

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「ヒト代替バリ取りロボットの開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成25年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 公益財団法人科学技術交流財団

目 次

第 1 章 研究開発の概要-----	3
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標-----	3
1-2 研究体制-----	8
1-3 成果概要-----	12
1-4 当該研究開発の連絡窓口-----	13
第 2 章 本論-----	14
2-1 研究内容及び成果-----	14
2-2 プロジェクトの管理・運営-----	21
第 3 章 全体総括-----	22

第 1 章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究開発の背景

自動車部品や家電製品等においては樹脂部品が多く使われ、プラスチック製品の約 10%を占めているが、今後軽量化の動きが益々強くなることから樹脂部品の増加が考えられる。ただし、樹脂部品の成型時に生じるバリは重要な問題である。大型部品では成型時に生じるバリを除去する自動化手法が検討されているが、小物部品については装置設置の費用対効果が低く、自動化が遅れているのが現状である。そのため人海戦術でバリを取っているが、バリの除去が十分でなく信頼性に欠けるため、ラインに検査工程を設けている場合が多い。またバリ取り工程は、研削具が回転している加工機を使用するため巻き込みの危険性があり、さらに粉塵による人体への影響も無視できなく、大いに検討されなければならない課題となっている。以上より、人(作業員)に置き換え得る、狭いスペースで可動するバリ取りロボットの開発が要望されている。

1-1-2 研究目的

樹脂部品製造業者のニーズは、人海戦術で行っているバリの取り残しをなくし、信頼性を向上させることである。川下製造業のロボット業者は、ロボットアーム先端のハンド部についてはユーザニーズの多様化のため、汎用品は製造していない。そこでヒトと同様な手作業と作業対象の観察が可能なロボット、即ち3本指を持つハンドで部品を把持し、ヒトの手のように部品を回転・移動をさせながら、カメラセンサと協調制御させてバリの状況を認識し、ヒトと同様に汎用加工機(バリ取り用ベルトサンダ等の固定機械)を使用してバリを精度よく除去するロボットを開発する。図 1-1 に従来技術と新技術の比較模式図を示す。

今年度は、当該ロボットを構成するユニット単位での製作・検証と、ロボット全体の統合制御の開発を並行して実施するため、次の5つの装置を開発した。

- ・「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ機」及び「システム検証用ロボット装置」
- ・「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ装置」
- ・ロボットハンド装置
- ・ロボットセンサ装置
- ・バリ取用汎用研磨装置



図 1-1 従来技術と新技術の比較模式図

それぞれの要素技術は後述の研究体制で示す機関において実施し、最終的には研究機関が密に連携することにより「ヒト代替バリ取りロボット」のプロトタイプ機を開発するに至った。それぞれの担当機関と研究項目(要素技術)の関係を図 1-2に示す。

