

令和元年度
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

「金型チューニングに関する熟達者知見の AI 化による
機差・環境差推定の研究開発」

研究開発成果等報告書

令和2年5月

担当局 東北経済産業局
補助事業者 一般財団法人素形材センター

目 次

第1章 研究開発の概要	3
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1-2 研究体制	5
1-3 成果概要	7
1-4 当該研究開発の連絡窓口	9
第2章 本論	10
2-1 熟達者の知見抽出	10
2-2 機差・環境差推定アルゴリズムの開発	10
2-3 機差・環境差推定システムの実験検証	14
2-4 機差・環境差推定のシステムトライアル	22
2-5 機差・環境差推定の本番システム開発・導入	25
第3章 全体総括	31
3-1 研究開発成果の総括	31
3-2 研究開発後の課題・事業化展開	31

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) 研究開発の背景

自動車には多くの樹脂成形部品が使用されている。これらの部品は、顧客ニーズの多様化、製品ライフサイクルの短縮といった市場の変化にタイムリーに対応するため、多品種少量生産や、海外生産シフト、世界同時立ち上げなどの生産対応を迫られているだけでなく、コストダウン要求の強まりや環境対応など、複雑な要求に対応していかなければならない。自動車は使用されるアセンブリ製品の精度に依存しており、アセンブリ製品の精度はそれを構成する部品精度に依存する。さらに構成部品の内、樹脂成形部品の精度は金型の精度に大きく依存している。つまり、金型の精度が製品の精度に大きく影響しているといえる。このため、金型メーカーでは、納入先でも安定した成形を実現するため、出荷の前段階でトライ、修正を繰り返すことにより安定した品質を満たすための条件出し(チューニング)を行っている。

しかし、成形メーカーでの生産立上段階等で金型の成形条件を再現できず、成形メーカーや金型メーカーでは現地チューニング対応に追われ、莫大な費用負担を強いられている。これには、金型の設置先での機差や環境差が影響している(図表 1-1-1)。また、チューニング作業は高度技能者の人的対応で行っているが、負荷増大や高齢化による人材の枯渇は深刻となっている。

これら課題を解決するため、ナレッジマネジメントなどの仕組みが開発されており、近年ではIoT、ビッグデータ、AIといった新技術や新サービスが登場し、不具合対応の省人化や、人材育成期間短縮などが期待されている。しかし、これらの新技術を使いこなすためには専門のITスキルが必要となる。また、これらの新技術を導入するためには膨大なコストと時間がかかるため、中小の製造業にとって敷居が高いものになっている。

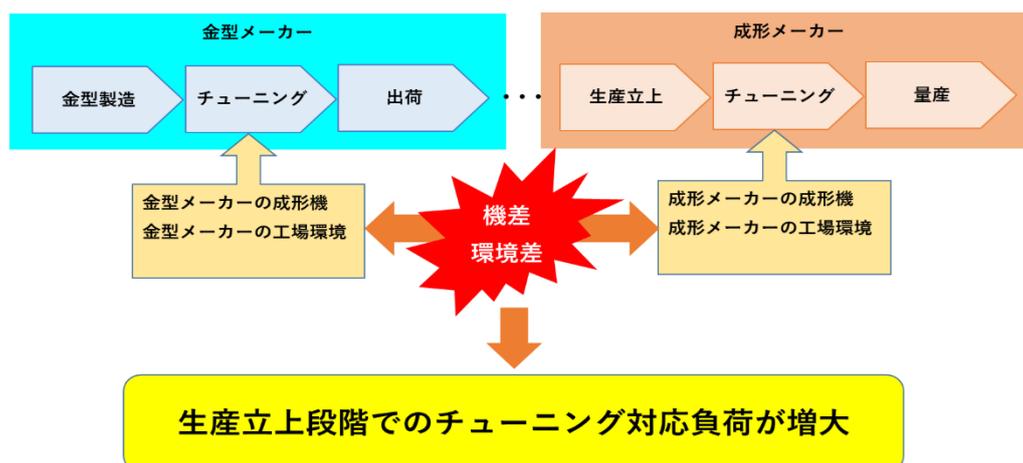
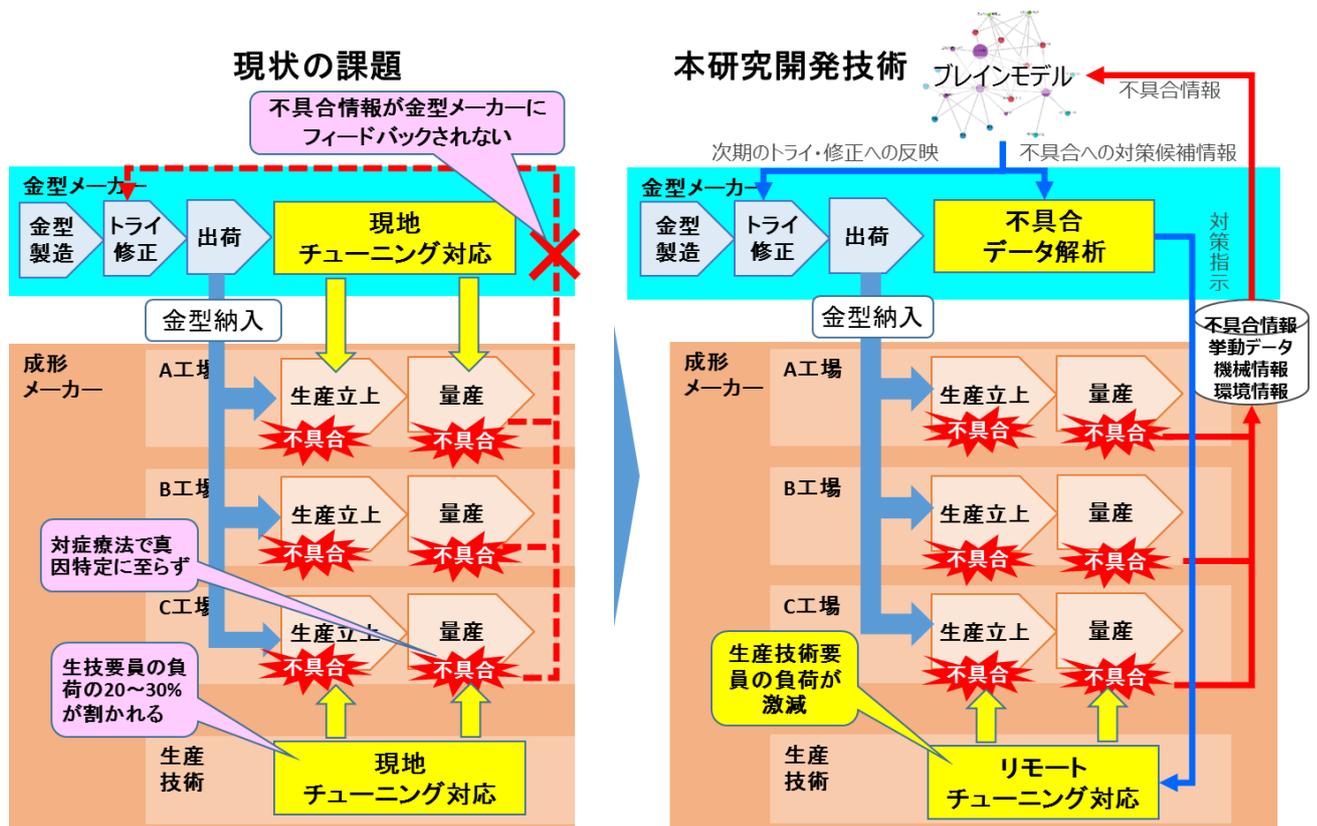


図1-1-1 金型の機差・環境差の影響

(2) 研究目的及び目標

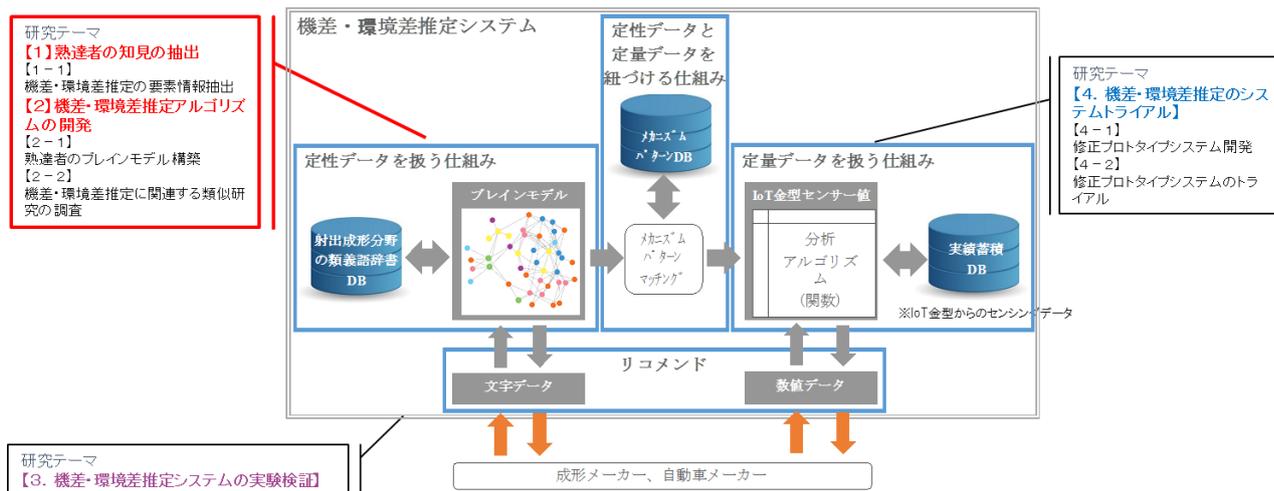
前項でも述べたように、自動車産業で多く使用される樹脂成形部品の成形には金型が使用される。この金型が取り付けられる成形機の個体差(機差)や成形機の設置環境の温度や湿度、材料、取り付け方法などの差(環境差)により成形条件のバラつきが生じるため、成形メーカーにとって大きな負担となっている。これを解決するためチューニングを実施する熟達者知見をAI化し、金型出荷前段階で機差・環境差を予測するシステムを構築する(図表 1-1-2)。



図表 1-1-2 現状の課題に対する本研究開発技術の概要

本プロジェクトで構築する機差・環境差推定システムは、成形機の試作量産立上段階で発生する不具合に対し、起きた事象とその際のパラメータ値等をインプットすると、アウトプットとして、言語による有効な対策と、ガイドラインとしての補正值(一部)等をリコメンドする仕組みである(図表 1-1-3)。本プロジェクト内では、対象製品・材料を絞ったある特定場面でのブレインモデルシステムを開発、実証する。

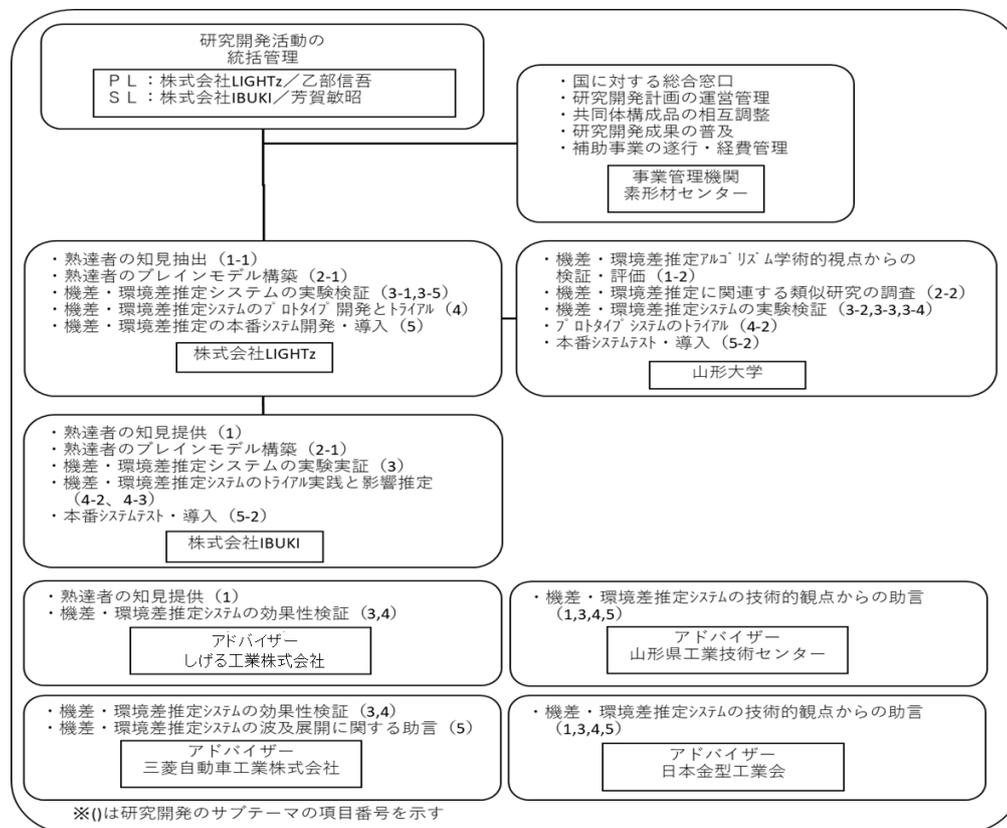
単に「答え」を出すのではなく、答えに至る「過程」のメカニズムも明確にすることで、対症療法ではなく「プロセス改善」や「技術伝承」を促す。また、リモートでチューニングを行える仕組みの提供、将来的には金型メーカーにおける次期金型設計や製造・トライに活用することを目指すものである。



