

平成31年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「フープめっき加工における材料投入の自動化を実現し、
更なる生産性向上へ向けた連続材料供給装置の開発」

研究開発成果等報告書

令和2年5月

担当局 東北経済産業局
補助事業者 公益財団法人福島県産業振興センター

目 次

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
- 1-2 研究体制
(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)
- 1-3 成果概要
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論—補助事業の具体的内容

- 2-1 製品の形状認識
 - 2-1-1 画像処理プログラムの構築
 - 2-1-2 画像処理システムの評価
- 2-2 接合時の位置制御
 - 2-2-1 位置制御機構の構築
 - 2-2-2 位置制御の評価
- 2-3 材料の接合強度への対応
 - 2-3-1 接合機構の構築
- 2-4 要素技術の複合化
 - 2-4-1 要素技術の組み上げ

第3章 補助事業の成果に係る事業化展開について

第4章 補助事業に係る知的財産権等について

最終章 全体総括

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

携帯端末等に搭載されるコネクタ類はダウンサイジング化が進み、同時に端子部分のめっきへの要求性能も高まるばかりである。東新工業（株）は得意先の高い要求品質を満足するめっきの開発と量産を行っているが、川下産業の受注拡大に伴い、更なる生産性の向上（生産能力2倍）が求められている。現有設備のマシン能力を最大限に発揮出来れば、生産能力を倍増出来る。本研究ではマシン能力を最大限にする為に、現在律速となっている手動での材料投入工程を自動化する。

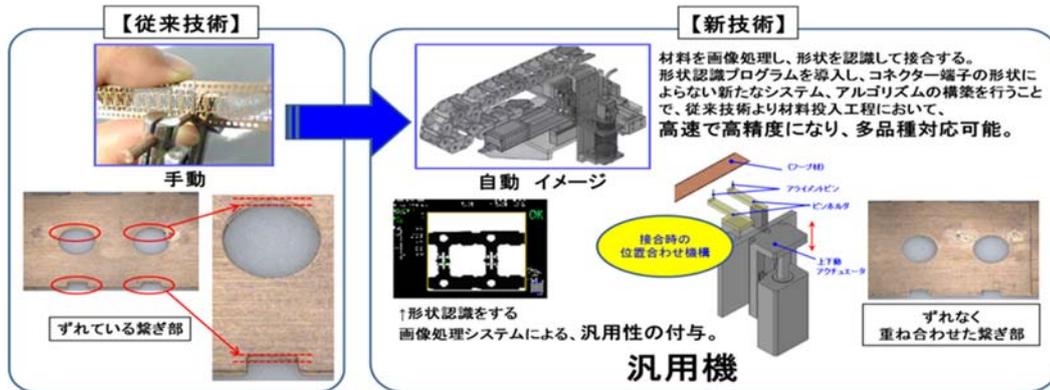


図-1 従来技術と新技術のイメージ図

フープめっきではリールに巻かれたフープ材をめっきラインに送り出しながめっきを行う。めっきを連続的に行うため、1つのリールに巻かれたフープ材（先行材）がすべてめっきラインに送り出されるタイミングで先行材の終端に次のリールのフープ材（後行材）の始端を接合しなければならない。この材料投入工程は、現在手動で接合しており、生産性が向上しない一因となっている。そこで本研究では先行材の終端と後行材の始端を自動で位置合わせし接合する「連続材料供給装置」の開発を行う。

開発する高速で高精度な材料投入機構は新規性の高い技術であり、以下の意義を持つ。

- ・ 技術流出及び生産移転を防止
- ・ 生産性向上の一翼を担う
- ・ 既存設備の生産能力を最大限に出来る

また、連続材料供給装置には次の要素技術開発が必要である。

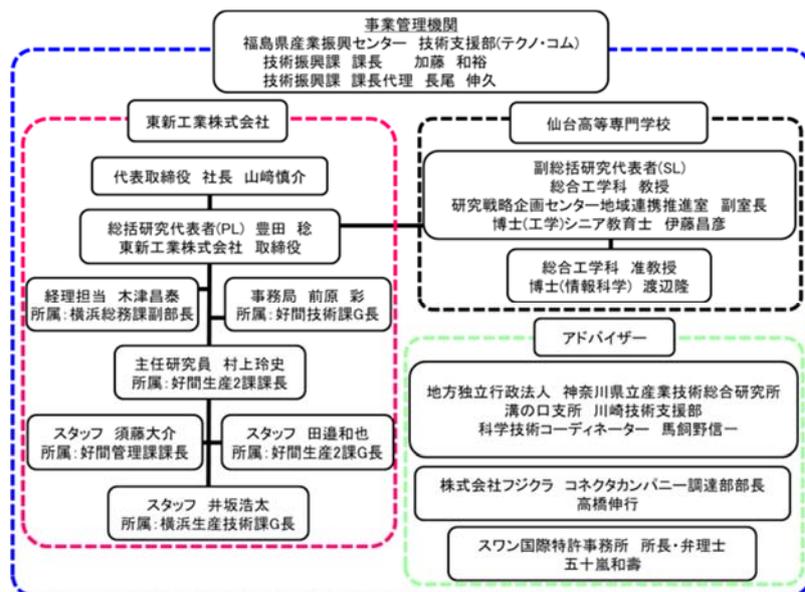
- ・ 製品の形状認識
- ・ 接合時の位置制御
- ・ 材料の接合強度

連続材料供給装置に期待される成果と効果は次の通りである。

- ・ 高速で高精度に材料供給出来る
- ・ 現有設備の生産能力を倍増出来る
- ・ 多品種少量の生産群に対応出来る
- ・ 連続材料供給装置はめっき工法が進化しても対応が可能

本技術は今後想定される端子の更なるダウンサイジングやデザインの複雑化にも対応出来ると想定され、よって川下産業の技術的優位性を後押し出来る。

1-2 : 研究体制



各実施内容に対する主管機関と担当者は、次の通りである。

【1. 製品形状認識】

仙台高等専門学校（主管機関）：渡辺隆
東新工業株式会社：村上玲史、前原彩

【2. 接合時の位置制御】

仙台高等専門学校（主管機関）：伊藤昌彦
東新工業株式会社：井坂浩太

【3. 材料の接合強度】

東新工業株式会社（主管機関）：須藤大介、田邊和也

【4. 要素技術の複合化】

東新工業株式会社（主管機関）：村上玲史、須藤大介、田邊和也、井坂浩太、前原彩

1-3 成果概要

各要素技術について、主管機関において試作機を製作した。また各試作機を連携して動作させる複合化へ向けた課題の洗い出しを実施し、課題解決の策を講じた。その結果、表-1の通り、各要素技術の目標値を全て満たすことが出来、連続材料供給装置が完成した。接合強度・サイクルタイムの短縮・人員配置の諸問題が解決し、生産ラインの高速化を可能とした。これにより、生産性の向上・低コスト化・省人化の恩恵がもたらされ、川下産業における生産量に対するニーズを満足することが出来る。よって、付加価値を生み出す本来のめっき工程の開発に注力出来る環境になり、将来的な企業発展にも繋げることが出来た。コネクタ業界のみならず、最終メーカーに対して高機能な新機種の量産化についても後押し出来る体制となった。

表-1：研究項目、目標および成果

【テーマ番号】 研究項目	実施期間中の 研究開発目標値	成果	達成度 (%)	補完研究 の有無
【1】 製品の形状認識への対応 (画像処理)	入力パラメータ 20項目→5項目	結果：4項目 ①パイロット穴径 ②パイロット穴ピッチ寸法 ③パイロット穴面積 ④キャリア寸法	100	無
	形状認識設定工数 30min/回→10min/回	結果：1min/回 画像処理による自動形状認識	100	無
	汎用性 2品種→全品種対応	結果：全品種対応可能	100	無
【2】 接合時の位置制御への 対応	サイクルタイムの 短縮 40s→15s 以内	結果：15s	100	無

