

平成30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

「プレス成形不良ゼロを実現するスライドー体型高感度・高耐久型センサーと
予知予防 AI システムの開発」

成果報告書

平成31年5月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 株式会社ケイエスピー

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
 - 1-1-1 研究の背景
 - 1-1-2 研究の目的
- 1-2 研究体制
 - 1-2-1 研究組織（全体）
 - 1-2-2 管理体制と再委託先の実施体制
 - 1-2-3 研究開発推進委員会
- 1-3 成果概要
 - 1-3-1 実験概要
 - 1-3-2 プロジェクトの管理・運営
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口

第 2 章 本論

- 2-1 高感度半導体センサーおよびスライド一体型センサーの実現に向けた課題への対応
 - 2-1-1 圧力分布を測定するセンサー装置の設計
 - 2-1-2 センサーの試作
 - 2-1-3 単体検証
 - 2-1-4 改良、修正、総合検証
- 2-2 精密な大容量データを処理するアンプとスライド一体型センシングシステムの開発に関する課題への対応
 - 2-2-1 電子回路の仕様作成
 - 2-2-2 電子回路の製作
 - 2-2-3 データ処理システムのハードソフト開発
 - 2-2-4 総合検証
- 2-3 大容量の生産データをさばき、記録する IoT データリアルタイム収集装置の確立に向けた課題への対応
 - 2-3-1 リアルタイム教示機能開発
 - 2-3-2 デバック
 - 2-3-3 総合検証
- 2-4 金型の消耗の見える化、金型内の AI 傾向分析における寿命の特定に関する課題への対応
 - 2-4-1 表示機能のグラフィック化
 - 2-4-2 複数データ処理ソフトウェア開発
 - 2-4-3 検証評価・修正
- 2-5 生産向上のための金型、プレス成形機器、周辺機器の状況見える化に関する課題への対応

- 2-5-1 生産性向上ソフトウェア開発
- 2-5-2 実証検証
- 2-5-3 検証評価・修正

- 2-6 まとめ
 - 2-6-1 当初の事業計画に対する履行状況の整理
 - 2-6-2 目標達成度
 - 2-6-3 研究内容・計画の改善努力及び情勢変化への対応努力
 - 2-6-4 研究開発体制の充実に向けた努力
 - 2-6-5 事業管理機関の事業運営に向けた努力
 - 2-6-6 各アドバイザーからの評価
- 2-7 出願特許、発表論文等の技術成果物
- 2-8 用語解説

最終章 全体総括

- 3-1 2か年の研究開発成果
- 3-2 今後の課題・事業化展開
 - 3-2-1 事業化に向けたマネジメント
 - 3-2-2 市場・用途別ターゲット

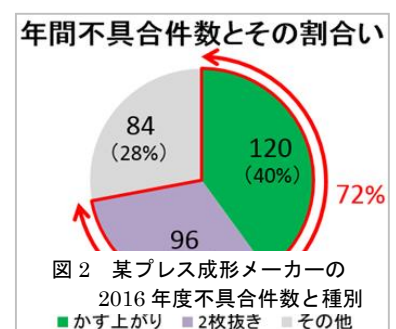
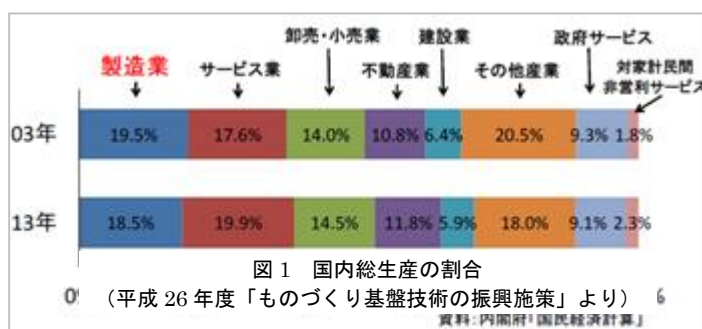
第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究の背景

我が国における自動車産業を含む製造業の GDP に占める割合は約 20%である（図 1）。他産業への波及効果も高いことから、日本再興計画における戦略 5 分野（インフラ関連、環境／エネルギー、文化産業、医療・介護、先端分野（ロボット・宇宙等））の成長に加え、製造業の成長は依然として欠かせないものとなっている。

製造業の主要産業である自動車産業においては、次世代自動車、自動走行システム等の変革が進む一方で、高付加価値化や昨今のリコール問題の影響による高い安全性と低コスト化の両立が求められている。高付加価値化、安全性と低コスト化の全てを満たすためには、飛躍的な生産性・歩留り向上が欠かせない。その中でも、プレス成形品については、プレス成形時の主要不具合である「カス上がり」不良は、「2 枚抜き」や「バリ」不良を引き起こすと共に、パンチ部品の寿命、金型やプレス成形機の損傷にも大きく影響し、大きなロスを生む。しかしながら、これまで、恒久的な解決ができずに長年悩まされているのが現状である。図 2 に弊社の協力メーカーの 1 社である、プレス成形メーカー（売上げ 3 億円規模）の 2016 年度の不具合件数と種別を示したものである。「カス上がり」、「2 枚抜き」が 72%を占めている。その他、28%の多くは、「バリ」不良であることから、「カス上がり」不良は深刻な問題であることが容易にわかる。



プレス成形では、成形サイクルが速いがゆえに、不良が発覚した時点では、既に大量に不良品が成形されているため、そのロット全てが不合格となり大量に仕損が発生するリスクを常にはらんでいる。

また、これらの不良が頻発することで、パンチ等の型部品の磨耗も促進させ、金型寿命の低下にも大きく影響を及ぼしている。したがって、更なる生産性の向上を図るためには、不良が発覚した後に対処するのではなく、発生する予兆をすばやく察知することで、正確な予防措置を図る必要がある。

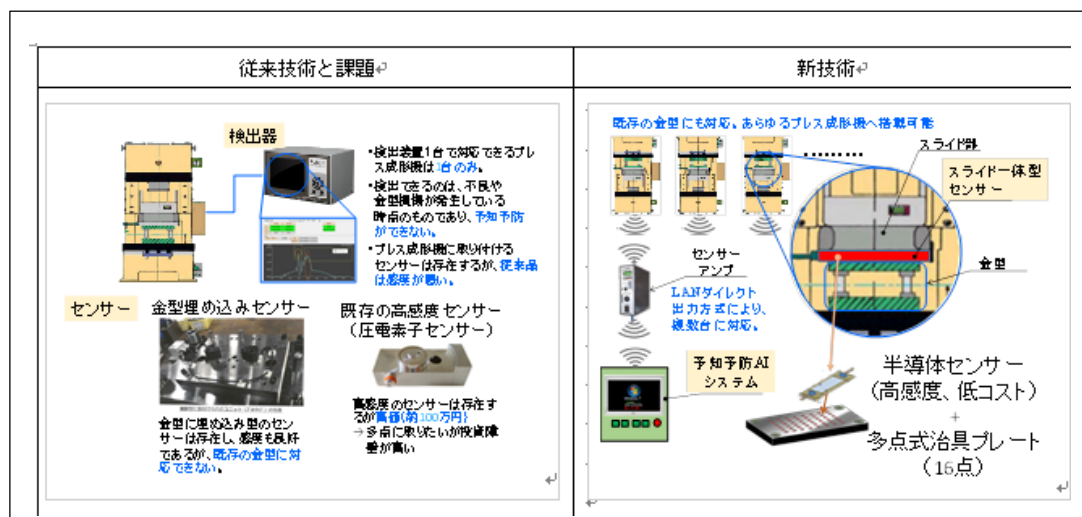


図1-1-1 従来技術の方式と本事業の方式

1-1-2 研究の目的

本研究開発の目的は、我が国の製造業の主要加工要素であるプレス金型・成形分野において、「カス上り」に渡り悩まされてきた課題があるが、「かす上がり不良」の解消に向け、既存の金型にも対応可能とするため、年代を問わず、プレス成形機のスライド部に装着可能な「半導体式スライド一体型、高感度センシングシステム」とともに、リアルタイムで成形状態を取得して、AI機能で予知予防の傾向分析を実現する、「予知予防AI分析システム」を開発することである。

研究の目標としては、

- ① 高感度半導体センサーおよびスライド一体型センサーの実現に向けた課題
- ② 精密な大容量データを処理するアンプとスライド一体型センシングシステムの開発に関する課題
- ③ 大容量の生産データをさばき、記録するIoTデータリアルタイム収集装置の確立に向けた課題
- ④ 金型の消耗の見える化、金型内のAI傾向分析における寿命の特定に関する課題
- ⑤ 生産性向上のための金型、プレス成形機器、周辺機器の状況の見える化に関する課題

という上記 5 つの課題を解決することである。

【当初の目的及び目標に対しての実施結果について】

各研究開発課題に対する実施結果は次のとおり。

研究開発実施内容	実施結果
①高感度半導体センサーおよびスライ ドー体型センサーの実現に向けた課題 への対応	装置完成版で、100mbps を確認できた。
①-1 圧力分布を測定するセンサー装 置の設計	従来歪ケージの感度 100 倍
①-2 センサーの試作	安定性と感度のチューニング完了
①-3 単体検証	超高速計測装置を用いた検証完了
①-4 改良、修正、総合検証	装置完成版で、100mbps を確認できた。
②精密な大容量データを処理するアン プとスライドー体型センシングシステム の開発に関する課題への対応	装置完成版において、データ処理速度で従来比 1000 倍を 確認できた。
②-1 電子回路の仕様作成	仕様作成完了
②-2 電子回路の製作	回路の単体製作完了
②-3 データ処理システムのハードソフ ト開発	一次処理変換出力ソフトウェアを開発完了
②-4 総合検証	装置完成版において、データ処理速度で従来比 1000 倍を 確認できた。
③ 大容量の生産データをさばき、記録 する IoT データリアルタイム収集装置 の確立に向けた課題への対応	データ圧縮比 50%を実現した。
③-1 リアルタイム表示機能開発	データ容量を 1/5 以下にした。
③-2 デバック	デバック完了
③-3 総合検証	総合検証を完了
④金型の消耗の見える化、金型内の AI 傾向分析における寿命の特定に関 する課題への対応	100% 指標化更新時間に関して、3(s) 以内を実現した。
④-1 表示機能のグラフィック化	グラフィック化のプログラム作成のための仕様作成、ソフト ウェア開発を完了させた。
④-2 複数データ処理ソフトウェア開発	100% AIによる二次処理のためのアルゴリズム仕様書作 成、ソフトウェア開発を完了させた。

④-3 検証評価・修正	指標化更新時間に関して、3(s)以内を実現した。
⑤ 生産性向上のための金型、プレス成形機器、周辺機器の状況の見える化に関する課題	圧力の変動、振動、共振点の複数情報の一元管理とリアルタイムモニタリングを実現。 複数情報の一元管理とリアルタイムモニタリングを実現した。
⑤-1 生産性向上ソフトウェア開発	100% 生産性向上のための指標、出力のための仕様書、ソフトウェア開発を完了、生産性向上の有効性を確認した。
⑤-2 実証検証	実生産ラインを用いて、生産性向上の指標出力を行って確認した。
⑤-3 検証評価・修正	実生産ラインを用いて、生産性向上の指標評価修正を行って確認した。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織（全体）

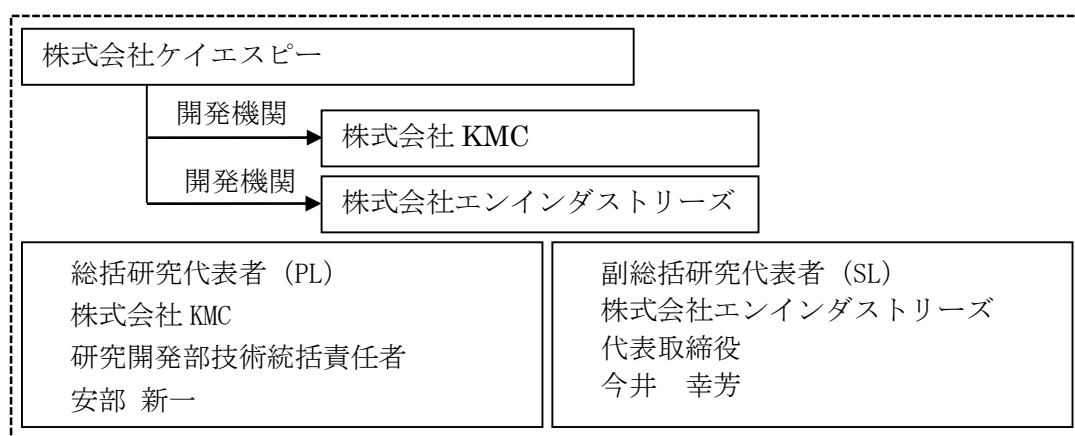
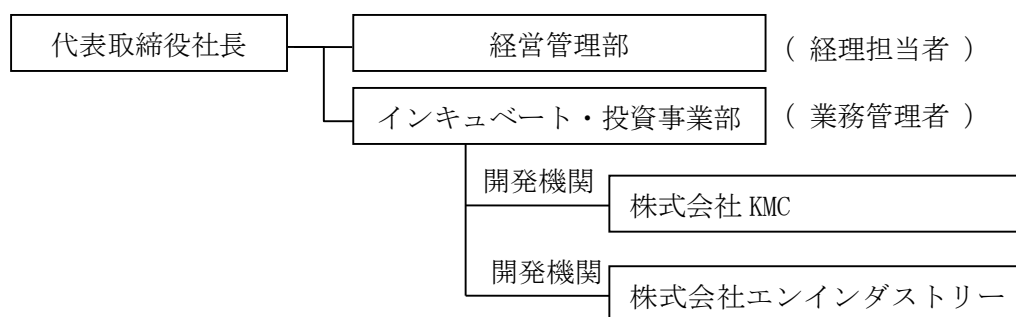