図表 1-1-3 本事業で開発する機差・環境差推定システム

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

本事業は、図 1-2-1 に示すような体制で研究開発を実施した。なお、事業管理法人である（一財）素形材センター内に、研究実施機関、及びアドバイザー（研究内容に関する識者・ユーザ）で構成する推進委員会を設置し、本事業の推進を図った。



図表 1-2-1 本事業の実施体制

①事業管理機関

名 称	一般財団法人素形材センター
代表者及び役職名	会 長 横川 浩
本社所在地	〒105-0011 東京都港区芝公園三丁目5番8号
主な事業所所在地	所 在 地： 〒105-0011 東京都港区芝公園三丁目5番8号 事業所名： 一般財団法人素形材センター
電話番号	03-3434-3907
FAX番号	03-3434-3698
担当者名及び役職名	技術部長 田邊 秀一

②研究等実施機関

名 称	株式会社LIGHTz
代表者及び役職名	代表取締役社長 乙部 信吾
本社所在地	〒305-0047 茨城県つくば市千現2-1-6
主な事業所所在地	所 在 地： 〒305-0047 茨城県つくば市千現2-1-6 事業所名： 株式会社LIGHTz
電話番号	029-886-5072
FAX番号	029-886-6622
担当者名及び役職名	事業企画部 部長 堀越 龍彦

名 称	株式会社IBUKI
代表者及び役職名	代表取締役 松本 晋一
本社所在地	〒999-3511 山形県西村山郡河北町谷地字真木160番地2
主な事業所所在地	所 在 地： 〒999-3511 山形県西村山郡河北町谷地字真木160番地2 事業所名： 株式会社IBUKI
電話番号	0237-72-7121
FAX番号	0237-72-3936
担当者名及び役職名	生産部 芳賀 敏昭

名 称	国立大学法人山形大学
代表者及び役職名	代表取締役 松本 晋一
本社所在地	〒990-8560 山形県山形市小白川町一丁目4-12
主な事業所所在地	所 在 地： 〒992-8510 山形県米沢市城南四丁目3-16 事業所名： 山形大学米沢キャンパス グリーンマテリアル成形加工研究センター
電話番号	0238-26-3081
FAX番号	0238-26-3081
担当者名及び役職名	有機材料システム研究科 教授 伊藤 浩志

③研究開発推進委員会

委員長(PL)	乙部信吾	株式会社 LIGHTz 代表取締役社長
副委員長(SL)	芳賀敏昭	株式会社 IBUKI 生産部
委員	堀越龍彦	株式会社 LIGHTz 事業企画部 部長
	松本晋一	株式会社 IBUKI 代表取締役
	伊藤浩志	国立大学法人山形大学 大学院有機材料システム研究科長
	石神 明	国立大学法人山形大学 伊藤研究室 技術専門職員
	田中壮治	三菱自動車工業株式会社 生産技術本部 生産技術管理部 担当部長(技術開発・生産 IoT 推進)
	馬場教揮	三菱自動車工業株式会社 生産技術本部 板金樹脂生産技術部 樹脂技術 Gr マネージャー
	大熊幸喜	しげる工業株式会社 管理部 部長
	齊藤尚人	しげる工業株式会社 生産技術部 部長
	後藤喜一	山形県工業技術センター 主任専門研究員
	横田悦二郎	一般社団法人日本金型工業会 学術顧問
事務局		一般財団法人素形材センター

1-3 成果概要

本事業の成果概要をサブテーマ毎に下表に整理する。

サブテーマ	成果の概要
【1】熟達者知見の抽出	<p>金型・成形メーカの熟達者等へのヒアリングから、樹脂成形における不具合発生時の「現象判断・要因推定・対策特定」に関する知見を抽出し、機差・環境差に起因する要因を推定するアルゴリズム(ブレインモデル)構築のための要素情報とした。</p> <p>知見抽出の切り口として、14 の主要不具合を対象とし、熟達者が不具合発生時に着目するポイントを「定点観測ポイント」として設定した。さらに設定した「定点観測ポイント」について、学術的視点からその妥当性を検証した。</p>
【2】機差・環境差推定アルゴリズムの開発	<p>熟達者の「言葉」と「思考回路」を独自の手法で可視化・ネットワーク化した「ブレインモデル」(14 の不具合に対応)を構築した。</p> <p>また、「決定木構造」の手法を用いて、「不具合、要因、対策」に係る論理的な展開部分を補完した。</p> <p>類似研究調査で、文献等に頻出する不具合因子の把握、14 の主要不具合について対策のトレードオフ関係の整理等を行い、熟達者知見のアルゴリズムへの組み込み可能性を確認した。散在する情報の集約によりアルゴリズム開発への有用な気付きが得られた。</p>
【3】機差・環境差推定システムの実験検証	<p>金型内部での樹脂の挙動特徴と熟達者の思考を関連付ける上で、金型内部の樹脂挙動データを捉えることを目的として、IoT 金型 2 基 (80t要素実験用、450t実生産環境実験用)を設計製作した。製作した IoT 金型は、純粋な樹脂挙動特性を把握す</p>

	<p>る単純形状と、実製品を想定した樹脂挙動を把握する複合形状の2種類としたが、更に製品形状の違いによる挙動データの違いを捉えるため、実用シーンを想定した別形状での情報追加(偏肉、ガス抜きの有無等)が必要となったため、対応する交換駒を設計製作した。</p> <p>実験検証は、基礎実験(53 項目、データ数 257)と複合実験(143 項目、データ数 715)の2種類の実験を実施した。</p> <p>基礎実験では、環境条件(特に水分、温度)による樹脂への影響を想定し、樹脂への吸水率を変化させた際の成形への影響把握を実施した。</p> <p>複合実験では、対象樹脂材(4種類)を選定した上で、加工条件や樹脂条件を変化させたパターンを設定して実験を実施。その結果、成形した際の時系列のセンサー値と製品側に現れる不具合とその要因の特徴(教師データ)のデータセットを取得した。</p> <p>複合実験で収集したデータは、製品に現れる不具合およびその要因に紐づく時系列センサー値の特徴量を抽出し、その特徴量とブレインモデルの言葉との関連付けを実施した上で、プロトタイプシステムのバーチャル検証を行い、ブレインモデルの言語によるガイド機能(言語同士の繋がりが正しく機能しているか)で全ての定点観測ポイントについて正しく機能していることを確認し、また AI 回答と実験時の対策との突合検証で一致度 80%以上の目標を達成した。</p>
<p>【4】機差・環境差推定のシステムトライアル</p>	<p>【3】を受けて、本番システムのベースとなる、「修正プロトタイプシステム」を開発した。</p> <p>また、モデルとした2拠点で、実生産により近い条件/環境下で、「修正プロトタイプシステム」を用いたトライアル(材料 4 種、再生材・形状変更等を含む条件設定、1900 ショット)を実施した。</p> <p>その結果に基づき、アルゴリズムのブラッシュアップを行い(①ブレインモデル/決定木の確からしさ検証、②特徴量による不具合の特定・ブレインモデルとの紐づけ、③ユーザビリティのレビュー等)、本番システムへの適用内容とした。</p> <p>リアルな成形機上・成形品での突合検証の結果、AI が導き出した回答と現場で行われた対策効果について、一致度 80%以上を確認した。</p>
<p>【5】機差・環境差推定の本番システム開発・導入</p>	<p>【4】を受けて、本番システムの要件確定、及び本番システム開発を完了した。</p> <p>システム有効性の検証では、モデルとした2拠点における、実生産現場に近い条件/環境下での本番システムテスト(12 パターン 24 項目)で、AI 回答と現場対策の結果の一致度 83% (目標 80%以上)を達成した。また導入効果の推定として、74%のコスト削減効果(目標 50%以上)があるとの結果を得た(良品に到達する確率、10 種類のトライに要する総時間数等の AI 支援有り無しの比較等による)。</p> <p>併せて「材料メカニズム記述書」を取りまとめた。</p> <p>本記述書は、事業を通じて収集・獲得した情報(熟達者及び学術的知見、実験検証結果等)に基づき、主要不具合ケース 14</p>

	<p>について、不具合発生と要因対策の視点から、各メカニズムを定義(明文化)・体系化したものである(不具合発生メカニズム 37、要因メカニズム 74)。システムとセットで提供することで、システムユーザー(新人才オペレータ等)の不具合判断・要因/対策の理解促進、AI 回答根拠のブラックボックス化の回避が期待される。</p> <p>更に事業化を念頭に、システム導入効果の試算を行った。必要なリードタイム・コストにおいて、競合技術であるビッグデータ型と見積比較し、96-97%の削減効果という結果を得た(目標50%以上を達成)。これにより、本事業で開発したシステムの優位性を確認し、商品化・事業企画を行った。</p>
--	--

1-4 当該研究開発の連絡窓口

名 称	一般財団法人素形材センター
担当者名及び役職名	企画部次長 中野知香子
電話番号	03-3434-3907
FAX番号	03-3434-3698
E-mail	kinzoku@sokeizai.or.jp

第2章 本論

金型チューニングに関する熟達者知見の AI 化による「機差・環境差推定システム」を開発するために、下記を実施した。

2-1 熟達者の知見の抽出

(1)機差・環境差推定の要素情報抽出

今回の取り組みでは、熟達者知見をベースとした AI ツールである『ORGENIUS』を採用している。『ORGENIUS』では、熟達者の思考を言葉のネットワークで表現したブレインモデルを構築して実装する(2-1(1)で実施)。このブレインモデルを構築するためには対象分野の熟達者への知見のヒアリングを行う必要がある。今回の取り組みでは、国内外の金型メーカ・成形メーカにおいて、金型出荷前・量産立上・量産展開後の各段階に従事している熟達技術者が、“成形不具合発生時にどのように成形条件のチューニングを行っているか”が対象となるため、その知見の抽出を実施した。抽出した知見は、不具合の「現象判断(どのような点を確認しているか)」、「要因推定(どのような機差や環境差に要因がどのように不具合現象に影響していると想定するか)」、「対策特定(どの成形条件項目を補正することで対策するか)」に関してヒアリングし、機差・環境差推定に関する要素情報として抽出した。

上記の知見の要素抽出の際には、熟達者知見のモデル化の切り口として、代表的な不具合事象 14 種類を対象とし、熟達者がそれぞれの不具合現象の要因を絞り込む上で、定点観測的に着目している要素を「定点観測ポイント」として設定した。

(2)定点観測的ポイントの学術的視点からの再検証

前項の「定点観測ポイント」は熟達者の長年の経験に基づく現場の視点であるが、この視点が学術的観点からも妥当性のあるものかどうかを確認するため、現場(経験)と学術(理論)の双方で合意できる項目として設定するため、現場視点と裏側にある工学的なメカニズムとの整合性に着目し、大学における樹脂研究のシーズに基づき、学術的視点から妥当性を検証した。

2-2 機差・環境差推定アルゴリズムの開発

(1)熟達者のブレインモデル構築

2-1で抽出した熟達者知見について、「言葉」(「着眼点」と「思考回路」)を可視化・ネットワーク化した「ブレインモデル」を構築した。(図表 2-2-1)

すなわち、熟達者からのヒアリングや学術的識者との予備検討で得られた文言(重要度の高いノウハウを示す単語)を熟達者の直観的な思考の繋がりでも可視化・ネットワーク化した(具体的には、DSM(Design Structure Matrix)構造化手法により「言葉」の相関関係を整理した上でブレインモデル化)。さらに、「事象・原因・対策」の論理的な展開関係の構造を「決定木構造(図表 2-2-2)」で整理し、熟達者の直感的な思考のブレインモデルを補完した。