	ずれ量 ±1.2 mm→±0.1 mm以内	結果：±0.05 mm	100	無
【3】 接合機構の構築	接合強度 29.4N 以上	結果：100N 以上	100	無
【4】要素技術の複合化	【1】～【3】の要素技術を組み上げ、連続材料供給装置の完成	結果：完成	100	無

1-4 当該研究開発の連絡窓口

東新工業株式会社 いわき好間工場 工場長 久野勇司 hisano@toshin-ind.co.jp
〒970-1144 福島県いわき市好間工業団地 16-11 TEL:0246-47-1800 FAX:0246-47-1810

2章 本論—補助事業の具体的内容

2-1 製品の形状認識

「画像処理システムを導入し、製品の形状認識に係るプログラムを組み込むことで、人間が視覚的に製品形状を把握する能力に近い機能を実現する。これにより「連続材料供給装置」に多様な製品形状に対応できる汎用性を付与する。

画像処理システムの模式図を図-2に示す。システムは製品の全体形状を撮像し、製品のシルエット画像からの製品形状と製品種類の判別、パイロット穴の配列パターンからの判別、パイロット穴のピッチ量からの先行材及び後行材の接合機構部への移動量算出、先行材と後行材のアライメント(先行材と後行材の位置合わせ)、溶接位置決定の機能を持つ。」

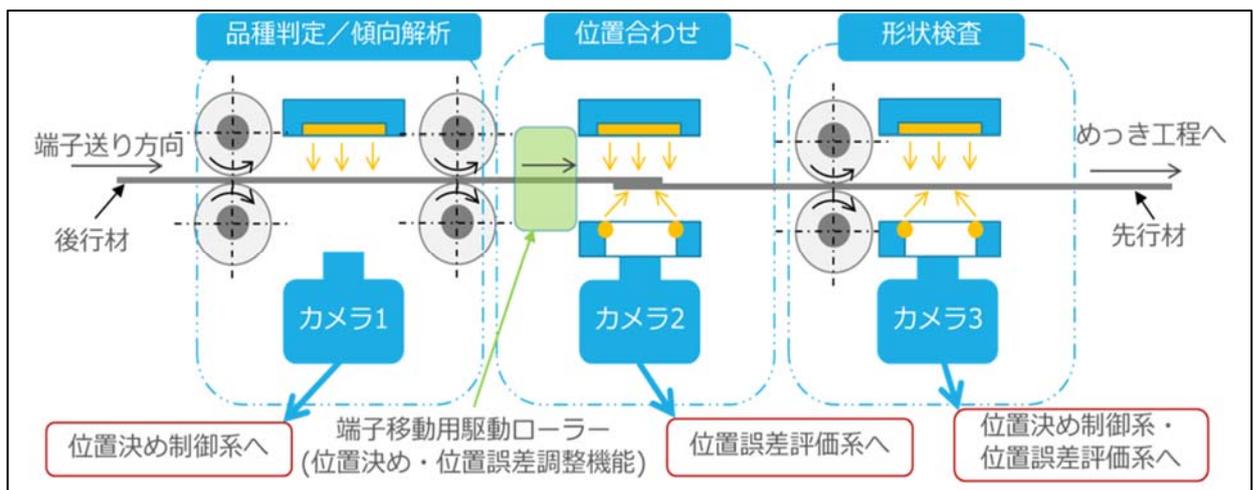


図-2: 画像解析工程

2-1-1 画像処理プログラムの構築(平成29年度～平成31年度実施) : サブテーマ番号【1-1】

開発する画像処理システムでは、品種判定、位置合わせ確認、形状検査を1台のカメラを移動させて行わせることとした。画像として取り込んだ先行材及び後行材の製品形状からめっき治具へ適合させる為に必要なパラメータを取得し、演算処理にて材料同士の位置合わせ座標を算出するプログラムを構築した。

平成29年度は、仙台高専では画像処理システム構築に使用する機器の性能を個別に確認し、画像解析工程の設計を行った。また東新工業では、品種・作業性等、実環境の情報を基に画像解析工程の設計サポートを行った。

<重点的に実施した内容>

画像解析装置・カメラ・照明機器選定の為のフープ材撮像実験、及び試作機製作の為の機械設計を重点的に実施した。

平成30年度は、試作機製作と画像処理プログラムの構築をした。

図-3のように後行材の特徴を連結成分数、孔の数、オイラー数等から定量化する「品種判定プログラム」を作成したが、判定不可の場合も発生することがわかった。このときは特徴的な領域に限定したテンプレートを取得し、マッチングによる品種判定も行うようにした。

更に図-4のように先行材と後行材の位置合わせをしたとき、パイロット穴形状から位置ずれ量を計測し、

3-2 節で作成した端子移動用駆動ローラの位置誤差評価系にフィードバックすることで位置ずれを解消する、「位置合わせ」プログラムを構築した。

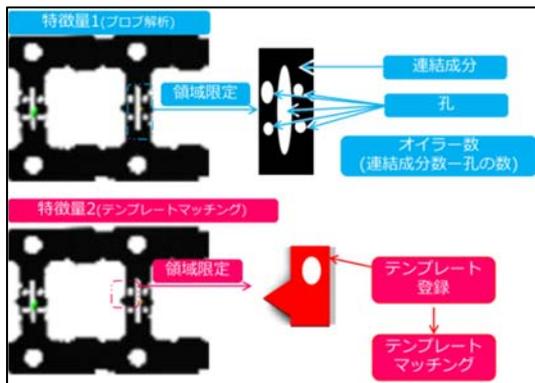


図-3：品種判定プログラム

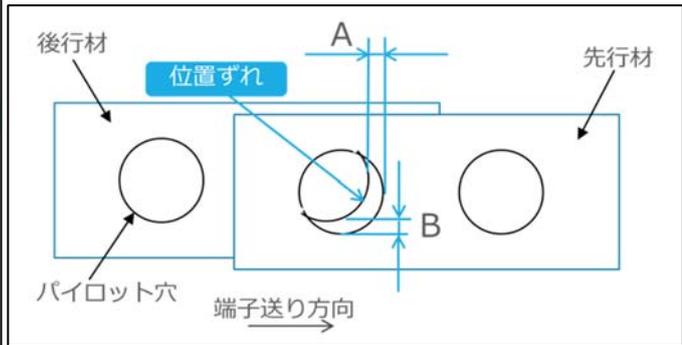


図-4：位置合わせプログラム

仙台高専では主に画像処理プログラムを作成し、動作確認・デバック作業によって、一連の動作を確立した。東新工業では、画像処理システムと位置制御機構の連動について、機械的・電気的な部分を構造化した。

<重点的に実施した内容>

動作の完成度を高める為、試作機による検証を主に進め、撮像機器の設置調整・プログラム構築を重点的に実施した。

試作機による検証では、端子を重ね合わせる為の機構動作の確認、端子移動中の振動の影響有無、機構部品と端子の接触有無等の状況調査、課題解決を行った。

平成31年度は、前年度までの成果により、図-5の画像処理システムを構築し、後述する「位置制御機構」「接合機構」と組み合わせ、ハイボリュームトライによる信頼性評価を実施、不具合事象洗い出しとデータの収集、解析をし、ハード・ソフトの両面から改造/改良を行った。

