

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「次世代プレス技術による難加工材高精度加工技術の開発と
メンテナンス技能データベース化」

研究開発成果等報告書

平成22年3月

委託者 中国経済産業局
委託先 財団法人鳥取県産業振興機構

< 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
1-2	研究体制	3
1-3	成果概要	9
1-4	当該プロジェクトの連絡窓口	10

第2章 研究開発の成果報告

2-1	新プレス加工法の開発（3軸プレス加工法）	11
2-1-1	研究開発の位置づけ、目的と目標	11
2-1-2	研究開発の進め方、方法	12
2-1-3	実施結果と研究成果	12
2-1-3-1	実施内容	
2-1-3-2	3軸プレス加工機の試作	
2-1-3-3	高強度アルミ合金の加工条件最適化	
2-1-3-4	サーボプレス最適条件研究	
2-1-4	結論	17
2-2	金型メンテナンス技能のデジタル化	18
2-2-1	研究開発の位置づけ、目的と目標	18
2-2-2	研究開発の進め方、方法	19
2-2-3	実施結果と研究成果	19
2-2-3-1	メンテナンス作業手順体系化	
2-2-3-2	作業要領伝達メディア化開発	
2-2-4	結論	28
2-3	金型知能化と品質分析・管理	29
2-3-1	研究開発の位置づけ、目的と目標	29
2-3-2	研究開発の進め方、方法	30
2-3-3	実施結果と研究成果	31
2-3-3-1	センシングに関する結果・成果と今後の課題と取組	
2-3-3-2	データ収集方法についてと今後の課題と取組	
2-3-4	結論	35

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

<研究開発の背景・目的>

川下事業者である情報家電メーカーにおいては、世界市場における競争激化の中、高機能化、低コスト化、早期量産立ち上げとともに、一層の小型化や、デザインの魅力、剛性感、操作感などの商品力強化が企業の存亡を分ける。このため、高密度実装のための部品の統合化や薄型化が進む中、部品強度を出せるプレス板金への移行が進み、プレス部品メーカーに対しては、加工が難しい高強度材を用いた極薄板の深絞り・複雑な形状を高精度に生産する能力が求められている。プレス各社は高度の生産技術を追求しているものの、田中製作所では独自の「2軸プレス加工法」や熟練ノウハウを武器に他社の追隨を許さない品質（平面加工精度5/100mm）を誇り、携帯電話用液晶パネル部品の世界シェア10%弱を獲得しているが、本事業を拡大し、競争力を得るためには、さらなる高度プレス技術を開発し、他社の追隨を許さない技術レベルまで高める必要がある。

<研究開発の背景・目的>

本研究開発は3年間で実施することを予定しており、その技術目標値は次のとおりである。

- 高度化・高付加価値化に対応する技術的目標値
 1. 3軸プレス加工法を開発し、試作機を1つ、開発する。
 2. ダイキャストによるマグネシウム部品で実現されている程度の複雑形状を、高強度アルミ合金によるプレス加工で実現する工法を開発する。
 3. 加工精度の向上—高強度アルミ合金、SUS-E材に対して現状の10/100mmから2/100mm以下に向上

- IT化に対応する技術的目標値
 1. 技術教育時間の短縮—新規に業務投入する技術者に対して、金型メンテナンス、金型取付調整時の教育時間を、約50%に短縮する。
 2. 金型履歴管理機能の実現—金型に履歴管理機能と品質計測機能を装着し、プレス回数と稼動時間情報、品質情報をデータベースに12ヶ月間、記録、保持し、品質維持のための金型メンテナンス指示条件を検討するデータベース検索機能を開発する。

<研究の全体概要>

情報家電メーカーでは小型・高機能化や品質感を維持したコスト競争力ある商

品力が課題であり、部品統合、高密度実装の中で高強度、複雑、薄型、低コストな部品供給が求められる。本事業では独自の3軸プレス加工により難加工材対応と精度向上を図り、従来のダイキャスト部品をプレス部品へ転換を実現、上記課題を解決。さらに金型知能化と知識型保守指示書により、熟練者依存からシステムの品質管理へ移行し、技術基盤を高度化する。

プレス加工工法には複雑加工能力の限界があるため、軽量・高剛性を目的とした場合には、マグネシウムのダイキャスト（高圧金型 casting）で部品成形を行わざるを得ないが、マグネシウムによるダイキャスト工法は工程が複雑で、素材、加工ともに極めて高コストであるため、川下事業者にとってコスト競争力を減じる要因となっている。そのため、代替部品として低コストで品質の高い「高強度アルミ合金のプレス加工」が期待されているが、難加工材ゆえに現状のプレス技術では製品に対応できる複雑形状加工や高精度加工を達成し得ない。

ここで、上記の2軸プレス加工法を更に拡張した「3軸プレス加工法」を開発し、高強度アルミ合金の複雑形状加工に適用することにより、難加工材である高強度アルミ合金の複雑加工を実現し、ダイキャスト成形によるマグネシウム部品の代替を達成することが期待でき、他社の追随を許さない品質のプレス加工技術を実現できる。

また、プレス工程の金型調整やメンテナンスは熟練者の経験に依存せざるを得ないとの考え方がまだ一般的であるが、グローバル展開を進める必要がある今後においては、「システムの品質を保証する生産技術」が必要である。熟練技術者の調整作業の分析・調査取材を通じて調整作業の体系化を行ったうえで、対応方法の知識型3Dデジタル・マニュアル化による技術者教育手法を開発する。さらに金型知能化により得られる生産履歴情報を加工品質と併せて分析することにより、生産品質を保証する生産条件管理技術を開発する。これらにより、プレス加工業界の課題である熟練者依存の品質管理から「システムの品質管理」へ移行する。

このように従前の技術と一線を隔した新たな独自の技術開発により高付加価値製品の提供と製品の品質保証を実現するとともに、プレス技術基盤を高度化する。

<実施内容>

本研究開発では、以下の3つのサブテーマを機軸に推進する。

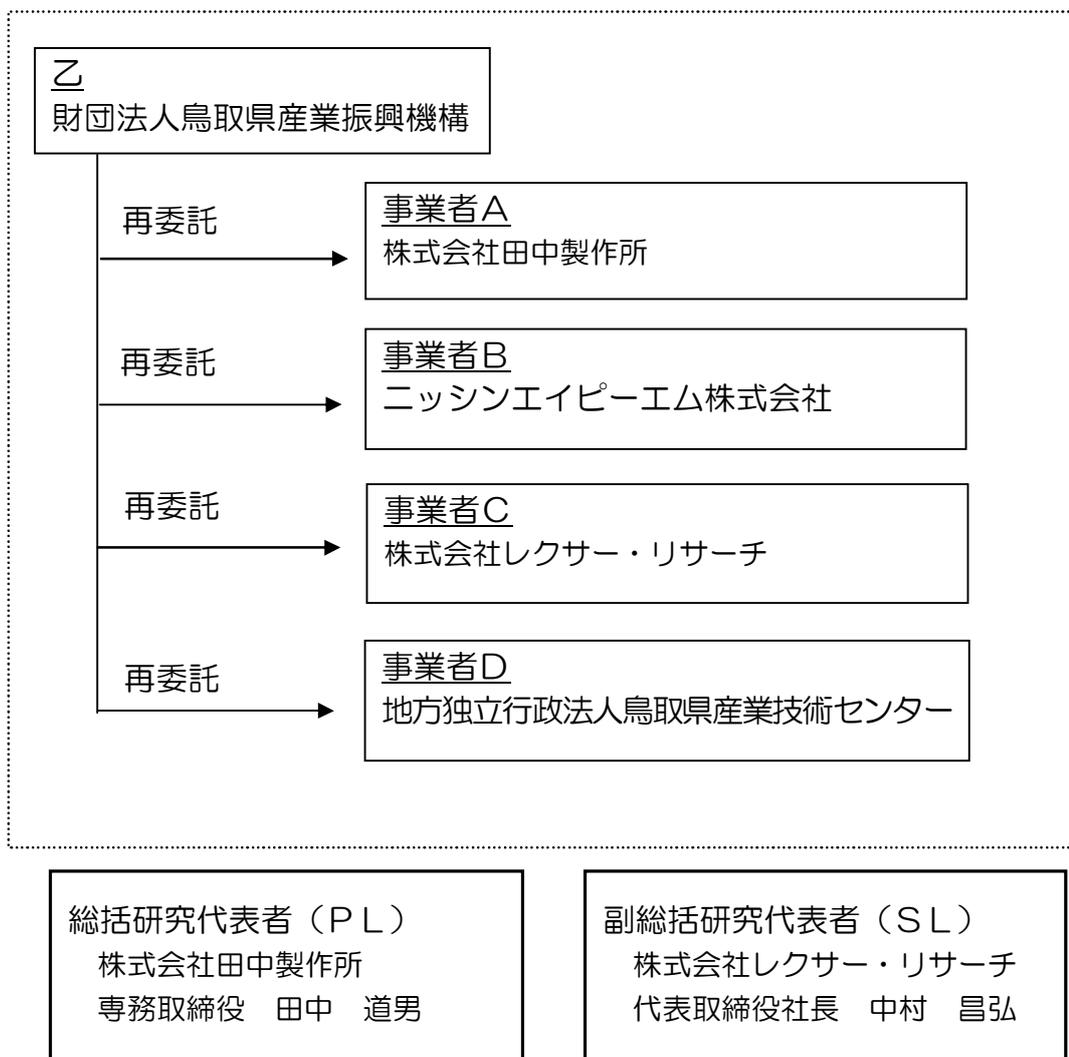
- ① 新プレス加工法の開発（3軸プレス加工法）
- ② 金型メンテナンス技能のデジタル化
- ③ 金型知能化と品質分析・管理