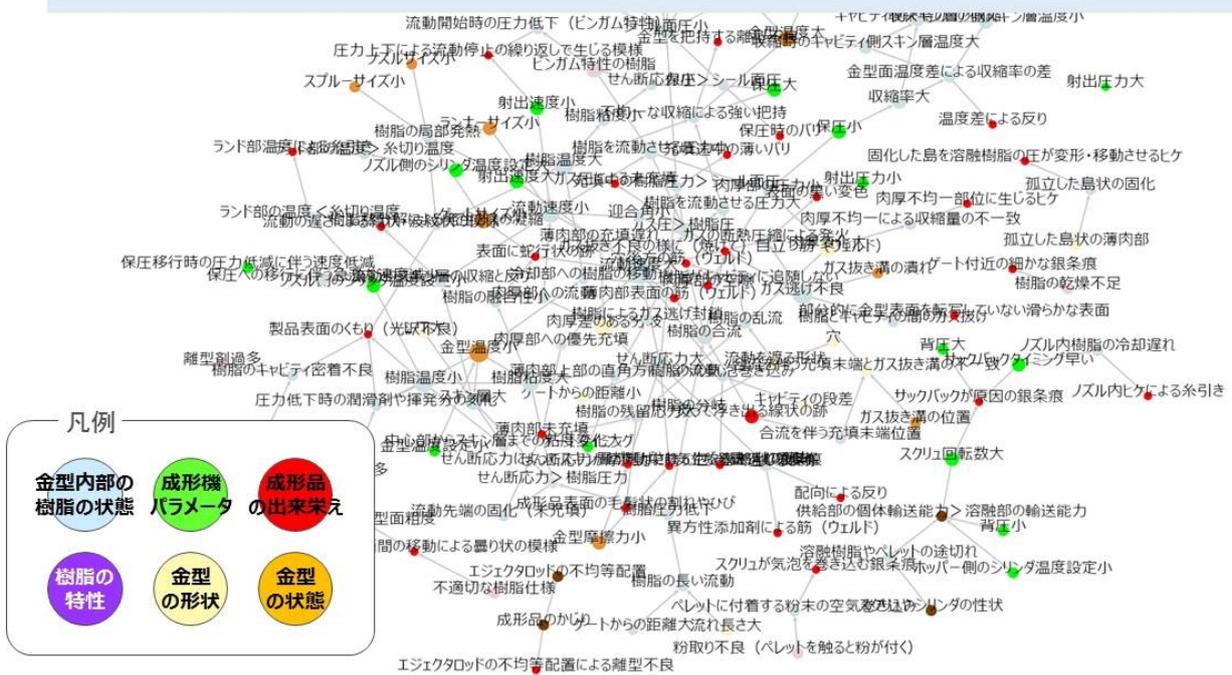
作成した(図表 2-2-3 のようなブレインモデルは、IBUKI(金型メーカ、試作部門・出荷前トライ担当)へのヒアリングに基づいてベースを作成し、三菱自動車工業(自動車メーカ成形部門)、しげる工

業(成形メーカ)の生産技術部門の熟達者の意見を加えることで、金型メーカとしての視点だけでなく成形メーカとしての視点をほぼ網羅でき、成形現場での発生頻度の高さ、客観的な不具合認識のされやすさ、発生した際の対応の困難さなどを考慮し、要素情報を補完した。

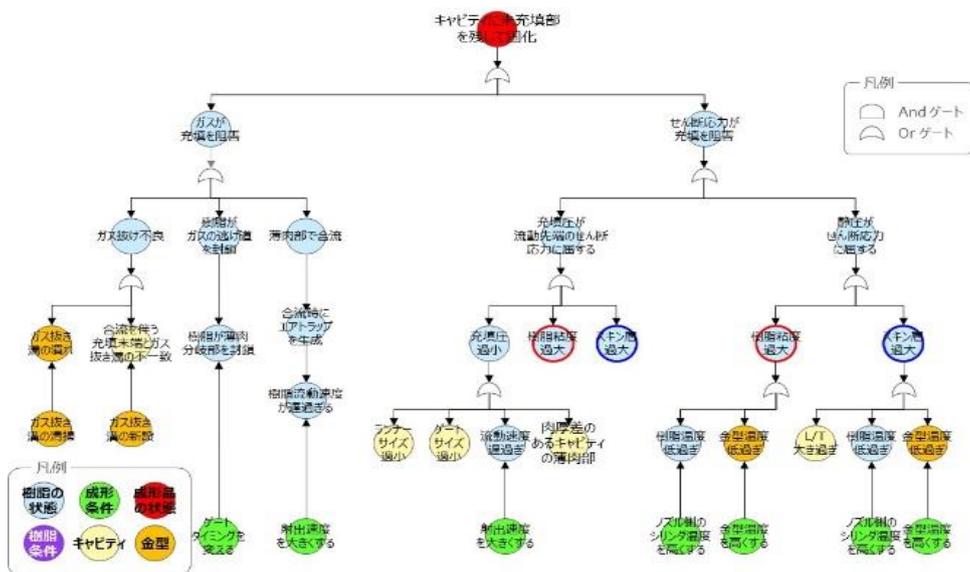
これにより、ブレインモデルにおける、熟達者知見の工学的視点からの確からしさ検証を行いやすく、また、システム上の不具合を解決するための対策ルート機能をより強化できることとした。

・ 熟達者ヒアリングの結果として得られた樹脂成形の知見を言語ネットワーク化した

- ・ ヒアリングさせていただいた熟達者
 - ・ 金型メーカ : 金型の試作段階・出荷前成形トライから関わり、完成度を向上させる熟達者
 - ・ 成形メーカ : 成形機を用いて樹脂成形品の良品条件を作り上げる熟達者
 - ・ 自動車メーカ(成形部門) : 樹脂成形品の量産工程を立ち上げる熟達者

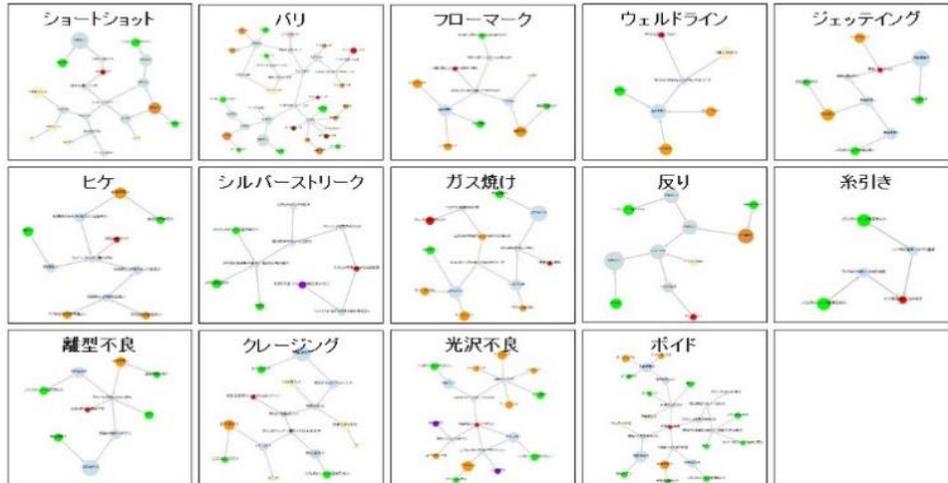


図表 2-2-1 ブレインモデルの全体像



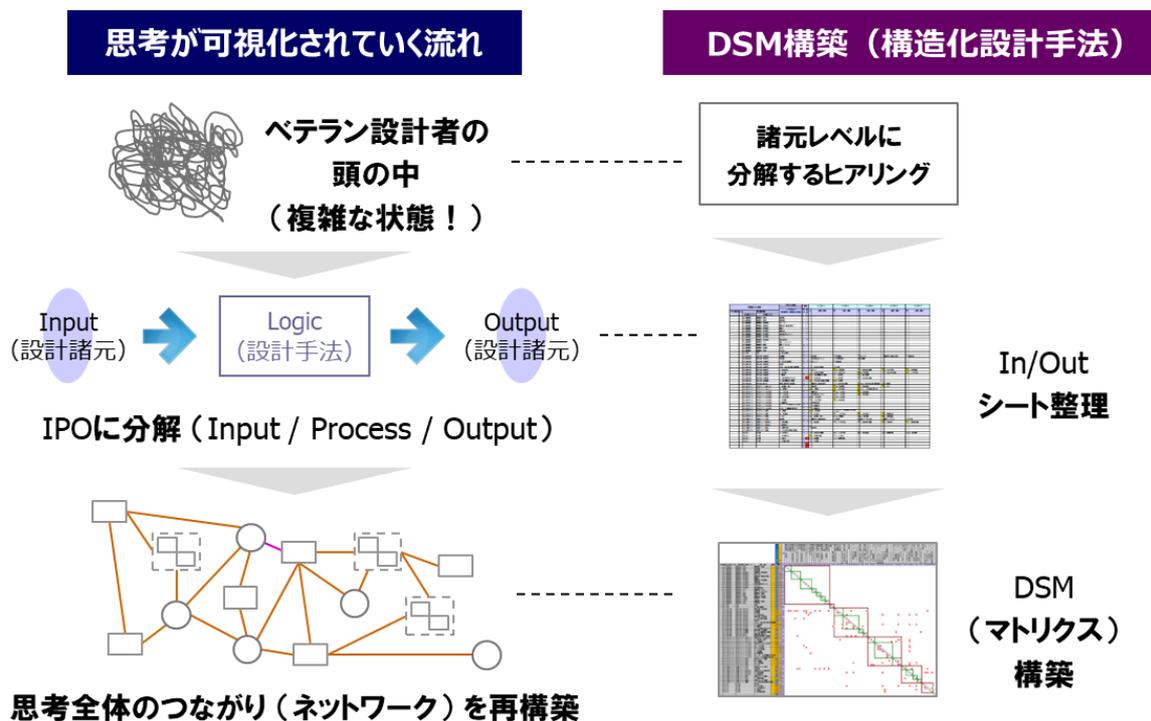
図表 2-2-2 決定木構造(ショートショットの例)

- ・ 射出成形における代表的な不具合を14種類に定め、各々の現象に関係する要素をブレインモデルから抜き出した。



図表 2-2-3 14の不具合現象ごとに切り出したブレインモデル

【参考】ブレインモデル構築のための手順



(2)機差・環境差推定に関連する類似研究の調査

国内外の学術論文、加工・材料・成形機メーカー等による公知情報を調査し、以下の図表 2-2-4、及び 2-2-5 に示すように、プラスチック射出成形における代表的な不具合現象 14 種類(外観・寸法)について、その発生要因(推定)、及び不具合現象と対策の「トレードオフ関係」に着目した分類整理を行った。その結果、これまで現場で散在していた情報が集約でき、システム開発への有用な気

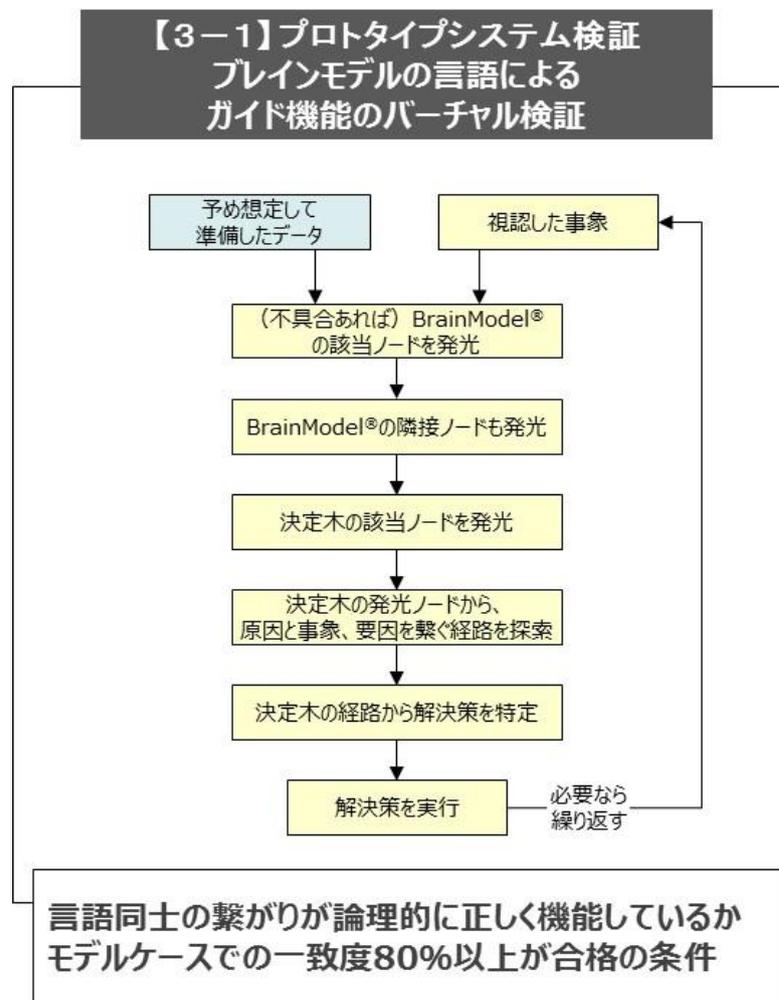
2-3 機差・環境差推定システムの実験検証

(1)プロトタイプシステム検証

ブレインモデルと決定木を搭載したプロトタイプシステムを開発した。本項では、両者の紐づけ、引き当てに必要な関数(アルゴリズム)の考案、及びソフトウェアのサンプル制作を行い、プロトタイプ AI システムに仮実装した。

