実用化されていないことから、世界中の電力関係業界に、当ロボットの存在を知ってもらうことができました。受賞当時は試験機段階でしたが、受賞後社内でもより本ロボットへのエンジニアの想いが高まり、今秋の利用に向け完成度をより高めた実用機を完成することができました。今後も、新しいセンサ搭載版等、進化し続ける「エクспライナー」を世の中に出していきます。

株式会社ハイボット 代表取締役
北野 菜穂氏

■障害物回避動作と点検センサ 一技術的新規性

高压送電線の活線点検ロボットは、電力ケーブル上に存在するスペーサや碍子懸垂装置などの障害物のために、移動自体が難しく実用的なものは、世界でも今まで実現されてきませんでした。さらに我が国では高压線を4本の電力ケーブルの束にまとめた4導体方式が多く、この様な4導体電力ケーブルに存在するすべての障害物を踏破出来るものはまったく開発事例がありませんでした。

今回開発したExplinerロボットは、前方と後方プーリを電線で回転させて走行します。細長い筒状のボディを持ち、下方先端にバッテリーやメインCPUを搭載したバッテリーボックスを備えています。

Expliner (エクспライナー) は、活線状態にある4導体電

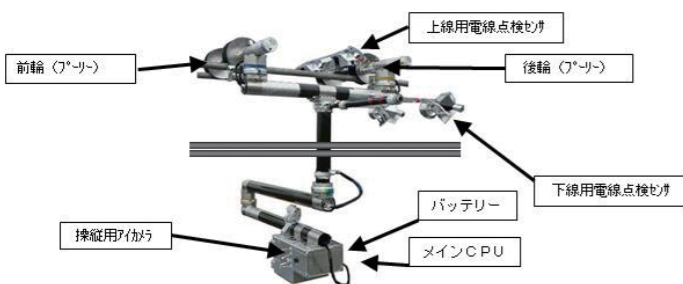
力ケーブルに、先端にバッテリーなどで構成したウエイトを取り付けたアームを移動することで、ロボットのバランス姿勢を変えていき、その姿勢変化を利用することで、鉄塔から自動的に乗り移り、4導体電力ケーブルを障害物回避しながら連続的に移動していく運動性能を有しています。

鉄塔にある電線の懸垂がいし装置の回避は次のように行われます。

- ①ロボットが、懸垂がいし装置に近づく。
- ②重心を後方へ移動し、前プーリを持ち上げる。前プーリの軸を回転させ、ロボット前部が回転する。
- ③ロボット前部が懸垂がいし装置を回避しながら前進する。
- ④重心をロボットの中心部に移動し、前プーリが電線に乗る。
- ⑤重心をロボット前方に移動し、後プーリを持ち上げる。後方プーリの軸を回転させ、ロボット後部が回転する。
- ⑥ロボット後部が懸垂がいし装置を回避しながら前進する。
- ⑦重心をロボットの中心部に移動し、後方プーリが電線に乗り、障害物回避完了。

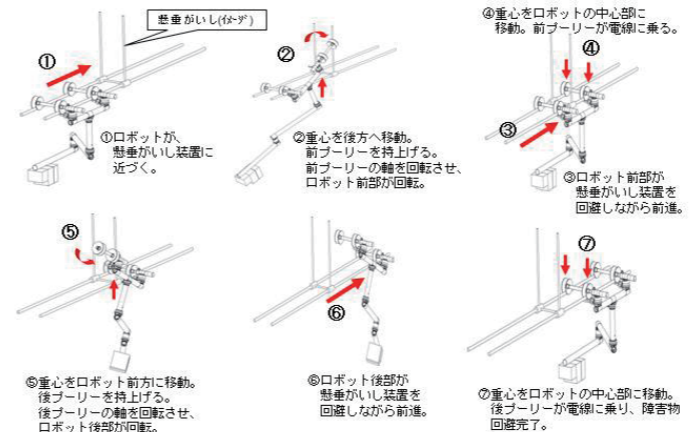
このようなコンセプトの高压線点検ロボットはこれまで世界的に皆無です。

これまで、Expliner (エクспライナー) は、線間電圧



Expliner ロボットの構成図

550kV相当の課電をした状態での実証走行試験も行い、正常な動作を確認済みです。また、停電状態の500kVの営業線路において、障害物の回避動作を検証したところ、懸垂がいしの回避を約7分、径間スペーサの回避を約30秒で安全に行うことができました。こうした複雑な動作はマニュアル操縦では無く、半自動化で操縦できるようにプログラム制御しており、作業員の負担を軽減しています。



懸垂がいしの回避動作イメージ

■Explinerロボットを使った点検作業

(1) 運搬・組立

送電線路は山間部を経過することが多く、鉄塔敷地まで車両が進入できない場合も考えられます。そのため、人肩で工具、資材等を運搬しなければならない状況でも作業を行うことができるよう、点検ロボットはパーツごとに分割できます。また、容易かつ確実に組み立てることができるよう、ロボットの接続部にはスライド式のアタッチメントを導入しました。

(2) 点検ロボットの電線乗り移り方法

超高压送電線では、電線と鉄塔の距離は約10mと非常に長く、点検ロボットの重量、鉄塔から電線の距離を考慮して、絶縁棒を架け橋として用いる以下の工法を採用しました。

- ①長さ約10mの絶縁棒を鉄塔上に吊り上げる。
- ②絶縁棒を鉄塔から電線に倒しこみ、鉄塔と電線の間の架け橋になるように設置する。
- ③点検ロボットを絶縁棒上に設置し、絶縁棒上を走行して電線に乗り移る。



絶縁棒を使った電線乗り移り作業

(3) 点検性能

Explinerロボットは、4つのケーブルについて、360度すべての方向から近接して観察し、さらにその太さまで計測することが可能です。電線から数センチという近接な位置に搭載さ

れたカメラ部と、その反対側のミラー部、両方から電線の表面が確認できます。また、電線とカメラの距離が非常に近接であることから、電線の外形を検知することが可能となり、電線内部の以上も検査することができるようになりました。

また、電線点検だけではなく、電線点検用の他、ロボット操縦用に搭載されている別のカメラを使い、径間スペーサ等の金具の詳細まで点検できます。

こうした点検結果は、CPUボックスの中に生データとして、点検位置とともに記録され、異常箇所がある詳細な地理的位置を確認できます。

■実用化に向けた取り組み

現在高压送電線は、ヘリコプターや徒歩での巡視のほか、点検員が電線に宙乗りして行う外観点検を行っています。作業員による外観点検は停電が必要となり、電力の安定供給に支障をきたさないよう、停電を行いやすい時期(春、秋)に作業が集中するといった課題があります。さらに、将来的には、高所で働く作業員の高齢化による不足という課題も考えられます。しかし、本ロボットの導入で、より安全な作業環境を確保できるとともに、無停電での外観点検が可能となり、より安定した電力システムの運用が実現します。

本ロボットの導入は、安定した電力システムの運用に繋がり、また、送電線関係作業の集中の緩和にも寄与する、といった点から、社会の暮らしや産業の基盤を支え、将来にわたる電力の安全・安定供給につながるロボットとして、国内外での実用に向けて期待が寄せられているロボットです。日本国内だけではなく、海外(北米・中国・欧州・南米等)の電力会社から、問い合わせが来ています。

Expliner (エクспライナー) が、本当に社会に役に立つロボット、実用されるロボットとなるためには、ロボットの技術的な安全性・信頼性の確保・向上もさることながら、点検施工を実際に行っている施工企業との提携が不可欠です。点検作業員の声をフィードバックした使い易いロボット・コントロール装置の開発や実際のロボット点検作業を想定したトレーニング等を考慮した、高压送電線点検施工企業とのパートナーシップ提携を目指しています。



