

平成27年度
革新的ものづくり産業創出連携促進事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「把持及び画像処理応用の位置決め技術による航空機用
マーキングチューブ自動取付・熱収縮装置の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成28年 3月

委 託 者 中部経済産業局
委 託 先 公益財団法人岐阜県研究開発財団

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 | 3 |
| 1.2 研究体制（研究組織・管理体制・研究者氏名） | 5 |
| 1.3 成果概要 | 8 |
| 1.4 当該研究開発の連絡窓口 | 9 |
| 第2章 本論（実施内容） | |
| 2.1 装置概要と開発課題 | 9 |
| 2.2 電線マーキングチューブの自動取付・熱収縮機の開発 （研究テーマ①） | 10 |
| 2.3 「つなぎ」を自動検出する機構の評価（研究テーマ②） | 13 |
| 2.4 電線の巻きグセを自動排除する機構の開発（研究テーマ③） | 14 |
| 2.5 電線デリラーの開発 | 16 |
| 2.6 工程データ配信・管理システムの開発 | 18 |
| 2.7 試作機の評価 | 19 |
| 2.8 プロジェクトの管理運営 | 20 |
| 第3章 全体総括 | 20 |

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

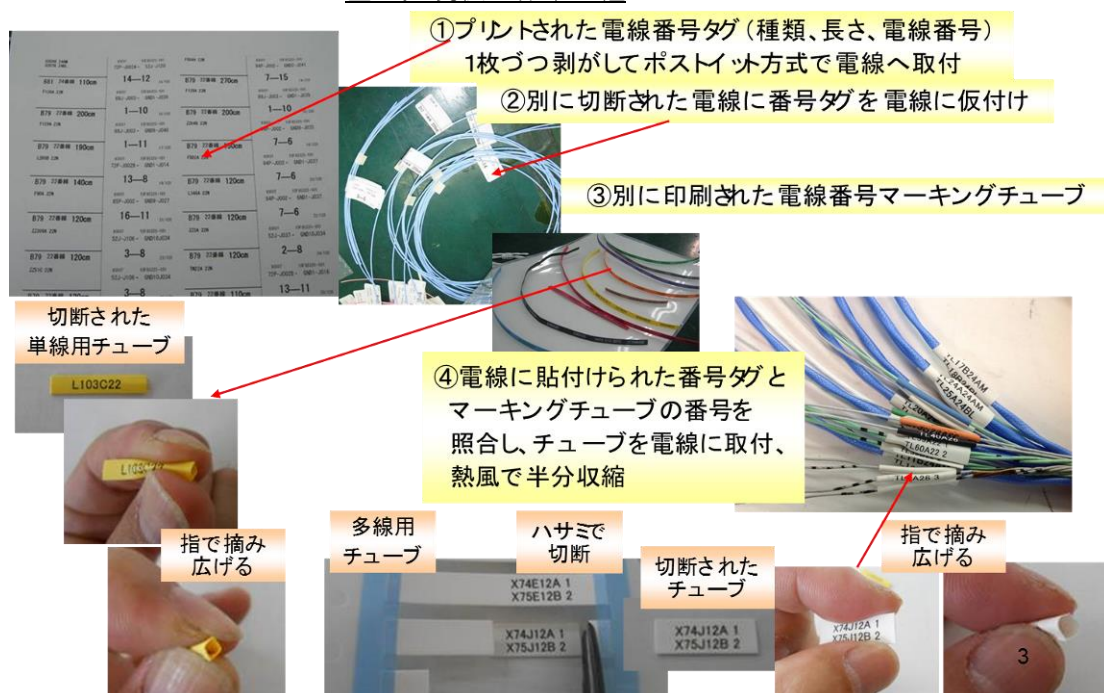
1.1.1 研究開発の背景

航空機用ワイヤーハーネスは、全ての電線に対して、識別のための電線番号、電線種類に係る設計コード、電線太さデータ、所要長さデータが定義されている。

特に、電線番号に関しては全ての電線へ、直接識別印字されるか、又は、熱収縮性チューブの上に印字（マーキング）されたものを挿入・加熱収縮している状況である。熱収縮チューブに関しては、電線の表面材料特性上から直接印字できないもの、2芯とか3芯とか複数の電線が撚ってあり、印字できないものに適用しており、現状、これらの電線加工工程はほとんど手作業となっているのが実態である。

この中で、電線へのマーキングチューブの挿入・取付作業に関しては、図1に示すようにワイヤーハーネス単位毎のマーキングチューブの作成から挿入対象となる電線の選択と挿入及び挿入後の熱風によるチューブの圧着（収縮）作業や、前後工程における付随作業（電線つなぎ判明時の是正、分岐毎の電線束ね）を人手に頼っていることから、電線選択や位置決め等における作業不良が多々発生するとともに、最大のコスト高要因となっているのが実態である。

図1. 現状の作業工程



1.1.2 研究目的及び目標

1.1.1 項の研究開発の背景から、本研究開発では電線に対するマーキングチューブの自動取付・熱収縮機構の開発、電線内「つなぎ」の検出と「巻グセ」排除機構の開発及びこれらの機構を前後工程と自動連動させることにより、航空機用配線における組み立てコストの半減を目指すものである。

そして、本研究開発における目標値は次の通りである。

- ・ワイヤーハーネス製作コストを1/2程度削減する。
- ・現状 人による作業において、電線1本の作業時間は、2分程度かかる。これを、1分程度で作業できることを目指す。

1.1.3 研究開発の概要

現状では、図2に示すようにマーキングチューブの作成、組立体 (Assy) の単位纏め、チューブ切断、電線へのチューブ通し、チューブの熱収縮、分岐毎の束ね、それらの前作業として電線の測長・切断の作業を手作業で行っている。

これを、本研究開発により、

- ① 電線を選択し、「つなぎ」部を排除して測長切断する機構部、
- ② マーキングされたチューブと電線を一体化する機構部
- ③ その電線をストレートにする巻きグセ除去の機構部

