

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「鋳放し高精度を有するアルミニウム合金

ダイカスト鋳造品の生産技術の開発・確立」

研究開発成果等報告書概要版

平成24年 9月

委託者 中部経済産業局

委託先 寿金属工業株式会社

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（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	4
1-3	成果概要	7
1-4	当該研究開発の連絡窓口	7
第2章	本論	8
2-1	ダイカスト鋳造品の歪み・変形等の現状解析と対策	8
2-2	歪み・変形等のシミュレーション解析ソフト適用技術の検討・検証	11
2-3	バリ発生に及ぼす鋳造条件の現状解析	13
2-4	バリ発生に及ぼす金型要因の現状解析	14
2-5	バリレス・ダイカスト技術確立のための検討・検証	18
2-6	プロジェクトの管理・運営	24
第3章	全体総括	26
3-1	研究開発成果のまとめ	26
3-2	今後の進め方	26
3-3	事業化の方向性	27

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

自動車産業は鋳造事業者にとって最大のユーザーであり、鋳造技術による部材は、機関系、制御系、駆動系、車体系と様々な部位で用いられ、自動車産業のグローバル化に伴い、世界市場に対応した技術開発が求められている。世界市場は先進国市場、新興国市場に大別され、先進国市場では環境に配慮した次世代自動車、新興国市場では既存自動車の低価格車のニーズが高まっており、これらに対応して、自動車に用いられるアルミニウム合金素形材の更なる高機能化、軽量化、コスト低減が必要となっている。

2) 研究目的

本研究開発では、軽合金製自動車部品に最も多く用いられているアルミニウム合金ダイカスト鋳造品の高機能化、軽量化、コスト低減を可能とするために、鋳放し高精度を有する（機械加工を必要としない）アルミニウム合金ダイカスト鋳造品の生産技術の開発・確立を目的とする。

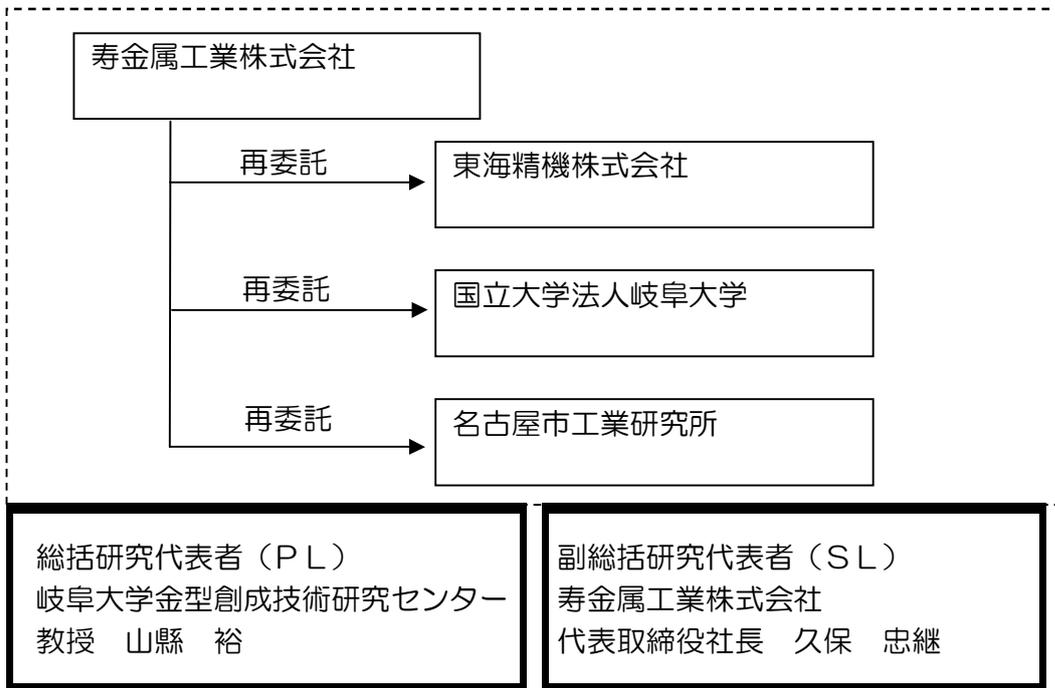
3) 目標

自動車部品の高機能化、軽量化、或いはコスト低減を達成するために、自動車部品に使用されるアルミニウム合金ダイカスト鋳造品の後工程の機械加工・仕上げ加工の省略、或いはこれらに使用する設備を削減する必要がある。このため、鋳放し高精度を有するアルミニウム合金ダイカスト鋳造品の生産技術として、「転写性の良い（歪み、変形の少ない）ダイカスト技術」、「抜き勾配の小さいダイカスト技術」、「面粗度良好なダイカスト技術」、「バリレス・ダイカスト技術」の開発を行う。

鋳放し高精度を有するアルミニウム合金ダイカスト鋳造品の生産技術は、ダイカスト業界の長年の課題であり、歪み、変形、抜き勾配の小さい、或いはバリレス・面粗度良好なダイカスト品の製造に対して科学的手法や品質工学的な手法が適用された事例が少なく、要因や生産技術の管理条件が明確となっておらず、特に中小企業では実用化に至っていない。今回、これらの問題に対して品質工学を適用して、転写性（変形等）に影響していると考えられる固定型、可動型の型温、或いは製品の取り出し温度を多点測定して3D化を図るとともに、鋳造圧、射出速度等の鋳造条件を要因配置して同時に測定し、これらの測定結果をソフト技術（凝固解析、有限要素法を適用した変形解析等）を適用して要因、管理条件等を明確にする。

1-2 研究体制

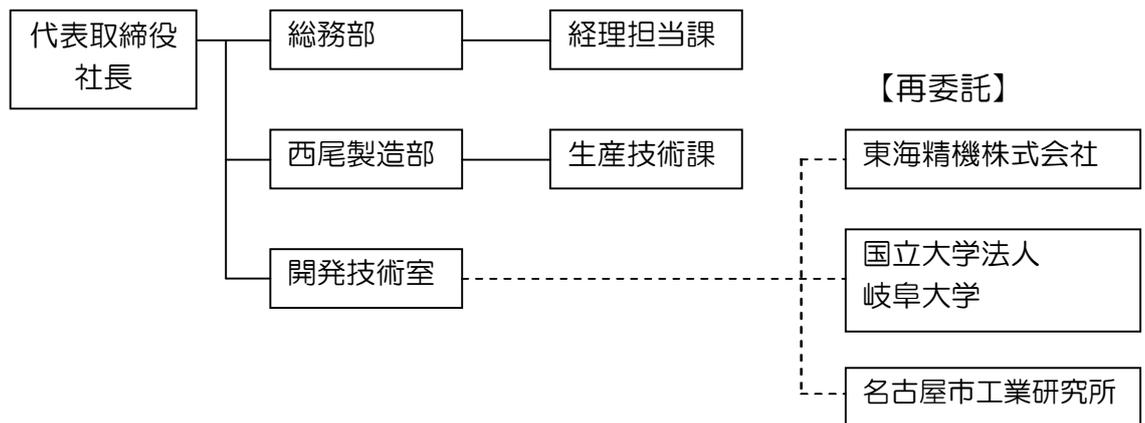
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

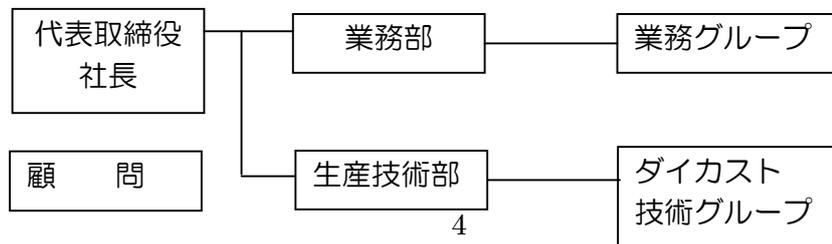
【事業管理機関】

○ 寿金属工業株式会社

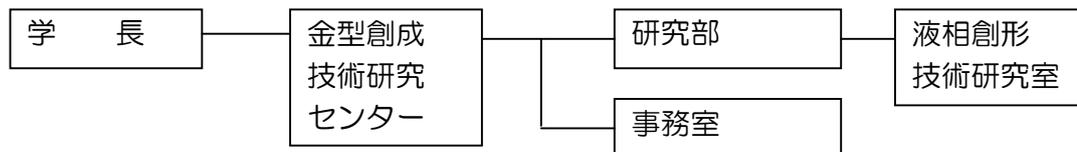


【再委託先】

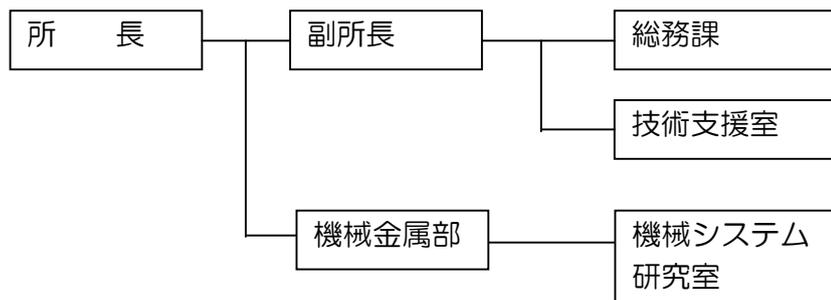
○ 東海精機株式会社



○ 国立大学法人岐阜大学



○ 名古屋市工業研究所



3) 研究者氏名、協力者

3-1) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 寿金属工業株式会社
管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
久保 忠継	代表取締役社長	副総括研究代表者 ①、③～⑥
谷川 昌司	開発技術室室長	①、③～⑥
梶原 清己	生産技術課課長	①、③～⑤
浅井 英男	生産技術課係長	①、③～⑤
横山 孝則	生産技術課係長	①、③～⑤
尾崎 友二	総務部	⑥
原田 雅行	開発技術室	⑥

【再委託先】

研究員
東海精機株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
----	-------	----------

長沢 聖一	顧問	②～⑤
大田 博巳	生産技術部次長	②～⑤
青島 衛	生産技術部ダイカスト技術グループ 課長	②～⑤

国立大学法人岐阜大学

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
山縣 裕	金型創成技術研究センター教授	総括研究代表者①～⑤
新川 真人	金型創成技術研究センター助教	①～⑤

名古屋市工業研究所

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
松下 聖一	機械システム研究室主任研究員	①～⑤
山岡 充昌	機械システム研究室研究員	①～⑤
真鍋 孝顕	機械システム研究室研究員	①～⑤