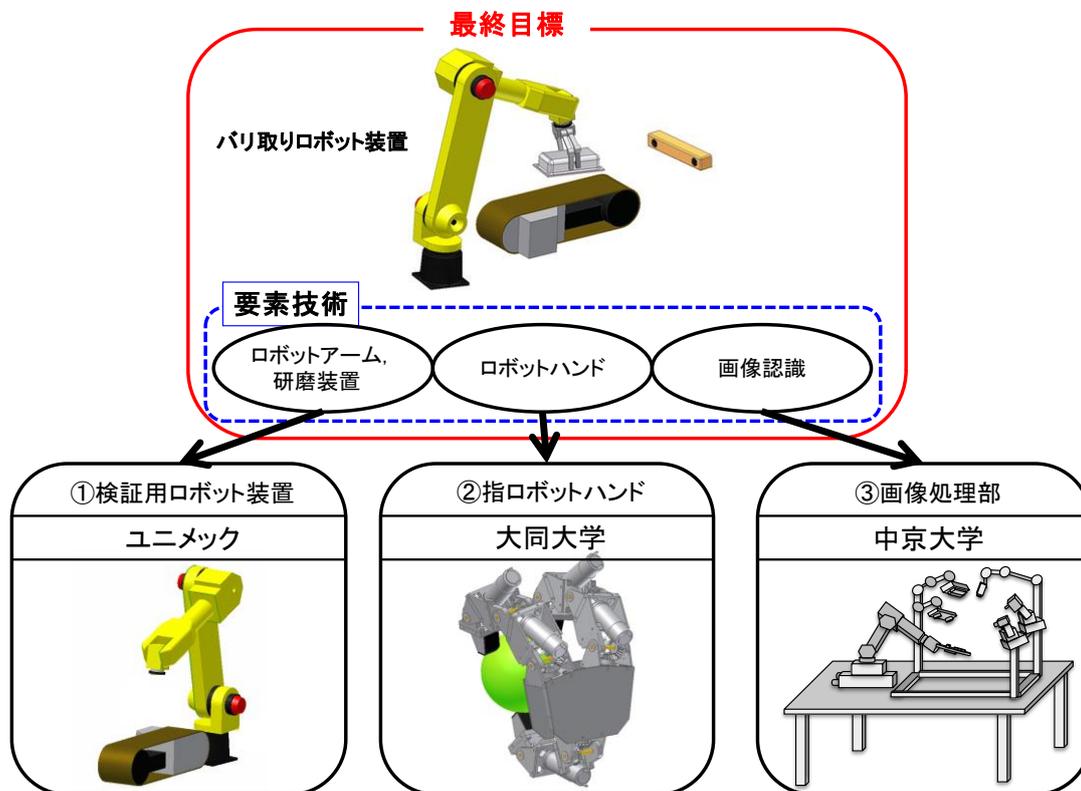


図 1-2 要素技術の担当(サブテーマ)

1-1-3 中小企業ものづくり高度化法及び高度化指針に基づく目標

以下に中小企業ものづくり高度化法及び高度化指針に基づく高度化目標、技術的目標値をまとめる。

【高度化目標】

○高精度化

- ・ロボットハンドに把持された部品を自由に回転・移動させ、3次元的に存在するバリの外観状態(バリの状態)を多方向から2次元・3次元カメラで認識し、精度の確保を可能とする技術を開発する。

○コンパクト化又は軽量化

- ・ロボットのエンドエフェクタ(手首)に接続するハンドは、部品を確実に把持できる3本指とし、樹脂部品を様々な方向から見えるようにするため人間の手のように自由に操作すること、ロボットと協調する2次元・3次元カメラによって部品を様々な方向から撮像しバリの有無・除去状態を検出すること、さらに部品を治具に固定する代わりに、ハンドで把持した部品を3次元カメラで空間に位置決めを可能とする装置を開発する。

○安全性又は信頼性の向上

- ・ロボットハンドは把持した部品を自由に回転・移動させることを可能とし、ハンドの動きと協調する2次元・3次元カメラで検査をしながら確実にバリを除去できる技術開発をすることで、検査工程を不要とする。ロボットに代替させることで刃具に巻き込まれる危険性を排除する。また安全柵を設置せずに安全を保障できる許容電力内で運用できるハンド・アームロボットを開発する。

【技術的目標値】

○コンパクト化・軽量化

- ・ハンドに把持した部品を自由に回転・移動させることによりアームの移動範囲を狭くすることが可能になり、ロボットの作動範囲を最大作動範囲の2/3に減少させる。
- ・全てのモータが80W以下のロボットアームを使用することで、安全柵に囲われたロボット専用の広大な面積の敷地は必要なくなり、人間の作業空間に設置することができる(省スペース化)。また、80W以下のモータは小さく軽量なため、結果的にロボットの軽量化も図れる。ただし、安全柵に代わる安全確保(人間との衝突検知・非常停止など)の技術

開発が必須となる。そしてモータの出力が弱くなるとロボットの可搬重量も少なくなり、
ハンドは徹底的に軽量化して設計・開発する必要がある。本研究開発ではハンドの重量
2.0kg 以下を目指す。

○安全性・信頼性

- ・ロボットと協調する2次元・3次元カメラにより検査をしながら確実にバリを除去できる
事により、検査工程を不要とする。ロボットに代替させることで刃具に巻き込まれる危険
性を排除し、また安全を保障できる許容電力内で把持力を確保することで安全柵を不要と
することで安全性を確保する。