図1-2-1 本事業全体の組織構成

1-2-2 管理体制と再委託先の実施体制

①事業管理機関 [株式会社ケイエスピー]



②研究機関 [株式会社KMC]



③研究機関 [株式会社エンインダストリーズ]

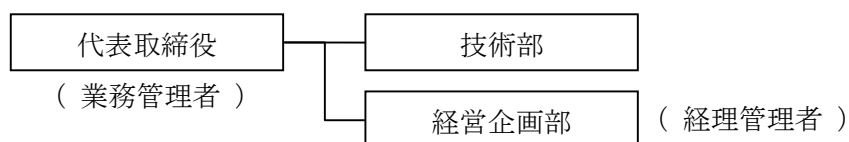


図 1－2－2 各研究機関の組織構成

また、これら事業管理者及び開発機関2社のメンバーは次のとおり。

※ 実施内容の番号は、前述の「1－1－2 研究の目的」の項目に同じ。

[株式会社ケイエスピー]

氏名	所属・役職	実施内容 (※)
長谷川 章市	経営管理部 課長	⑤
黒田 智生	インキュベート・投資事業部 部長	⑤
水野 雄介	インキュベート・投資事業部 主任	⑤

[株式会社KMC]

氏名	所属・役職	実施内容 (※)
安部 新一	研究開発部 技術統括責任者	①、②、③、④、⑤
高瀬 篤彦	研究開発部 部長	①、②、③、④
須田 一泰	研究開発部	①、②、③

青木 達也	ソフトウェア開発部 部長	④、⑤
高崎 鉄平	ソフトウェア開発部	④、⑤
黒岩 時宗	ソフトウェア開発部	④、⑤
田野 英実	研究開発部	①、②、③、⑤
佐藤 充	研究開発部	①、②、③
小崎 幹広	研究開発部	①、②、③

[株式会社エンインダストリーズ]

氏名	所属・役職	実施内容 (※)
今井 幸芳	代表取締役	①、②
吉澤 彰晃		①、②

1-2-3 研究開発推進委員会

今年度は、平成30年12月3日に研究開発推進委員会を開催した。

この委員会は、プロジェクトの進捗確認だけでなく、研究開発した技術の性能や有用性、商品として体現させた際の事業性、また、産業社会への貢献性を確認するとともに、川下ユーザーを中心とし、様々な観点からアドバイスを受けることで、その後の研究開発にフィードバックさせることを目的とした。

[研究開発推進委員会 委員一覧]

氏名	所属・役職	備考
安部 新一	(株)KMC 研究開発部 技術統括責任者	☒ PL
高瀬 篤彦	研究開発部 部長	☒
須田 一泰	研究開発部	☒
青木 達也	ソフトウェア開発部 部長	☒
高崎 鉄平	ソフトウェア開発部	☒
黒岩 時宗	ソフトウェア開発部	☒
田野 英実	研究開発部	☒

佐藤 充	研究開発部	委
小崎 幹広	研究開発部	委
今井 幸芳	(株)エンインダストリーズ 代表取締役	委
吉澤 彰晃	(株)エンインダストリーズ	委
黒田 智生	(株)ケイエスピー インキュベート・投資事業部 部長	アドバイザー
水野 雄介	(株)ケイエスピー インキュベート・投資事業部 主任	
岡本 史紀	学校法人芝浦工業大学 名誉教授	
山口 貴史	株式会社山口製作所 代表取締役	
水野 信義	アルパインマニュファクチャリング株式会社	アドバイザー
杉原 誠	コニカミノルタ株式会社	アドバイザー
植松 安彦	太陽工業株式会社 取締役	アドバイザー

1-3 成果概要

1-3-1 実験概要

本研究の各研究開発項目は、表1のように分類しており、2年度目（最終年度）となる今年度では、各開発内容の検証のほか、ユーザーインターフェースやソフトウェアなど、システムの機能化を重点に取り組んだ。

表 1 研究開発項目

	研究開発項目	アウトプット	完成期日
[1-1]	圧力分布を測定するセンサー装置の設計	設計書	初年度
[1-2]	センサーの試作	半導体センサー試作報告	初年度
[1-3]	単体検証	検証報告	初年度
[1-4]	半導体専用回路の開発と修正検証⇒センサの完成	半導体センサー完成品	今年度
[2-1]	電子回路の仕様作成	仕様と設計書	初年度
[2-2]	電子回路の製作	電子回路試作報告	初年度
[2-3]	データ処理システムのハードソフト開発	大容量データ処理回路の開発	初年度
[2-4]	総合検証	プレス機での実験報告	今年度
[3-1]	リアルタイム表示機能開発	大容量データのリアルタイム処理ソフト報告	初年度
[3-2]	デバック	プログラム開発修正報告	初年度
[3-3]	総合検証	プレス機での総合検証報告	初年度
[4-1]	表示機能のグラフィック化	データ収集後のデータベースからの出力報告	今年度
[4-2]	複数データ処理ソフトウェア開発	プレス機でのAIデータ収集報告	今年度
[4-3]	検証評価・修正	AI機能出力報告	今年度
[5-1]	生産性向上ソフトウェア開発	生産性指標出力ソフトウェア開発報告	今年度
[5-2]	実証検証	プレス機における試験報告	今年度
[5-3]	検証評価・修正	全体検証報告	今年度

表 1 の全開発項目のうち、今年度分の成果について、それぞれ以下に報告する。

(1) 高感度半導体センサーおよびスライド一体型センサーの実現に向けた課題への対応

①-4 改良、修正、総合検証

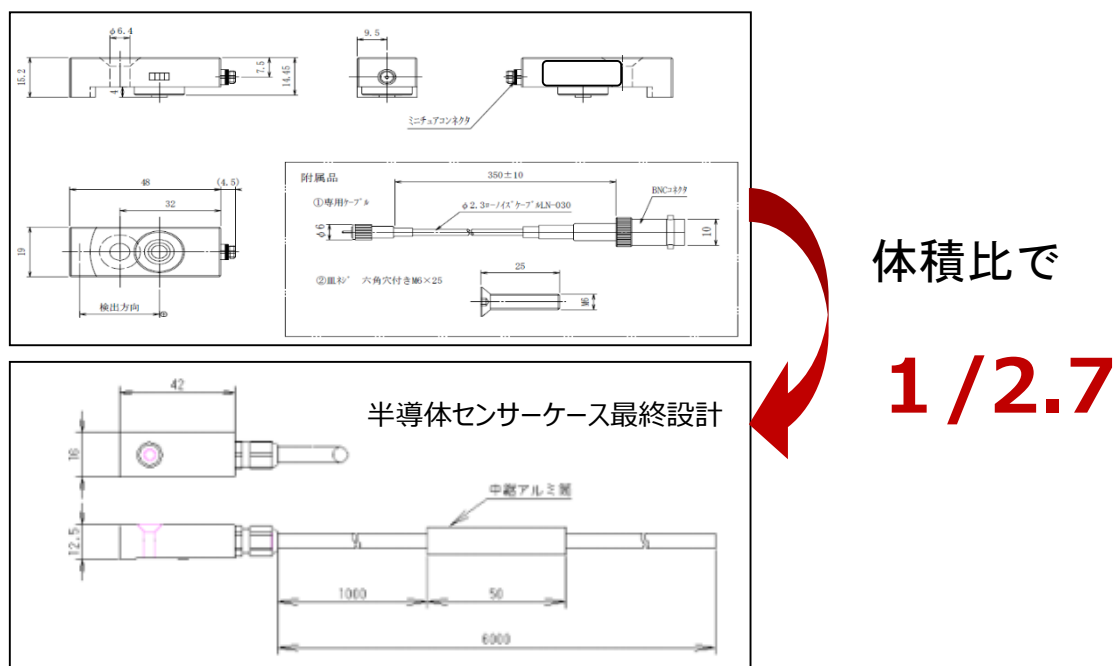
単体検証を行い、結晶膜の厚みや方向性に対するカット方法について修正を行った。

従来のピエゾセンサーでは、高速性と出力保持性はトレードオフの関係にあったが、当センサーは、その両方のメリットを両立することができた。また、複数のセンサーを製作し、理想的な出力と性能を得ることが出来た。(表 2)

表2 センサーの最終検証後の性能報告

	項目	結果	測定方法
1	電圧感度	4.5mV(± 0.5 mV)/V	0.50.100.150 (μST) 時4点のデータ取り、10分間隔
2	直線性 (F.S)	3%以下	0.50.100.150 (μST) 時4点のデータ取り、10分間隔
3	ヒステリシス (F.S)	3%以下	0.50.100.150 (μST) 時4点のデータ取り、10分間隔
4	歪み限界値	150με	過負荷
5	繰り返し精度	3%以下	自動機の5000回*2データ取り

また、初年度に完成した半導体センサーについて、さらなる小型化を追求し、最適構造設計を行った。その結果、初年度の図面に対し、体積比で37%にまで縮小した。(図13)



(2) 精密な大容量データを処理するアンプとスライド一体型センシングシステムの開発に関する課題への対応

② -4 総合検証

実際のプレス成形機器へ取り付けて、データ取りと判断学習を行う総合検証を行った。

図14は、その情報収集の流れについて説明したもの。

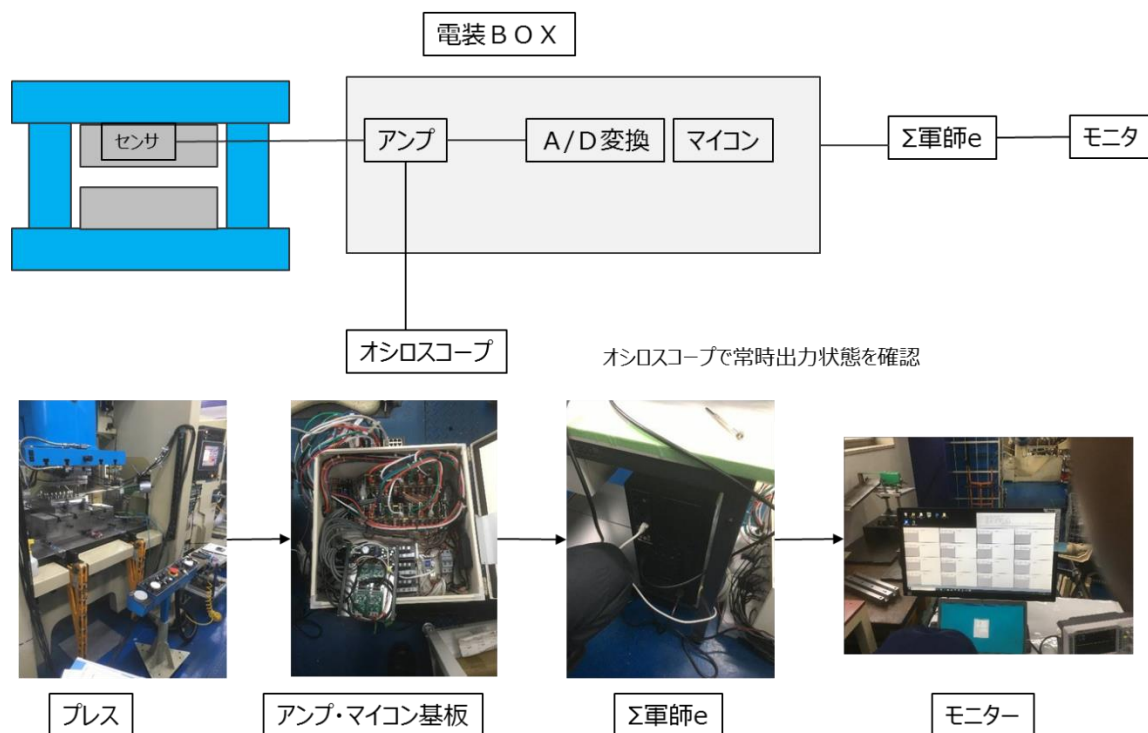


図 14 総合検証時のスキーム

これにより、センサーの締め付けトルク管理、ノイズの問題、マイコンのプログラムの問題点を改修し、最終的にデータ収集できることが確認できた。(図 15)

