

平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「金型の智能化による 金属プレス加工の不良レス化」

研究開発成果等報告書

平成21年3月

委託者：九州経済産業局

委託先：財団法人飯塚研究開発機構

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景	1
1-2 研究開発全体の目的	2
1-3 年度ごとの達成目標	3
1-4 研究体制	4
1-4-1 研究組織および管理体制	4
1-4-2 研究員およびプロジェクト管理員	7
1-4-3 経理担当者および業務管理者の所属・氏名	8
1-5 成果概要	9
1-5-1 不良検知ステージの標準化設計および市販品モデルの試作	9
1-5-2 荷重センサーヘッドユニット、超音波センサーヘッドユニットの設計、試作	9
1-5-3 センシング制御装置の開発	10
1-5-4 総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアの開発	10
1-5-5 サーボプレスによる成形実験	10
1-6 当該プロジェクト連絡窓口	11

第2章 不良検知ステージの標準化設計および市販品モデルの試作

2-1 研究開発の概略	12
2-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ	12
2-3 目的と目標	12
2-4 研究内容および成果	13
2-4-1 不良検知ステージ群のステージごとの標準化と金型サイズ別 ステージ構造の基本設計	13
2-4-2 ステージ構造の3次元設計化	13
2-4-3 不良検知ステージの市販品モデルの試作	15
2-4-4 市販品モデルを使った知能化金型の紹介と反応調査	15
2-5 研究成果のまとめ	16

第3章 荷重センサーヘッドユニット、超音波センサーヘッドユニットの設計、試作

3-1 研究開発の概略	17
3-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ	17
3-3 目的と目標	17
3-4 研究内容および成果	18
3-4-1 荷重センサーヘッド部および超音波センサーヘッド部の設計	18
3-4-2 センサーヘッド部の試作	20
3-4-3 センサーヘッドユニットの運用テスト	21
3-5 研究成果のまとめ	22

第4章 センシング制御装置の開発

4-1 研究開発の概略	24
4-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ	24
4-3 目的と目標	24
4-4 研究内容および成果	25
4-4-1 市販タイプセンシング制御装置の構成内容の設計	25
4-4-2 市販タイプセンシング制御装置の仕様書の作成・発注・製作	25
4-4-3 市販タイプセンシング制御装置の運用テスト	26
4-4-4 不良検知の仕組み紹介試料の作成(事業化準備)	27
4-5 研究成果のまとめ	27
(別紙)	28

第5章 総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアの開発

5-1 研究開発の概略	34
5-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ	34
5-3 目的と目標	34
5-4 研究内容および成果	35
5-4-1 センシング中核機能の機能強化とデバッグ	35
5-4-2 機能別プログラムの統合化	36
5-4-3 組み込みソフトウェアとしての GUI 機能の開発	37
5-5 研究成果のまとめ	38

第6章	サーボプレスによる成形実験	
6-1	研究開発の概略	39
6-2	プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ	39
6-3	目的と目標	39
6-4	研究内容および成果	40
6-4-1	川下産業からの課題による知能化金型を使った総合不良検知成形実験	40
6-4-1-1	成形力異常検知用荷重センサーからのデータ収集	42
6-4-1-2	カス上がり検知用透過型ファイバーセンサーからのデータ収集	44
6-4-1-3	バリ検知用反射型ファイバーセンサーからのデータ収集	47
6-4-2	プロジェクトメンバー企業からの課題による知能化金型の 量産型追加成形実験	49
6-4-2-1	絞り金型によるしわ検知用超音波センサーからのデータ収集	49
6-4-2-2	順送金型によるスプリングバック検知用反射型超音波センサー からのデータ収集	52
6-4-2-3	ドアチェックレバー金型による2次元形状計測センサーからの データ収集	54
6-5	研究成果のまとめ	55
第7章	研究開発の総括	56

第 1 章 研究開発の概要

西日本工業大学工学部 教授 坂田 豊

1－1 研究開発の背景

北部九州では、日産自動車（株）九州工場、トヨタ自動車九州（株）、ダイハツ九州（株）の進出、増産によって、自動車生産 100 万台が達成され、次の目標として「北部九州自動車 150 万台生産拠点構想」がかかげられている。このような状況下、自動車産業をささえる一次サプライヤや、プレス部品関連企業の進出が相次いでいる。

この自動車産業において、川下企業である自動車メカや一次サプライヤでの、自動車の組み立てライン、モジュール生産ラインが止まることは大きな損失となる。原因が部品にあった場合には、この損失に対する負担の大半を、納品した部品メカや金型メカに求められることから、部品を製造し提供する川上メカでは出荷製品の不良レスが求められている。

しかしながら、高精度での成形が求められるプレス製品に対して、現状での抜き取り検査では、数万個中のうちの数個の不良をすべてなくすることは困難であり、不良レスを実現するため全数検査を実施すると、膨大な時間とコストがかかる。さらに、軽量化のための高張力鋼板など、加工が難しい新材料を利用する場合、不良率を抑えるのは困難で、対応には時間とコストがかかり、部品生産を行う川上企業の負担は増加している。

図 1－1 に従来のプレス加工における問題点を示す。

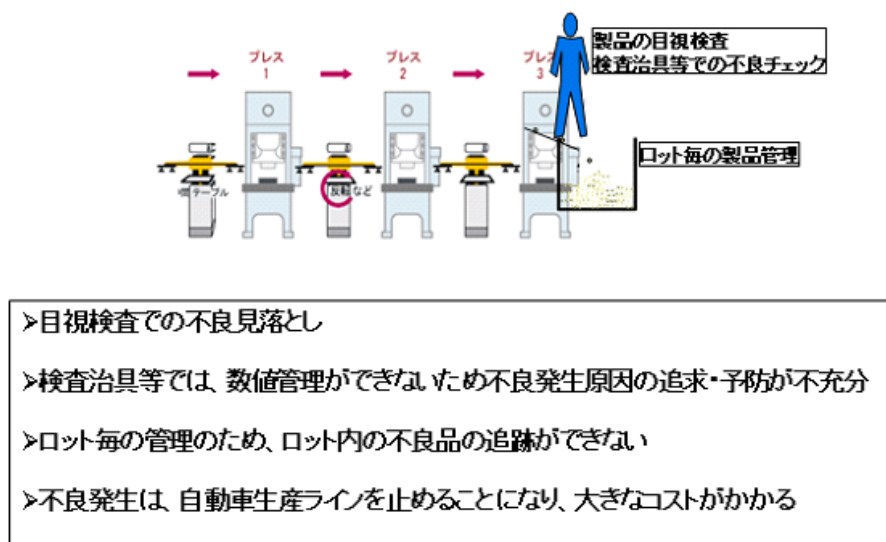


図 1－1 従来のプレス加工における問題点

これらの問題点を解決するために、不良を、個体ごとに、金型内で検知することにより、4M（人、機械、環境、管理）の変化に起因する不良を管理し、不良品の生産・出荷を止めるとともに、要因を分析し、生産工程の改善に努め、生産時の不良レス化を目指す。ま

た、万が一出荷後に不良が発生した場合でも、データベース化された検知情報をもとに、個々の製品に関するトレーサビリティを確立し、ロット単位ではなく、個体ごとに生産時の状況を確認でき、原因究明や以後の生産に反映できる金属プレスの生産システムを開発し、自動車産業の求める低コスト化に対応することによって、地元受注量を拡大する。

図1-2に本研究開発の狙いを示す。

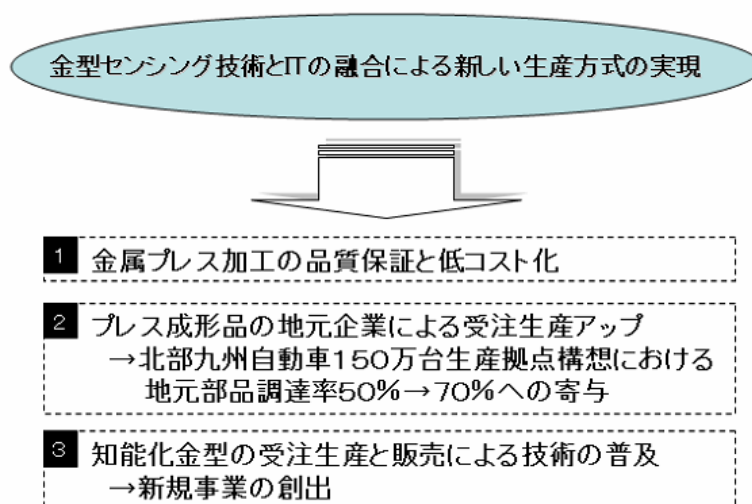


図1-2 本研究開発のねらい

1-2 研究開発全体の目的

本研究開発全体の目的は以下のとおりである。

金属プレス加工において、自動車産業からの低コスト化ニーズに対して、抜き曲げ加工順送金型と絞り金型を知能化し、製品個体ごとに不良を金型内で検知することにより、成形不良品の発生を防止するとともに、センサー情報を基に不良要因を分析し、不良防止のための生産工程の改善と、万が一不良が発生した場合でも、個々の製品に関するトレーサビリティを確立し、原因究明や以後の生産に反映できるようにする。

この目的を達成するために、研究開発全体として、以下の研究課題に取り組んだ。

- (1) 抜き曲げ加工用順送金型の知能化
- (2) 絞り加工用金型の知能化
- (3) 不良防止のためのサーボプレス制御の最適化

(1)、(2)においては、それぞれの加工において想定される問題を検知できるようなセンサー群を決定し、これらを小型化・ユニット化し、金型の適所に配置した知能化金型を開発する。また、知能化金型に取り付けたセンサー群からの情報を適切に収集し、これを処理する不良検知・トレーサビリティシステムを開発する。これにより、プレス成形時の不良の発生を、成形品個々で把握することが可能となり、センサー情報による不良要因の解析や、不良防止のための生産工程の改善が図れ、個々の製品に関するトレーサビリティを確立できる。さらに、(3)では、生産性を向上させるためにプレスの動作スピード

を上げることと、不良防止のためにプレス動作速度を下げることを両立させるための、サーボプレスのモーションの選択やパラメータ値の最適化を図り、プレス成形における生産性の向上と不良率低下の両立を目指す。

1-3 年度ごとの達成目標

1-2の目的を果たすために、表1-1に示す年度ごとの達成目標を掲げ、研究開発を実施した。また、図1-3に研究開発のロードマップを示した。

表1-1 年度ごとの達成目標

	各年度達成目標
1年度	・金型の知能化に対する個別要素技術の確立【達成目標1】 ・サーボプレス制御基本技術の確立【達成目標2】
2年度	・センサー取付のユニット化【達成目標1】 ・センサー信号処理及びデータベース化技術の確立【達成目標2】 ・抜き曲げ加工及び絞り加工におけるトラブル対策サーボプレス制御技術の確立【達成目標3】
3年度	・金型の知能化と不良検査・トレーサビリティによる最適な不良対策技術の確立【達成目標1】 ・不良防止と生産性向上を両立するサーボプレスの実践的制御方法の確立【達成目標2】

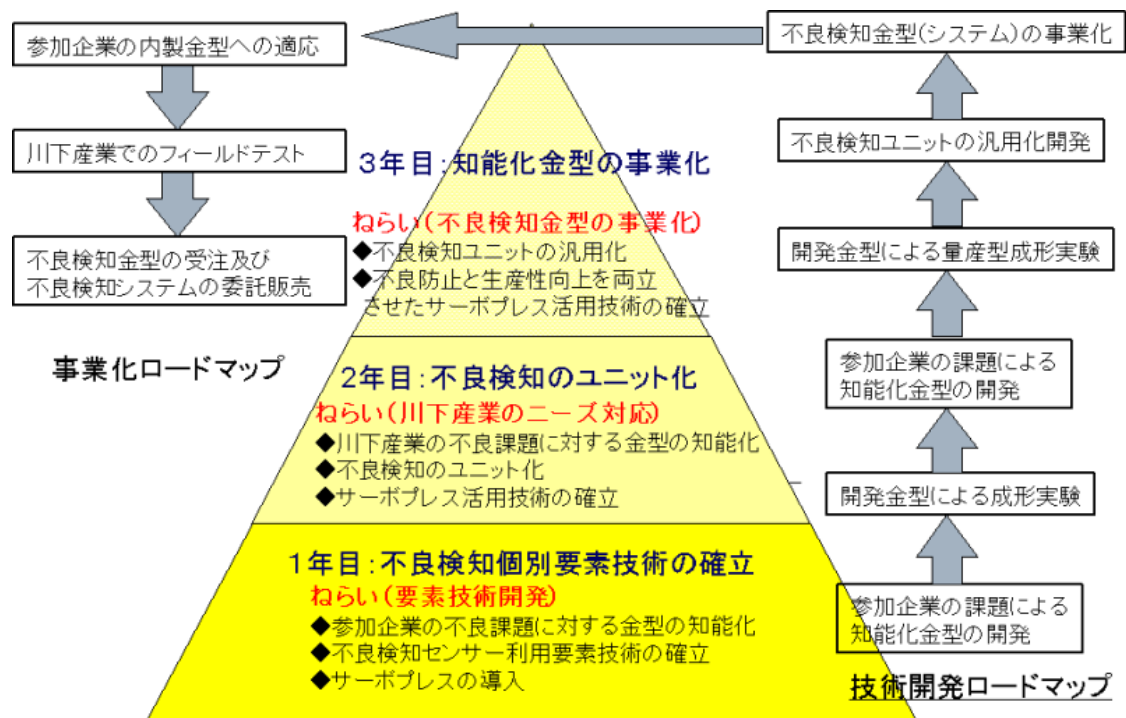


図1-3 研究開発のロードマップ

平成 20 年度は、金型の知能化と不良検査・トレーサビリティによる最適な不良対策技術の確立、および、不良防止と生産性向上を両立するサーボプレスの実践的制御方法の確立を目標として、

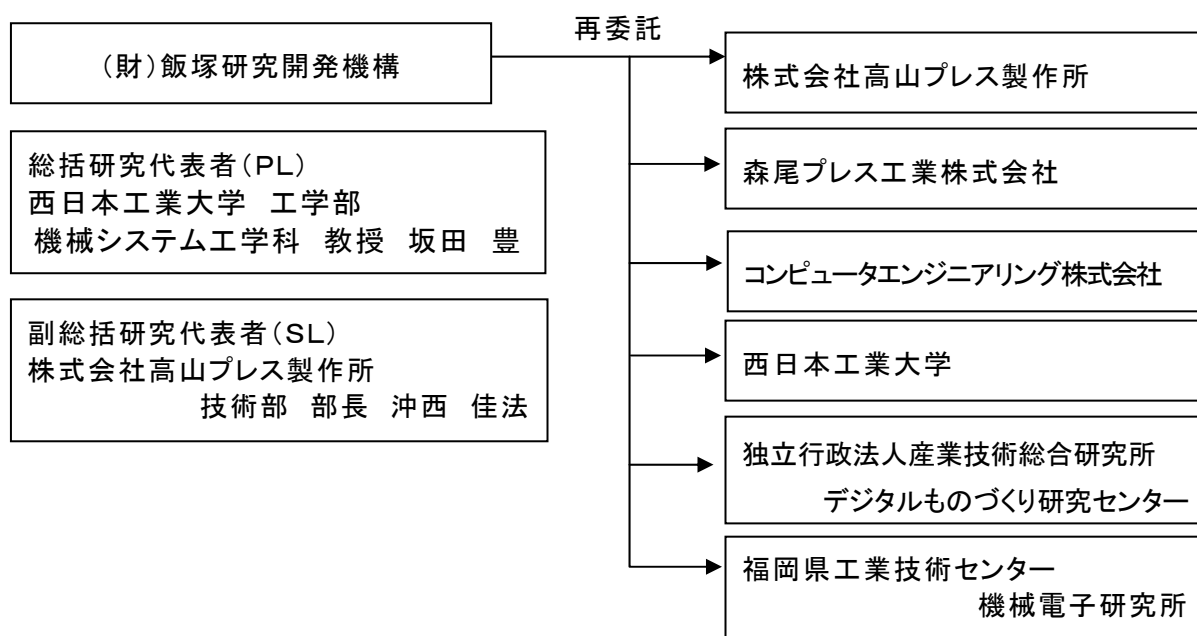
- (1) 不良検知ステージの標準化設計および市販品モデルの試作
- (2) 荷重センサーヘッドユニット、超音波センサーヘッドユニットの設計、試作
- (3) センシング制御装置の開発
- (4) 総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアの開発
- (5) サーボプレスによる成形実験

を実施した。

1－4 研究体制

1－4－1 研究組織および管理体制

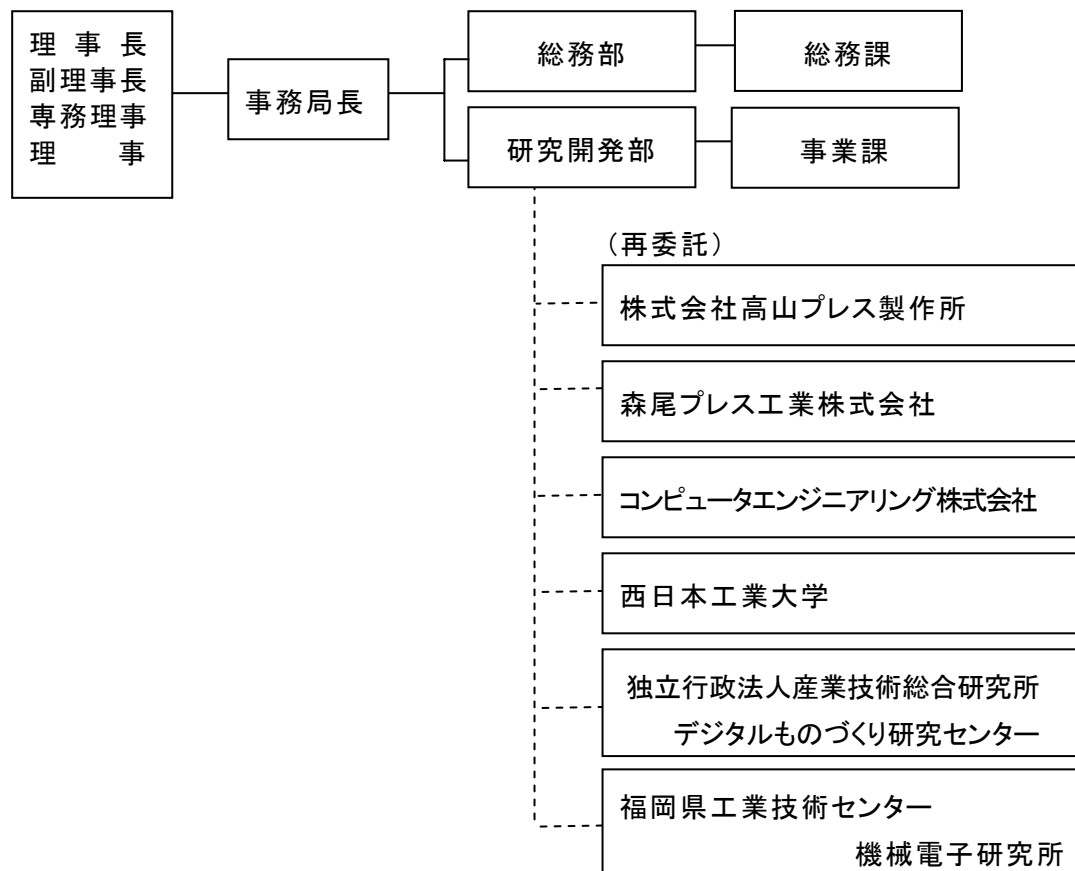
1－4－1－1 研究組織（全体）



1-4-1-2 管理体制

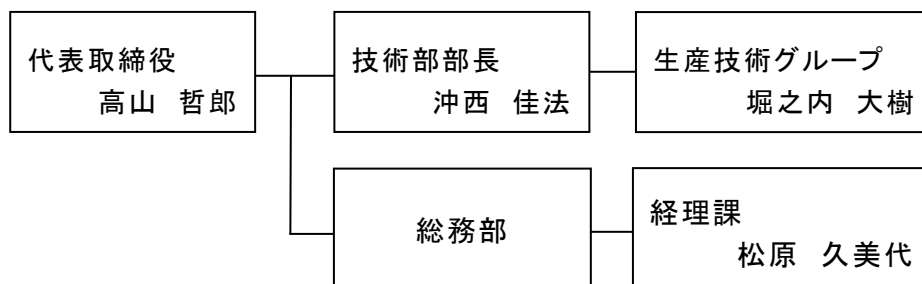
①事業管理者

財団法人飯塚研究開発機構

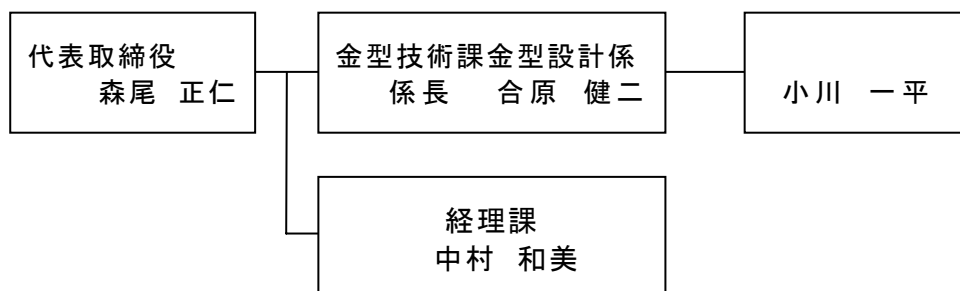


②再委託先

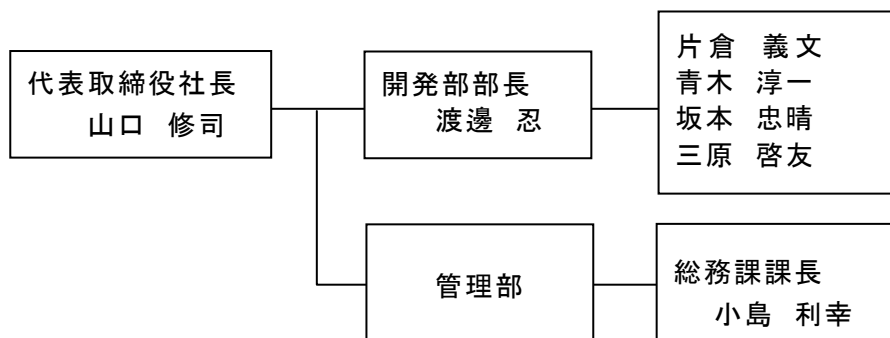
株式会社高山プレス製作所



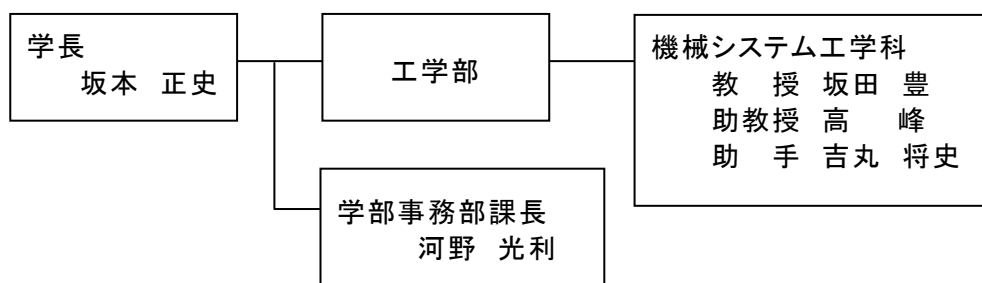
森尾プレス工業株式会社



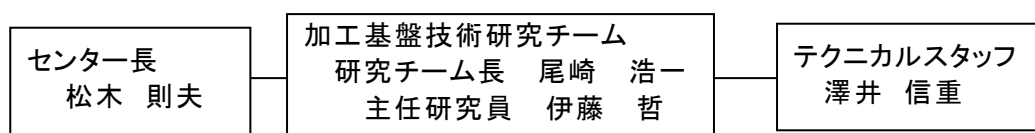
コンピュータエンジニアリング株式会社



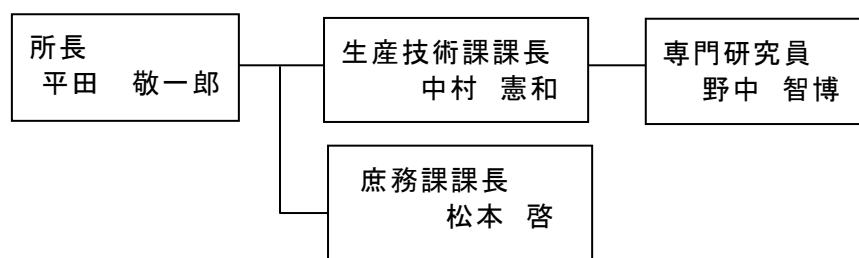
西日本工業大学



独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター



福岡県工業技術センター機械電子研究所



1-4-2 研究員およびプロジェクト管理員

【事業管理者】 財団法人飯塚研究開発機構

管理員(プロジェクト管理員)