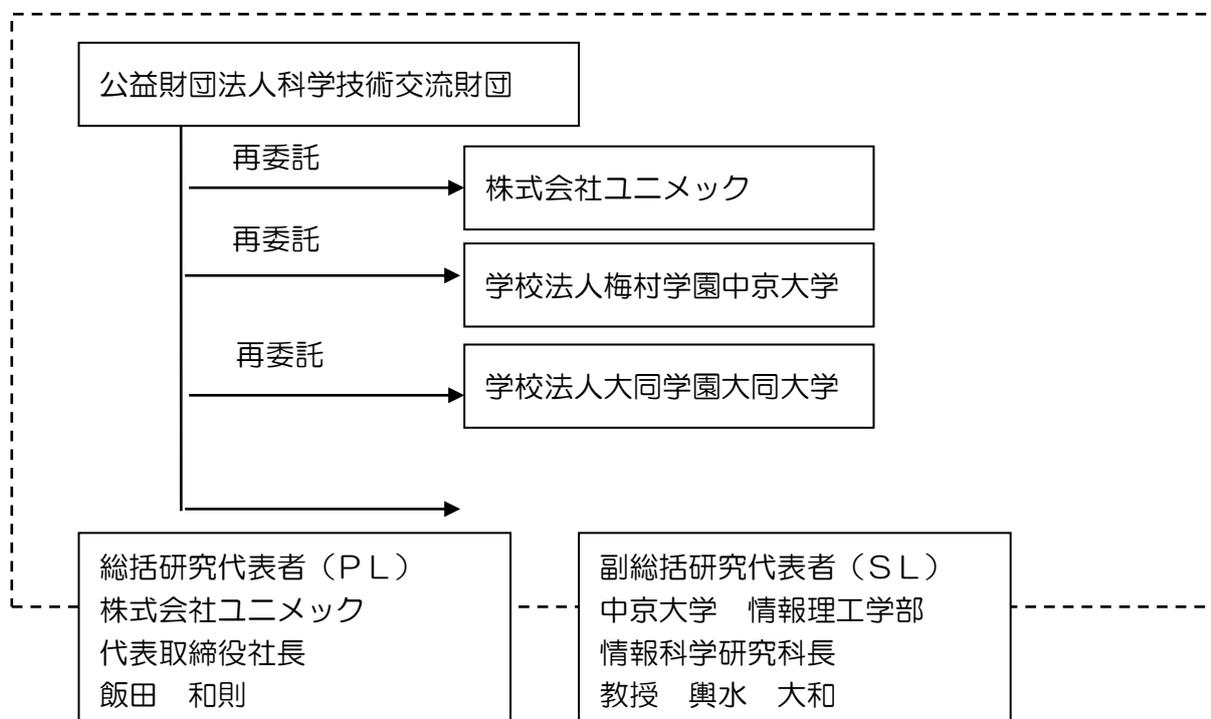
○高精度化

- ・ロボットハンドに把持された部品を自由に回転・移動させ、3次元的に存在するバリの
外観状態(バリの状態)を多方向から2次元・3次元カメラで認識し、バリ取り後の大きさを
0.05mm 以下とする。

1-2 研究体制

(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

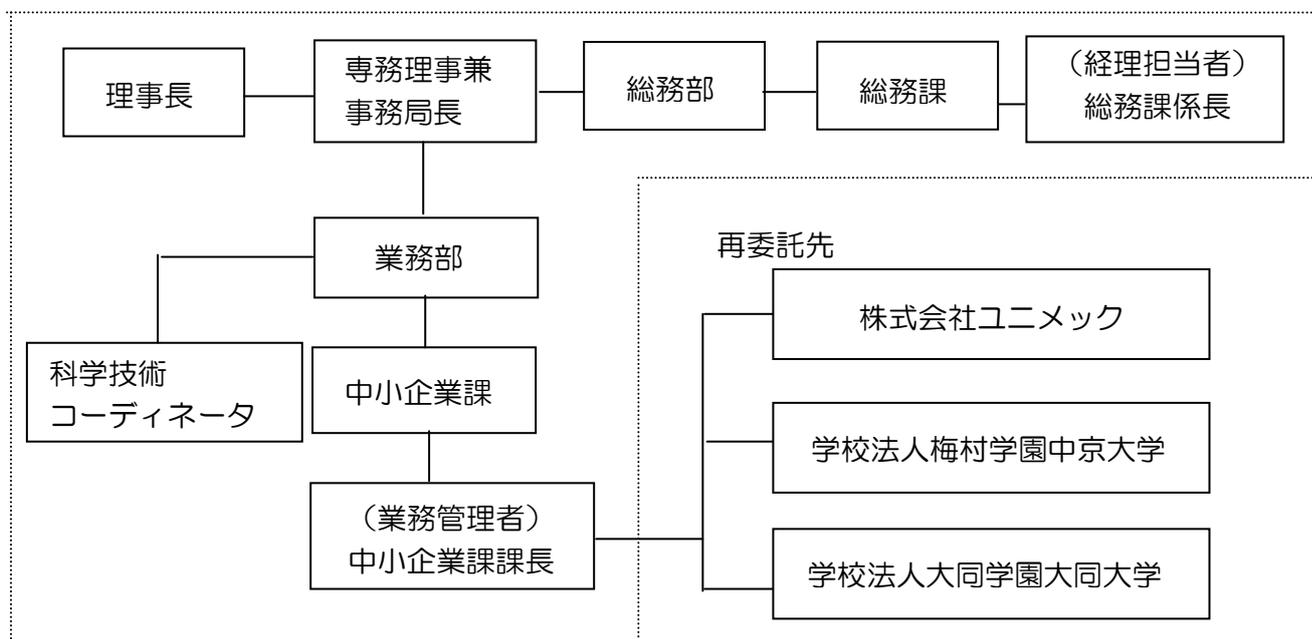
1) 研究組織 (全体)