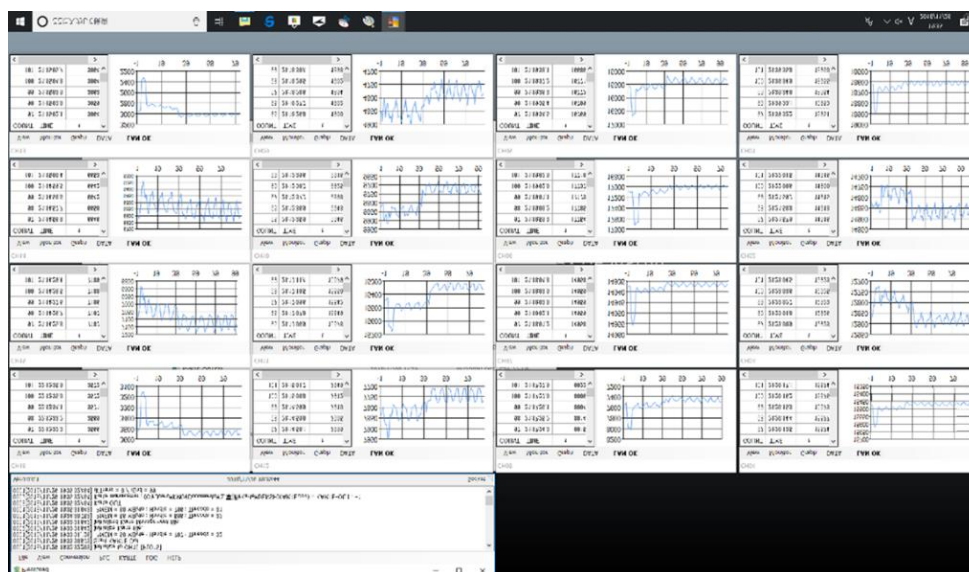


図 15 データ集数した画面の様子

また、初年度に製作したアンプやマイコンを含む電装ボックスについて回路修正を行い、さらなる出力の安定化と高精度化を実現した。（図 16）

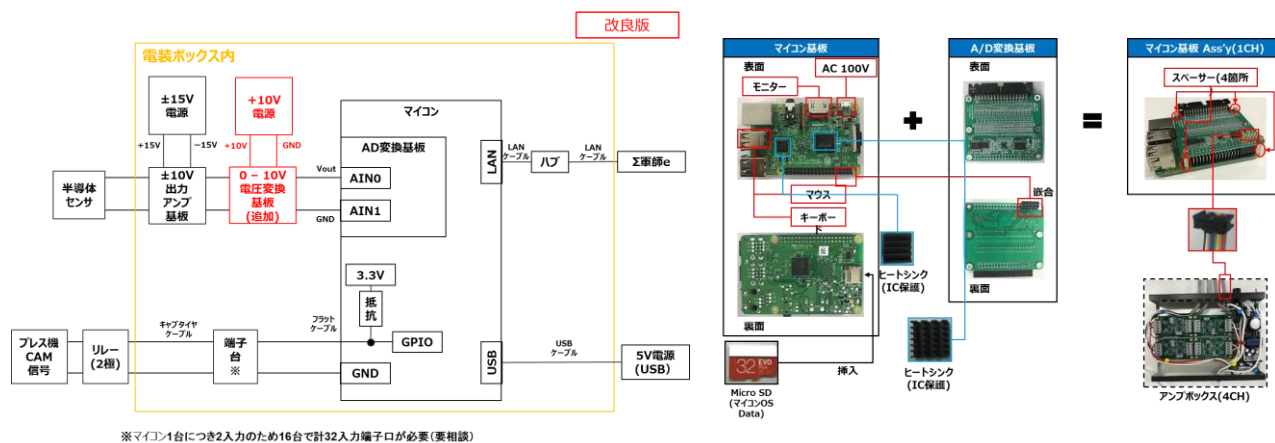


図 16 回路修正した電装ボックス内の構図と実際の写真

(3) 大容量の生産データをさばき、記録する IoT データリアルタイム収集装置の確立に向けた課題への対応

本項目については、初年度でシリアル伝送システムによる情報収集を行い、総合検証まで完了していたが、情報量が多いことから、通信方式を TCP/IP 通信に変更し、大容量・高速データ収集を可能にした。

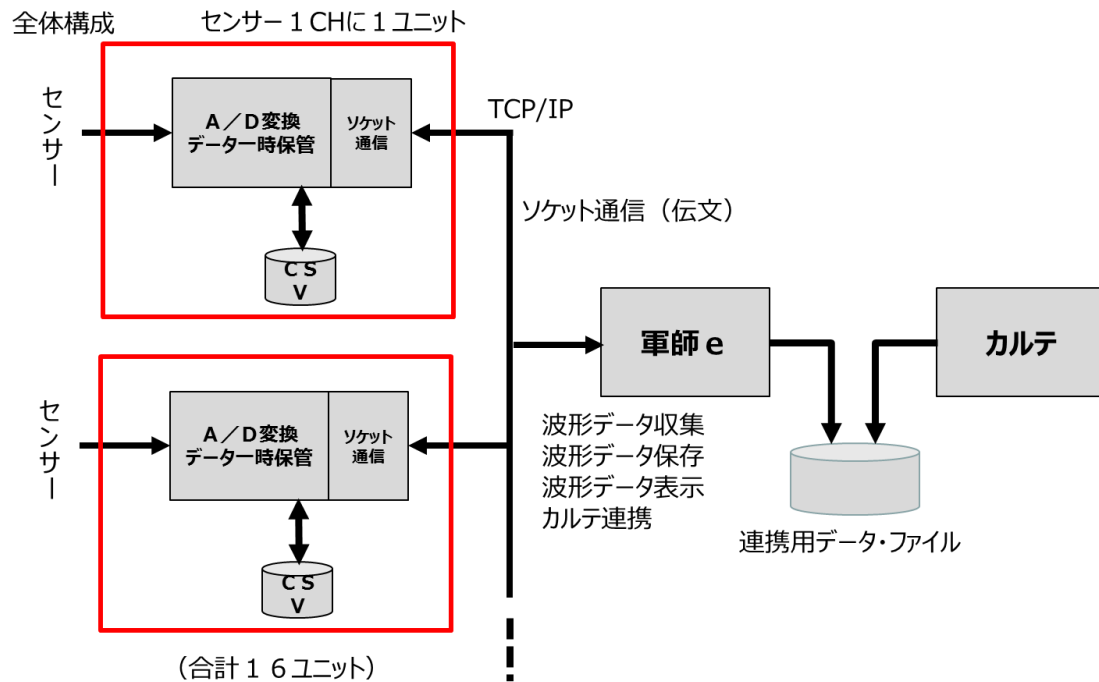


図 17 TCP/IP によるデータ収集の構成図

また、この通信方式でデバッグから検証まで行った。検証では、110t クラスの旧式プレス装置を使って実証した。（図 18）



図 18 プレス機を使った実証実験

(4) 金型の消耗の見える化、金型内の AI 傾向分析における寿命の特定に関する課題への対応

④-1 表示機能のグラフィック化ソフトウェア開発

情報収集したデータを見える化の段階では、数字のみであるため、グラフィック化し、ユーザーが判断しやすいように明確で見やすいグラフ等の表示を行うためのソフトウェアを開発した。

プレス機の製造条件取得する項目は、型抜き力分布、プレス重心位置推移、偏荷重、ショット数等、積算負荷情報などである。そのためには圧力分布を測定しなければならない。型抜き圧力分布⇒抜き圧力に変動がある場合は、負荷が増える時であり、負荷の増える要因は、2 枚抜き、カス上がりにより、カスを挟んだなどである。圧力分布をみるとどの地点で圧力が上がったのかが見えるようにすることが必要となる。一目でどこに変動があったのか立体的に見える化した。(図 19)

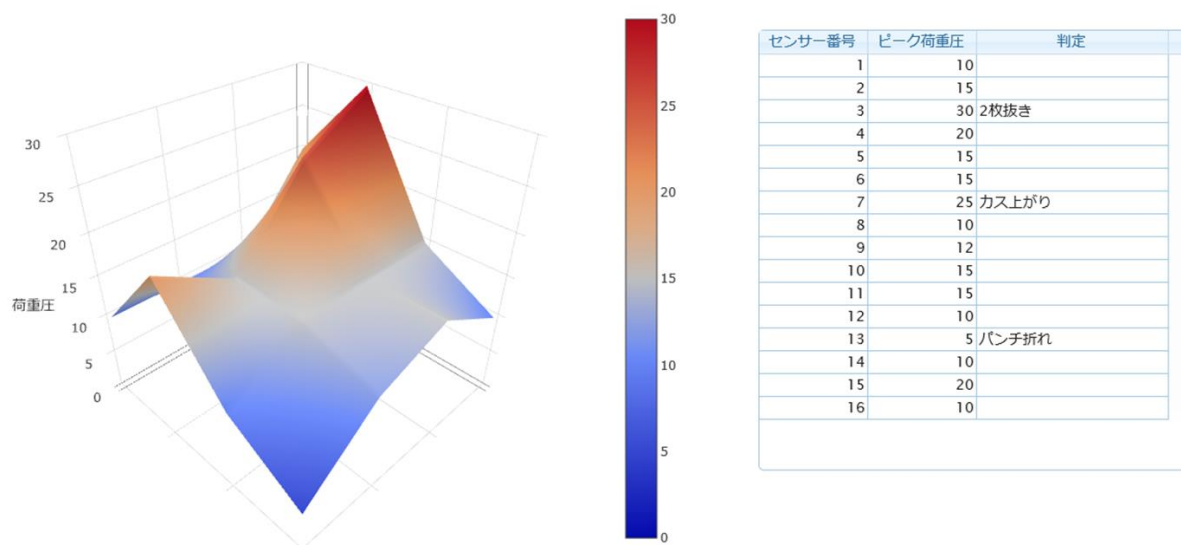


図 19 各不具合の見える化機能表示（カス上がり、2 枚抜き、パンチ折れの表示機能）

④-2 一気通貫で複数のデータ処理を可能にするソフトの開発

大容量データからを基に、AI ソフトウェアによる 2 次処理を行い、複数のデータを並行して処理し通信によって上位のコンピュータへ受送信連携するシステムの開発を行った。

AI（ディープラーニング）技法で正常波形に対する生産波形のブレ量を総合判断することができるため、大量の個別波形の精査を瞬時に行って、NG の判断と OK の判断と波形のブレ形状における不具合の特定を行う学習をさせる仕組みを作り、グラフィ