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
竹下 一義 中山 和美 水上 輝美 鐘ヶ江 裕志 重田 直子 杉田 美登里 宮嶋 友子	研究開発部 部長 総務部 総務課 主任主事 研究開発部 事業課 課長 研究開発部 事業課 研究員 研究開発部 事業課 主任主事 研究開発部 事業課 嘱託職員 研究開発部 事業課 嘱託職員	⑥⑦

【再委託先】

株式会社高山プレス製作所

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
沖西 佳法 堀之内 大樹	技術部 部長 技術部 生産技術グループ	①(a)(b) ②(a)(b) ⑤(a)(b)(c) ⑥

森尾プレス工業株式会社

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
合原 健二 小川 一平	金型技術課金型設計係 係長 金型技術課金型設計係	①(a)(b) ②(a)(b) ⑤(a)(b)(c) ⑥

コンピュータエンジニアリング株式会社

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
渡邊 忍 片倉 義文 青木 淳一 坂本 忠晴 三原 啓友	開発部 部長 開発部 開発部 開発部 開発部	③(a)(b) ④(a)(b) ⑥

西日本工業大学

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
坂田 豊	教授	⑤(a)(b)(c)
高 峰	助教授	⑥
吉丸 将史	助手	

独立行政法人産業技術総合研究所デジタルものづくり研究センター

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
尾崎 浩一	加工基盤技術研究チーム 研究チーム長	①(a)
伊藤 哲	加工基盤技術研究チーム 主任研究員	②(a)
澤井 信重	テクニカルスタッフ	⑥

福岡県工業技術センター機械電子研究所

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
野中 智博	生産技術課 専門研究員	①(a) ②(a) ③(a)(b) ④(a)(b) ⑤(a)(b)(c) ⑥

1-4-3 経理担当者および業務管理者の所属・氏名

【事業管理者】

財団法人 飯塚研究開発機構

(経理担当者) 総務部総務課 主任主事 中山 和美

(業務管理者) 研究開発部 部長 竹下 一義

【再委託先】

株式会社高山プレス製作所

(経理担当者) 総務部経理課 松原 久美代

(業務管理者) 技術部 部長 沖西 佳法

森尾プレス工業株式会社

(経理担当者) 経理課 中村 和美

(業務管理者) 金型技術課金型設計係 係長 合原 健二

コンピュータエンジニアリング株式会社

(経理担当者) 管理部総務課 課長 小島 利幸

(業務管理者) 開発部 部長 渡邊 忍

西日本工業大学

(経理担当者) 学部事務部 課長 河野 光利

(業務管理者) 工学部機械システム工学科 教授 坂田 豊

独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター

(経理担当者) 財務会計部門経理室 室長 宮本 晃之

(業務管理者) 加工基盤技術研究チーム 研究チーム長 尾崎 浩一

福岡県工業技術センター機械電子研究所

(経理担当者) 庶務課 課長 松本 啓

(業務管理者) 生産技術課 専門研究員 野中 智博

1-5 成果概要

1-5-1 不良検知ステージの標準化設計および市販品モデルの試作

金型内で不良検知の仕組みを持つ知能化金型の事業化を目指して、不良検知ステージを標準化、汎用化するとともに、知能化金型の内容、仕組みを紹介するために、アクリルを使った市販品モデルの試作を行った。

この市販品モデルを使って、名古屋地区の自動車製品製造業を中心に、本研究開発の紹介を実施した結果、反響があり、プレス成形分野において金型内での不良検知技術に関心が高いことが判った。

今後も、この市販品モデルを使い、知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステムの事業化を目指して、金型内での不良検知技術の普及に努めていく予定である。

1-5-2 荷重センサーヘッドユニット、超音波センサーヘッドユニットの設計、試作

本研究開発で、荷重センサーと超音波センサーヘッド部をユニット化することによって、金型への組み込み方法を統一的に標準化・簡素化することにより、知能化金型を一般化し、普及させやすくすることができた。

荷重センサーユニットでは、構造を単純化するとともに、市販の金型部品を活用することにより、耐久性があり、低価格で様々な金型に適応でき、組み込み易いセンサーユニットを実現することができた。

また、超音波センサーユニットの開発では、運用テストでの失敗を反映させた改良を行うことにより、絞り金型の可動部にも取り付けられ、超音波探触子の破損および配線の断線を防止すると同時に、安定した正常な超音波反射波波形を得ることができる超音波センサーヘッドのユニット化を実現することができた。

今後は、知能化金型の事業化へ向けたフィールドテストで、本研究開発で得られた荷重

センサーユニットや超音波センサーユニットそのものと、金型への組み込みノウハウを活用し、知能化金型への適応事例を増やしていきたい。

1-5-3 センシング制御装置の開発

本研究開発で、市販タイプのセンシング制御装置の開発を行った。また、サーボプレスによる成形実験で使用することで運用テストを行い、その有効性を確認することができた。

このセンシング制御装置は、全体で、知能化金型の総てのセンシング制御が可能であることと、ユニット構成にすることで、使用環境の違いに対応するとともに、メインユニットを低価格化し、金型内での不良検知に取り組む場合に、基本的な機能を低価格で導入できるようにした点が特徴である。

また、事業化準備として、知能化金型とセンシング制御装置を使った不良検知の仕組みを紹介するための資料の作成を行った。

今後は、この資料によって、金型内での不良検知の仕組みを紹介することによって、センシング制御装置による総合不良検知・トレーサビリティシステムを普及させる努力をしていきたい。

1-5-4 総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアの開発

本研究開発で、センシング制御装置に組み込まれる総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアを開発した。このソフトウェアは、6章のサーボプレスによる成形実験で利用し、機能が正常に動作することを確認した。

また、センシング制御装置の構成の違いにより、GUI (Graphical User Interface) 画面を変化させることによって、より使い易い GUI を目指した。

今後は、継続して、利用者の意見を取り入れながら、より使い易いソフトウェアになるようにバージョンアップをしていく必要があると考えている。

1-5-5 サーボプレスによる成形実験

本研究開発で、サーボプレスと知能化金型と制御装置に組み込まれる総合不良検知・トレーサビリティシステムを使用し、各センサーからのデータ収集実験を行った。

また、川下産業であるアイシン九州 (株) の協力を得て、実際の生産に準じた方法で、量産型の成形実験を行い、総合不良検知・トレーサビリティシステムの有効性を検証するとともに、事業化に向けた問題点・改善点の把握を行った。

その結果、荷重センサーによる成形力異常検知は、荷重センサーヘッドのユニット化によって、金型の製品材料に接する部品に直接埋め込むことができるようになったために、他のセンサーに比べて、信頼性が高く不良検知ができることが判った。

また、透過型・反射型のファイバーセンサーによる不良検知も現段階では、改善する必要がある点があるが、改善を加えることにより、カス上がり、バリ、スプリンバック等の不良検知に利用できることが判った。

超音波センサーは、しわの状態に反応することが確認できたが、第一反射波の最大振幅だけの変化を数値的に捉えることができるように処理方法を改善する必要がある。

2次元形状計測センサーは、現段階では、精度の高い測定はできないが、穴の有無等の

検査には使えることが判った。

しかし、超音波センサー、2次元形状計測センサーの利用は、検知方法の改善とともに、検知内容に対するコストパフォーマンスを改善する必要があることも判った。

この成形実験では、量産型の実験も実施し、不良検知のための各センサー利用のノウハウを得ることができたが、総合不良検知・トレーサビリティシステムを事業化するためには、成形実験によるデータ収集量が不足している。今後、これら成形実験で得られた結果を基に、本事業で開発した知能化金型だけでなく、他の金型にも不良検知の仕組みを適応し、成形実験によるデータ収集を積み重ねていくことにより、不良検知の確実性、信頼性を向上させる必要がある。

1－6 当該プロジェクト連絡窓口

財団法人飯塚研究開発機構 研究開発部

TEL: 0948-26-1606 FAX: 0948-21-2150

E-mail: kanegae@cird.or.jp

第2章 不良検知ステージの標準化設計および

市販品モデルの試作

(株) 高山プレス製作所 技術部 部長 沖西 佳法
技術部 生産技術グループ 堀之内 大樹
森尾プレス工業(株) 金型設計課 主任 合原 健二
金型設計課 小川 一平
(独) 産業技術総合研究所デジタルもの作り研究センター
加工基盤技術研究チーム チーム長 尾崎 浩一
研究員 伊藤 哲
テクニカルスタッフ 澤井 信重
福岡県工業技術センター機械電子研究所 生産技術課 専門研究員 野中 智博

2-1 研究開発の概略

本年度の研究開発では、知能化金型を一般化し、普及させるために、不良検知の仕組みを標準化することによって、様々な製品形状を作り出すプレス金型に適応しやすくすることを目指して、不良検知ステージの標準化設計を行うとともに、その具体例として、アクリル材を用いて不良検知ステージの市販品モデルの試作を行った。

この研究開発は、次のステップで実施した。

- (1) 不良検知ステージ群のステージごとの標準化と金型サイズ別ステージ構造の基本設計
- (2) ステージ構造の3次元設計化および使用部品の統一化、標準化
- (3) 不良検知ステージの市販品モデルの試作

2-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ

このサブテーマは、前年度開発した川下産業の課題（ドアーチェックレバー・ケース）に対応した金型の開発で得られた知能化金型の設計・製作ノウハウを基にして、様々な金型を不良検知の仕組みをもつ知能化金型にする場合の設計を容易にし、同一のコンセプトで、知能化が実現できるようにするものであり、不良検知ステージの標準化によって、知能化金型を普及しやすくするために実施したものである。

知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステムの事業化をめざした研究開発に位置付けられる。

2-3 目的と目標

知能化金型の設計を容易にし、普及しやすくすることを目的とし、不良検知ステージの標準化を実現することと、不良検知の仕組みが理解できる不良検知ステージの市販品モデルを試作することを目標にした。

2-4 研究内容および成果

2-4-1 不良検知ステージ群のステージごとの標準化と金型サイズ別ステージ構造の基本設計

前年度開発した川下産業の課題（ドアーチェックレバー・ケース）に対応した金型の開発で得られた知能化金型の設計・製作ノウハウを基にして、様々なプレス製品用の金型を知能化金型にできるようにするために、3つのステージで構成される不良検知ステージについて、ステージごとに標準化するための構想設計を行った。

図2-1、2に、2次元設計として標準化構想した構想設計図例を示す。

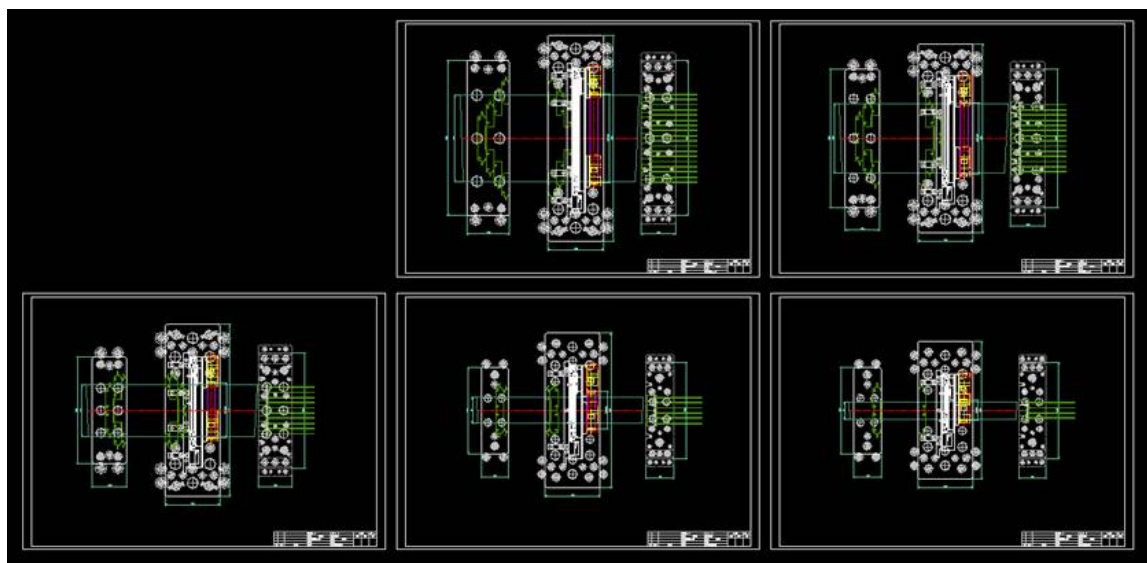


図2-1 センサー取り付けエリア(型サイズ)別の構想図(平面図)

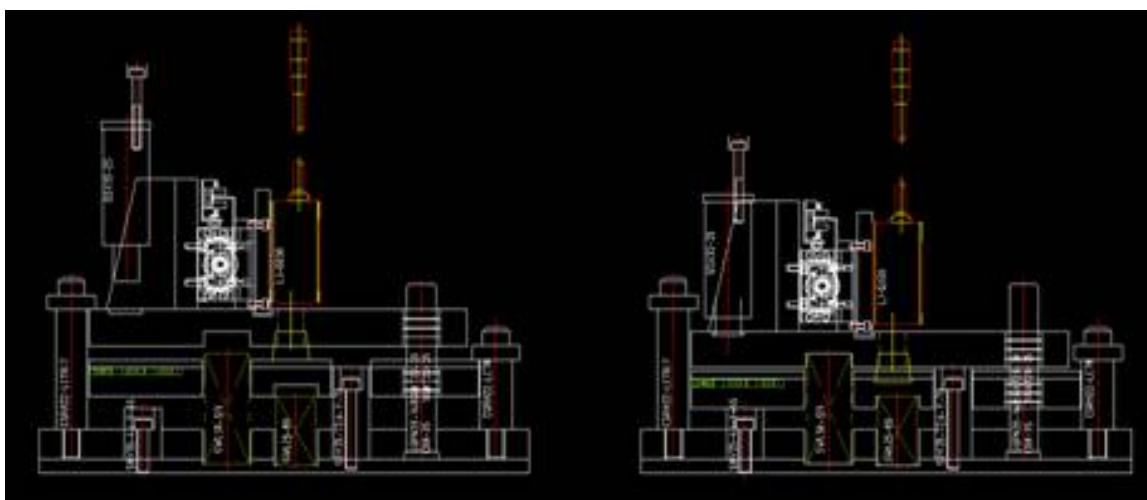


図2-2 型サイズ別のメインステージ(第2ステージ)構造検討図(正面図)

2-4-2 ステージ構造の3次元設計化

2-4-1の構想設計図を基にして、ステージ構造を3次元設計した。3次元設計では、部品間の干渉、動作を3次元的にチェックすることにより、各ステージのコンパクト化を図った。また、使用する部品を極力統一することにより、標準化を図った。

図 2-3 に標準化された 3 つのステージ構成例を示す。また、図 2-4 に、金型の幅（材料の板幅）の違いによる第 1 ステージの違いを示す。

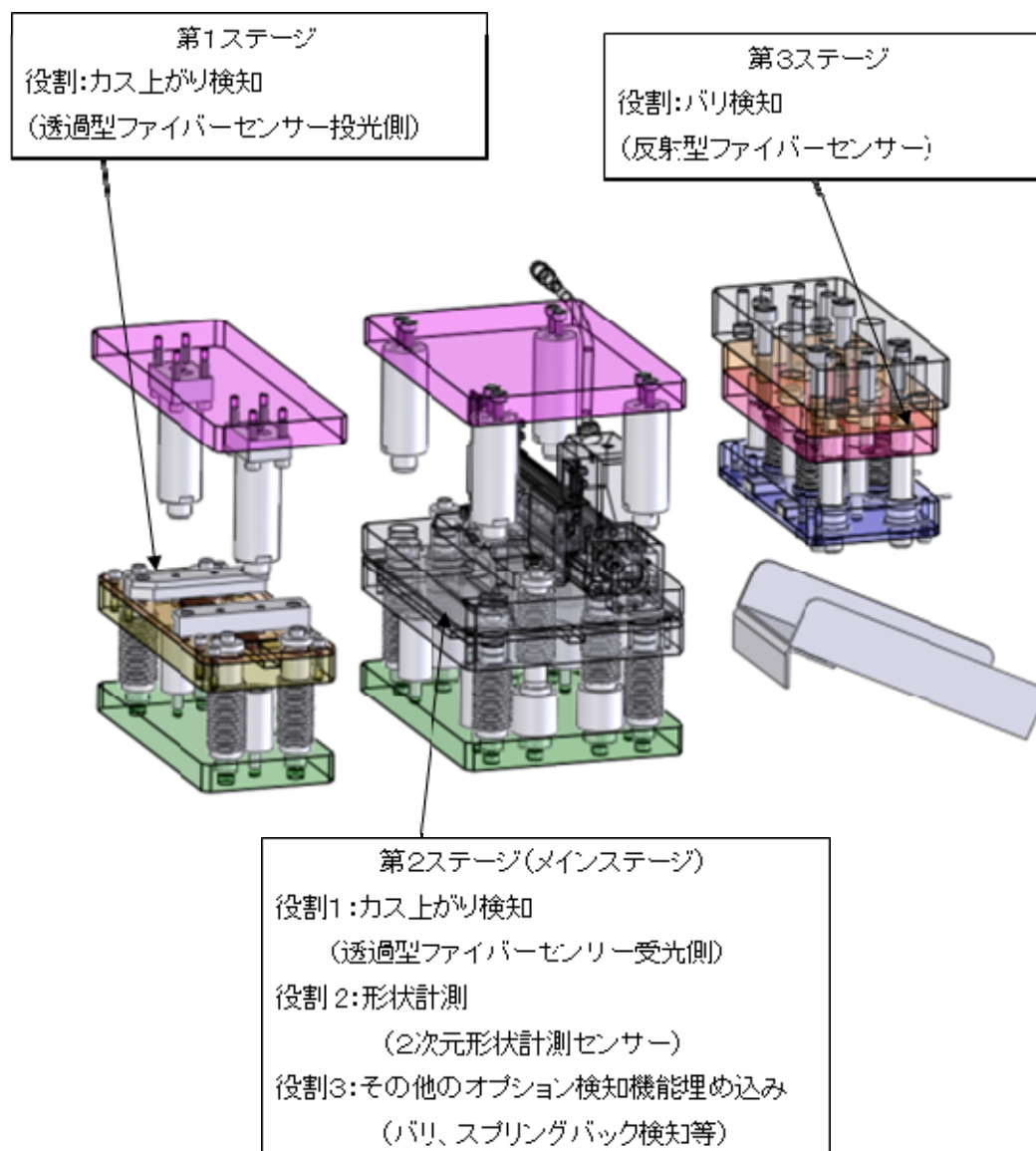


図 2-3 標準化されたステージ構成

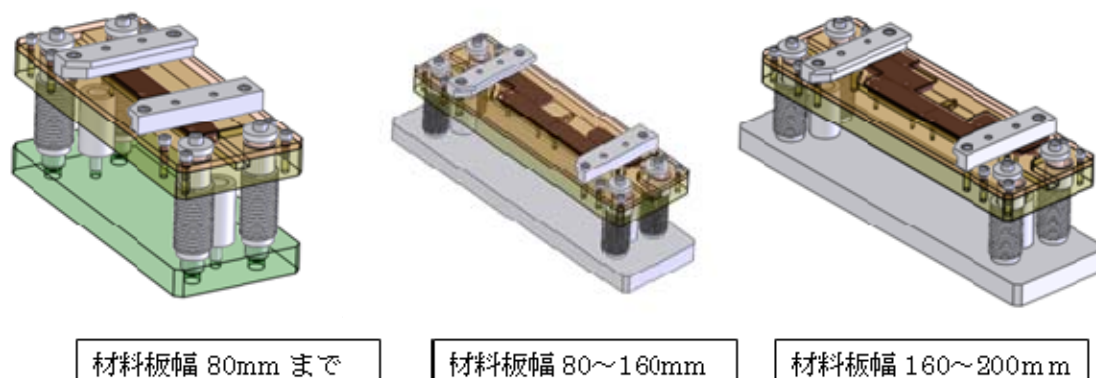


図 2-4 サイズ別の第1ステージ

2-4-3 不良検知ステージの市販品モデルの試作

2-4-2の3次元設計で、標準化された不良検知ステージの構造および機能の有効性を確認するとともに、知能化金型の事業化を図るうえで、不良検知ステージの考え方や内容を、紹介し普及させるための様々な意見を得るために、市販品モデルの試作を行った。