3-2) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

寿金属工業株式会社

(経理担当者) 総務部 尾崎 友二
(業務管理者) 開発技術室 原田 雅行

(再委託先)

東海精機株式会社

(経理担当者) 業務部次長 中山 隆司
(業務管理者) 生産技術部次長 大田 博巳

国立大学法人岐阜大学

(経理担当者) 金型創成技術研究センター
事務室(工学部会計係) 市橋 昂
(業務管理者) 金型創成技術研究センター長 三輪 實

名古屋市工業研究所

(経理担当者) 総務課 事務係長 鈴木 宏始
(業務管理者) 技術支援室主幹 大岡 千洋
(ものづくり基盤技術支援)

1-3 成果概要

本研究開発により、次のような成果を得ることができた。

具体的には、小物ダイカストではワイパー部品を取り上げて、金型の型締め時の変形を三次元計測機等を用いて詳細な現状解析を行い、今までにない貴重なデータを得ることができた。加えて、ダイカスト機の型締め機構を簡易的に模試した変形の解析モデルを作成して、金型変形のシミュレーションを行い、上記現状解析の実測結果と突合せ・検証を行い、適用技術開発のための方向性を見出して、バリ・変形対策案型を制作した。また、中物ダイカストで、小物ダイカストでの現状解析を参考として金型方案を見直し、EHV・PCU ケースの一部加工レス化を実現した。

また、抜き勾配の小さい・面粗度の良好なダイカスト技術確立のための CAE 技術の基礎を確立した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

① 事業管理者

住所：愛知県西尾市法光寺町北山1番地 名称：寿金属工業株式会社 代表者役職・氏名：代表取締役社長 久保 忠継 連絡先：Tel (0563) 56-3551 Fax (0563) 56-5689
連絡担当者所属役職・氏名：開発技術室 原田 雅行 Tel (0563) 56-3551 Fax (0563) 56-5689 E-mail：harada_masayuki@kotobukikinzoku.co.jp

② 総括研究代表者

(フリガナ)：ヤマガタ ヒロシ
氏名：山縣 裕
所属組織名：国立大学法人岐阜大学
所属役職：金型創成技術研究センター
教授
Tel：(058) 293-2543
Fax：(058) 293-2543
E-mail：yamagath@gifu-u.ac.jp

③ 副総括研究代表者

(フリガナ)：クボ タダツグ
氏名：久保 忠継
所属組織名：寿金属工業株式会社
所属役職：代表取締役社長
Tel：(0563) 56-3551
Fax：(0563) 56-5689
E-mail：kubo_tadatsugu
@kotobukikinzoku.co.jp

第2章 本論

2-1 ダイカスト 鋳造品の歪み・変形等の現状調査と対策

(実施者：寿金属工業株式会社、国立大学法人岐阜大学、名古屋市工業研究所、東海精機株式会社)

鋳造品の歪み変形について詳細な現状調査を次の手順で実施した。特に、金型温度に関しては熱画像撮影カメラを金型内に入れる大胆な発想を実現して、高精度な金型温度を測定できたことは、今後のシミュレーションには有効な情報となった。

- 1) 製品の歪み・変形の現状調査
- 2) 鋳造条件の影響
- 3) 高精度な金型温度の現状調査
- 4) 調査結果のまとめと対策検討

1) 製品の歪み・変形の現状調査

① 三次元非接触計測機 (ATOS) による計測

導入した ATOS (三次元非接触計測機) の外観写真を図1に、仕様を表1に示す。この ATOS は、測定精度は $\pm 0.03 \sim 0.05 \text{mm}$ と本研究の精度としては十分に満足する。特に金属光沢の撮影も出来て計測 (撮影) 時間が 2~10s と 3D 化処理時間も十数分と特に短いために、製品だけでなく、金型の歪み現象をその場観察することが可能となった。



図1 三次元非接触計測機 (ATOS)

表1 三次元非接触計測機の仕様

形式	ATOS Triple Scan II
測定原理	空間コード化法 (トリプルスキャン方式)
測定精度	$\pm 0.03 \sim 0.05 \text{mm}$ (メーカー公称)
撮影時間	2~10s

② 製品の歪み測定結果

図2に、鋳造品を ATOS (三次元非接触計測機) にて計測して、その測定データを製品設計の三次元寸法 (三次元データ) との比較で歪み量を割り出した結果を示す。歪み量は色彩表示で、紙面から手前の場合は暖かい色 (赤) で、紙面から奥の場合は寒い色 (青) で表示する。

ランナー部を寸法基準として製品部の変形を計測すると、A 部に向かって製品が振れていることが容易に把握できた。

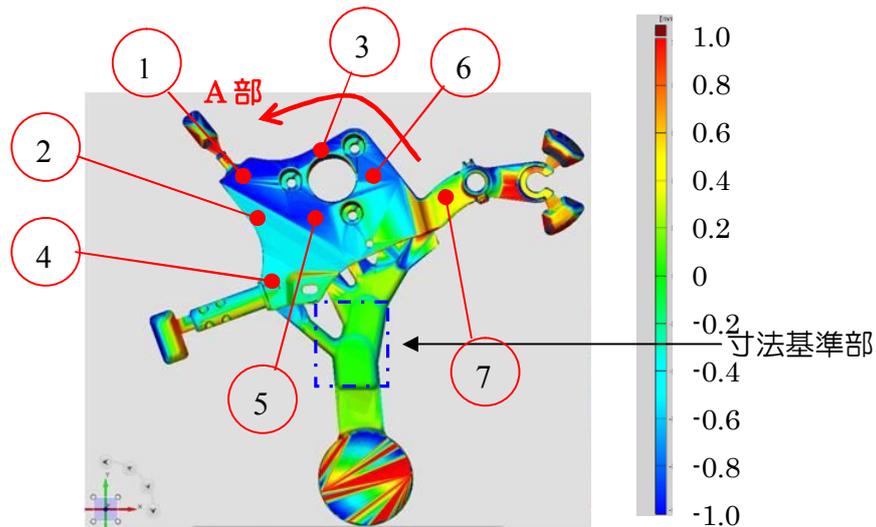


図2 鋳造品の歪み（ATOS計測）

2) 鋳造条件の影響： プランジャー速度と鋳造圧力の影響

これまでの経験から、製品の歪み・変形に影響する条件因子として、プランジャーの最終速度（減速速度）と鋳造圧力に着目して、鋳造実験を行った。

① 実験方法

鋳造実験では、合金に ADC12 を用いて、今回導入した超高速ダイカスト機（型締力：2450kN）を使用した。プランジャー速度は3段切替で、低速射出速度 0.3m/s と高速射出速度 1.7m/s は固定条件として、導入機の特徴であるプランジャー射出の最終段階で減速して衝撃圧を抑制する機構に着目して、減速速度を変化させた。表2に、減速速度と鋳造圧力の組合した実験条件表を示す。

表2 実験条件

実験 No.	減速速度 (m/s)	鋳造圧力 (MPa)
1	強	50
2	弱	60
3	なし	63
4	なし	50

② 実験結果

実験結果を図2に示す測定ポイント①～⑦の変形量として、表3に示す。

減速速度の影響は非常に強く、減速を弱くすると製品の歪み・変形が大きくなることがわかった。鋳造圧力は低い方が、製品の歪み・変形が小さくなることがわかった。

表3 製品歪みに及ぼすプランジャー速度と鋳造圧力の影響

実験 No.	減速速度 (m/s)	鋳造圧力 (MPa)	測定ポイント						
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	強	50	-0.21	-0.26	-0.06	-0.15	-0.08	0.04	0.36
2	弱	60	-0.42	-0.41	-0.29	-0.24	-0.25	-0.13	0.20
3	なし	63	-1.00	-1.00	-0.71	-0.30	-0.38	-0.28	0.13
4	なし	50	-1.00	-0.46	-0.33	-0.25	-0.26	-0.17	0.30

3) 高精度な金型温度の現状調査

① 従来の測定方法

従来の金型温度測定方法の模式図を図3に示す。測定にはサーモグラフを用いて、金型が開いた時に側面から斜めに撮影をしている。これは、現有のサーモグラフの測定距離が金型の開いた距離に比べて短いことと型内に入ることが作業の安全性に問題があることに依る。

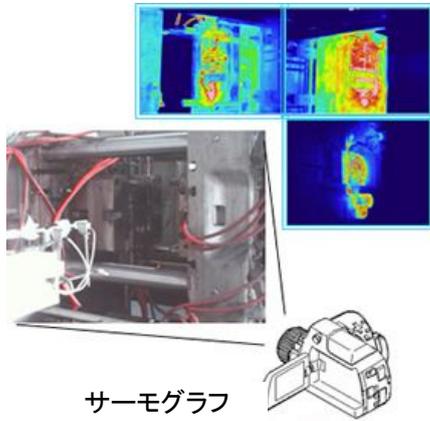


図3 従来の金型温度測定方法

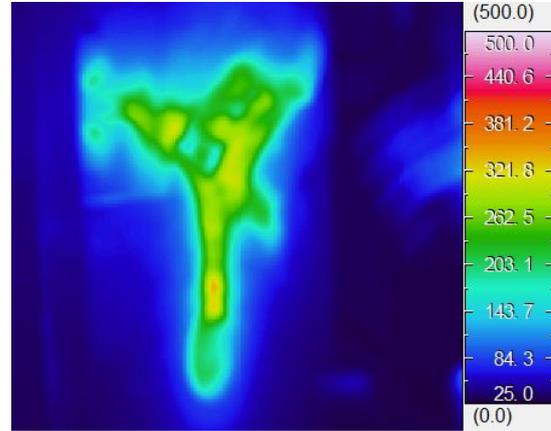


図4 従来方法で撮影した熱画像

② 導入した「ロボット金型温度監視システム」による金型温度測定

本年度に導入した取り出しロボットのアームに、熱画像撮影カメラ部を取り付けた装置を図5に示す。この熱画像撮影カメラは、金型が開いた時に金型内に入って、金型温度を正面から撮影する。尚、このカメラ部には、離型剤の侵入を防ぐ独自の工夫を施している。

上記の金型温度監視システムで撮影した熱画像写真を図6に示す。図4の従来方法による斜め撮影に比べて、正面から撮影した図6の写真は製品部の輪郭も明瞭で、金型温度を細部まで測定することができた。