ック表記と連動させた。

④-3 検証評価修正

大量データを効率よく処理し、グラフック表示を動作させる試験を行って、金型に掛かる荷重分布変動等を含めた、傾向値管理指標を表記する検証を行った。（図 20）

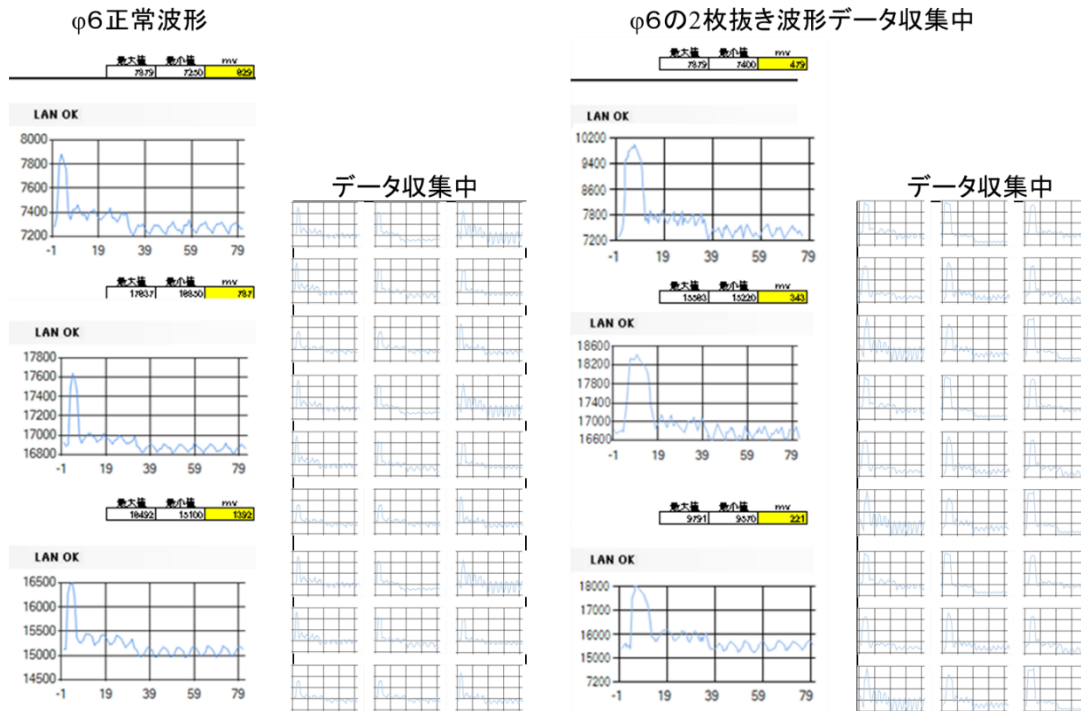


図 20 AI ソフトウェアによるカス上がり 2 枚抜きのデータ処理

(5) 生産性向上のための金型、プレス成形機器、周辺機器の状況の見える化に関する課題

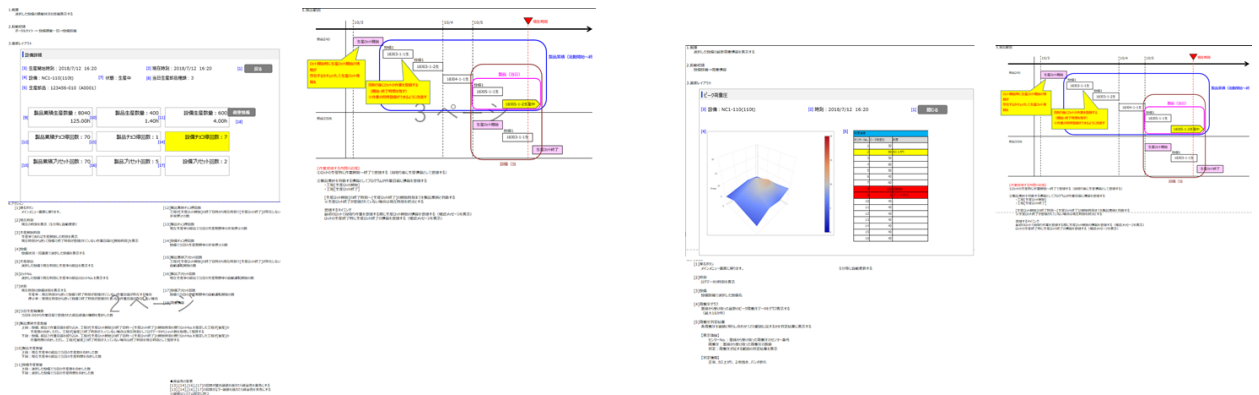
プレスの SPM を上げていったときの波形を確認すると、600SPM で生産していた。700SPM まで回転を上げると振動が大きくなる為品質がばらつく傾向にあるが、更に 900SPM まで回転を上げたほうが、より振動が少なくなることがわかっている。そこで、精密なセンサー信号を簡単に自動で見えるようにした。

⑤-1 生産性向上ソフトウェア開発

製造条件として現状の波形解析から、生産性向上のための指標を具体的に出力するシステムを開発した。プレスの SPM の最適値や金型の SPM 能力、送り装置などの周辺機器の送り能力などの問題点を明確に表示するソフトウェアの開発を行った。

また、実際の外注先であり、アドバイザーでもある山口製作所の意見を取り入れ、

生産性向上に必要な指標を一目で解りやすく、表示する機能を開発した。(図 21)



開発仕様－画面設計書
(W002_設備詳細)

開発仕様－画面設計書
(W003_荷重情報)

図 21 生産性向上ソフトウェアの各画面

⑤-2 実証試験、⑤-3 検証評価・修正

実際にプレス成形機に取り付けて、実証検証を行いプレス装置、金型、送り装置の限界条件を見出す試験を行った。

また、実証検証を通じて問題点をデバックし、出力データの問題に関して検証し改修を行った。

プレスにおける大きな問題点は、生産中に金型の損傷、金型内の異常における検出がどこまで出来るかという事になる。また、問題が起きた時に何が問題であるかをいち早く知ることも重要となる。本研究では、今までの異物検知方法（金型内センサー等）とは異なり、荷重の変動という事を精密にとらえて記録するものであり、次のことに注視した。

○ 荷重の異常の状態を記録

- ・面でとらえる荷重変動を検出することで、異常の場所が特定できる。
- ・復帰の再になその原因が直ちに解る。

○ 金型別の異常内容と頻度の記録

- ・金型は生産と共に消耗していき、やがて金型内に問題が生ずる。金型ごとの記録を取るシステムを開発したことで、個別金型ごとの問題点を記録するようになった。

- ・金型固有の弱点などをマイショットごと記録することで、どのくらい生産する
とどのような問題が生ずるのかが見えてきた。金型の保全に寄与し、従来突発
で起こる金型の異常による生産停止等をなくすることができる。

1－3－2 プロジェクトの管理・運営

本研究開発の実施においては、常に最新のセンサー、金型、I o Tを長年にわたり開発してきたプロフェッショナルがプロジェクトリーダーやサブリーダーとして研究開発を先導してきた。これにより、トラブルが生じた際にも、本質的な問題の抽出やその問題に対するアプローチ方法を迅速に見出すことができた。また、各研究員のスキルや実績に支えられ、安心してミッションを与えられ、これがチームの信頼感や一体感にもつながった。解決までのシナリオに方向転換が生じた際にも、円滑なコミュニケーションが取れて意思決定も容易に行うことができた。

プロジェクト全体としては、計画当初から多数の開発工数を盛り込んできたが、スケジュールの遅滞なく、時間内で解決することができた。事業全体を俯瞰的な観点から判断し、臨機応変に対応したことで各研究員の開発待ちや歩留りがなく進捗できた。本サポイン終了後も、思い込みやプロダクトアウトを防ぐため、アドバイザーや実ユーザーからの意見も取り込めるようにし、柔軟に進めていきたい。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

連絡担当者	所 属	株式会社ケイエスピー インキュベート・投資事業部
	役 職	主 任
	氏 名	水野 雄介
	電 話	044-819-2001
	F a x	044-819-2009
	E-mail	mizuno@ksp.or.jp

第2章 本論

2-1 高感度半導体センサーおよびスライド一体型センサーの実現に向けた課題への対応

2-1-1 圧力分布を測定するセンサー装置の設計

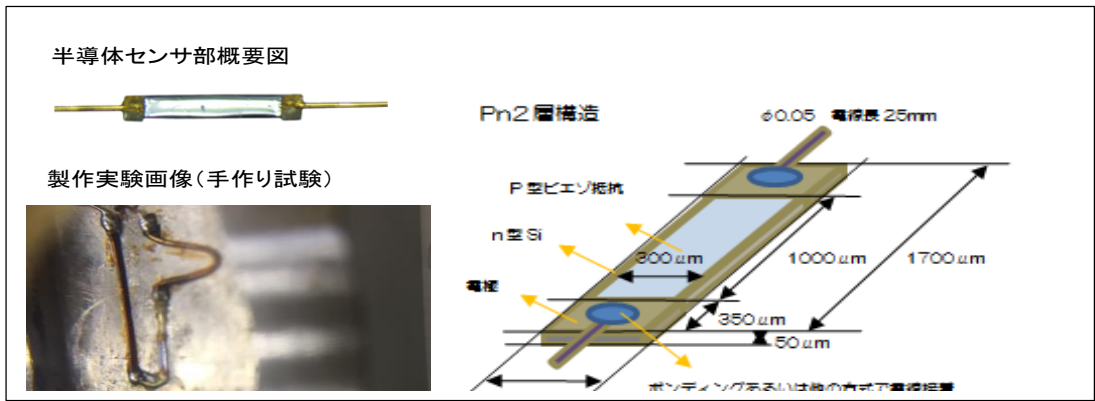
①センサー装置仕様の目標値を設定

まず、技術データの目標値を定めるため、以下の最適値を設定した。

アンプ		
要外部電圧アンプ		
測定温度範囲	-10～+40℃	
センサ材質	SUS630	
測定限界範囲	500μSt	
測定最小単位	1μSt	
取り付けネジ・トルク	M4/15mm/1.5N・m	
保護構造	IP65相当(ケーブル部のみ)	
備考・詳細		
項目	仕様	備考
最大センサー出力	±4mV/V	120Ω半導体歪みゲージ500με入力時
ケーブル	6芯シールド	Φ5.6mm 標準3m-最長5m

②半導体センサー部の構想

全く前例のない半導体センサーの構造を導くため、手作りで試作検証を繰り返し、結果として以下のような構造を形づくった。



③ 半導体センサーケースの設計 (初年度)

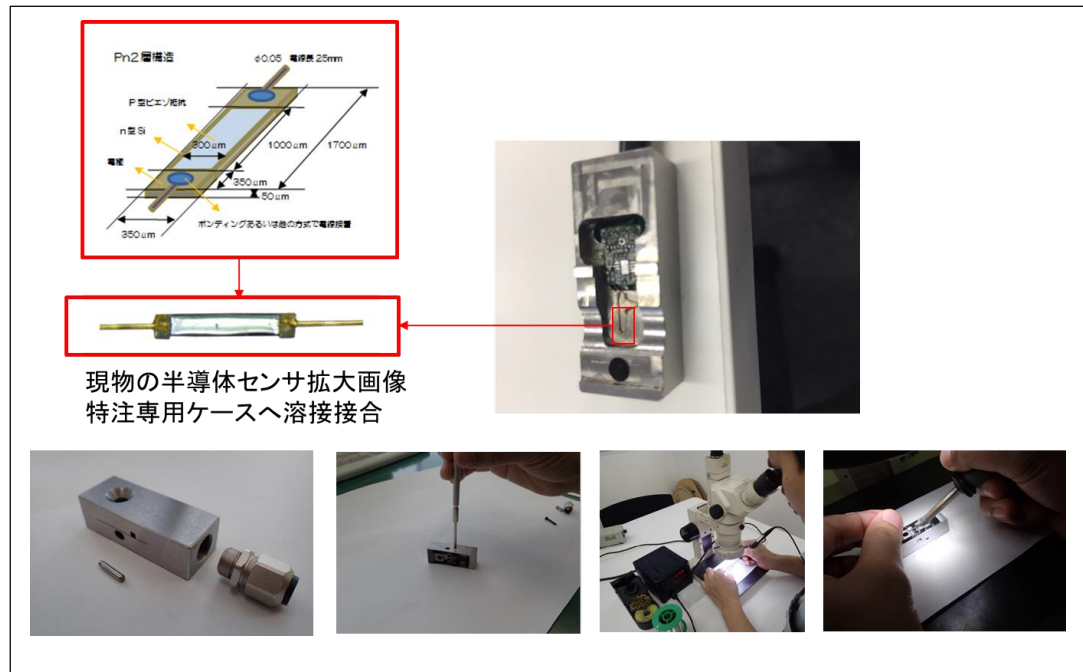
従来のノウハウと、イメージした構造に基づいて、センサーケースの設計を行った。正式に2次元で図面化して具体化した。

2-1-2 センサーの試作

① 半導体センサーの仮製作

精密接合技術を用いて、半導体センサーをセンサケースへ溶接して接合を可能とした。

なお、このセンサーには、繰り返し荷重における耐久性を追究した接合方法が含まれている。



2-1-3 単体検証

② 半導体センサーの基礎実験

- ・アンプの出力は、センサーのひずみに合わせて出力が保持されていることを確認した。
- ・高いリニア出力（リニアリティ：比例した出力が高精度化に結びつく）が出ていることを確認した。



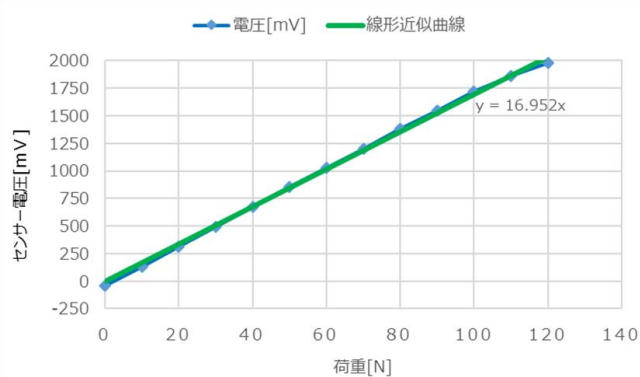
② 実荷重をかけてセンサ単体実験

プレス機基本加重 F とセンサ出力電圧 V の相関関係 (荷重勾配) を確認した。

これによって、リニアリティを証明することができた。(余計な補正をかけずに、正しい数値が得られる)

Data No.[n]	荷重[N]	電圧[mV]	温度[℃]	n-(n-1)間差[mV]
1	0	-40	26.4	-
2	10	133	26.5	173
3	20	314	26.5	181
4	30	494	26.5	180
5	40	673	26.5	179
6	50	853	26.4	180
7	60	1030	26.4	177
8	70	1204	26.4	174
9	80	1380	26.4	176
10	90	1549	26.4	169
11	100	1718	26.4	169
12	110	1860	26.4	142
13	120	1980	26.4	120