これらの市販品モデルは、金型構造用プレート類をアクリル板で製作することにより、不良検知の仕組みを判り易く紹介できるようにしたものである。

図2-5に、この市販品モデルを示す。

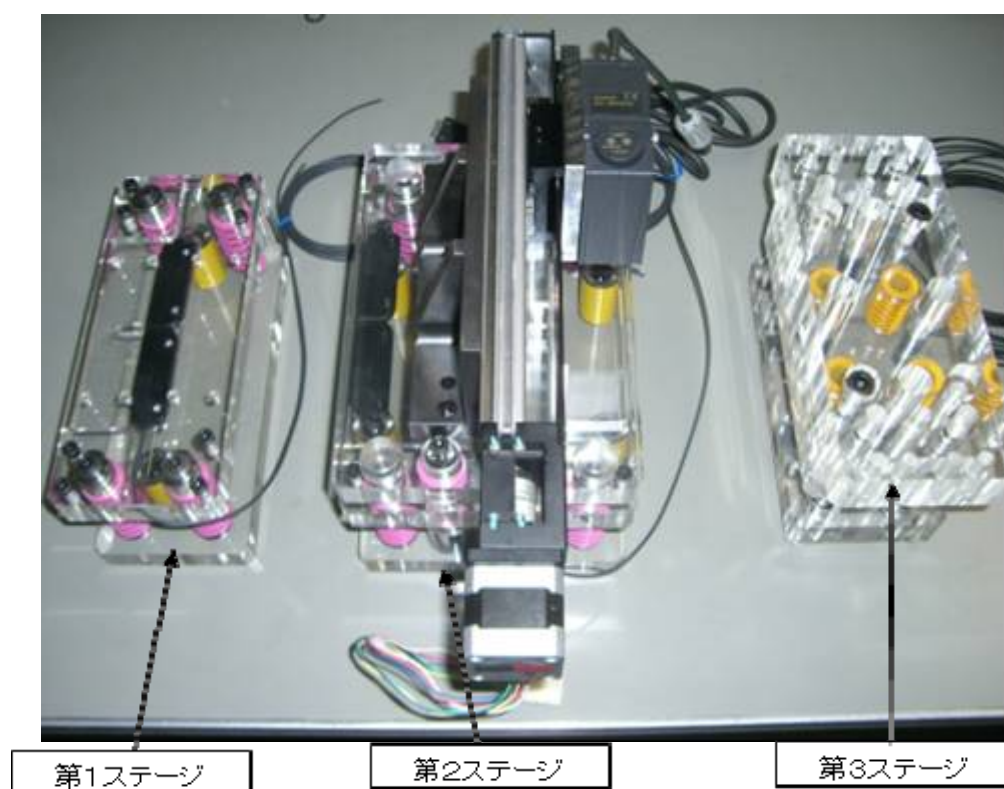


図2-5 市販品モデル

2-4-4 市販品モデルを使った知能化金型の紹介と反応調査

名古屋地区（刈谷市）において、2-4-3の市販品モデルを使い、展示および講演によって、金型内での不良検知の仕組みを紹介した。

その結果、名古屋地区の自動車プレス製品一次サプライヤーを中心にして、講演の聴衆も多く、展示ブースで多くの問い合わせもあり、反応が大きかった。

特に、金型内での不良対策に関心の高い3社から更に詳しい紹介を求められ、後日、個別に、本事業での取り組みについて、紹介、意見交換を行った。

図2-6に市販品モデルの展示と講演の様子を示す。



図2-6 市販品モデルの展示と講演の様子

2-5 研究成果のまとめ

金型内で不良検知の仕組みをもつ知能化金型の事業化を目指して、不良検知ステージを標準化、汎用化するとともに、知能化金型の内容や仕組みを紹介するために、アクリルを使った市販品モデルの試作を行った。

この市販品モデルを使って、名古屋地区の自動車製品製造業を中心に、本研究開発の紹介を実施した結果、反響があり、プレス成形分野において金型内での不良検知技術に関心が高いことが判った。

今後も、この市販品モデルを使い、知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステムの事業化を目指して、金型内での不良検知技術の普及に努めていく予定である。

第3章 荷重センサーヘッドユニット、

超音波センサーヘッドユニットの設計、試作

森尾プレス工業（株） 金型設計課 主任 合原 健二
金型設計課 小川 一平
（株）高山プレス製作所 技術部 部長 沖西 佳法
技術部 生産技術グループ 堀之内 大樹
（独）産業技術総合研究所デジタルもの作り研究センター
加工基盤技術研究チーム チーム長 尾崎 浩一
研究員 伊藤 哲
テクニカルスタッフ 澤井 信重
福岡県工業技術センター機械電子研究所 生産技術課 専門研究員 野中 智博

3-1 研究開発の概略

本年度の研究開発では、知能化金型を一般化し、普及させやすくするために、荷重センサー、超音波センサーの金型への組み込み方法を統一的に標準化・簡素化する、ユニット化を行った。

この研究開発は、次のステップで実施した。

- （１）荷重センサーヘッド部および超音波センサーヘッド部の基本設計
- （２）センサーヘッドユニット部の試作
- （３）センサーヘッドユニットの運用テスト

3-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ

このサブテーマは、前年度開発した川下産業の課題（ドアーチェックレバー・ケース）に対応した金型の開発で得られた知能化金型の設計・製作ノウハウを基にして、特に、荷重センサー、超音波センサーの金型への組み込み方法を統一的に標準化・簡素化することにより、知能化金型を一般化し、普及させやすくするために行ったものである。

本研究開発は、知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステムの事業化をめざした研究開発として位置付けられる。

3-3 目的と目標

金型内で不良検知ができる知能化金型を広く普及できるようにするために、荷重センサーヘッド、超音波センサーヘッドをユニット化することを目的とし、センサーヘッドのユニット化により、低価格で供給できるようにするとともに、金型への取り付け方法を統一的に標準化・簡素化することにより、センサーヘッドを組み込みやすくすることを目標とした。

3-4 研究内容および成果

3-4-1 荷重センサーヘッド部および超音波センサーヘッド部の基本設計

荷重センサーヘッド部の基本設計では、前年度開発した川下産業の課題（ドアーチェックレバー・ケース）に対応した金型での荷重センサーの取り付けノウハウをベースにして、荷重センサーを金型に簡単に取り付け・取り外しができるとともに、低価格化を目指した設計を行った。

そこで、市販の歪ゲージを金属リングの内外面に貼り付け、耐久性を向上させるために、エポキシ樹脂を充填させ固定させる方法を具体化するための基本設計を行った。

図3-1にその基本構造図を示す。

金属リングにはプレス金型で使用される標準的な市販のガイドブッシュを利用することで、リング強度を増加させ、歪に対する反応を向上させるとともに、低価格化を図った。

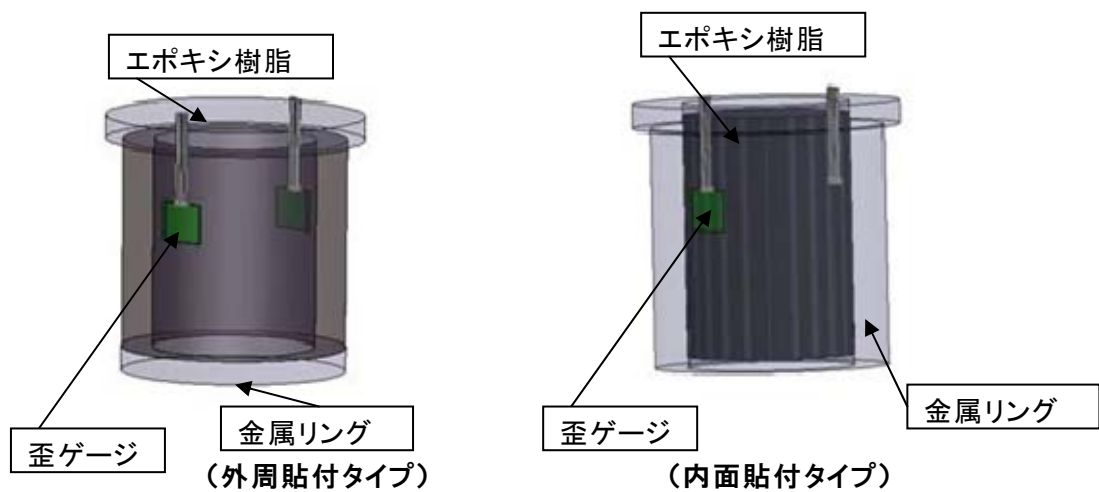


図3-1 荷重センサーユニット基本構造図

超音波センサーヘッド部の基本設計では、超音波探触子に垂直探触子を使用し、金型と金型内の成形品の境界面での反射波を得るため、探触子底面を金型面に直接接触させると同時に、ユニット化によって簡単に金型に取り付けられる構造にすることを基本としてその構造を検討した。

図3-2にしわを検知するための超音波反射波伝達の様子を示す原理図を示す。

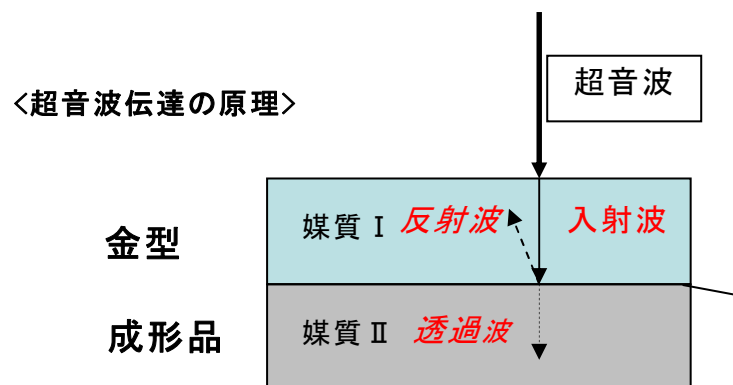


図3-2 金型内での超音波伝達の原理図

また、超音波センサーヘッド部ユニット化の設計では、センサーヘッドの運用テストの結果を反映し、3回設計変更を行った。

その構造図の変化を図3-3～5に示す。

<初期設計>

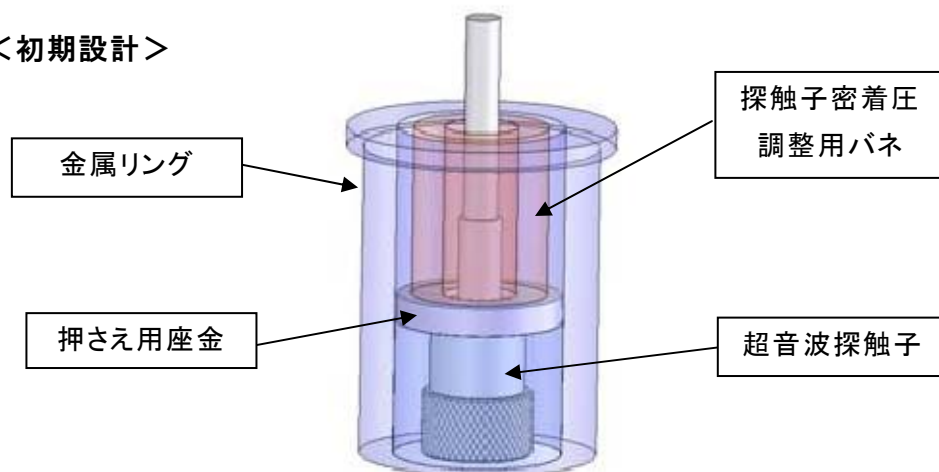


図3-3 超音波センサーヘッド部ユニット化構造図

<第1回改良設計>

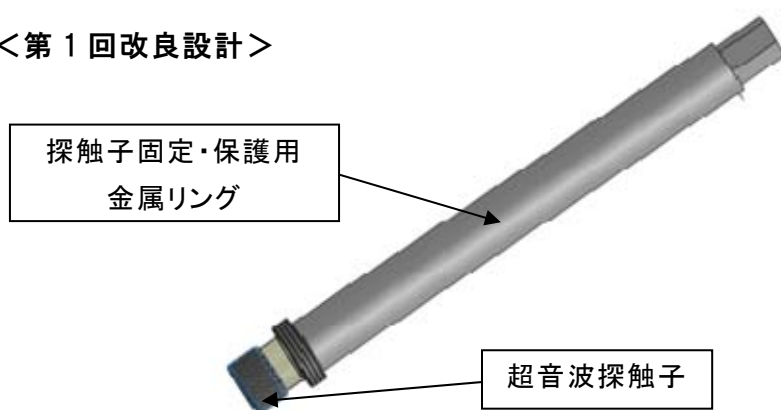


図3-4 超音波センサーヘッド部ユニット化第1回改良構造図

<第2回改良設計>

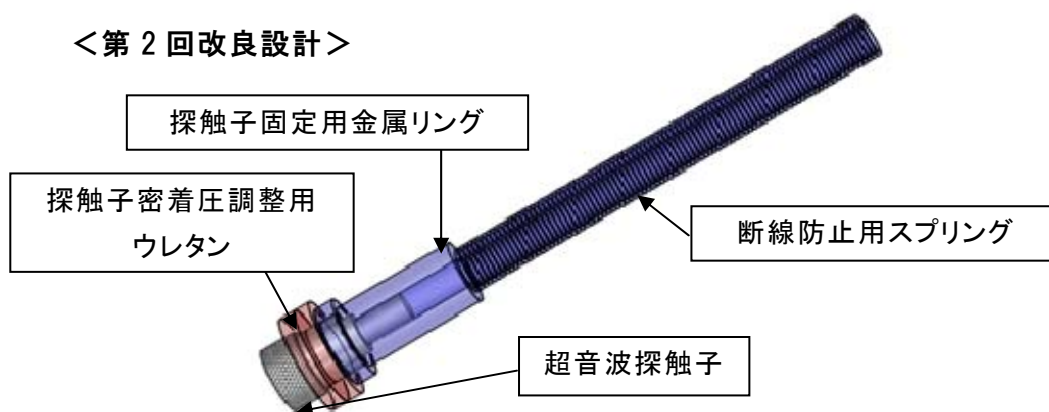


図3-5 超音波センサーヘッド部ユニット化第2回改良構造図

3-4-2 センサーヘッド部の試作

荷重センサーユニットの試作では、基本設計を基に、センサーヘッドユニットの試作を行った。図3-6に試作した荷重センサーユニットを示す。

この荷重センサーユニットの試作とセンサーヘッドの運用テストを繰り返すことで、低価格で金型に組み込み易いセンサーヘッドを実現することができた。



図3-6 試作した荷重センサーユニット

<第1回改良試作品>



<第2回改良試作品>

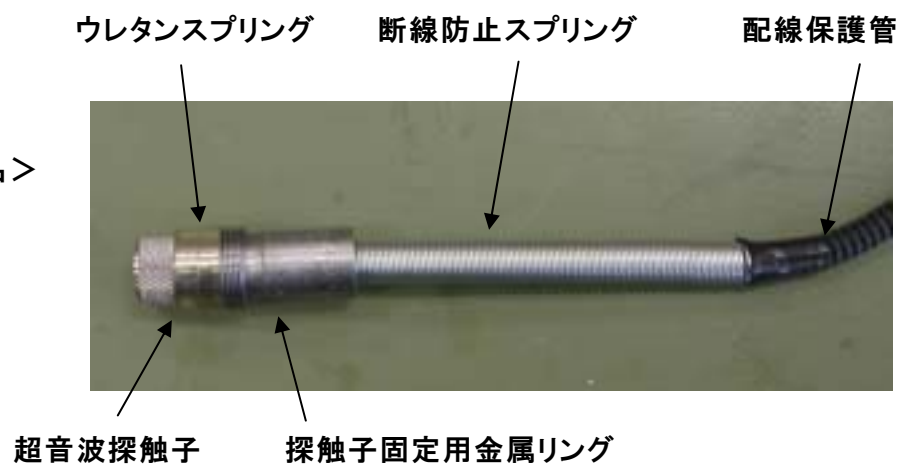


図3-7 試作した超音波センサーユニット

超音波センサーユニットの試作では、運用テストの結果によって2回改良を加えて、試作を行った。

図3-7に第1回改良設計および第2改良設計に基づくユニットの試作品を示す。

この試作で、超音波探触子の破損および配線の断線を防止する同時に、正常な超音波反射波波形が安定して得られる超音波センサーヘッドのユニット化を実現することができた。

3-4-3 センサーヘッドユニットの運用テスト

荷重センサーユニットの運用テストでは、荷重センサーテスト用のセンシング制御装置を製作し、運用テストを行った。図3-8にこのテストを行ったセンシング制御装置を示す。

昨年度までは、荷重センサーからの信号は市販のレコーダを使って処理し、変換を行っていたが、この運用テスト用のセンシング制御装置では、荷重センサーでの成形力異常検知の低価格化を実現するために、荷重センサー専用のシグナルコンディショナおよび組み込みアンプをテストし、その性能を評価し、低価格の組み込みアンプを成形力異常検知に採用できることを確認し、荷重センサーでの成形力異常検知の低価格化を実現できた。

また、図3-9に荷重センサーからの信号処理方法の変遷を示す。



図3-8 荷重センサーテスト用のセンシング制御装置

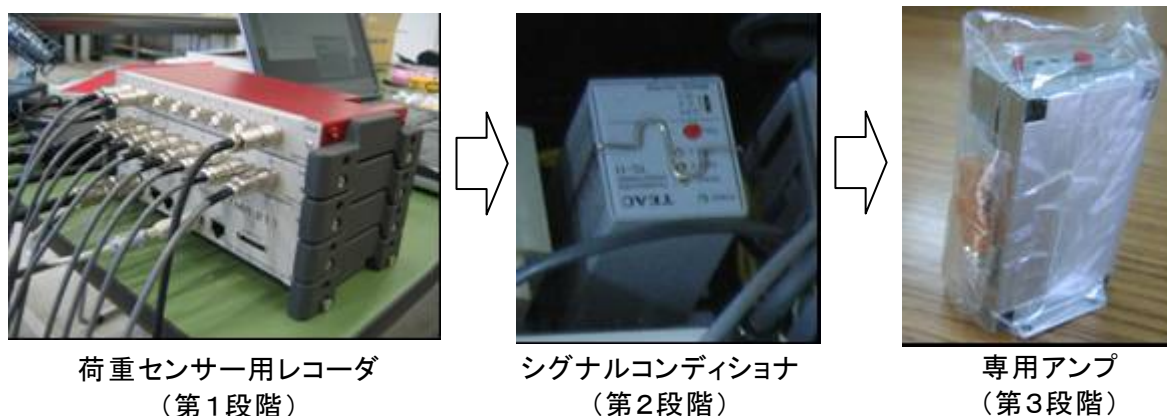


図3-9 荷重センサーからの信号処理方法の変遷

超音波センサーユニットの運用テストでは、金型の上型部の可動部品である先行パッドの超音波センサーにセンサーユニットを装着し、金型可動部でも超音波センサーユニットが取り付けられるように改良を加えた。

そのユニット改良の変遷を図3-10に示す。

初期段階では、固定ネジだけで、超音波センサーを取り付けたために図3-10（左）に示すように、先行パッドの金型内での上下動のために、センサーからの信号線が断線してしまうことが判った。

そこで、第1改良として、先行パッドの金型内での上下動に影響を受けないように、超音波探触子の固定と保護を兼ねた金属リング方式のユニット化を試みたが、超音波探触子自体にプレス荷重がかかる場合があることが判った（図3-10（中））。そこで、第2改良として、図3-7に示すユニット構造にすることでこれらの問題点を解決し、超音波探触子の破損および配線の断線を防止する同時に、正常な超音波反射波波形が得られる超音波センサーヘッドのユニット化を実現することができた（図3-10（右））。



図3-10 超音波センサーユニット改良の変遷

3-5 研究成果のまとめ

本研究開発で、荷重センサーと超音波センサーヘッド部をユニット化することによって、金型への組み込み方法を統一的に標準化・簡素化することにより、知能化金型を一般化し、普及させやすくすることができた。

荷重センサーユニットでは、構造を単純化するとともに市販の金型部品を活用することにより、耐久性があり、低価格で様々な金型に適応でき、組み込み易いセンサーユニットを実現することができた。

また、超音波センサーユニットの開発では、運用テストでの失敗を反映させた改良を行うことにより、絞り金型の可動部にも取り付けられ、超音波探触子の破損および配線の断

線を防止する同時に、安定した正常な超音波反射波波形を得ることができる超音波センサーヘッドのユニット化を実現することができた。

今後は、知能化金型の事業化へ向けたフィールドテストで、本研究開発で得られた荷重センサーユニットおよび超音波センサーユニットそのものと、金型への組み込みノウハウを活用し、知能化金型への適応事例を増やして行きたい。

第4章 センシング制御装置の開発

コンピュータエンジニアリング（株） 開発部 部長 渡邊 忍
開発部 片倉 義文
開発部 青木 淳一
開発部 坂本 忠晴
開発部 三原 啓友
福岡県工業技術センター機械電子研究所 生産技術課 専門研究員 野中 智博