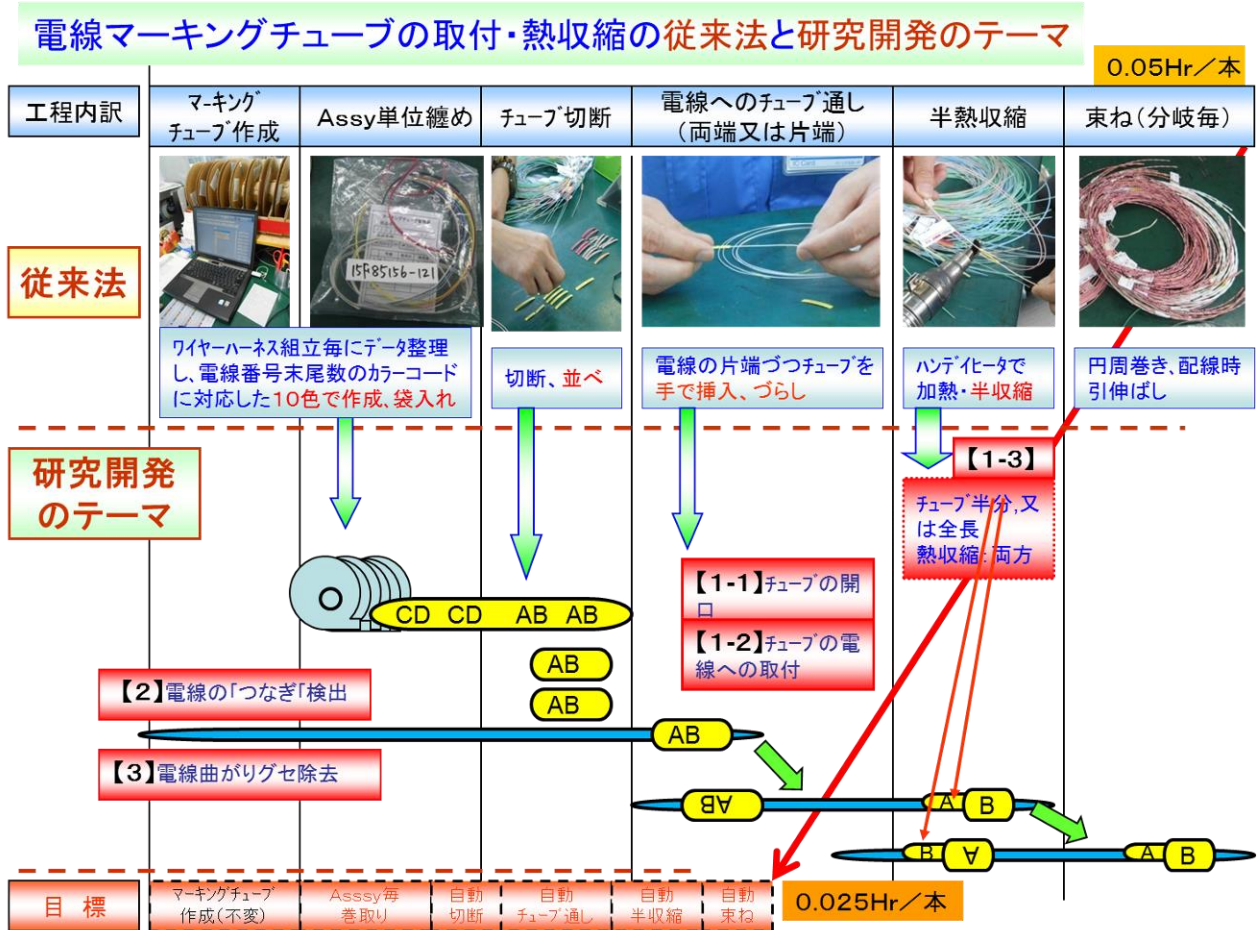
といった三つの機構を持つ装置の研究開発により、生産の効率化を目指すものである。

これらの機構を開発するために、以下の大きく三つの区分で研究開発を遂行した。

- ① 電線チューブマーキングの自動取付・熱収縮機の研究開発への対応
- ② 電線のリールから引出し中に「つなぎ」を自動検出する機構の研究開発への対応
- ③ 電線の巻きグセを自動排除する機構の研究開発への対応