①のテーマは本研究開発の基幹を成すものであり、プレスの新工法開発を目指すものである。一方、新プレス工法だけで実用的な新事業が実現できるものではなく、新プレス工法を実施してゆくうえでの支援技術が必要である。プレス金型のメンテナンスは、プレス品質に大きく影響を及ぼし、また、突発的な不具合を管理する技術は、生産性に影響を与える。これらの3つのテーマを推進することにより、新プレス工法の実用的な運用を実現することができる。

1-2 研究体制

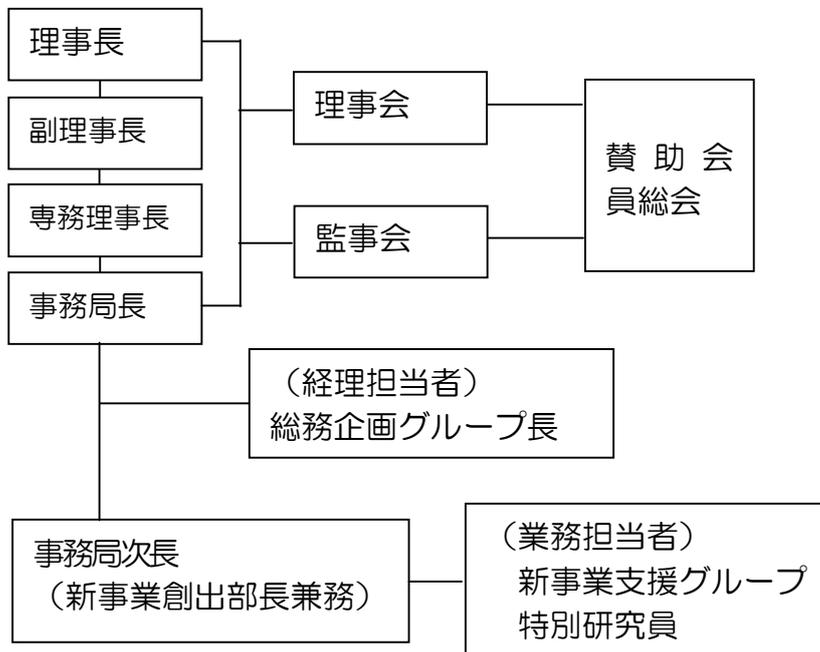
(1) 研究組織及び管理体制

1) 研究組織（全体）



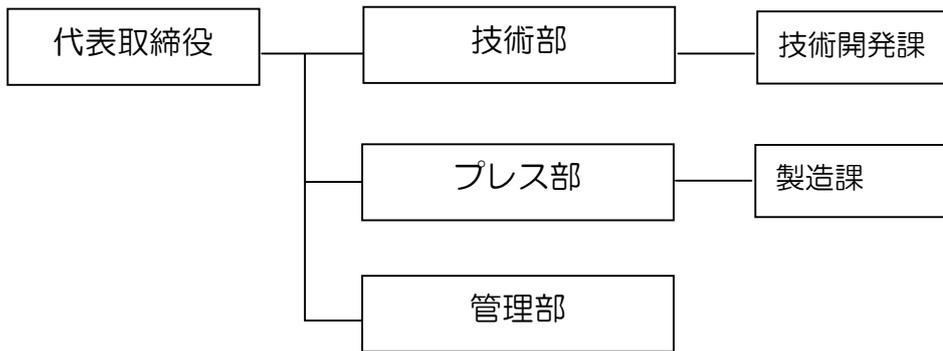
2) 管理体制

① 事業管理者 [財団法人鳥取県産業振興機構]

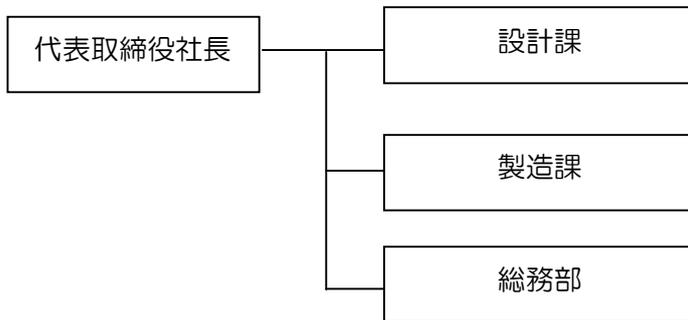


② (再委託先)

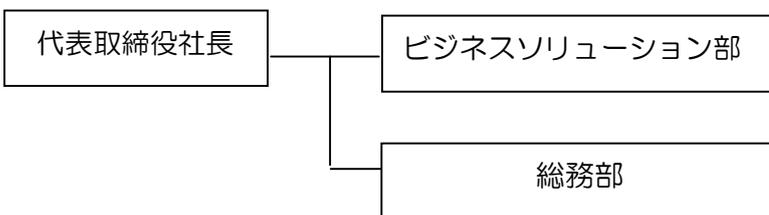
株式会社田中製作所



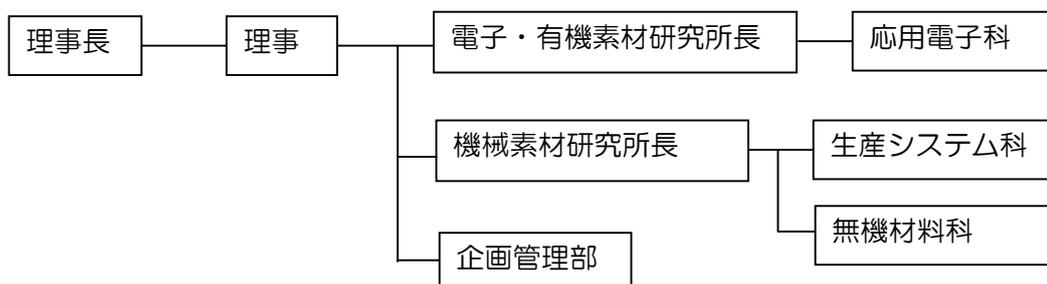
ニッシンエーピーエム株式会社



株式会社レクサー・リサーチ



地方独立行政法人鳥取県産業技術センター



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人鳥取県産業振興機構

管理員

氏名	所属・役職
三王寺 由道	事務局次長（兼新事業創出部長）
小坪 一之	新事業創出部研究支援課特別研究員
奥田 美也子	新事業創出部新事業支援グループ事務員
伊藤 昭子	大学連携推進室人材育成支援グループ事務員

【再委託先】

1) 株式会社田中製作所

氏名	所属・役職
田中 道男	専務取締役
田中 清治	常務取締役技術部長
上山 和彦	技術部次長
岩竹 博之	技術部技術開発課長
林 良平	東京技術センター技術開発部長
桑田 武美	技術部技術開発課研究員
米村 慎一	技術部技術開発課研究員
坂口 弘晃	技術部技術開発課研究員
大門 正人	技術部技術開発課研究員
森本 敦夫	技術部技術開発課研究員
田中 豊	プレス部製造課精密Gリーダー
竹内 智貴	プレス部製造課精密G主任
岡田 嘉徳	プレス部製造課精密G研究員
森 智志	プレス部製造課精密G主任

2) ニッシンエイピーエム株式会社

氏 名	所属・役職
松元 玲仁	代表取締役社長
松元 宏学	取締役専務
松元 博美	取締役技術部長
辻 晴夫	設計課長
崎山 俊一	設計課研究員
西村 栄一	製造課研究員
大橋 敦	製造課研究員
堂園 義昭	製造課研究員

3) 株式会社レクサー・リサーチ

氏 名	所属・役職
中村 昌弘	代表取締役
柏原 賢司	ビジネスソリューション部

4) 地方独立行政法人鳥取県産業技術センター

氏 名	所属・役職
西本 弘之	電子・有機素材研究所長
小谷 章二	電子・有機素材研究所 副所長兼応用電子科長
鈴木 好明	生産システム科長
佐藤 崇弘	生産システム科研究員
野島 賢吾	無機材料科研究員
福谷 武司	応用電子科研究員
高橋 智一	応用電子科研究員

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

財団法人鳥取県産業振興機構

(経理担当者)	総務企画グループ長	高橋 徹
(業務管理者)	新事業創出部新事業支援グループ特別研究員	小坪 一之

(再委託先)

1) 株式会社田中製作所

(経理担当者)	常務取締役管理部長	竹内 保徳
(業務管理者)	常務取締役技術部長	田中 清治

2) ニッシンエーピーエム株式会社

(経理管理者)	経理課	大谷 仁文
(業務管理者)	代表取締役	松元 玲仁

3) 株式会社レクサー・リサーチ

(経理担当者)	常務取締役	中村 育史
(業務管理者)	代表取締役	中村 昌弘

4) 地方独立行政法人鳥取県産業技術センター

(経理担当者)	企画管理部総務担当主幹	濱本 修
(業務管理者)	電子・有機素材研究所長	西本 弘之

1-3 成果概要

研究活動全般において、基礎研究部分と実証試験部分とほぼ計画どおり進行することができた。

個々の3つのサブテーマについては、以下のような成果を得た。

<新プレス加工法の開発（3軸プレス加工法）>

株式会社田中製作所・ニッシンエイピーエム株式会社にて3軸プレス加工法プロトタイプ開発のため、試作金型の製作実証を行った。

具体的には、3軸プレス加工法プロトタイプ開発型製作として、プロトタイプ単発試作金型を製作し、高強度アルミ合金を材料としたツブシ工程の試作サンプルを順次7回作成して分析評価を行った。その結果として3軸プレス加工の最適な材料組織流動の検証ができ、そのデータをもとに3軸プレス加工法プロトタイプ順送金型を製作し、量産を前提とした信頼性の検証をする事ができた。

また、高強度アルミ合金の加工条件最適化として、代替の目標とする Mg ダイキャストと同等またそれ以上の強度を得ることができた。最適アルミ材としてA5052材を選定することができた。