4-1 研究開発の概略

本年度の研究開発では、知能化金型から得られる荷重センサー、ファイバーレーザーセンサー、2次元形状計測センサー、超音波センサーからのセンシングデータを統一的に処理するハードウェアを開発した。

この開発は、昨年度の制御ユニットの試作で得られたノウハウを基にして、市販タイプのセンシング制御装置として試作したものである。

このセンシング制御装置は、この装置用のソフトウェアを平行して開発することにより、総合不良検知・トレーサビリティシステムとして成形実験で活用するとともに、知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステムの事業化に向け、制御装置の構成を示すことができた。

- (1) 市販タイプセンシング制御装置の構成内容の設計
- (2) 市販タイプセンシング制御装置の仕様書の作成・発注・製作
- (3) 市販タイプセンシング制御装置の運用テスト
- (4) 不良検知の仕組み紹介資料の作成（事業化準備）

4-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ

この研究開発は、昨年度に試作した制御ユニットの製作ノウハウを基に、総合不良検知・トレーサビリティシステムのハードウェア部分になるセンシング制御装置を開発・整備するものである。

本研究開発により、知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステムを使った金型内での不良検知の仕組みを具体的に示すことが可能になるとともに、サーボプレスによる成形実験を可能にすることができる。

4-3 目的と目標

本研究開発では、不良検知ができる知能化金型からのセンシングデータを処理できる制御装置を開発することを目的とし、すべてのセンサーからのデータ処理を行うセンシング制御装置にすることと、知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステムを普及しやすくするために、低価格の制御装置にすることを目標にした。

4-4 研究内容および成果

4-4-1 市販タイプセンシング制御装置の構成内容の設計

このセンシング制御装置は、昨年度に試作した制御ユニットの製作ノウハウを基にし、総合不良検知・トレーサビリティシステムを普及しやすくするために低価格化を図ることができる構成内容とすることをコンセプトとして、設計を行った。

その結果、知能化金型の不良検知内容に対して柔軟に対応できるようにするためと、システムを低価格で導入できるようにするために、ユニット構成にし、比較的高額になる超音波センサーおよび2次元形状計測センサーをオプション扱いにできるようにした。

また、すべてのユニットを使用した場合、荷重センサー、ファイバーレーザーセンサー、2次元形状計測センサー、超音波センサーのセンシングデータを統合的に処理できるとともに、2次元形状計測センサーの計測位置を変えるためのステッピングモータの動作制御ができる構成にした。更に、工場での使用環境を考慮して、ノイズ対策を施した構成にした。

その構成検討図例を図4-1に示す。

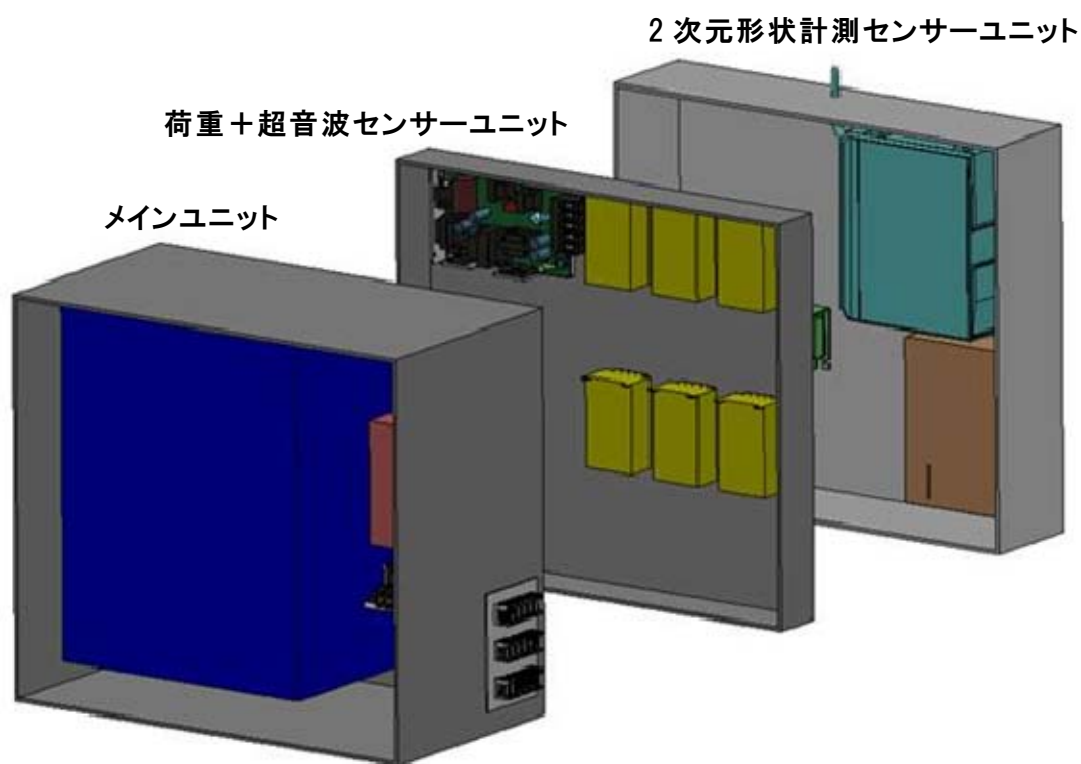


図4-1 センシング制御装置の構成検討図

4-4-2 市販タイプセンシング制御装置の仕様書の作成・発注・製作

4-4-1の構成検討図をもとに、センシング制御装置を製作するための仕様書を作成し、製作を行った（外注）。

製作したセンシング制御装置を図4-2に示す。



図 4 - 2 センシング制御装置

4 - 4 - 3 市販タイプセンシング制御装置の運用テスト

この市販タイプのセンシング制御装置を6章のサーボプレスによる成形実験で使用し運用テストを行った。運用テストでの装置全体を図4-3に示す。

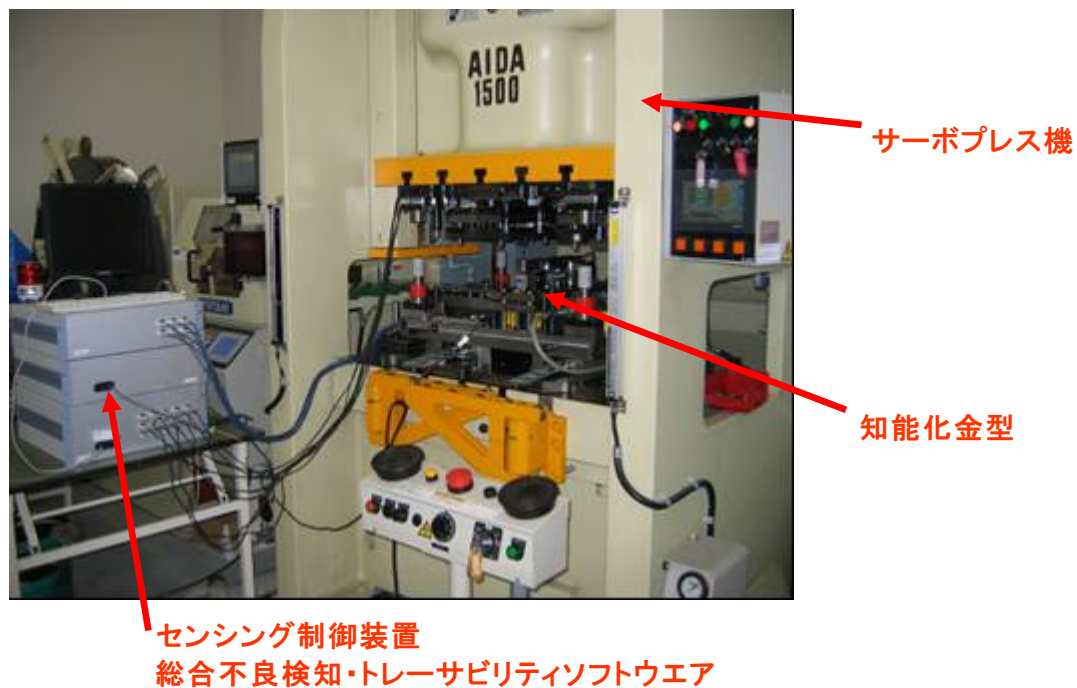


図4-3 運用テスト装置全体

4-4-4 不良検知の仕組み紹介資料の作成（事業化準備）

センシング制御装置を市販化する準備として、知能化金型とセンシング制御装置を使った不良検知の仕組みを紹介するための資料の作成を行った。28～33 頁にその資料の一部を示す。

4-5 研究成果のまとめ

本研究開発で、市販タイプのセンシング制御装置の開発を行った。また、サーボプレスによる成形実験で使用することで運用テストを行い、その有効性を確認することができた。

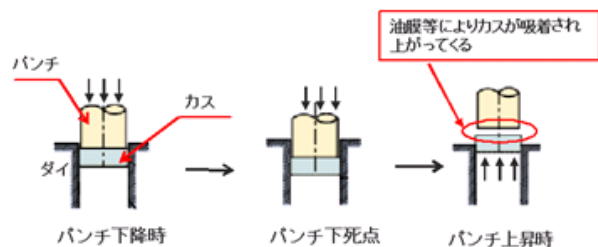
このセンシング制御装置は、全体で、知能化金型の総てのセンシング制御が可能であることと、ユニット構成にすることで、使用環境の違いに対応するとともに、メインユニットを低価格化し、金型内での不良検知に取り組む場合に、基本的な機能を低価格で導入できるようにした点が特徴である。

また、事業化準備として、知能化金型とセンシング制御装置を使った不良検知の仕組みを紹介するための資料の作成を行った。

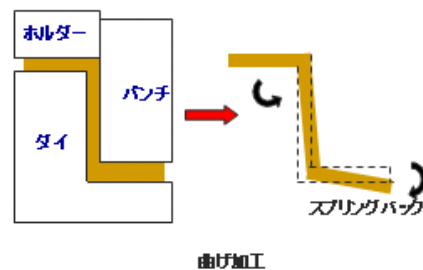
今後は、この資料によって、金型内での不良検知の仕組みを紹介することで、センシング制御装置による総合不良検知・トレーサビリティシステムを普及させる努力をしていきたい。

プレス成形における代表的な不良

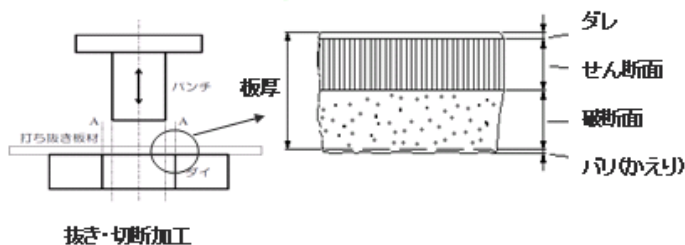
(1)カス上がり



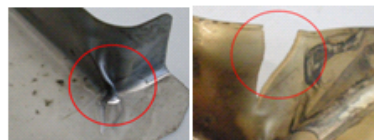
(3)スプリングバック(反り)



(2)バリ(かえり)



(4)割れ・しわ



戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

カス上がり不良

カス上がりとはプレス加工の際に、抜き加工工程で一度抜かれた穴や切欠きの材料（カス）がダイの表面上がってくることで、プレス金型内におけるトラブルでは、プレス部品の不良の原因となったり、材料の供給が不可能となることがあるために、もっとも厄介な問題といわれている。

カス上がりの原因としては、真空によるカスの吸着、油膜によるカスの吸着、磁気によるカスの吸着、抜きカスのカエリ等による刃先圧着がある。

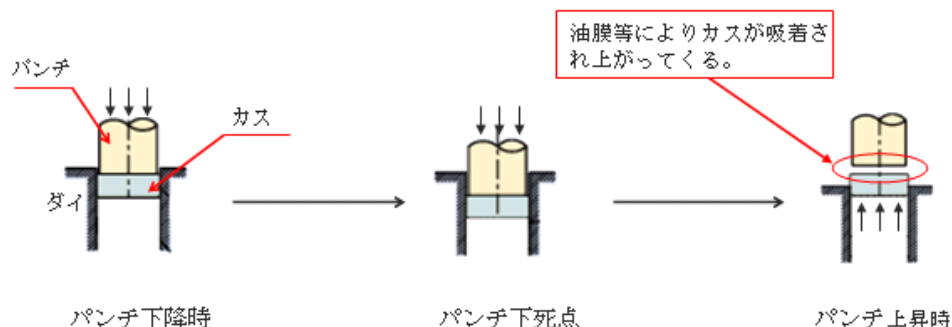


図3 カス上がり発生原理

戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

バリ(かえり)

バリ(かえり)とは、パンチ(上型)が下降し材料に接触し、さらに下降すると材料のパンチ及びダイの刃面側にダレが発生する。さらに下降するとパンチ及びダイの刃先より材料にクラック(ひび割れ)が発生する。このときパンチ、ダイ刃面がせん断面となりクラックが破断面となる。パンチ側クラックとダイ側クラックがつながり抜きが完了する。従ってパンチが材料の2/3程度入った段階で抜きが完了する。パンチ側クラックとダイ側クラックがつながるためパンチ、ダイに適正な隙間が必要になる。この隙間をクリアランスと呼ぶ。このクリアランスによりバリが発生する。

バリは、通常抜きにより必ず発生する。新しい金型の場合、バリ高さは板厚の約5~10%となる。しかし、パンチ、ダイの刃先が磨耗するとバリ高さは高くなり加工不良となる。

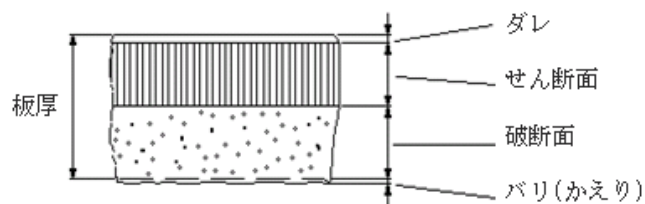


図1 切口形状

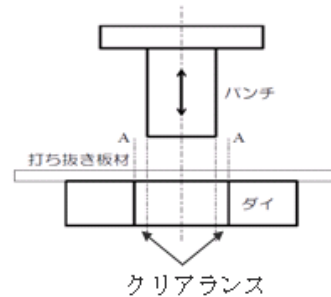


図2 クリアランス概略図

戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

スプリングバック(反り)

プレス加工におけるソリとは、プレスした鋼材が抜き工程により、応力によって曲がり、平面の変化が起こり、スプリングバックが起こる(図4)。スプリングバックが発生する原因としては、クリアランスが大きい、ダイ及びパンチの刃先の磨耗、ストリッパの押さえ力が弱い、ダイ(プレート)の中で詰まる、などがあげられる。

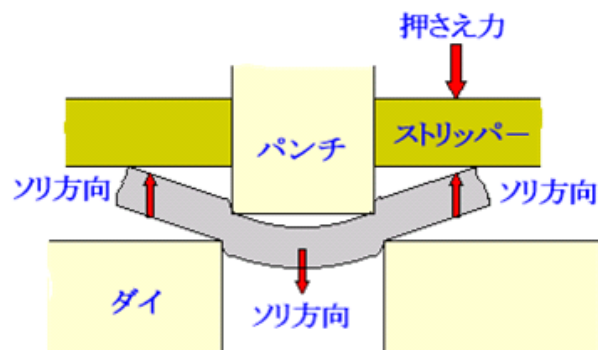
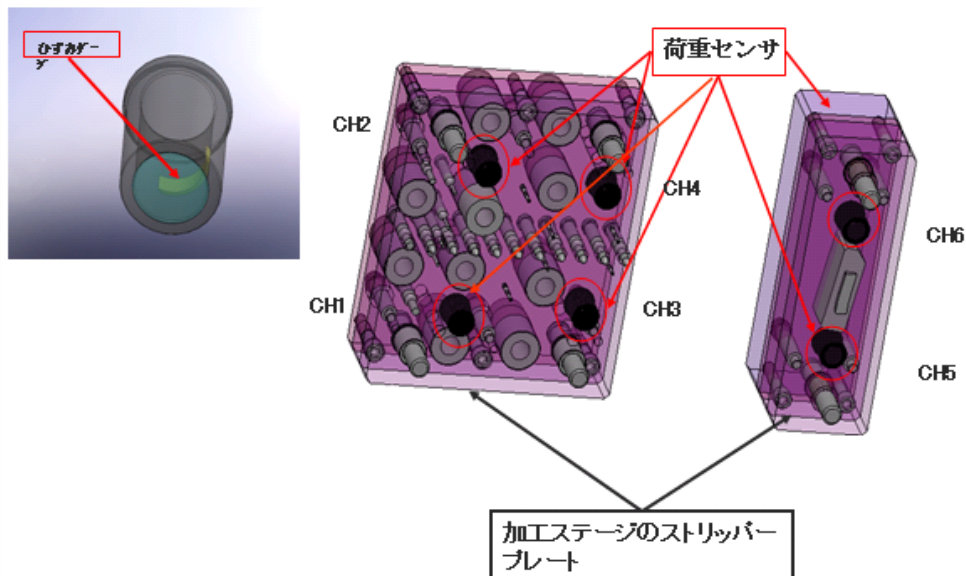


図4 ソリのメカニズム

戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

成形荷重異常検知(カス上がり、重ね打ち等)

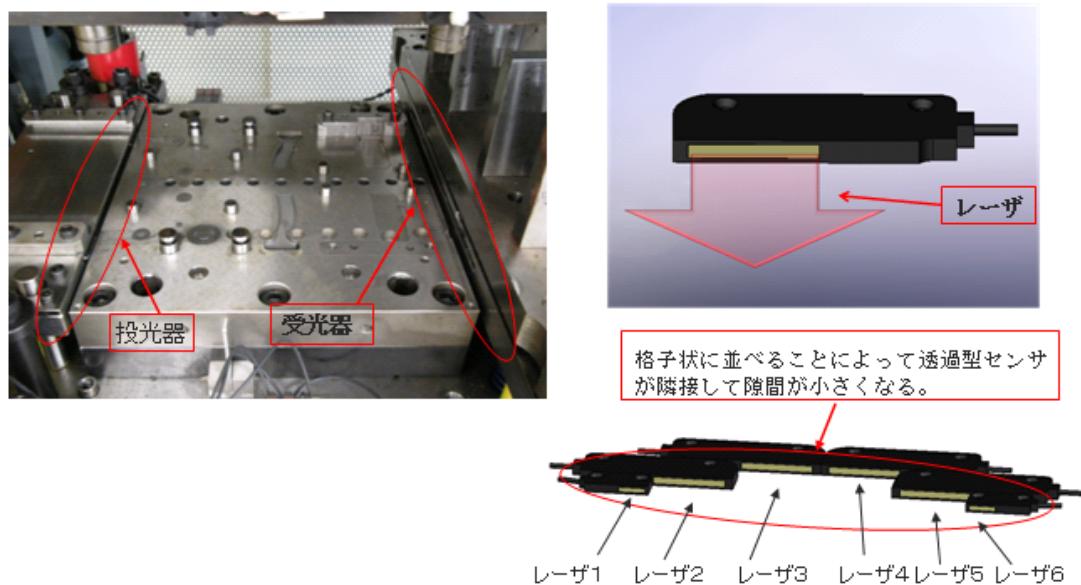
- 上型ストリッパプレートに取り付けられた荷重センサにより、荷重異常を検知



戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

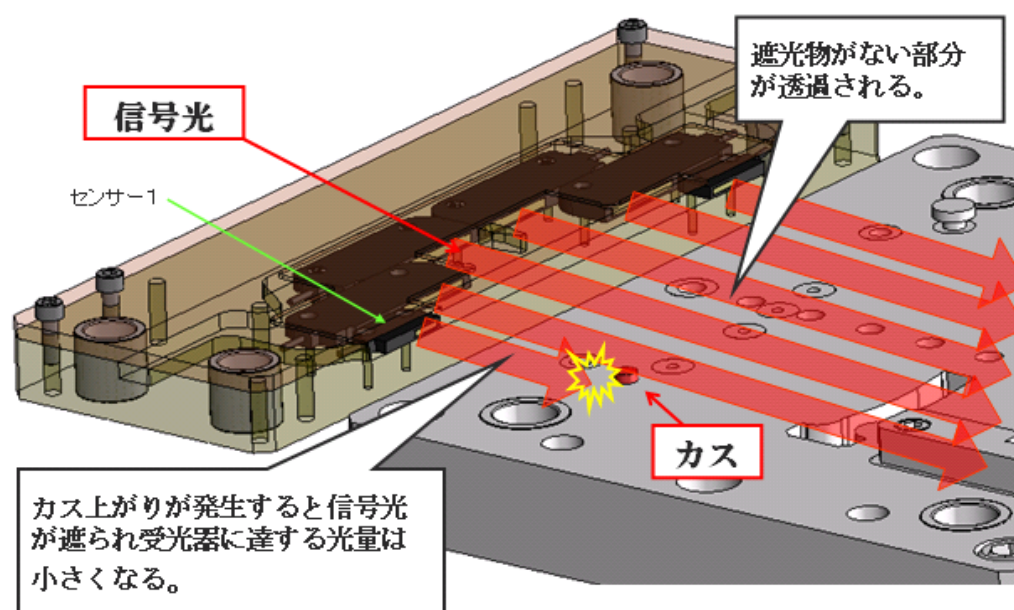
カス上がり検知

- 透過型ファイバーレーザーを使い、ダイプレート上のカスを検知



戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

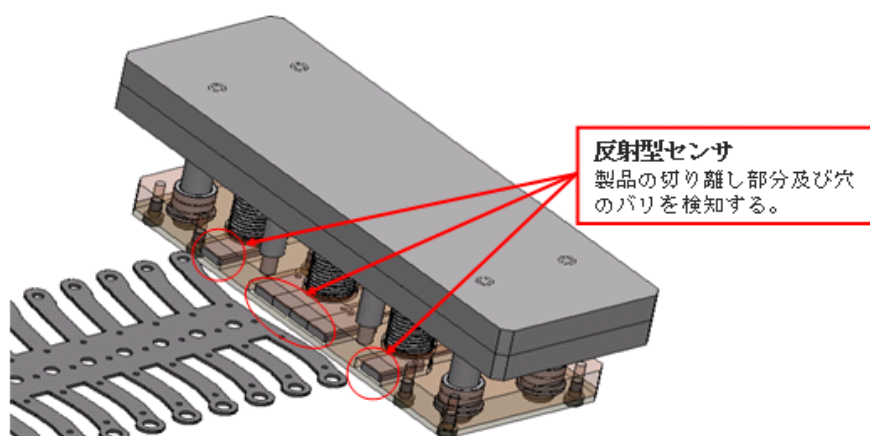
透過型センサ 投光部拡大図



戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

バリ検知

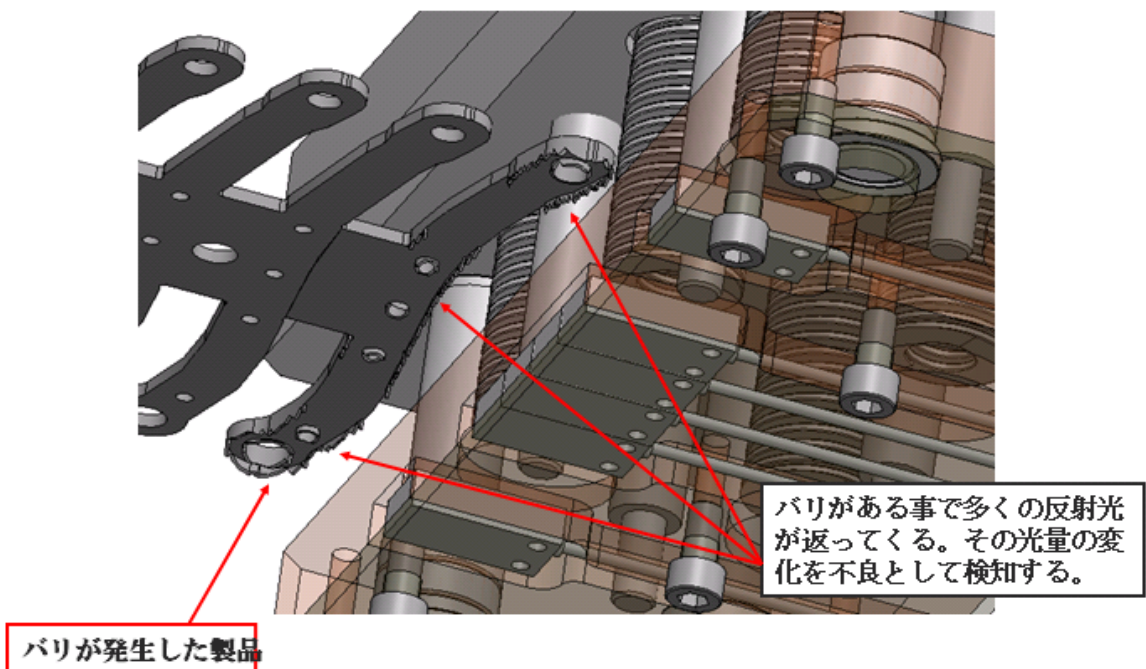
- 製品最終切り離し部に取り付けられた反射型ファイバーレーザーセンサにより、バリを検知