2) 管理体制

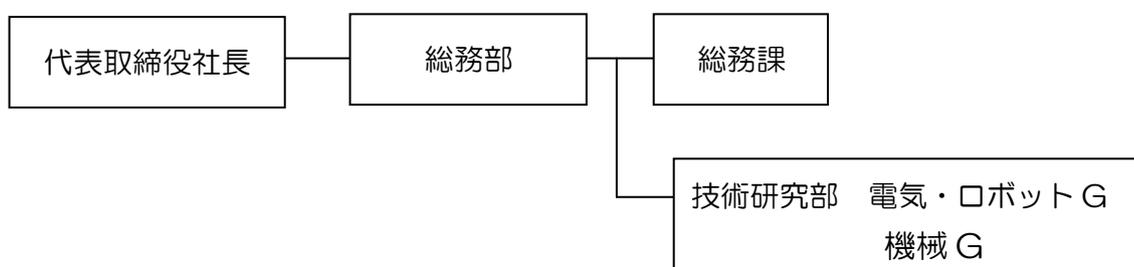
① 事業管理者

財団法人科学技術交流財団



② 再委託先

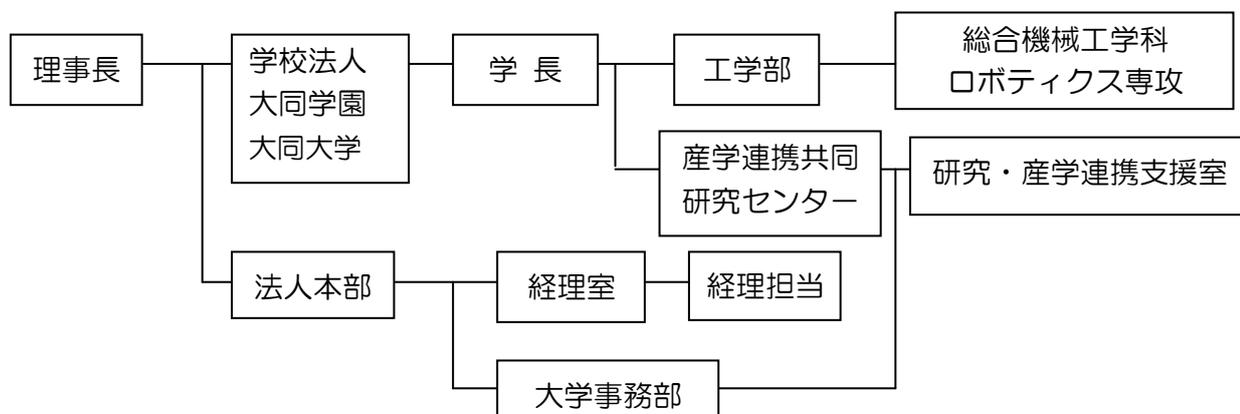
株式会社ユニメック



学校法人梅村学園中京大学



学校法人大同学園大同大学



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】公益財団法人科学技術交流財団

管理員

氏名	所属・役職
岩田 勇二	専務理事兼事務局長
出口 和光	業務部長
朝比奈 正	科学技術コーディネータ
松本 茂	業務部中小企業課・課長
高橋 亜希子	業務部中小企業課

【再委託先】

研究員

株式会社ユニメック

氏名	所属・役職
野田 仁志	総務課・課長（機械G兼）
佐藤 秀志	電気・ロボットG・係長
細野 充弘	電気・ロボットG・主任
青木 弘二	機械G
北村 雄太	電気・ロボットG
飯田 寛典	機械G
滝川 弘江	電気・ロボットG
田中 良	電気・ロボットG

学校法人梅村学園中京大学

氏名	所属・役職
輿水大和 青木公也 鈴木勝也	情報理工学部・教授情報科学研究科長 情報理工学部機械情報工学科・教授 教学部リエゾンオフィス

学校法人大同学園大同大学

氏名	所属・役職
橋口宏衛	総合機械工学科ロボティクス専攻・講師

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

財団法人科学技術交流財団

(経理担当者)	総務部総務課係長	大川 修平
(業務管理者)	業務部中小企業課長	松本 茂

(再委託先)