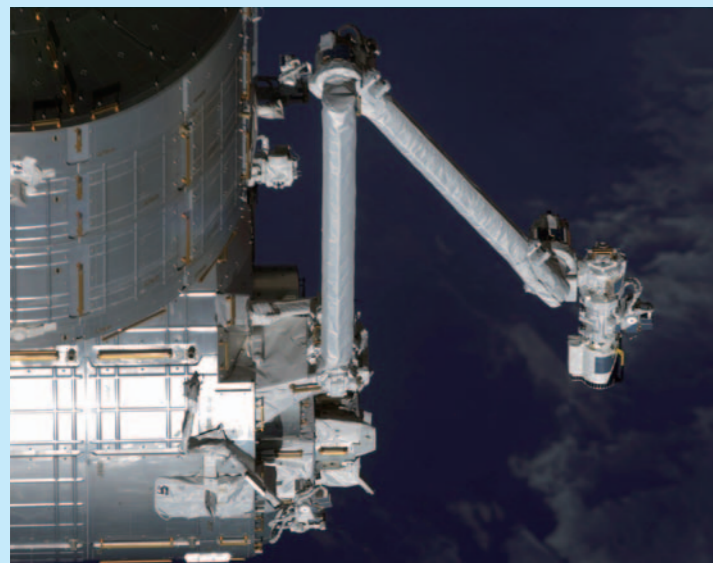
高压送電線上を走行するExpliner

公共・フロンティア部門

「きぼう」ロボットアーム

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) / 日本電気株式会社 (NEC)

日本初の実用宇宙ロボットアーム



(画像提供: JAXA)

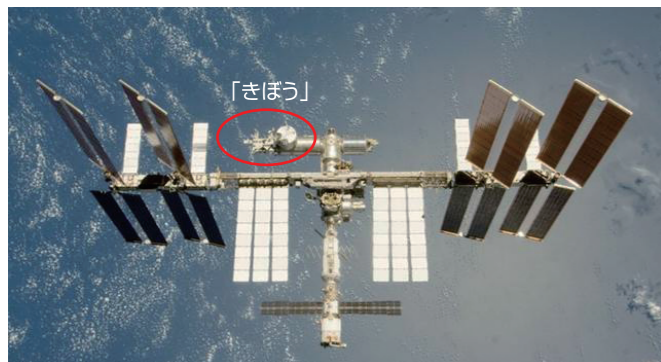
受賞担当者のコメント

「きぼう」ロボットアームは、日本初の“実用”宇宙ロボットアームで、船外パレット上にある実験装置や搭載機器の交換作業等の役割を担っています。これを使って船外パレットに取り付けた観測装置などが成果を挙げたという話を聞くと、その任務を果たしたことを実感しています。ロボット大賞において、開発・運用成果を評価頂き、日本科学未来館 館長賞を受賞したことに関係者一同、非常に感謝しております。蓄積した「きぼう」ロボットアームの開発・運用技術より、今後、更に地上ロボットと宇宙ロボットの技術交流が活発になり、宇宙ロボットの世界が広がっていくことを期待しています。

宇宙航空研究開発機構 JEM運用技術センター 主任開発員
土井 忍氏
日本電気株式会社 JEMプロジェクトマネージャ
桑尾 文博氏

国際宇宙ステーション (ISS) / 「きぼう」

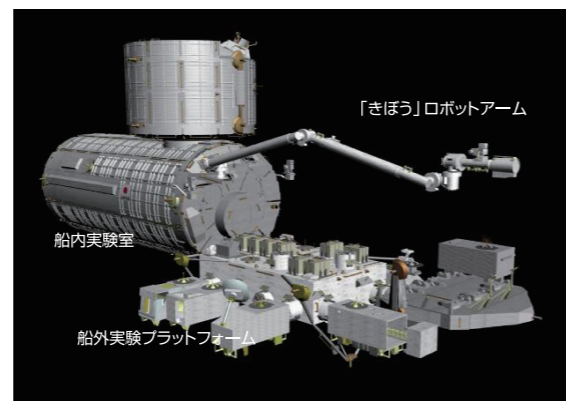
国際宇宙ステーション (ISS) は日本、米国、ロシア、欧州、カナダの世界15カ国が協力して、地上約400km上空に建設された、人類史上最大の有人宇宙施設です。その大きさは約108.5m×72.8mとはほぼサッカー場ほどの大きさとなり、質量は約420トンにもなります。



国際宇宙ステーション (ISS) の軌道上概観

「きぼう」日本実験棟は、ISSの一つとして、2009年7月に完成しました。「きぼう」は、これまで我が国の無人の人工衛星では成し得なかった実験インフラの提供、実験装置や生物試料の補給・回収・修理などを可能とし、宇宙利用方法の革新、裾野の拡大などに貢献するものです。「きぼう」には、微小重力、高真空などの宇宙曝露環境を利用した科学観測、地球観測、

通信、理工学実験及び材料実験などを実施できる船外実験プラットフォームがあります。船外実験プラットフォームにはそれぞれのミッション目的を持つ実験ペイロードを合計12箇所に取り付けることが可能です。



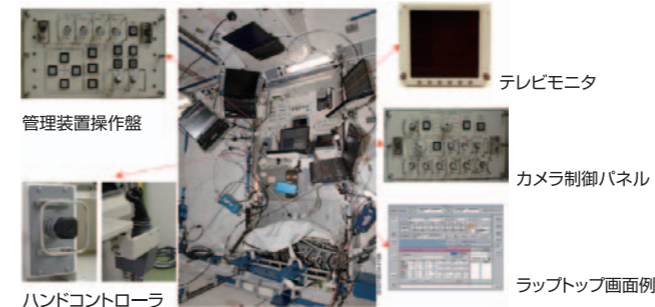
「きぼう」日本実験棟

■目的と構成

「きぼう」ロボットアームは、宇宙飛行士の船外活動を支援または代行するもので宇宙飛行士の負荷とリスクを軽減します。「きぼう」ロボットアームは、全長約10m、質量780kgの6自由度アームで、船内実験室に設置されている操縦卓から宇宙飛行士により操作されます。



「きぼう」ロボットアームとグラブルフィクスチャ (把持対象)



船内実験室内にある操縦卓

■特徴

有人宇宙施設「きぼう」でサービスを提供する宇宙ロボットとして、地上ロボットや無人宇宙ロボットと比較し、以下の特徴を有しています。

- ① 打上げ重量の軽量化に対する厳しい要求のため、剛性が低くなる特徴があり、特に制御系解析では柔軟性を考慮しています。また地上で試験する為には、重力でアームが破壊することを避けるため、空気ベアリングで浮上させた治具で支持し、定盤上で二次元動作を確認しました。地上試験では確認できない三次元の動作は、試験結果を反映させた数学モデルを用いた解析で確認しました。
- ② 打上げ時の厳しい機械環境、軌道上の厳しい熱環境に耐えるよう開発しました。打上げ時にはその厳しい荷重に耐えるようアームを基部取付部と3カ所の保持解放機構で支持し、軌道上で解放しました。また、軌道上の厳しい熱環境に耐えるよう、多層断熱材や放熱用の銀蒸着テフロン及びヒータを実装し、適切な動作温度環境を維持することが可能です。
- ③ 軌道上の熱真空環境で動作できる潤滑として、関節機構部の歯車に二硫化モリブデン焼成被膜、軸受に二硫化モリブデンスパッタリングによる固体潤滑を採用しています。
- ④ 「きぼう」ロボットアームの機器を宇宙飛行士の船外活動又は船内活動で交換することにより、保守が可能です。
- ⑤ 船内実験室に設置した操縦卓は、無重力環境下での宇宙飛行士の中立姿勢や視線のスキャンパターンを考慮し、良好な操作性を提供しています。

■ユーザの視点にたった良好な操作性

スペースシャトルマニピュレータとカナダの国際宇宙ステーションロボットアームとの操作上の共通化を行いました。特に、

ハンドコントローラや、コマンド・テレメトリ監視を行うラップトップ画面、操作で使用する運用座標系の定義、運用モード等で共通化を実現しています。フライト品完成後は定盤上で実際にアームを動作させ、宇宙飛行士も参加して操作性を評価しました。共通化設計により訓練リソースの低減、ミスオペレーションの低減を実現しています。



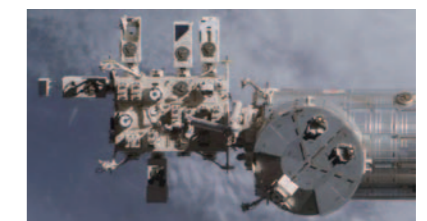
定盤上でのアームの操作性評価試験

■有人宇宙プログラムに適合する安全性・保安全性

ロボットアーム動作中の有人施設への衝突やハンドリングしている実験装置の不慮の放出に対して二重の故障が発生しても、安全を確保する設計となっています。更に、アームに故障が発生し停止しても、故障部位を交換できるよう6関節とも共通の設計となっています。また、操縦卓の故障に備え、バックアップの操作卓を使用し、危険な状況を回避します。