サーボプレス最適条件研究では、従来のパワープレス機では不可能だった1ストローク内での変則モーションやストロークスピード変化の中から最適と思われる加工パターンを選定することができた。

<金型メンテナンス技能のデジタル化>

株式会社レクサー・リサーチ・株式会社田中製作所にて行っている金型メンテナンス技能のデジタル化の研究を行った。

具体的には、3軸プレス工法を対象としたメンテナンス作業手順を体系化するためのメンテナンスフローを策定することが出来た。ここでは、3軸プレス工法の各工程の機構を想定し、それらに対応するメンテナンス手法を整理することを行った。

また、作業要領伝達メディア化開発するために、知識型3Dデジタル・マニュアルを構成する設備ライブラリを管理するための機構を開発し、効率的なデジタルマテリアル化が可能になった。

<金型知能化と品質分析・管理>

地方独立行政法人鳥取県産業技術センター・株式会社田中製作所にて行っている金型知能化と品質分析・管理関連の研究を行った。

具体的には、目標であるプレスメンテナンス間隔の把握のため、現場のデータレコーディング手法の多様化、広範化、長時間化に結びつく各種試作と現場における実験を実施した。この中で、インタフェース開発、トレンドグラフ描画システムの開発、手書き入力システムの開発、長時間動画記録システムの開発を実施した。以上のシステムを開発し、多くのセンシングおよびデータ取得および表示を行うための基盤システムを構築することができた。このシステムを利用し、経験的な判断も交えて継続的にデータを蓄積することにより、今回の目標である、プレスメンテナンス間隔について、その傾向を把握することが可能となった。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

事業管理者

法人名：財団法人鳥取県産業振興機構

代表者役職・氏名： 理事長 金田 昭

住所：〒689-1112 鳥取県鳥取市若葉台南7丁目5番1号

連絡担当者名・所属役職：小坪 一之 新事業創出部特別研究員

Tel:0857-52-6704

Fax:0857-52-6673

E-mail:kkotsubo@toriton.or.jp

第2章 研究開発の成果報告

2-1 新プレス加工法の開発（3軸プレス加工法）

2-1-1 研究開発の位置づけ、目的と目標

（担当実施機関：株式会社田中製作所、ニッシンエイピーエム株式会社、地方独立行政法人鳥取県産業技術センター）

本事業は新工法開発により更なる競争力を高めるための活動である。既に開発したカム機構工法（2軸プレス加工法）で限界レベルの加工精度を実現したが、新たな3軸プレス加工法を開発し、ダイキャスト工法でしか達成し得なかった複雑形状をプレスで実現することを目指している。

当該年度では新工法のための要素技術を確立することを目標として、具体的には、各サブテーマ毎に以下の研究項目を実施した。

- ・ **3軸プレス加工機の試作**

3軸プレス加工法とは、主軸であるストローク軸に加えて複数の内部動作機構軸を持つ金型により、ストローク軸トルクを他軸に分散し、ワン・ストロークの範囲で複数の加工動作を行うことにより加工性を飛躍的に高め、複雑な形状を加工できる技術である。成形性を高めるためには低速・高圧力制御が有効であり、主軸を3軸に展開して圧力制御と速度制御を行うことにより、低速・高圧力制御の研究を行った。本加工法は、複数工程の1工程への複合化・コンパクト化のみならず、さらに、多工程を1工程で実現するために各工程での位置決め精度誤差の影響を受けず、加工精度が高まる効果も期待できるものである。本年度では、複数の工程を個別に試作し、目標の製品品質の検証を行うことを目標とした。

- ・ **高強度アルミ合金の加工条件最適化**

本加工法では塑性変形プロセスが従来の手法と異なるため、材料、形状に対する最適加工条件が変わる。高強度アルミ合金のプレス加工をターゲットとし、絞り性、伸び、張出し性、曲げ性に対する金型設計とダイス、加工油、速度制御、加圧力制御、位置制御などのデータ収集及び分析を行い、加工品質に及ぼす影響を究明し、最適条件を抽出することを目標とした。

- ・ **サーボプレス最適条件研究**

3軸プレス加工法を構成するサーボプレス機、および塗油装置を導入、設置し、当該機器の基本性能、特性を把握し、最適なプレス動作を獲得することで金型設計のための基本情報を取得することを目標とした。

2-1-2 研究開発の進め方、方法

3軸プレス加工法のプロトタイプ順送金型の開発を行った。20年度の本加工法を工程分けした試作単発金型の試打データ・材料特性データをもとに、プロトタイプ順送金型の設計・製作・試打ちを行い、プロトタイプの開発研究を進めることとした。また、3軸プレス加工法を構成するサーボプレス機の最適なプレスモーション研究では、順送金型加工における条件設定研究をすることとした。また、プロトタイプ順送金型の加工成果物を非接触で画像測定装置により計測し、加工物の品質を高める為のデータ収集を行い、量産における信頼性の検証を行った。

2-1-3 実施結果と研究成果

2-1-3-1 実施内容

<3軸プレス加工法プロトタイプ開発型（順送金型）製作>

- ・プロトタイプ順送金型 設計
- ・プロトタイプ順送金型 製作
- ・プロトタイプ順送金型 試打ち
- ・プロトタイプ順送金型 金型修正の繰り返し
*試打ちサンプルの作成①～⑥を行い、金型修正と試打ちを繰り返し
目標達成の為の研究を行う。
- ・プロトタイプ順送金型 加工成果物の信頼性の検証
(株式会社田中製作所、ニッシンエイピーエム株式会社)

<高強度アルミ合金の加工条件最適化>

- ・高強度アルミ合金 A5052-0 材の加工特性研究
試打ち加工品の加工データより分析検証を行い、最適な加工条件
(加工速度、加圧力設定、工程レイアウト設定)
- ・高強度アルミ合金加工物の信頼性の検証
- ・マグネシウム合金との強度比較
(産業技術センター)

<サーボプレス最適条件研究>

- ・プロトタイプ順送金型での最適加工モーションの研究を行った。

2-1-3-2 3軸プレス加工機の試作

<3軸プレス加工法プロトタイプ開発型（単発型）>

<工程試作サンプルの作成>

プロトタイプ試作金型を設計製作し、高強度アルミ合金を材料としたツブシ工程の試作サンプルを成果物として確認した。

図2-1にプレス試作基本工程、図2-2にツブシ金型、図2-3に試作サンプルを示す。

図中、外形抜き・孔明一の金型は製作せず、孔明一の形状をワイヤーカット加工にて切断し、ニッシンエイピーエム株式会社で製作したツブシ工程金型で、株式会社田中製作所に於いて200tのサーボプレス機にてツブシ工程サンプルを作成。

サンプル材料として、厚さ1.5mmのA5052-O材を使用。

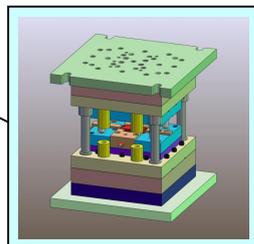
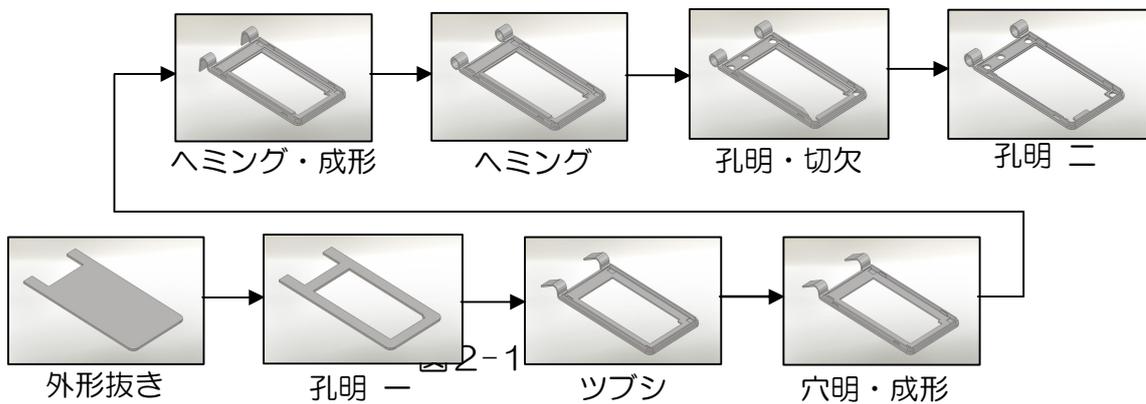