株式会社ユニメック

(経理担当者)	総務課長	野田 仁志
(業務管理者)	代表取締役社長	飯田 和則

学校法人梅村学園中京大学

(経理担当者)	財務部 財務課長	加藤 啓介
(業務管理者)	教学部リエゾンオフィス課長	山手 和敏

学校法人大同学園大同大学

(経理担当者)	経理室長	志水 登
(業務管理者)	研究・産学連携支援室長	清水 孝純

1-3 成果概要

研究開発の最終目標は前述の特徴を備えたヒト代替バリ取りロボットを開発することであり、今年度は、最終目標に向かい当該ロボットを構成するユニット・要素技術単位での製作・改良・検証と、各ユニット・要素技術を組み合わせたプロトタイプ機の開発を並行して進めた。「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ機（ハンド検証用ロボット装置）」（以後「プロトタイプ機」とする）は、昨年度までは学校法人大同学園大同大学が開発した「ロボットハンド装置」の検証に用いるものであったが、最終年度においては「ハンド検証用ロボット装置」に各研究開発機関が開発する「ロボットハンド装置」及び「ロボットセンサ装置」を装着し、「バリ取り用汎用研磨装置」を組み合わせた「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ機」として開発し、検証実験及び評価実験を実施して事業化に向けた検討をするようにした。また、最近の産業用ロボットの開発・進展状況において小物部品を対象とする傾向から、「ハンド検証用ロボット装置」より一層小型のロボットアームをベースとし、前述の「ロボットハンド装置」「ロボットセンサ装置」「バリ取り用汎用研磨装置」を組み合わせた「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ装置」（以後「プロトタイプ装置」とする）も並行して開発する計画とした。以上、当初の計画に対し最終年度での開発は、ほぼ計画に沿った形で進めることが出来たが、一部ユニットの完成に遅れが生じ「プロトタイプ機」の評価実験の検証回数、精度といった部分で未完成なところがあり事業化に向けた検討が不十分であるため、次年度以降も補完研究の継続を望むものとする。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人科学技術交流財団 担当者：業務部中小企業課長 松本茂

〒470-0356

愛知県豊田市八草町秋合1267番1

電話 0561-76-8326

FAX 0561-21-1651

第2章 本論

2-1 研究内容及び成果

研究開発の最終目標は前述の特徴を備えたヒト代替バリ取りロボットを開発することであり、今年度は、最終目標に向かい当該ロボットを構成するユニット・要素技術単位での製作・改良・検証と、各ユニット・要素技術を組み合わせたプロトタイプ機の開発を並行して進めた。以下に研究内容と成果をまとめる。

① ヒトに替わるバリ取りロボットの開発

①-1 「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ機」・「ヒト代替バリ取りロボットプロト装置」及び「システム検証用ロボット装置」の開発

担当:株式会社ユニメック

「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ機（ハンド検証用ロボット装置）」（以後「プロトタイプ機」とする）は、昨年度までは学校法人大同学園大同大学が②-1 で開発した「ロボットハンド装置」の検証に用いるものであったが、最終年度においては「ハンド検証用ロボット装置」に各研究開発機関が開発する「ロボットハンド装置」及び「ロボットセンサ装置」を装着し、「バリ取り用汎用研磨装置」を組み合わせた「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ機」として開発し、検証実験及び評価実験を実施して事業化に向けた検討をするようにした。また、最近の産業用ロボットの開発・進展状況において小物部品を対象とする傾向から、「ハンド検証用ロボット装置」より一層小型のロボットアームをベースとし、前述の「ロボットハンド装置」「ロボットセンサ装置」「バリ取り用汎用研磨装置」を組み合わせた「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ装置」（以後「プロトタイプ装置」とする）も並行して開発する計画とした。以上、当初の計画に対し最終年度での開発は、ほぼ計画に沿った形で進めることが出来たが、一部ユニットの完成に遅れが生じ「プロトタイプ機」の評価実験の検証回数、精度といった部分で未完成なところがあり事業化に向けた検討が不十分であるため、次年度以降も補完研究の継続を望むものとする。

24年度では各要素技術の統合に加え、前年度導入のファナック製バーチャルシミュレーションソフト「ロボガイド」を使用し、本来の作業現場にあった作業効率を考慮し且つ省スペースを考えたレイアウトを、机上と実機双方にて検証を重ねた結果、当初設置時より、一連の動作のタクトタイムを10パーセント短縮（26秒⇒23秒）、設置スペースを25パーセント削減（4㎡⇒3㎡）することが可能となった（また、さらに後述の小型デンソー