なお、本研究開発における現状と対比したテーマを図2に示す。

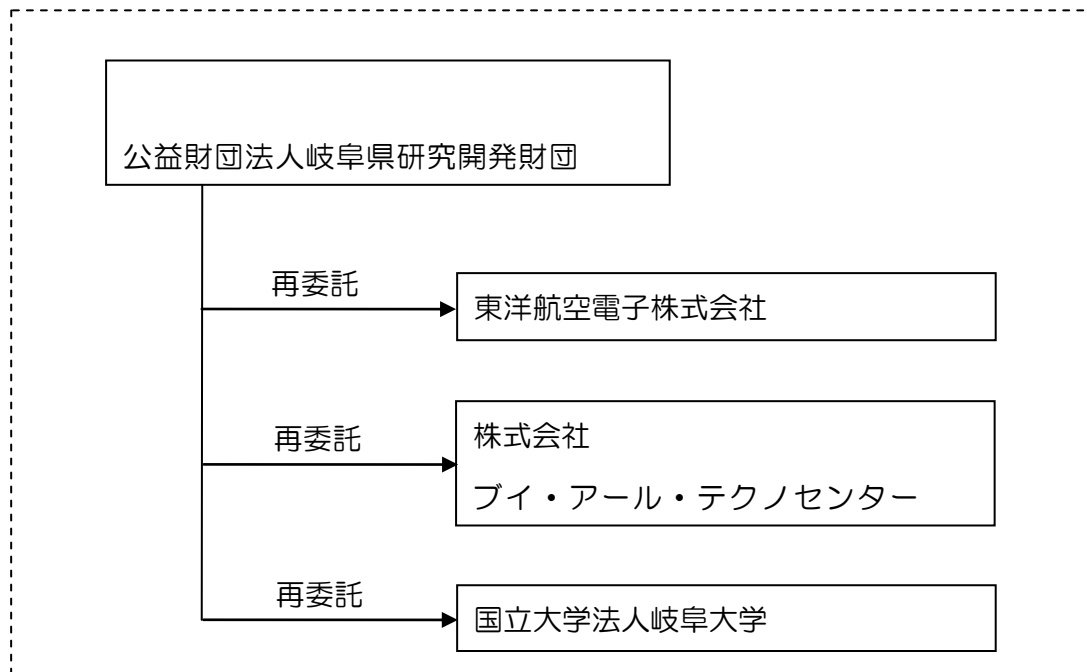
図2. 従来法と研究開発のテーマ



1.2 研究体制

1.2.1 研究組織及び管理体制

1) 研究組織



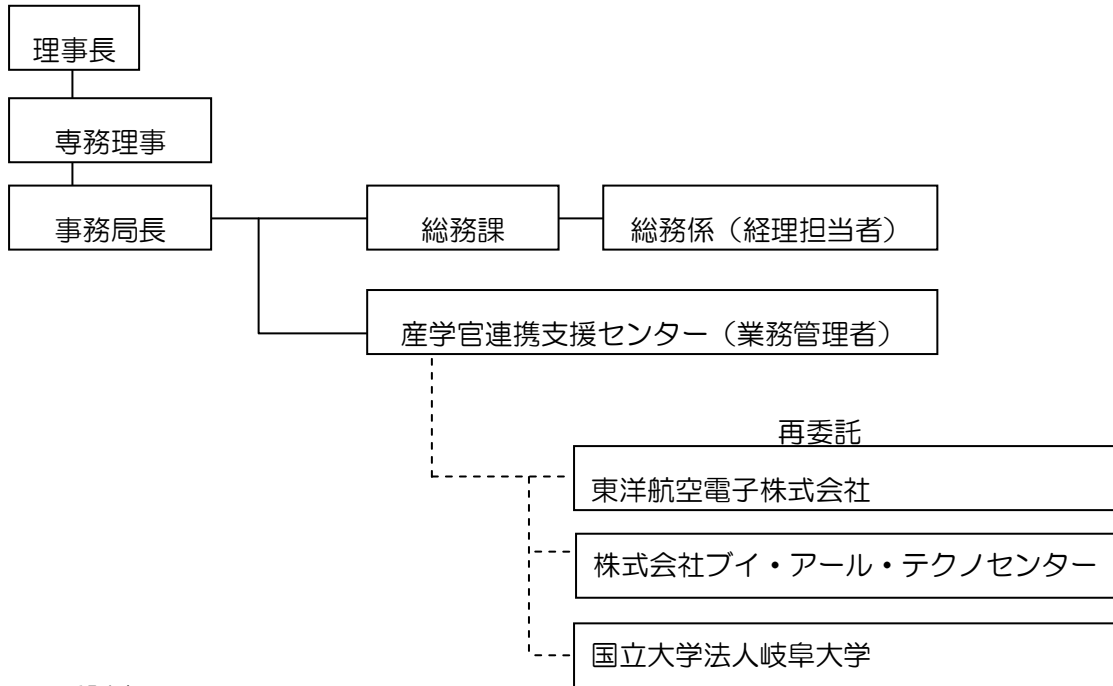
総括研究代表者（PL）
東洋航空電子株式会社
専務取締役 野田 新見

副総括研究代表者（SL）
株式会社ブイ・アール・テクノセンター
企画開発部次長 金武 守一

2) 管理体制

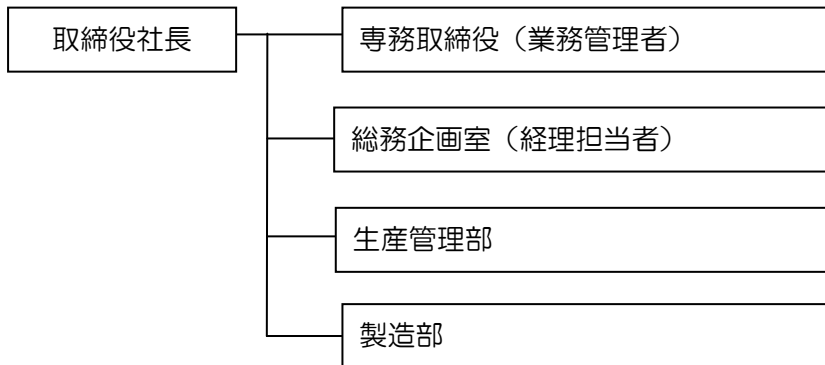
① 事業管理機関

公益財団法人岐阜県研究開発財団



② 再委託先

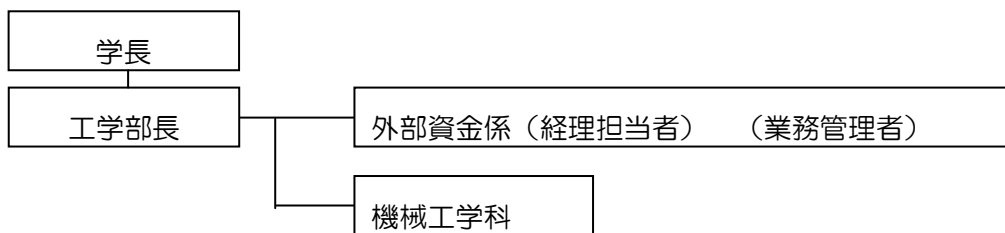
東洋航空電子株式会社



株式会社パイ・アール・テクノセンター



国立大学法人岐阜大学



1.2.2 研究者氏名

【事業管理機関】公益財団法人岐阜県研究開発財団

管理員

| 氏名 | 所属・役職 |
|------|------------------|
| 林 正幸 | 専務理事兼事務局長 |
| 鷺見 浩 | 産学官連携支援センター事業推進員 |

【再委託先】

研究員

株式会社バイ・アール・テクノセンター

| 氏名 | 所属・役職 |
|-------|----------------|
| 横山 考弘 | 企画開発部長 |
| 金武 守一 | 企画開発部担当部長 |
| 藤井 優武 | 企画開発部企画開発課長代理 |
| 中村 真里 | 企画開発部企画開発課係長 |
| 高橋 寛明 | 企画開発部企画開発課課長補佐 |

東洋航空電子株式会社

| 氏名 | 所属・役職 |
|-------|----------------|
| 野田 新見 | 専務取締役 |
| 小林 信次 | 生産管理部 生産管理課 課長 |
| 山田 茂 | 製造部 工作1課 |
| 太田 柳一 | 製造部 工作1課 |
| 岡田 哲也 | 生産管理部 生産管理課 班長 |

国立大学法人岐阜大学

| 氏名 | 所属・役職 |
|-------|------------|
| 佐々木 実 | 岐阜大学工学部・教授 |

1.3 成果概要

各研究テーマは、市販参考品がなく試行錯誤での研究・開発であった。3年間という限られた期間において各機関と連携協力して得られた成果概要を表1に示す。

表1. 成果概要まとめ

| 項目 | 目標値 | 達成状況 達成率 | 説明 |
|--|---|-------------|--|
| 電線チューブマーキングの自動取付・熱収縮機の開発 (研究テーマ①) | 開口・熱収縮の実現 チューブの開口機構 チューブ装着取付機構 チューブ熱収縮機構 | △ 70% | チューブの開口及び装着において装置の位置決め精度を向上し100%可能となった。 熱収縮は機構としては実現できたが、処理時間が当初2秒⇒10秒に伸びた。熱収縮後は手作業では自然冷却なので、直ちに次の熱収縮作業に移行出来るが、装置では冷却不足で電線及びチューブを移動させると収縮不足となることが要因である。但し、ノズルの改良、冷却装置の改善で短縮化により解決が可能。 |
| 電線のリールから引出し中に「つなぎ」を自動検出する機構の開発 (研究テーマ②) | つなぎ検出の実現 100% | ○ 100% | つなぎの検出率は元より正常な電線の誤検出も無くす事ができた。 |
| 電線の巻きグセを自動排除する機構の開発課題への対応 (研究テーマ③) | 電線巻きグセ自動排除 | △ 80% | 既存の巻きグセ装置による実験や巻きグセを除去する手法を検討したが、除去できない事を検証し確認した。その上で巻きグセがありながら装置の改良を施し装置が巻きグセの影響を極力排除し自動化する事を実現できた。 |
| 事業化検討 | 事業化検討 ・同業他社への紹介 ・製品化検討の実施 | ○ 100% | 市場のニーズは有り、コスト削減目標を達成したことで同業他社からの購入の可能性が向上した。また、製品化における要求仕様を設定した。 |
| 装置試作： (対象作業の加工コスト) | コスト削減率50% | ○ 100% | コスト削減率：50% 削減した時間で他の作業を行うことが出来るようになる。 |
| 装置試作： (対象作業の加工フロータイム) | 電線1本当たりのTOTAL作業時間 2分⇒1分 | △ 17% | フロータイム削減率：8.5% 目標は達成出来ていないが、作業者が一人で消化出来るので、作業の効率化が期待出来る。また、工程が一気通貫になるので、作業のムラや中間在庫のムダを無くすことが出来る。 |
| 知財化 | 先行特許調査の実施 発明特許申請2件 | ○ 100% | 先行特許調査(4件)リスト作成 |

1.4 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人岐阜県研究開発財団
事業推進員 鷲見 浩

E-mail hsumi@gikenzai.or.jp
TEL 058-379-2212 FAX 058-379-2215

東洋航空電子(株)

生産管理部 生産管理課 小林 信次

E-mail n-kobayashi@tokoden.co.jp
TEL 0568-67-2160 FAX 0568-67-2097

生産管理部 生産管理課 渡邊 亮三

E-mail r-watanabe@tokoden.co.jp
TEL 0568-67-2160 FAX 0568-67-2097

株式会社バイ・アール・テクノセンター
企画開発部 担当部長 金武 守一

E-Mail kanetake@vrtc.co.jp
TEL 058-379-2235 FAX 058-379-22.92

岐阜大学工学部・教授 佐々木 実

E-Mail sasaki@gifu-u.ac.jp
TEL 058-230-1111

第2章 本論(実施内容)

2.1 装置概要と開発課題

試作した装置の概要と開発課題との関係を図3に示す。電線デリラー電線測長・切断・マーキングチューブ自動取付・熱収縮機及び工程データ配信・管理システムで構成され、主な機能を表2に示す。