反射型センサの配置

戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

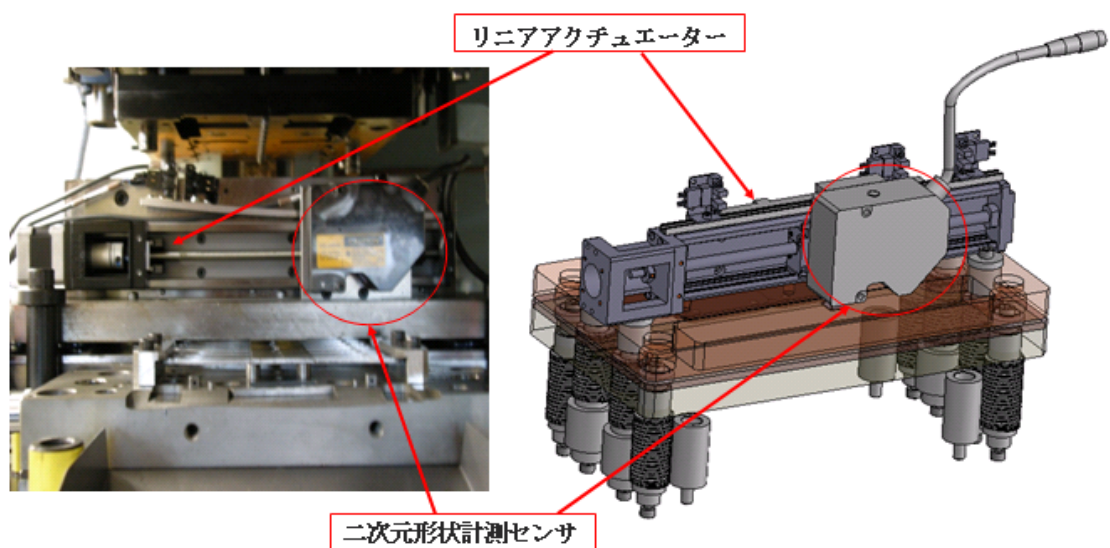
反射型センサ拡大図



戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

形状測定

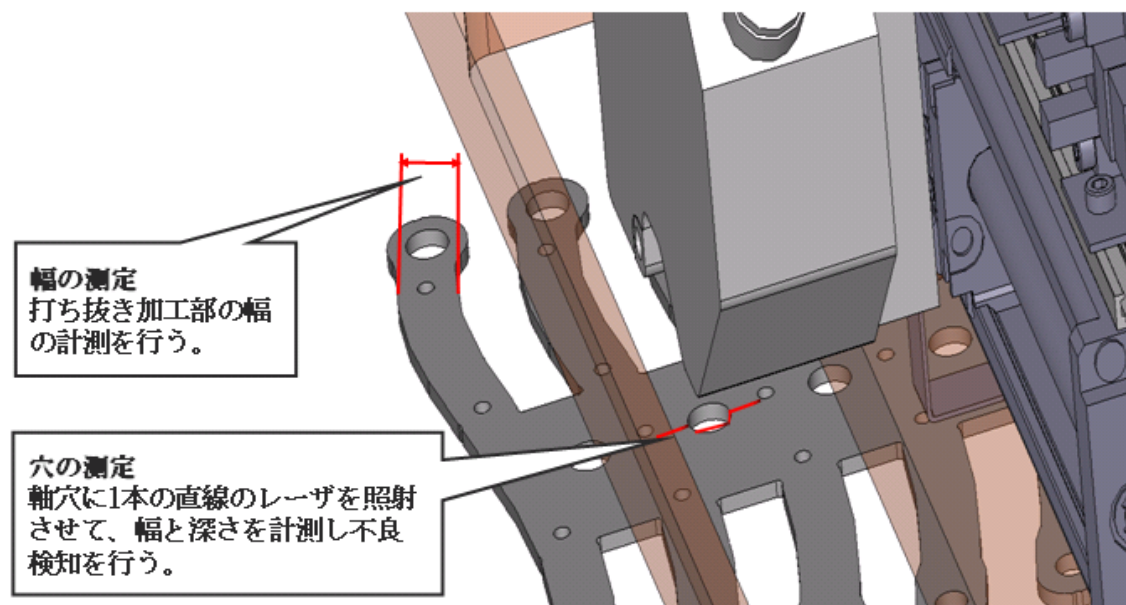
- リニアアクチュエーターに二次元形状計測センサを取り付け、任意の断面形状を計測。



二次元形状計測センサの配置

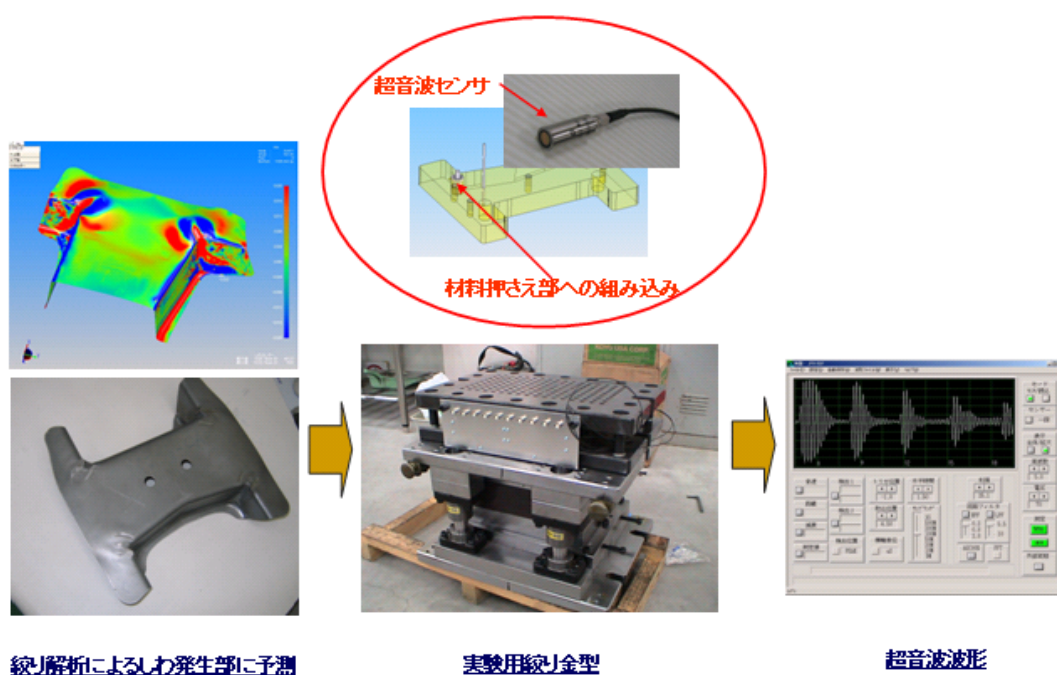
戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

二次元形状計測センサ拡大図



戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

割れ、しわ検知



戦略的基盤技術高度化支援事業「金型の知能化による金属プレス加工の不良レス化」

第5章 総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアの開発

コンピュータエンジニアリング（株） 開発部 部長 渡邊 忍
開発部 片倉 義文
開発部 青木 淳一
開発部 坂本 忠晴
開発部 三原 啓友

福岡県工業技術センター機械電子研究所 生産技術課 専門研究員 野中 智博

5-1 研究開発の概略

本研究開発では、第4章のセンシング制御装置に組み込まれる専用のソフトウェアを開発した。このソフトウェアは、知能化金型から得られる荷重センサー、ファイバーレーザーセンサー、2次元形状計測センサー、超音波センサーのセンシングデータを統一的に処理する機能と、2次元形状計測センサーの測定位置を変更するステッピングモータの動作制御を行う機能を持つ。

この開発は、開発言語として、C#を用い、昨年度までの各センサーからの信号処理のための中核機能をベースにして、その機能強化、デバッグを行うとともに、センシング制御装置のハードウェア構成にあわせて、使用者が統一的にその機能を使えるようにするためのGUI（Graphical User Interface）の開発を中心に、ソフトウェアを開発・整備したものである。

このソフトウェアをセンシング制御装置に組み込むことにより、総合不良検知・トレーサビリティシステムを構成することができ、サーボプレスによる成形実験で、機能が正常に動作することを確認した。

この研究開発は、次のステップで実施した。

- （1）センシング中核機能の機能強化とデバッグ
- （2）機能別プログラムの統合化
- （3）組み込みソフトウェアとしてのGUI機能の開発

5-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ

この研究開発は、4章のセンシング制御装置に組み込まれる専用のソフトウェアを開発・整備するものであり、全体として、総合不良検知・トレーサビリティシステムを構成するものである。

本研究開発により、知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステムを使った、金型内での不良検知の仕組みを具体的に示すことが可能になるとともに、サーボプレスによる成形実験を可能にする。

5-3 目的と目標

本研究開発は、センシング制御装置を機能させるための総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアを開発することを目的とし、センシング制御装置の総ての機能をコントロ

ールでき、使用者が使いやすい統合化された専用のソフトウェアを開発することを目指した。

5-4 研究内容および成果

5-4-1 センシング中核機能の機能強化とデバッグ

昨年度開発した知能化金型で使われる各センサーからの情報処理を行うセンシング中核機能のデバッグおよび機能強化を行う方法として、個別のテスト用の専用 GUI を準備して開発を行った。その GUI 画面を図 5-1～3 に示す。

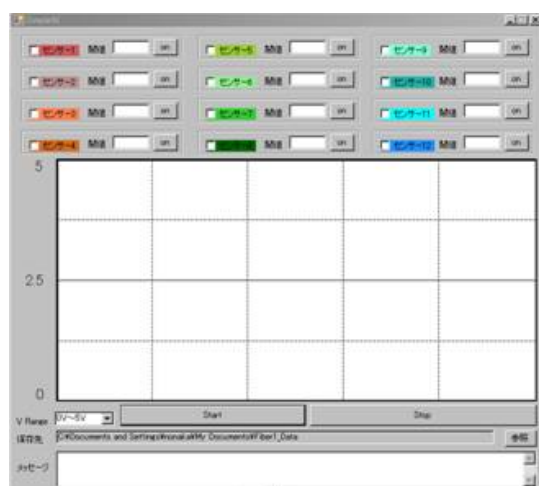


図5-1 ファイバーセンサーからのデータ処理機能

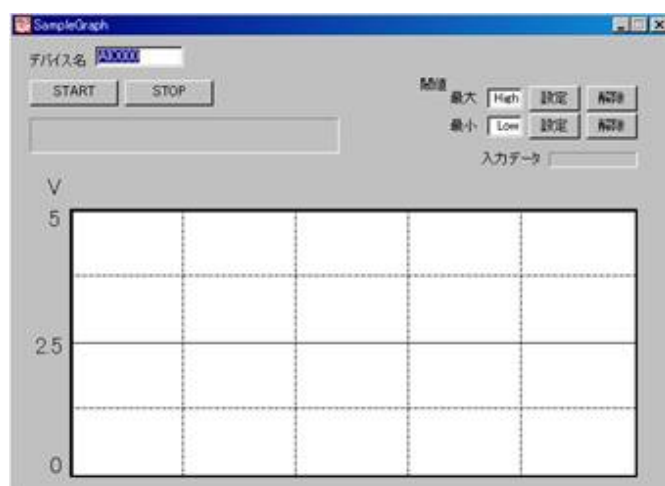


図5-2 荷重センサーからのデータ処理機能

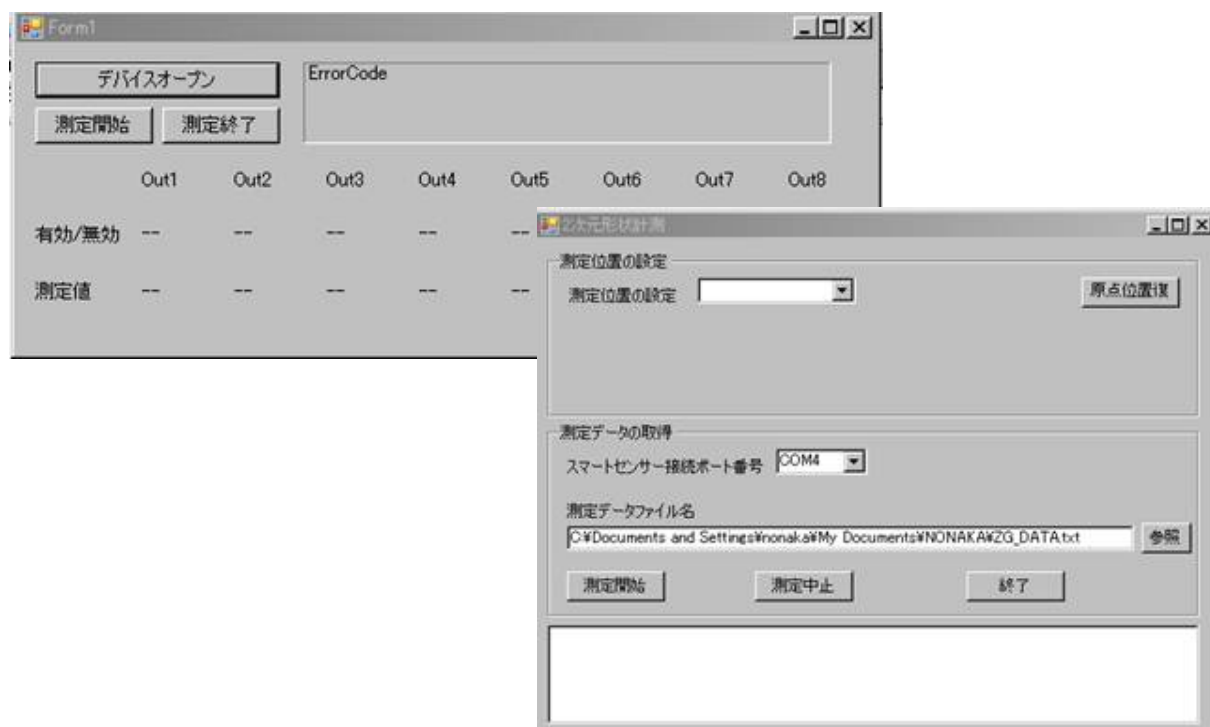


図5-3 2次元形状計測センサーからのデータ処理機能

また、2次元形状計測センサーの計測位置を変えるためのステッピングモータの動作テストは、ステッピングモータコントローラボードのメーカ（CONTEC 社）が供給するサンプルプログラムを使用した。その画面を図5－4に示す。

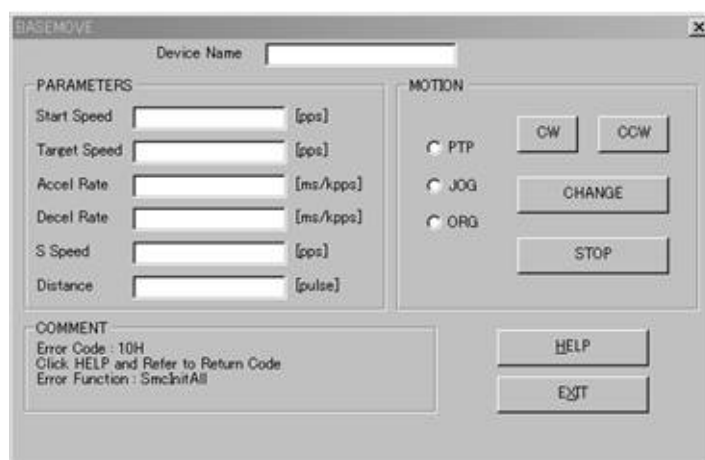


図5－4 ステッピングモータ動作チェック用画面

5－4－2 機能別プログラムの統合化

5－4－1で、機能強化とデバッグを行った中核機能を、センシング制御装置の使用者が全ての機能を統一的に取り扱い、使い易くするために、上記機能の機能別プログラムの統合化を行った。開発は、言語として、Visual C# 2005を用いて行った（図5－5）。

なお、各センサーからの測定データは ACCESS データベースとして保存し、成形後にデータ処理をすることにより、成形時の不良を数値としてトレースできるようにした。

```
private void button_Start_Click(object sender, EventArgs e)
{
    int data_num = 0;
    m_Threshold1 = System.Convert.ToDouble(textBox1.Text);
    m_Threshold2 = System.Convert.ToDouble(textBox2.Text);
    m_Threshold3 = System.Convert.ToDouble(textBox3.Text);
    m_Threshold4 = System.Convert.ToDouble(textBox4.Text);
    m_Threshold5 = System.Convert.ToDouble(textBox5.Text);
    m_Threshold6 = System.Convert.ToDouble(textBox6.Text);
    m_Threshold7 = System.Convert.ToDouble(textBox7.Text);
    m_Threshold8 = System.Convert.ToDouble(textBox8.Text);
    m_Threshold9 = System.Convert.ToDouble(textBox9.Text);
    m_Threshold10 = System.Convert.ToDouble(textBox10.Text);
    m_Threshold11 = System.Convert.ToDouble(textBox11.Text);
    m_Threshold12 = System.Convert.ToDouble(textBox12.Text);

    if (!m_LoopFlag)
    {
        Initial_Device();
        Information1.Text += "測定開始\r\n";
        m_graphX = 0;
        CreateAxis();

        m_LoopFlag = true;

        double nextframe = (double)System.Environment.TickCount;
        float wait = 1000f / 60f;
        setDataBase();

        //ループ
        while (m_LoopFlag)
        {
            // if ((TriggerFlagment() == true) || (m_dummy == true))
            // {
            if ((double)System.Environment.TickCount >= nextframe)
            {
                AnalogInput2();
                data_num++;
                Information1.Text += data_num + "回目データ取得成功\r\n";
                nextframe += wait;
            }
            m_dummy = false;
            //}
            System.Threading.Thread.Sleep(3);
            Application.DoEvents();
        }
    }
}
```

図5－5 開発プログラム(一部)

5-4-3 組み込みソフトウェアとしての GUI 機能の開発

5-4-2 で統合化された機能を、センシング制御装置の使用者が、全ての機能を統一に取り扱いえるようにすることと、できるだけ簡単な操作で使えるようにするために、一つの画面ですべての操作がおこなえる GUI の開発を行った。その統合化された GUI 画面を図 5-6 に示す。

また、センシング制御装置をユニット化し、超音波センサーおよび 2 次元形状計測センサーの機能をオプション構成にすることができるようにしたために、ソフトウェアも使用する機能によって画面構成を変えられるようにした。