その結果、表-4のとおり、設定した各目標値を達成する画像処理システムが構築できた。

特に東新工業（株）で以前開発した材料接合装置では表-2に示す20のパラメータ設定が必要であったところを、表-3の4パラメータの設定で動作が可能となった。

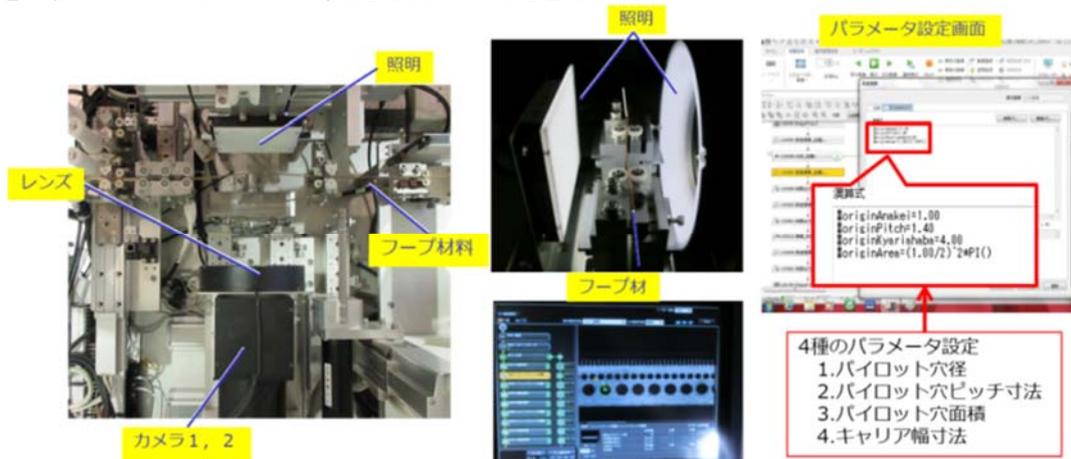


図-5：構築した画像処理プログラム

表-2：設定パラメータ（従来）

従来の設定パラメータ			
①	パイロット穴径	⑪	端子ピッチ寸法
②	パイロット穴ピッチ寸法	⑫	端子曲げ高さ寸法
③	パイロット穴面積	⑬	端子曲げ幅寸法
④	パイロット穴位置寸法	⑭	キャリア板厚寸法
⑤	キャリア幅寸法	⑮	キャンバー寸法
⑥	サイドカット	⑯	プロテクターの有無

	幅寸法		
⑦	サイドカット高さ寸法	⑰	プロテクター高さ寸法
⑧	サイドカットピッチ寸法	⑱	プロテクター幅寸法
⑨	端子全長寸法	⑲	プロテクターピッチ
⑩	端子幅寸法	⑳	色

表-3：最終設定パラメータ

最終設定パラメータ	
①	パイロット穴径
②	パイロット穴ピッチ寸法
③	パイロット穴面積
④	キャリア幅寸法

表-4：画像処理プログラムの構築実施内容

項目	狙い	実施内容	結果	評価
入力パラメータ数を低減する	入力パラメータ数 5 項目以下を達成する	画像計測処理に必要な情報を最小限にする	入力パラメータ数：4 項目とした	入力パラメータ数 20 項目→5 項目を達成した
必要な機能を持つ、画像処理プログラムを構築する	【撮像 1 回目（先行材）】 先行材のみを撮像し、品種を判別する	先行材の端子形状をパターンとして登録し、マッチング処理による相関値（類似度）を評価することで、品種を判別	先行材の品種を判別出来た	画像処理プログラムを構築した
	【撮像 2 回目（先行材）】 先行材のみを撮像し、傾斜補正量を計算し出力する	左端・右端のパイロット穴中心座標を取得し、中心座標間距離より傾斜補正量を計算	先行材の傾斜を補正することが出来た	
	【撮像 3 回目（先行材）】 傾斜補正後の先行材を撮像し、“基準座標”および“溶接位置座標”を取得する	①左端・右端のパイロット穴中心座標（基準座標）の計算 ②パイロット穴を避けたキャリア部位置座標の計算	・先行材の基準座標が、既知の情報として利用可能とした ・溶接位置を確定	
必要な機能を持つ、画像処理プログラムを構築する	【撮像 4 回目（後行材）】 後行材を撮像・計測し、先行材に対するズレ量から傾斜補正量を算出する	左端・右端のパイロット穴中心座標を取得し、中心座標間距離より傾斜補正量を計算	後行材の傾斜を補正することが出来る	画像処理プログラムを構築した
	【撮像 5 回目（後行材）】 後行材を再度撮像・計測し、先行材に対するズレ量から、横補正量・縦補正量を算出する	左端・右端のパイロット穴中心座標を取得し、中心座標間距離より横補正量・縦補正量を計算	後行材の縦・横のズレを補正することが出来る	
	【撮像 6 回目（後行材）】 位置補正後の後行材を再度撮像し、補正状態の良否を判定	左端・右端のパイロット穴中心座標を取得し、中心座標間距離より横補正量・縦補正量を再計算し、穴の重なり状態を評価	溶接実行の可否を判断出来る	
	【撮像 7 回目（溶接後）】 溶着後の材料を撮像し、傷有無および変形有無を判定	①撮像した画像の溶接位置周辺の濃淡値を評価し、傷有無を判定する ②パイロット穴の重なり状態を評価し、変形有無を判定する	溶接位置および状態の不具合を検出出来る	
画像処理システムを確立する	画像計測手法の最適化を図り、システムを確立する	①先行材と後行材の重なり後の位置ズレ量計測手法として、二値化処理をベースにした簡素な手法を提案し、フープ材表面の光沢、色変化の影響による不安定さを解消した ②画像計測プログラムの処理フローは全品種共通利用出来るシステムを構築した	最適な画像計測手法を提案し、実機に採用した	画像処理システムを確立した

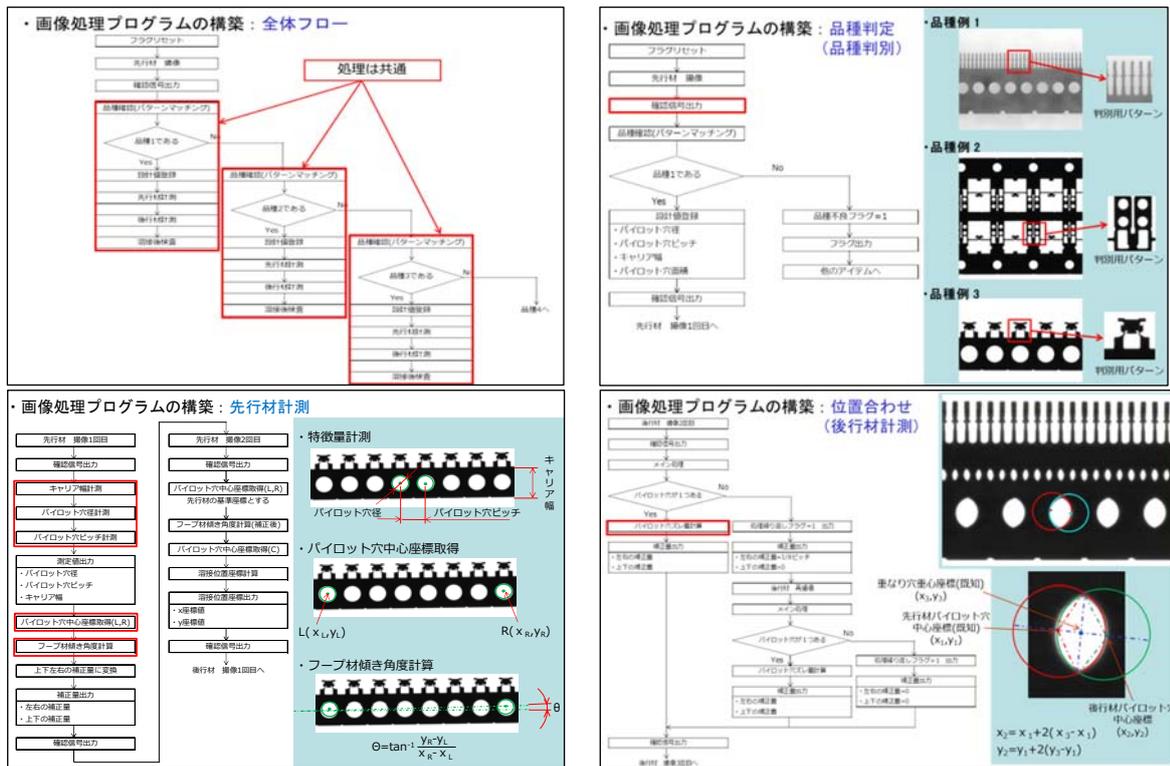


図-6：画像処理プログラムの構築（計測方法）

2-1-2 画像処理システムの評価（平成30年度～平成31年度実施）：サブテーマ番号【1-2】

構築する画像処理システムが、製品形状によらず機能するか評価を実施し、目的とする汎用性を満たすよう確立する。

平成30年度は、画像処理システムに「傾向解析」プログラムを組み込んだ。端子移動は後述するローラーを回転することで行うが、その移動量は、事前に登録した品種毎の基本データを用いて決定する。しかし実際の材料では、ロット毎に寸法変化があり、補正が必要であった。そこで後行材の各パラメータの寸法を画像処理システムで計測し、実測値を基本データの補正量として、位置決め制御系へ提供するものとして「傾向解析」プログラムを作成した。更に位置合わせ試験を行い、後述する「位置合わせ」プログラムの信頼性評価も行った。