ロボットに於いては、タクトタイム25パーセント短縮、設置スペース35パーセント削減が可能となる)。

24年度では、「プロトタイプ機」(ファナック製ロボット)よりさらに小型のデンソー製ロボットを導入し「プロトタイプ機」と同様に各ユニットを組み合わせた「プロトタイプ装置」(デンソー製ロボット)の開発を並行して実施した。ロボットアーム本体の入荷が予定より遅れ、当初のタイムスケジュールに遅れが生じたが、その分、ファナックロボットとデンソーロボットの比較検討を事前にシミュレーションソフトを用いて検討する事が出来たため、各ユニットとの組み合わせと省スペースを考慮した専用架台の設計、製作も事前準備ができ、導入後はスムーズに開発を進める事が出来た。

成果としては、ファナックロボット、デンソーロボット各々のロボットアームに「ロボットハンド装置」「ロボットセンサ装置」「汎用研磨装置」を統合したシステムの完成をすることが出来たが、ユーザが、人的作業をロボットシステムへ切換えをした場合の費用対効果を考えると、各ユニットの更なる能力向上、精度向上が必要であり、操作・メンテナンスの簡易化も課題として残っている。以上、各ユニットを統合したシステム本体の課題に加え、客先の導入メリット・デメリットを明確化するための十分な検討が出来ていないので、本システムの事業化検討は不十分な状態である。



図2-1 プロトタイプ機とプロトタイプ装置

「システム検証(全体検証)用ロボット装置」は、②-1と③-1における「ロボットハンド装置」(3指ロボットハンド部)及び「ロボットセンサ装置」(画像処理部)の設計・開発と並行して、ロボット全体の統合制御プログラムの開発を実施するために、簡易なロボッ

トハンド（グリッパ）と単純な画像処理部を搭載させたものである。

24年度では、各システムを統合したプロトタイプ機の完成を目指し、そこに反映されるデータ収集（レイアウトの最適化、研磨機の小型化に伴うロボット動作のプログラム修正）を本装置及び前述のシミュレーションソフトにて現場と机上にて検証し、社内研究員及び大学側へフィードバックし作業の効率化を図ることができた。

また、「汎用研磨装置」を使用し実際にバリ取り作業を実施する事で、対象ワークの研磨に適した先端ツール（研磨用刃具）の形状、材質、回転数等々を抽出する事ができ、手作業の場合との相違点等課題も併せて具体化し、それらをユニメック社内研究委員及び大学側にフィードバックすることにより対応・対策スピードも進み、開発の効率化に繋がった。

ただ、これに搭載しているハンド、カメラはあくまで簡易的なものであるため、大学側にて開発を進めている装置とは違い、細かい精度を求めることが出来ず（例：細かいバリの検知は困難、取除いたバリの認識（可不可判別）は困難、エアーによる一定の把持力のみ etc.）本装置では、社内研究員及び大学側への検証データ提供に留まる。

成果として、24年度は何度も繰り返し実施した検証にて得られたデータが「プロトタイプ機」「プロトタイプ装置」に反映された事によりロボットアームの無駄な動きの排除（タクトタイム短縮）、設置スペースの有効利用（省スペース化）、「汎用研磨装置」のコンパクト化に繋ぐ事ができた。特に、「プロトタイプ装置」においては、工場内での移動・移設も可能な軽量且つコンパクトなシステムに仕上げる事ができた。

①-2 ハンド制御ソフトウェアの最適化、ハンド・アーム統合ソフトウェア開発

担当:学校法人大同学園大同大学

ヒトの指に相当する「ロボットハンド装置」（掴む技術）の制御ソフト確立と、その装置とロボットアームを同時に動作させる制御ソフトウェアの開発を学校法人大同学園大同大学が担当した。

23年度までは、これまでに開発した「新開発モータ・センサ装置」及び「改良版モータ・センサ装置」を株式会社ユニメックが開発した「ハンド検証用ロボット装置」に取り付け、アームとハンドを同時に動作させる制御ソフトウェアの開発を実施した。

24年度では、「ロボットセンサ装置」（画像処理部）の制御コンピューターからロボット制御用コンピューターとハンド制御用コンピューターに指令を出し、これまで人が操作して指令通信を送っている部分を画像処理結果に基づいた自動制御の実現を目指し、これまでに