その上で、本プロトタイプ AI システムにおいて定義した「ブレインモデル」と「決定木」の役割分担に基づき、作成した両者のインプット・プロセス・アウトプットの関係性が正しいか(言語同士の繋がりが論理的に正しく機能しているか)という、「言語によるガイド機能」に主眼を置いた検証を行った(図表 2-3-1)。

その結果、すべての定点観測ポイントについて、論理的に正しく繋がっていることを確認し、100%満たすと判断でき、一致度 80%以上の目標を達成した。なお、今後新たな知見を(熟達者から)得る機会があっても、参照した工学的な知見に誤りがない限り、既存のブレインモデルや決定木に影響を与えずに補完することは理論的に問題ないと考えている。



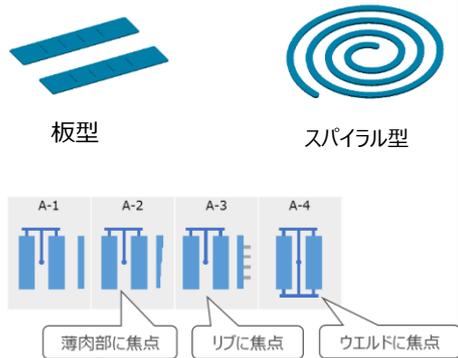
図表 2-3-1 プロトタイプシステムの検証フロー

(2) 実験方法の設定・準備

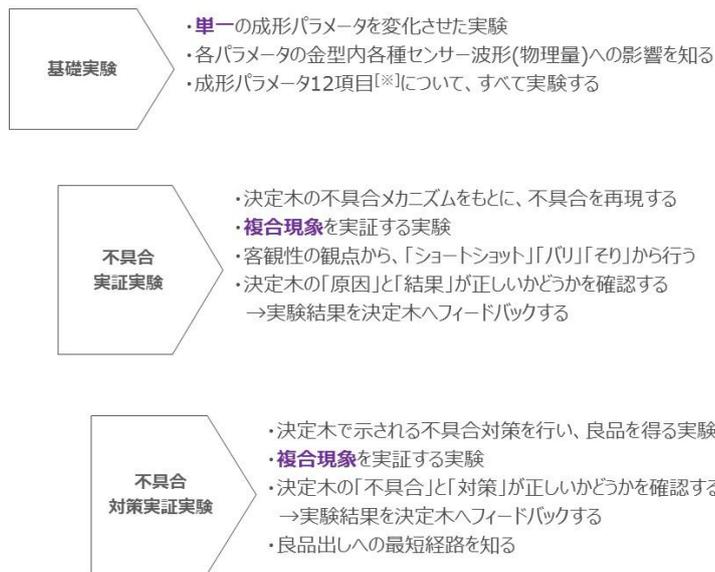
今回の取り組みで構築する機差・環境差推定システム構築では、熟達者知見のブレインモデルと、成形における金型内部の樹脂挙動の特性を結びつけ、金型内部のデータから熟達者知見に基づくチューニング方法の示唆を与えることを企図した。その検証実験を行うため、成形実験用金型 2 基の仕様を検討・設定した。仕様は、成形時の基本的な現象(樹脂流動や成形性等)を捉えやすい製品特徴をイメージした形状、成形不具合の発生メカニズム解明に寄与する設計を考慮し、更に駒交換構造を採用することで計5パターン(形状・サイズ・ゲート・センサー位置など)の検証が行える仕様とし、2 型でも効率的に実験できる仕様とした。

今回の実験では、特に水分・温度の変化が材料特性・型表面・樹脂挙動に与える影響に着目し、数値による現象の把握分析を行うため、各種センサー(温度、圧力、速度、変位等)を付与した IoT 金型とした。また、モニタリングシステムをはじめ、実験に必要な計測機器等を導入した。以下に設定した対象樹脂、金型の仕様概要、及び実験項目と検証方法を示す。

図表 2-3-2 に基づく基本方針のもと図表 2-3-3 に示すような条件で、材料特性や単一成形成条件等の成形への影響を検証するための「基礎実験」と、より実生産に近い状態を想定して複合的な要因による成形への影響をみるため、成形条件の組合せによる影響を再現的に検証する「複合実験」を行うこととした。(実験内容の詳細は2-3(4)参照)

		山形大学	IBUKI
実験目的	機差検証	—	型締力の差 (450/850t の成形機で検証) ※
	環境差検証	樹脂材料の含水影響	—
成形機(型締力)		110t	450t/850t
対象樹脂		PP、PP+タルク、PA、PC(4 種に限定)	PP+タルク
成形品 (IoT 金型の形状)			
成形条件 (樹脂挙動に着目した主要 12 項目)		単一パラメータ影響実験 (基礎実験)	単一パラメータ影響実験 (基礎実験) 不具合の組合せ再現実験 (複合実験)

図表 2-3-2 実験項目と検証方法



※	成形パラメータ
1	金型温度
2	ノズル温度
3	射出時間
4	射出圧力
5	射出速度
6	VP切換位置
7	保圧
8	保圧時間
9	スクリュー回転数
10	背圧
11	サックバック量
12	冷却時間

※成形条件は、成形機上で入力設定する管理項目としてのパラメータの中から、熟達者知見と不具合発生メカニズムを紐解く軸として着目した「樹脂挙動」との関係が深いと推定される、主要12項目を選定した。

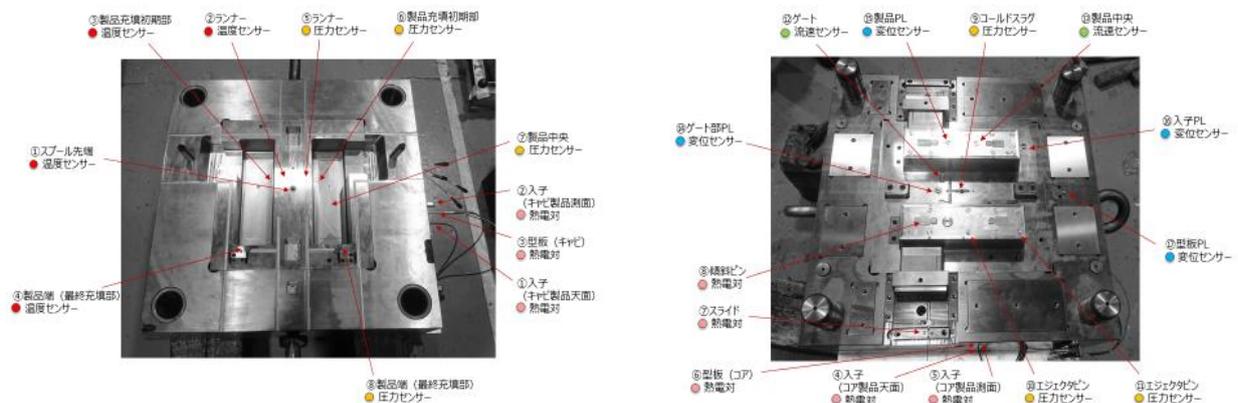
※機差：射出機構、成形機仕様(油圧/電動、型締力、可塑化能力等)から選定

図表 2-3-3 機差・環境差に基づく成形実験

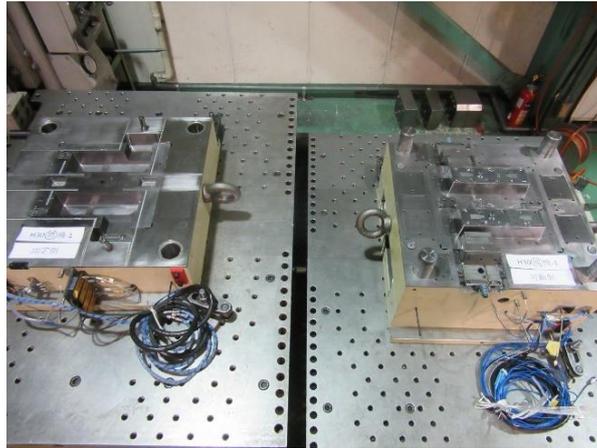
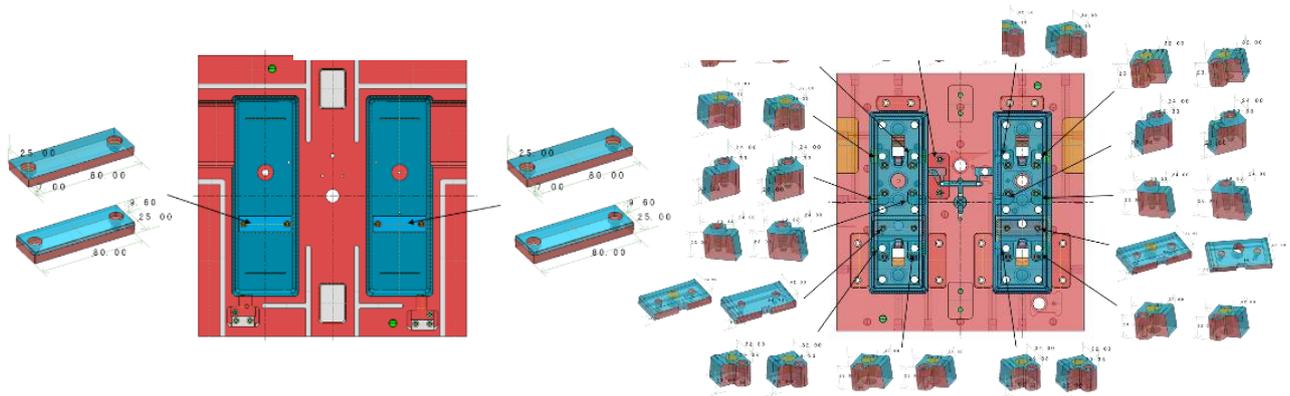
(3) 実験用金型の製作

2-3(2)項で設定した詳細仕様に基づき、以下に示すような実験用金型 2 基 (80t要素実験用:駒交換構造、450t実生産環境実験用) を製作した。

構造は一つの金型でも駒交換により複数形状の製品を成形でき、不具合を効果的に実験検証できるもの(5 パターン)としている。更に、2つの金型を用いた成形実験の結果、更に別形状での成形実験が必要となったため、450t用の交換駒(ゲート駒、偏肉用駒、ガス抜き有無)を追加製作した。ここで製作した金型を図表 2-3-4 に示す。



【IBUKI での実生産環境下での実験用金型】



【製作した交換駒】



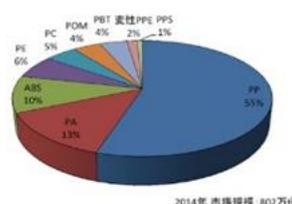
【山形大学:要素実験用金型】

図表 2-3-4 実験用金型

(4) 実験実施

実験では自動車用途で多く使用される対象樹脂材(図表 2-3-5)について、材料の状態を変えたパターンでの「基礎実験」(53 項目、データ数 257)と成形条件を変えたパターンでの「複合実験」(143 項目、データ数 715)の 2 種類の実験を実施し、実験データの分析・解析を行った。

材料	粘性	結晶性	吸湿性
PP	中粘度	結晶性	低い
PP+タルク	高粘度	結晶性	低い
PA6	低粘度	結晶性	高い
PC	高粘度	非晶性	高い



選定条件

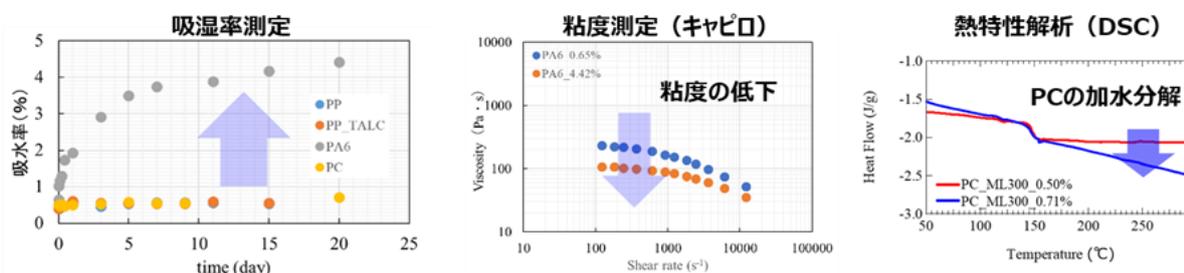
- ・使用量
- ・射出グレード
- ・自動車用途
- ・大量購入可能
- ・結晶性VS非晶性
- ・吸水性