■運用実績

2008年6月に「きぼう」ロボットアームは船内実験室に固定された状態でスペースシャトルにより打上げられました。1年間に亘る軌道上チェックアウト及び性能データ取得後、2009年7月に打ち上げられた実験装置等3体を船外実験プラットフォームへ取り付けました。その後、2009年9月、種子島宇宙センターから打ち上げられたHTVに搭載された実験装置2体の取り付けを完了し、2010年11月現在、5種類のペイロードが地球観測・天体観測等のミッションを行っています。



移設した実験装置と「きぼう」ロボットアーム

■今後の計画

今後、少なくとも2020年までの運用期間に適宜打ち上げられる様々な観測・実験装置の取り付け作業を行い、継続的に「きぼう」の運用利用ミッションの支援を行う計画です。

また、「きぼう」ロボットアームの開発、及び軌道上運用を通して得た技術成果は、今後、デブリ衛星回収、衛星の軌道上保守、月・惑星の宇宙探査ロボットなどへの発展が期待できます。(画像提供: JAXA)

サービスロボット部門

細胞自動培養ロボットシステム

川崎重工業株式会社

世界初、iPS細胞の自動培養も可能な細胞自動培養システム



受賞担当者のコメント

昨年は、本賞を始め、色々な受賞、あるいは、新聞、雑誌等で取り上げていただき、色々な反響がありました。創薬用の自動培養装置が、今年4月には、理化学研究所のバイオリソースセンターに納入され、培養に使っていただいています。8月には、再生医療用の自動培養装置が、大阪大学医学部附属病院の未来医療センターに設置され、再生医療の臨床使用を目指した試みがスタートしました。

川崎重工業株式会社
システム技術開発センター MDプロジェクト室長
中嶋 勝己氏

■大きく広がる細胞培養のニーズ

再生医療は21世紀の夢の医療と言われ、患者さんの細胞を培養し、組織を再生し、疾病を治療することが目標です。既に重度熱傷に対する治療が始まり、他の組織に対する研究が進んでいます。細胞の培養は、医療用のクリーンルームであるCPC (Cell Processing Center) で熟練者により実施されていますが、汚染や間違いが許されない作業です。再生医療の実用化には、培養作業の自動化が必須であると考え、自動培養システムの開発に取り組みました。汚染や間違いの防止は、人には難しくても、ロボットには得意分野であり、システムの中心にロボットを採用しました。

細胞培養は再生医療だけではなく、創薬（新薬開発）でも必要とされます。再生医療の実用化には年月が必要ですが、創薬は、今必要とされる分野であり、一部仕様を見直し、創薬向けで使用できるシステムの開発も実施しました。

■ロボットを使った自動培養

最初にロボットを使った自動培養システムで、細胞を汚染することなく、かつ、手培養と同等の品質の細胞を培養するという課題に取り組みました。培養作業は基本的には、液体と容器のハンドリングです。自動化では、容器のハンドリングを汎用ロボットが行い、液体のハンドリングを専用機械に任せました。

汚染防止のためにはクリーン度100を保つ（無菌空間となる）ことが必要ですが、使用したロボットはクリーン度10の半導体用クリーンロボットです。先ず、再生医療研究向けに試作機を作り、再生医療で実績のある信州大学で評価試験を行いました。



再生医療研究向けの試作機

信州大学は厚生労働省の承認を得て、軟骨・骨の再生医療の臨床研究を実施しています。患者さんの骨髄液を採取し、微量に含まれる間葉系幹細胞を培養し、患者さんに移植します。培養した間葉系幹細胞の量と品質の確保が重要ですが、自動培養システムにより培養した細胞で、臨床に使用する合格基準を充たすことが実証されました。

■創薬向け自動細胞培養システム

自動培養システムの事業化の第一歩として、創薬用の細胞の培養を目指しました。多様な細胞の培養が求められるとともに、コストも重視されます。そこで、ロボットが行っていた作業の一部を専用機に置き換え、作業効率を上げ、コストパフォーマンスを向上させました。試作機による実証試験を進めながら、製薬企業を中心とした顧客要望を調査した上で、創薬研究向け商品機を開発しました。



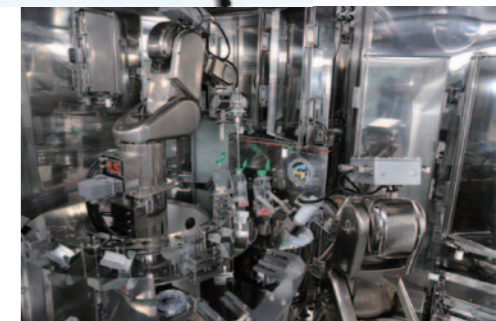
創薬研究向け商品機

■再生医療研究向け自動細胞培養システム

再生医療に対応するには実用レベルの汚染防止機能が重要です。実質的には、ロボットが動作する空間をクリーン度100以内に保って培養操作を行えば、汚染は起こりませんが、医療の世界では、より高いレベルで汚染を起こさない保証が求められます。そこで、万一、汚染が起こっても、すべての細菌やウイルスを死滅させられる、自動除染機能を装備しました。医療機器で実績のある過酸化水素ガスを使用しました。

過酸化水素は酸化力の強いガスであり、使用する機器の

材料選定が重要となります。また、ガスによる除染は表面のみとなるため、複雑な機構の自動除染は困難です。創薬向けのシステムではネジ機構やエアシリンダを使用しましたが、ロボットのみで実現することで、システムの自動除染が可能となりました。



再生医療研究向けの試作機

■世界初、iPS細胞の自動培養に成功

創薬研究向けの細胞自動培養システム商品機を使用し、iPS細胞の培養に挑戦しました。熟練者でないと培養が難しいとされますが、熟練者の技を自動培養システムで再現し、世界で初めて自動培養に成功しました。次は世界初の自動培養した細胞を使用した再生医療の臨床適用を目指したいと考えています。

■謝辞

細胞自動培養システムの開発には、独立行政法人科学技術振興機構と独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構のご支援をいただきました。開発作業では、大阪市立大学、東京大学、信州大学、北海道大学、産業技術総合研究所、成育医療研究センター、松本歯科大学の研究者の方々の支援を受けました。ここに謝意を表します。

サービスロボット部門

イチゴ収穫ロボット

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター／シブヤ精機(旧エスアイ精工)株式会社

世界が注目、イチゴ収穫ロボット



受賞担当者のコメント

今回の受賞は、農業分野以外の方々からも農業用ロボットの開発が進められて、実用化も間近との印象を持っていただいたことの意義は大きいと思われまます。農業分野も高齢化、担い手不足の道は避けられない状況の中で、1台でも多くの農業ロボットが農業現場で活躍し、農作業の省力化、生産性の向上などに貢献することが期待されます。いろいろな農作業にロボットが活躍する日を思いつつ、さらなる開発研究に取り組んでまいります。

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 特別研究チーム(ロボット) 主任研究員 林 茂彦氏
シブヤ精機(旧エスアイ精工)株式会社 常務取締役 技術統括本部長 岡崎 剛政氏

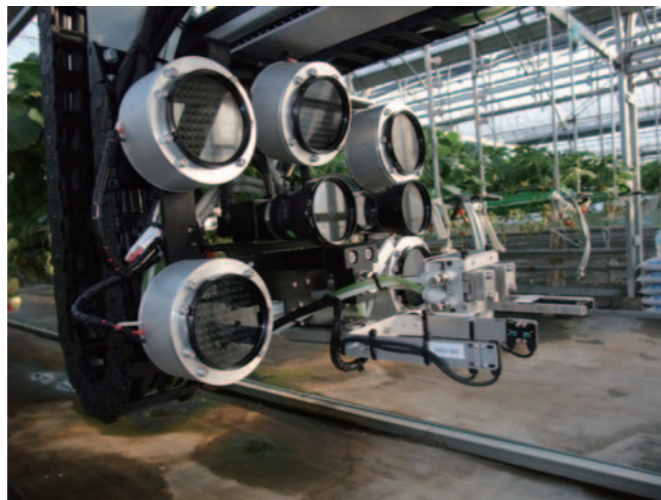
■収穫ロボットの構成

イチゴ収穫ロボットは、マニピュレータ、マシンビジョン、採果ハンド、トレイ収容部、走行部から構成され、長さ1.7m、幅0.6m、高さ1.9mです。イチゴハウスを移動しながら赤いイチゴを見つけ出し、自動で収穫していきます。