図2-2

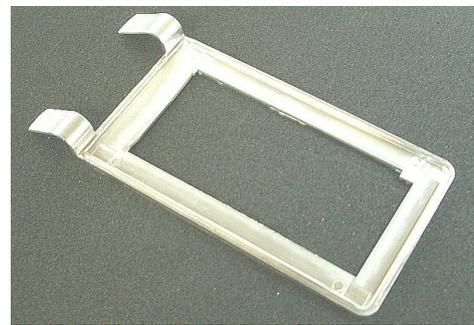


図2-3

＜3軸プレス加工法プロトタイプ順送金型＞

1) プロトタイプ順送金型の設計・製作

＜順送金型の設計・製作及び試作サンプルの作成＞

難易度の高いツブシ工程を順送金型に組み込む金型設計し、金型製作を行った。

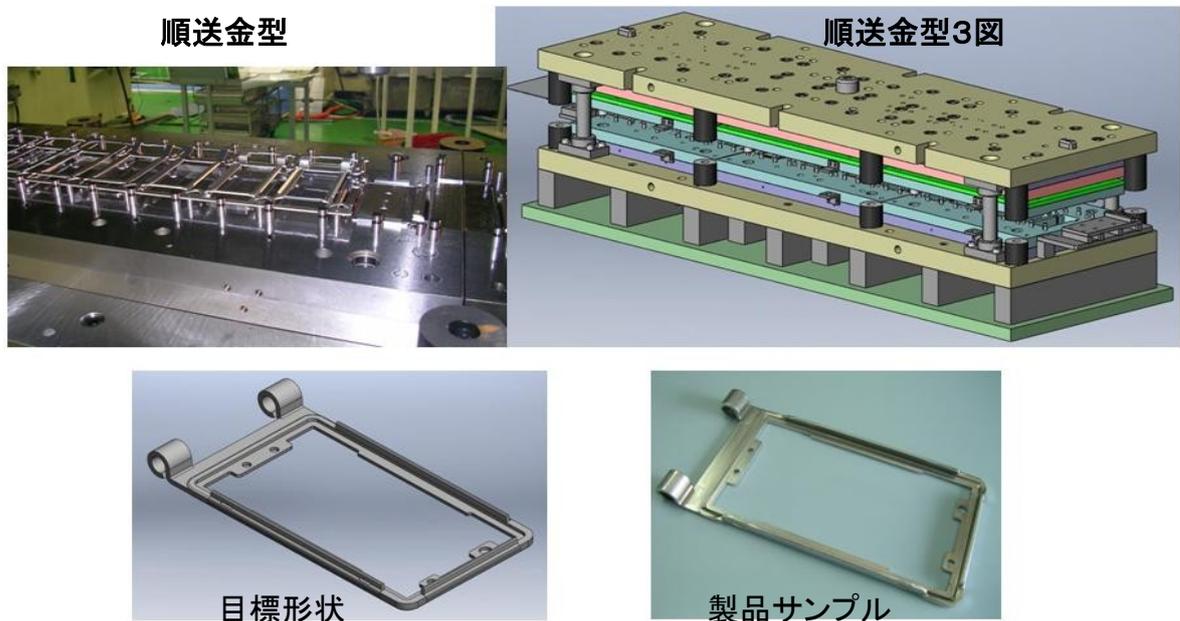


図2-7

図2-7にプロトタイプ順送金型の写真・3D図、目標形状、製品サンプルを示す。

＜試打ちサンプル加工寸法精度の検証＞

試作サンプルの外周部リブ高さを図2-8に示す6ヶ所選定し、試料数30Pを測定しまとめたものを表2-1に示す。

寸法値4.3±0.04に対して、寸法のバラツキを表すCPK（工程能力指数）値1.33以上を確認した。目標であった±0.02には及ばなかったが、6箇所中3ヶ所は車載基準となっている1.67以上を確保し、1ヶ所は±0.03を満足した。

位置	CPK値
① 左上	1.71
② 左中	1.63
③ 左下	1.68
④ 右上	1.61
⑤ 右中	1.69
⑥ 右下	1.53

表2-1



図2-8

2-1-3-3 高強度アルミ合金の加工条件最適化

<高強度アルミ合金の特性調査>

本加工法ではプレス後に強度確保が必要となるため引張強度が高い必要があり、耐力の点で優れ引張強度も大きいA5052-Oが最適材ことがわかった。

各種類のアルミ材の検討を行ったが、最終的には A5052-O、A6061-T6 材についても実験を行った。

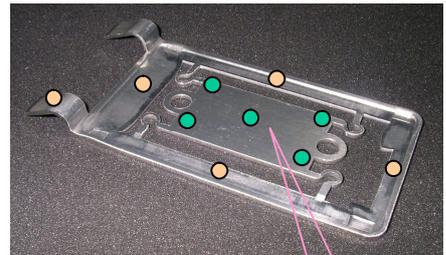
材料	試験片寸法 (mm)			0.2%耐力	引張強度	破断点伸び	破断点応力	伸び
	幅	厚さ T	面積 A	N/mm ²	N/mm ²	mm	N/mm ²	%
A5052-O	25	1.5	37.5	91.9	189.8	11.7	134.6	29
	25	1.5	37.5	91.8	188.6	12.0	143.2	30
(A5052-H32)	25	1.5	37.5	161.3	209.1	3.4	151.1	8
	25	1.5	37.5	163.2	211.4	3.4	157.0	8
A6061-T6	25	1.5	37.5	275.0	310.1	12.1	170.5	9
	25	1.5	37.5	275.1	310.2	12.0	167.5	10

表2-2

<Mgダイキャストとアルミ合金のビッカース硬度比較>

試料はA5052-O材厚さ1.5mmで、板厚そのままの部分、1.1mmにつぶされた部分、及び対象のMgダイキャストの各々5ヶ所測定した。(表2-3)

つぶされた部分は加工のない部分に比べ硬度が1.5倍とMgダイキャストと同等の値となり硬度の面においては代替可能なことが確認できた。



	①	②	③	④	⑤	平均
Mgダイキャスト	95.3	93.0	96.2	90.4	88.2	92.9
ツブシ無し t1.5	60.1	60.5	53.8	56.8	58.3	58.3
ツブシ有り t1.1	85.0	85.4	90.3	89.8	91.5	88.5
比率(%)						151.8

ツブシ
無し部

表2-3 ビッカース硬度比較(単位:HV)

<ネジリ強度の調査>

ネジリ強度についてMgダイキャストと高強度アルミ合金加工試打ちサンプル品を比較検証する。

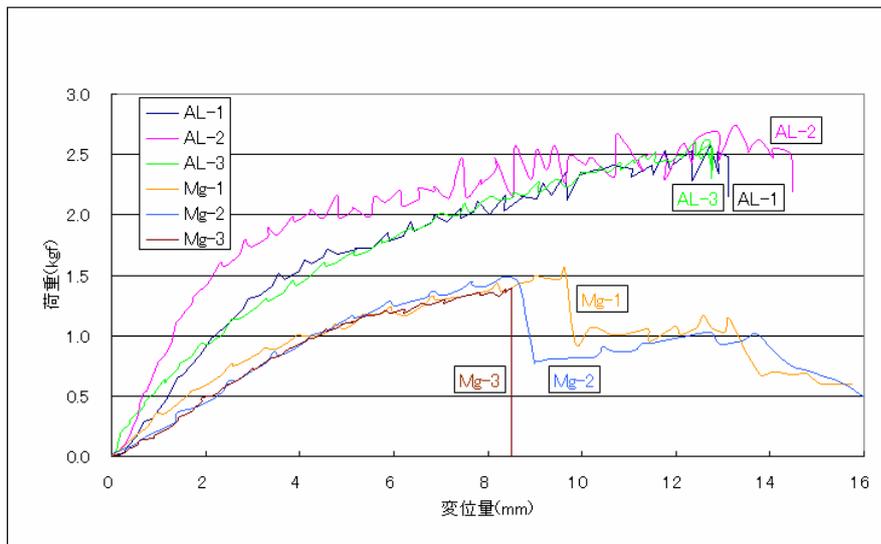


図2-9

図2-9のグラフからMg材は1.5kgfで破壊に至るがアルミ材は変形のみであり、9mm変形させるためにはアルミ材は2kgf必要だがMg材は1.5kgf以下で変形に至る。

これにより高強度アルミ材A5052-O材の優位性が確認された。

2-1-3-4 サーボプレス最適条件研究

金型を変更することなく、加工モーシヨンの変更により製品の精度向上への最適条件を研究した。

図2-10に加工モーシヨンのパターン波形を示す。左図は本加工法での最適加工モーシヨンとなり、①は通常モーシヨン、②は下死点状態を数秒とするモーシヨン、③は高さを数回変え最後に下死点となるパターン、④は下死点を数回繰り返すパターンとした。

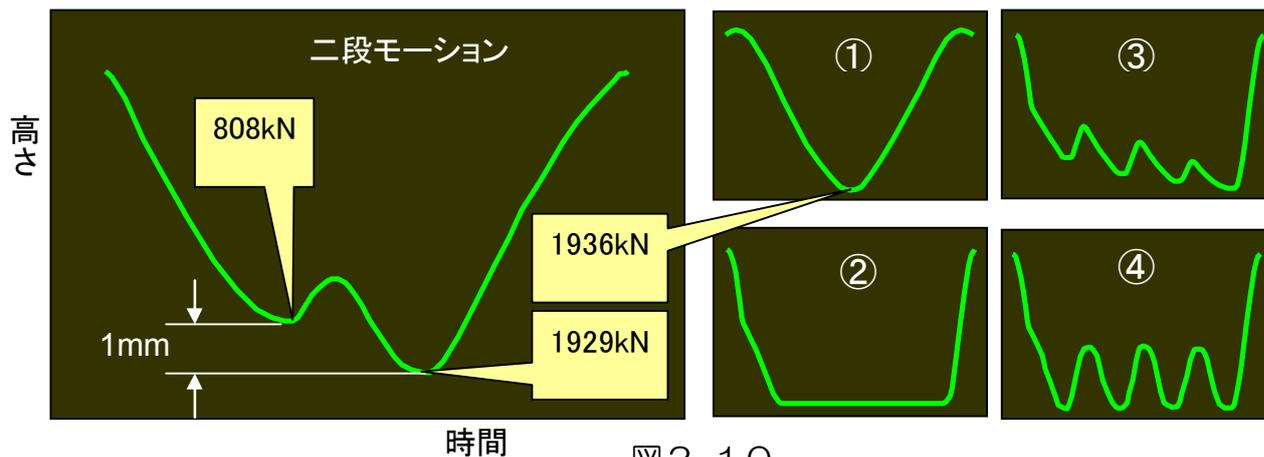


図2-10

2-1-4 結論

<成果のまとめ>

- ・ 難易度の高いツブシ工程を順送金型に組み込み試作サンプル品の作成を行った。
- ・ 困難と思われていた外周部より内側への高さ4mm以上のリブ立ち上げに成功
- ・ 順送金型での試作サンプル品で ± 0.04 mmの寸法バラツキ管理値CPK1.33以上を確保した。
- ・ ツブシ加工により、高強度アルミ合金材にてMgダイキャストと同等の硬度を達成
- ・ ツブシ加工サンプルにて、1年間の経時変化がないことを確認した。
- ・ ネジリ強度に於いては、Mgダイキャストより優位性があることを確認した。
- ・ サーボプレス機の実機能の実体確認が出来た。