図表 2-3-5 実験に供した対象樹脂 4 種類

基礎実験では、特に環境差という観点から、材料の吸水が物性へ与える影響を調査した。この結果、図表 2-3-6 に示すように、特に PC について、吸水による加水分解によって物性が変化してしまうことが確認でき、環境差による樹脂材への影響を確認できた。

材料	粘性	結晶性	吸湿性	吸水前後の物性変化	
				MFR	水分率
PP	中粘度	結晶性	低い	無	0.1 % ↑
PP+タルク	高粘度	結晶性	低い	無	0.1 % ↑
PA6	低粘度	結晶性	高い	41 % 上昇	4.0 % ↑
PC	高粘度	非晶性	高い	33 % 上昇	0.7 % ↑

「材料に与える環境差の影響」=「湿度」⇒吸水率が物性へ与える影響の調査



図表 2-3-6 吸水による樹脂物性への影響

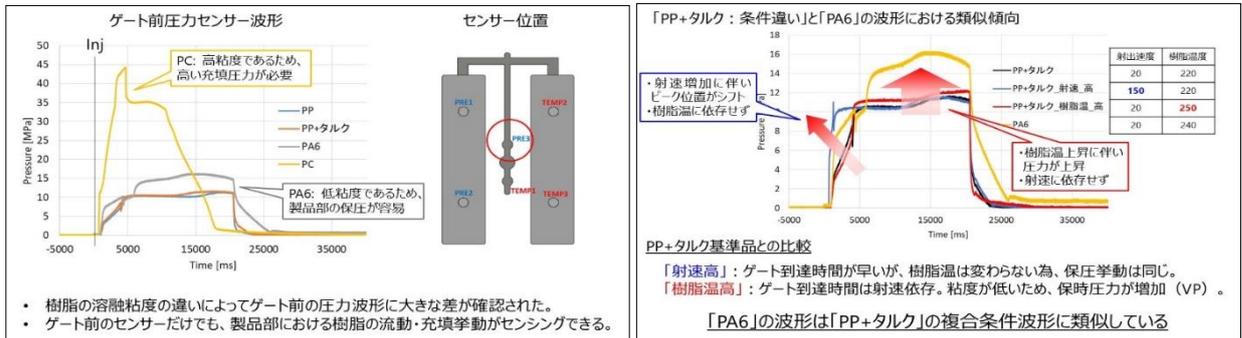
さらに、樹脂の種類と成形条件との相関を見るため、図表 2-3-7 のように樹脂の種類毎に成形条件パターンを設定し、IoT 金型から採取されるセンシングデータの波形上の変曲点と成形結果との相関性を確認し、材料特性と射出速度、金型温度などの成形条件が金型内部の樹脂挙動に与える影響(不具合発生メカニズム)を考察した。図表 2-3-8 に主要な基礎実験の結果を示す。

※流動解析シミュレーションは、成形実験の設定条件の絞り込みに一部活用。

PP										PP+タルク																
Code	unit	4	3	2	1	C	5	6	7	8	Code	unit	4	3	2	1	C	5	6	7	8					
Mold temp.	MTC	°C		30		40		60		80	Mold temp.	MTC	°C		20		40		60		80					
Cylinder temperature	T	°C	170		200		220		240		260	Cylinder temperature	T	°C	180		200		220		240		260			
			170		200		220		240		260				180		200		220		240		260			
			190		190		210		210		210					190		200		200		200		200		200
			190		190		190		190		190					190		190		190		190		190		190
Limit pressure	LP	MPa		35		45		55		55	Limit pressure	LP	MPa			45		55		55						
Injection speed	IS	mm/s			5	10	20	50	100	150	Injection speed	IS	mm/s			5	20	50	100	150						
VP switching position	VP	mm	2		5		10		20		VP switching position	VP	mm	2		5		10		20						
Holding Pressure	HP	MPa	1		20		40		60		Holding Pressure	HP	MPa	1		20		40		60						
Holding pressure time	HPT	s		5	10		20	40			Holding pressure time	HPT	s		5	10	20	40								
Screw rotation speed	SS	rpm	40		80		120		160	200	Screw rotation speed	SS	rpm	40		80	120	160	200							
Back pressure	BP	MPa			0.5		3		3	15	Back pressure	BP	MPa			0.5		3		3	15					
Weighing value	WV	mm			60		74		80	95	Weighing value	WV	mm			60		72		80	95					
Suck back amount	SB	mm			1		3		11		Suck back amount	SB	mm			1		3		11						
Cooling time	CT	s	1		10		30		60		Cooling time	CT	s	1		10		30		60						
Mold clamping force	CF	kN			600		700		780		Mold clamping force	CF	kN			600*		700		780						

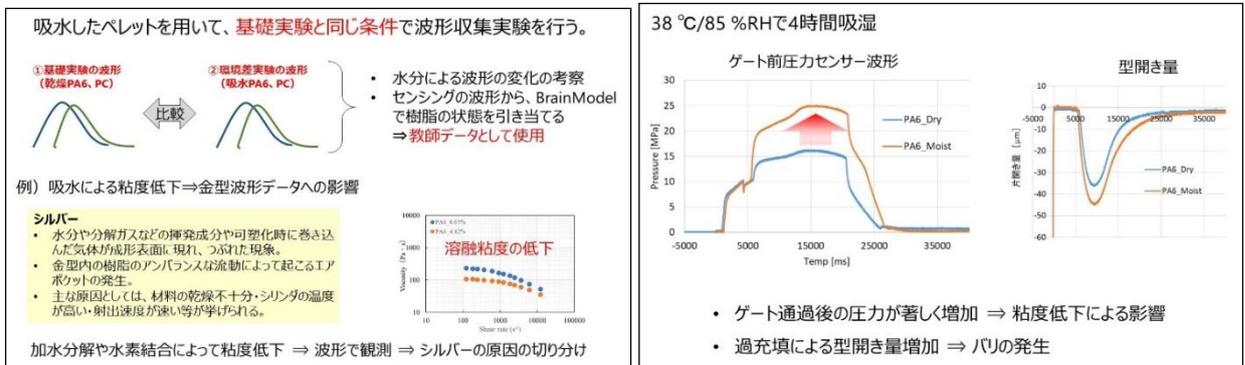
PA6										PC												
Code	unit	4	3	2	1	C	5	6	7	8	Code	unit	4	3	2	1	C	5	6	7	8	
Mold temp.	MTC	°C		30		50		70		85	Mold temp.	MTC	°C		30		50		70		85	
Cylinder temperature	T	°C	220		240		260		260		Cylinder temperature	T	°C	270		270		290		310		310
			220		240		260		270					290		310		310				
			220		230		240		240					280		300		300				
			210		210		230		270					290		290						
Limit pressure	LP	MPa		30		55		70		80	Limit pressure (Pv1)	LP	MPa	90		110		130		150		
Injection rate		mm ³ /s				20347					Injection speed (V1)	IS	mm/s	20		50		80		100	120	
Cylinder diameter		mm									V-P Change Position	VP	mm	1		40		60		80	15	
Injection speed	IS	mm/s			10		20		30	50	Holding Pressure (Pp1)	HP	MPa	20		50		60		80	150	
VP switching position	VP	mm			5		10		20		Injection time	HPT	s	1		5		10		15	30	
Holding Pressure	HP	MPa	20		50		60		60		Screw rotation speed (VS1)	SS	rpm			50		80		150	200	
Holding pressure time	HPT	s	5		20		40		40		Back pressure (BP)	BP	MPa			1		2		10		
Screw rotation speed	SR	rpm	40		120					200	Weighing value	WV	mm	55		65		75		85	95	
Back pressure	BP	MPa	0.5		2		10				Suck back amount (SD)	SB	mm			1		3		5		
Weighting value	WV	mm	40		68					90	Cooling time	CT	s	5		10		30		60		
Suck back amount	SB	mm			1		3		10		Mold clamping force	CF	kN	600		700		780				

図表 2-3-7 各樹脂材料の射出成形条件



樹脂材料—射出圧力関連

樹脂材料—射出速度関連

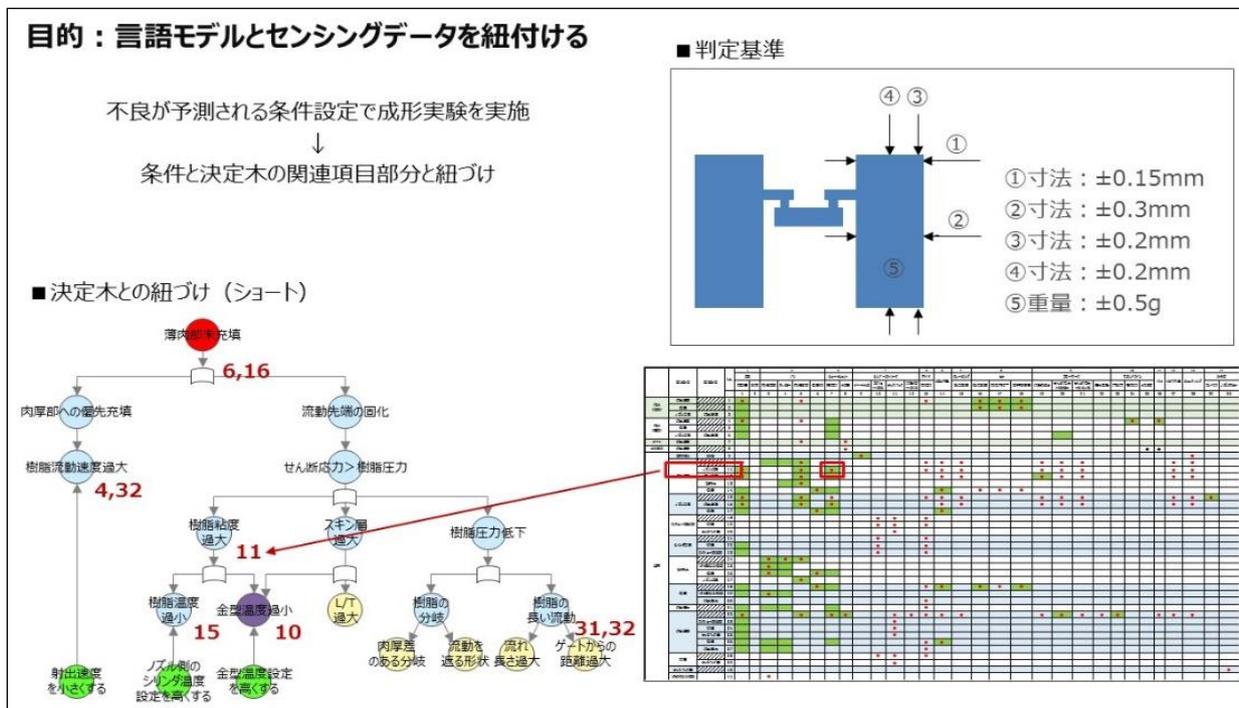


吸水による成形への影響

図表 2-3-8 環境差に関する射出成形実験

複合実験では、熟達者知見から構築したブレインモデルとセンシングデータが示す波形特徴の紐づけを目的とした実験を行った(図表 2-3-9 参照)。

具体的には、図表 2-3-10 に示す成形条件パターン毎にセンシングデータと製品側に現れる事象を示す決定木上の言葉を1対1で関連付けてデータを蓄積した。



図表 2-3-9 成形実験の目的とその概要

■ 実験数とデータ数

- ：基礎実験53 (データ数257)
- ：複合実験143 (データ数715)

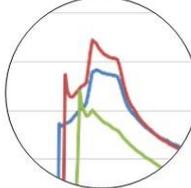
不良が予測される条件設定で成形実験を実施
※ガス抜き以外すべて実施

■ 実際不良が再現出来た項目
※不良種類 (9種類/14種類) 現象項目 (18項目/30項目)

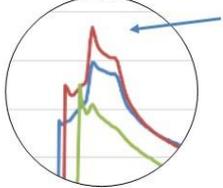
成形条件	No.	決定木のノード														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
基礎実験	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
複合実験	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	樹脂充填	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