- ①マニピュレータ
3自由度の円筒座標型マニピュレータを利用しています。
- ②マシンビジョン
マシンビジョンはLED照明5灯とCCDカメラ3台から構成され、両側のカメラ2台によりステレオビジョン処理が行われ果実の位置と着色度を測定します。中央カメラにより果柄の切断位置と傾きを推定します。画像を入力する時のみLEDが点灯します。
- ③採果ハンド
採果ハンドはマニピュレータの先端に取り付けられ、果柄を切断するフィンガ、および果実を検知するセンサから構成されています。フィンガの先端に隙間を設けることにより、別の果柄を切断しないようにしています。
- ④トレイ収容部
収穫した果実を入れるトレイを格納するスペースがあります。空トレイを1箱ずつ取り出し、収穫して満杯になったら収容部に戻します。

⑤走行部

イチゴ栽培ベッドの通路方向に移動するフレームと横方向に移動するテーブルから構成され、ロボット本体を搭載してハウス内を移動します。



果実に傷つけず果柄を切断して収穫

■農家さんに使ってもらうための実用性の追求

このロボットはイチゴの生産現場で動作し、普及することを目指して開発されました。以下の特徴を持っています。

- ①着色度の判定
熟練した農家さんの目に負けないように、果実の色味具合を判定する機能があります。一般には8分着色以上であれば収穫に適しています。この基準値は、農家さんの判断で変更できるようになっています。
- ②果柄の検出と把持
イチゴはとても柔らかいため、果実に触れると傷みが心配です。傷つけないように果柄を持って摘み取ります。
- ③トレイへの収容と運搬
収穫した果実をトレイに順次収容していきます。満杯になったら次のトレイが準備されます。栽培ベッド1列の収穫が終了すると果実トレイを排出し、空トレイを受け取って次の通路に入っていきます。

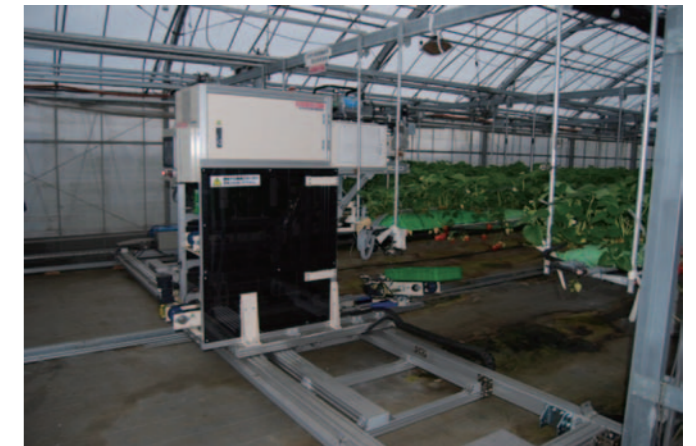


収穫ロボットの操作画面

■イチゴハウスでの動作

- 収穫ロボットは、ホーム位置を起点として、横移動しイチゴ栽培ベッドの通路に入っていきます。前進動作で通路右側の果実を順次収穫します。通路終端で機体を180°旋回させ、後進しながら通路左側の果実を収穫します。
- 収穫の詳細な動作は以下の通りです。走行部が停止した状態で採果を行います。
- ①2台のステレオビジョンカメラにより果実の3次元位置を計測します。
 - ②検出した果実の着色度を推定し、収穫するかしないかを判定します。
 - ③収穫しようとする果実に向きなおし、中央のカメラで果実を撮影し、果柄の切断位置と傾きを求めます。
 - ④採果ハンドは、果実の傾きに応じて左右に回転して、果柄の切断位置に接近します。
 - ⑤グリッパで果柄を切断し、果実が把持できていることを確認して、トレイに収容します。

- ⑥これらの処理が終わると、収穫ロボットは200mm前進し、次の果実を探します。



トレイを準備してイチゴの通路に進入

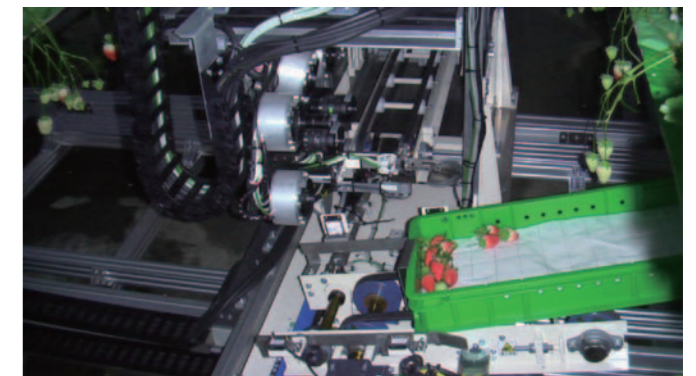
■収穫性能と利用方法

ロボットといっても人間と同じ能力を持っているわけではありません。基本性能は以下の通りです。

- ①適熟果実の収穫割合:60~65%
- ②サイクル時間(果実1個の収穫処理):9秒

イチゴ収穫ロボットは主として夜間稼働します。人間に比べサイクル時間が遅い分、夜間にゆっくり確実に作業を行います。夜間に稼働することで、照明条件が一定になり果実を見つけやすくなります。また、夜間は果実の温度が低いため、表皮が堅く傷つきにくくなります。新鮮なイチゴを消費者に届けることができます。

収穫精度が60~65%ですから、採れなかった果実は翌朝に農家さんが収穫しなければなりません。しかし、農家さんにとっては寝ている間に約2/3の作業を済ませてくれるので、大変助かります。



夜間の収穫作業

サービスロボット部門

サイバネティックヒューマンHRP-4C

独立行政法人産業技術総合研究所

世界で最も人の容姿に近い二足歩行ヒューマノイドロボット



受賞担当者のコメント

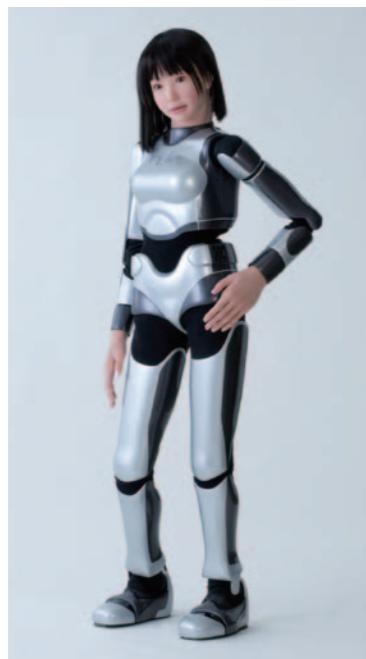
受賞後も、世界各国のメディアに取り上げていただいております。本年は、JISSO PROTEC 2011においてMCとの掛け合いで10分間におよぶ製品紹介を行い好評を博するとともに、経済産業省事業「平成22年度クール・ジャパン戦略推進事業（フランスを拠点とする海外販路開拓支援事業）」の一環として、フランス・パリにて開催されたFutur en Seineイベント中の「JAPAN CREATIVE CAFÉ」にてダンスパフォーマンスを行い、ついに海外進出も果たしました。これからもクール・ジャパンの旗手の一員として活躍を続けていきます。

独立行政法人産業技術総合研究所
知能システム研究部門・副研究部門長
横井 一仁氏

世界で最も人に近い容姿を備えた二足歩行ヒューマノイドロボット

サイバネティックヒューマンHRP-4Cは、「日本人人体寸法データベース1997-98」¹の青年女性の平均値を参考にして、関節位置や寸法をデザインし、世界で最も人間に近い容姿を備えた二足歩行ヒューマノイドロボットです²。愛称を、未夢（みーむ）といいます。身長は158cm、

体重は青年女性の平均値よりも軽い46kgで、全身で44自由度を有しています。人間に極めて近い動作を実現するため、腰に3自由度、首に3自由度を持たせているほか、各脚にはつま先関節も含めて7自由度、各腕には、手の2自由度を含めて8自由度を持たせています。また、青年女性の平均顔をモデルに



サイバネティックヒューマンHRP-4C未夢

したリアルな頭部には、表情の表出のため8自由度を内蔵しています。

これまでも、数多くのヒューマノイドロボットが開発されています。その中にはリアルな頭部を持つものもありましたが、体型が人に近いものは歩行ができず、歩行ができるものは体が人とは似ても似つかぬものでした。未夢は、その容姿に加え、自立二足歩行が可能となっている点が、ほかのヒューマノイドロボットにない最大の魅力です。