<3軸プレス加工法プロトタイプ開発（順送型）製作>

- ・ 単発金型から順送金型の試作サンプル作成を行い、目標形状に至るまでの加工条件にさまざまな課題を発見する事ができた。
高強度アルミ合金材による本事業の試作品で、一定の目標を達成することはできたが、本事業において蓄積したノウハウを川下企業からの要求に迅速に対応していく為に、さらに応用技術を取り入れていく必要性を実感した。
- ・ 目標であった ± 0.02 の加工精度については一部 ± 0.03 は確保したが、すべての箇所については ± 0.04 の実績であったため、再度 ± 0.02 の目標を掲げて取組んで行く。
- ・ 川下企業より求められる仕様（さらに板厚を薄く成形できないか）が今後取り組むべき大きな課題と考える。

<高強度アルミ合金の加工条件最適化>

- ・ A5052-O材を本研究ではの最適材料としているが、更なる軽量化を考慮したアルミ合金以外のMg合金（冷間プレス加工用に研究が進んでいる）などの材料も研究して行く必要がある。

<サーボプレス最適条件研究>

- ・ 量産性や加圧低減を考慮した上での新たなサーボモーションパターンがないのか研究を行なう。

2-2 金型メンテナンス技能のデジタル化

2-2-1 研究開発の位置づけ、目的と目標

(担当実施機関：株式会社田中製作所、株式会社レクサー・リサーチ)

株式会社田中製作所の持つ高水準の精度加工技術は、熟練技術者による金型メンテナンスや金型調整技術で維持しているが、技術者教育・技術継承効率化の点で事業課題を抱える。株式会社レクサー・リサーチの体験型バーチャルリアリティ技術を導入し、工法・作業要領のデジタル・データベース化、作業指示書の「見える化」による技術者教育システムを開発し、今までの蓄積ノウハウを体系化して技術者供給体制を構築し、量産拡大に対応する品質維持に対応する。

平成 19 年度には基礎調査を行い、ノウハウ要素の抽出を行った。

平成 20 年度は3軸プレス加工法をターゲットとするノウハウ集積を実現するための活動を行い、最終的なメンテナンスマニュアルを開発するための支援機能の開発を実施した。

平成 21 年度には、3軸プレス加工法の開発状況に沿ったノウハウ要素の再分析を行うと共に、引き続き最終的なメンテナンスマニュアルを開発するための支援機能開発を行った。次いで、これらの支援機能を用いてメンテナンスマニュアルの開発、適用効果の検証を行った。

・メンテナンス作業手順体系化

本研究開発では、体験型バーチャルリアリティ技術によるメンテナンスのための技術者教育システムを開発する為に、平成 19 年度では、対象とする業務のメンテナンス作業を調査・分析し、メンテナンス作業の手順を体系化した。この作業を行うことにより、技術者教育システムの在り方を把握し、メンテナンス教育システムの基本設計の基本情報とすることを目標とした。

平成 20 年度では、メンテナンス運用を行うための条件、流れ、判断基準などの観点で体系化を行った。特に3軸プレス工法に対応する運用体系を明確にする事が目的であるため、3軸プレス工法の工程分析を行い、当該工程に対応するメンテナンス要素を層別したうえで、各工程対応のメンテナンスフローを定義する事を目標とした。

平成 21 年度では、順送型の3軸プレス工法へと開発がすすめられることとなり、順送型の3軸プレス工法に対応する運用体系を明確にするために、昨年に引き続き対応するメンテナンス要素を層別しなおしたうえで、メンテナンスフローを定義する事を目的とした。

・作業要領伝達メディア化開発

また、体験型バーチャルリアリティ技術によるメンテナンス教育システムでは、三次元のデータ素材を多数必要とする。特に、プレス向上における設

備、治具、ツールなどが必要とされることから、平成 19 年度では、必要十分のデータ素材を開発する事を目標とした。

平成 20 年度では、平成 19 年度に大量に開発したデータ素材の管理・開発効率ならびにメンテナンスマニュアルの開発効率を高めるためのデータ管理システムを構築する事を目標とした。

平成 21 年度では、体験型メンテナンスマニュアルの開発効率を図るためのツール開発を行った上で、メンテナンスマニュアルの開発、適用効果の検証を行う事を目標とした。

2-2-2 研究開発の進め方、方法

平成 19 年度に、プレス現象での不具合に対するメンテナンス要素と、その判断基準やエスカレーションを調査し体系化を行ってきた。

平成 20 年度では、株式会社 田中製作所様の活動として、3軸プレス工法の工程設計が進められたことに呼応する形で、3軸プレス工法での各工程の試作金型に対応したメンテナンス要素を明確にした。

平成 21 年度では、さらに順送型の3軸プレス工法へと開発がすすめられることとなり、この順送型工法に対応すべく関係性分類の修正を行った。

また、バーチャルリアリティアプリケーションを使って体験型メンテナンスマニュアルを作成するにあたり、手順情報入力にかかる作業の効率を上げるべく、作業手順の簡易入力を可能にするツール（体験型メンテナンスマニュアル作成支援ツール）の開発を実施した。

2-2-3 実施結果と研究成果

平成 19 年度では、メンテナンス業務における品質活動の実態を調査・分析を行うと共に、三次元設備のライブラリを開発を行った。平成 20 年度では、3軸プレス工法におけるメンテナンスフローのモデル化を行うと共に、作業要領伝達メディア用三次元設備ライブラリを管理するデータベースシステムの開発を行った。平成 21 年度では、平成 20 年度で行った3軸プレス工法におけるメンテナンスフローモデルの順送型への対応を行った上で、初級/中級メンテナンスマニュアルの開発を行った。また、体験型メンテナンスマニュアル作成支援ツールを開発したうえで、体験型メンテナンスマニュアル開発を実施。そして、初級/中級メンテナンスマニュアルの適用効果の検証までを行った。具体的には以下の成果を現出させた。

<メンテナンス作業手順体系化>

- ・ メンテナンス・スキルの体系化
- ・ メンテナンス作業手順体系化
- ・ 3軸プレス工法におけるメンテナンスフローのモデル化

- ・ 初級/中級メンテナンスマニュアルの開発
初級/中級メンテナンスマニュアルの開発をすることが出来た。

<作業要領伝達メディア化開発>

- ・ 作業要領伝達メディア用三次元設備ライブラリの開発
- ・ 作業要領伝達メディア用三次元設備ライブラリを管理するデータベースシステムの開発
- ・ 体験型メンテナンスマニュアル作成支援ツールの開発
- ・ 体験型メンテナンスマニュアル開発（金型乗せ換え手順）
- ・ 適用効果の検証
メンテナンスマニュアルの適用効果の検証を行うことが出来た。

本成果の意義は、以下のとおりである。

<メンテナンス作業手順体系化>

今までに蓄積されたノウハウを体系化した初級/中級メンテナンスマニュアルの開発を行うことが出来た。

<作業要領伝達メディア化開発>

バーチャルリアリティ技術を活用した体験型メンテナンスマニュアルの開発により、「見える化」による技術者教育支援システムの開発を行うことが出来た。

2-2-3-1 メンテナンス作業手順体系化

<メンテナンス・スキルの体系化>

不具合対応のメンテナンス作業項目の洗い出しを行ったところ、技術者のスキルレベルによって対応出来る不具合に違いがあることがわかった。よってメンテナンスマニュアルを作成するにあたり、内容が“広く浅く”といったものではなく教育対象者にマッチした内容のマニュアルを作成する必要があることが明らかになった。

これを受けて、教育対象者の区分けを明確にする為、メンテナンス・スキルのレベルを以下の四つのレベルに設定した。

- ・ 上級
- ・ 中級
- ・ 初級
- ・ オペレータ

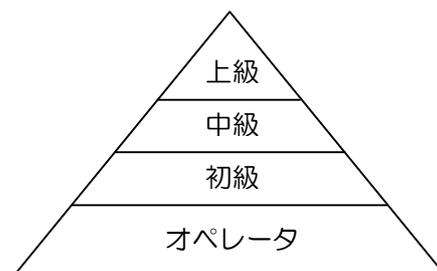


図2-2-3-1-1 メンテナンス・スキルのレベル設定

さらに、従来の漠然としたスキルレベルの区分けを改め、表2-2-3-1-1に示すような明確なスキルレベルの定義を行った。

表2-2-3-1-1 スキルレベルの定義

レベル	スキル	具体例
オペレータ	プレスオペレーティングが出来る人。 現象発見	プレスオペレーティングのみが出来るレベル。
初級	原因と解決方法がわかっている現象（不具合）の対処が出来るレベル。 現象発見 原因確認 対処	金型交換、研磨作業などが出来る。 ※研磨作業に付随する調整（高さ調整）も含まれる。
中級	ただひとつの因果関係で発生している現象に対して、対処および調整が出来るレベル。 現象発見 原因調査（1つ） 対処（1工程） 微調整	発生原因を探し、対処（金型交換、研磨など）を行う。 必要に応じてシムなどを用いて微調整も出来る。
上級	複数の因果関係で発生している現象を解決出来るレベル。 現象発見 原因調査 対処（複数工程） 微調整	複数工程を通して対処を施し、最終的に寸法精度が出せる。