開発した制御ソフトウェアを速やかに搭載できるよう、ライブラリ化・モジュール化を進めた。

①-3 「ロボットセンサ装置」(画像処理部)の統合制御システムの開発

担当:学校法人梅村学園中京大学、株式会社ユニメック

- ・ヒトの目に相当する画像処理部「ロボットセンサ装置」は学校法人梅村学園中京大学が開発した。これを生産現場で使用する際の問題点を抽出した。
- ・「プロトタイプ機」(ファナック製ロボット)、「プロトタイプ装置」(デンソー製ロボット)のどちらにも対応できるよう、「ロボットセンサ装置」の画像処理ソフトウェアライブラリを整備した。
- ・画像処理ソフトウェアライブラリを汎用コンピュータ言語である C 言語で実装することにより、ロボットメーカー間における制御システムの枠を回避することができた。
- ・ただし、現状では開発した画像処理ライブラリを用いて新規にロボット制御・ハンド制御を組合せたシステムを開発するには、開発者にある程度のプログラミング(汎用計算機における)技術が必要である。このことから、普段は一般的な産業用ロボットプログラムのみを取り扱う技術者でも取り扱いが容易なレベルに改良し、新規バリ取りシステム立ち上げ時の工数の削減や、メンテナンス性の向上に取り組むための補完研究を望む。

①-4 「バリ取り用汎用研磨装置」の開発

担当:株式会社ユニメック

「バリ取り用汎用研磨装置」については、これまで22年度に開発したホイール式・リユーター式双方を兼ね備えた研磨装置を使用し、22年度、23年度とより高い精度のバリ取りの実現を図るため、対象ワークでの度重なるバリ取り検証を実施してきたが、24年度当初に提示した目標・課題に沿って装置本体のコンパクト化及び低振動・低騒音の実現に向け開発を進めた。「システム検証用ロボット装置」における検証結果から得られたデータ及び対象ワークにおける実際の現場での作業要領から、汎用として扱われる本来必要な機能(様々な研磨ができ、刃具交換等段取り換えに時間を掛けない)を兼ね備えた形へ改良を施した。刃具の回転によってバリを削り取るリユーター部は、工具を使わずワンタッチにて刃具交換が可能なものを選定し(これにより、様々な形状の先端ツールの使用の煩わしさが解消)、リユーター本体の取り付けブラケットにおいてもリユーター本体の振動が他に影響を及ぼさ

ないように配慮した形状、材質を選定し設計、製作をした。

加えて、より汎用性を持たせる為、空気圧を利用したニッパーを取り付け（実際の現場ではニッパーを使った手作業）、より広範囲でのバリ取りが可能な装置へと改良を施した。

今後、更なる汎用性を考えると、超音波カッターによるバリ取り等、別の方法でのバリ取りも視野に入れた改良・改善策の検討・検証を実施していく必要がある。

24年度においては、ワークが持つ本来の特性にマッチした研磨用先端ツールを選定し22年度において制作した研磨装置用架台に改良を施したものに加え、新たにデンソーロボット向けにロボット架台と研磨装置架台とを一体化した省スペースで且つ振動の少ない装置の開発を実現し各ユニットを統合した最終形状まで持って行くことができた。

なお、これまでも課題として挙げていた、バリ取りの精度、研磨時の2次バリやキズの発生について完全に解消しておらず（リユーターを利用したバリ取りに限る）、今後はその対策も含め様々なバリの位置、大きさに対応できる研磨装置へと改良を重ねていく必要がある。

以上、「プロトタイプ機」と同様に、「汎用研磨装置」についても、次年度以降も補完研究の継続を望むものである。

② ヒトの手に替わる指ロボットハンドの技術(つかむ技術)

②-1 「ロボットハンド装置」(3指ハンド部)の研究開発

担当:学校法人大同学園大同大学

ヒトの指に相当する「ロボットハンド装置」(掴む技術)の開発を学校法人大同学園大同大学が担当した。

最終年度の目標は、23年度までに開発した「新開発モータ・センサ装置」の検証結果に基づき設計した「ロボットハンド装置」の完成と、他の共同研究機関にて開発された、「ロボットセンサ装置」「バリ取り用汎用研磨装置」を統合したシステムである「ヒト代取りロボットプロトタイプ機」(ファナックロボット使用)及び「ヒト代替バリ取りロボットプロトタイプ装置」(デンソーロボット使用)を完成させ、ユニメックにて実際に対象部品を掴みバリ取りの実施検証を繰り返し、そこから抽出された問題点を各機関にフィードバックし、各機関がその問題点を共有することによって改善と改良を重ね、各装置の精度を上げると共に、バリ取りの精度を向上させシステム評価と事業化検討に至ることであった。

その目標に対し、「ロボットハンド装置」においては、23年度にて開発した、動作の命令を出す指令コンピューターを、ロボット制御用コンピューターとハンド制御用コンピューター