開発の背景

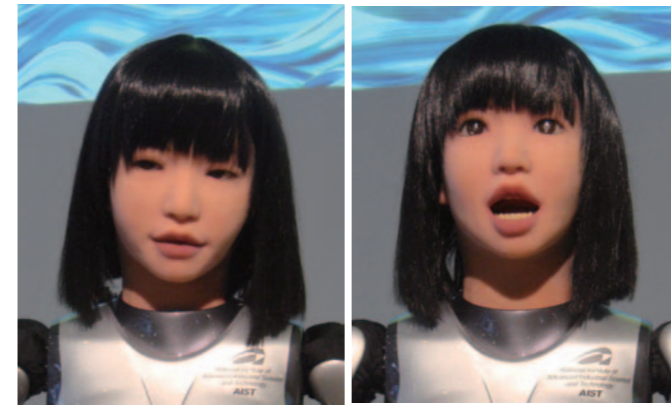
ヒューマノイドロボットは、次世代ロボットの最終形態の1つとして期待され、民間企業での取り組みも含め積極的に研究開発が行われていますが、これまでに実現した応用は研究開発用のプラットフォーム、ホビー等に限定されています。

我々は、二足歩行ヒューマノイドロボットの産業化のためには、魅力あるハードウェアと、魅力あるコンテンツの両者が必要だと考えます。

未夢は、このような認識のもと、従来にはない魅力あるハードウェアの実現を目指して、産総研が2006年度から3か年計画で実施した産学連携プロジェクト「産総研産業変革研究イニシアティブ」の「ユーザ指向ロボットオープンアーキテクチャの開発」の一環として開発されました。

魅力あるコンテンツ実現のために

産総研において開発してきた二足歩行ロボットの先進制御技術を適用することにより、人間の歩行動作や全身動作を参考にした人間に近い動作を実現しています。未夢は、表情を変えることもできます。



怒った顔

驚いた顔

また、外部コンピューターで人間の音声認識し、その認識結果にもとづいて動作するなど、人間とのインタラクションも可能となっています。

コンテンツ産業は、多くのクリエイターの活躍に支えられています。産総研では、人の歌唱をお手本に、自然な歌声を自動生成するVocaListenerやロボットの顔動作を自動生成するVocaWatcher³、また、CGキャラクターの動作を作成する感覚でヒューマノイドロボットの多様な振る舞いを簡単に作成できるソフトウェアChoreonoid⁴等、ロボットの専門知識がないクリエイターでも、未夢を活用したコンテンツが制作できるよう技術開発を進めています。

コンテンツ分野でのヒューマノイドロボットを用いた新産業創出を目指して

未夢は、これまでに、「2009年東京発 日本ファッションウィーク シンマイ クリエーターズ コレクション」での開会挨拶を皮切りに、「2009年ユミカツラ パリ グランドコレクション イン 大阪」でのウエディングドレス ファッションモデル、「JISSO PROTECH 2010」でのヤマハ発動機ブースでの人間MCとコラボレーションでの商品紹介など、コンテンツ産業の現場で活躍してきました。



2009年ユミカツラパリ
グランドコレクション
シンマイ イン 大阪で
ウエディングドレスを着た未夢

また、「CEATEC JAPAN 2009」では、ヤマハVOCALOIDによる歌唱、「CEATEC JAPAN 2010」では、VocaListenerおよびVocaWatcherによる、より自然な歌唱を披露しました。さらに、コンテンツ産業の活性化を支援する「DIGITAL CONTENT EXPO」にも2009年、2010年と連続で出演し、石川勝氏（東京大学IRT研究機構 特任研究員）、SAM氏（ダンスクリエイター／ダンサー）のプロデュースのもと、2009年には1人芝居を、2010年には4人の女性ダンサーとの共演で、歌いながらのダンスパフォーマンスをChoreonoidを用いた動作生成により披露しました。コンテンツを入れ替えることで、様々な役割を果たせるのが未夢の特長です。



DIGITAL CONTENT
EXPO 2010で
未夢フランスと踊る未夢

世界の評価

様々なプロフェッショナル・ユーザーから未夢は、そのデザイン性、機能性から新たな商品として魅力があると高く評価され、TIME誌の「2009年 The 50 Best Inventions Of the Year」にも選出されました。

また、未夢の技術は、学会においても高く評価され、人間型ロボットにおける世界最高の専門家会議「2009 IEEE International Conference on Humanoid Robots」において、最優秀論文賞を受賞しています。

参考情報

- 1) 日本人人体寸法データベース1997-98
<http://riodb.ibase.aist.go.jp/dhbodydb/>
- 2) 人間に近い外観と動作性能を備えたロボットの開発に成功、産総研プレスリリース(2009.3.16)
http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2009/pr20090316/pr20090316.html
- 3) VocaListenerで歌うサイバネティックヒューマン HRP-4C 未夢
<http://staff.aist.go.jp/t.nakano/VocaWatcher/index-j.html>
- 4) 人間型ロボットの動作を簡単に作成できる統合ソフトウェアを開発、産総研プレスリリース(2010.10.16)
http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2010/pr20101016/pr20101016.html

サービスロボット部門

ジョイスティック式自動車運転システム

国立大学法人 東京農工大学 / 株式会社ニッシン自動車工業

重度障害者の自動車運転を可能にする装置



受賞担当者のコメント

今回の受賞は福祉車両の社会的認知度の向上につながりました。受賞後にはジョイスティック運転装置を搭載した試作1号車に車両認可が与えられ、ジョイスティックを用いて公道を走行できるようになりました。

また、ユーザからの問い合わせ、車両の試乗、デモなどの依頼も増え、社会的な関心が高まっていること、また実用化が近づきつつあることを実感しています。今後さらに安全性を向上させ、また操作感にもこだわり、快適な運転を実現するジョイスティック運転装置の完成を目指してゆきたいと考えています。

東京農工大学工学研究院 准教授
和田 正義氏

■重度障害者の自動車運転を可能にする装置

車いすを使用する重度の障害者を対象とした、自身による自動車運転を可能にする運転支援システムを開発しました。ジョイスティックを操作することで、自動車のハンドル、およびアクセル・ブレーキペダルを電気モーターで作動させ、自動車を運転することができます。よって足のみでなく上半身にも障害を持つ方でも軽い力および小さいストロークで操作が可能となります。さらに車両後部には電動ハッチとリフトを備え、車いすのまま運転席に移動することができ、車いすを運転席部分に固定する機構により、車いすのまま運転ができるので移乗が不要となっています。

海外にもジョイスティック式の運転装置はありますが、日本国



車両に搭載した様子(2本ジョイスティックタイプ)

内にてこれらのシステムを利用するためには経済的負担が多額であり、かつメンテナンスやアフターケアなどが不十分であるなどの問題もあります。これらの問題を解決するため、国内にて製造・販売が可能で、全電気電子式であるジョイスティック式自動車運転装置の開発を行いました。開発した装置は、新規購入の車両に後付けで設置できること、さらに様々なAT車に適用可能であることなどを視野にいれた設計がなされています。

■柔軟な組み合わせが可能な装置構成

開発した装置はステアリングホイールの駆動制御、およびペダルの駆動制御を行う2つのサブシステムから構成されます。



ジョイスティック式自動車運転装置の駆動ユニット



ジョイスティック式自動車運転装置の駆動装置

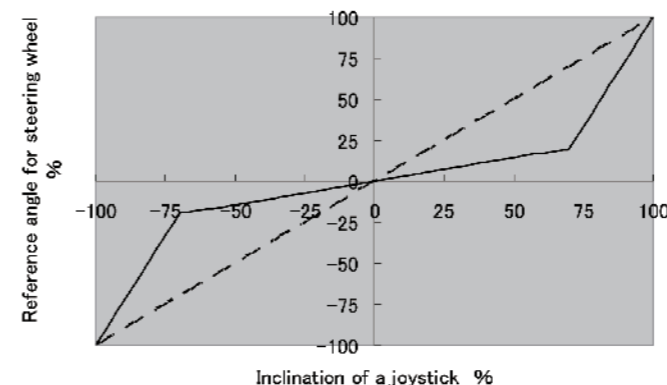
それぞれの駆動制御は、運転者が操作するジョイスティックなどの入力装置に従い実行されます。ジョイスティックは2自由度のもの1本、あるいは1自由度のもの2本、さらには他の入力デバイスなどにも対応が可能です。運転者の障害の度合いに応じて、どちらか一方、あるいは両方の駆動システムを装着するなど選択することができ、さらに従来の機械式の運転装置(手動装置)やハンドル、ペダルをそのまま使用する運転方法との組み合わせも可能になっています。