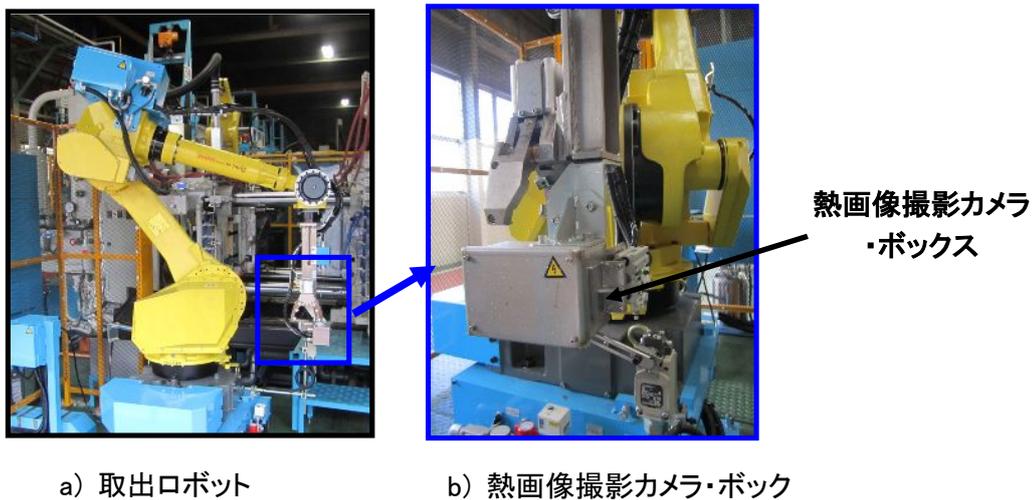


図5 導入した金型温度監視システム

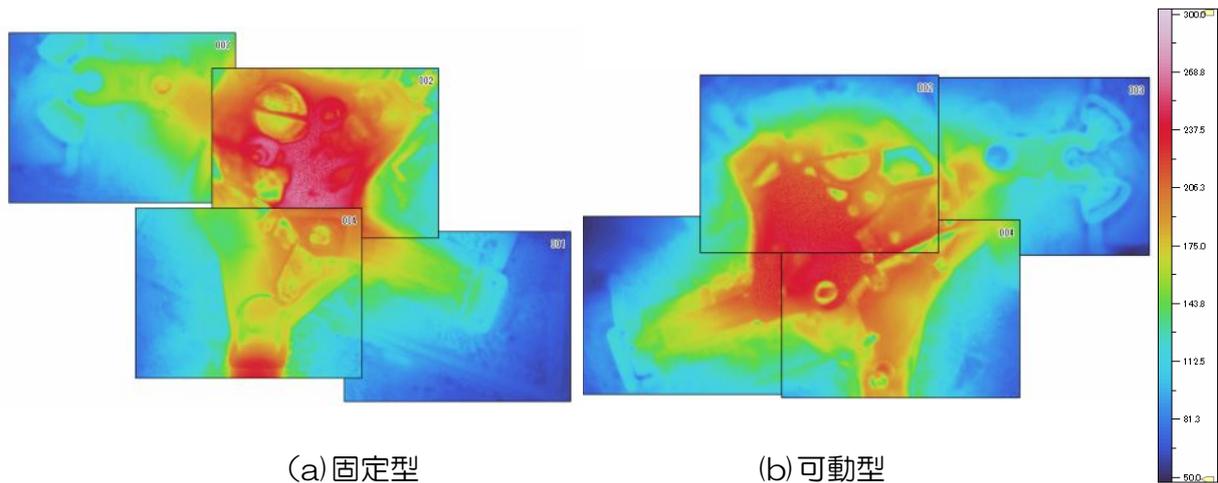


図6 撮影した熱画像

4) 調査結果のまとめと対策検討

① 調査結果のまとめ

小物ダイカスト鋳造品の歪み・変形の現状調査として、以下のことがわかった。

- a) 鋳造条件では、プランジャー速度の減速を強くする方が歪み・変形が小さくなる。
- b) 鋳造圧力は低い方が歪み・変形が小さくなる。
- c) 導入した ATOS は、測定精度±0.02 と三次元非接触計測機として有効であった。
- d) 導入した金型温度監視システムは、金型温度を金型正面から撮影することで、金型温度を細部まで測定することができた。

②対策検討

上記の調査結果をシミュレーションに反映して（2-3 章を参照）、シミュレーションの精度向上を図り、対策案を仮想空間にて検討した。

2-2 歪み・変形等のシミュレーション解析ソフト適用技術の検討・検証

（実施者：国立大学法人岐阜大学、名古屋市工業研究所、寿金属工業株式会社、東海精機株式会社）

鋳造品の熱変形についておもに CAE 解析により次の順序で検討を行った。特に、型取出し後の鋳物の冷却過程における変形量を検討した。

- 1) ダイカスト鋳物の歪み・変形シミュレーション解析方法の検討
- 2) シミュレーション解析適用技術のまとめ

1) ダイカスト鋳物の歪み・変形シミュレーション解析方法の検討

① 解析方法

ダイカスト鋳物の歪み・変形シミュレーション解析の流れを図7に示す。ATOS により実験に使用する金型形状および製品を詳細に計測して、三次元モデルを作成した。

次に、シミュレーション解析は、鋳造シミュレーションとそり変形解析の2段階で行った。鋳造シミュレーションは ADSTFAN を、そり変形解析は ANSYS を用いた。鋳造シミュレーションの熱伝達係数は、高精度金型温度監視システムで測定した金型温度に合うように、係数を合わせ込んだ。

そり変形解析では、製品の初期温度は、鋳造シミュレーション凝固終了時の鋳物温度とし、冷却により室温に至るまでの変形を計算した。応力-歪みの関係は完全弾性体近似を用いた。また、本合金のヤング率、ポアソン比、密度、熱膨張係数、比熱、熱伝導率については材料物性値計算ソフトウェア JMatPro で計算した値を用いた。

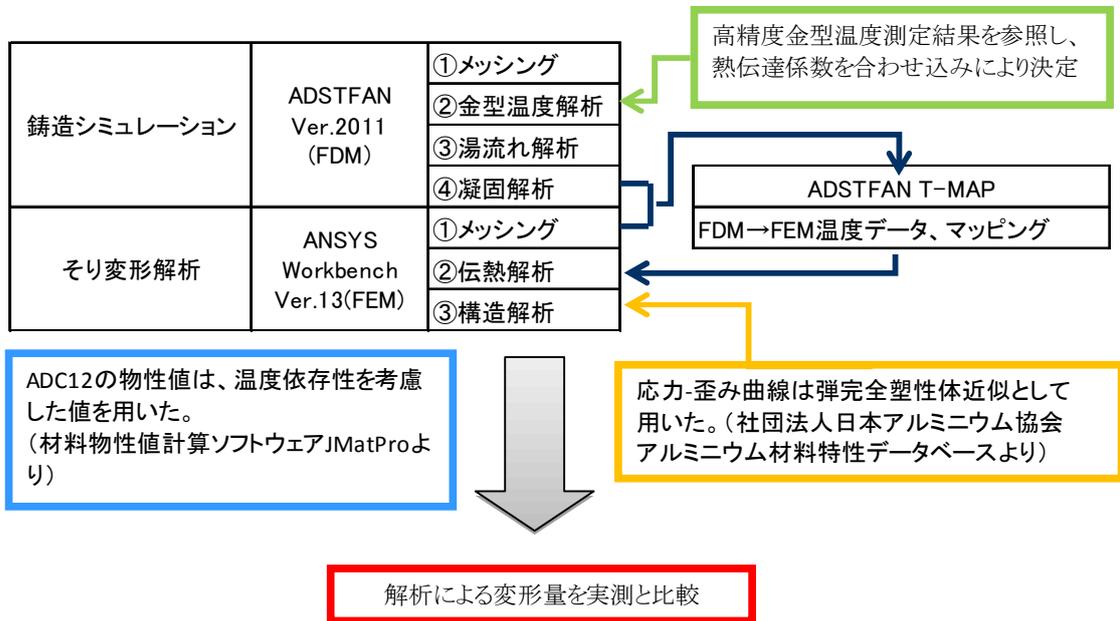
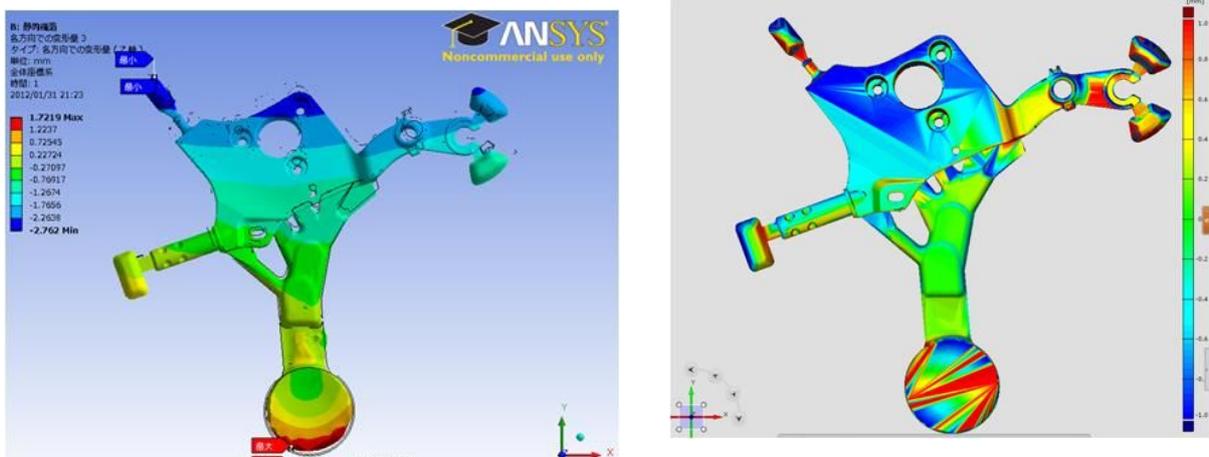


図7 シミュレーション解析の流れ

② 実験結果

鋳造シミュレーションの熱伝達係数を合わせこみことで、製品表面の温度分布を比較的よく再現した。図8に温度による変形解析結果と三次元非接触計測機により計測した鋳物変形結果との画像比較を示す。製品の歪み傾向は、良く一致した。

図9に、図2に示す測定ポイント①～⑦の変形量について三次元非接触計測機（ATOS）による計測値と変形解析結果を比較して示す。計測ポイント①～③では計測値と解析値に差異が見られるが、その他の測定ポイントでは差異は小さく、変形方向についてはすべての点で傾向が一致した。