ターに Ethernet で接続しネットワーク通信によって作動させる基本的なソフトウェアを、24年度では、指令を「ロボットセンサ装置」(画像処理部)の制御コンピューターに置き換え、画像処理結果に基づいた自動制御の新たなソフトウェアの開発を目指した。

また、実際に部品を掴むハンド部においては、当初想定した産業用ロボットに適したサイズ(ヒトの同等の指サイズ)・重量(2Kg以下)の実現が課題であったが、そこについては、指の関節数を3関節から2関節に変更し、質量の軽減と、指先までの距離を縮めることで指先発生力(把持力・てこの原理)を増加させ、これまで問題視されていた、把持力不足・大きさ・重さの解決に至り、統合システムを完成させるまで至ったが、その評価を受けるべき検証が十分とは言えない。また、システム全体に加え、ユニット単体での事業化検討には至っておらず、次年度以降も補完研究を望むものとする。

③ ヒトの目に替わるセンサ技術

③-1 「ロボットセンサ装置」(画像処理部)の研究開発

担当:学校法人梅村学園中京大学

- ・「ロボットセンサ装置」(画像処理部)の研究開発を行うが、2D センサ(カメラ)による大域的情報を3D センサ(レーザ変位計等)の高精度な局所的情報で補償する手法により、取得データ検出に係る速度と精度・信頼性の向上を図り、かつ装置の小型化・低コスト化を実現する。
- ・また、「ロボットセンサ装置」はそれを搭載するロボットの制御と連携することにより、位置決め装置による一般的な画像検査装置とは異なり、治具レスでのバリ検査を可能とする。
- ・今年度は、23年度に開発した「ロボットセンサ装置用実験装置」を用いて、バリの特徴を調査し、「ロボットセンサ装置」におけるバリ検出画像処理アルゴリズムを改良することに成功した。これによって画像処理によるバリ検出・計測においては、「プロトタイプ機」「プロトタイプ装置」におけるバリ除去精度の目標値0.05mmの達成も見込める。
- ・「プロトタイプ装置」において開発した「ロボットセンサ装置」を搭載した状態での、バリ検出・計測実験を工場レベルでの環境でも実施し、現場での適用が可能であることを確認した。ただし、工場内では設置場所による外乱光の影響等を回避するためのカメラパラメータ等の設定が必要であることも判明した。この設定は画像処理技術者であれば可能であるが、設置の容易さ、メンテナンス性を考えると一般の製造ライン技術者でも調整可能

なレベルに落とし込む必要があり、この点は補完研究で実施できることを望む。

2-2 プロジェクトの管理・運営

担当：公益財団法人科学技術交流財団

当該プロジェクトの目的の達成を推進するため、以下のとおり研究開発委員会を開催した。委員会では各研究分担者から研究開発の進捗状況について発表がなされ、意見交換が行われるとともに、出席したアドバイザーから本プロジェクトについて様々な方面からのアドバイスがあった。

○ 第1回研究開発委員会

平成24年8月28日(火) 13:30~15:30

あいち産業科学技術総合センタ 出席者13名

○ 第2回研究開発委員会

平成25年1月10日(木) 14:00~16:00

中京大学 豊田キャンパス 出席者18名

○ 第3回研究開発委員会

平成25年2月21日(木) 15:00~17:00

(株)ユニメック 各務原工場 出席者14名

上記委員会の開催や定期的な進捗状況の報告の他に、機械装置の検収等に合わせてプロジェクトメンバーと随時打ち合わせを行い、研究開発の進捗状況及び再委託費の執行状況について確認するとともに、スケジュール管理及び経費の適切な執行についてアドバイスをを行った。

第3章 全体総括

本プロジェクトでは、樹脂部品をターゲットに、ヒトと同様な手作業と作業対象の観察が可能なロボット、即ち3本指を持つハンドで部品を把持し、ヒトの手のように部品を回転・移動をさせながら、カメラセンサと協調制御させてバリの状況を認識し、ヒトと同様にバリ取り機械を使用してバリを精度よく除去するロボットを開発した。株式会社ユニメックを核にそこでの検証実験を元に、中京大学、大同大学において開発ロボットの要素となるロボットセンサ及びロボットハンドを研究開発し、最終的には研磨装置も合わせて「ヒト代替バリ取りロボット」のプロトタイプの開発に至った(詳細は第2章の通り)。

要素技術については2件の特許申請に至ったが、実際の工場・現場での実証実験については充分とは言えず、第1章・第2章で述べた通り、問題の幾つかは既に判明しており、次年度以降の補完研究において解決することを望む。また、事業化展開についてもこれらの問題を解決しつつ、申請した特許の運用方法も含めて検討していく必要がある。