各々の駆動システムは機構的あるいは制御的に極めて類似した構成になっており、電気モーター、制御装置を始め、多くの部品の共通化を図っています。

■安定した走行制御のためのハンドル操作感度

ジョイスティックによるステアリング操作の感度は折線関数を用いています。前輪の角度が直進に近い領域においては微妙なハンドル操作が可能ないように感度を低下させています。一方、駐車の際のすえきり時には早く領域の端までハンドルが切れるよう両端付近の感度を上げ、操舵輪の全動作領域が無駄なく利用できるように設定を行っています。感度の折り返し点、および中央の直線の傾斜はユーザの運転レベルに応じてソフトウェアで調整が可能です。

Transform function of joystick to steering wheel



ハンドルの感度調節の例

■装置の正常な動作を保証する異常検出システム

車両、および運転者の安全な運転を確保するために、装置の異常を検出するプログラムを搭載しています。主要なものは以下になります。

- ①断線検出：装置の正常な稼働に必要なモーター・センサ類の配線が断線していないかを常時監視しています。
- ②温度異常：電子部品の温度が上昇した場合に、モーターへの電流を抑制します。
- ③通信異常：2つの制御装置間では通信により情報交換を行っており、その通信が途切れた場合、一方の制御装置が異常であると判断します。

■車両の安全な停止を行う緊急車両停止装置

車両が危険な状況にあり、運転者が緊急に車両を停止したい場合には、非常停止スイッチにより車両を安全に停車できるシステムが導入されています。このシステムはあらかじめ蓄えられた圧縮空気を用いてブレーキを作動させる方式ですので、電気系統の異常時などにも有効に働きます。助手席に備えられた補助ブレーキを空気圧シリンダーで作動させる仕組みです。

■その他の装備

車両にはその他、単身で自動車を運転して移動するための各種装備を搭載することが可能となっています。

- ①電動ハッチ：手元のリモコンで開閉動作を行うことができる電動ハッチです。
- ②車いすリフト：ハッチ同様、リモコンで操作可能なリフトで、車両後方に搭載します。これにより車いすのまま車内へ乗り込むことができます。
- ③車いす固定装置：電動車いすを運転席部分に固定する装置で、車両床面に備えられた固定装置で車いすのフレームをしっかり把持します。
- ④各種スイッチの移設：ジョイスティックによる運転を可能とするために、ウインカー、ライト、ホーンなどのスイッチをジョイスティック付近に移設し、指で操作できるようにします。
- ⑤電動サイドブレーキ：作動に力が必要となるサイドブレーキですが、スイッチのオンオフにより動作する電動装置の設置により簡単に操作できるようにします。

■福祉車両のオーダーメイド

障害の部位、度合は人により様々です。また、運転したい自動車の種類も様々です。このような多様なニーズに対応するために、開発したシステムはハード的あるいはソフト的に柔軟な設計がなされています。

さらに入力装置の種類、その取り付け場所、あるいは操作力や動作領域などに関してユーザーの意見を最大限取り入れ、身体的条件を加味しながら、1台1台、一人一人について検討してゆきます。まさに福祉車両のオーダーメイドのシステムです。



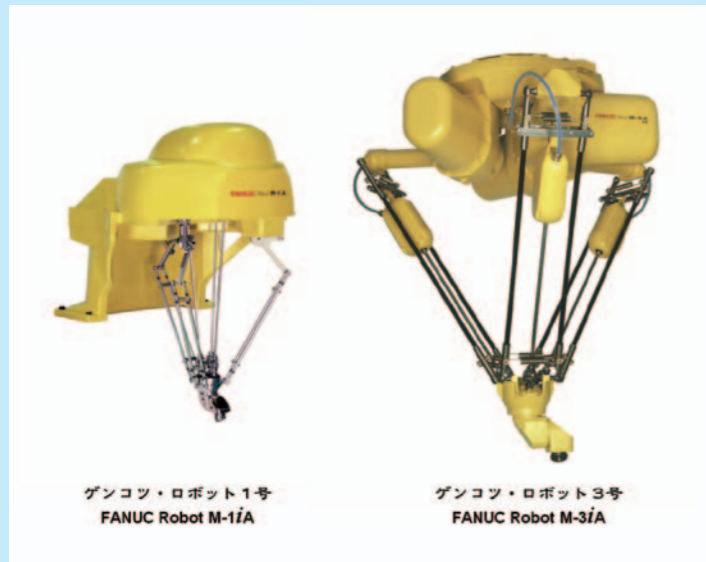
ユーザによる試乗、ヒアリングの例

産業用ロボット部門

ゲンコツ・ロボットシリーズ

ファナック株式会社

ゲンコツ・ロボットシリーズ



ゲンコツ・ロボット1号
FANUC Robot M-1iA

ゲンコツ・ロボット3号
FANUC Robot M-3iA

受賞担当者のコメント

優秀賞を頂戴し誠にありがとうございます。ゲンコツ・ロボットは、そのユニークなネーミングと愛嬌のある外観、そして目にも止まらぬ素早く器用な動きを多くのお客様から大変に好評いただいております。今までロボットを使ったことのないお客様に「使ってみようか」と思わせることができ、また、「ゲンコツ」という名前は弊社のブランドとして広く深く様々な分野で浸透したことを実感しています。今後もお客様のご要望に応え、一件一件丁寧に生産設備の自動化のお手伝いをしてまいります。

基本ロボット研究所ハンドリングロボット開発部 部長
木下 聡氏

■ゲンコツ・ロボットシリーズ

ゲンコツ・ロボットのネーミングは人間の「げんこつ」に由来します。従来の産業ロボットには見られないユニークな外観、柔らかい曲面を組み合わせたシルエットは、「ゲンコツ」というネーミングの持つイメージ、すなわち緊張感のある力強さを内包しつつ、人の手と指の関係のように微細な作業をこなすロボットに相応しい有機的でやさしい印象を与えるデザインを模索した結果生まれました。

携帯電話や小型機械部品などの精密機器の組み立てや部品配列に適したゲンコツ・ロボット1号、広い作業スペースと大容量6kgの可搬能力、密閉構造で食品などの搬送や整列を高速にこなすゲンコツ・ロボット3号のラインアップで、従来の多関節ロボットにない特長を活かし、今までロボット化が進んでいなかった新しい分野への適用が急速に拡大しつつあります。

■従来にない6軸機構

4軸タイプと6軸タイプの2種類の機構のうち特に6軸タイプは、パラレルリンク構造のロボットとしては類のない3軸手首を持つ6自由度構造を実現しています。単なる平面的な品物の移動や整列だけでなく、品物の向き

を変えたり、「斜めに嵌める」、「ひねる」といった手首の柔軟性が、組み立てや自由曲面磨き仕上げなど、新しい用途を切り開きました。

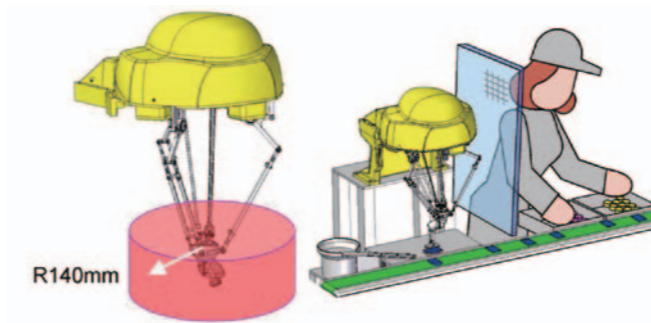


6軸を活かしたねじ締め作業

■省スペース

多関節ロボットの導入に二の足を踏んでいた市場の多くは、その理由にロボットが大き過ぎることを挙げています。

ユニークなパラレルリンク機構は一般的な多関節タイプとは異なり、アームの動作エリアがメカニカルに制限されているため、安全動作領域がロボット本体の真下のみに限られます。ラインの安全性の確保が容易になり、省スペースでコンパクトな生産ラインが実現できます。