(a) シミュレーション解析結果

(b) 三次元非接触計測結果

図8 製品変形量（キュアリングタイム：5.5 s）

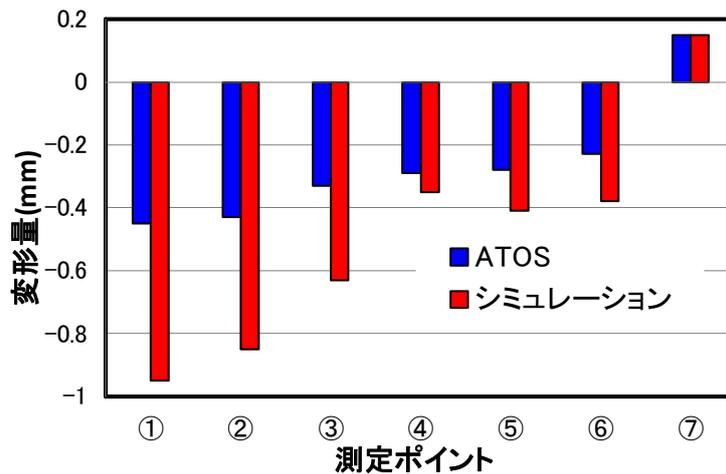


図9 ATOS とシミュレーション結果の変形量の比較（キュアリングタイム：5.5 s）

2) 歪み・変形シミュレーション解析適用技術のまとめ

ダイカスト鋳物の歪み・変形シミュレーション解析結果をまとめると以下のようになった。

- a) 高精度金型温度測定に鋳造シミュレーションの金型温度結果を合わせこみことで、簡易に熱伝達係数を割り出すことができた。
- b) ダイカスト鋳造で実績がある鋳造シミュレーション（ADSTFAN）と変形シミュレーション（ANSYS）の2段階で、鋳造から凝固・冷却までの全工程を解析することができた。特に、両ソフト間のデータ移行ノウハウと伝熱解析・構造解析に必要な物性値及び近似モデルを収得することができた。
- c) 歪み・変形シミュレーション解析により、鋳造品の歪み・変形の傾向を再現することができた。

2-3 バリ発生に及ぼす鋳造条件の現状解析

（実施者：寿金属工業株式会社、国立大学法人岐阜大学、名古屋市工業研究所）

バリ発生の実験調査として、バリ発生に關与する鋳造条件の主要因子を割り出す鋳造実験を行った。

1) 実験方法

鋳造実験は、実験計画法（L9）を用いて評価項目をバリ状況として行った。表4に、鋳造条件と各水準を示す。

表4 実験条件と水準

条件	水準 1	水準 2	水準 3
溶湯温度 (°C)	—	660	680
高速速度 (m/s)	1.8	3.5	7.0
減速速度 (m/s)	強	弱	なし
鋳造圧力 (MPa)	50	60	63
昇圧時間 (ms)	10	25	50

2) 実験結果

図10に、バリ発生の要因効果図をしめす。バリ発生には、高速速度が非常に強く影響し、高速速度が速くなるにつれてバリが発生しやすいことがわかった。

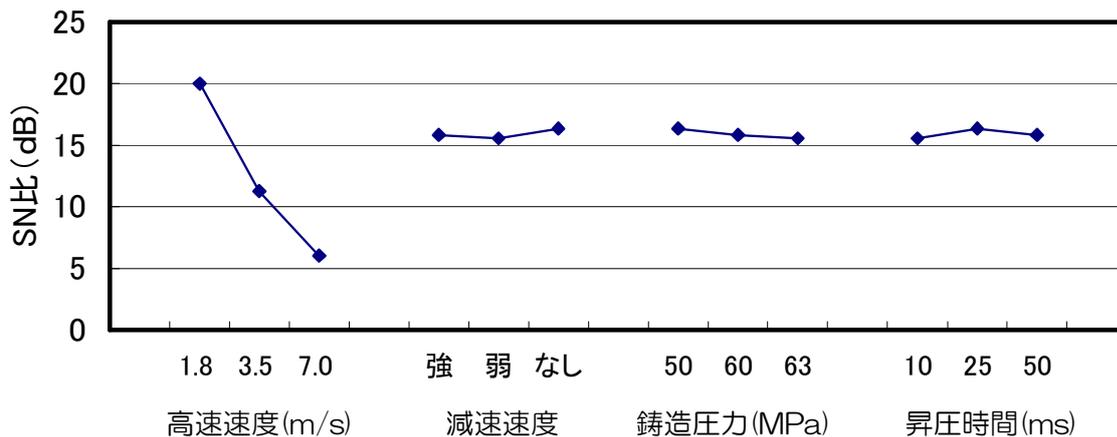


図10 バリ発生の要因効果図

2-4 バリ発生に及ぼす金型要因の現状解析

(実施者：寿金属工業株式会社、東海精機株式会社、国立大学法人岐阜大学、名古屋市工業研究所)

バリレス・ダイカスト技術の基礎として、バリ発生に寄与する金型の要因を検討するために、以下の順次で研究を進めた。

- 1) 歪みゲージによる金型の歪み・変形の計測Ⅰ（型締め力の影響）
- 2) 歪みゲージによる金型の歪み・変形の計測Ⅱ（金型温度の影響）
- 3) 感圧紙による型締め圧力分布の把握
- 4) 三次元非接触計測機（ATOS）による金型入子形状の計測
- 5) バリ発生に及ぼす金型要因の検討

1) 歪みゲージによる金型の歪み・変形の計測Ⅰ（型締め力の影響）

型締め時の金型の変形を算出する型締め機構を再現したシミュレーションの結果を検証するために、歪みゲージを使って、ダイカスト機の型締め力により発生する金型（主型）側面の歪みを計測した。

① 実験方法

歪み測定には、高温用歪みゲージ（KFH-5-120-C1-11F5M3）と歪みゲージ（N11-FA-5-120-11-VSE1）を図11(a)の位置に貼付けて用いた。各データは、図11(b)に示すリモートスキャナ Jr.DC3100（レンジ：±20,000 $\mu\epsilon$ 、インターバル：1.0sec）により計測、PCにて記録・解析を行った。

② 計測結果

図12に、型締め力と歪みゲージで計測した金型の歪み量の関係を示す。(a)は、可動型の側面②において、(b)は上面④においての計測であり、(c)は計測結果の模式図を示す。

金型中央部の②と④では、型締め力が増加するにつれて歪み量は変化をしている。型締め方向には圧縮、型締めと垂直方向には引張が確認できた。

また、金型の端面の②Ⅰ、④Ⅰでは、型締め力が増加しても歪みは発生せず、金型端面では変形がないことが確認できた。

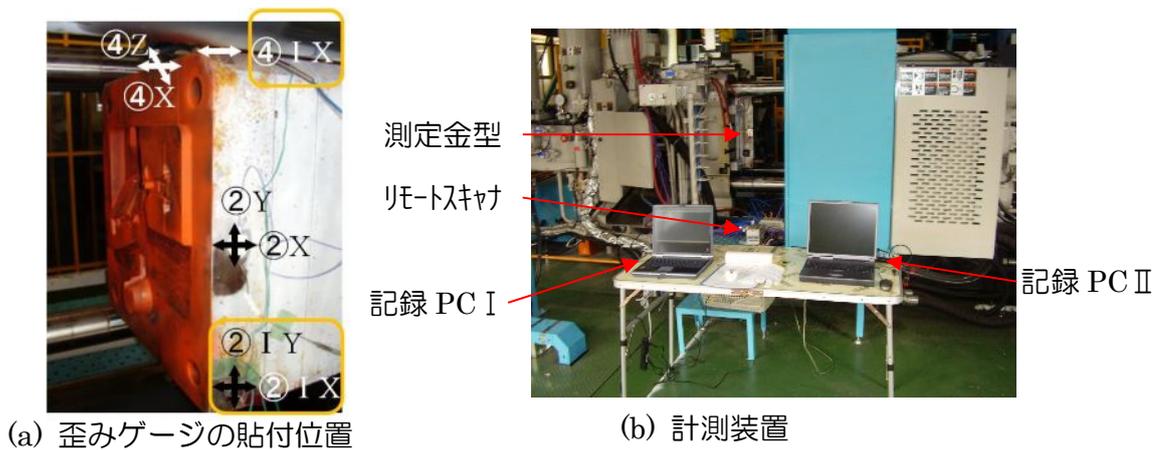


図 1 1 歪みゲージの測定方法

2) 歪みゲージによる金型の歪み・変形の計測Ⅱ（金型温度の影響）

また、金型温度の影響を調べるために、鑄造の立ち上げから連続で歪みを計測した。

① 実験方法

歪み測定には、高温用歪みゲージ（KFH-5-120-C1-11F5M3）と歪みゲージ（N11-FA-5-120-11-VSE1）を図 1 1 (a)の位置に貼付けて用いた。各データは、図 1 1 (b)に示すリモートスキャナ Jr.DC3100（レンジ：±20,000 $\mu\epsilon$ 、インターバル：1.0sec）により計測、PCにて記録・解析を行った。

室温から連続鑄造して、金型温度をシース熱電対（K-1.6 Φ SUS316 クラス 2）で測定して、歪み計測の補正も行った。

② 計測結果

図 1 3 に、金型温度と各ゲージ位置（①～④）における歪みとの関係を示す。金型温度が同じでも、位置による歪み量の違いはあるが、金型温度の上昇につれて歪み量が増加している。これから、熱膨張が観察されるが、この影響度は位置によって異なり、内部構造も考慮する必要がある。