平成31年度は、接合後の位置ずれ量を評価する「形状検査」プログラムを作成した。これにより接合後の位置ずれ量が任意に設定する閾値を超えた場合には、要メンテナンスと判定することとした。さらに「形状検査」プログラムは、接合時のずれ量評価以外にも、変形や打痕の監視機能を有し、接合工程の不具合を検知できるものとした。

作成した「形状検査」プログラムにより、「位置合わせ」精度を評価した。

<重点的に実施した内容>

以下の項目を実施することで、目標を達成した。

表-5：画像処理システムの評価実施内容

項目	狙い	実施内容	結果	評価
形状認識設定工数を低減する	10min/回を達成する	①フープ材の端子形状をパターンとして登録し、マッチング処理による判別手法を採用することで、認識設定工数を低減する ②外部機器からの形状認識の為の設定をしない	新規品設定工数 5min/回 ↓ 登録品設定工数 0min/回 (画像処理による自動形状認識により)	形状認識設定工数 20min/回 ↓ 10min/回以内を達成した
汎用性を持つシステムを開発する	全品種対応可能とする	①全品種が撮像可能なカメラとレンズを採用し、品種毎の撮像機器調整をしない	全品種対応可能となった	汎用性 40品種 ↓ 全品種対応可能とした

		②照明環境を統一する ③全品種に共通の画像計測処理を適用出来る (品種毎の微調整は事前に必要である)		
--	--	--	--	--

2-2 接合時の位置制御

「先行材と後行材の重ね合わせは、パイロット穴の重なり具合で評価する。手動での接合ではパイロット穴の重なり具合の僅かなずれを人間の視覚で判別できずに不具合に繋がる場合があった。本研究では自動化による正確な位置制御と合わせ、重なり具合についても画像処理システムを利用して、良品条件を定量的に明確化する。」

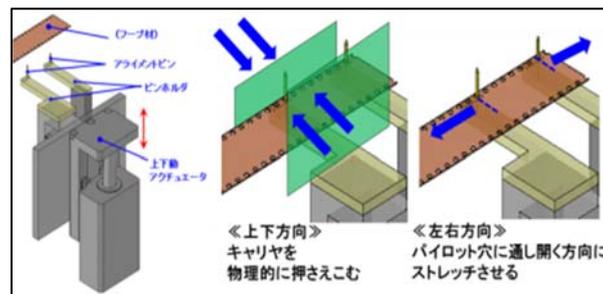


図-7：位置制御のイメージの一例

パイロット穴をずれなく、高精度に重ねる方法として、図-7のように、上下方向はキャリアを物理的に押さえ込むことで位置合わせを行うこととした。左右方向は2本のアライメントピンを重ねた先行材と後行材のパイロット穴に通し、位置合わせを行うこととした。

また重なり具合の良否を、画像処理システムによりパイロット穴部分の真円度測定を行い評価した。任意に設定したしきい値により“不良”と判定された場合には、再度アライメントピンを動作させ、位置合わせをした。

本機構と画像処理システム構築により高精度な位置合わせが可能となり、めっき治具外れの不具合は撲滅され、治具外れ不具合によるライン停止のない安定した連続加工となる。これにより、ライン停止1回あたりの損失100mをなくすことが出来、必然的に歩留りの向上に繋がる。また、機械化による高精度な位置合わせはラインの生産速度を高速化することが出来る為、生産性も向上する。

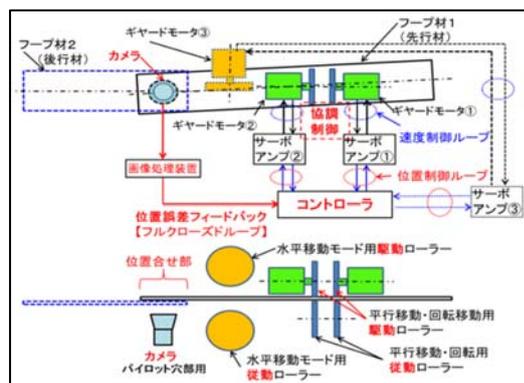


図-8：位置制御機構イメージ

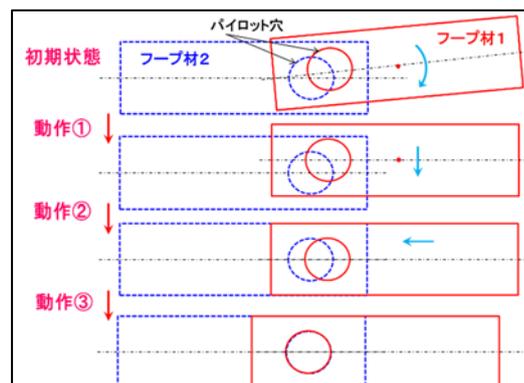


図-9：位置合わせ動作のまとめ

位置制御は、図-8、9のように、材料を挟む複数のローラーで行う。先行材と後行材のそれぞれに、水平方向1ヶ所、垂直方向2ヶ所、ローラーを配置し、押し当てて回転させることで、接合部付近において、材料を左右、上下、回転方向に誘導する機構とした。特に、垂直方向に配置した2つのローラーを同方向に回転すると上下調整、異なる方向に回転すると角度調整ができるので、機械的に左右、上下、角度の複雑な位置制御が可能になる。形状認識プログラムを併せることで、高速で高精度な位置合わせが可能となる。

ずれ精度は ± 0.1 mmを目標としており、材料同士の接触が目標達成を妨げとなることが懸念された為、位置合わせは非接触のまま行い、接合直前にエア圧で材料同士を密着させることとした。

2-2-1 位置制御機構の構築(平成 29 年度～平成 31 年度実施) : サブテーマ番号【2-1】

キャリアを物理的に押さえ込むアライメントバーによる上下方向の位置合わせ機構と重ねた先行材と後行材のパイロット穴にアライメントピンを通す左右の位置合わせ機構を複合化した位置合わせ機構を設計する。またこの位置合わせ機構を制御する動作プログラムを構築する。

平成 29 年度は、機構構築に使用する機器の機能を個別に確認し、位置制御機構の設計を行った。

<重点的に実施した内容>

位置決めサーボ系に用いるマイクロギヤードモータの定常回転時の振動特性や騒音特性を、それぞれ加速度検出器と計測用マイクロホンを用いて計測し、サーボ機構解析装置である FFT アナライザを用いて周波数分析を行った。

平成 30 年度は、マイクロギヤードモータの振動特性や騒音特性を、エンコーダの分解能を高めて再評価した。又、マイクロギヤードモータの起動・停止時に発生する過渡振動の状況把握を実施した。

更に、採用した位置制御機構に対し、動作プログラムを構築した。位置合わせについて、傾き、垂直、水平に対して3つのマイクロギヤードモータを用いて補正動作を行い、画像処理システムと連動させた。位置誤差フィードバックループ系を構成するコントローラに3つのギヤードモータの速度制御ループを接続しフルクローズドループによる協調動作を実現した。