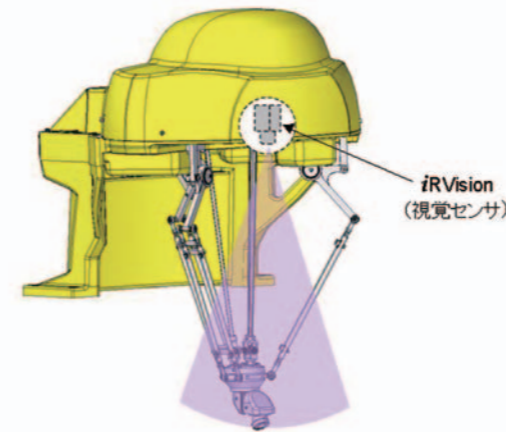
省スペース設置

■目を持った知能ロボット

カメラを組み合わせ、人間の目に相当する機能を持たせることができます。

手元の様子を認識できるため、品物を予め位置決めしておく必要がありません。作業台上に置かれた品物を見つけ、異なる形状の部品の仕分け、良品不良品の検査、文字や色の識別といった高度な知能化作業を行うことができます。

画像処理はパソコンを使用しない内蔵ハードウェアで行うことで、生産設備に求められる高い安定性と信頼性を実現しています。



目を持った知能ロボット

■省エネ

細くて軽いリンクで先端を素早く動作させる機構は省エネにも大きく貢献します。多関節対応のロボットで必要だった自分自身を動かすためのエネルギーが軽減され、動作時のエネルギーロスが極めて小さくなりました。

また、多関節ロボット数台分の作業を1台でこなす機敏性と相まって、従来の多関節ロボットと比べ、約55%の省エネ効果を実現しています。(ゲンコツ・ロボット1号の場合)

■超高速動作

手先部にモータなどの動力源を持たないシンプルで軽量のパラレルリンク機構は極めて高い運動性能を発揮します。手先部の最大加速度はゲンコツ・ロボット1号で6G、ゲンコツ・ロボット3号は20Gにも達します。スペースシャトル発射時の加速後は3G、F1マシンの加速性能は5Gですから、F1マシンをも凌ぐ超高速動作で、目にも止まらぬ作業が可能です。

■今後の展望

多関節型の産業用ロボットは機械製造分野での導入が主流でしたが、全く新しい形態のロボットの登場は、他の様々な製造分野を刺激しました。インスタント食品、お菓子、医療器具、携帯電子機器、腕時計、成形部品、文房具、検査、薬品試験など、あらゆる分野での導入が進んでいます。

ユニークな外観、柔軟で器用な動き、知能を備えたゲンコツ・ロボットシリーズは様々な分野でのロボット化に貢献いたします。

公共フロンティア部門

消防用偵察ロボット FRIGO-M (フライゴー・エム)

三菱電機特機システム株式会社／総務省消防庁消防大学校消防研究センター

災害現場で活躍するタフな情報収集ロボット



受賞担当者のコメント

受賞後、しばらく反応がありませんでしたが3月の震災、原発事故以降展示会では海外製ロボットのニュースに何故国産ロボットが活躍しないのかと苦言を多数いただき、われわれの活動のさらなる底上げに繋がりました。

また、警視及び消防のロボットを受注、各省庁や電力会社等から問い合わせがあり、改めてロボット大賞受賞の見えない力を感じています。

三菱電機特機システム(株) 営業本部電子営業部 部長代理 鈴木 健氏

FRIGO-Mの基本的特徴

遠隔操縦により人に代わって情報収集を行う機材で、消防隊員を支援するロボット機材です。NBCテロなどによる災害発生時の初動強化と消防隊員の安全確保を第一の目的とし、現場周辺状況の映像による把握に加え、散布された毒劇物、漏洩したガス等を専用の検知器で検知を行い離れた場所へその状態を伝送することができます。現場隊員は、扱い容易で現場で使える耐久性に優れたツールを求めており、FRIGO-Mはこれらニーズに応えています。

①片手に本体、片手に操縦装置を持ち、一人で搬送展開可能な小型軽量システムを実現

→重量:約20kg
形状:約440×460×740mm(W×H×D)

②簡単な操作、単純な機構で最大の能力を発揮

→シンプルな機能の本体と、使いやすいユーザインタフェースを持つ操縦装置の組合せにより少ないトレーニングで運用が可能です。機材の起動時間を1分程度に抑え、すばやい展開も可能としています。

→特別なクローラ走行方式の開発により、悪路での走破性確保と、高積載能力の長所を兼ね備えた上に、狭隘場所での機動性に優れた小型形状ながら、階段昇降も可能なボディデザインを実現しています。

→単純な構造によりメンテナンス部品が少なく、さらに駆動電源は繰り返し使える充電電池を使用し、維持コストなど経済性にも配慮しています。連続稼働時間は1.5時間以上であり、消防活動単位と合わせた稼働時間としています。

③単純なシステムから順次、能力の拡大が可能

→本体は移動ユニット／検知器ユニットの2つのユニット部で構成され、検知器ユニットは災害・事故に応じて現場で取替えが可能な機構となっています。

→基本検知器は、燃焼ガス検知器、ガンマ線検知器、化学剤検知器で、検知器の表示データをカメラで撮影し伝送します。外部インタフェースのない検知器であっても使用



検知器搭載例

ハンディ型検知器表示部を撮影し操縦装置へ伝送。専用検知器取り付けにより、コンピュータにデータを取り込みデータ転送も可能。

可能で、各消防の所有するハンディ検知器が使えるよう汎用性に配慮しています。

→検知器ユニットは、さらに高度な検知ユニットを構築することも可能であり順次能力拡大が可能となっており、各種現場への対応に配慮しています。

災害現場への適用を可能とした耐環境性能

消防の現場では、必要な時に安心・信頼して使える機材であることが必須であり、実用化普及のために必要な耐環境性能を実現しています。

→防水・防塵性: JIS C0920 IP67

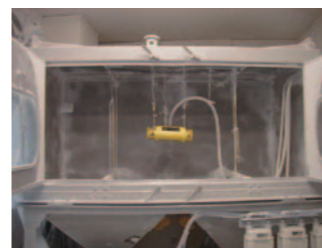
- ・防塵性 内部への粉塵の侵入が全く無い
- ・防水性 水深1mの水中に30分間没していても機能に障害が発生しない

→耐衝撃性: NDS C 0110E Class A

1m落下衝撃にて機能に障害が発生しない

→非着火性: 自主基準試験にて確認

水素ガス中での連続動作において着火源にならないことを実証



防塵試験例



防水試験例

活用が期待される現場や事案

前記の特徴を有するFRIGO-Mは、災害初期において先行的に用いる補助資機材として下記のような活用が期待されています。

- ・機動性を生かした災害初期の偵察・検知活動
- ・化学剤等の散布が疑われる現場での検知活動
- ・活動区域(ゾーニング)を設定するための検知活動
- ・低酸素状態の現場における偵察・検知活動
- ・消防隊員の進入困難な現場での偵察・検知活動
- ・要救助者等の状況確認

情報収集ロボットから作業支援ロボットへの展開

FRIGO-Mは、消防隊員のリスク軽減を果たしながら情報収集支援を実施するに限らず、ストレッチャー牽引／マニピュレータなど各種作業オプションの搭載や、自律航法機能の搭載などにより、作業支援ロボットとして、人命救助への応用的適用など幅広い活用が期待されます。

- ・突入隊員への自動追尾走行

(進入位置確認、進入経路記憶案内、機材搬送支援など)

- ・要救助者の自動搬送
- ・緊急時のエアラインホース延伸 (管路内事故などに対応)
- ・除染作業支援 (テロ災害等で化学剤が散布されたときなど)
- ・消火剤散布による消火活動補助
- ・爆発物処理対処 など

3K分野等での応用拡大を目指して

FRIGO-Mシリーズは、「助ける人にも安全を」というテーマのもとに実用化され、消防隊員の安全化を図るとともに、最終的には市民の安全確保につなげるべく、消防現場での必携ツールとしての普及発展を目指し進化を続けています。

また、FRIGO-Mの実用化により得た技術は、多方面での製品実用化に応用拡大が期待されます。特に耐環境性能に関する技術は、人が行うには劣悪・過酷な環境下での作業機械化への応用が期待され、各種管路内やプラント設備等の点検、床下点検など建物内狭隘空間検査点検などへの適用を広く推進しています。