<初級/中級メンテナンスマニュアルの開発>

3軸プレス工法とメンテナンスフロー及び判断ロジックの関係性分類結果を元に、3軸プレス工法におけるメンテナンスマニュアルの開発を実施。



図2-2-3-1-4 初級/中級メンテナンスマニュアル

2-2-3-2 作業要領伝達メディア化開発

<作業要領伝達メディア用三次元設備ライブラリの開発>

製造現場で日常的に使用されている設備・工具等をリストアップし、3次元形状作成後データライブラリ化を行った。本年度では、表2-2-3-2-1に示すような分類体系で328個のデータライブラリを開発した。

表2-2-3-2-1 設備ライブラリの分類

分類	数量	分類	数量
基本形状	42	事務用品	4
工具	33	電子機器	34
足場用品	8	大型機械設備	2
作業用品	18	生産機械設備	3
保安用品	15	汎用部品	10
消防用品	19	工場構造物	8
物流用品	55	作業者	0
保管用品	77	合計	328

<作業要領伝達メディア用三次元設備ライブラリを管理するデータベースシステムの開発>

メンテナンスマニュアルの開発効率を高めるために開発した三次元設備ライブラリ管理データベースシステムの開発を行った。システム図は以下のような構成を採用した。

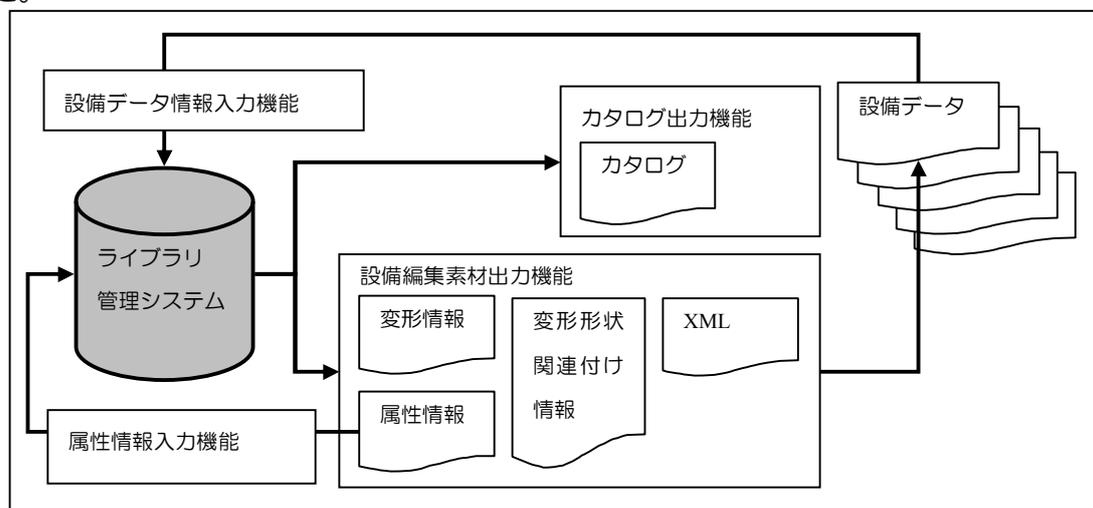
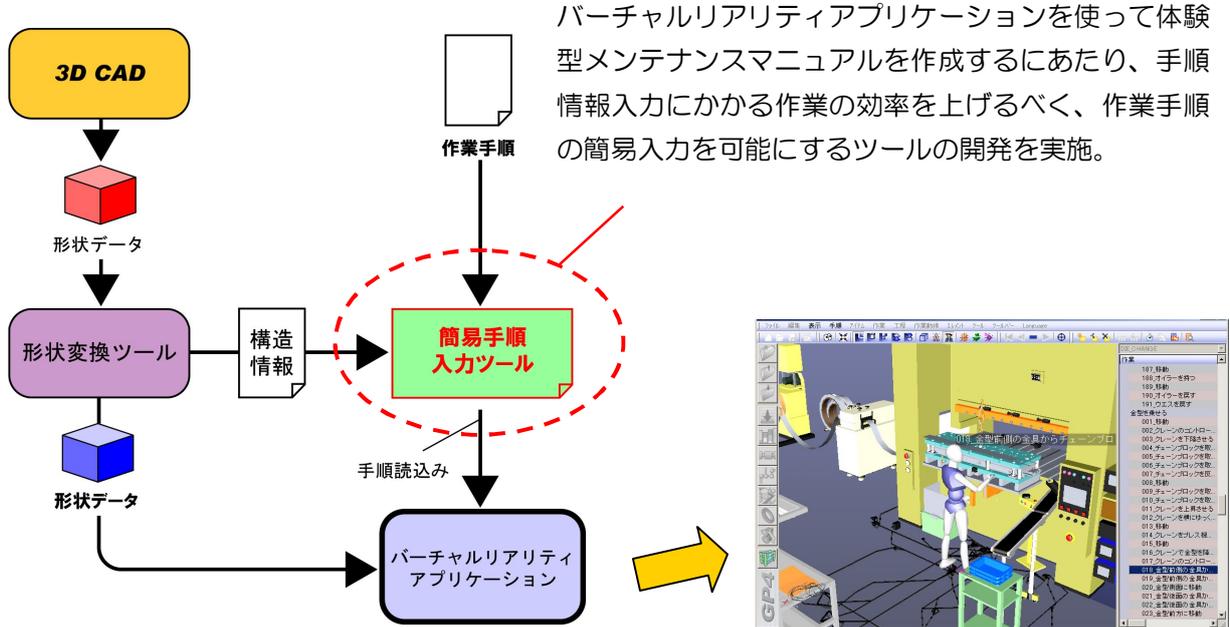


図2-2-3-2-2 システム構成図

<体験型メンテナンスマニュアル作成支援ツールの開発>

バーチャルリアリティ技術を用いた体験型メンテナンスマニュアルの開発効率化を図るためのツール開発を実施。



バーチャルリアリティアプリケーションを使って体験型メンテナンスマニュアルを作成するにあたり、手順情報入力にかかる作業の効率を上げるべく、作業手順の簡易入力を可能にするツールの開発を実施。

図2-2-3-2-7 メンテナンスマニュアル作成支援ツールの位置付け

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
作業番号	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	WP	P	WA	A	D	W	T	工程名	KI	Part Number
1	部品構造ファイル(GSV)読み込み													
2	初期化	VPS手順ファイル(GSV)読み込み VPS情報反映												
3	番号設定	GP4 手順データ生成	標準時間反映	作業パターンから作業タイプを設定する										
4	作業番号	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number					
5	作業番号	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number					
6	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
7	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
8	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
9	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
10	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
11	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
12	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
13	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
14	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
15	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
16	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
17	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
18	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
19	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
20	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
21	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
22	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
23	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
24	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
25	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
26	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
27	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
28	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
29	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
30	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
31	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
32	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
33	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
34	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
35	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						
36	作業名	標準作業	作業時間	作業パターン	作業タイプ	工程名	KI	Part Number						

図2-2-3-2-8 メンテナンスマニュアル作成支援ツール

<体験型メンテナンスマニュアル開発>

平成19年度、20年度にて開発をしていた三次元設備ライブラリを使用し、田中製作所のプレス工程を仮想空間内に設置し、3軸プレス工法におけるメンテナンスに関わる作業を体験型メンテナンスマニュアルとして開発した。

