# 平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業

# 「立体的な加飾を射出成形のみで実現する多色成形金型の研究開発」

# 成果報告書

平成26年 3月

委託者 中部経済産業局 委託先 国立大学法人岐阜大学



### 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
- 1-2 研究体制
- 1-3 成果概要
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口
- 第2章 本論
- 2-1 金型表面加工技術の確立
- 2-2 微細成形技術及び薄肉成形技術の確立
- 2-3 樹脂配合技術の確立
- 2-4 事業化に向けての取り組み
- 最終章 全体総括

### 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

[特定ものづくり基盤技術の種類]

主たる技術:金型に係わる技術

- 1 金型に係る技術において達成すべき高度化目標
- (1) 自動車に関する事項
- [川下製造業者等の課題・ニーズ]
  - ア、低コスト化
  - イ. 複雑形状化・一体成形化金型

[高度化指針に定める高度化目標]

- イ. 複雑三次元形状等を創成する金型及び成形技術の構築
- 工、成形品の後工程の削減

#### 1-1-1. 研究の背景

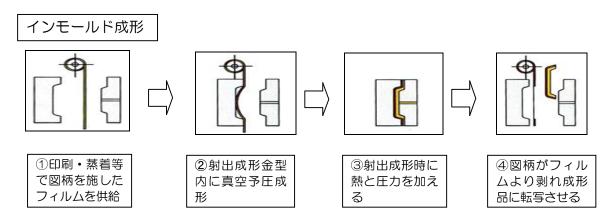
自動車産業においては、軽量化の観点から樹脂成形品の活用が行われているが、難燃性、耐久性を高めながら、製品表面の見栄え、高級感を高めるために、内外装に高い質感が求められるようになってきている。特に、内装部品に関しては「低コスト化」の中で、「加飾(見栄えや感触)」の向上に対するニーズが増しているが、その実現には次の課題が存在している。

自動車部品のパネルやスイッチ等加飾性が問われるプラスチック成形部品は、一般的に水圧転写やフィルム貼り付け等の方法が用いられているが、大きな曲率を持つ製品では、平板形状で作られた塗膜やフィルムを貼り付けても伸びや歪みが発生するため、平面的な成形品にしか対応でき無い状況である。また、全方向に加飾が必要な製品、たとえば自動車のステアリングホイールなどには、木材を成形品にインサートする方法が取られているが、現状の加飾方法は、射出成形以外の専用の製造ラインを要するためコスト高の原因となっている。加えて、近年はデザイン性の向上も求められており、年々加飾成形品の使用率が高まっているものの、高機能で高品質、低コストでの加飾方法が無いことから、加飾成形品のコストを低減させることは、自動車のデザイン性を高め、自動車産業の国際競争力向上に繋がるものである。

そのため、本研究開発は、加飾成形品を製造する方法として、2色以上の樹脂を多層に成形し、その厚みの変化でよって生じる光の透過率の差を利用して色調に変化を持たせるものであり、具体的には、レーザー加工による金型表面の微細加工方法及び株式会社岐阜多田精機が有する金型温度調整の技術や金型の脱気の技術を用いて研究開発を進め、射出成形だけで複雑な加飾を可能とする金型を開発することにより、射出成形品に対して後工程で行っていた加飾工程を削減するとともに、大幅なコスト低減を実現させ、川下製造業者のニーズに対応するものである。

### 1-1-2. 研究の概要

現状における加飾成形は、製作した加飾フィルムを成形品に貼り付ける工法(インモール ド成形インサート成形等)であり、工程が多いため高コストで複雑な幾何学模様に対応で きず、立体加飾(高度化)は更に高コストの状況である(平面的な成形品でしか成立しない)。



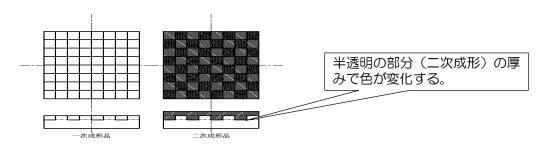
本研究開発は、2色の樹脂材料と金型だけで木目調や幾何学模様を成形する工法で、いわゆる「2層重ねにより加飾する金型技術の開発」である。特に、2色目に半透明の樹脂を選択し、金型形状により生じる層厚の差による透光率の変化を利用して模様を発現するもので、これにより、1工程のため低コスト化が実現できるとともに、複雑な幾何学模様に対応でき、全方位加飾がある立体的な成形品も可能となる。