進化するFRIGO-M



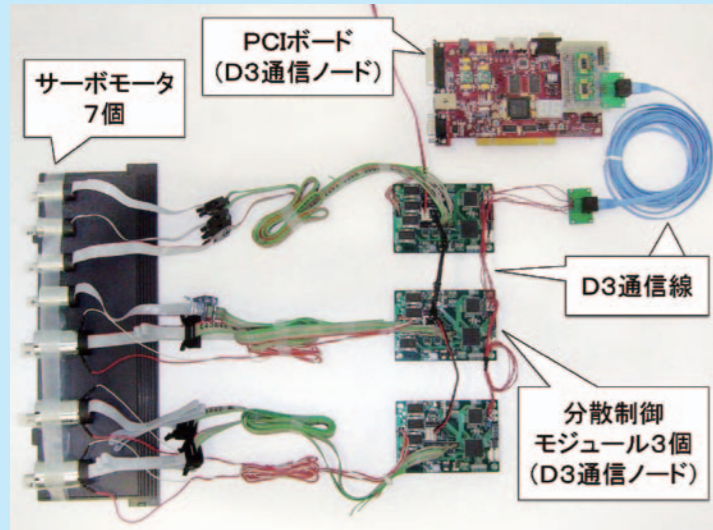
FRIGO-Mの運用

部品・ソフトウェア部門

D3モジュール

株式会社 D3基盤技術

サービスロボットの安全を保証するD3モジュール



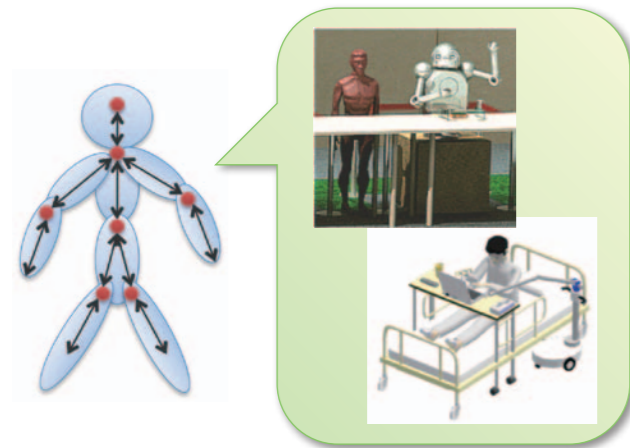
受賞担当者のコメント

起業後間もないベンチャーにも関わらず、技術と実績を認めて賞を頂いたことに感謝しております。その後は、初めて当社の技術を紹介する場合でも、信頼性や認証の意義について、真剣に考えてもらえるようになりました。また海外でも当社のD3モジュールが採用され始めております。サービスロボットの国際安全規格ISO 13482の発行もまぢかとなり、今後サービスロボットの実用化の進展とともに、認証で安全を保証する、当社の技術が重要な役割を果たすようになって考えております。これからもますます努力して参りますのでどうぞよろしくお願い申し上げます。

(株)D3基盤技術 取締役
中坊 嘉宏氏

■サービスロボットの安全を保証するD3モジュール

D3モジュールのD3とは、分散 (Distributed)・決定論的 (Deterministic)・高信頼 (Dependable) の3つの頭文字Dをあらわします。すなわち、サービスロボット内部のセンサーやモーターの分散制御を、タイムトリガ技術による決定論的な通信動作で、高信頼かつ高精度に実現するものです。人と接するサービスロボットには高い安全性が求められますが、D3モジュールは安全規格認証済みの技術により、サービスロボットの安全を保証します。



サービスロボットの分散制御モジュール

■第三者規格認証によりロボットの安全を保証する

これまでの製品の多くは、メーカー企業が安全を保証し、消費者は企業のブランドイメージを信頼して製品を購入してきました。しかし社会の成熟とともに消費者はますます高い安全性をもとめるようになり、そのうえサービスロボットはこれまでにない新しい種類の製品であるため、メーカー企業だけで信頼を支えるのが困難となっています。

これを解決するため、専門家の知識や社会一般の通念を反映した安全規格を制定し、公正な第三者機関が規格のもと



企業ブランドに頼る安全から、第三者認証へ

づいて製品を認証する責任分担構造の構築が始まっています。この第三者認証のしくみにより、消費者は安心してサービスロボットを使えるようになり、企業も安全に対する説明責任が果たせます。

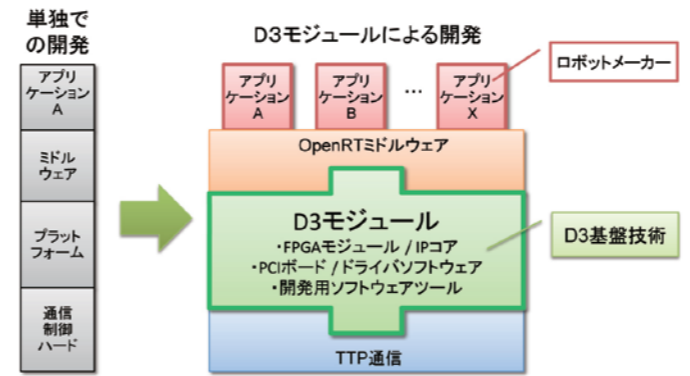
■安全規格認証とD3モジュールのメリット

我々は、この安全規格認証済み通信プロトコルを使用したD3モジュールによりメーカー企業の開発や認証の負担を軽減します。

これまでメーカーがサービスロボットを開発する場合、ハードウェアからミドルウェア、アプリケーションまで、すべてを自社単独で開発することがほとんどでした。しかしこの方法では安全を保証するために開発したすべての部分について認証をうけなくてはなりません。認証にかかる手間や費用もさることながら、安全を証明するために自社の技術をすべて認証機関に開示しなくてはならなくなります。

これに対してD3モジュールが提供する共通基盤技術を使えば、メーカー企業は安全規格認証済みの通信基盤の上にミドルウェアや自社のアプリケーションを構築することができます。もともと通信制御などのハードウェアプラットフォーム部分は、制御サイクルタイムなどの必要な性能を過不足なくみだし、高信頼で確実な通信ができればよいと考えられます。すなわち内部の構成部品として非競争領域の部分には共通基盤技術を使って労力を軽減し、逆に競争領域であるサービスアプリケーションの部分に開発リソースを集中させることができるのです。

一方、センサーやモーターなどのデバイスメーカーにとってもD3モジュールは大きなメリットを持ちます。D3モジュールを採用することで他社のデバイスとも高信頼に接続することができるようになり、共通インターフェースを持つ基盤技術の一部として自社の優れたデバイス技術をサービスロボットに利用してもらうことができます。その際に自社のコア技術をモジュール内に隠蔽して守ることもできます。

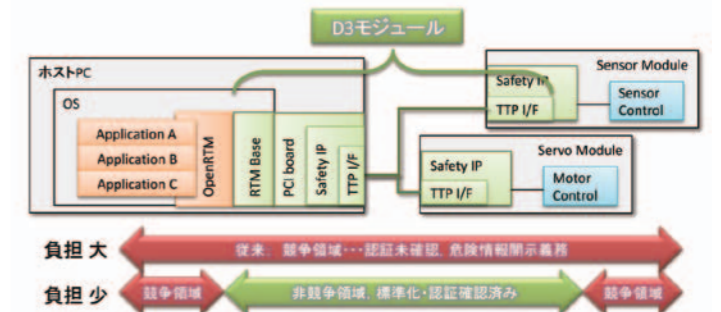


メーカーの単独開発から、共通基盤技術の利用へ

■D3モジュールの特徴と安全性

最後にD3モジュールの特徴を以下にまとめます。

- ①センサーやモーターの分散制御通信モジュール。
- ②すべてのノード(モジュール)が自動で同期。決定論的な動作で完全な予測可能性。
- ③最高レベルの安全規格認証済み通信プロトコルTTP/Cを使用 (IEC61508機能安全規格SIL4システム、10⁻⁹/時間≒10万年に1度の危険側故障率に適用、航空、鉄道で多くの実績)。
- ④CANバスを置き換えて高信頼化が可能。
- ⑤8mm角のFPGAにも実装できるコンパクトなIP。異常検出や通信保護などの安全機能を内蔵。
- ⑥高信頼、高精度な同期通信を使った自由なアプリケーション開発を、短期間で簡単に実現可能。



D3モジュールの利用による認証負担の軽減