センサー電圧の単位はmVであり、高精度な出力が確認できた。



2-1-4 改良、修正、総合検証

① 半導体専用回路の開発と修正検証 ⇒ センサーの完成

従来のピエゾセンサーでは、高速性と出力保持性はトレードオフの関係にあったが、当センサーは、その両方のメリットを両立することができた。

複数のセンサーを製作し、理想的な出力と性能を得ることが出来た

● 改良・修正ポイントのまとめ

- ・センサーケースの改良
- ・小型化改良
- ・出力安定化改良
- ・耐久性の改良

⇒ 解析と実験による最適化

●センサーの最終検証後の性能報告

	項目	結果	測定方法
1	電圧感度	4.5mV(± 0.5 mV)/V	0.50.100.150 (μ ST) 時4点のデータ取り、10分間隔
2	直線性 (F.S)	3%以下	0.50.100.150 (μ ST) 時4点のデータ取り、10分間隔
3	ヒステリシス (F.S)	3%以下	0.50.100.150 (μ ST) 時4点のデータ取り、10分間隔
4	歪み限界値	150 $\mu\epsilon$	過負荷
5	繰り返し精度	3%以下	自動機の5000回*2データ取り

2-2 精密な大容量データを処理するアンプとスライド一体型センシングシステムの開発に関する課題への対応

2-2-1 電子回路の仕様作成

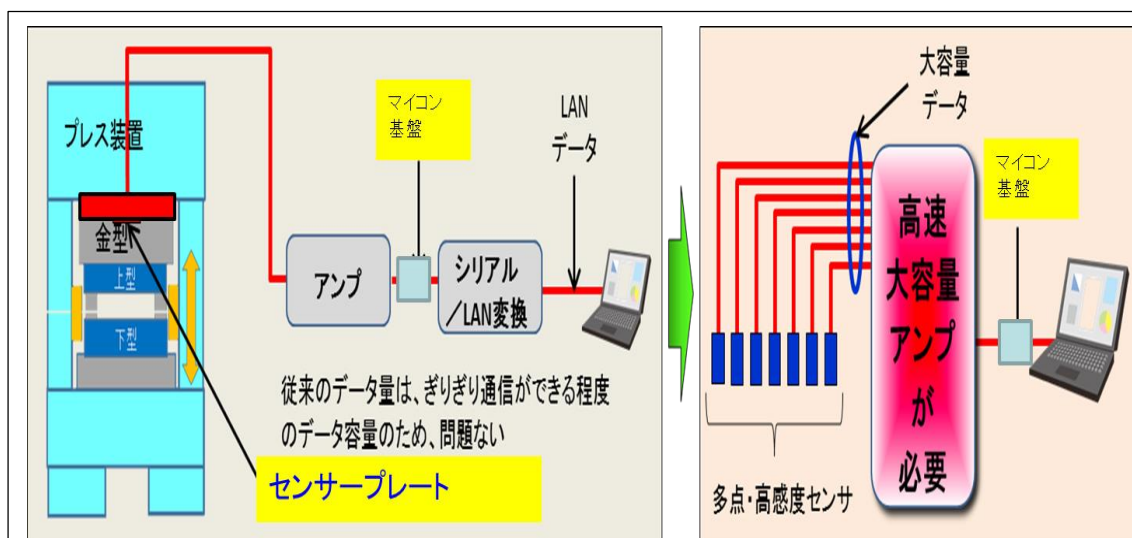
① アンプの仕様書作成

●アンプの構成図

各センサーからの信号はmV単位の出力をリアルタイムの16点収集し、個別に出力するもの。

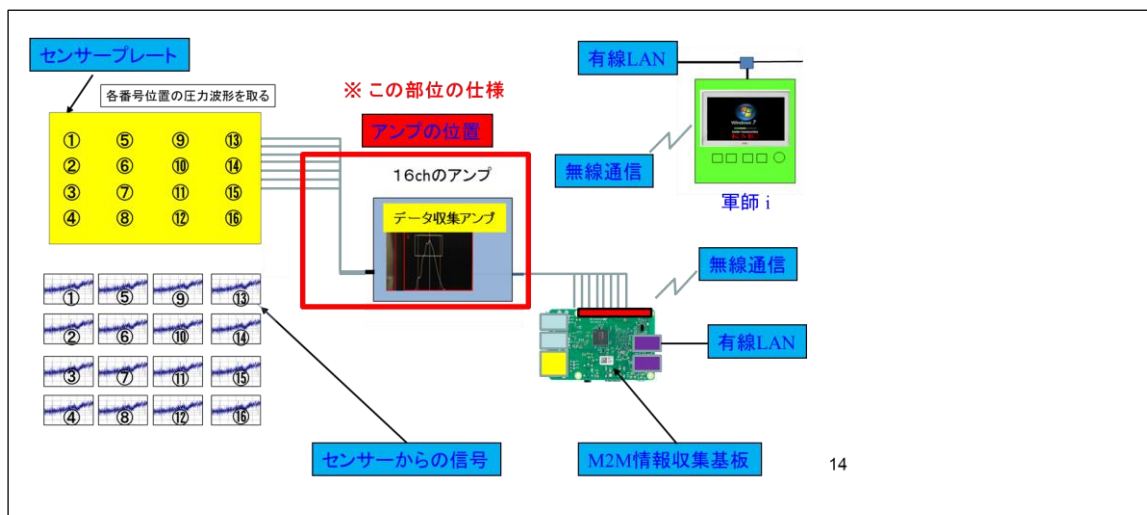
出力の方法は、基本的にLAN形式および個別に電圧、電流出力とする

(DC $\sim$ 10V) (0 $\sim$ 20mA) $\rightarrow$ 回路の都合により打ち合わせで最終決定する。



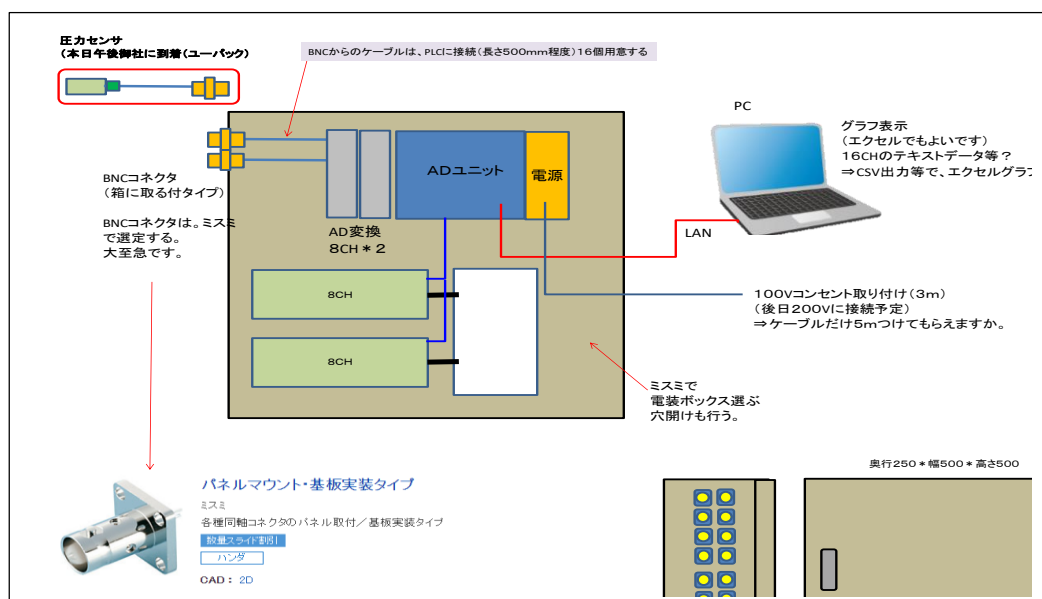
① アンプの仕様書作成

接続図における M2M マイコン基盤（情報収集基板）とその情報を自動収集する軍師
 ・各センサの信号をアンプを通してデータを収集し、通信フォーマットを作成し、データ通信が行えるマイコンシステムとその情報を有線および無線で収集し、プレス状況を高速で LOG を取り状況をリアルタイムで表示する専用システム軍師 i の構成の中で、下図のようなアンプの位置づけとなる。