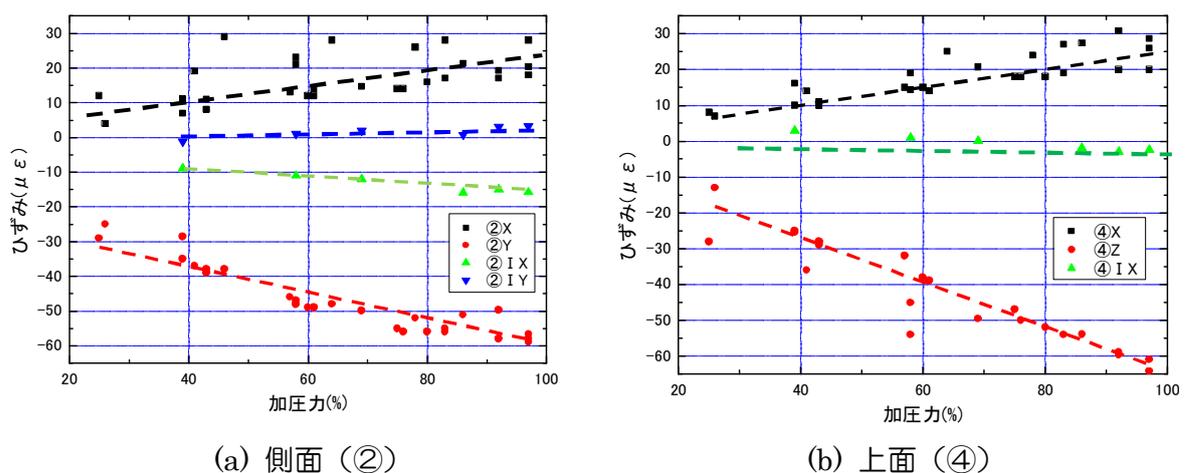


図 1 2 型締め力と金型歪みの関係

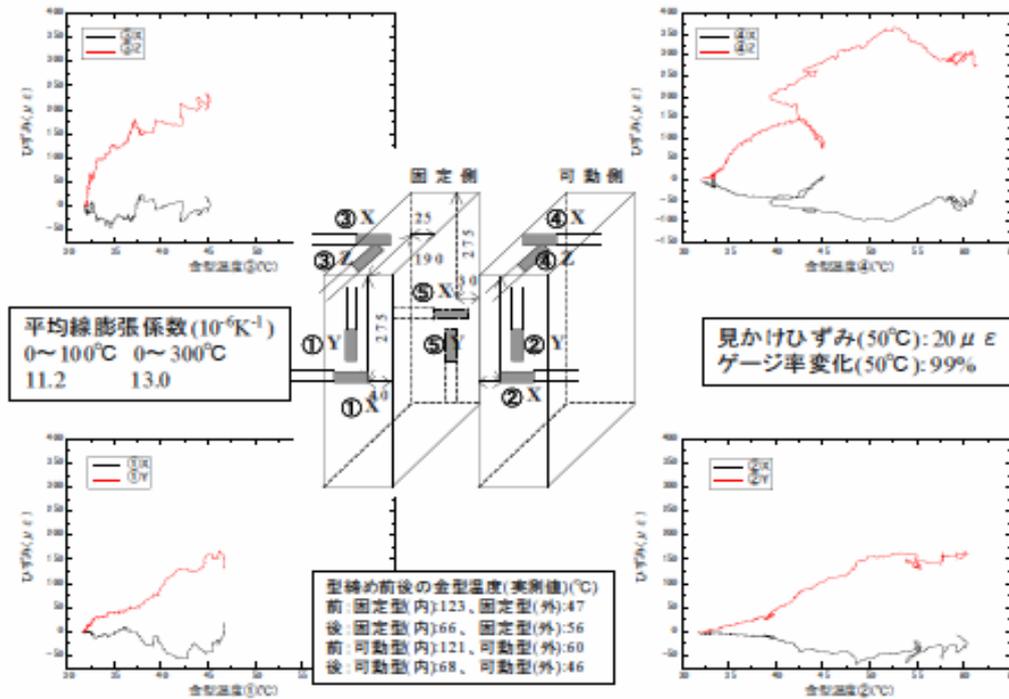


図13 金型温度と歪みの関係

3) 感圧紙による型締め圧力分布の把握

更に、型合わせ状況を詳細に調査するために、富士フィルム製 感圧シート（中圧用 PS-MS：測定可能圧力帯=10~50MPa）を使用して、冷間型締め時の金型入子の圧力分布を計測した。型締め圧力は17~94%まで変化させた。感圧紙による型締め圧力分布を図14に示す。型締め力が弱い17%（図14(a)）では、入子中央部が当たり、型締め力が強くなるに従い、徐々に当たり面が入子周囲に広がっていくことがわかった。

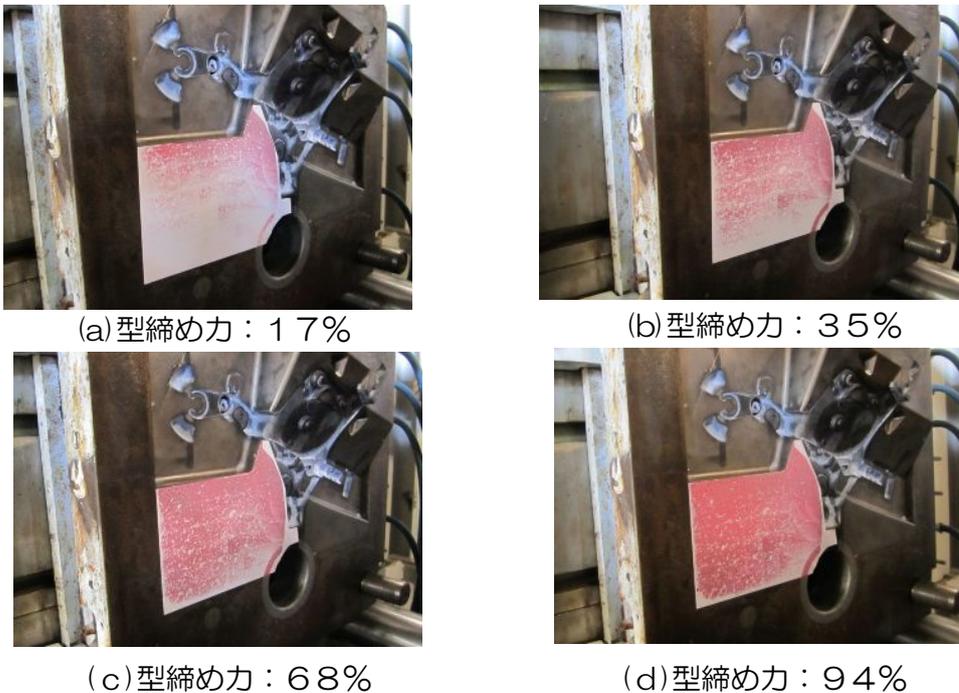


図14 感圧紙による型締め圧力分布

4) 三次元非接触計測機（ATOS）による金型入子形状の計測

金型の入子形状を三次元非接触計測機（ATOS）で計測して、金型設計モデルと比較した。図15に、固定・可動入子の三次元非接触計測機（ATOS）による金型入子計測結果を示す。実際の入子形状は、設計データから最大で-0.06程凹んでいる場所があった。

更に、詳細に調査するために、各断面の寸法を比較した。検討した断面の一部を図16に示す。図16の(a)固定入子(b)可動入子ともに、入子端面から中央部に沿って形状が凸となっていることがわかった。これは、図14の「感圧紙による型締め圧力分布」の結果を良く説明する現象である。

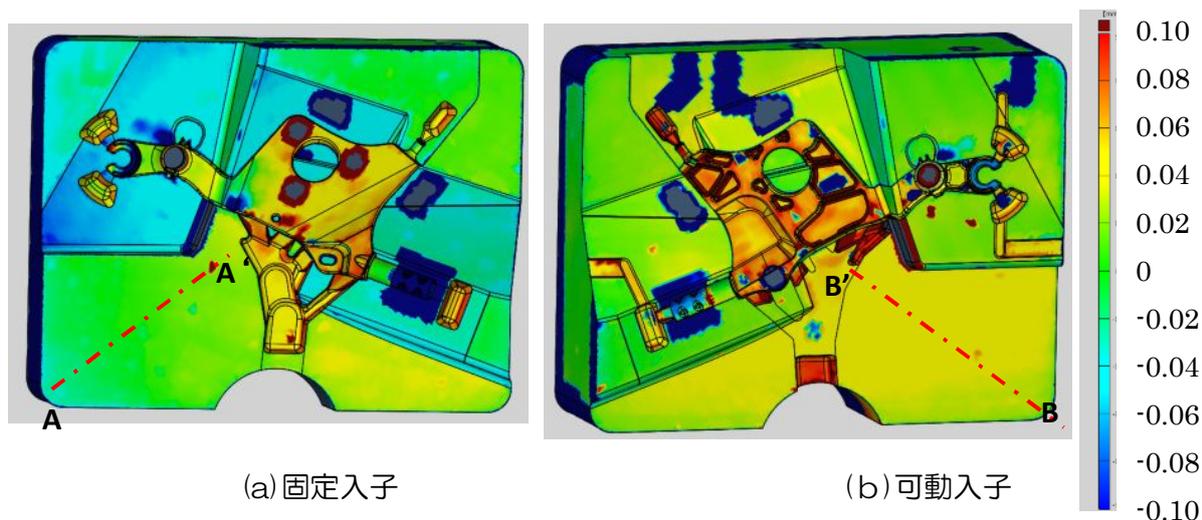


図15 三次元非接触計測機（ATOS）による金型入子計測結果

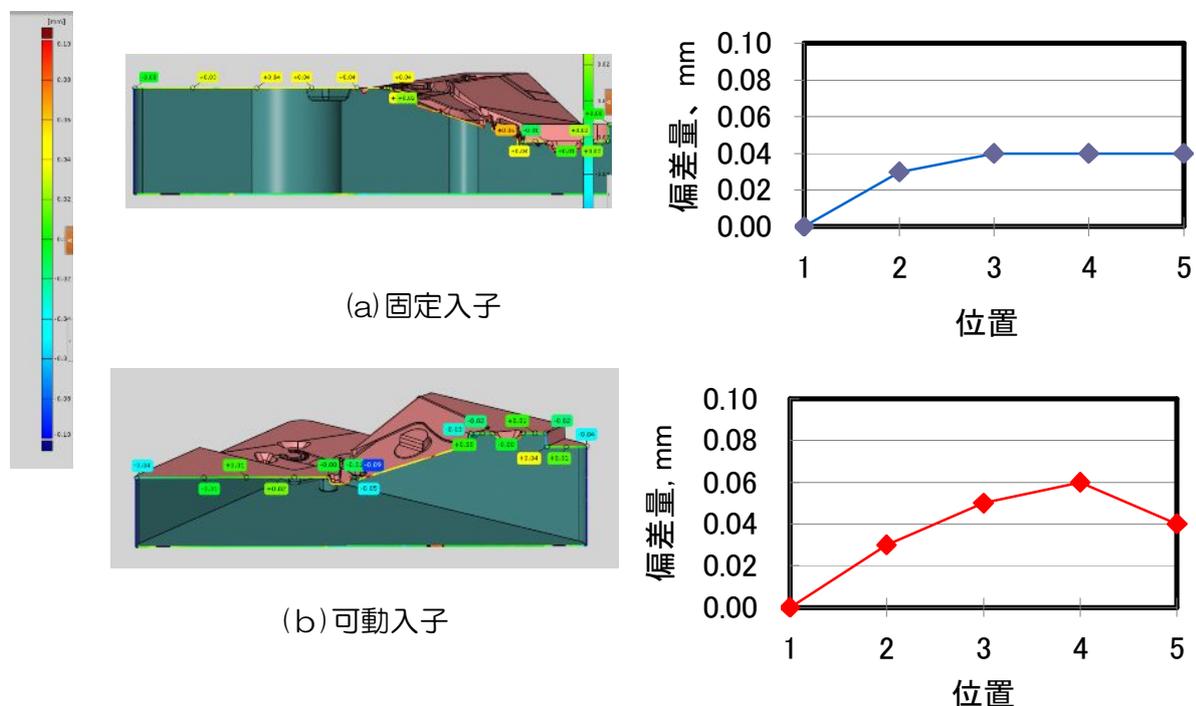


図16 入子断面の偏差量

5) バリ発生に及ぼす金型要因の検討

型締め時の金型の変形と金型寸法を詳細に調査した結果、以下のことがわかった。

- a) 金型端面は型当たりが少ないことが、「歪みゲージによる金型変形」「入子の三次元非接触計測」「磁気式高精度変位計」の結果からわかった。
- b) 以上ことから、実験対象型の冷間型締め時には、金型下部の型当たりが強く、金型中央部の当たりが弱い傾向にあることがわかった。
- c) しかし、実铸造時には、「歪みゲージによる金型変形」から、金型中央部の型当たりは強くなる傾向が見られた。