【薄肉部到達地点】

良品時



射出速度を上げた場合

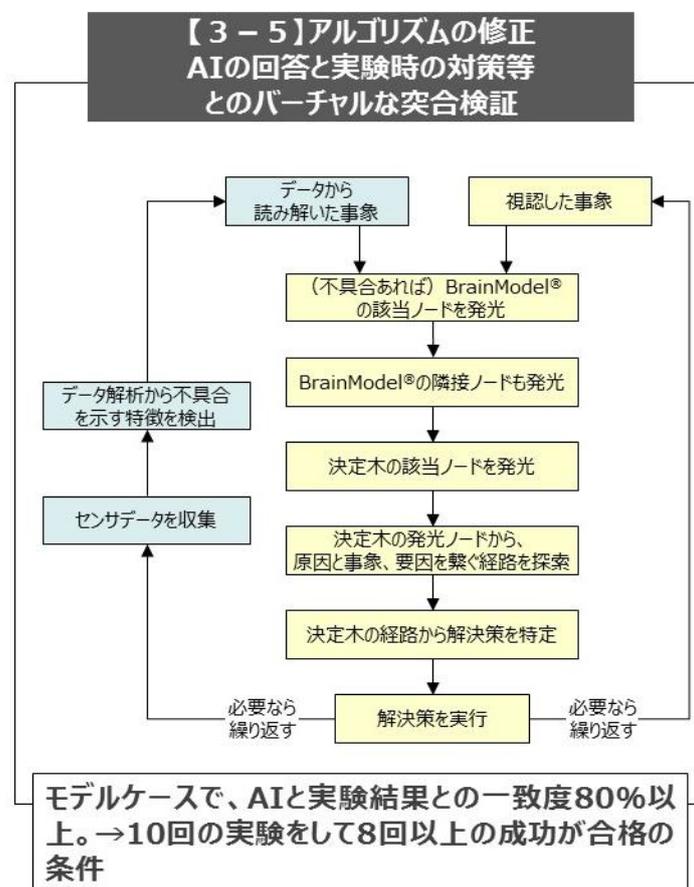


今回はPP (タルク) での検証でしたので、不良の出にくい事が考えられます。波形としての変化はみられるが不良としての判断が出来ないという結果でした。

図表 2-3-10 射出成形実験の成形条件

(5) アルゴリズムの修正

2-3(4)項の実験結果に基づき、製品側に見られる事象に共通して見られるセンシングデータの波形の特徴量を解析した。さらに、この解析結果から、成形時のセンサ波形に見られる特徴量から決定木のルートを特定してチューニングの方向性を示唆するリコmendに繋げるためのアルゴリズムを構築し2-3(1)項のプロトタイプ AI システムに仮実装した。このアルゴリズムについては、妥当性を検証するために、「ショートショット」をサンプルケースとして「ある条件下で想定される不具合」を設定し、その際の現場オペレータからの問合せ情報と IoT 金型からのセンシングデータをインプットとして、プロトタイプ AI システムが導き出す回答が得られるか、突合せ検証を行った。すなわち、ここでは図表 2-3-11 に示すようなフローで、良品となる成形条件から意図的にずらした値による実験を行い、当該成形条件の不適合を直接的に示唆することを確認し、プロトタイプ AI システムが機能することを検証した。



図表 2-3-11 プロトタイプシステムの検証フロー

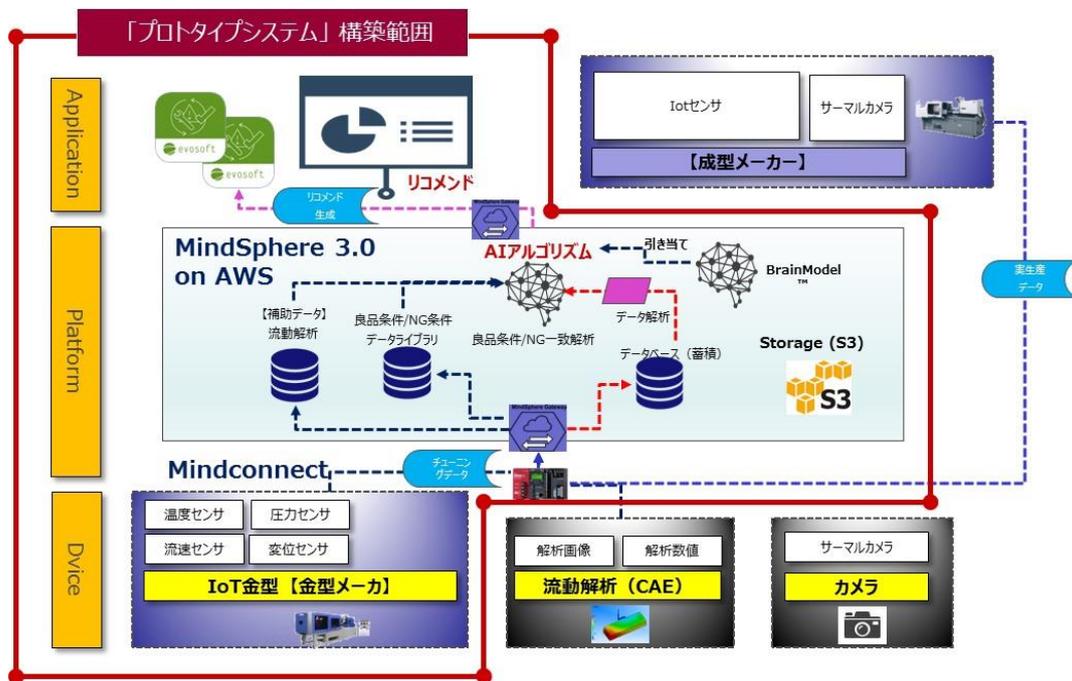
この結果、一致度 80%の目標を達成することができ、これにより、射出成形現象において、IoT センサーから得られるどのデータが実成形のどの現象に関連しているか、予め AI に教え込むことで、少ないセンシングデータからでも、有効な対策が導出できる可能性を確認した。

一方で、複合的な要因への対応等でまだ不十分な点があるため、ブレインモデルやアルゴリズムの修正点を具体的に検討した。

2-4 機差・環境差推定のシステムトライアル

(1) 修正プロトタイプシステム開発

IoT 金型からのデータ収集、収集したデータからの特徴量抽出、さらに抽出された特徴量からのブレインモデル、決定木への連携まで共通プラットフォームで動作する統合システム全体としての仕様設計を行った(図表 2-4-1 参照)。このうちデータを扱う仕組み(数値解析)部分は、2-3 節で構築したアルゴリズムを実装し、ブレインモデル以降の言葉(言語解析)の部分は、LIGHTz が保有する ORGENIUS の標準機能を利用して整備した。更に、量産立上時の入力用画面やリコメンド用画面といった「ユーザインターフェイス」部分について、簡易なモデルを作成した。これにより、次に示す(2)項で行うトライアルを実施できるシステム環境の整備をした。



図表 2-4-1 修正プロトタイプシステム概要

(2) 修正プロトタイプシステムのトライアル

このフェーズでは、より現場の実生産環境に近い環境下での検証とするため、サンプル拠点を設定し、トライアル&フィードバックを繰り返し行った。検証方法としては、現場の作業者が実際に成型メーカーにおける量産立上時の不具合対策フィードバック情報としての妥当性や、金型製作におけるテスト・修正プロセスにフィードバックする情報として妥当であるかを確認した。

サンプル拠点としては、(株)IBUKI に加え、コアタック(株)様の協力を得て、24 パターンのモデルケースについてトライアルを行った。

テストモデル/条件設定については、機差・環境差による影響因子として仮定した下記の条件を変更・組み合わせることで実施した。使用した成型機仕様、材料条件や金型条件、トライアルのモデルケースは、図表 2-4-2、図表 2-4-3、図表 2-4-4 の通りである。

	IBUKI 450ton	IBUKI 850ton	コアタック様 550ton
メーカー	日本製鋼所	日本製鋼所	東芝機械
スクリー径 mm	76	110	70
射出体積 cm ³	1360	5034	1480
可塑化能力	330	483	261
射出圧力 MPa	181	167	186
射出率 Cm ² /s	540	879	505
	電動	油圧	油圧

図表 2-4-2 使用した成形機仕様

	乾燥有	乾燥無	再生材混合	リブ形状有	薄肉形状有	ゲート形状有
PP+タルク	○	○	○	○	○	○
PP	○	○				
PC	○	○				
PA	○	○				

図表 2-4-3 トライアルでの材料および金型条件項目

テストモデル

- ✓ 保圧切換えを挟んで、射出段階では「射出速度」が充填を支配し、保圧切換え以降は「保圧」が充填を支配することを踏まえ、「射出速度」と「保圧」の値を単独、また複合的に大小に振って不具合を生じる射出成形現象をテストモデルとしている。
併せて、射出圧力と保圧時間も射出速度と保圧の効果に影響を与えと考え、条件を振って付随的にテストモデルに加えている。
- ✓ 樹脂温度も流動を支配する要因と考え、ノズル温度の変化もテストモデルに加えている。

成形条件	良品 条件	検証パターン												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
保圧 (%)	30	30	30	10	50	30	30	30	30	30	50	10	30	30
保圧時間 (s)	7	7	7	7	7	7	7	11	3	7	7	7	7	7
射出時間 (s)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
射出圧力 (MPa)	84	84	84	84	84	64	104	84	84	84	84	84	84	84
スクリュー回転数 (%)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
背圧 (%)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
射出速度 (%)	15	9	21	15	15	15	15	20	15	20	20	15	15	15
VP切換え位置	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
サックバック量 (mm)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
冷却時間 (s)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ノズル温度 (°C)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	170	190	180
金型温度 (°C)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

※ 本検証は、良品から外れた成形条件をプロトタイプAIシステムが判定出来るかどうかの確認であるため、特定の不具合を発生させることを前提で定義した検証パターンにはなっていません。

図表 2-4-4 トライアルにおける検証パターンの概要(再掲)

これらのトライアル結果(図表 2-4-5 参照)に基づき、ブレインモデルの検証及び特徴量との関連付け、熟達者や工学知見有識者へのレビュー等による、アルゴリズムのブラッシュアップを繰り返し行った。また、対策の有効性の検証として、修正プロトタイプ AI が導き出した回答と、現場で行われた対策効果とのリアルな成形機場での突合検証を実施した(非熟達要員が成形品の結果を見て、ブレインモデルに対する問合せを行い、ブレインモデルから得られた対策を実施することにより良品出しができるか)(図表 2-4-6 参照)。その結果、本番システムテストでは、検証の結果、実施した 24 項目中 19 項目の正解から、一致度 83%となり、目標の 80%を達成した。

IBUKI850ton & コアタック様550ton

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
射出速度	低	高							高	低
保圧			低	高					低	高
射出圧力					低	高				
ノズル温度							低			
保圧時間								短		

各 1 2 項目で検証を実施(単独条件 8 項目、複数条件 4 項目)
成形材料はPP+タルクを使用

IBUKI850ton → 12項目中**10**項目正解

コアタック様550ton → 11項目中**9**項目正解

24項目中**19**項目の正解 → 正解率**83%**

図表 2-4-5 トライアル実施結果

成形パラメータ	保圧 (%)	保圧時間 (s)	射出時間 (s)	射出圧力 (MPa)	スクリュ回転数 (%)	背圧 (%)	射出速度 (%)	VP切替え位置	サックバック量 (mm)	冷却時間 (s)	ノズル温度 (°C)	金型温度 (°C)
良品時の値	30	7	3.3	84	30	12	15	19.5	3	30	180	30
実際の設定値	30	7	3.3	84	30	12	21	19.5	3	30	180	30



図表 2-4-6 トライアル結果の事例

(3)効果推定

本項では、本番システム導入の前提として、修正プロトタイプ AI システムでのトライアルによる、機差・環境差推定における不具合発生の抑制効果、対策の工数削減効果等について推定（試算）した。

効果推定方法としては、システムの想定ユーザへの適用モデルを設定した上で、過去の不具合実績を踏まえて、コストダウン効果を推定した。その結果、図表 2-4-7 に示す通り、例えば 10 種類の製品のトライに要する総時間について、AI支援あり/なしの比較で、74%の改善率がみられるなど、目標として設定した 50%以上のコスト削減効果が得られる試算結果となった。

		AI支援なし	AI支援あり	改善率
トライ時間／製品（若手）	分	120	30	75%
トライ時間／製品（ベテラン）	分	30	30	0%
製品数	種類	10	10	
良品条件に到達する確率		30%	83%	
良品条件に到達する製品数	種類	3	8	
良品条件に到達するまでにかかる総時間時間	分	360	240	
良品条件に到達できない製品数	種類	7	2	
良品条件に到達するまでにかかる総時間時間（若手）	分	840	60	
良品条件に到達するまでにかかる総時間時間（ベテラン）	分	210	60	
10種類の製品のトライに要する総時間	分	1,410	360	74%