図3. 装置の概要と開発課題

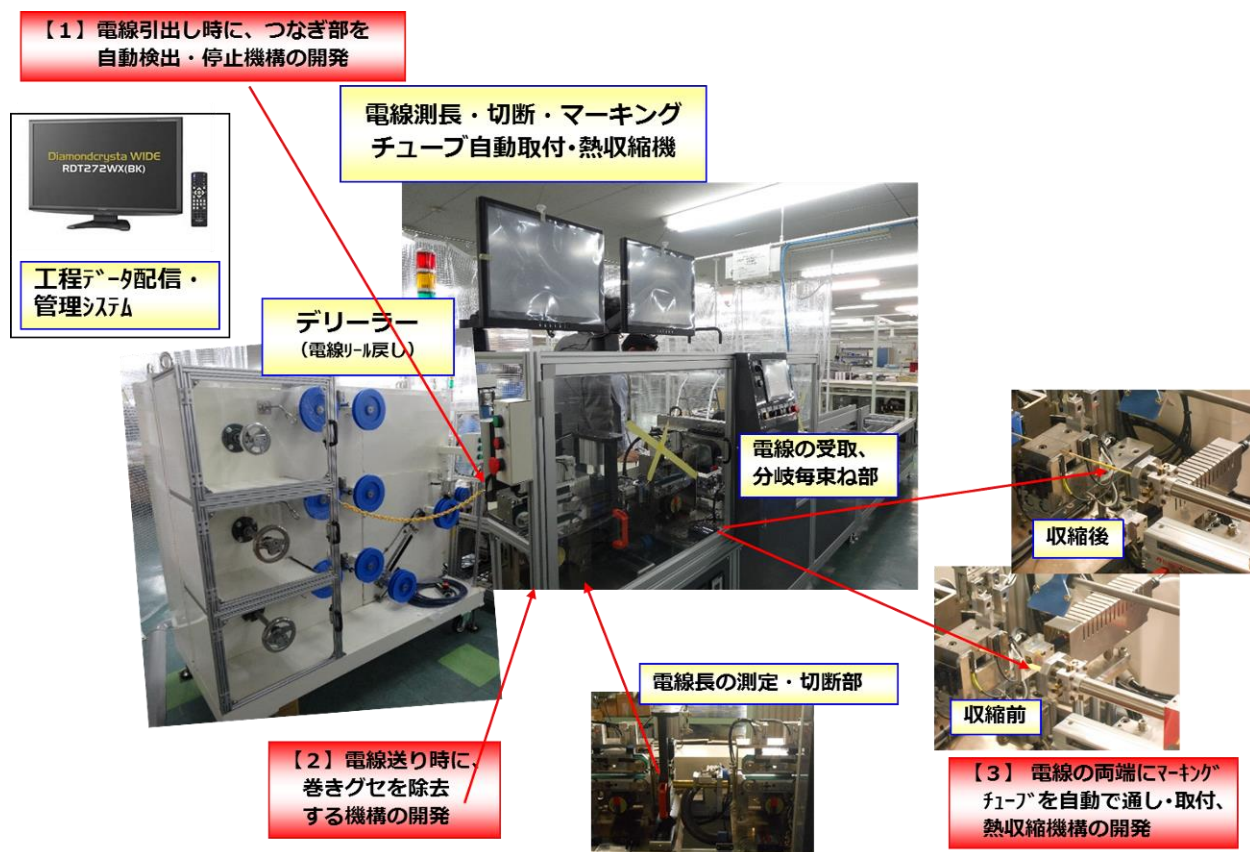


表2. 装置・システムの主な機能

| 装置・システム | 主な機能 |
|----------------------------|--|
| 電線デリロー | 電線リールを装着し、マーキングチューブ自動装着装置へ張力一定で電線を供給する。 |
| 電線測長・切断・マーキングチューブ自動取付・熱収縮機 | 指示された長さで電線を切断し、電線番号を印字したマーキングチューブを挿入・熱収縮した後、搬電線を引き伸ばした状態で搬送する。 |
| 工程データ配信・管理システム | 設計情報から電線のデータを管理・処理して電線デリロー、マーキングチューブ自動装着装置を管理・運用する。 |

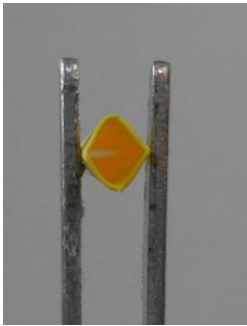
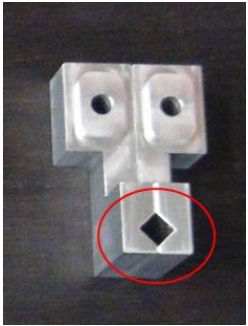
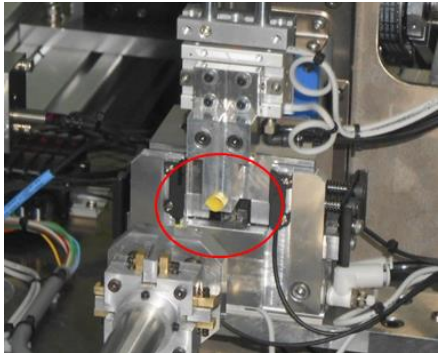
2.2 電線マーキングチューブの自動取付・熱収縮機の開発（研究テーマ①）

2.2.1 印字チューブの開口機構の開発

(1) 印字チューブ開口機構の概要

チューブ開口機構は研究開発により、表3のようにひし形把持フィンガーにて平型に折り畳まれたチューブを抑え込んで開口させる方式を採用した。

表3. 印字チューブ開口機構の概要

| チューブ開口のイメージ | ひし形把持フィンガー | チューブ開口機構 |
|--|--|---|
|  |  |  |

(2) 研究開発中の主な課題

電線の種類、サイズに合わせてチューブを把持して開口する把持フィンガーを交換する必要がある。

(3) 課題に対する研究内容

実際の運用では把持フィンガーの交換作業を無くすことが処理時間短縮に繋がるため、把持フィンガーを1個にしてサイズに応じた溝を設け、サイズに合わせて溝の位置をサーボで動かすことにより把持フィンガーを交換する必要の無い開口機構の構想を検討した。

また、把持フィンガーの機構を左右のフィンガーを一定間隔で交互に押さえるようにし、サーボ化することでチャックの閉じ代をチューブサイズに合わせて任意の位置を制御できるようにする構想を検討した。

(4) 評価

チューブサイズに応じてひし形把持フィンガーを交換する必要があるが、確実に平型に折り畳まれた印字チューブを開口し、電線に挿入する機構を確立した。

(5) 今後の課題

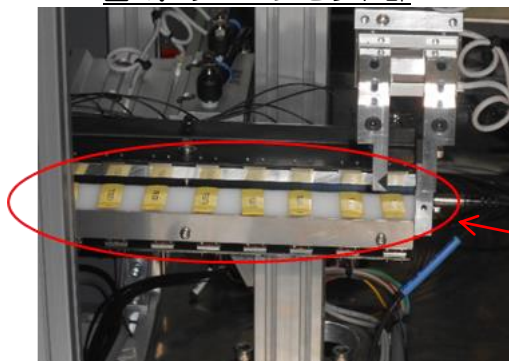
チューブサイズに応じてチャックの閉じ幅を自動制御する機構の開発を、今後のフォローアップ研究の中で取り上げていく。

2.2.2 電線へのチューブの挿入・取付機構の開発

(1) 電線へのチューブの挿入・取付機構の概要

図4のようにチューブの挿入・取付け機構は研究開発により、10個のチューブをセットし、セットした順番にチューブ開口機構に移動させて電線をチューブに挿入・位置決めする方式を採用した。

図4. チューブセット部



筒状のチューブ
セット機構

(2) 研究開発中の主な課題

チューブを電線を加工する順番にチューブセット機構に1個ずつ挿入する必要がある。

(3) 課題に対する研究内容

チューブセット機構へのチューブ装着を容易化するために、筒状のチューブセットの代わりにカセット方式等により、平置き状態で整列させたチューブを摘んで開口させることができないかの構想を検討した。