2-5 バリレス・ダイカスト技術確立のための検討・検証

(実施者：国立大学法人岐阜大学、名古屋市工業研究所、寿金属工業株式会社、東海精機株式会社)

金型の熱変形についておもに CAE 解析により検討を行った。

- 1) ダイカスト機の型締め機構を再現した型締めシミュレーション
- 2) 3D 実測モデルによるシミュレーション
- 3) 熱変形シミュレーション
- 4) シミュレーションによる対策案の検討
- 5) 対策型の実铸造での検証

1) ダイカスト機の型締め機構を再現した型締めシミュレーション

① 実験方法

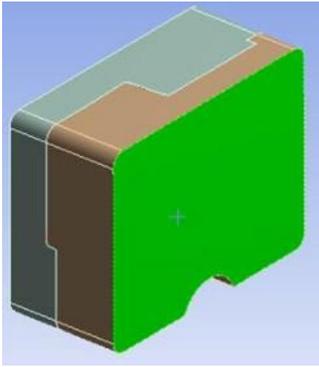
金型の変形を予測する際に何処まで実際の状況により近づける必要があるのかを検討した。図 17 の a) ~ e) の順番に実際の型締め状況を再現した。特に、型締め機構も再現した三次元モデルを作って、金型の変形を算出した。

そこで以下のモデルの変更を行った。

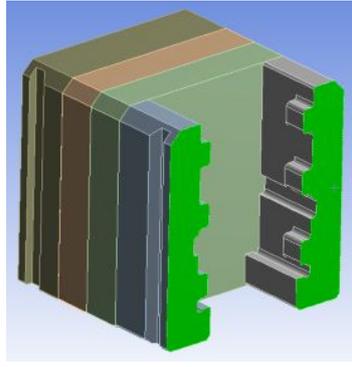
- a) 入子モデル
- b) 主型再現モデル
- c) 型締め機構再現モデル
- d) ピランジャー再現モデル
- e) ピラー再現モデル

② 実験結果

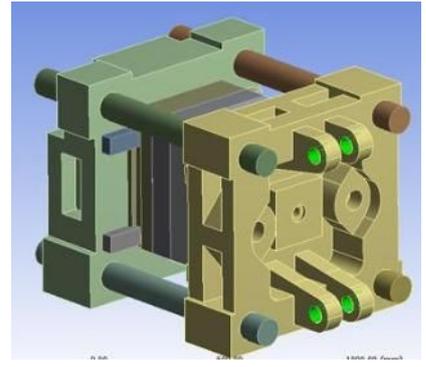
図 18 に a) ~ e) の順番に実際の型締め状況を再現した各モデルでの変形解析結果を示す。型締めにより金型 PL 面もゆがんだ形状となり金型の剛性が弱く、ダイカスト機も変形していることがわかった。a) の入子単独モデルではほぼ全面にて接触しているが、b) ~ e) の順番に実際の型締め状況を再現するにつれて金型の剛性は強くなって、金型上面で隙間が小さくなった。



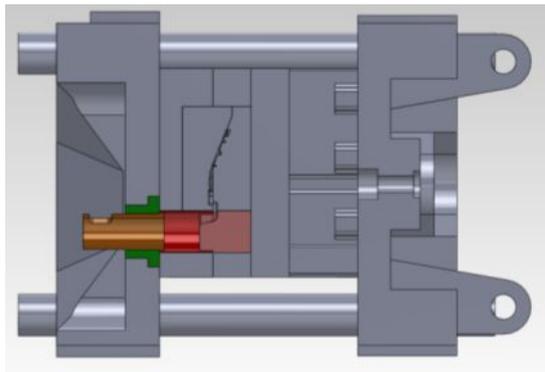
(a) 入子モデル



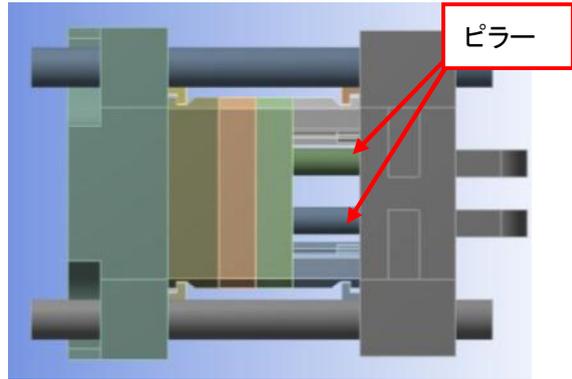
(b) 母型再現モデル



(c) 型締め機構再現モデル

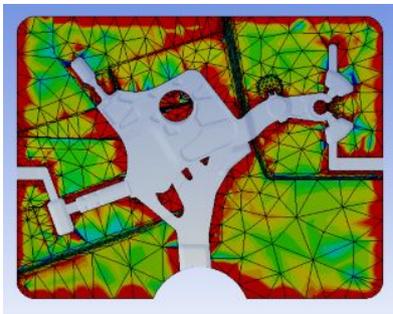


(d) プランジャーの再現

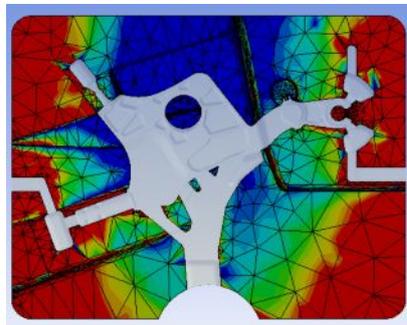


(e) ピラーの追加

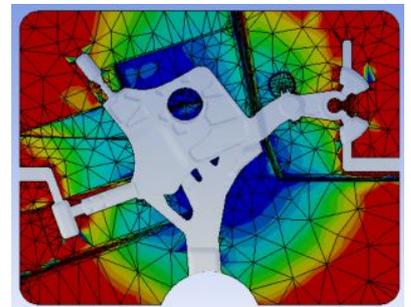
図17 型締め検討モデル



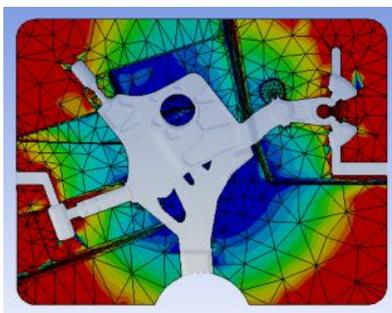
(a) 入子モデル



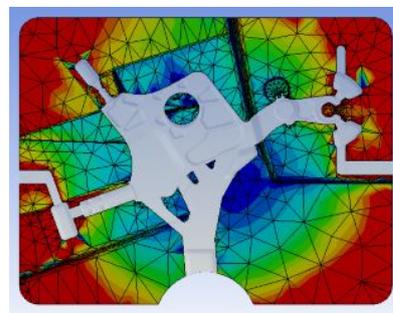
(b) 母型再現モデル



(c) マシン再現モデル



(d) プランジャーの再現



(e) ピラーの追加

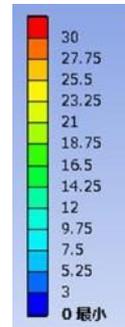


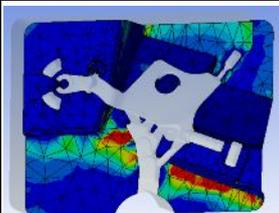
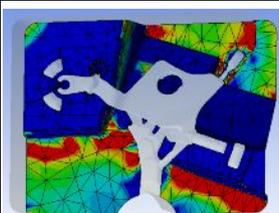
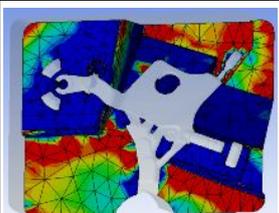
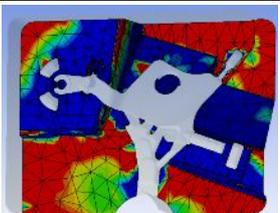
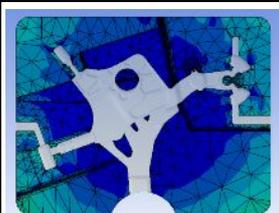
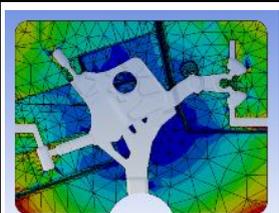
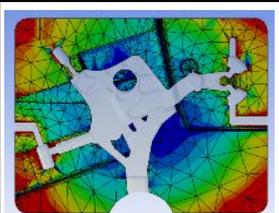
図18 金型PL面の圧力計算結果

2) 3D実測モデルによるシミュレーション

図15の三次元非接触計測機(ATOS)による金型入子計測結果に基づいて金型入子の3Dモデルを加工して、実際の金型に近づけた入子の面修正モデルを作成した。

表5に、「図14 感圧紙による型締め圧力分布」「設計モデル(面修正前)を使って解析した圧力分布」と「面修正前の入子モデルを使って解析した圧力分布」を対比して示す。面修正した入子モデルの方が、設計モデルよりも、感圧紙の型締め圧力分布に良く近くなった。