※良品条件に到達できないケースでベテランによる支援に要する出張時間等は考慮していない

図表 2-4-7 システム導入による効果推定

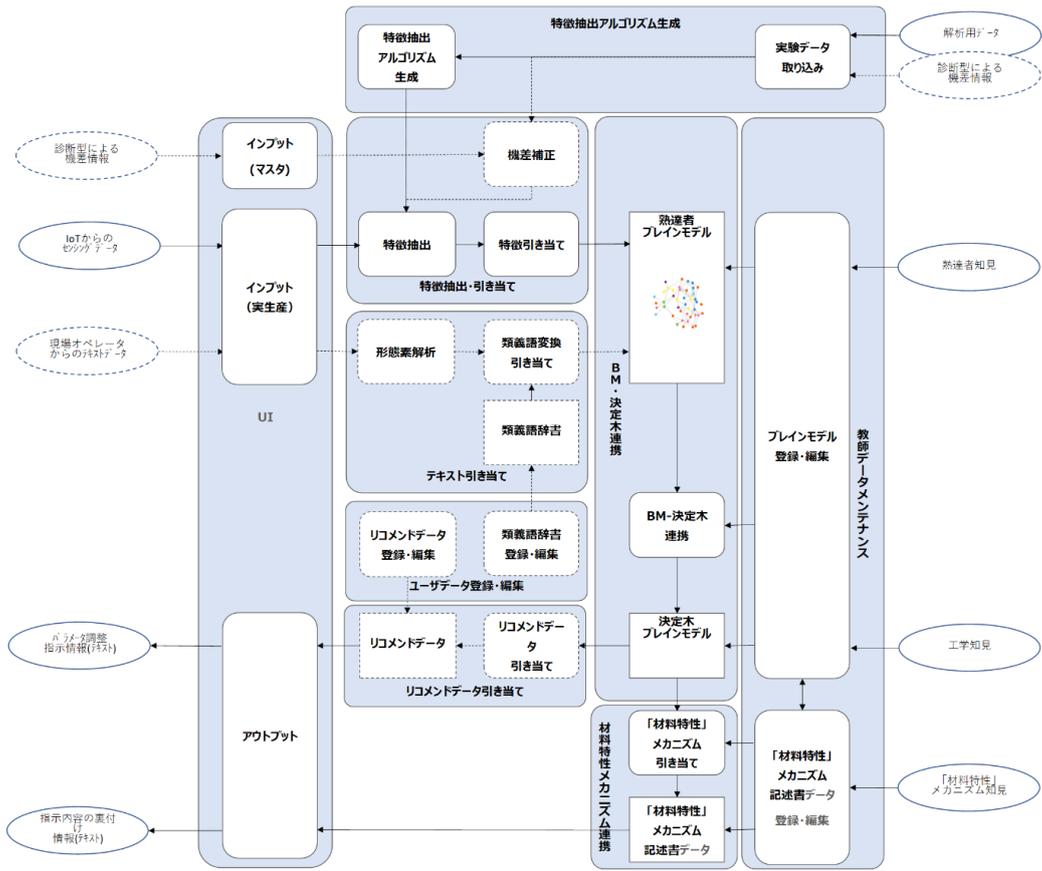
2-5 機差・環境差推定の本番システム開発・導入

(1)本番システム要件確定・システム開発

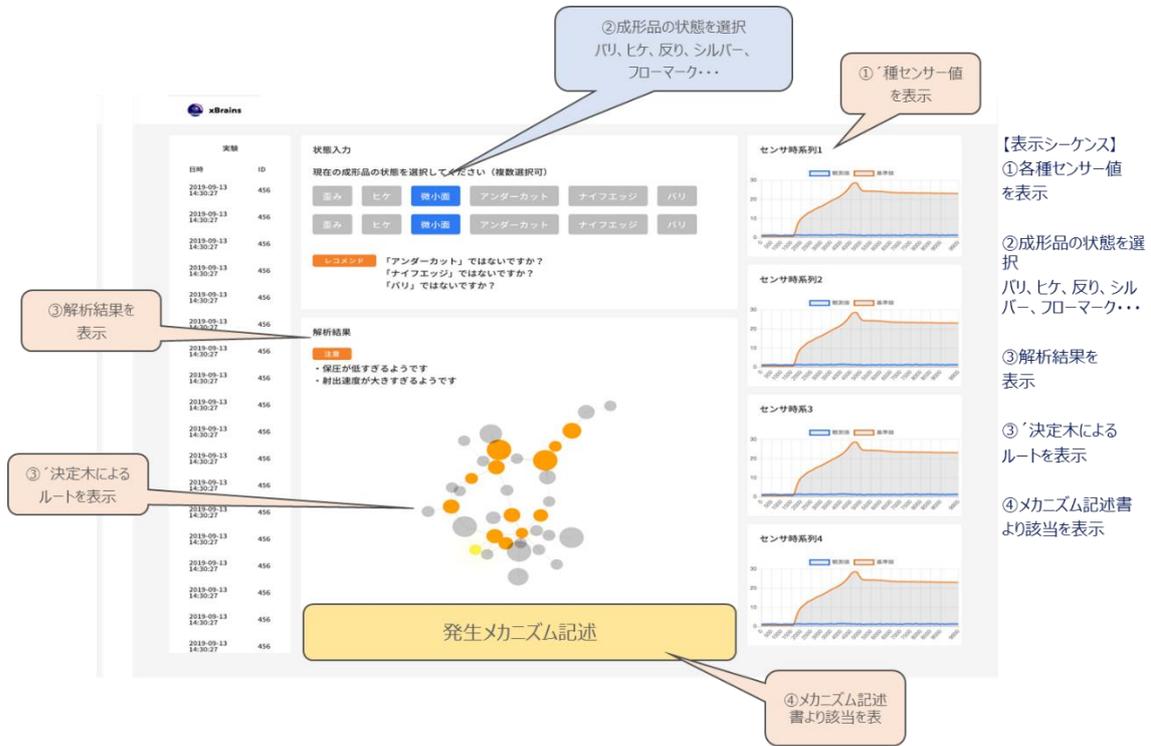
修正プロトタイプシステムをベースに、本番システムとしての要件を確定し、本番システムを開発した。すなわち、想定ユーザにおける本システムの運用フローを整備した上で、システムの利用シーン毎に求められるシステム機能要件を洗い出し、システム全体としての仕様設計及び要件確定を行い、システムに実装した。

具体的には、2-4 節での、より実用に近い環境下でのトライアルの結果等のフィードバックによる、①推定アルゴリズムの精度向上（例えばセンシング波形の特徴量解析による不具合の特定・可視化、ブレインモデルとの紐づけ等）、②システム全体としてのモジュール構成の設計、③システムユーザの立場となる成形メーカー・金型メーカー等からの助言の取り込みによる、ユーザインターフェイスの設計（リコメンド機能、あまりスキルの高くないオペレータでもストレスなく使用できる画面構成など）等、を考慮し本番システムの開発を完了した。

開発した本番システムの機能構成の全体像およびユーザインターフェイス画面は、図表 2-5-1、図表 2-5-2 の通りである。



図表 2-5-1 本番システムの機能モジュール構成



図表 2-5-2 ユーザーインターフェイス

(2)本番システムテスト・導入

開発した本番システムについて、モデル拠点(サンプル拠点)において、より実生産に近い条件/環境で、システム上のデータ解析の仕組みが機能するかどうか(システムが導き出す回答の有効性、及びユーザビリティ(画面操作性)の検証)テストを行い、期待される効果が得られるか確認した。

また、事業化の観点から、成形条件チューニング方法のリコmendに対して、関連する材料メカニズムを提供するため、「材料メカニズム記述書」を整備した。

①システムテストの実施による有効性評価

本番システムテストは、(株)IBUKI、(株)コアタックの2拠点において、今回構築したシステムを使い、「Device」～「AI Platform」～「Application」全てを通して実施した。トライアル同様、実際の機差・環境差条件が異なるケース(12パターン 24項目)で、本番システムが示唆する対策の正解率を評価した結果、正解率 83%となり、事業目標の 80%以上を達成した。主な内容は、図表 2-5-3 の通りである。

IBUKI850ton & コアタック様550ton										
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
射出速度	低	高							高	低
保圧			低	高					低	高
射出圧力					低	高				
ノズル温度								※低UKIのみ		
保圧時間								短		

**各12項目で検証を実施(単独条件8項目、複数条件4項目)
成形材料はPP+タルクを使用**

IBUKI850ton → 12項目中10項目正解

コアタック様550ton → 11項目中9項目正解

※借用時間の都合もありノズル温度に関する検証を省いています

24項目中19項目の正解 → 正解率83%

図表 2-5-3 本番システムテスト結果

上記とともに、事業化計画策定の前提として、システム導入の効果推定を行い、目標の 50%以上のコスト削減効果を確認した。すなわち、成形メーカーにおける(機差・環境差に係る)現状の対応方法に対して、本システムの支援有り・無しの場合を比較したところ、現場の若手が良品条件に到達する確率、10種類のトライ(量産立上げ)に要する総時間数などにおいて 74-83%の改善効果が認められた。また、波及効果として量産立上げ時にベテラン技術者の派遣の削減等に伴うコスト削減効果も期待できる(図表 2-5-4 参照)。

		AI支援なし	AI支援あり	改善率
トライ時間／製品（若手）	分	120	30	75%
トライ時間／製品（ベテラン）	分	30	30	0%
製品数	種類	10	10	
良品条件に到達する確率		30%	83%	
良品条件に到達する製品数	種類	3	8	
良品条件に到達するまでにかかる総時間時間	分	360	240	
良品条件に到達できない製品数	種類	7	2	
良品条件に到達するまでにかかる総時間時間（若手）	分	840	60	
良品条件に到達するまでにかかる総時間時間（ベテラン）	分	210	60	
10種類の製品のトライに要する総時間	分	1,410	360	74%

図表 2-5-4 システム導入による効果試算

②材料メカニズム記述書」の整備

想定されるシステムユーザ（成形メーカーの新人/現場オペレータ等）における、「AI 回答根拠に対する理解促進」（AI 回答のブラックボックス化の回避、ないしはリコメンドへの納得性を高めること）等を目的に、システムとセットで提供されるコンテンツの 1 つとして、「材料メカニズム記述書」を整備した。

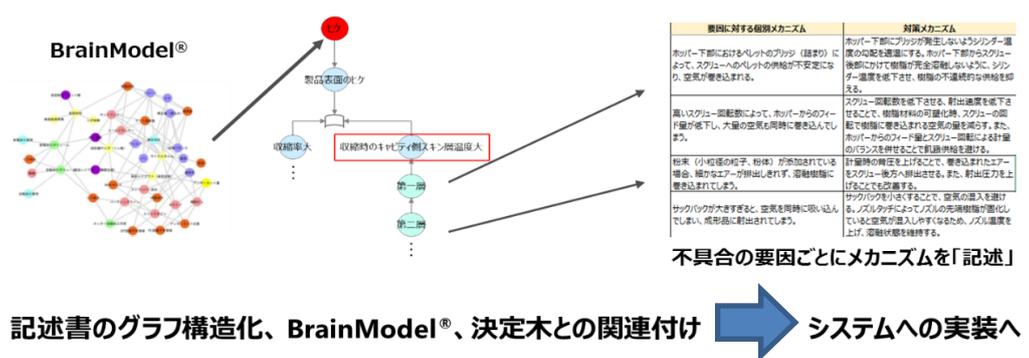
本記述書は、山形大学を中心に、本事業で得られた情報（学術的知見・文献調査・実験検証の結果等）に基づき、本事業で構築したブレインモデル/決定木に対応する不具合 15 種について、①不具合発生、②要因-対策の 2 つの視点から、それぞれ①37 種、②74 種のメカニズムを定義・体系化し、取りまとめたものである。（要因については特に樹脂の流動・固化挙動に起因するものに着目している。）