<重点的に実施した内容>

位置合わせの動作の予備実験を基に、PLC 上でのプログラムを作成し、試作機での動作確認重点的に実施した。

平成 31 年度は、構築した動作プログラムに対し、構造及びプログラムのブラッシュアップにより、サイクルタイム 15s 以内、ずれ量±0.1mm 以下を実現させた。

FFT アナライザとハンマリングキットを使用して、連続材料供給装置の振動解析を行い、実運転時にギヤードモータ部分に悪影響を及ぼす振動がないことを確認した。このとき、実機の位置制御機構のモデルを構築し、振動計測の予備試験も行った。

また・電子部品一式として、ロータリーエンコーダを用いた回転速度計測系を再構築する為のケーブルを導入した。位置制御機構に用いるギヤードモータの回転速度変動を再評価し、実機に及ぼす悪影響が見られないことを確認した。

<各機関の実施内容>

仙台高専： 目標値に対する不具合/懸念点について、ハード面・ソフト面の改造/改良を行った。

東新工業： ハイボリュームトライによる信頼性評価を実施、動作フローにおける不具合に対し、解析を行った。

<重点的に実施した内容>

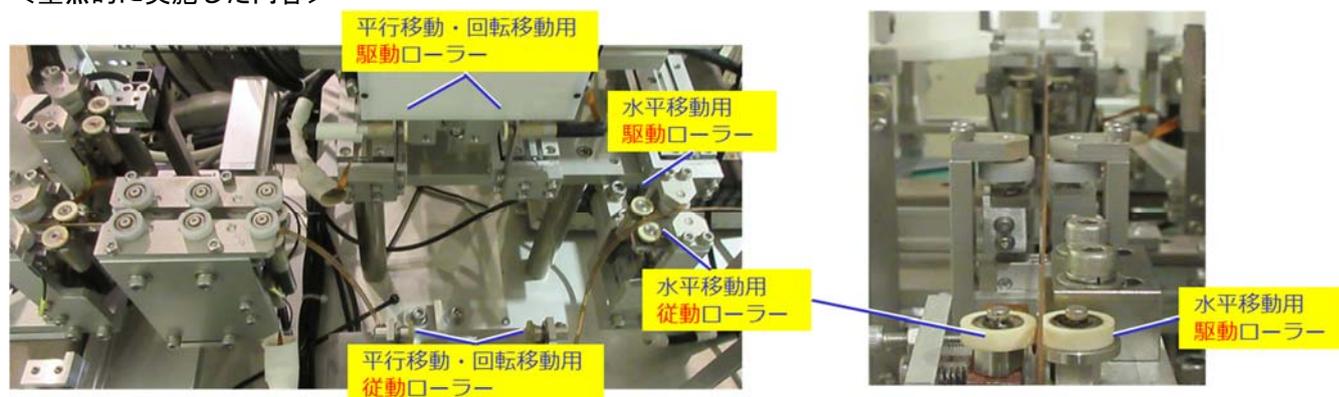


図-10：位置制御機構の構築

試作機と連続材料装置の機構内容を表-6 に記す。

表-6：機構内容

試作機	連続材料供給装置
位置補正機構のみ(モータ及び材料保持コロ)	①画像処理用カメラ取付 ②溶接機構(レーザー、抵抗)取付

	③電動スライダー使用でカメラ・溶接機構を可動式にした ④搬送ガイド取付
操作は開発用 PC による簡易操作のみ	①連続材料供給装置外面にタッチパネル取付 ②各アクチュエータの運転状況の集中表示 ③画像処理の運転状況を把握可能 ④位置補正量履歴グラフ化を可能
制御機構は PLC・モーションコントローラを収めた簡易 BOX のみで実施	①PLC・画像処理コントローラ・モーションコントローラを収納する制御盤を設置した ②Ethernet/IP 通信を活用し、画像処理等との通信で省配線を実現した

表-7：位置制御機構の構築実施内容

項目	狙い	実施内容	結果	評価
画像処理との連携	画像処理で算出する位置補正量等の値を位置制御側で適切に処理する	①Ethernet/IP による画像処理システムとの通信確立 ②画像処理側の仕様変更（通信内容変更）に対し、即座に対応できるシステムとした	①Ethernet/IP 採用により、簡易な配線構成で通信確立 ②通信内容変更に対しても、容易に対応出来た	画像から位置補正データを取得出来た
撮像時の不具合解消	撮像時の材料弛みによるフォーカス不良の解消	撮像前に横位置補正のモータを動作させ、材料弛みを取り除く動作を追加	弛みは大幅に減り、より鮮明な撮像が可能となった	補正データの精度が向上した
材料重ね合せ時の不具合解消	材料の巻き癖により、予定外の位置へ材料が動くことによる不具合の解消	レーザー溶接時に用いる材料抑え治具を材料重ね合せ時のガイドとしても使用するようソフト修正	材料の重ね合わせ動作の安定化を、機構とソフトの面から対処出来る	材料の重ね合わせ動作が安定した
画像処理の仕様変更への対応	検証過程で必要と判明した縦方向のみの位置補正機能の追加	画像処理の仕様変更に合わせて、材料チャック動作の変更・撮像指令の追加を実施	ソフトの面から、縦方向のみの位置補正機能を追加する	ソフトの面から対処出来た
溶接動作 ・レーザー溶接 ・抵抗溶接	設定に合わせた溶接ヘッド移動および溶接動作実施	①溶接ヘッドを設定に合わせて、小刻みに移動 ②ヘッド移動に合わせて、複数回溶接	溶接の位置精度を確保出来る	溶接の位置精度が確保出来る
先行材向け動作 ・尾端停止 ・撮像 ・位置合わせ	①先行材尾端を所定位置で停止させる ②材料クランプし、撮像 ③画像処理からの信号に基づき、位置を補正	①送り出し装置～接続装置間の通信確立 ②位置補正モータによる材料弛み取りで撮像改善	先行材の位置データの取得と補正動作が出来る	先行材の位置決め動作精度が確保出来た
溶接後動作 ・溶接状態判定 ・機器待機位置へ ・つなぎ完了 →搬送再開	①溶接後のつなぎ部を撮像し、状態評価 ②つなぎ OK であれば、搬送再開させる	①溶接後、再度撮像し溶接状態評価 ②溶接 OK であれば、つなぎ完了信号出力し搬送再開	溶接動作の完了を確認し、搬送動作に移ることが出来る	スムーズな連続動作を達成した

2-2-2 位置制御の評価(平成 30 年度～平成 31 年度実施)：サブテーマ番号【2-2】

本開発で構築した位置制御機構に対し、パイロット穴径、パイロット穴ピッチによらず、めっき治具外れを発生させない精度の位置合わせを確立する。

平成 30 年度実施内容(実績)：

動作プログラムの構築において、パイロット穴径の異なる品種に対して評価を行い、位置合わせ時のずれ量に対し、高精度化を狙い、プログラムの信頼性を高めた。パイロット穴径については、 $\phi 0.7\text{mm}$ ～ $\phi 2.0\text{mm}$ において評価を実施した。

<各機関の実施内容>

仙台高専： 高精度化における不具合/懸念点について、ハード面・ソフト面の改造/改良を行った。

東新工業： 高精度化に対する信頼性評価を実施、不具合に対し、解析を行った。

<重点的に実施した内容>

PLC を用いて動作プログラムを実装し、試作機での検証を重点的に実施した。

平成 31 年度実施内容(実績) :

位置制御機構の確立に向け、搬送速度を段階的に高速化させ、位置合わせ動作が追従できるかについて、ずれ量±0.1mm 以内、サイクルタイム 15s 以内を目標値として、評価を行い、量産に適応できる信頼性を実現させた。搬送速度については、20m/min に対応可能な位置制御機構とした。