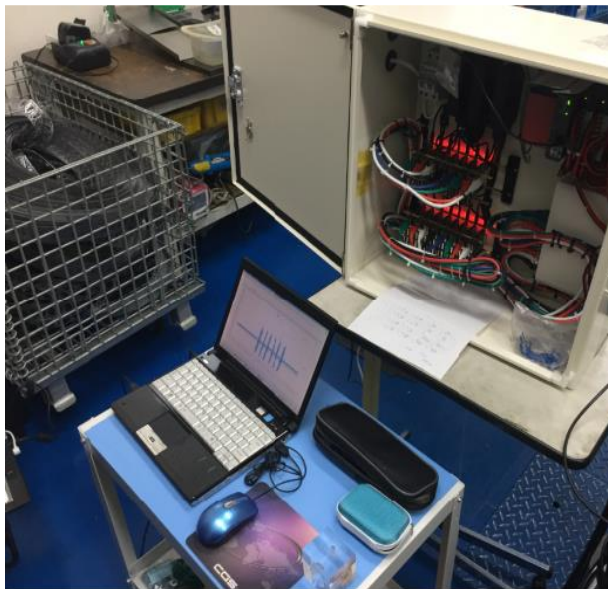


2-2-2 電子回路の製作

初年度のうちに、アンプの出力を A/D 変換、マイコン処理するところまで作ること
 ソフトウェアの開発を並行して行えるようにした。

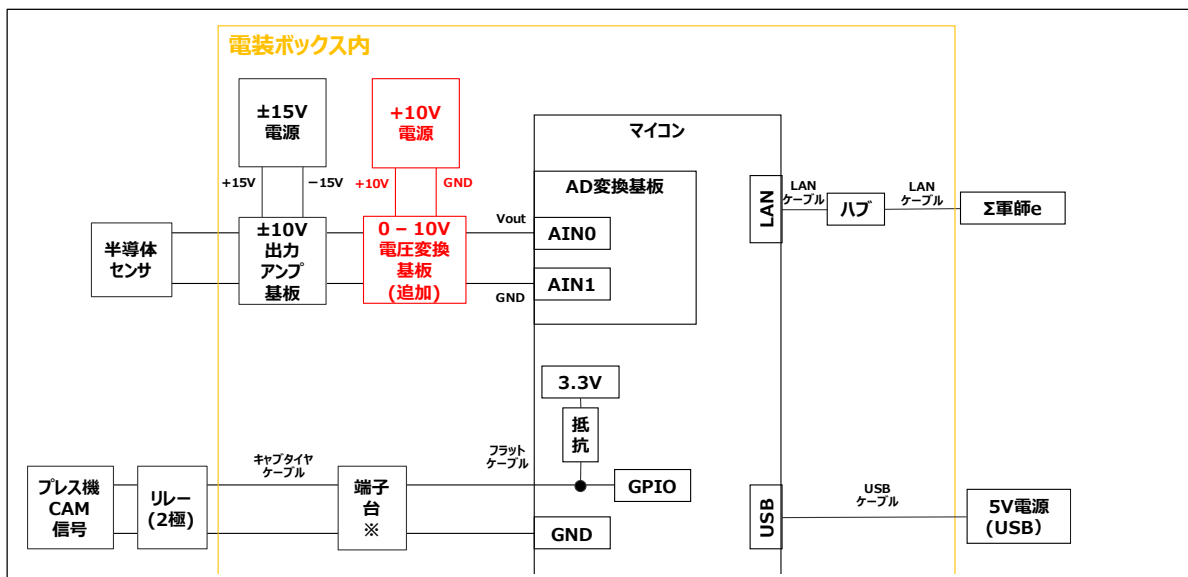


初年度のアンプの出力装置の実際の画像



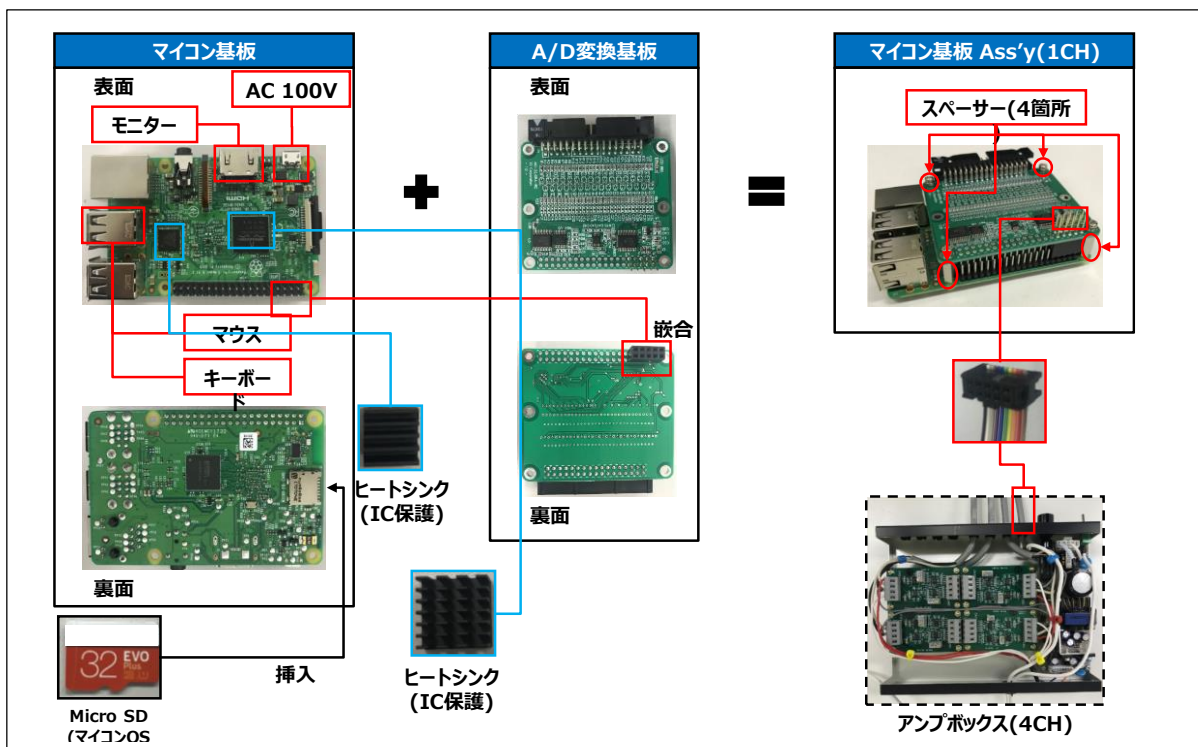
2-2-3 データ処理システムのハードソフト開発

今年度は、さらにハードウェアの仕様をバージョンアップし、出力の安定化と高精度化を目指し、回路修正を行った。

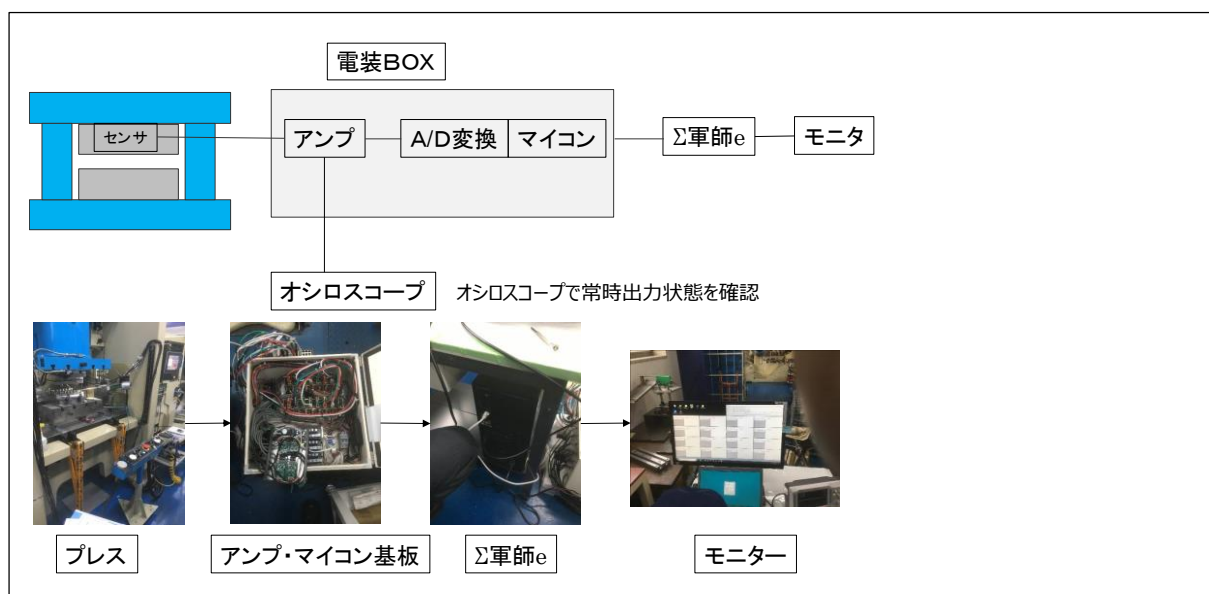


実際のハードウェアを製作したもの。

マイコン基板、AD 変換基板 Ass'y 状態に変更修正をかけた。

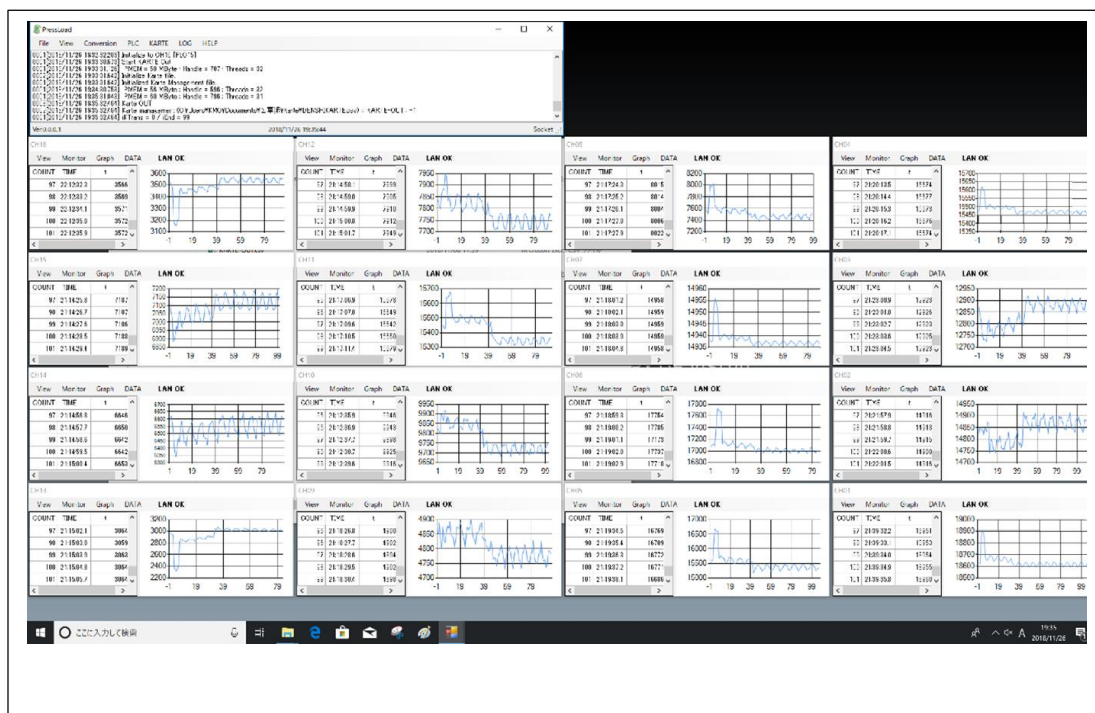


実際の金型に装着して、データ収集を行った。
 下記は、その情報収集の流れについて説明したもの。



検証結果の報告書の提出

センサの締め付けトルク管理、ノイズの問題、マイコンのプログラムの問題点を改修し、最終的にデータ収集できることが確認できた。



各センサのトン数換算

顧客によって求める重さの単位が異なるため、自由に表示できるように開発した。

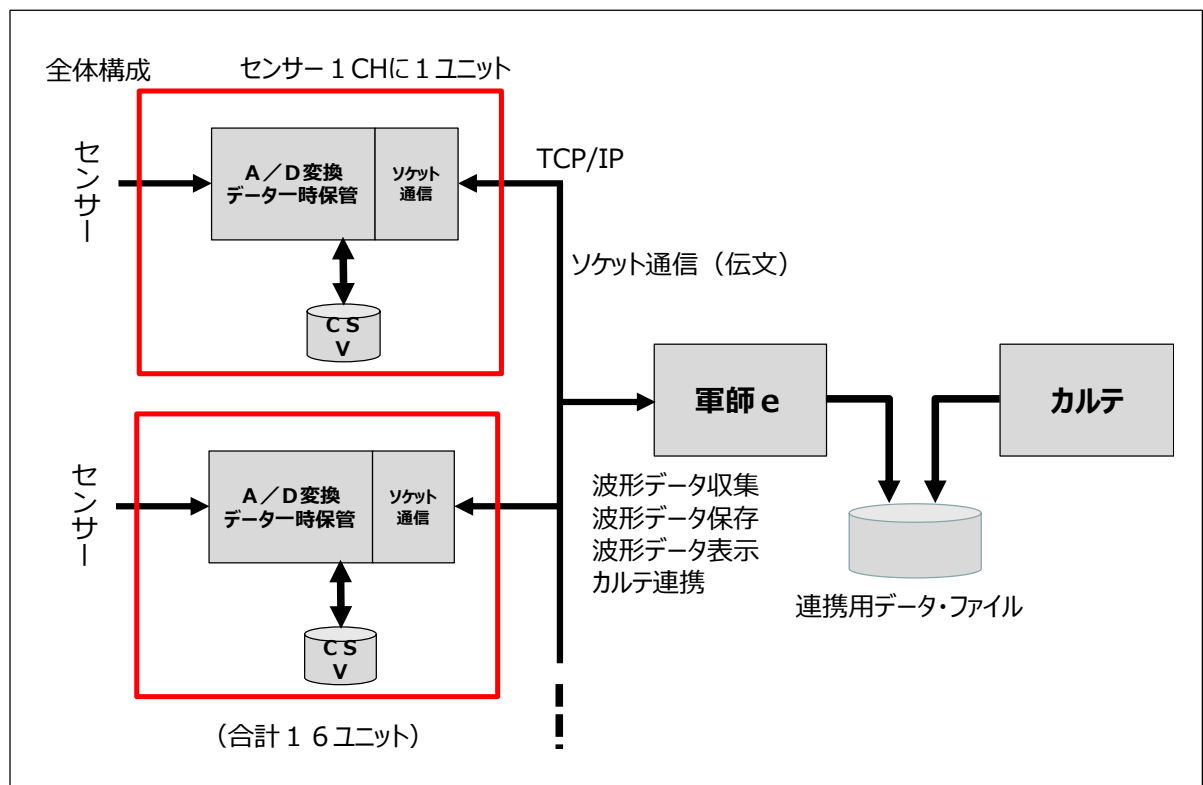
16CH	0.063 ton	12CH	0.139 ton	8CH	0.141 ton	4CH	0.277 ton
15CH	0.127 ton	11CH	0.277 ton	7CH	0.264 ton	3CH	0.228 ton
14CH	0.117 ton	10CH	0.176 ton	6CH	0.313 ton	2CH	0.263 ton
13CH	0.054 ton	9CH	0.086 ton	5CH	0.296 ton	1CH	0.334 ton