その概要は図表 2-5-5 に示す通りである。

樹脂成形「不具合事象×15種」内の「メカニズム区分」明確化

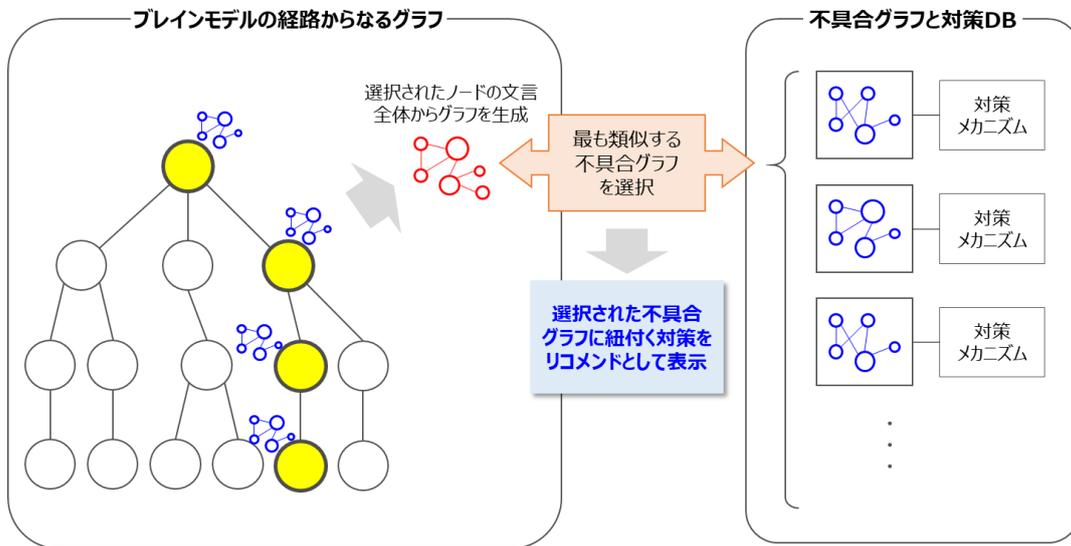
不具合の発生メカニズム：15項目
 発生メカニズムに対する要因：37項目

① 要因1および2に対する「原因別メカニズム」：74項目
 ② 原因別メカニズムに対する「対策別メカニズム」：74項目



図表 2-5-5 材料メカニズム記述書概要

更に、事業化段階を念頭に、当初の事業目標を超えた挑戦的課題として、システムへの実装へ向けて、ORGENIUS のグラフデータによる自然言語処理技術を利用して、センシングデータ等のインプット情報から特定された決定木のルートと関連する材料メカニズムを引き当て(図表 2-5-6)、この結果の UI(画面)への追加表示を試みた。

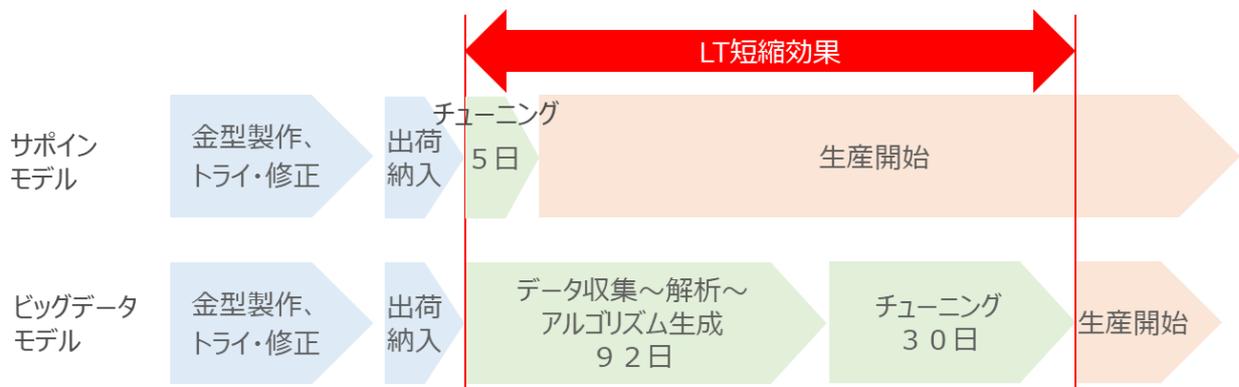


図表 2-5-6 グラフデータを利用した材料メカニズム引き当てイメージ

(3)機差・環境差推定システムの事業企画

本項では、システムの導入に必要なリードタイム・コストについて、本システムとビッグデータ型 AI 型とで見積比較し、その削減効果を試算するとともに、機差・環境差推定システムの商品化を企画に繋げた。

まず、導入リードタイムについては、本システムでは金型納入段階で本システムによるアルゴリズムを適用できる。これに対し、ビッグデータ型だと納入後に一定量のデータをインプットして特徴量抽出する必要があり、ビッグデータ解析型だとリコmendレベルの向上までに相当の日数を要する。(図表 2-5-7)



アルゴリズム整備LT 約96%削減

図表 2-5-7 導入リードタイムの比較

また、導入コストでは、ビッグデータモデルと比較して、IoT 金型を使用した成形量産開始までに要するコストを試算すると、サポインモデルではビッグデータモデルに対し 11%と大幅に少ないコストでのシステム導入が可能となる(図表 2-5-8)。

	ビッグデータ	サポイン	備考
IoT金型製作費	30,000	7,500	
金型本体	5,000	5,000	
センサー類取付	25,000	2,500	サポインモデルで25個 ビッグデータモデルで250個
アルゴリズム生成	40,000	0	
実験(※)	37,000	0	不具合種類数：15種類 パラメータ数：10種類×実験パターン：3 実験単価：20千円/日
データ解析	3,000	0	データ解析に必要なPC ※ビッグデータの場合、処理するデータ量が大きくなるためハイスペックPCが必要
合計	70,000	7,500	

※パラメータ数：10種類×実験パターン：3パターン（基準値、基準値より上、基準値より下）で、全ての入力組合せに対しての実験を行う場合、1種類の不具合に対し $3^{10}=59049$ 通りのデータが必要となる。
上記のビッグデータモデルでは、全組み合わせパターンで見込んだ。
サポインモデルでは、予め準備された特徴抽出アルゴリズムを適用する仕組みのため、事前のデータ収集やデータ解析からアルゴリズム生成は実施しないことを前提とした。

図表 2-5-8 導入コストの比較

以上の効果推定の結果を踏まえ、自動車メーカー数社や Tier1 企業へのリサーチを実施したところ、本取り組みの背景となっている、量産立上における機差・環境差に対する課題感は確実に存在しており、本システムが与えるサービスレベルは成形条件補正の示唆レベルでも十分に有効であることが確認できた。

今後は、今回対象としたものとは異なる種類の材料への対応や、CAE 活用による解析用データを生成する仕組み、成形メーカーでの実生産結果をアルゴリズムにフィードバックをサポートする仕組みなどを強化し、本システムの市場への本格展開を進めると同時に、今回開発した IoT 金型を使った機差診断のサービスの部分展開も並行して進める計画である。

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果の総括

本システムは、射出成形の量産立上げ/トライアル段階で発生する、機差・環境差に起因する不具合対策/条件補正を対象として、熟達者知見をベースとする AI を活用し、新人/現場オペレータの作業をサポートするために、言語(定性情報)とデータ(定量情報)を組み合わせ、適正な示唆を与える仕組みである。

このシステム開発した主要な要素は、①熟達者知見のブレインモデル構築(熟達者の着眼点と思考回路の言語によるネットワーク化・可視化)、②生産現場の知見と学術知見の融合(樹脂挙動に着目した不具合発生/要因対策メカニズムの定義・体系化)、③IoT 連携(ブレインモデルと IoT 金型を用いたセンシングデータ(特徴量)との組み合わせによる推定アルゴリズムの構築、ユーザーの利用シーンを想定したリコメンド機能を含むユーザインターフェイスの提供、クラウド活用など)で構成される。これにより、今後のサービスの中核となる技術と仕組みのベースを完成した。

このシステムにより期待される効果として、①リモートチューニング対応の可能性(ベテラン技術者の派遣工数削減等) ②若手教育の充実化(AI からの回答根拠の理解促進・ブラックボックス化の回避) ③ビッグデータ解析型と比較して、AI 開発導入のコスト・リードタイム削減(熟達者知見に基づく、データ取得数の絞り込み等による)期待される。

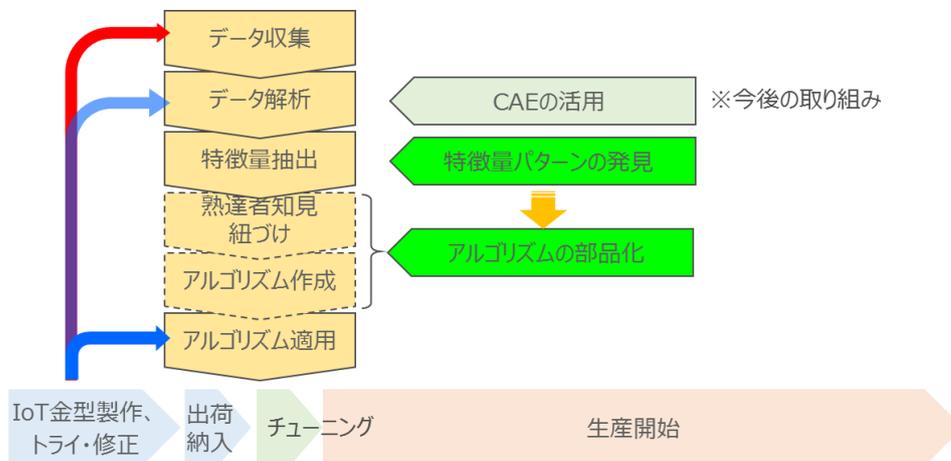
成形メーカーの協力も得て、より実生産に近い環境でのシステムトライアル、有効性の検証では、目標の 80%以上を達成した。

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

(1)事業化に向けた本研究開発の課題(今後の取組み)

本研究開発期間内では、実験データを解析し、発生する不具合と成形条件(圧力や温度、射出速度など)と IoT 金型のセンサー波形の特徴量を特定することができた。

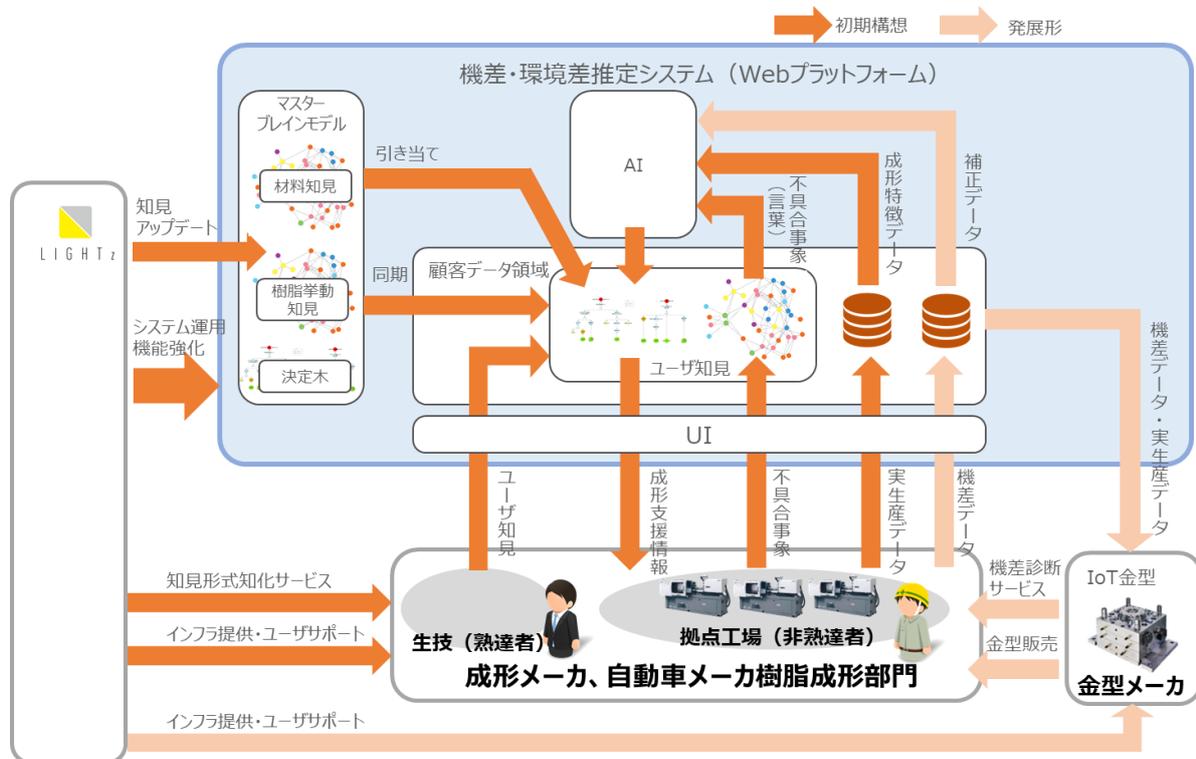
今後の事業展開に当たっては、部品化されたアルゴリズム選択や、CAE を活用し実データの収集を伴わない仕組みを構築し、ユーザは金型納入後の量産立上段階で、事前準備レスでシステムを利便性の向上を図る。



図表 3-2-1 事業化までの今後の取組み

(2)事業化展開

自動車メーカー等では、多品種少量生産・海外生産シフト・世界同時立上げ、コストダウン・製品品質向上(精度など)・短納期などが追及されているが、成形メーカーは従前とした生産形態、人材の枯渇など多くの問題を抱えている。このため、Webプラットフォームを利用し、複数拠点間で活用できるサービスモデルを構築して事業展開していく方向である。



図表 3-2-2 サービス定常モデルイメージ