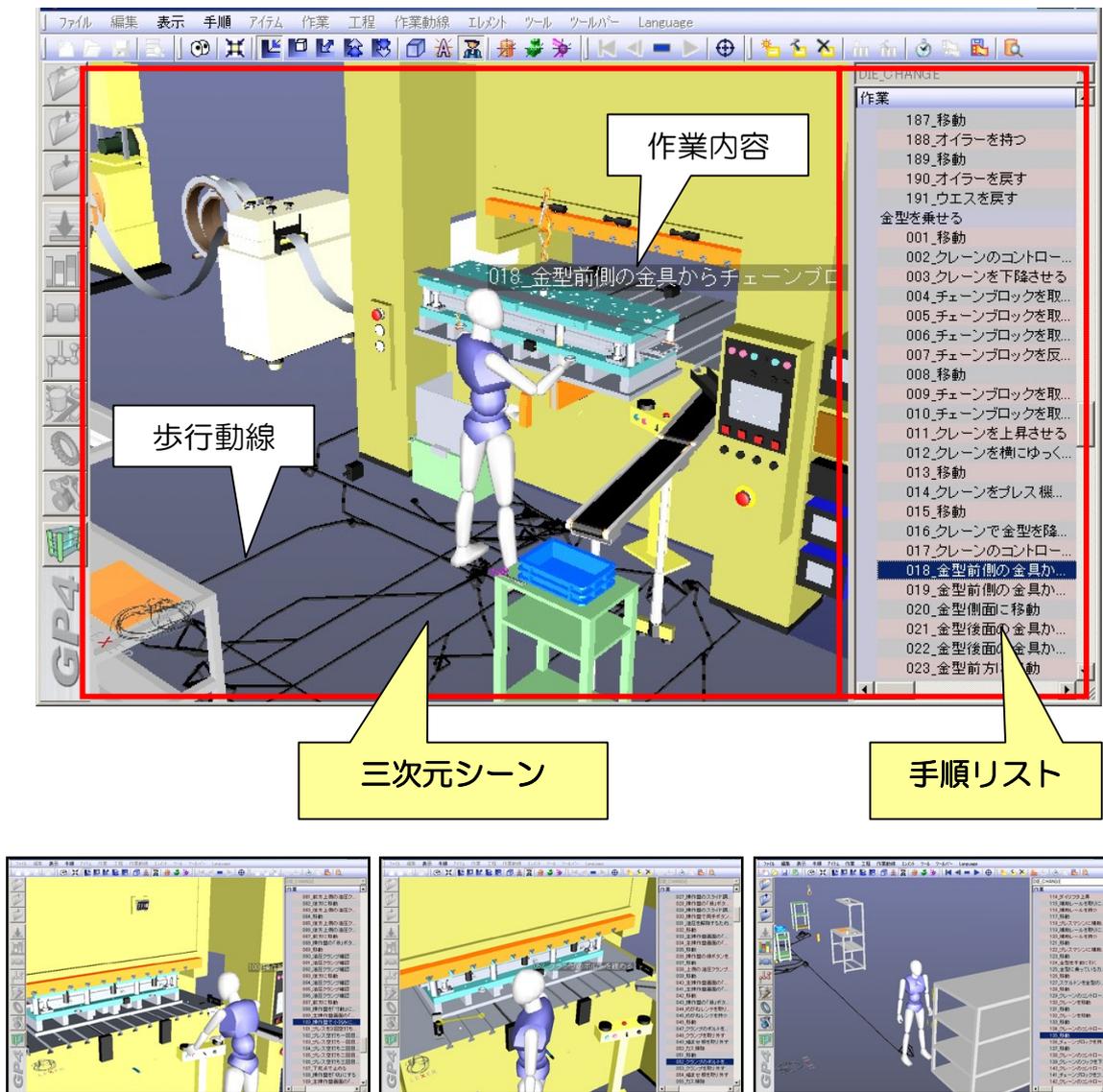


図2-2-3-2-9 体験型メンテナンスマニュアル

<適用効果の検証>

体験型メンテナンスマニュアルの適用効果の検証を実施。

<検証内容>

メンテナンス作業に必要な金型の脱着作業を対象とした適用効果の検証を実施。従来では不具合発生時の金型の脱着作業を一人でこなせるようになるまで、6回程度の脱着作業を経験しなければならなかったが、メンテナンスマニュアルを用いた事前学習を実施することで、4回程度で技術習得が可能であるという評価を頂いた。

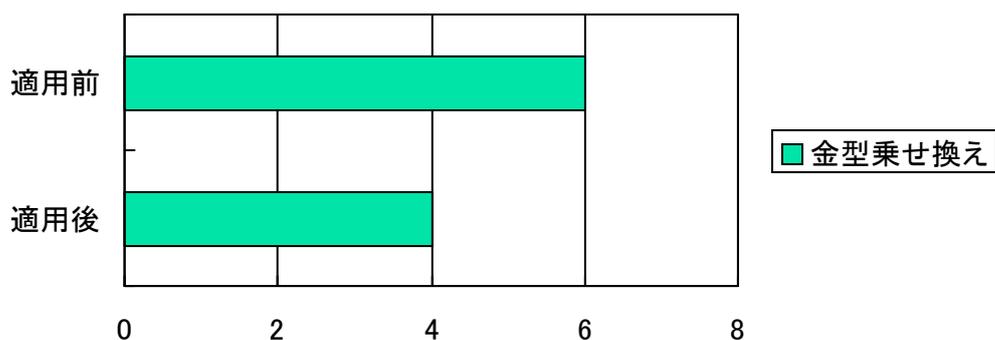


図2-2-3-2-10 適用効果の検証結果

2-2-4 結論

本事業全体の目標と達成度を以下に示す。

初期目標

体験型バーチャルリアリティ技術を導入した、工法・作業要領のデジタル・データベース化、作業指示書の「見える化」による技術者教育システムの開発。

	カテゴリ	最終成果	達成度
金型メンテナンス技能のデジタル化	メンテナンス作業手順体系化	メンテナンス作業手順体系化	100%
		3軸プレス工法におけるメンテナンスフローのモデル化	100%
		初級/中級メンテナンスマニュアルの開発	100%
	作業要領伝達メディア化開発	作業要領伝達メディア用三次元設備ライブラリの開発	100%
		作業要領伝達メディア用三次元設備ライブラリを管理するデータベースシステムの開発	100%
		体験型メンテナンスマニュアル作成支援ツールの開発	100%
		体験型メンテナンスマニュアル開発	100%
		適用効果の検証	100%

2-3 金型知能化と品質分析・管理

2-3-1 研究開発の位置づけ、目的と目標

<研究開発の位置づけ、目的>

通信機構を金型に組み込み、プレス機、メンテナンス・ショップとの通信システムを試作する。また、金型にアコースティック・エミッション（AE）センサーを組み込み、量産時における製品の不具合発生を計測により捕捉するシステムを試作し、プレス回数、プレス稼働時間、プレス加工条件、メンテナンス内容、担当者、金型個体などのライン・モニタリング情報と併せて、データベースに記録する機能を実現する。

これと併せて、金型個体の生産履歴と生産条件、プレス・モニタリングと不具合情報をデータベース化し、それらを用いて最適なメンテナンス条件を検討するためのデータ検索機能を開発し、プレス回数やメンテナンス履歴などの生産履歴に対応した品質（メンテナンス）作業条件決定を支援するためのシステムを試作する。

具体的には、以下の研究項目を実施する。

- ・ 金型履歴管理技術の開発
- ・ メンテナンス条件設定のためのデータベース化、データ分析技術の開発

19年度においては、AEセンサによる計測システムの構築と測定可否の確認及びUWB技術を採用した無線端末により通信実験を実施した。2年目は、より実用的かつ現場にとって使いやすいシステムにするための各種ベースシステムを開発した。

<目標>

金型の品質管理において、関連が深いと思われる、多くのパラメータを取得し、その中から管理により効果的な部分を絞り込み、実稼働時での管理の目安となる指標を探し当てることを目指す。この中には、アコースティック・エミッション（AE）センサをはじめ、ショット数、室温、素材情報などの加工条件や、金型不具合発生時のメンテナンス内容、担当者の気づき内容等の付帯情報を数値化し、その傾向を観察、分析、フィードバックしていくことが必要となってくる。

21年度は、20年度までの開発成果により取得可能となったデータから、プレス加工品の品質管理に関連が深い、有用なデータ群を選択の上、これらを連動させた活用及び検証を行うことを目標とした。その上で、3軸プレス加工機の製造工程情報、メンテナンス工程情報の共有化とメンテナンス作業条件決定の支援を想定したシステム統合化を行った。

2-3-2 研究開発の進め方、方法

19年度において、不具合の類型を整理し、20年度目にはそれに対応できる各種センサデータの取得および情報集約を行うための通信系の選定とデータベースシステムの機能開発を実施した。

21年度目は、20年度目までに手法を確立した基本データの効果的な縦覧と不具合予測の情報抽出を行うことを目的として、データベースによる整理、傾向表示を主眼においた。さらにはWebページによる情報共有を行い、各担当の評価を通して、客観的データと経験的データを織り交ぜて判断材料としての情報量を高めることを可能にする。以下にデータ取得項目とそれにまつわる機材構成を示す。

	項目	使用機材	通信系統
自動取得	タイムスタンプ	システムクロック	サーバー上で取得
	個別ID	トランスポンダ（オンメタル型）	無線タグ
	プレス制御盤からの出力信号処理によるショット回数の取得	センサ基板、Flex、Webブラウザ	USB-I/O
	センサ情報リアルタイム取得化とグラフィカル表示化	センサ基板、Flex、Webブラウザ	USB-I/O ZigBee
手動取得	不具合箇所情報を手書きにより図示伝達する	手書き入力システム（Flex、Webブラウザ）	LANによる共有
	不具合箇所の静止画撮影	USBカメラ データ取込基板	LANによる共有
	テキストデータ類	テキストボックス（Flex、Webブラウザ）	LANによる共有
別系統取得	実際の不具合現象を捉えるための長時間連続動画取得	長時間動画記録システム スキップバックレコーダ	UWB（無線USB）、LAN
	AEセンサシステムによる不具合検知実験	データロガー	LANによる共有
蓄積整理	データ一覧	Flex、Webブラウザ	LANによる共有
分析検討	要因分析図	Flex、Webブラウザ	LANによる共有
	散布図	Flex、Webブラウザ	LANによる共有
	レポート	Acrobat Pro Extended	LANによる共有

表 2-3-2-1 取得項目と機材

20年度目までに作成したセンサユニットにより取得したデータを通信系経由で取得する。ここからは、IDデータ、ショット回数データ、温度データ、湿度データ等が自動的にリアルタイムでダイレクトにデータベースに取得できる。

稼働状況と不具合状況に応じて、手動でデータを入力する。このときに発生状況、不具合の種別、不良箇所の手書き入力などを記録する。

また、画像データの取得は、静止画と動画をそれぞれ用意した。静止画はUSBカメラにより不具合箇所の記録に用いた。また、動画は別システムで記録し、別途データベースと統合することとした。

AEなど信号変動周期が極めて微小な信号については、ここでも別システムでの記録とし、ベクタ形式の画像データとして記録を行い、別途データベースと統合する。

このように、収集されたデータをデータベース上で時系列的に整理統合し、その場で、あるいは後日データ同士を参照比較するシステムを構築した。そして、集計データを様々な角度で検討し、結果から導かれる論理を適宜コメント追加していくことで、今回の目的に合致する不具合予測に寄与するシステムとすることになる。

また、今回のシステムの主な構成は、表 2-3-2-2 のようになっている

項目	使用機材
プラットフォームOS	Windows XP Pro
開発環境	Flex 3.0 (Adobe)
操作フロントエンド	任意のWebブラウザ
データ取り込みインタフェース	USB
手書き入力インタフェース	DTI-520 (ワコム)
大容量ストレージ	PC内蔵ハードディスク LinkStation (1TB)
動画取り込みソフトウェア	EDIUS Pro5

表 2-3-2-2 データベース系システム構成

2-3-3 実施結果と研究成果

具体的な実施項目を次に示す。

① 自動取得データ

データの自動取得に関しては次のことを実施している。プレス機からのデータ取得とセンサ出力取得に関して、パソコンインタフェースを通じてデータが取得可能となるインタフェース基板を2年度目に開発した。具体的には、プレス機からはプレスショット回数の取得を実施した。すなわち、図2-3-3-1 (a) のようにプレス機の側面に制御ボックスが配置されており、図2-3-3-1 (b) の丸部で示した端子から、ショットのタイミングと連動したアナログ信号