<各機関の実施内容>

仙台大専： 高速化における不具合/懸念点について、ハード面・ソフト面の改造/改良を行った。

東新工業： 高速化に対する信頼性評価を実施、不具合に対し、解析を行った。

<重点的に実施した内容>

以下の項目を実施することで、ずれ量±0.1 mmの目標達成をした。

表-8：位置制御(ずれ量)の評価実施内容

項目	狙い	実施内容	結果	評価
位置補正モータの動作量単位	ソフト内での位置補正量演算時に誤差が生じないようにする	ソフト内でのモータ動作量の演算は、mm単位ではなく、モータの回転パルス単位での演算とした	位置補正量の誤差を無くすことが出来る。	位置補正量の誤差が無くなった
位置補正モータのコロ外形設定の追加	量産開始後、経年劣化でコロ外形が変化しても簡易な調整作業が問題なく動作出来るようにする	タッチパネル上でコロ外形を数値設定する形とし、外形変化時はノギスで外形測定した値を入力することで外形変化に対応出来るようにした	位置決め誤差が生じない為の機構まわりからの対策を講じる	位置決め精度管理の手法を確立した
位置ずれ量の低減	補正出来ない程、過大な位置ずれが生じない様にする	連続材料供給装置前に材料保持のコロ・装置内部にも材料抑えの治具を設置した	位置決め誤差が生じない為の機構まわりからの対策を講じる	過大な位置ずれが生じないことを確認出来た

以下の項目を実施することで、サイクルタイム 15s の目標達成をした。

表-9：位置制御(サイクルタイム短縮)の評価実施内容

項目	狙い	実施内容	結果	評価
先行材と後行材の送り速度の高速化	先行材と後行材の送り速度を高めることによる時間の短縮	先行材と後行材の送り速度を高めることによる時間短縮を図った	位置決め動作時間の短縮が出来た	補正動作の短縮が出来た
スポット溶接の位置決め動作の高速化	溶接の間隔を短縮することによるサイクルタイムの低減	スポット溶接の移動速度を高めた	サイクルタイムの短縮に寄与した	溶接時間の短縮が出来た
スポット溶接個所の最適化	溶接の間隔を短縮することによるサイクルタイムの低減	溶接個所の最適化と溶接ポイント数を低減することによる時間の短縮を行った	サイクルタイムの短縮に寄与した	溶接時間の短縮が出来た
フープ材の位置決めと溶接動作との連動の速度アップ	フープ材の位置決めと溶接動作との連動を高速化することによる時間の短縮	連動動作の無駄時間を無くすことにより、時間短縮を図った	サイクルタイムの短縮に寄与した	サイクル時間の短縮が出来た

2-3 材料の接合強度への対応

「接合部がめっきラインの高速化に耐えうる接合条件(29.4N 以上)を確立する。現行はハンディの抵抗溶接を適用しているが、自動化に伴い、他方式(レーザー溶接)の導入も視野に入れ、最適な方法を適用する。」

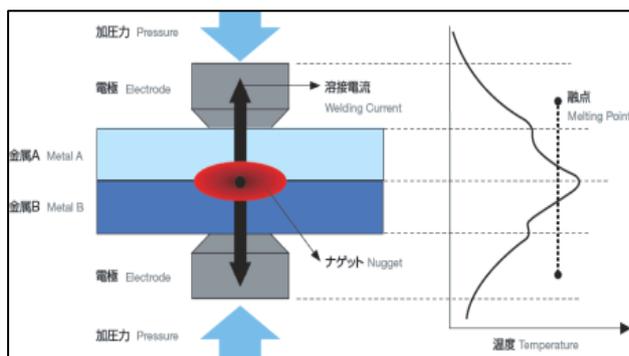


図-11： 現行の抵抗溶接方法



図-12： レーザー溶接イメージ図

現行の抵抗溶接は図-11のように溶接電極で金属材料を挟みこみ、加圧しながら瞬間的に大電流を流し、金属の抵抗熱を利用してナゲットと呼ばれる合金層をつくる溶融接合である。電流を上げ、金属の溶融域を広げることで、接合強度は高まるが、電流を過剰に上げると電極と材料が溶着し、分離作業が必要になるのが現行法の問題点である。これは溶接と合わせ、電極のセット、電極先端のメンテナンスもハンディで行っている為、材料との接触面に偏りが生じることが原因である。自動化において抵抗溶接を採用した場合、機械的に偏りのない挟み込みを行う機構とすることが必要である。また電極先端のメンテナンスについても機械的に実施することとする。又、自動化により、安全性も高くなる為、接合機構によっては非接触式のレーザー溶接等も検討する。(図-12 参照)

2-3-1 接合機構の構築(平成 29 年度～平成 31 年度実施) : サブテーマ番号【3-1】

抵抗溶接における接合面の水平度と挟み込み時(加圧時)の垂直度の高い構造をとり、電極棒と材料の溶着がなく、且つライン搬送時に接合部が分離しない構造とする。また、抵抗溶接において使用する電極についても、溶着対策となる材質、構造を確立する。

平成 29 年度は、接合機構の構造決定と、レーザー溶接の基礎評価を行った。

- ①「交流式抵抗溶接装置 MEA-100A 一式」と「UM-JAPAN レーザー溶接機」を使用し、フープ材の接合条件検討を実施した。
- ②フープ材上の接合箇所の選定を実施した。
- ③抵抗溶接においては、電極の状態・印加電圧・電流値を調整し、評価を実施した。
- ④レーザー溶接においては、照射時間・照射強度を調整し、評価を実施した。
- ⑤複数の素材や形状のフープ材を使用し、抵抗溶接・レーザー溶接との相性や複合使用について構造決定を行った。

<重点的に実施した内容>

スポット溶接による抵抗溶接とレーザー溶接の複合機構を選定し、デモ評価により機器選定と購入を完了させた。又、スポット溶接・抵抗溶接について、基礎評価を実施し、条件毎の接合強度を確認した。

平成 30 年度は、平成 29 年度実施した接合機構の構造決定について基礎評価の段階であった為、さらに動作上の干渉が無いことなどを考慮して構造決定を進めた。

また決定した接合法と接合機構について、試作機を作製し、接合強度 29.4N 以上を満足する動作プログラムを構築した。

<各機関の実施内容>

仙台高専： 選定した機器を【1-1】・【1-2】に取り込み、試作機を設計し、動作プログラムを作成した。
東新工業： 設計を基に、試作機を構造化した。

<重点的に実施した内容>

検証ラインにおいて、搬送テストを実施し、接合条件の設定を重点的に実施した。

平成 31 年度は、

信頼性評価を実施し、画像処理システム・位置制御機構とマッチングした、接合強度 29.4N 以上を満足する接合機構を確立する。

<各機関の実施内容>

仙台高専： 信頼性評価における不具合発生/懸念点について、ハード面・ソフト面の改造/改良を行った。
東新工業： ハイボリュームトライによる信頼性評価を実施、不具合事象とデータを集計、解析を行った。

<重点的に実施した内容>

以下の項目を実施することで、接合強度 29.4N 以上の目標達成をした。

表-10：接合機構の構築実施内容

項目	狙い	実施内容	結果	評価
レーザー溶接条件の決定	貫通が無く、照射裏面に溶接痕が表れる溶接状態を得る	レーザー出力条件を検証し、パワーと波形の決定をした	貫通穴や凹凸変形が無く、適度な溶接状態が得られた	最適溶接条件を決定出来た
レーザー溶接回数の決定	先行材と後行材の重なり部に、ふくれ・めくれを防止する	キャリア幅と形状から妥当な回数を検証し、決定した	十分な密度で溶接された、めくれ・ふくれを無くした	最適溶接回数を決定出来た
先行材と後行材の密着性を得る	溶接強度の最大化	溶接時に先行材と後行材を密着させる為の押し当て治具を設置した	溶接前状態で、重ね合わせた材料同士が密着出来ている	十分な強度が確保された
抵抗溶接位置の設定	変形が想定される材料端部を、物理的な圧力で矯正し、溶接を行う	端部位置を確実に溶接出来るよう、溶接位置の補正を実施した	画像処理で得た端部座標に抵抗溶接位置を制御出来た	端部めくれが発生しない位置を決定出来た