2-3 大容量の生産データをさばき、記録する IoT データリアルタイム収集装置の確立に向けた課題への対応

2-3-1 リアルタイム表示機能開発

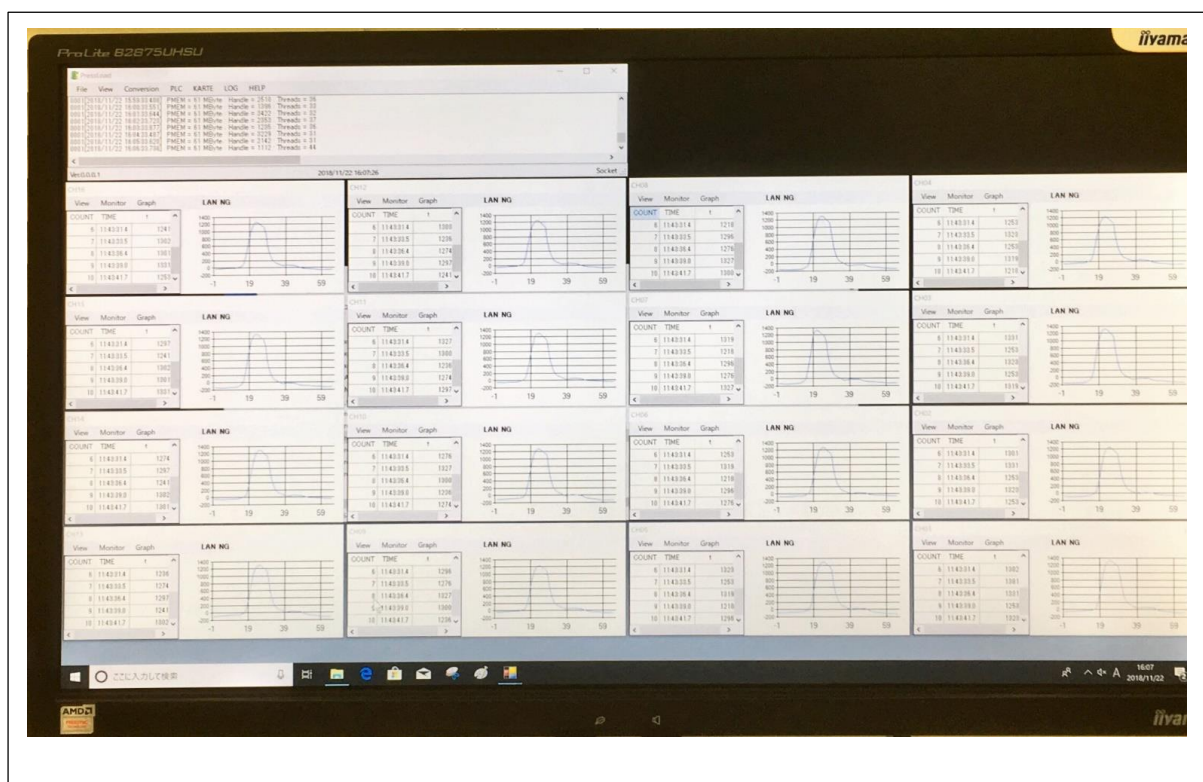
大容量データの情報収集ソフトウェアの開発

初年度は、シリアル伝送システムによる情報収集を行ったが、情報量が多く、通信方式を TCP/IP 通信に変更し、大容量・高速データ収集を可能にした。



実際の波形データの表示(ビジュアル表示)。

16 個のセンサーからの情報をリアルタイムで同時出力することができた。



2-3-2 デバック

データリアルタイム表示デバック

■ソフトウェア改訂履歴

- ・新規作成 (mdlApp_DataLoggerAIO. c) ソケット送受信ループバック機能
- ・新規作成 (mdlApp_DataLoggerAIO. c) AIO, GPIO 読み取り、中間ファイル出力処理
- ・結合テスト (mdlApp_DataLoggerAIO. c、mdlApp_DataLoggerAIO. c)
→修正：ソケット送受信、伝文生成、AIO, GPIO 読み取り、中間ファイル出力
処理
- ・本番環境テスト (mdlApp_DataLoggerAIO. c、mdlApp_DataLoggerAIO. c)

波形データリアルタイム表示デバック

改修の履歴

(1) 波形データの保存方法の変更

仕様では、16CHを1ファイルにまとめるとしたが、CH毎の個別ファイル
に変更

(2) メッセージ処理（表示とLOGファイル作成）は、タイマー割込処理から専用スレ
ッド処理に変更。（他処理の負荷が重いとメッセージ表示が滞るため、無限ループ処理に変
更）

(3) ネットワークの接続／再接続時、相手端末が応答しない場合のタイムアウトに時間
が掛かるため、接続処理を専用スレッドで行うように変更

(4) 通信処理を、メインのスレッドからまとめて行う方法から、各端末毎の表示フォー
ムのスレッド内で個別行う方法に変更。（処理の分散化）

(5) 波形表示レイアウトの変更

波形表示レイアウトを、実際のセンサーの配置とイメージしやすい順序に変更

(6) カルテ連携ファイル出力タイミングの変更

全CHデータが揃わないとカルテ連携ファイルを出力しない仕様から、データの一部が
不足していても出力する様に機能を変更

2-3-3 総合検証

110t クラスの旧式プレス装置（25年前）を利用してデータ取り試験を実施。

【目的】

- ① 剛性の高い200t プレスとのデータ取り比較

- ②旧高感度ピエゾセンサに対する出力試験
- ③半導体センサにおける出力試験と比較、問題点抽出
- ④面データ抽出試験におけるデータ作成と上位処理ソフトウェア開発のためのデータ取り



110tプレスへ金型取付



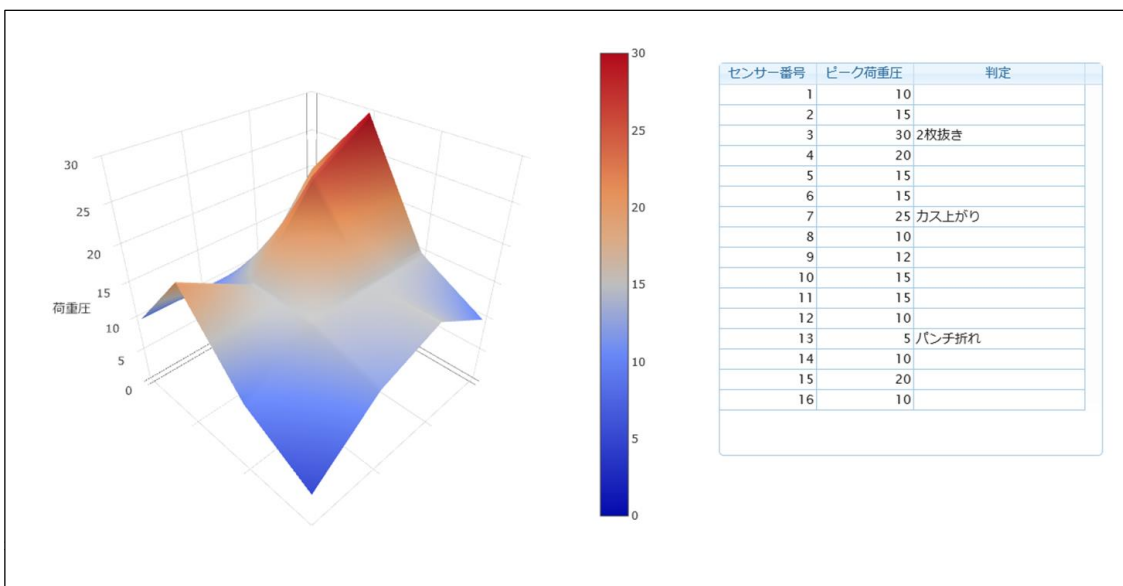
ENインダストリーズ社における
センサーの調整作業

【新旧様々なプレス機での情報収集を実証した】

2-4 金型の消耗の見える化、金型内のAI傾向分析における寿命の特定に関する課題への対応

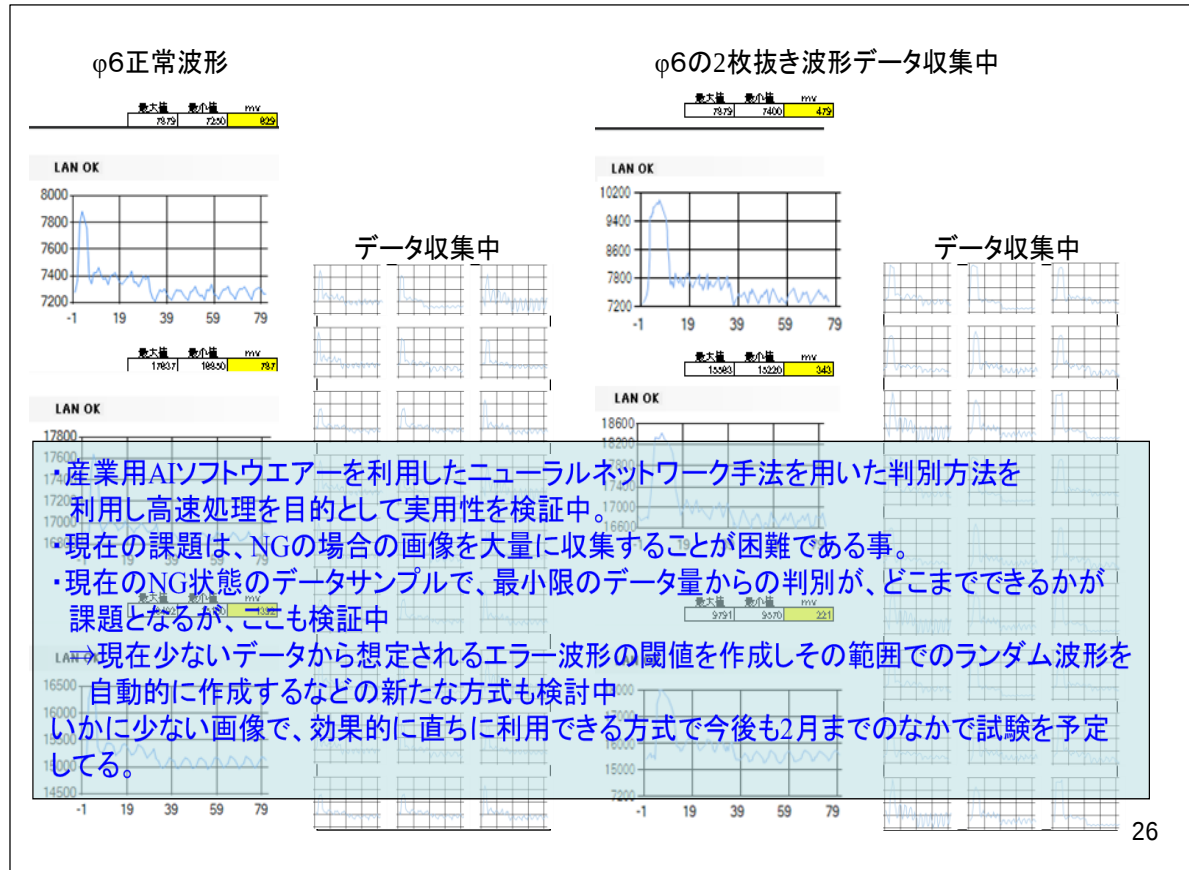
2-4-1 表示機能のグラフィック化

各不具合の見える化機能表示（カス上がり、2枚抜き、パンチ折れの表示機能）



2-4-2 複数データ処理ソフトウェア開発

AI ソフトウェア不具合修正 カス上がり 2 枚抜きデータ収集中 ⇒ AI の元データ収集



2-4-3 検証評価・修正

検証評価・修正を行った。

2-5 生産向上のための金型、プレス成形機器、周辺機器の状況見える化に関する課題

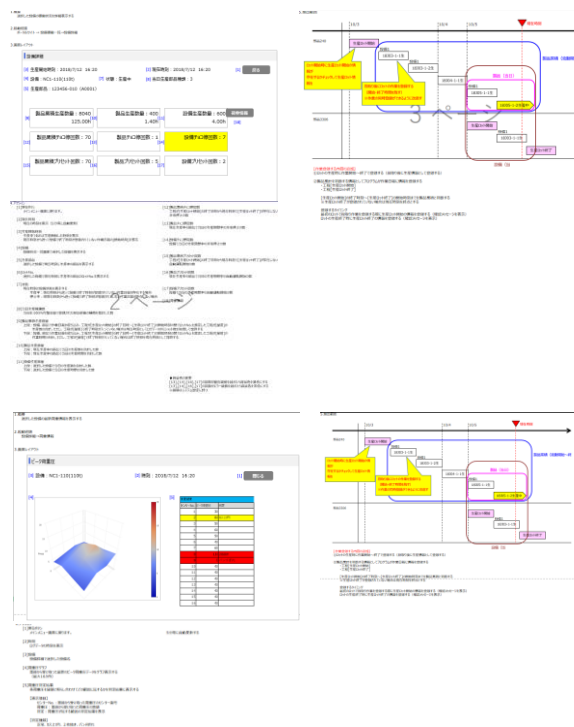
2-5-1 生産性向上ソフトウェア開発

生産性向上指標出力プログラム開発

実際の外注先であり、アドバイザーでもある山口製作所の意見を取り入れ、生産性向上に必要な指標を一目で解りやすく、表示する機能を開発した。

開発仕様－画面設計書
(W002_設備詳細)

開発仕様－画面設計書
(W003_荷重情報)



27

2-5-2 実証実験

一連の評価と修正、改良、最終試験

プレスにおける大きな問題点は、生産中に金型の損傷、金型内の異常における検出がどこまで出来るかという事である。また問題が起きた時に何が問題であるかをいち早く知ること重要である。本事業の研究は、それらの検出方法の研究でもあるが、今までの異物検知方法（金型内センサー等）とは異なる荷重の変動という事を精密にとらえてそれらを記録して行くことが最終的に生産性に大きく寄与するものである。

① 荷重の異常の状態を記録

- ・面でとらえる荷重変動を検出することで、異常の場所が特定できる。
- ・復帰の再になその原因が直ちに解る。

これらは、金型内でパンチ折れなどの問題が発生した時に気が付かずにそのまま生産し大きな材料ロスと不良品をあっという間に作り出してしまう事が大きな問題である。従来の生産の中では、そういった問題が何度も発生していた。

② 金型別の異常内容と頻度の記録

- ・金型は生産と共に消耗していき、やがて金型内に問題が生ずる。

金型ごとの記録を取るシステムを開発したことで、個別金型ごとの問題点を記録して行くことができる。金型固有の弱点などをマイショットごと記録することで、どのくらい生産するとどのような問題が生ずるのかが見えてくるため、金型の保全に寄与し、従来突発で起こる金型の異常による生産停止等をなくすこともできる。