図 5-7 に荷重センサーのみの場合の画面構成、図 5-8 に荷重センサーとファイバーセンサーの組み合わせの場合に使用される画面構成を示す。

このことにより、一つの機能を拡大して使用することができ、より使い易くすることができるようになった。

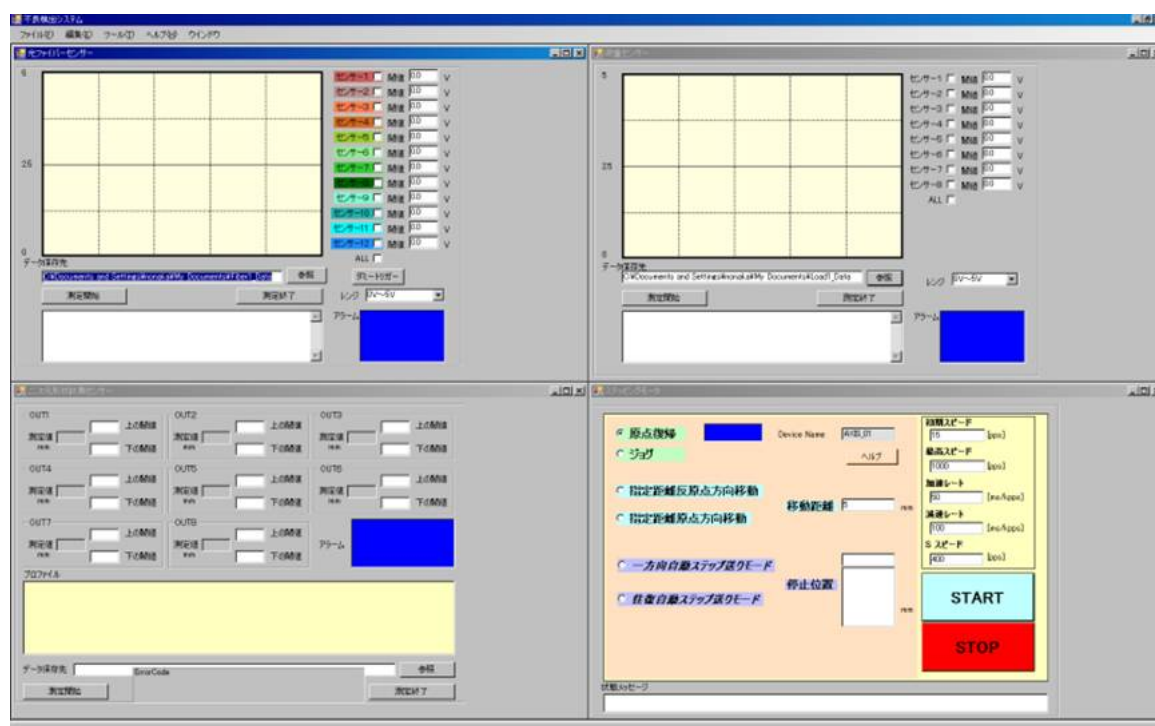


図5-6 総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアの操作画面(全体)

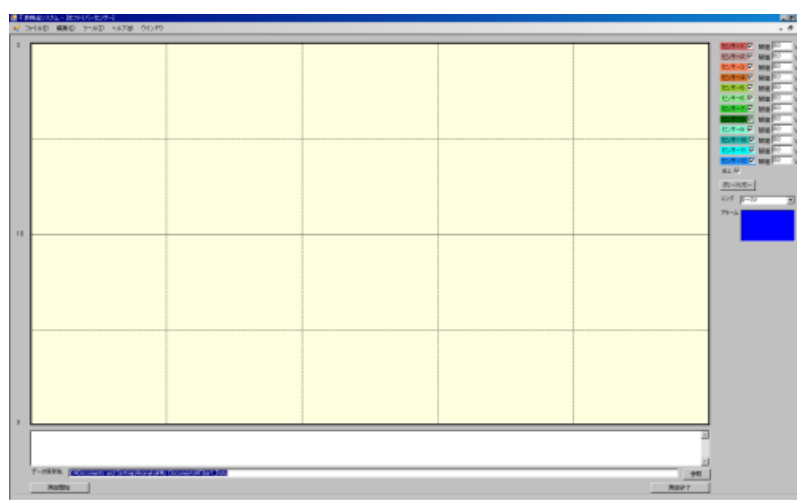


図5-7 荷重センサーのみの GUI 構成

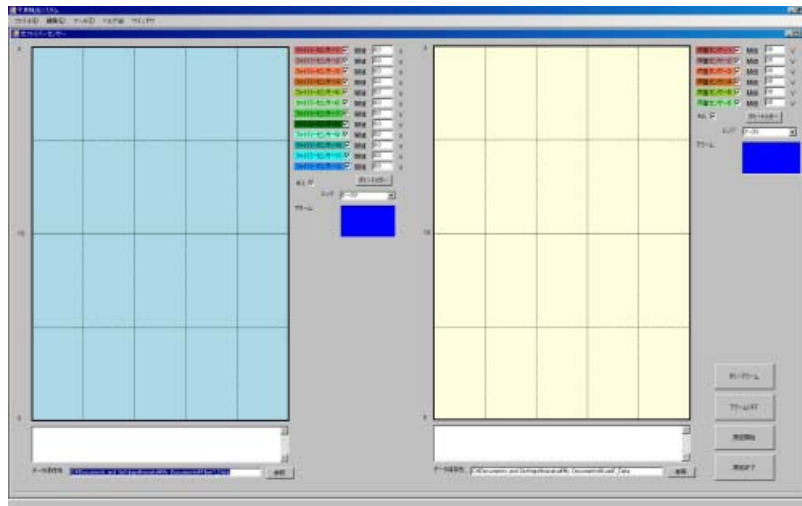


図5-8 荷重センサーおよびファイバーセンサーのみ利用時の GUI 構成

5-5 研究成果のまとめ

本研究開発で、センシング制御装置に組み込まれる総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアを開発した。このソフトウェアは、6章のサーボプレスによる成形実験で使用し、機能が正常に動作することを確認した。

また、センシング制御装置の構成の違いにより、GUI 画面を変化させることによって、より使い易い GUI を目指した。

今後は、継続して、利用者の意見を取り入れながら、より使い易いソフトウェアになるようにバージョンアップをしていく必要があると考えている。

第6章 サーボプレスによる成形実験

西日本工業大学 工学部 教授 坂田 豊
助教授 高 峰
助手 吉丸 将史
(株) 高山プレス製作所 技術部 部長 沖西 佳法
技術部 生産技術グループ 堀之内 大樹
森尾プレス工業(株) 金型設計課 主任 合原 健二
金型設計課 小川 一平
福岡県工業技術センター機械電子研究所 生産技術課 専門研究員 野中 智博

6-1 研究開発の概略

本年度の目標である「金型の知能化と不良検知・トレーサビリティによる最適な不良対策技術の確立」と「不良防止と生産性向上を両立するサーボプレスの実践的制御方法の確立」(表1-1)を達成するために、サーボプレスと、ユニット化されたセンサー類を取り付けた知能化金型と、総合不良検知・トレーサビリティシステムを用いた成形実験を行った。

この成形実験では、ドアーチェックレバーおよびドアーチェックケース金型によって、成形力異常検知用荷重センサー、カス上がり検知用透過型ファイバーセンサー、バリ検知用反射型ファイバーセンサーからのデータ収集と評価、および、1年目に開発した基礎実験用絞り金型による超音波センサーからのデータ収集と評価、基礎実験用順送金型によるスプリングバック検知用反射型ファイバーセンサーからのデータ収集と評価を中心に実験を行った。

また、川下産業であるアイシン九州(株)において、ドアーチェックレバー金型を用いて、実際の生産に準じた方法で、量産型の成形実験としてデータ収集を行い、総合不良検知・トレーサビリティシステムの有効性を検証するとともに、事業化に向けた問題点・改善点の把握を行った。

6-2 プロジェクト全体における本研究開発部分の位置づけ

この研究開発は、2～5章の研究開発の成果を検証するとともに、知能化金型および総合不良検知・トレーサビリティシステム全体を事業化レベルに近づけるため、サーボプレスを使った成形で不良検知のためのデータを収集し評価することによって、本事業で取組んだ金型内での不良検知の仕組みを具体的に示すとともに、その有効性を確かめるために実施したものである。

6-3 目的と目標

本研究開発は、不良検知金型を市販化するために、成形実験によるデータ収集を行うことと、不良検知金型との組み合わせによって、不良防止と生産性向上を両立するためのサ

ーボプレスの実践的制御方法を確立することを目的とした。

また、不良検知・トレーサビリティシステムの完成度を向上させるためのデータ収集と、総合不良検知・トレーサビリティシステムでの不良検知の実績づくりと、サーボプレスの有効な活用ノウハウを得るために、量産ベースでの総合的な不良検知成形実験を実施することを目標とした。

6-4 研究内容および成果

6-4-1 川下産業からの課題による知能化金型を使った総合不良検知成形実験

昨年度、川下産業からの課題による知能化金型として、ドアチェックレバー金型とドアチェックケース金型を開発した。

図6-1にドアチェックレバーの製品形状とその製品を製作する金型を示す。また、図6-2にドアチェックケースの製品、実験成形でのスケルトン、およびその金型を示す。

これらの金型を使って、成形力異常検知用荷重センサー、カス上がり検知用透過型ファイバーセンサー、バリ検知用反射型ファイバーセンサーからのデータ収集と評価を行った。



＜ドアチェックレバー製品形状＞

＜ドアチェックレバー金型＞



図6-1 ドアチェックレバー金型およびその製品



＜ドアチェックケース製品形状＞



＜成形実験時構成によるスケルトン＞

＜ドアチェックケース金型＞



図6－2 ドアチェックケース金型およびその製品

しかし、ドアチェックケース金型は、川下産業の 300 トンプレスに合わせた仕様になっているために、全ての加工ユニットを装着すると、実験用のサーボプレス（150 トン）に搭載できないために、ブランキングユニット（最初の材料）とセパレータユニット（最後の材料）を外した構造で、実験を実施した。そのために、荷重センサー、反射型ファイバーセンサーの基本的なデータ収集にとどめ、連続的にデータを収集する量産型の成形実験は、同じ働きをするセンサーを含むドアチェックレバー金型で実施した。

これらの金型とサーボプレスおよび総合不良検知・トレーサビリティシステムを用いた実験システム全体を図 6－3 に示す。



図6－3 成形実験システム全体

6－4－1－1 成形力異常検知用荷重センサーからのデータ収集

知能化金型に取り付けられたカス上がりなどによる成形力異常を検知する荷重センサーで、不良検知ができるかどうかを検証するためのデータ収集実験を行った。

ドアーチェックレバー金型を使い、連続成形している途中で、実際にカス上りを発生させた。図6－4に荷重センサーの配置位置、図6－5に得られたデータを示す。

この実験時、カス上りはCH2の荷重センサーの近傍で発生しており、CH2では、荷重センサーの歪値(μ Strain)がプラス側に大きく変化し、その反対側に配置したCH3ではマイナス側に大きく変化することが判った。これは、ストリッププレートの傾き状態に一致している。この実験によって、荷重センサーによって、カス上りによる成形力異常を検知できるだけでなく、センサーの取り付け位置との関係を調べることによって、カス上りが発生した位置を大まかに知ることができることが判った。

なお、この実験において、通常のクランクモーションでは、45spmの速さでしか成形できないが、サーボプレスの特徴を活用し、正逆（振り子）モーションで途中の成形スピードをコントロールすることによって、107spmで成形することが可能になった。

また、川下産業であるアイシン九州（株）における、実際の生産に準じた量産型の成形実験では、約4000ショットの成形を行ったが、その後の段取り時に、成形材料の重ね打ちをしたために金型を破損してしまった。破損した金型の状態を調べたところ、パイロットピン（図6－4参照）のかじり現象が、原因と想定された。図6－6に量産型の成形実験の様子を示す。

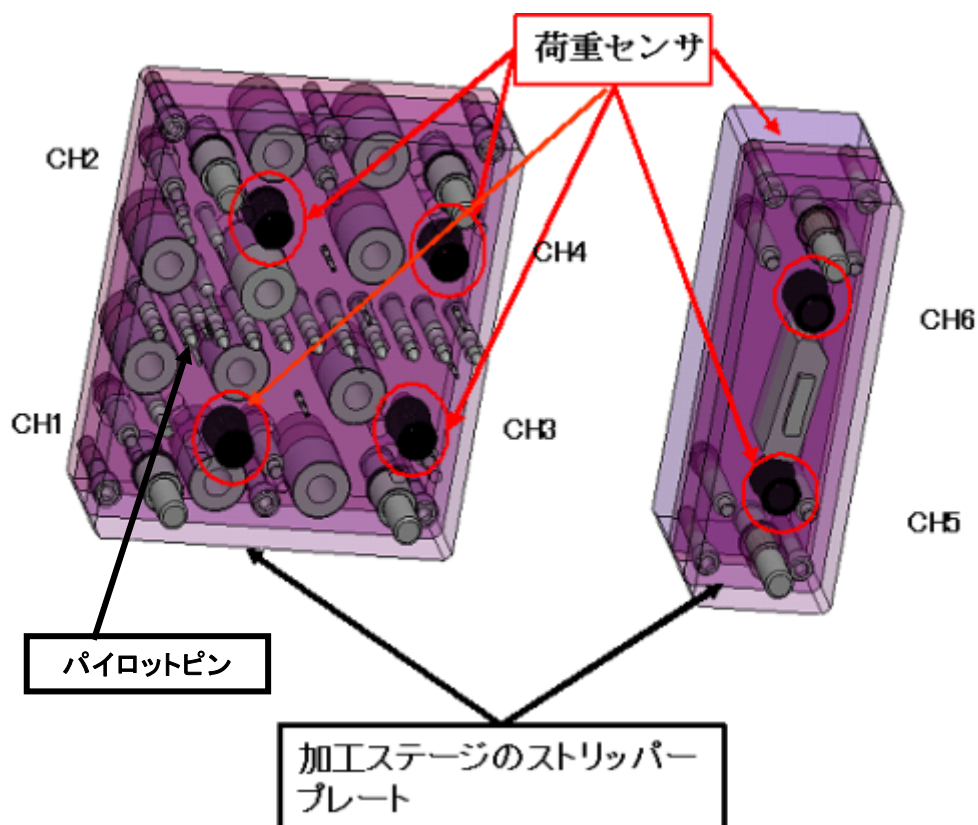
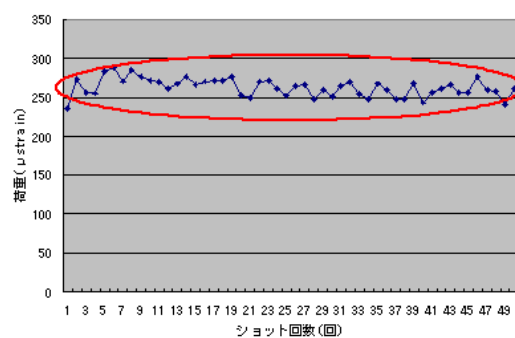


図6-4 荷重センサーの配置位置

■正常成形で、各ショット毎の最大荷重を示したグラフ(単位: μStrain)



不良が発生していない状態で成型をしたため、安定したデータを検出している

CH3荷重センサ

■カス上がりが発生したときのグラフ

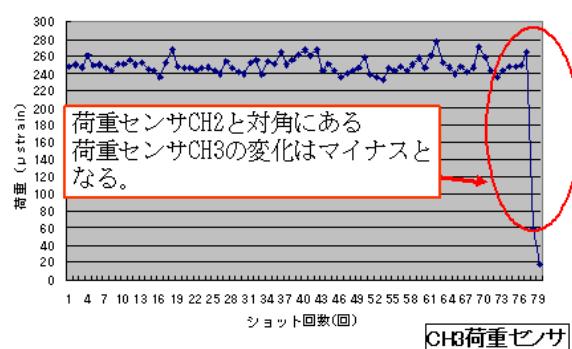
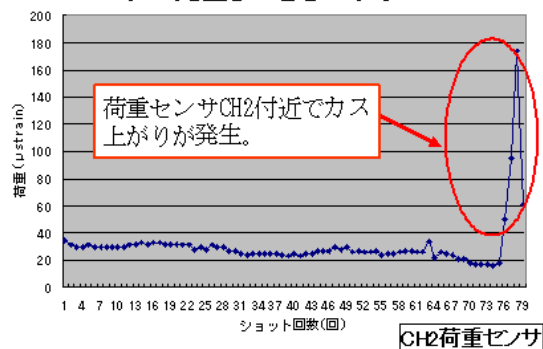


図6-5 カス上がり時の荷重センサーからのデータ



図6-6 量産型成形実験の様子

また、図6-7に、約4000ショットの成形実験での荷重センサーからのデータを示す。

この実験データで、急激に成形荷重値が増大し、元の荷重値に戻っている部分は、パイロットピンのかじり現象をとらえているのではないかと想定される。

この量産型の成形実験で、カス上がりは発生しなかったが、荷重センサーでパイロットピンのかじり現象などの比較的小さな金型の成形力異常も検知できる可能性が出てきた。

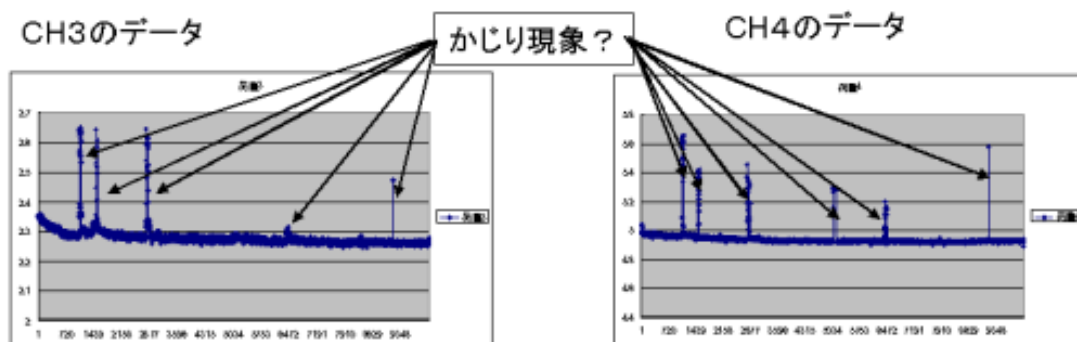


図6-7 量産型成形実験での荷重センサーからのデータ

6-4-1-2 カス上がり検知用透過型ファイバーセンサーからのデータ収集

カス上りを検知するために知能化金型に取り付けられた透過型のファイバーセンサーで、不良検知ができるかどうかを検証するためのデータ収集実験を行った。

図6-8に透過型ファイバーセンサーによるカス上がり不良検知の考え方を示す。

ダイプレート上にカスを置いて、センサーからのデータ収集を行った基礎実験例を、図6-9に示す。この図の中で、上のグラフは、処理を行っていない生のデータを表している。

この場合、データのばらつきのために、カスが無い場合とカス（小）がある場合とでは、電圧値が交差する部分があり、カスを識別できない場合があることがわかった。そこで、ソフト的に簡単なデータ処理を加えることにより、カスが無い場合とカスがある場合で、電圧値を明確に分けることができるようになり、カスの識別ができるようになった。

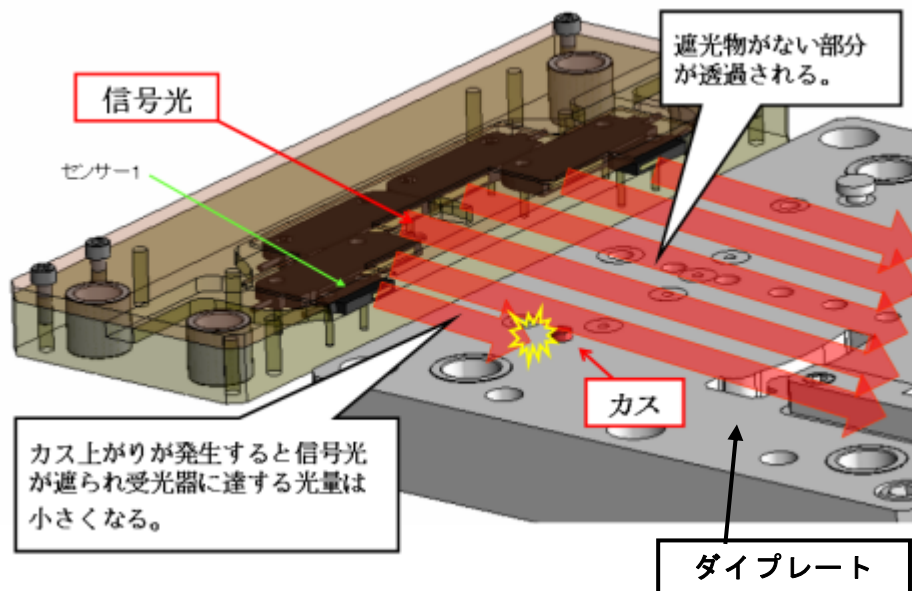


図6－8 透過型ファイバーセンサーによるカス上がり検知

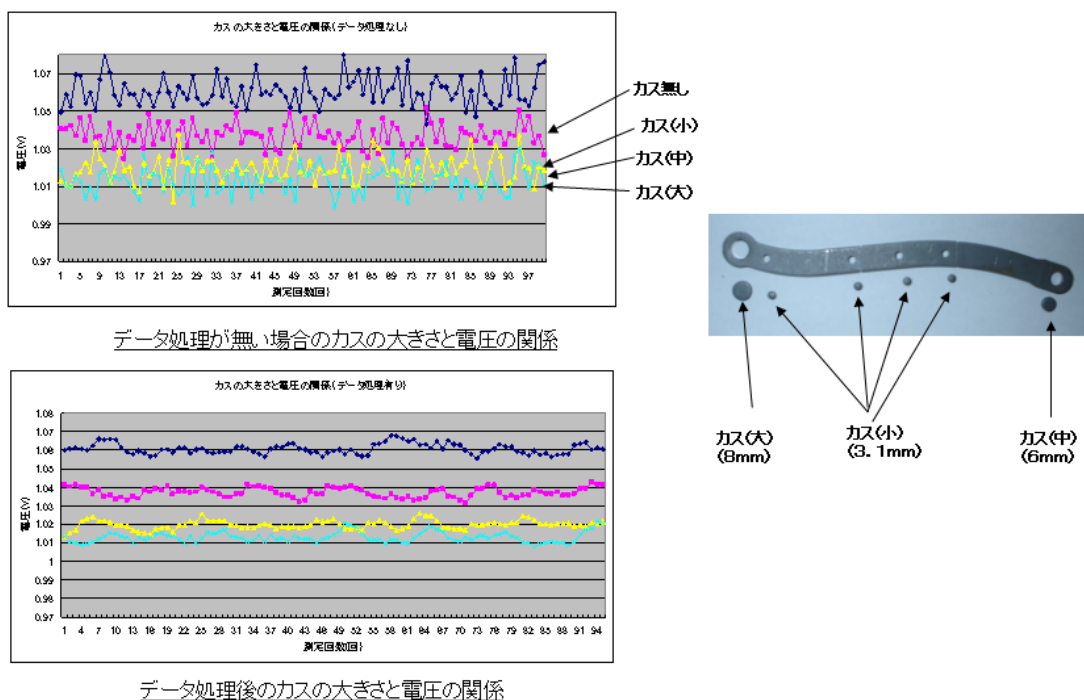


図6－9 透過型ファイバーセンサーの基礎実験結果

この実験結果をベースにして、川下産業であるアイシン九州（株）で量産型の成形実験を行った。その時の実験データを、図 6－10～12 に示す。成形実験では、カス上がりは発生しなかったが、その場合、安定したデータが収集できることが判った。なお、測定回数がショット数に満たないのは、途中、データ収集をせずに成形をした時があったためである。