表5 型締め時の面圧比較

型締め圧力					
		17%	35%	68%	94%
感圧紙による実測					
入子面修正モデル					
設計モデル					

3) 金型の熱変形シミュレーション

① 実験方法

金型の熱変形シミュレーションは、鋳造シミュレーションソフト(ADSTEFAN)により湯流れ、凝固および金型温度解析を実施することによって成形時の製品および金型温度分布を算出した結果をもとに、解析システムにより金型の変形を検討した。入子モデルは、面修正モデルを使用した。また、ダイカストマシンの型締め機構を再現し、そのうえで金型温度、鋳造圧力および鋳造圧力を加味した解析を実施した。金型は約20-200℃の温度分布とした。しかしながら、今回の解析では、FEM解析時のメッシュ数に制限があり、金型温度解析結果をFEMモデルに十分反映させることができないという問題があった。

② 実験結果

図19に、型締め力70%、100%を付与し、鋳造圧力100%で成形したときの金型PL面に発生する隙間量の解析結果を示す。型締め力が大きいほうがPL面間の隙間発生領域が狭いという解析結果となった。また、図20に、型締め力100%を付与し、鋳造圧力50%、100%で成形したときの金型PL面に発生する隙間量の解析結果を示す。鋳造圧が高いほど隙間が発生する領域が広いという結果となった。

これらの結果は、実際のダイカストの状況をよく再現しているものであり、熱と構造の連成解析の結果、シミュレーションにより実成形状態を適切に表現できていると考えられる。

図22に、本解析により算出した PL 面間の隙間量と成形後の製品に発生したバリの厚さとの関係を示す。図中、選定位置とは製品に発生したバリの位置（図22左）を表現している。図より両者の値はよく一致しており、本手法により隙間量を精度よく算出することによってバリ発生の有無を判定する指針を得ることができる。

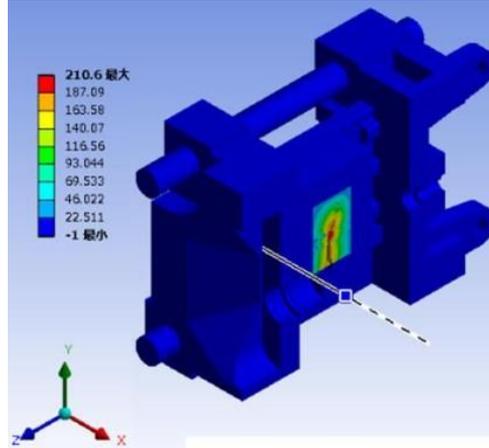
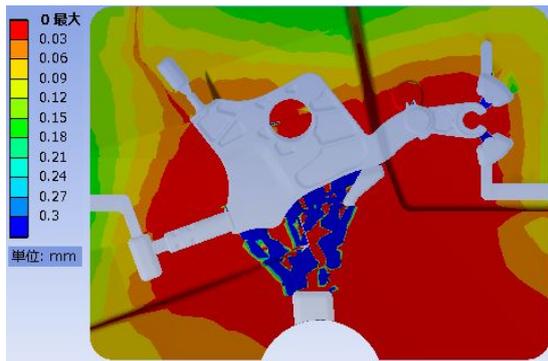
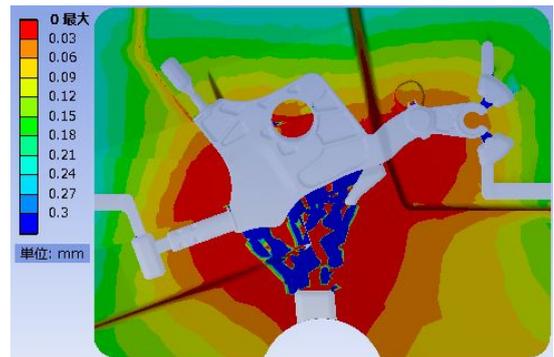


図19 温度分布を与えた金型を搭載したダイカストマシンモデル（断面図）

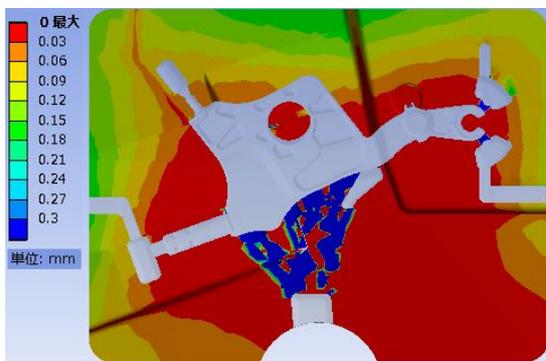


(a) 型締め力 100%

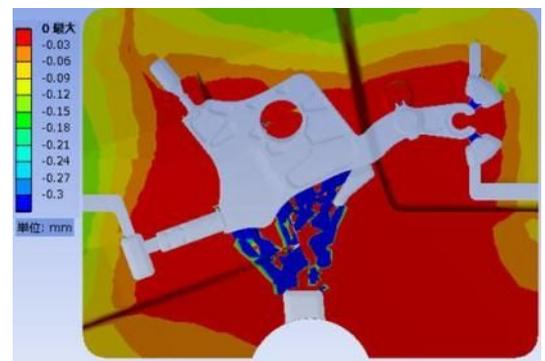


(b) 型締め力 70%

図20 型締め力の違いによる PL 面の隙間量（铸造圧力 100%）



(a) 铸造圧力 100%



(b) 铸造圧力 50%

図21 铸造圧力の違いによる PL 面の隙間量（型締め力 100%）

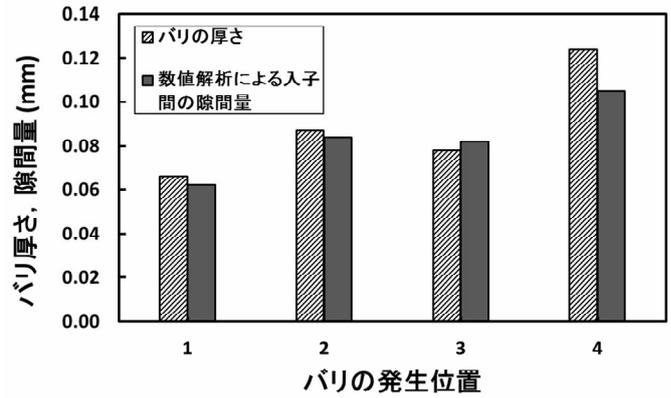
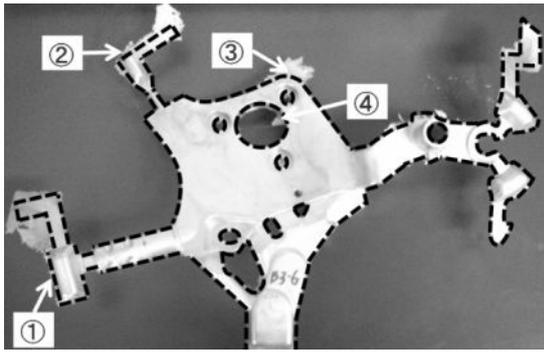


図2-2 鋳造品のバリ厚さとPL面隙間量計算値の比較

3) シミュレーションによる対策案の検討

上記の型締めシミュレーションを使って対策案を検討した結果を表6と図2-3に示す。これらから、金型を大きくすることが有効であることがわかった。

表6 対策案と効果

	対策内容	効果
(a) 従来型	—	—
(b) 対策案Ⅰ	主型の材質を変更	×
(c) 対策案Ⅱ	主型を一体化	×
(d) 対策案Ⅲ	主型を大きく	○

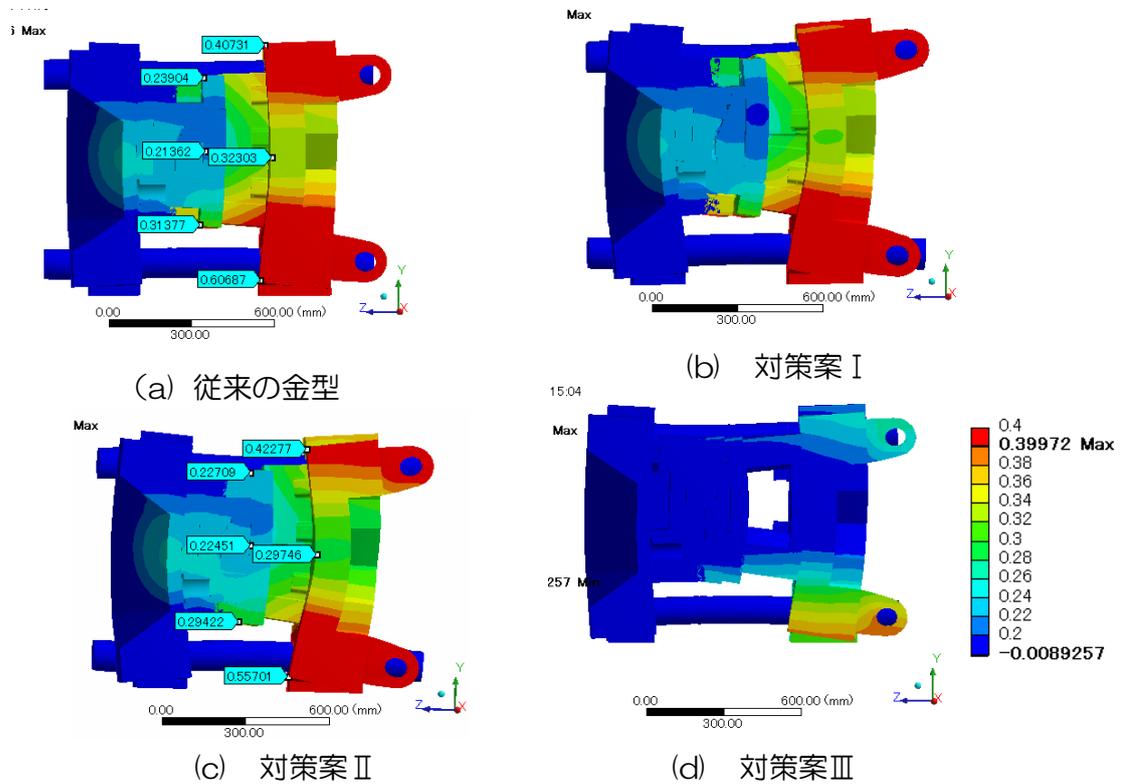


図2-3 シミュレーションによる対策案の検討 (断面)

図24に、採用した対策案のモデルを示す。図25に、実験型と採択対策型のシミュレーション結果を示す。この採用した対策案では、シミュレーション結果から金型の剛性が非常に増して、更にダイカスト機の変形も緩和されることが予想される。