構想検討のために、図5のように現状の筒刺しに代えて、平置きチューブを両側から挟みこんで広げる機構が成立するか実験治具を製作して検証を実施した。

図5. 実験治具による検証



平置きチューブ

検証結果、平置き状態のチューブは開口させることは可能であるが、順番に整列させる方法は困難であることが判明したので、複数のチューブセット治具を供給可能な多連式ストッカーの基本構想を検討した。

(4) 評価

各種サイズのチューブをセットした順番に、確実にチューブ開口機構に移動し、電線をチューブに挿入・位置決めする機構を確立した。

(5) 今後の課題

課題はチューブセット治具の装填機構の開発で、多連式ストック機構の開発を、今後のフォローアップ研究の中で取り上げていく。


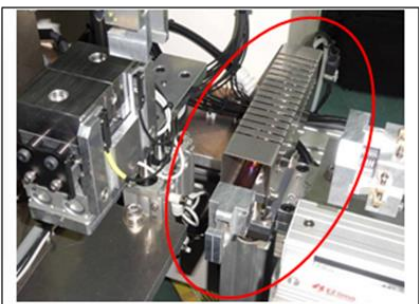
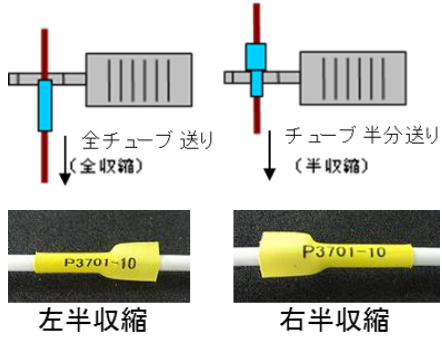
将来的には、チューブをチューブセット治具に自動装着する装置の開発も検討する。また、マーキングチューブの誤装着防止の機構が不可欠であるため、電線番号を読み取り電線加工データと照合する機能の追加を検討する。

2.2.3 チューブ半分又は全長への熱収縮機構の開発

(1) チューブ半分又は全長への熱収縮機構の概要

チューブの挿入・取付け機構は研究開発により、表4のように熱収縮機構は人手作業と同様にヒーター方式、チューブ半分又は全長の熱収縮は電線の送りの位置制御により実現する機構を採用した。

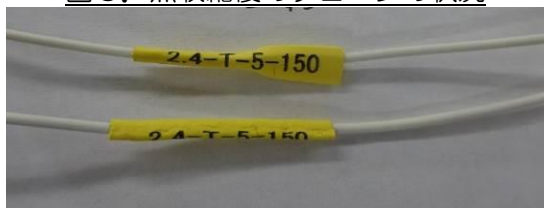
表4. チューブ半分又は全長への熱収縮機構の概要

| 熱収縮機構は人手作業と同様にヒーター方式を採用 | | チューブ半分又は全長の熱収縮は電線の送りの位置制御により実現 |
|---|--|--|
| <p>人手による熱収縮作業</p>  | <p>ヒーターによる熱収縮機構</p>  | <p>データの設定により片端、両端、中間の選択が可能</p>  |

(2) 研究開発中の主な課題

種々の電線を装置に適用し、電線種類・サイズに応じた適正な加熱時間、加熱温度のデータ取りをしたが、加熱温度、加熱時間の条件を変えても図6のように完全には収縮せず、収縮不足となることが判明した。

図6. 熱収縮後のチューブの状況



(3) 課題に対する研究内容

収縮不足となる対策として、熱風の吹き出し口の形状を変更した。見た目では収縮しているが、チューブを指で動かすと簡単に動くので、収縮不足の問題は完全には解消できなかった。

原因調査のために熱ロガーを使用してチューブの表面温度を計測したところ、熱収縮チューブの温度は十分に上がって収縮は出来ているが、冷却時間が少ないと熱が十分に下がらない内に、電線送り機構でチューブが挟まれながら送られるため、チューブが解かれて収縮不足になることが判明した。この対策として冷却ノズルの位置をチューブ近傍に調整可能な機構への改修及び冷却時間を工程データ配信・管理システムから設定出来るようソフトウェアの改修を実施した。

チューブサイズ3種類とチューブサイズに対応した電線2種類の計6通りの組合せで、最適な加熱温度、加熱時間、冷却時間の最適な条件を取るための検証を実施した。手でスライドさせてチューブが動かない設定条件のバラツキがあるが、全ての組合せで完全に収縮出来ることを確認した。

(4) 成果

チューブを完全に収縮させるためには想定外の冷却時間が必要であるが、チューブを適正位置に確実に装着する機構を確立した。

(5) 今後の課題

熱風吹き出し口の構造を変更し、収縮温度の適正化と収縮に関わる時間を短縮すると共に、エアークーラー等の強制冷却方式により冷却時間を短縮するよう今後のフォローアップ研究の中で取り上げていく。

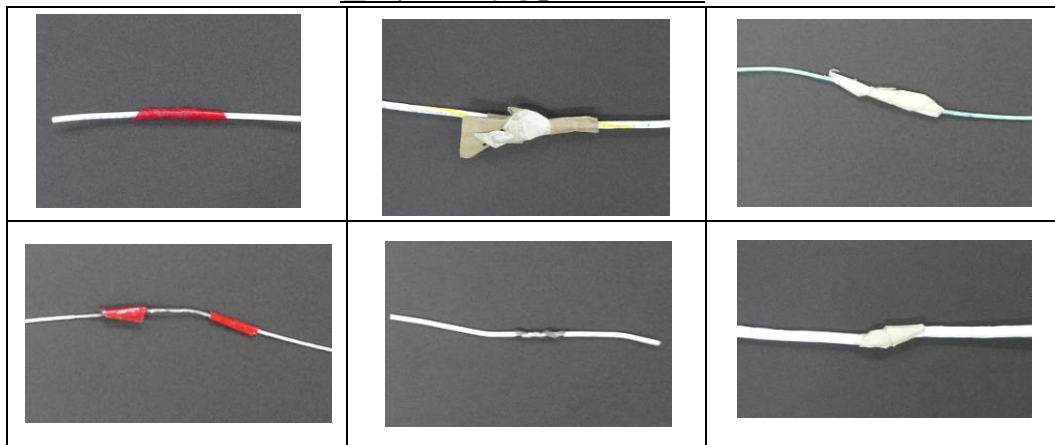
2.3 「つなぎ」を自動検出する機構の評価（研究テーマ②）

2.3.1 「つなぎ」の分析

ドラムに巻かれている市販の電線は、電線メーカーで製作する電線長に制限が有り、また注文に応じて切り売りがされるため、「つなぎ」と称する電線のつなぎ目が発生する。

実際に発生した「つなぎ」の調査を実施したところ、図7のように「つなぎ」には分離している電線の端部同士をねじり合わせて繋いだものや、端部同士を重ねて接着テープで巻いて繋いだものがあることが判明した。