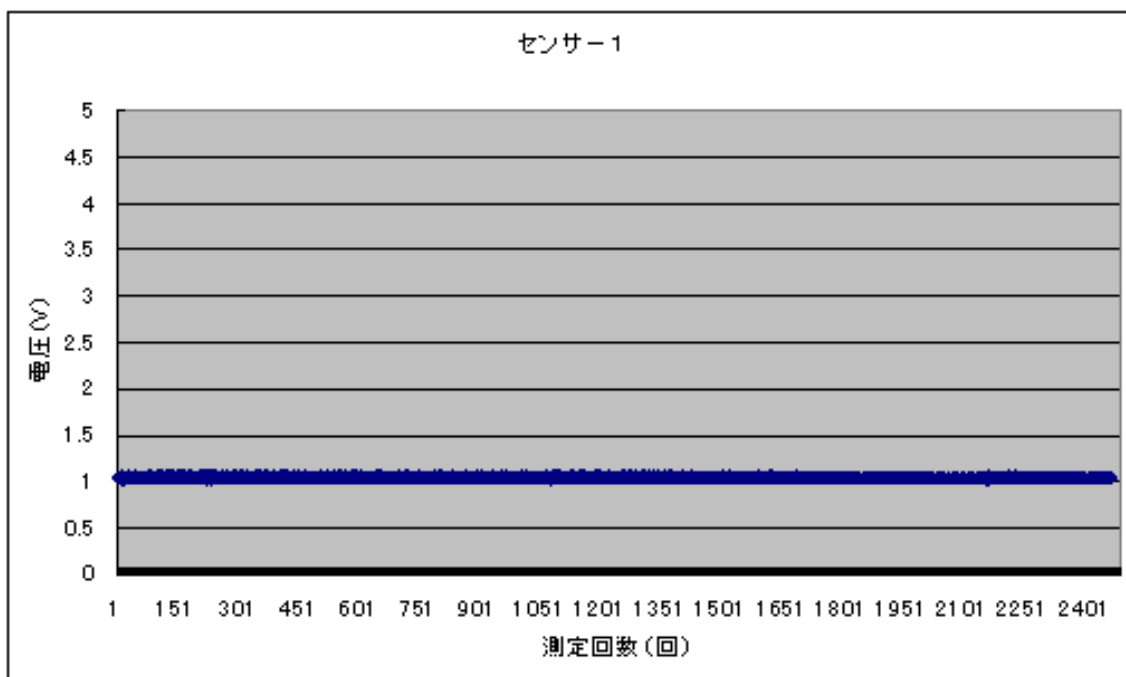


図6－10 量産型成形実験での透過型ファイバーセンサーからのデータ(全電圧幅)

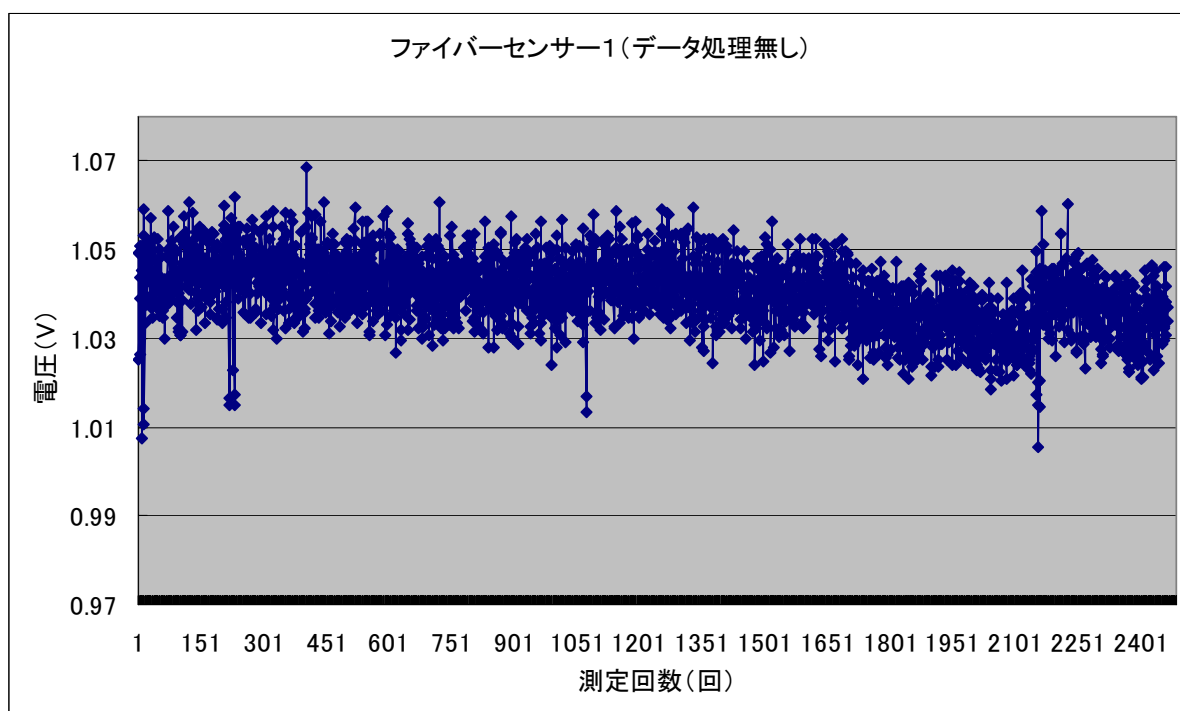


図6－11 データ処理無しの場合のデータ

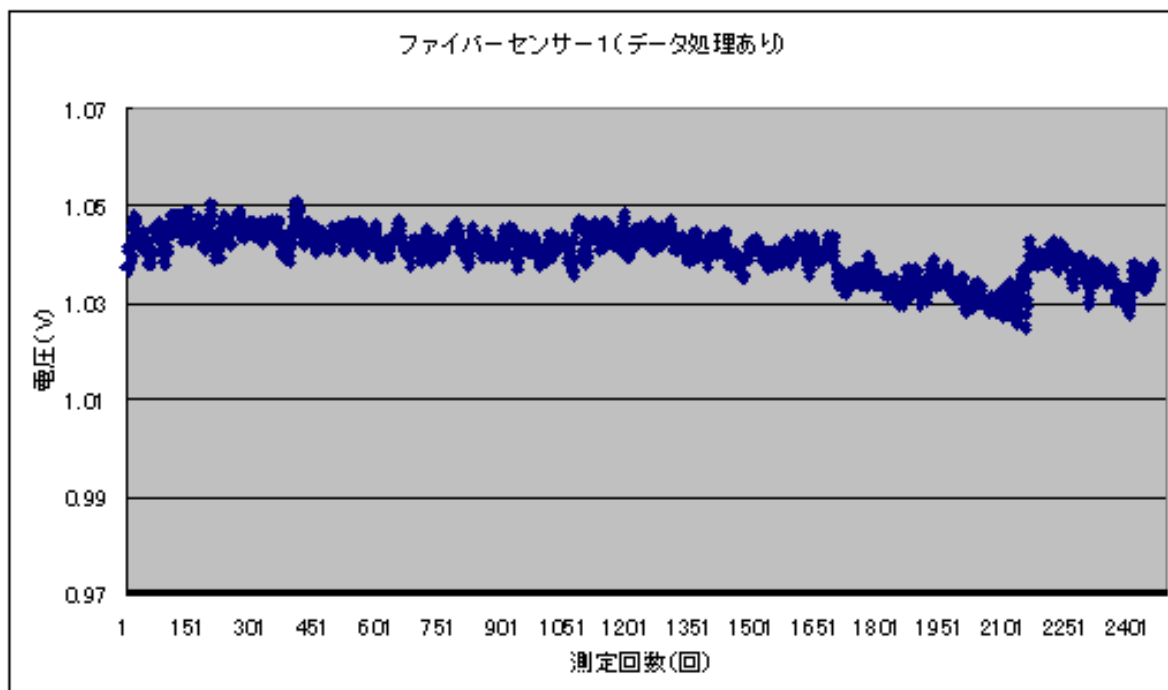


図6-12 データ処理後のデータ

6-4-1-3 バリ検知用反射型ファイバーセンサーからのデータ収集

バリを検知するために、知能化金型に取り付けられた反射型のファイバーセンサーで、不良検知ができるかどうかを検証するためのデータ収集実験を行った。

図6-13に反射型ファイバーセンサーによるバリ不良検知の考え方を示す。

バリ検知用反射型ファイバーセンサーは、金型の最終工程である製品を一個単位で切り離すセパレート工程の後部(製品取り出しシュートの上部)の上型に取り付けられており、このユニット全体が、金型の上下動に従って、上下に動く仕組みになっている。

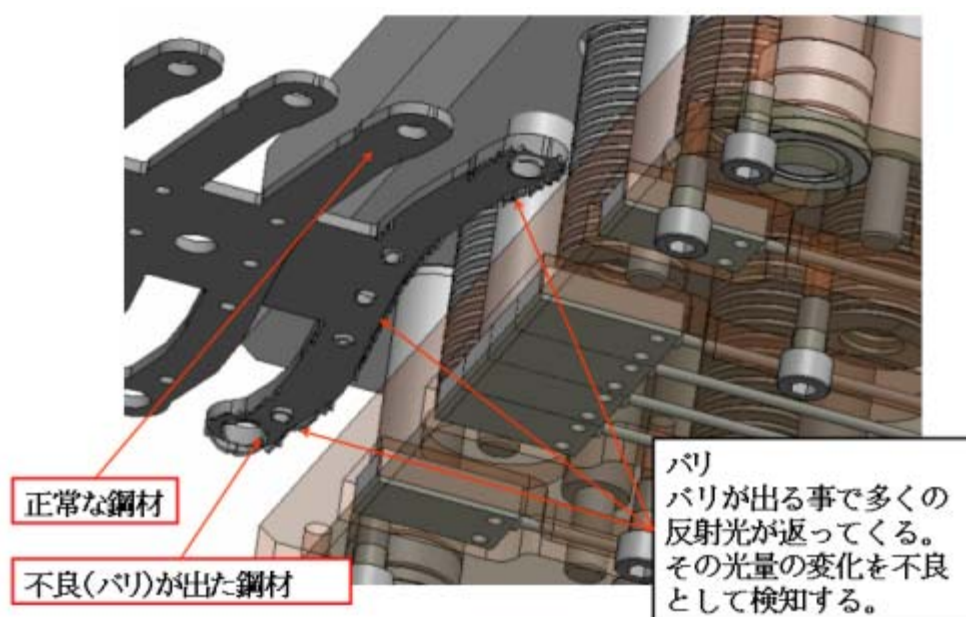


図6-13 反射型ファイバーセンサーによるカス上がり検知

図6-14に、ドアーチェックレバー金型を使い、連続的に成形して反射型ファイバーセンサーからのデータ収集を行った基礎実験で得られたグラフを示す。この結果、バリが無い場合、多少のばらつきはあるが、ほぼ一定の電圧値が得られることが確認できた。

この実験結果をベースにして、川下産業であるアイシン九州（株）において量産型の成形実験を行った。その時の実験データを、図6-15に示す。この成形実験で、測定開始時と測定終了時では、バリの発生状況に変化はなかったが、測定データには部分的に、大きな電圧変化が認められる。これは、測定を行う位置を決めるトリガーの設定が不十分か、ユニットの上下動がスムーズで無い場合があるためと考えられるが、この成形実験で、バリ検知は、改善する必要があることが判った。

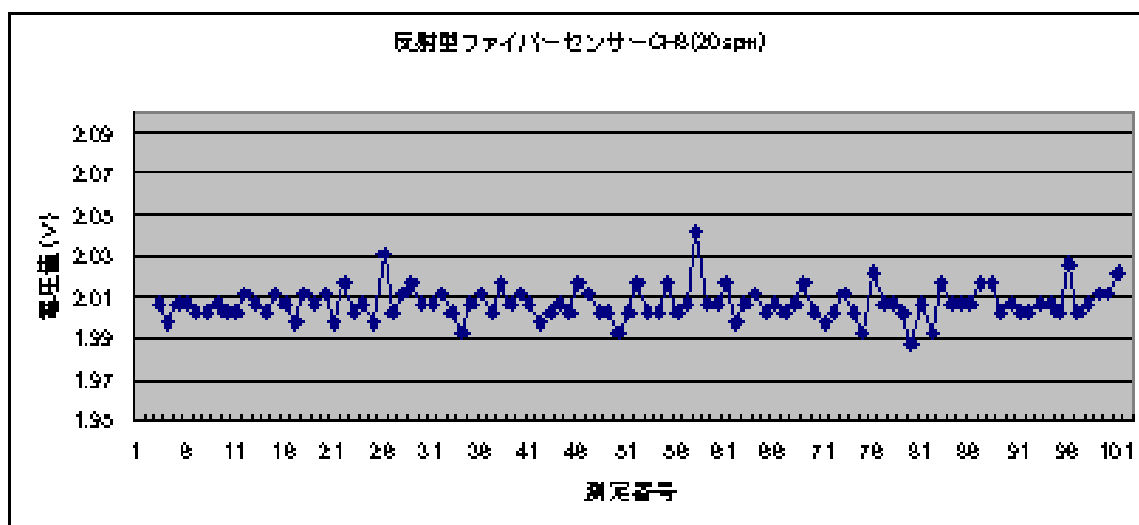


図6-14 バリ検知用反射型ファイバーセンサーの基礎的データ収集実験結果

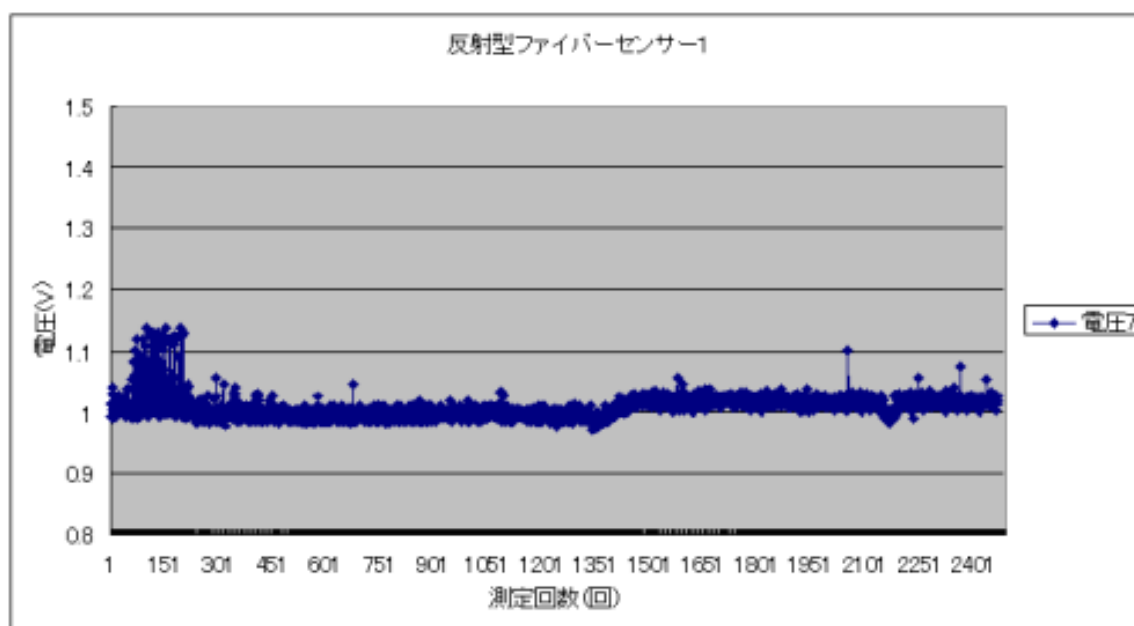


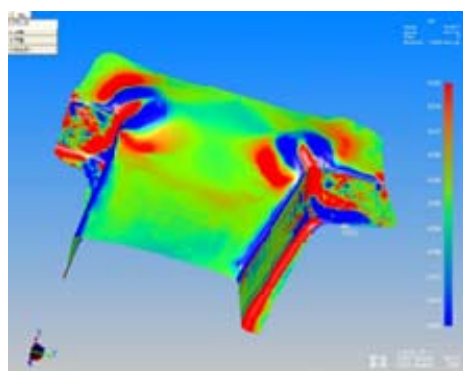
図6-15 量産型成形実験での反射型ファイバーセンサーからのデータ

6-4-2 プロジェクトメンバー企業からの課題による知能化金型の量産型追加成形実験

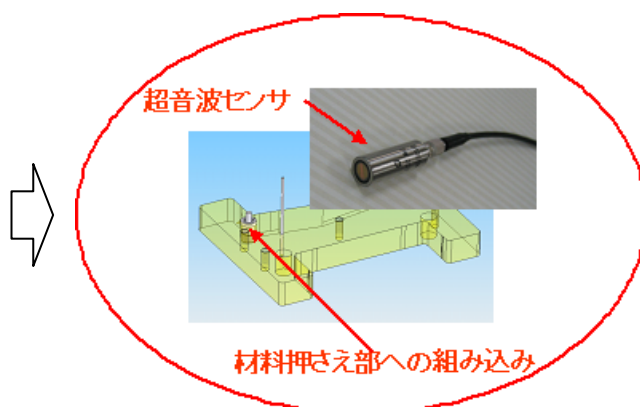
6-4-1の川下産業からの課題による知能化金型を使った総合不良検知成形実験では得られなかったセンサーからのデータ収集を行うために、プロジェクトメンバーの提案による基礎実験用の絞り金型と順送金型、および、ドアーチェックレバー金型を用いて追加的な成形実験を行い、基礎的なデータ収集を行った。その結果を以下に示す。

6-4-2-1 絞り金型によるしわ検知用超音波センサーからのデータ収集

プレス金型で絞り成形を行う場合、製品の形状によって発生するしわを超音波センサーで検知できるかどうかを調べるために、平成18年度に製作した基礎実験用絞り金型を使用して、超音波センサーからのデータ収集実験を行った。この実験の方法を図6-16に示す。



手順1: 板成形解析により、しわの発生部位を予測



手順2: しわの発生部位に超音波センサーを埋め込み



手順3: 絞り金型による成形

手順4: 超音波データの収集

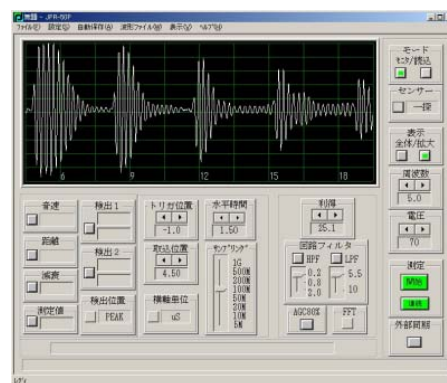


図6-16 超音波センサーからのデータ収集実験方法

この実験では、金型の上型の中でバネの力によって可動する材料押さえ部へ、超音波センサーを取り付け、金型の可動部においても、超音波反射波によってしわの状態が検知できるかどうかを調べた。

また、この実験では、サーボプレスの特徴を活用し、フレックスモーションでプレス上下動のスピードをコントロールすることで、しわの状態を変化させた。

図6-17に、金型のしわ押さえ部と製品材料が接触していない場合の超音波反射波の波形を示す。この波形は、安定的に得ることができる。

しわの発生状況は、特に、この中の第一反射波の最大振幅の非接触状態との変化量で検知しようとするものである。その変化量を調べるために、材料の板厚とサーボプレスのモーションを変えることにより、しわの発生状況を変化させて、その時の超音波波形の変化を調べた。その代表的な結果を以下に示す。

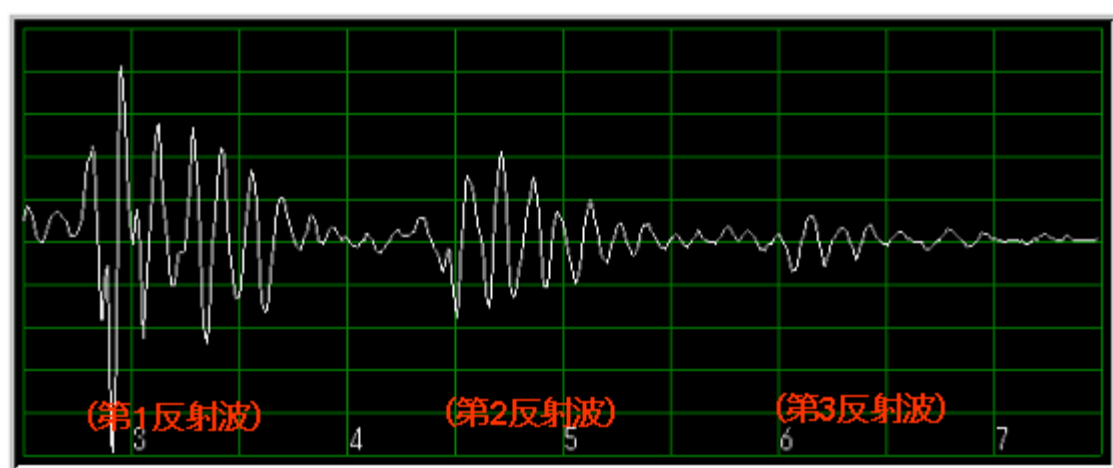


図6-17 金型と成形材料が接触していない時の超音波反射波波形

(1) 板厚 1mm の材料 (SPCC) を使い、大きなしわを発生させた場合 (実験 1)