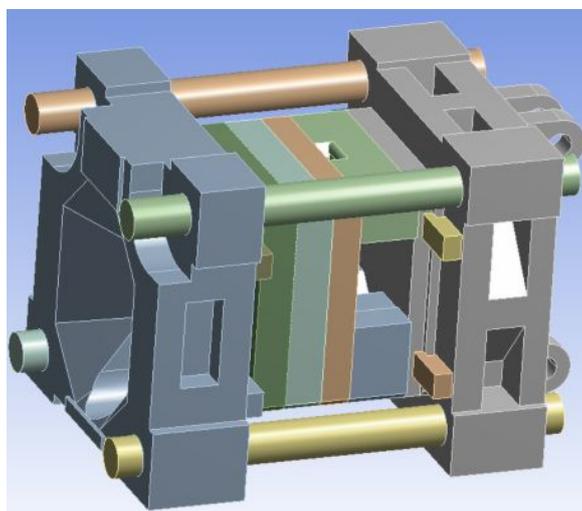


図24 採用対策案のモデル

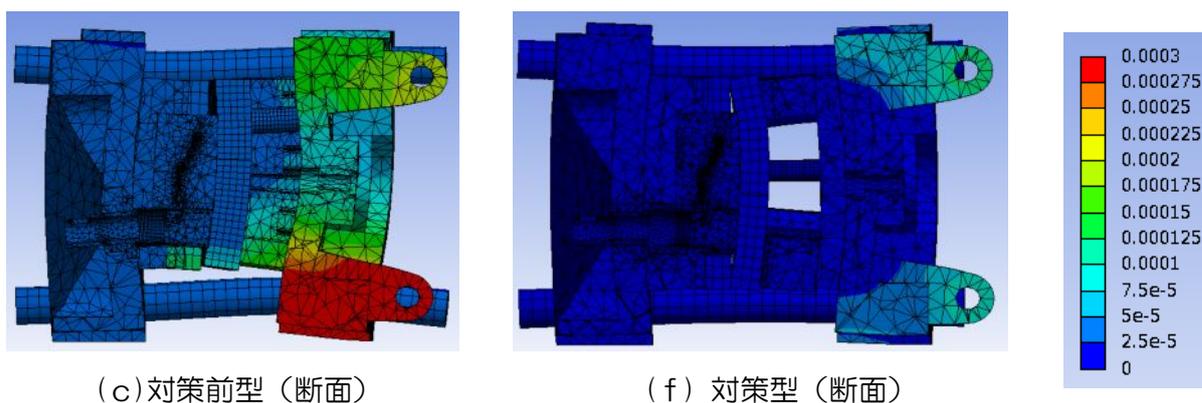


図25 採用対策案のシミュレーション結果

4) 対策型の検証

上記の採用した対策案に沿って対策型を制作した。この対策型の実鋳造を繰り返して、効果を検証中である。

2-6 プロジェクトの管理・運営（実施者：寿金属工業株式会社）

事業運営をスムーズに進めるために、事業管理者が事務局となって、表4のように、研究開発委員会を定期的を開催し、研究共同体の意思決定・計画見直し等のサポートをしている。また、各種事務処理も行った。

表10 本年度のプロジェクトの管理・運営の一覧表

	項目	日時	場所	対応者
平成 22 年度	第1回研究開発委員会	平成22年9月3日 13:30~16:00	名古屋市工業研究所	事業管理者:久保社長 中部経産局:堀ものづくり基盤専門管等
	第2回研究開発委員会	平成22年10月8日 13:30~15:00	名古屋市工業研究所	同上
	第3回研究開発委員会	平成22年11月8日 13:30~16:00	東海精機	同上
	第4回研究開発委員会	平成22年12月21日 13:30~16:00	岐阜大学	同上
	中間検査	平成23年2月1日	寿金属工業	同上
	第5回研究開発委員会	平成23年2月4日 13:30~16:00	寿金属工業	同上
	中間ヒアリング	平成23年2月15日 16:30~17:50	名古屋会議室	同上
	確定検査	平成23年3月24日	寿金属工業	同上
	第6回研究開発委員会	平成23年3月29日 13:30~15:30	名古屋市工業研究所	同上
	成果報告書の作成・提出	平成23年3月31日	中部経産局	同上
平成 23 年度	第1回研究開発委員会	平成23年4月8日 9:30~12:00	ウインクあいち	同上
	第2回研究開発委員会	平成23年6月2日 13:30~16:30	名古屋市工業研究所	同上
	第3回研究開発委員会	平成23年7月12日 14:00~16:30	東海精機	同上
	第4回研究開発委員会	平成23年9月14日 14:00~16:30	岐阜大学	同上
	第5回研究開発委員会	平成23年11月17日 9:30~12:00	寿金属工業	同上
	第6回研究開発委員会	平成23年1月13日 13:30~16:00	名古屋市工業研究所	同上
	中間検査	平成23年1月17日	寿金属工業	同上
	中間ヒアリング	平成24年2月6日 14:00~15:30	名古屋会議室	同上
	第7回研究開発委員会	平成24年2月29日 13:30~16:00	岐阜大学	同上
	確定検査	平成24年3月8日	寿金属工業	同上
成果報告書の作成・提出	平成23年3月31日	中部経産局	同上	

平成 24 年度	第1回研究開発委員会	平成24年 4月 10日 (火) 13:30~16:00	寿金属工業	事業管理者:久保社長 中部経産局:堀ものづくり基盤専門管 等
	第2回研究開発委員会	平成24年 5月 17日 (木) 13:30~16:00	岐阜大学	事業管理者:久保社長 中部経産局:中井課長補佐等
	第3回研究開発委員会	平成24年 7月 11日 (水) 13:30~16:00	名古屋市工業研究所	事業管理者:久保社長 中部経産局:犬飼課長補佐等
	確定検査	平成24年 9月 25日	寿金属工業	同上
	成果報告書の作成・提出	平成24年 9月 28日	中部経産局	同上

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果のまとめ

研究開発成果として、表7のような結果を得ることが出来た。

表7 研究開発成果のまとめ

技術的課題	実施事項	研究成果
転写性のよい(歪・変形の少ない)ダイカスト技術の開発	①ダイカスト鑄造品の歪・変形等の現状解析	<ul style="list-style-type: none"> ・本サポインで導入した三次元デジタイザ、ロボットによる金型温度監視システムを用いて、鑄造品、金型及び鑄造機の歪・変形計測、或いは鑄造品、金型の温度測定を行い、今までにない高精度なデータを得ることができた。 ・上記のデータと突き合わせて、鑄造品、金型及び鑄造機の歪・変形をシミュレーションにて定性的に説明できることを実証した。
	②歪・変形等の解析ソフト適用技術の検討・検証	<ul style="list-style-type: none"> ・本サポインで導入した凝固変形解析システムを用いて、凝固シミュレーションだけでなく、凝固と連動した鑄造品及び金型の変形シミュレーションを可能とした。
バリレス・ダイカスト技術の開発	③バリレス・ダイカスト技術確立のための技術検討	<ul style="list-style-type: none"> ・ダイカストマシンの型締め機構を含めた型締めモデルを作成し、現行型の剛性評価を実施した結果、剛性が弱いことが確認できた。シミュレーションで、剛性の向上と転写性の良い対策案の検討を行い、採択した案で対策型を製作した。 ・実鑄造を繰り返し行い、金型形状と鑄造品の形状の経時変化を調査している。

3-2 今後の進め方

残った課題と今後の計画内容を表8に示す。

表8 今後の進め方

技術的課題	実施事項	残った課題	今後の計画内容
転写性のよい(歪・変形の少ない)ダイカスト技術の開発	①ダイカスト鑄造品の歪み・変形等の現状解析と対策	対策実験型を作製したが、実鑄造による経時変化中である。	<ul style="list-style-type: none"> ・実施事例を積み上げる。 ・離型時の変形解析を検討する
	②歪み・変形等の解析ソフト適用技術の確立	離型時の変形解析まではできていない。	
バリレス・ダイカスト技術の開発	③バリレス・ダイカスト技術確立の検討・検証	対策実験型を作製したが、実鑄造による経時変化中である。	<ul style="list-style-type: none"> ・実施事例を積み上げる。

3-3 事業化の方向性

1) 本技術の応用分野

国内市場では表のEV/EHV関連の部品が増産・拡大している。これらの部品の要求品質は、薄肉特性・寸法精度と無切削特性が重要である。これらの特性に対し、本サポインで開発中の3D計測技術と鋳造品・金型の変形予測シミュレーション技術は技術的な優位性を確立することができた。

また、一部の自動車メーカーでは技術打合せや検査報告等の際に3Dデータが必須となり、3D技術が無い企業は見積依頼も頂けない情勢となっています。その為に、本研究の成果を顧客にアピールすることで、新規部品の受注活動に大きく寄与している。

表9 本技術の応用分野

代表製品	耐圧 厚肉特性	薄肉特性 寸法精度	無切削 特性	機械強度 特性	技術総 合評価	国内での生産動向	
EV・EHV 電子基板部品	—	ハイ	ハイ	—	ハイ	↑	EV・EHVの 増産
EHVPCUケース	—	ハイ	ハイ	—	ハイ	↑	EV・EHVの 増産
EV・EHV 電子機器ケース	—	ハイ	ハイ	—	ハイ	↑	EV・EHVの 増産
電動パワー部品	ミドル	—	ハイ	ハイ	ハイ	↑	世界展開

2) 本研究の効果

本研究の効果をして、表10に示す三次元計測技術とシミュレーションの活用が期待される。実際には、新規製品受注に対する寄与(①)だけでなく既存製品の改善効果(②)と寸法測定の手数低減効果(③)や、試作回数の削減(④)の効果が現れている。

表10 本研究の効果

本技術	新規業務内容
三次元計測技術(ATOSの活用)	新規製品の受注に寄与 既存製品の不良対策 寸法測定の手数低減 3D計測の請負
シミュレーションの活用	既存製品の不良対策 新規試作の受注 試作回数の削減

3) 効果金額の予測

本研究による効果金額の予測は、表11の通りである。

表11 効果金額の積算予想

	24年度	25年度	26年度
① 新規品の受注	351,800,000	381,800,000	392,700,000
② 既存製品の改善効果	240,000,000	240,000,000	240,000,000
③ 検査工数の削減	2,000,000	4,000,000	4,000,000
④ 試作回数の削減	4,000,000	4,000,000	8,000,000
合計	597,800,000	629,800,000	644,700,000