取得したデータはインタフェース基板を通じてセンサ出力をリアルタイムにPC上に表示できる。図2-3-3-2のようなセンサとインタフェース基板を組み合わせたユニットを開発し、リアルタイムに時系列データを取得することが可能となった。

これを利用し、センシングデータのトレンドグラフ表示を可能にした。図2-3-3-3に示す。これによりデータの監視を行い、不規則な変動等が出た場合にはその場で対応することが可能となる。

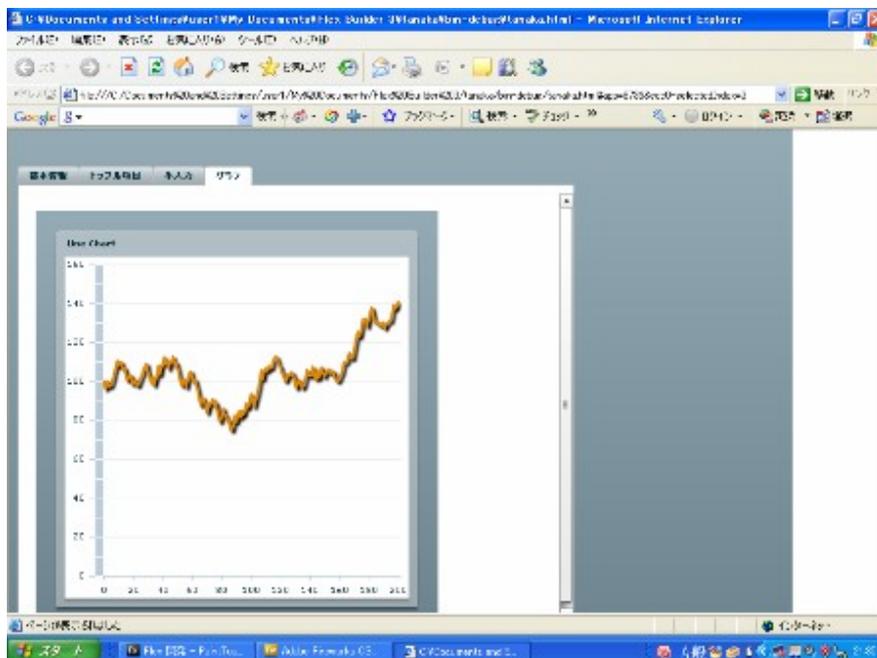


図 2-3-3-3 トレンドグラフ描画システム

② 手動入力データ

稼働状況と不具合状況に応じて、手動でデータを入力する。このときに発生状況、不具合の種別、不良箇所の手書き入力などを記録する。

現場における金型メンテナンスに関連して、19年度に現状ルーチンについて調査した際、プレスオペレータと金型メンテナンス技術者の情報伝達の手段として不具合箇所の図示が重要であることを知り、打ち合わせの際、手書き入力システムの作成が懸案事項に挙げられた。不具合箇所情報を図示伝達する手書き入力システムとして取り入れている。今年度は、現場における破損箇所を迅速に指し示すために、USBカメラを使った画像取込もできるように改良を行った。

③ 別システムによるデータ取得

精細動画やAEセンサ出力のような、データサイズが大きいものについてはパソコンとのリアルタイムでの連携能力を超えるため、稼働時ではなく、データ整理の際にデータを合わせることで連携することが必要となってくる。ゆえに、別システムでのデータ取得を行った。これらは、データベースとの連携をとりやすい記録形態に変換してデータ統合を行う。

<動画データの取得>

PC経由でハードディスクにダイレクトに取り込める動画像の長時間録画システムを構築し、作業者の手を煩わせること無く長時間連続動画像の撮影を可能とした。システムの概念図を図2-3-3-6、現場での稼働状況を図2-3-3-7に示す。プレス機の稼働状況を動画にて間欠無く記録することで、実際の不具合に際してその要因の捕捉の一助とすることができる。



図2-3-3-6 長時間動画記録システム

<AEセンサシステムによる不具合検知実験>

プレス試料（アルミ合金）の変形・破断等の不具合予測検知を目的として、プレス機にAEセンサを取付け、プレス時の長期間のデータ蓄積及び測定データの正常時、不具合時の波形比較を行った。なお、測定実験は、平成21年7月21日から平成22年1月29日まで実施した。

使用した機材による測定構成図を図2-3-3-8、使用した機器の型番を表2-3-3-1、プレス機へのセンサ取付け時の全体状況、プレス品、使用したAEセンサ、長時間記録レコーダの現場での稼働状況を図2-3-3-9に示す。なお、AEセンサ、増幅用アンプ、AE弁別器は、本事業により購入した物品である。

AEセンサの取り付け位置は、プレス機端部とした。当初の計画では、金型内部にAEセンサを埋め込む計画としていたが、H19年度の検証結果より、プレス機に設置することにより、安定的にデータの取得が可能であることが確認できたため、プレス機への設置とした。また、金型への埋め込みでは、金型ごとに取得したデータの検証が必要であることが想定され、プレス機の波形をベースとして、不具合波形の検証を行う手法に変更した。その際AEセンサは、固定式とせずマグネット式とし、プレス機のメンテナンス時に容易に取り外しが可能な設置方法とした。AEセンサは専用ケーブルによりアンプに接続し、そのアンプによりAEセンサからの微小信号を増幅した後、AE弁別器に接続する。AE弁別器は、目的とするAE信号のみを抽出するとともに、長時間記録レコーダに対して記録可能な信号への変換を行う。変換された信号は、長時間記録レコーダにより測定波形の確認及び記録が可能となる構成とし、波形取込み間隔は5分とした。



図2-3-3-8 装置構成

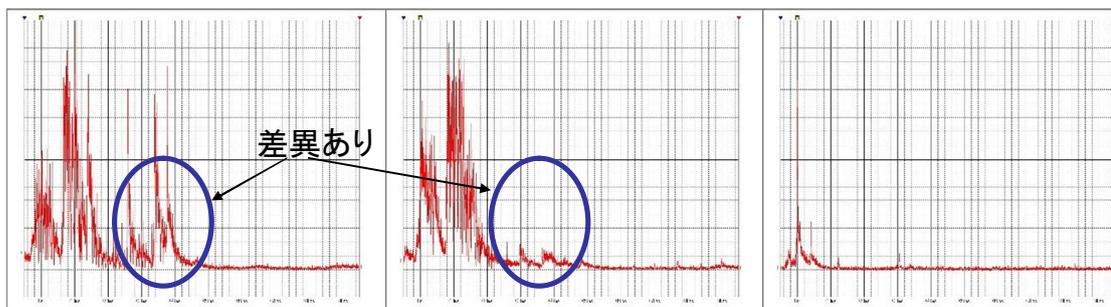
使用機器	メーカー/型番
AEセンサ	NF回路設計ブロック製 / AE901S
AEセンサ用アンプ	NF回路設計ブロック製 / AE912
AE弁別器	NF回路設計ブロック製 / AE9922
長時間記録レコーダ	HIOKI製メモリハイコーダ / 8855

表2-3-3-1 機器の型番



図2-3-3-9 現場での稼働状況

平成20年度は、長時間レコーダに記録された波形から、正常時、不具合時の差異を検出するために、「ダコン」不具合の発生が多数確認された日と不具合が小数であった日の波形の比較を行った。平成20年度結果を図2-3-3-10に示す。記録された波形を比較検証した結果、正常時、不具合発生時、試運転時の3つに分類分けが可能であることが確認できた。



(a) 正常時 (b) 不具合発生時 (c) 試運転時

図2-3-3-10 3分類分けを行った波形例

平成21年度に長期間測定を実施した記録データにおいても、同様の傾向が確認でき、不具合発生数と、不具合発生時と考えられる波形数の検証を行った。表2-3-3-2に、不具合発生数例として、10月分の不具合発生数を示す。昨年度は、「キズ」、「汚れ」、「変形」、「穴なし」の不具合発生数は少数であり、「ダコン」不具合が大多数を占める状況であったが、今年度は、「ダコン」以外の不具合も多く発生している。「キズ」、「ダコン」、「変形」の不具合が多数発生している日の記録された波形から特徴的な波形の確認を行ったが、平成20年度に3分類した特徴的な波形のみの記録となっており、「キズ」、「ダコン」、「変形」の差異を示す特徴を得ることができなかった。

そこで、「キズ」、「変形」、「ダコン」の3種類は、形状的な不具合であることから、発生数の合計値と、不具合波形と考えられる波形数の関係を検証した。10月分の各日の3種類の不具合発生数合計値と検出波形数を表2-3-3-3に、関係を図2-3-3-11に示す。不具合発生合計値が増加することに伴い、不具合波形と考えられる記録波形数も増加の傾向を示している。このことより、不具合発生数と不具合記録波形数には相関があり、不具合の発生を検知しているものと考えられる。なお、「汚れ」不具合発生に関しては、形状的な不具合ではないため、形状による超音波の伝搬を検出するAEセンサでは、不具合の検出が困難であることから、検証の対象から除外した。また、10月20日分の記録については、「ダコン」不具合が極端に発生おり、発生数に対して、測定間隔が短い可能性があることから検証対象から除外した。

2-3-4 結論

以上、メンテナンス間隔を予測するためのシステムを開発し、多くのセンシングおよびデータ取得および表示を行うための基盤システムを構築することができた。このシステムを利用し、経験的な判断も交えて継続的にデータを蓄積することにより、今回の目標である、プレスメンテナンス間隔について、その傾向を把握することが可能となった。