2-4 要素技術の複合化

2-4-1 要素技術の組み上げ(平成 29 年度～平成 31 年度実施) : サブテーマ番号【4-1】

【1】～【3】において構築した各要素技術を組み上げて、連続材料供給装置を完成させる。

平成 29 年度は、開発する連続材料供給装置が、めっきラインに取り付けたとき目的の性能を発揮するかを検証するためのラインを設計し、外注にて製作した。設置後は動作の確認をし、開発機完成時速やかに、検証試験が行えるようにした。

<重点的に実施した内容>

動作確認・信頼性評価用の検証ラインについて、仕様を決定し、外注業者へ発注した。複合化に向けた上位コントローラの動作検証については、仮想プログラムを作成し、信号授受による動作フローを確認した。

平成 30 年度は、

【1 画像処理】【2 位置合わせ】【3 接合】の各要素技術に関する試作機を組み上げて連続材料装置を作製して、動作を確立した。

<各機関の実施内容>

仙台高専： 【1】～【3】の要素技術を複合化した連続材料供給装置を設計した。

東新工業： 設計を構造化し、複合機能の動作確認より設計ヘフィードバックを入れ、動作フローを確立した。

<重点的に実施した内容>

動作プログラムの作成を行い、各要素技術の課題を反映させた連続材料供給装置の作製を重点的に実施した。

また、連続材料供給装置検証のため、先行材のリールと後行材のリールを自動で交換する「段取替えユニット」とリール架け替え時に先行材が搬送されている本線と後行材が待機している支線が干渉しないように調整する「リール架け替えユニット」を導入した。

平成 31 年度は、ハイボリュームトライによる連続材料供給装置の信頼性を評価した。また設定した目標値に対する不具合点や懸念を洗い出し、ハード、ソフトの両面から改造/改良をした。

またハイスピードマイクロ스코プでの信頼性評価を行うと同時に試作機の実用化に向けて良品条件の整備をした。接合後の位置精度をワンショット 3D 形状測定器 (VR-5000) で解析し、ずれ量・重なり具合を 3 次元的に評価した。