図7. 「つなぎ」のサンプル

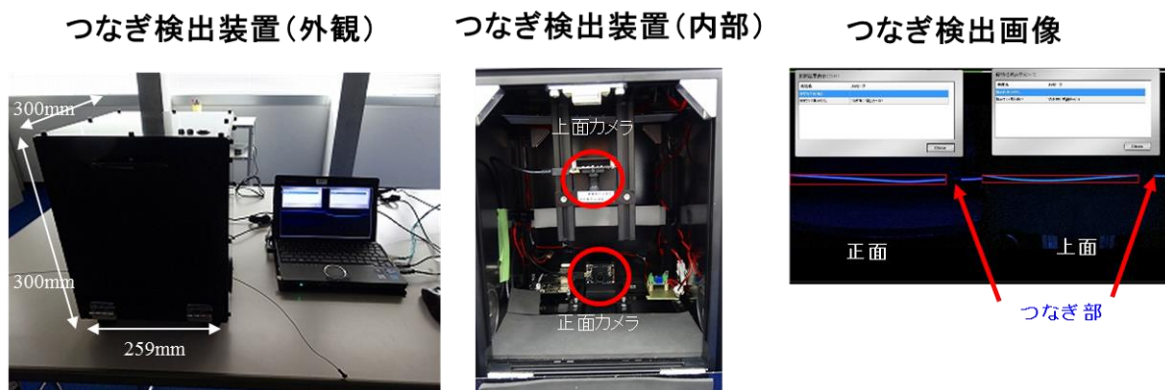


2.3.2 「つなぎ」を自動検出する機構の開発

(1) 「つなぎ」を自動検出する機構の概要

図8に示すようにつなぎ検出装置は研究開発により、電線デリローラーとマーキングチューブ自動装着装置の間に設置出来るような構造の装置を製作し、制御ソフトウェアを組み込みました。つなぎ検出装置は正面及び上面にカメラを設置し、つなぎ部を死角なく確認出来るようにした。

図8. つなぎ検出装置



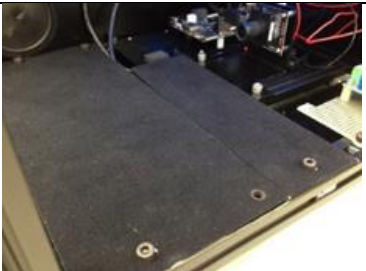

(2) 研究開発中の主な課題

つなぎ部位でない箇所をつなぎとして誤検知してしまうので、誤検知を無くす必要がある。(正常判定率84%を100%に改善する。)

(3) 課題に対する研究内容

誤検知を無くすための表5に示すような背景に光吸収暗幕シートを貼り付け、LEDの変更やカメラの位置変更などの対策を実施した。

表5. 誤検知防止対策

| 背景に光吸収暗幕シートを貼り付けて背景部分の画像のちらつきを防止 | 市販の青色LEDから検査用青色LEDへ変更し、光量のちらつきを防止 |
|---|--|
|  |  |

(4) 評価

つなぎの検出率100%を達成し、正常な電線（つなぎ部ではない箇所）の誤検出の無い「つなぎ」を自動検出する機構を確立した。

(5) 課題

- 1) 誤検知防止として全ての電線種類・サイズに応じたデータを取得し、工程データ配信・管理システムへ設定する。
- 2) コンパクト化を図り、小型化とマーキングチューブ自動装着装置への組み込みを実現する。


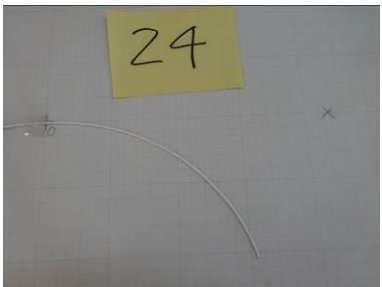

2.4 電線の巻きグセを自動排除する機構の開発（研究テーマ③）

2.4.1 電線の巻きグセの調査

電線はドラムに巻かれた状態でメーカーより供給されるため、電線をドラムより真直ぐに引き伸ばしても手を離すと電線は巻きグセにより円弧状になる。電線種類、サイズにより巻きグセの特性が異なるため、表6のように先端20cmの曲率半径及び4m伸ばして離れた時の長さを37種類の電線を用いて測定した。

調査した結果、巻グセは電線の導体断面積よりも被覆部の断面積が大きいほど巻グセの傾向が大きいこと、シールド被覆があるものほど巻グセが大きいことが判明した。さらに、巻グセは、電線種類のみで決まるものではなく、ドラムの直径の大小で巻かれた状態に依存することも判明した。（直径の小さい電線ドラムに巻かれた方が巻グセは大きい。）

表6. 電線の巻きグセ調査

| 電線ドラム | 曲率半径の計測 | 4m引き伸ばし |
|---|--|---|
|  |  |  |

2.4.2 巻きグセ排除の調査

図9のように市販の2種類の巻グセ取り器を使用して、巻きグセが取れるかの検証を実施し、下記事項が判明した。

- 単線であれば取れ易い。
- 電線が太くなると、ローラーピッチが短いほど張力が必要。
- より線のシールド線は、ローラーピッチに影響され電線が流れてしまい、巻グセが取れない。

図9. 巻きグセ取り器の評価



2.4.3 電線の巻きグセ自動排除機構の開発


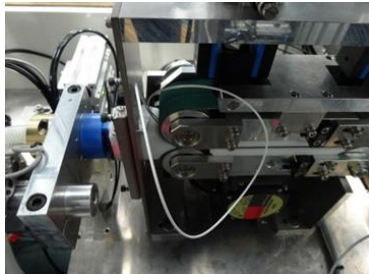
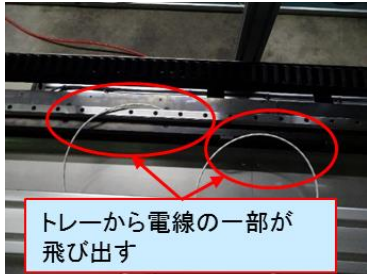
(1) 電線の巻きグセ自動排除機構の概要

航空機の電線では市販の巻きグセ取り器では巻きグセが取り切れず、また電線種類が多いので、装置に組み込むことが容易ではないため、巻きグセを取ることは断念した。その代り、巻きグセが有っても安定して稼働出来る機構の開発を目指すこととした。

(2) 研究開発中の主な課題

巻きグセにより表7のように、電線が詰ったり、飛び出したりして装置が停止してしまう問題が発生した。また、電線払出しトレーから電線搬送機構部に電線が飛び出してしまう問題も発生した。

表7. 電線が詰ったり、飛び出したりする状況

| より線で先端が分かれることで隙間に詰まる場合がある。 | 送りユニットのベルト先端部分で電線が詰ったり、飛び出す場合がある。 | 電線トレーより電線がはみ出す場合がある。 |
|---|--|---|
|  |  |  |

(3) 課題に対する研究内容

1) 電線退避機構の研究と改修

チューブを挿入するために一旦電線を退避させる機構として、電線をコンベヤ上に退避させるようにしていたが、電線の巻きグセにより、細くて腰の弱い電線はコンベヤ上に引き伸ばすことが出来なかった。その対策として、図10のように太くて腰の強い電線はパイプ内に、細くて腰の弱い電線はコイルパンに退避させるよう改修を実施した。パイプかコイルパンの選択は切替え器を設けて手動で切り替えるようにした。

図10. 電線退避機構

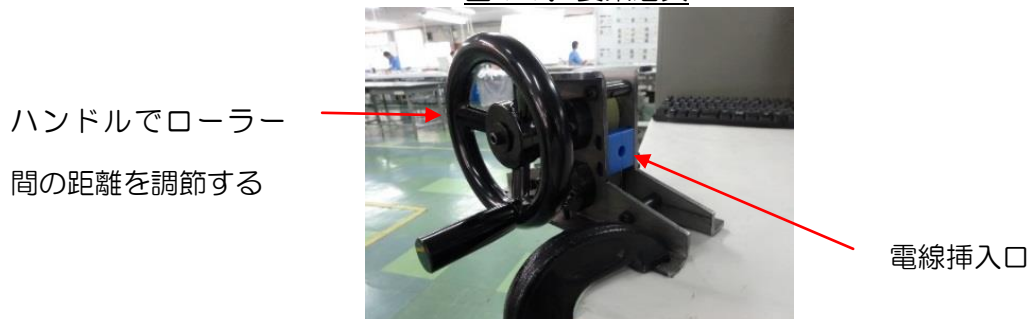


2) 電線送り機構の研究と改修

電線が詰ったり、飛び出したりしない対策として、電線の送り機構を現在のベルト方式からローラー方式に変更することを候補とし、その有効性を評価するために図11に示すような要素治具を製作した。