上記の検証は、1月から始めて一ヶ月間の情報収集を行った。

既に全体システムを完成しており、最終試験として、データ取りとA I 検証を行った。

2-5-3 検証評価・修正

検証評価・修正を行った。

2-6 まとめ

2-6-1 当初の事業計画に対する履行状況の整理

29年度にセンサー開発を前倒しして行うことができていたため、30年度ではさらなる小型化およびチューニングの時間を少し取り、ほぼ完成に近い形に開発することが出来た。価格的にも見込みも立ち次年度での実践試験を行って、商品に仕立てて行く。センサーの供給体制の確立をエンインダストリーズと共に検討して行く。

アンプに関しては、センサーの改良が進み出力の状況も良い数値を示していたため、30年度の開発では、センサーに合わせて再度アンプの見直しを行って大幅改良を行った。より良いアンプの改良が進んだ。

データ収集システムでは、当初のシリアル情報転送を見込んでいたが、通信量がそもそも非常に大きいこともあり、間引き等のソフトウェア開発も当初予定していたが通信形態をTCP通信に切り替えて、通信速度を上げたことやマイコンも64BIT化したことで、速度が格段に上がり、データの間引き等を一切行わずにデータ供給ができるシステムが完成できた。

上位のデータ収集用の専用コンピュータシステムは、全てのセンサー出力監視ができるようにソフトウェアの改良を行って完成させた。

2-6-2 目標達成度（自己評価）

本研究では、多岐に渡る技術が必要とし、それらの技術を融合させてシステムとして研究を進めて来た。センサー、アンプに関する特殊な半導体の開発や専用回路の開発などの

基礎技術と通信技術、C言語系、マイコンハードウェア、上位コンピュータ上でのビジュアル表示技術それぞれの技術者が十分に成果をだした。

2-6-3 研究内容・計画の改善努力及び情勢変化への対応努力

本年度、インターモールド展に出展し、市場のニーズを確認した。今後は、協力メーカーを通じて、更なるユーザー目線での対応および原価低減を実現し、競争力をつけていくことが必要であると考えている。また、展示会への出展も行い、多くの顧客からの要望をヒアリングしていく努力が必要であると考えている。

2-6-4 研究開発体制の充実に向けた努力

ソフトウェア開発に重要なコミュニケーションを円滑に行うことができ、問題点の抽出もつぶしこみも迅速に実行できた。検証で発生した問題について直ちに報告が上がり、お互いの工数を見ながら優先事項を考慮して計画的に対応する連携が取れた。

2-6-5 事業管理機関の事業運営に向けた努力

開発の遅れや不履行がないよう実際の開発業務としては計画よりもやや前倒しで進めさせてきた。各研究員の努力に恵まれ、計画見直しの必要性も生じなかった。また、プロジェクトリーダーとサブリーダーとの間で、目標に対する進捗度を日常的にチェックしていたため、当初の計画通りに当初目的を達成した。

2-6-6 各アドバイザーからの評価

●（コニカミノルタ：杉原様）

これから楽しみな技術である。かすあがりの部分の波形について、より精度よく取得しようとするデータが大きくなる。複雑な金型だとデータ量が多い。データ量とハードの容量に課題がある。

●（アルパインマニュファクチャリング：水野様）

当社でも自社工場の成型機のセンシングで苦労している。

当サポインの開発は金型本体ではなく、スライド一体型であるところが差別化になると考えている。耐熱は200度くらい欲しい。工作機械にもつけることができれば、より汎用性がある装置であると考ええる。

●（太陽工業：植松様）

出てきた課題に対してどのように解析していくのかという点が課題だと考える。

当社においては、A Iで判定するということを検討しているが、16 個以上のセンサーをつけて、人の五感による総合力で判断するように検討してみたらどうか。

理想は機械が人間と同じく、おかしいと感じた場合、削る速度を緩めるなど初歩的な判断ができるよう、個々のノウハウを積み上げることが重要と考える。

●（山口製作所：山口様）

プレス順送型などにつけて、早く実践レベルで使用してみたい。

●（岡本名誉教授）

安いセンサーができるのは様々な分野における展開が想定することができ、発展性を感じる。

2－7 出願特許、発表論文等の技術成果物

本事業 2 年間を通じ、次の 2 件の特許を出願した。

① プレス製造条件収集システム（特願 2018-9907）

【要約】

【課題】 プレス成形機の状態の物理量を検出するセンサーの検出データをデータ分析装置からデータ収集装置に送信するための通信負荷の軽減、およびストレージデバイスの容量軽減を図る。

【解決手段】 このプレス製造条件収集システムは、プレス成形機の状態の物理量を検出するセンサーと、センサーの出力から検出データを生成し、この検出データをもとにプレス成形機の不良事象を推定するデータ分析装置と、データ分析装置により生成された検出データおよび不良事象の推定結果を蓄積するデータ収集装置とを具備し、データ分析装置は、不良事象が推定されたときの検出データと少なくともその前後いずれか一方の 1 以上の検出データを含む、所定数の検出データをデータ収集装置に送信するデータ送信部を具備する。

図 2－7－1 初年度（平成 29 年度）中に出願申請した特許の内容

② プレス製造条件収集システムおよびプレス成形機用センサープレート （特願 2018-9905）

【要約】

【課題】プレス成形機にセットされる金型の劣化に起因する不良事象の発生を高速かつ高精度に推定することを可能とし、成形不良品の発生を最少に抑える。

【解決手段】このプレス製造条件収集システムは、プレス成形機のスライドに金型に対向して配置され、荷重を受ける方向に対して直交する面において互いに離間して複数の圧力センサーが配設されたセンサープレートと、圧力センサー毎の検出値の時系列である波形データを生成し、この波形データをもとに金型の不良事象を推定するデータ分析装置と、データ分析装置によって得られた推定結果を収集するデータ収集装置とを備える。

図 2-7-2 初年度（平成 29 年度）中に出願申請した特許の内容

2-8 用語解説

・エンコーダー

エンコード（アナログ信号やデジタルデータに特定の方法で、後に元の（あるいは類似の）信号またはデータに戻せるような変換を加えること）を行うソフトウェア、あるいは装置のこと。

・閾値

特定の作用因子が、生物体に対しある反応を引き起こすのに必要な最小あるいは最大の値。限界値または臨界値ともいう。

・ロードセル

ロードセルとは、力（質量、トルク）を検出するセンサーです。力を加えると、それを電気信号に変換します。荷重（力）を電気信号に変換する荷重変換器とも呼ばれます。

・スライドギブ

プレス機械の主要構成部品の一つで、スライド（金型を取り付けて往復運動をする部分）の往復運動をしゅう動案内する部分のことです。

・ピエゾ効果

物質（特に水晶や特定のセラミック）に圧力（力）を加えると、圧力に比例した分極（表面電荷）が現れる現象

・SPM : Shots Per Minute 毎分の生産数量（プレスの回転数を示す場合もある）

ギブ：プレス機のスライドガイド部の意味。プレスに編荷重などが、長時間かかるとスライドのゆるみが生じて、ガタが発生する。ガタが発生すると、金型の損傷、寿命低下を誘発する。プレス機の定期メンテナンスで、ギブの調整を行って、適切なクリアランスで精密に動作するように基本的に調整を行う。

最終章 全体総括

3-1 2か年の研究開発成果

平成 29 年度、30 年度の 2 年間にわたり、「かす上がり不良」の解消に向け、既存の金型にも対応可能とするため、年代を問わず、プレス成形機のスライド部に装着可能な「半導体式スライド一体型、高感度センシングシステム」とともに、リアルタイムで成形状態を取得して、AI 機能で予知予防の傾向分析を実現する「予知予防 AI 分析システム」を開発してきた。

具体的には、上述した開発を行うことにより、下記のような事項の実現を可能にした。

1. コストパフォーマンスの高い、センシング感度が従来比 100 倍のセンサーを実現する。
2. ビックデータの傾向分析により不良の予兆を正確に捉えるための、AI 機能を構築する。
3. 全ての金型への対応を可能とする、スライド一体型センシングシステムを構築する。
4. 不良、設備停止時間の大幅削減によるコストダウンを実現する。
5. センサーアンプを LAN でダイレクト出力を可能とすることで、装置 1 台で複数台のプレス成形機への対応を可能とする。

3-2 今後の課題・事業化展開

事業化の段階としては、まだ基本構造を創り、試作を終えた段階に過ぎない。とりわけ、ユーザーニーズに適合させるためのアプリケーション開発を行わなければ、商品全体としては完成したことにならない。

その一方、本プロジェクトで開発してきた一部機能やシステムを転用・応用し、ユニット単位で提供できる見込みも出てきている。

よって、当面はこれまでの研究メンバー体制を維持し、商品化に向けてスピードを早めながら、柔軟に商品形成させ、上市させていく目論見である。

3-2-1 事業化に向けたマネジメント

① 開発

来年度以降、1～2 年は、既存顧客を中心とする特定ユーザー（車・電機メーカー）

の現場に持ち込み、ユーザー目線での助言を必要スペックとして正確に反映させながら、不具合等の確認、操作性の向上、機能付加、I o T対応等を推し進め、実用商品として達成するまで徹底的に検証する。

また、3年後からは、全国営業の代理店やメンテナンス会社の外部協力を前提に、製品仕様をユニット単位で設計し、容易に補修・交換できる開発も行う。

② 財 務

今後の実用開発から、その後に商品として販売できるまでの収益回収期間（リードタイム）として1～2年程度を要すると見込んでいるが、その工数、経費の主体は人件費相当であり、追加の設備投資などはないと見込んでいる。

さらに、その後しばらくは事業収益で運転できるが、量産段階に至っては、資金繰りを鑑みながら、(株)日本政策金融公庫に長期の融資を申し入れる予定である。

③ 販路開拓、マーケティング

今後1～2年間、上記①のユーザー先での開発・検証が完了するまでは、日常の営業活動や展示会等を通じて、見込客を集めておきながら3年後を目途に一気に事業化させる。その後は、導入先のケイレツ等に販売する。

3-2-2 市場・用途別ターゲット

中小プレス成形・金型メーカーと川下ユーザーである自動車部品メーカーの内製金型・プレス部品の生産部門向けを中心に販売・市場開拓を目指す。特に、自動車関連は自動車の市場リコール等で品質管理・不良撲滅に向けた取組みが急務となっており本開発のプレス金型センサー・成形監視のIoTシステムの要望が高い業界である。特に有望な市場として中小プレス金型・成形メーカーと自動車部品のTier1、Tier2、Tier3があげられる。

市場規模は、中小企業プレス成形事業所数の1,300社、自動車部品等の川下ユーザー内プレス部門数を300社とすると国内市場規模は1,600社（事業所数）と想定される。また、グローバル化で欧米、取分け中国や東南アジア諸国に展開している日系メーカーの現地生産工場も多く、国内関連事業者で3,000事業所数はあると推察される。

一方、世界の全自動車販売台数8,766万台に対し、日系メーカーが2,845万台となっている（平成27年11月「自動車産業を巡る構造お変化とその対応について：経済産業省」より）。

日本の約3倍の販売台数であることから、全世界では9,000（=3,000×3）事業所数が市場対象になると想定できる。

1事業所あたり平均500万円/年の予算をもつと仮定すると、少なくとも450億円/年の市場規模が見込まれる。

これに対し、そのうち10%（900社）のシェアを獲得し、1社当たり650万円での販売により、58.5億円の売上を目指す。

まずは、本研究のアドバイザーであり、日頃から取引関係のあるコニカミノルタ株式会社、アルパイン株式会社等をはじめとするユーザーへの導入を促し、厳しい要求に耐えられる製品に仕立てていく。2019年に製品化し、2021年の黒字事業化を目指す。

その他の販路開拓においては、自社のルートだけではなく、商社も活用し、拡販を優先する。

顧客が多ければ多いほど、認知度向上（ブランディング）につながることや、蓄積されるAIのデータも増え、ノウハウとなり、競争力の源泉となる。

このためにも、当面の具体的な活動としては、顧客現場での金型でのテストを行いながら、センサーシステムなど完成している部分からでもモニター販売していく。

初年度（2019年度）に8セットの販売を目標としている。営業上、投資対効果を明確に示唆できれば、顧客は獲得しやすいと考えている。

ただし、お客様にお使いいただく商品としては、機能面をもっと強化する必要がある。

本成果物の見込客でもある各アドバイザーの会社でのモニタリングを約束しており、実践による検証を通じて商品化開発のピッチを上げていきたい。

なお、展示会等による来場者からの感触やプレスリリース等で正確な市場のニーズをヒアリングしながら、製品が陳腐化しないよう、絶えず市場に求められる製品の提供を行っていききたい。そのほか、専門誌の「型技術」、「自動認識」等にも投稿し、積極的なプロモーションも行っていく。

この報告書には、委託業務の成果として、産業財産権等の対象となる技術情報（未出願又は未公開の産業財産権等又は未公開論文）、ノウハウ等の秘匿情報が含まれているので、通例の取扱いにおいて非公開とする。ただし、行政機関の保有する情報の公開に関する法律（平成11年法律第42号）に基づく情報開示請求の対象の文書となります。



この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。