サーボプレスをクランクモーションとフレックスモーションによって、成形を行った。

図6-18に成形条件、図6-19に成形品のしわの状態、図6-20に非接触時の超音波の第1反射波波形との比較を示す。

【成形条件】 ・材料板厚: 1mm ・しわ押さえ: 使用
・モーション: クランクモーション(20spm)、フレックスモーション1、2

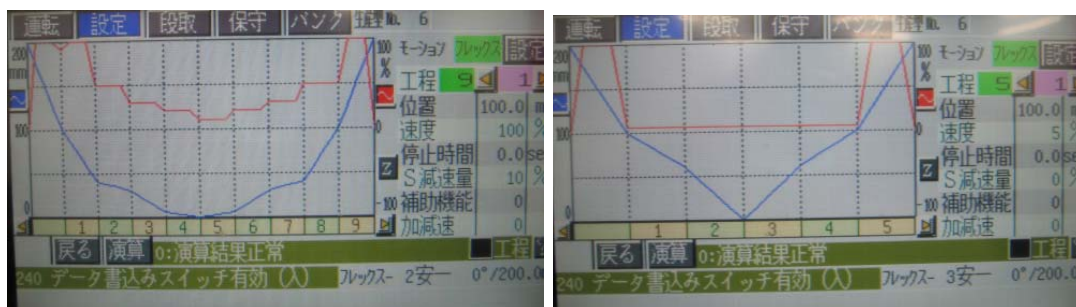


図6-18 実験1の成形条件



図6－19 実験1の成形品のしわの状態

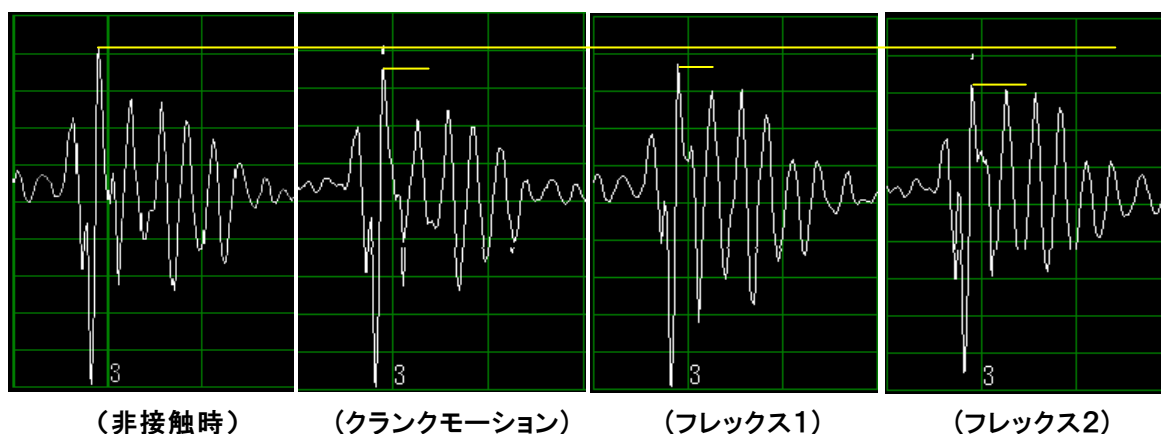


図6－20 実験1の超音波第1反射波形の比較

(2) 板厚 1.8mm の材料 (SPCC) を使い、しわを制御した場合 (実験 2)

表 6－1 に成形条件、図 6－2 1 に成形品のしわの状態、図 6－2 2 に非接触時の超音波の第 1 反射波波形との比較を示す。

表6－1 実験2の成形条件

材料板厚	1mm
しわ押さえ	不使用
モーション	クランクモーション (20spm) フレックスモーション 1 フレックスモーション 2

※フレックスモーションの設定方法は実験 1 と同じ

上記の実験では、板厚にかかわらず、しわの小ささに従って、超音波の第一反射波の最大振幅が小さくなることが確認できた。しかし、超音波反射波の波形が動的に変化し、現在の処理系では、第一反射波の最大振幅の変化のみを数値で取り出すことができないという問題があり、今後の課題である。



図6-21 実験2の成形品のしわの状態

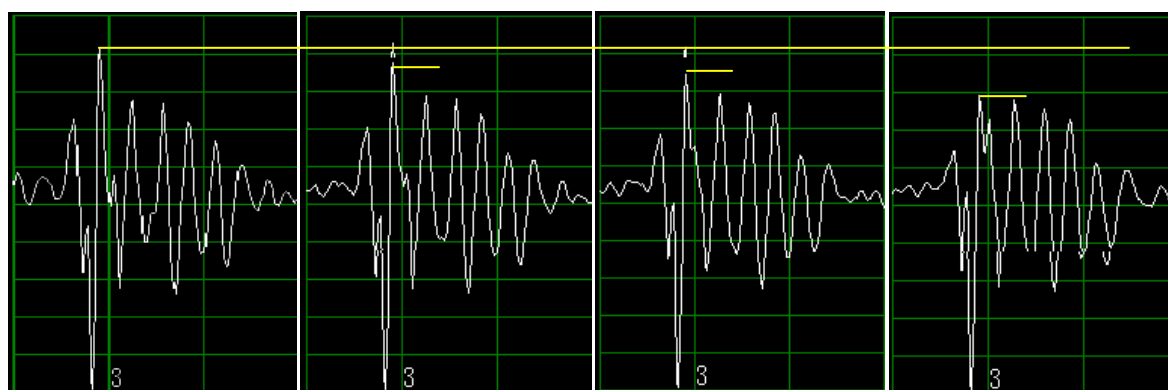


図6-22 実験2の超音波第1反射波形の比較

6-4-2-2 順送金型によるスプリングバック検知用反射型超音波センサーからのデータ収集

この実験で使用した順送金型で成形される製品形状（スケルトン）と、使用した反射型ファイバーセンサーを図6-23に示す。

また、金型と反射型ファイバーセンサーの取り付け位置を示す模式図を図6-24に示す。

実験では、成形途中でスプリングバック量を変えることができないため、製品下部の曲げ加工を行うパンチ、ダイを変更し、90 度曲げ部の形状を設計値で 93 度にする加工を行い、加工前後でファイバーセンサーからの電圧値を比較する実験を行った。

実験結果を同じグラフにまとめたものを図 6-25 に示す。この実験で、曲げ角度によってデータが完全には分離できていないが、電圧値が変化することが確認できた。

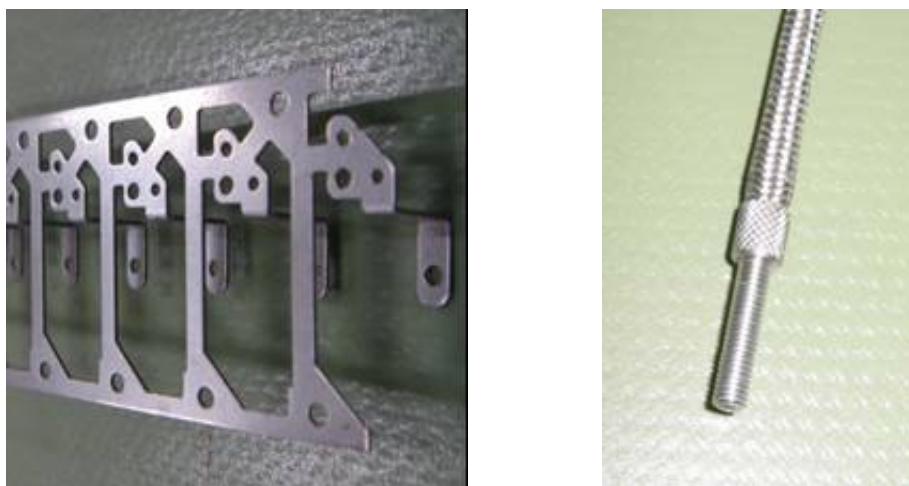


図6-23 製品形状(スケルトン:左)と使用した反射型ファイバーセンサー(右)

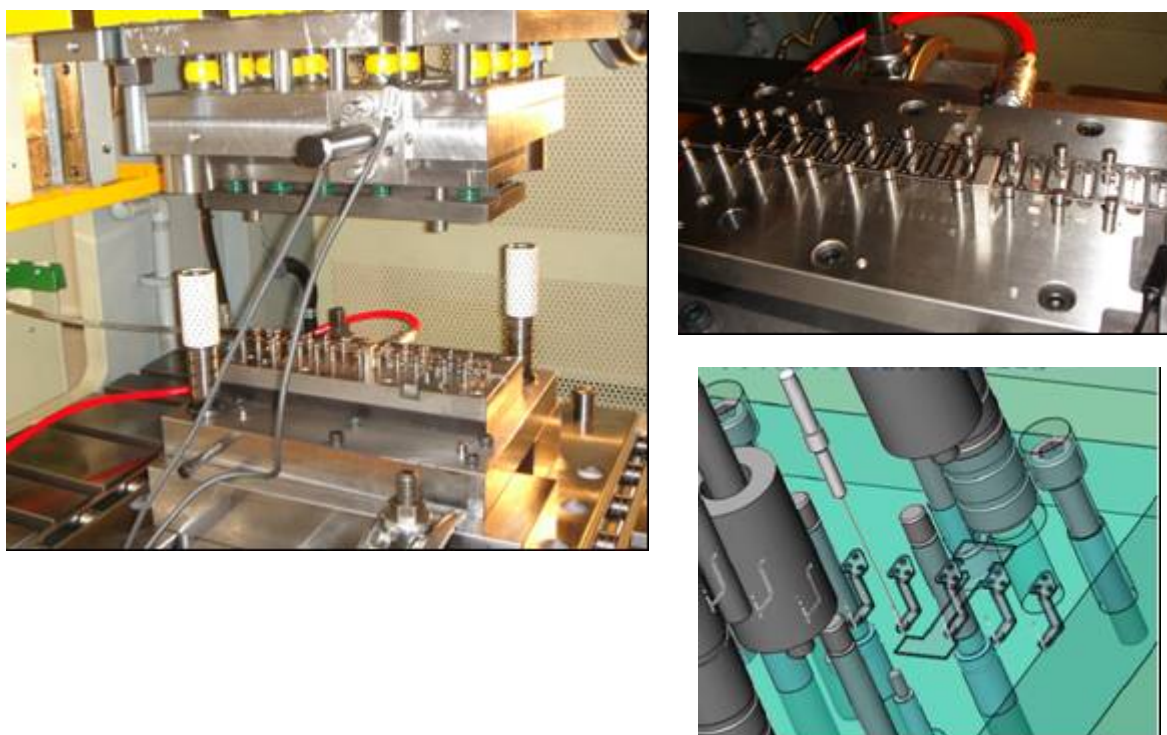


図6-24 使用した金型と反射型ファイバーセンサーの取り付け位置

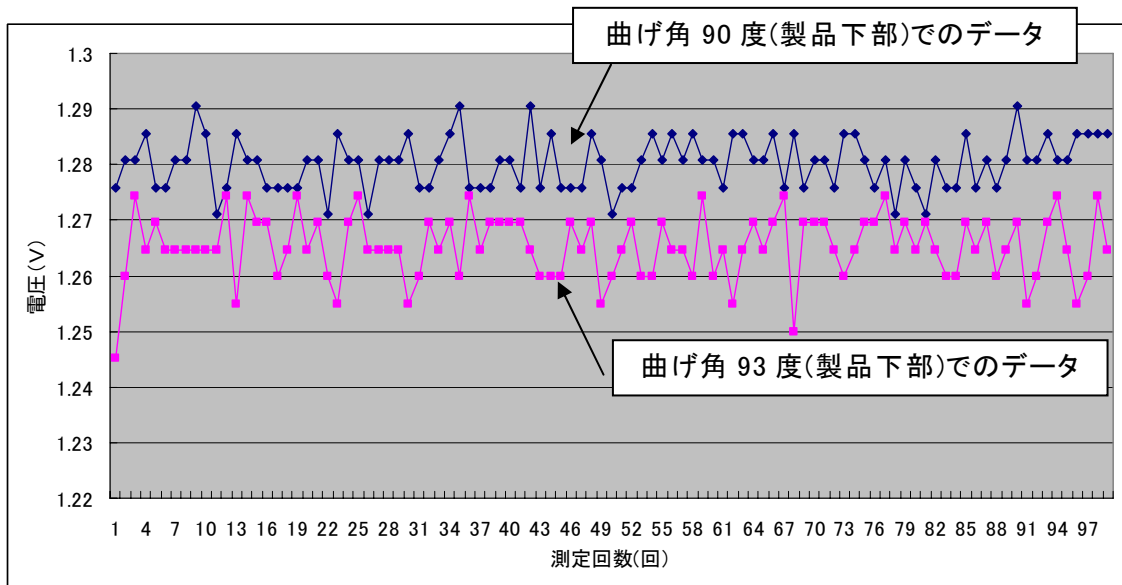


図6-25 反射型ファイバーセンサーからのデータ

6-4-2-3 ドアーチェックレバー金型による2次元形状計測センサーからのデータ収集

ドアーチェックレバーケース金型に取り付けた2次元形状計測センサーは金型の中で、穴などの必要箇所の寸法を0.02mm程度の精度で測定することを期待し、金型で連続成形をしてデータを収集する基礎実験を行った。

図6-26に基礎実験でのデータを示す。この基礎実験で、幅寸法で0.7mm程度、高さ寸法で0.5mmの幅でデータがばらつくことが判った。このデータのばらつきの原因は、まだ究明できていない。

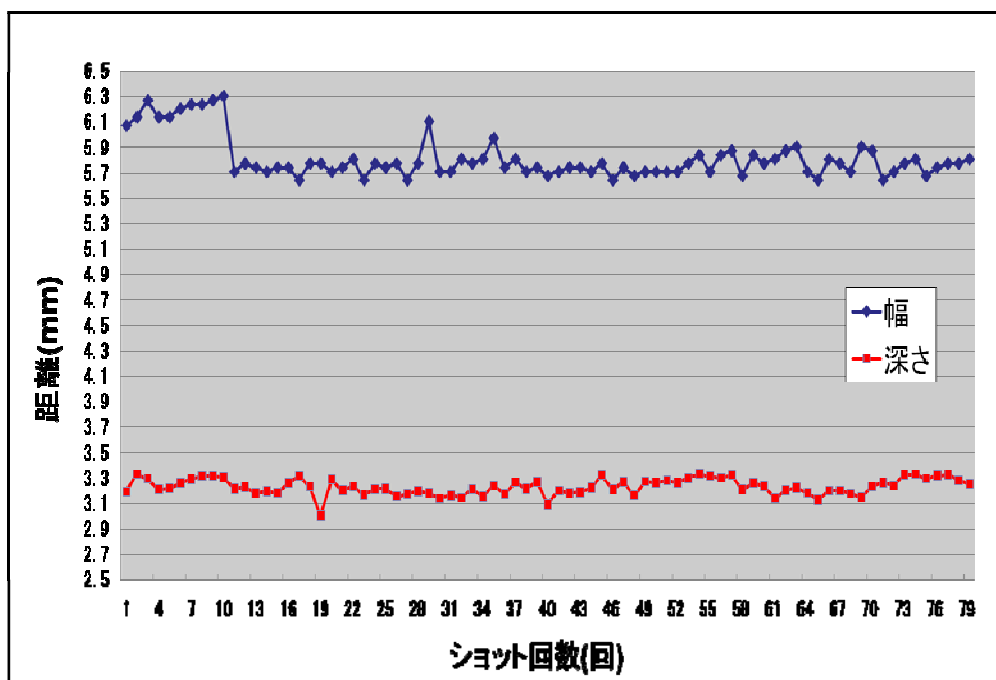


図6-26 2次元形状計測センサーからのデータ

現段階では、このセンサーは、カスなどで穴が完全に開いているかどうかの簡単な不良検知には使用できるが、正確な寸法測定に用いるためには問題があることが判った。そのために量産実験では使用しなかった。

6-5 研究成果のまとめ

本研究開発で、サーボプレスと智能化金型と制御装置に組み込まれる総合不良検知・トレサビリティソフトシステムを使用し、各センサーからのデータ収集実験を行った。

また、川下産業であるアイシン九州（株）の協力を得て、実際の生産に準じた方法で量産型の成形実験を行い、総合不良検知・トレサビリティシステムの有効性を検証するとともに、事業化に向けた問題点・改善点の把握を行った。

その結果、荷重センサーによる成形力異常検知は、荷重センサーヘッドのユニット化によって、金型の製品材料に接する部品に直接埋め込むことができるようになったために、他のセンサーに比べて、信頼性が高く不良検知ができることが判った。

また、透過型・反射型のファイバーセンサーによる不良検知も、現段階では、改善が必要な点もあるが、改善を加えることにより、カス上がり、バリ、スプリンバック等の不良検知に利用できることが判った。

超音波センサーは、しわの状態に反応することが確認できたが、第一反射波の最大振幅だけの変化を数値的に捉えることができるように、処理方法を改善する必要がある。

2次元形状計測センサーは、現段階では、精度の高い測定はできないが、穴の有無等の検査には使えることが判った。

しかし、超音波センサー、2次元形状計測センサーの利用は、検知方法の改善とともに、検知内容に対するコストパフォーマンスを改善する必要があることも判った。

今年度の成形実験では、量産型の実験も実施し、不良検知のための各センサー利用のノウハウを得ることができたが、総合不良検知・トレサビリティシステムの事業化を行うためには、成形実験によるデータ収集量が不足している。今後、この成形実験で得られた結果を基に、本事業で開発した智能化金型だけでなく、他の金型にも不良検知の仕組みを適応し、成形実験によるデータ収集を積み重ねていくことにより、不良検知の確実性、信頼性を向上させる必要がある。

第7章 研究開発の総括

西日本工業大学 工学部 教授 坂田 豊

金属プレス製品の生産において、現在、製品の不良検査は、金型で成形した後に治具や目視で人間が検査をするのが一般的で、不良の見落としや不良の数値管理ができないために、不良発生原因の追究や予防が不十分であるという問題がある。

本研究開発は、金型内で発生する代表的な不良に対して、金型に不良を検知するセンサーを搭載し、知能化することによって、不良品の生産を防ぐとともに、センサーからの情報を保存することによって、不良のトレーサビリティを確保し、不良が発生した場合、数値的に不良発生の原因を追究できるようにすることを目的に行った。

研究開発では、安価で実用的で総合的な不良検知ができ、様々な金型に適応でき、普及できるシステムを開発することを目指した。

不良検知に使用するセンサーとして、金型の成形力異常を検知する荷重センサー、カス上がりを検知する透過型ファイバーレーザーセンサー、製品バリを検知する反射型ファイバーセンサー、形状の正しさを計測する2次元形状計測センサー、絞り加工におけるしわを検知する超音波センサーを使用し、金型を知能化した。

初年度は、抜き曲げ加工用順送金型と絞り加工用の絞り金型に対して、各センサーの利用方法を検討する基礎実験を行うために、プロジェクトメンバーからの不良課題に対応する知能化金型を2台開発した。また、これらの金型と成形条件をコントロールできるサーボプレスを使って、基本的な成形実験を行い、不良検知のための個別要素技術の確立を行った。

2年度目は、不良検知に汎用性を持たせるために、不良検知のユニット化を目指して、川下企業からの不良課題に対応する知能化金型を2台開発した。この金型では、初年度の研究開発での結果をもとに、不良検知を行う部分をステージ化することによって汎用性を持たせ、不良検知を様々な金型に適応できるような構成にした。また、これらの知能化金型に搭載したセンサー類からのデータを収集し、保存、処理、表示をするためのハードウェアを試作的に開発するとともに、不良検知を可能にするソフトウェアの中核機能を開発した。

最終年度は、知能化金型による不良検知の仕組みを事業化することを目指し、センサー類の利用方法に汎用性をもたせるためのユニット化を進め、センサー類からのデータを取り扱うハードウェアとして、市販品ベースのセンシング制御装置、および、この制御装置で使用するソフトウェアとして、総合不良検知・トレーサビリティソフトウェアを開発し、総合不良検知・トレーサビリティシステムを構築した。また、実験用のサーボプレスと川下企業の量産用プレスを使ったデータ収集のための総合的な成形実験を実施した。

また、最終段階で、名古屋地域（刈谷市）において、不良検知ステージの市販品モデルの展示と、開発内容の講演による研究開発の紹介を行ったが、自動車1次サプライヤを中心に、大きな反響を得ることができ、この研究開発に対する自信を深めることができた。

この研究開発によって、金型内で、実用的で総合的な不良検知を行う仕組みを示すことができた。特に、荷重センサーおよびファイバーレーザーを利用した不良検知の仕組みは、事業化に近い段階にまで到達できたと考えている。

しかし、事業化を行うためには、厳しい使用環境での耐久性および操作性を備え、不良検知に対して全く誤動作を行わない信頼性を持ったシステムにしていく必要がある。

そのためには、不良検知の適応事例とデータ収集のための成形実験が不足している。今後、知能化金型の適応事例を増やし、企業でのフィールドテストを重ねることによって、それらの問題を解決し、事業化に取り組んで行く。

また、事業化を図るうえで、知的財産を守る必要がある。事業期間中は、研究開発の成果を最大化するために開発、実験に終始し、工業所有権の確保まで至らなかったが、早急に必要な点の特許出願を行い、工業所有権を取得したい。

この研究開発を進め、当初の目的と目標を達成することができたのは、川下産業であるアイシン九州（株）を始め、九州経済産業局、飯塚研究開発機構、推進委員の方々、プロジェクトメンバー等関係各位の真摯なご協力の賜物である。

最後に、多大なご協力をいただいた関係各位に心より感謝申し上げます。