この要素治具で検証した結果、ローラー方式では電線の詰まり、飛び出しの問題解消の有効性を確認したので、電線送り機構をベルト方式よりローラー方式に改修した。

図11. 要素治具



(4) 評価

電線送り機構をベルト方式よりローラー方式に改修することにより、巻きグセが有っても電線が詰ったり飛び出したりすることの無い機構を確立した。

(5) 今後の課題

電線送りローラーが、電線との摩擦により摩耗する問題が発生したので、ローラーの材質を変更し、耐久性の向上を図る。



2.5 電線デリリーラーの開発

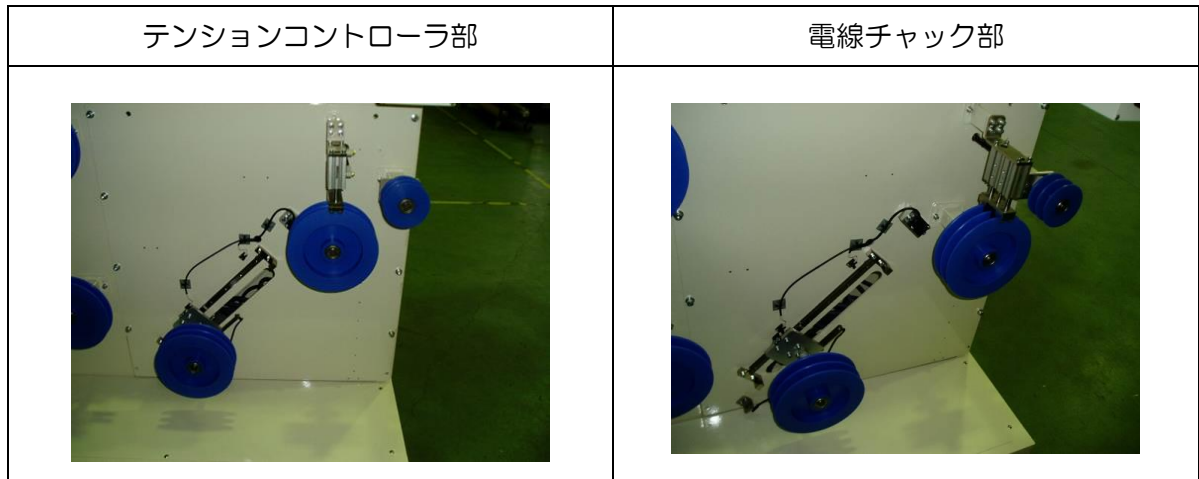
2.5.1 電線デリリーラーの概要

電線デリリーラーを研究開発により、表8のように電線ドラムを装着し、電線測長・切断・マーキングチューブ自動取付・熱収縮機へ張力一定で電線を供給する装置を開発した。主な仕様を下記に示す。

- (1) 電線にかかるテンションを一定に保つため、ドラムモーターの回転数を制御する。
- (2) 電線ドラムの種類に対応する。
- (3) システム通信が可能。
- (4) 電線ドラム数の拡張可能な構造。

表8. 電線デリリーラー




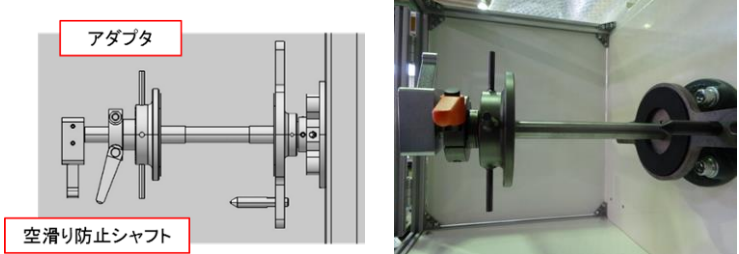
| 外観 | ドラム装着部 |
|---|--|
|  |  |



2.5.2 研究開発中の主な課題と対策

表9のような課題に対する対策を実施した。

表9. 電線デリリーラーの課題と対策

| 項目 | 問題点 | 改修内容 |
|----------|---|---|
| 電線巻き戻し | <p>電線巻き取り時に電線収束リングが固定してあり、偏って巻かれてしまう。</p>  | <p>電線収束リングをアクチュエータに取り付け、巻取り速度に合わせて左右に動くように改修し、偏りを改善した。</p>  |
| 電線ドラム空滑り | <p>テーパ面での固定方式で重量と送り速度により電線ドラムの空滑りする。</p>  | <p>電線ドラム固定面の拡大と空回り防止シャフトの採用で電線ドラムの空滑りを無くした。</p>  |

2.5.3 評価

マーキングチューブの自動取付・熱収縮機と接続し、電線に張力を掛けないように送り出すことが可能な電線デリリーラーを開発した。

2.5.4 今後の課題

より使い易い装置とするために下記の仕様を反映し、事業化の展開を図る。

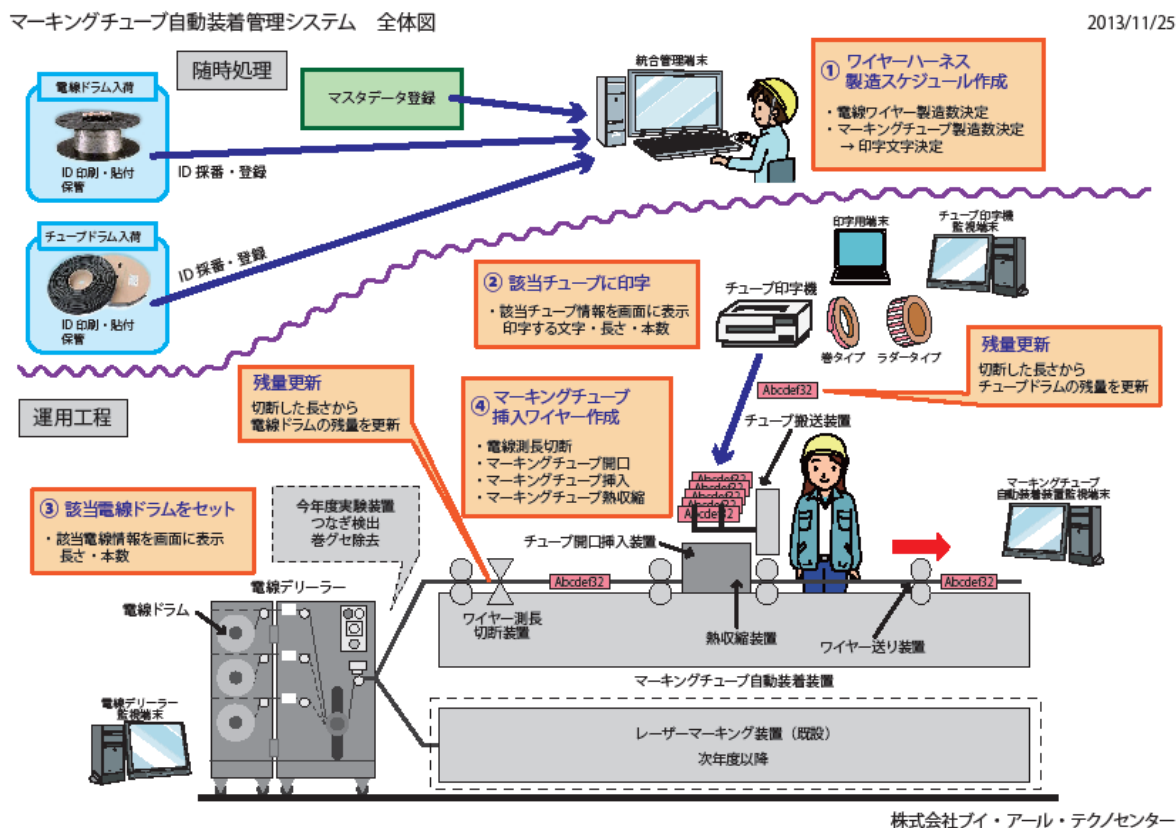
- 複数の電線をマーキングチューブ自動装着装置の入口付近に待機させる。
- 電線使用する電線を選択し、装置に自動的にセットさせる。