接合強度は、卓上型引張圧縮試験機で引張試験を行い、技術的目標値である 29.4N 以上を満たした強度

となっているか確認した。
その結果、表-10 に示すように目標を達成した。

<重点的に実施した内容>

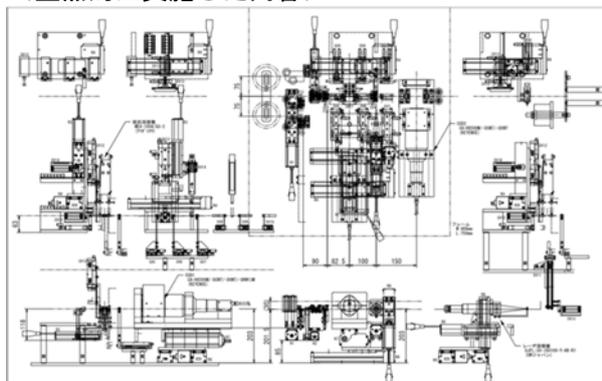


図-13:機構部全体図

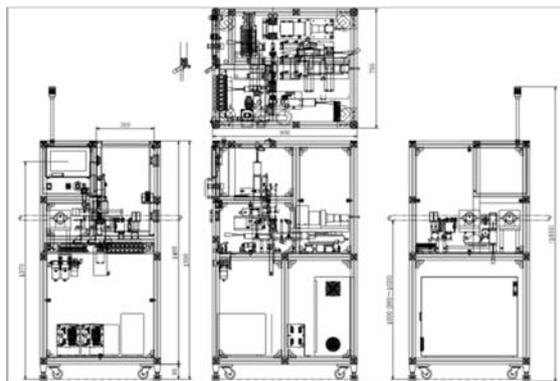


図-14:装置全体図

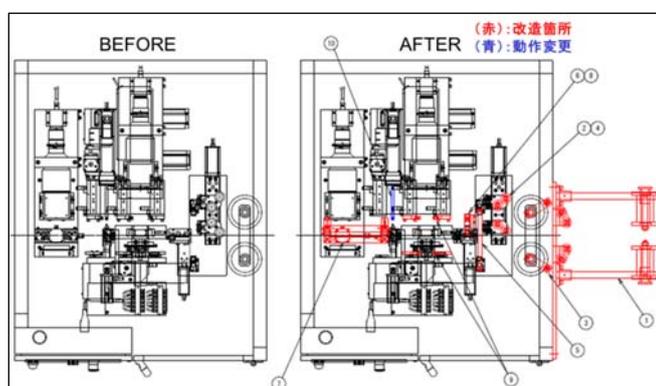


図-15:搬送系のブラッシュアップ

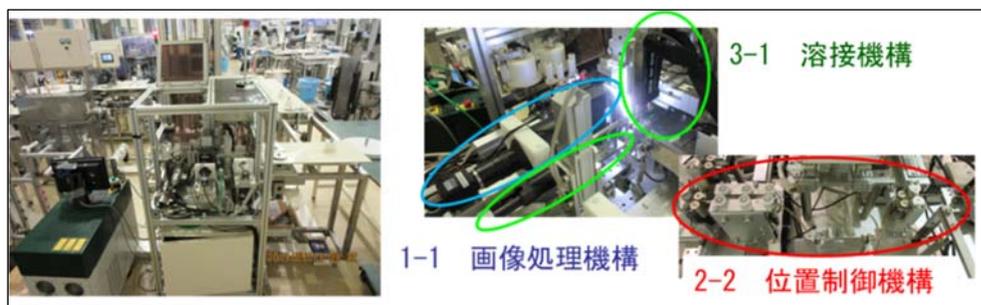


図-16: 連続材料供給装置と各機構

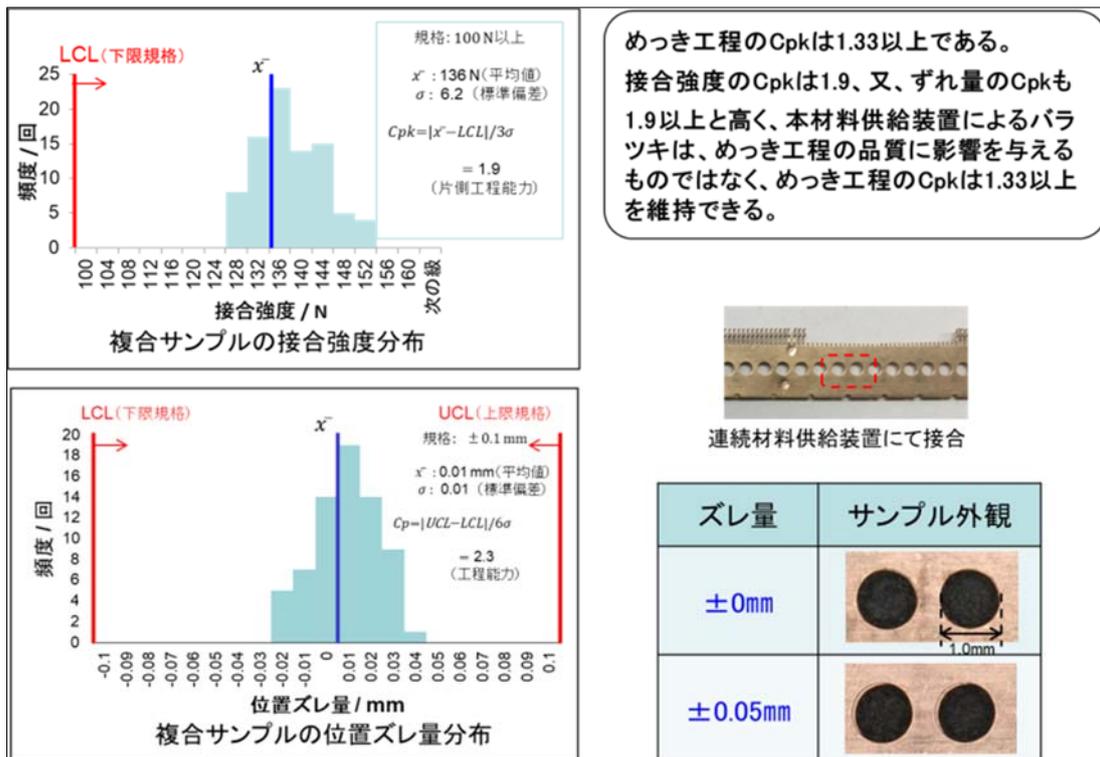


図-17: サンプル強度・位置ズレ量分布

表-11: 要素技術の複合化実施内容

項目	狙い	結果	結果
画像処理プログラムの構築	製品形状認識処理を構築し、入力パラメータを20項目→5項目とする	入力パラメータを20項目→4項目へと削減出来た	形状認識処理に必要な設定の削減を達成した
画像処理システムの評価	製品形状認識設定工数を10min/回とする	最小限の入力パラメータで形状認識を可能とし、10min以下/回の設定工数とした	目標数値を満足出来る画像処理システムを構築出来ていることを確認出来た
	全品種に対応出来る製品形状認識処理の確立をする	全品種に共通の画像計測処理を適用出来る機器の構成、プログラムを作成出来た	
位置制御プログラムの構築	位置制御プログラムと機構の最適化を図り、システムを確立する	PCL上での動作プログラムの改良と、実機での動作確認を行い、位置制御プログラムを構築出来た	位置制御プログラムと機構の最適化を図り、システムを確立出来た
位置制御の評価	位置制御動作プログラムと画像処理系とを連携させ、サイクルタイム15s以内とする	撮像動作、位置制御動作、溶接動作の連携プログラムの構築により、サイクルタイム15sとなった	技術目標値サイクルタイム15sを達成する連携プログラムを確立出来た
	位置制御系動作プログラムによりずれ量を±0.1mmとする	画像処理より得られた位置情報、補正データにより、ワーク位置を制御し、繋ぎ部のずれ量±0.1mm 0.1mm以下を可能とした	技術目標値±0.1mm以下の精度を確保する位置制御機構を確立出来た
溶接機構の構築	画像処理システム・位置制御機構とマッチングした、接合強度29.4N以上を満足する接合機構を確立する	接合部におけるめくれ・ふくれ・変形が無く、接合強度29.4Nを満足する溶接が得られた	最適な溶接条件の見極めと、正確な位置への溶接を可能とし、技術目標値29.4Nを満足する溶接機構を構築出来た
要素技術の組み上げ	実用化に向け、要素技術の技術目標値を満足した汎用機を完成する	全ての技術目標値を満足する汎用機を完成した	汎用型の実用が可能となった

第3章 補助事業の成果に係る事業化展開について

コネクタ分野における国内上場電子部品メーカーが東新工業（株）の主要顧客である。東新工業（株）にて量産化を実現させたハイスpek品に対し、品質への顧客満足度は高い状態であるが、順調に拡大する市場動向より生産能力の向上を強く求められている。海外への技術流出及び生産移転を防止する点においても、連続材料投入技術は生産能力向上の一翼を担うことが出来、将来に向けた強いニーズがある。また、受注量に応じて、既存設備の生産性を向上させる為の手段としても、連続材料投入技術は極めて有効である。

東新工業（株）がメインに扱うコネクタの市場規模は、現在約 75 兆円であり、2025 年には 90 兆円以上に達する見通しである。このコネクタ分野は日系メーカーが技術的優位性を確立しており、日本の限られたメーカーだけで、世界シェアの 12%を制し日本陣営の躍進が著しい。ハイスpekなスポットめっきの仕事が東新工業（株）に集中しており、コア技術の進展により 3~5 年後の川下ニーズに対しても、技術的に東新工業（株）しか対応出来ない状況となり、現状と同じく仕事が集中すると予測される。このような状況下において、本事業にて開発した連続材料供給装置の量産機を量産ラインへ設置することで、生産性は更に向上する。よって川下ニーズを満足することが可能になり、量産ラインへ設置完了後の売り上げは 13,000 百万円となる見込みである。

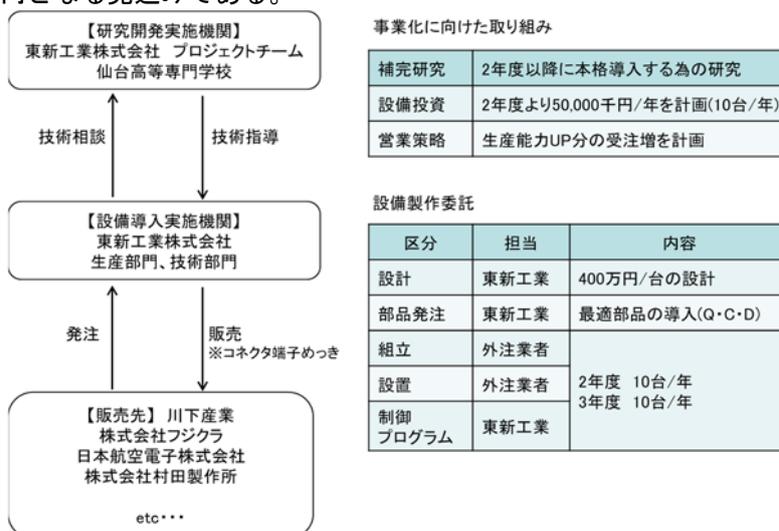


図-18: 事業化に向けた取り組み

第4章 補助事業に係る知的財産権等について

特許番号 特許第 6322776 号
 登録日 平成 30 年 4 月 13 日 (2018. 4. 13)
 発明の名称 フープ材の自動接続装置

特許番号 1682879 (台湾)
 登録日 2020 年 1 月 21 日
 発明の名称 フープ材の自動接続装置

出願番号 韓国特許出願第 10-2019-003540 号
 出願日 2019 年 1 月 10 日
 発明の名称 フープ材の自動接続装置

最終章 全体総括

研究開発成果

(1) 画像処理システムの構築

連続材料供給装置が、高い汎用性を持って自動で作動するように、材料の種類、形状、位置などを判別できる画像処理システムを構築した。

(2) 位置制御機構の構築

画像処理システムで得たデータを基に、接合する2つのフープ材を接合機構部へ誘導し、重ね合わせる位置制御機構を構築した。

(3) 接合機構の構築

重ね合わせたフープ材は、抵抗溶接とレーザー溶接を併用して接合することとして、接合機構を構築し、十分な強度での接合条件を決定した。

(4) 要素技術の複合化

(1)～(3)で作成した試作機を評価するため、実際のめっきラインを模した検証ラインを構築した。検証ライン上で、各試作機を連携させての試験を行い、「汎用性」「サイクルタイム」「接合精度」「接合強度」など設定した目標値を全て達成する連続材料供給装置を完成した。また装置の工程能力は、Cpk2以上となった。今後現有の生産装置に順次導入し、生産性向上を図る。

【本事業による副産物】

仙台高等専門学校様との産学連携を通じて、技術的問題を論理的に解決することの大切さを多く学ぶことが出来、東新工業(株)の技術スタッフのスキルが向上し、今後新たな課題に対してのアプローチに役立つと確信しています。

【謝辞】

本事業の推進にあたり適切な助言を賜りご指導下さったアドバイザーの、

- ・株式会社フジクラ コネクタカンパニー調達部部长 高橋伸行様
- ・地方独立行政法人 神奈川県立産業技術総合研究所 溝の口支所 川崎技術支援部
科学技術コーディネーター 馬飼野信一様
- ・スワン国際特許事務所 所長・弁理士 五十嵐和壽様

には深く感謝申し上げます。