2.6 工程データ配信・管理システムの開発

2.6.1 システムの概要

図12のように設計情報から電線のデータを管理・処理して電線デリラー、マーキングチューブ自動装着装置を管理・運用するシステムである。

図12. 工程データ配信・管理システム全体構成



2.6.2 研究開発中の主な課題

工程データ配信・管理システムが実運用に供するレベルにソフトウェアを改善する。

2.6.3 課題に対する対応

平成27年度に装置を工程データ配信・管理システムと接続して実機を模擬した電線データで電線89本、電線種類8種類を加工し、29項目の改善事項を抽出した。抽出した改善事項をソフトウェアに反映し、問題が無いことを確認した。加工済みの電線を図13示す。

最終的に実際の作業者にオペレーションしてもらい、ハード面も含めて9件の改善要望を抽出した。

図13. 加工済の電線



2.6.4 評価

工程データ配信・管理システムが実用に供し得るレベルまでの開発が進んだ。

2.6.5 今後の課題

工程データ配信・管理システムをさらに使い易いシステムに改善する。

2.7 試作機の評価

2.7.1 現状作業の工程分析

現在、手作業で実施している表10に示すマーキングチューブの装着・収縮作業の一連の工程について動画を撮影して細かく分析した。対象としたWHは小物WHと呼ばれる、電線本数35本、5種類の比較的小規模のWHとした。

表10. マーキングチューブの装着工程分析

| 電線切断 | マーキングチューブ製作 | マーキングチューブ取付 |
|---|--|---|
|  |  |  |

2.7.2 現状の試作機を適用した場合の効果の試算

現状の試作機を2.7.1項で分析した作業に適用した場合の所要工数の試算を実施した。その上で、表11に示すように現状の試作機を適用した場合の所要工数の試算を実施し、実運用の評価を行った。

表11. 現状と試作機を適用した場合の効果試算

| | 現状 | 目標 (50%削減) | 試作機を適用 | 改善率 | 目標 達成率 |
|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-------|-----------|
| 全行程の所要時間 (フロータイム) | 1時間44分9秒 (6,249秒) | 52分5秒 (3,124秒) | 1時間35分20秒 (5,720秒) | 8.5% | 17% |
| 1本当たりの 所要工数 | 2分58秒 (178秒) | 1分29秒 (89秒) | 2分43秒 (163秒) | 8.5% | 17% |
| 作業が行う作業 (人工費) | 1時間44分9秒 (6,249秒) | 52分5秒 (3,125秒) | 51分57秒 (3,117秒) | 50.1% | 100% |

2.7.3 コスト、フロータイムの評価

(1) 対象作業の加工コスト

所要時間、1本当たりの所要工数は17%削減で目標は達成出来ていないが、作業者が一人で消化出来るので、作業分担の集約化により、作業範囲を固定することが可能となり、作業の効率化が期待出来る。また、工程が一気通貫になるので、作業のムラや中間在庫のムダを無くすことが出来る。

(2) 対象作業のフロータイム

作業者が行う作業(人工費)は、50%削減可能ではあり、削減した時間で他の作業を行うことが出来るようになる。但し、チューブのセット、電線のコイル巻き、起動ボタンの操作等、断続的な作業になるので、さらに作業をまとめて実施できるように装置及びソフトウェアの改修が可能である。

(3) 副次的効果

機械化することにより、一連のマーキングチューブ装着工程を熟練者に頼ること無く、未経験者でも品質の良い製品を安定して製作することが出来るようになる。また、どの電線をどのWHに使用したかを調査できるよう、トレーサビリティ管理を紙で行っているが、これをシステムで管理することが出来るので、手書きの記録が不要で、且つ確実に記録を取ることが出来る。(推算効果約10%削減)

2.8 プロジェクトの管理運営（担当：公益財団法人岐阜県研究開発財団）

研究開発を円滑に推進するため、研究実施プロジェクトの管理運営、研究開発委員会の開催、共同体構成員相互の調整、財産管理・報告書作成等の管理を行った。

第3章 全体総括

平成25年度の研究開発の初年度は、その開始時期も9月末からとなり、当初計画した予定より実研究開発の期間が厳しかったが、連携先である公益財団法人岐阜県研究開発財団、株式会社ブイ・アール・テクノセンター、国立大学法人岐阜大学、そして要求発信者である東洋航空電子株式会社の関係者の努力と各支援により、各種の基礎分析、基礎実験、そして、第一次の試作装置のハードウェアの設計・手配・製作を完了するまでたどり着いた。

平成26年度の研究開発の2年目は、装置の改良項目を決定したのが8月となったので、装置改良の期間が短くなり厳しかったが、連携先・関係者の努力と各支援により、試作装置の汎用化に向けた課題を明確にして、各装置の改良に向けた技術検討、設計・手配・改修を終え、単体テスト、組合せテスト、システムテストをほぼ計画通りに終えて、汎用化・実用化を目指した平成27年度に取り組むべき課題が明確となった。

平成27年度の研究開発の3年目は、平成26年度に明確になった課題を試作機に反映し、実機で運用可能な実用機を目指して成熟させると共に、事業化に向けた検討を実施した。

取り組むべき課題を試作機に反映出来たものと構想検討に留めたものもあるが、成果としては装置・システムの安定した処理を目指した電線の飛び出し・詰まり対策やソフトウェアの改修により途中で止まってしまうことを激減することが出来たと共に、ソフトウェアも実運用にも使用可能なレベルまで成熟が図れた。

各研究テーマの達成（チューブ開口⇒装着⇒熱収縮：70%、つなぎ検出：100%、巻きグセ排除：80%）面では、要素機構として開発・確立できており、実用機に供しえると考えられる。現在の作業工程を細かく分析し、現状の試作機を適用した場合の所要工数の試算を実施し、実運用の評価を行った結果、所要時間、1本当たりの所要工数は17%削減であるが、対象作業の実質コストは50%削減可能である。

市場のニーズは有り、コスト削減目標を達成したことで同業他社からの購入の可能性が向上した。但し、製品化対応のためには長さ・チューブ位置の誤差大、処理速度不足、熱収縮能力不足等の本成果報告書に記述している課題の解消が必須であり、補間研究による継続を希望いたします。

今回開発した自動化装置の事業化展開としては、コスト低減を強く求められる民間航空機のワイヤーハーネス製作用であり、早急に実用化を実現し、東洋航空電子株式会社及び同業の企業での採用を見込んでいる。また、医療機器用配線の製造企業、ロボット用配線の製造企業も本装置導入の可能性も見込まれるので、今後、機会ある毎に各種展示会等へ出展し、売り込みを図っていく。

販売網としては、東洋航空電子とVRテクノセンターが連携し、電線ドラムや周辺機器を取り扱う商社に対し、当該開発成果を紹介し、事業化・拡販を狙う。