膜厚による透光率の変化と 色調の変化を確認したサン プル例

そして、この射出成形だけで加飾を実現するための金型技術の確立に当たっては、色調を金型表面での加工深さに対応させた複雑な微細加工を金型に形成する方法の研究と、金型に施された微細加工による模様を成形品に転写させるために、金型の転写性を阻害する金型製品部に残る空気の脱気及び成形中に樹脂自身から発生するガスの脱気に係る研究が必要となる。そのため、微細形状に樹脂を充填させるために、金型の温度調整を行い樹脂の流動性をコントロールする必要があることから、これらの課題を解決するため、金型での脱気性、温度調整を過去に実施した研究開発により得た知見を活用して研究を行う計画である。



なお、新加飾工法開発に係る技術的課題としては、以下の項目がある。

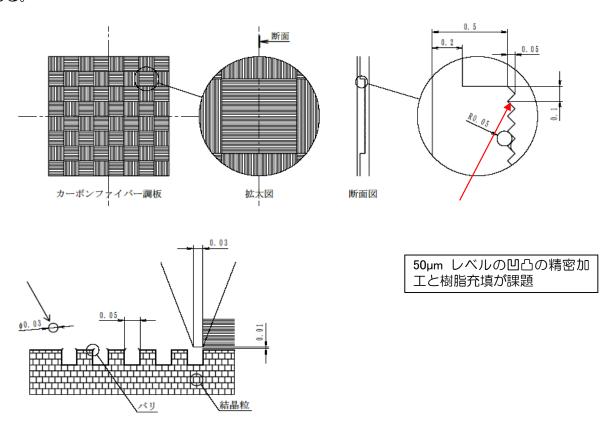
- ・射出成形金型の機能について 微細キャビティーの精密加工技術の確立
- ・微細、薄膜形状の成形性について

# ー様な透光率を発現する薄膜の成形 複雑形状を発現する微細形状の成形

これらの技術的課題に対しては、次の研究を実施することにより解決を図る計画である。

#### 微細キャビティーについて

カーボンファイバーのような質感を出すには、50µm 程度の微細な精密加工が必要になることから、スポット径24µm の5軸レーザー加工機を用いて深さ10µm の形状加工を行う。また、溶融昇華により金属を除去するため、昇華から再固化した金属バリが発生する可能性があり、このバリが樹脂の充填や離型を阻害する要因となるおそれがあることから、ショットピーニングでこれを除去する。なお、ピーニングに用いる粒子径は30µm 程度より、凹凸形状の破壊もしくは微細バリの除去困難が推察できるため、液体ホーニングも検討する計画である。



# 薄膜成形について

既研究の「加熱冷却成形法」を応用し、樹脂の流動性やウェルド、金型の歪みを解決する予定である。

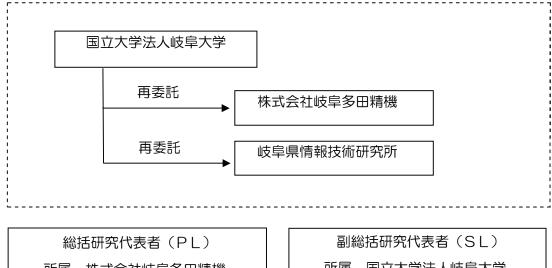
・微細形状の成形について 金型の高真空化、脱気方法、表面処理にて解決を図る計画である。

以上の研究開発を実施する計画であるが、本年度は、①金型表面加工技術の確立と②微細成形技術及び薄肉成形技術の確立を実施する予定であり、研究開発の目標値としては、次のとおりである。

項目	現、状	最終目標値
加飾成形品コスト	現状 100	1/2以下
金型精度	5/100~3/100	1/100以下
成形品厚みの一様性	_	厚みT±2/100以下

# 1-2 研究体制(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

# 1-2-1. 研究組織(全体)



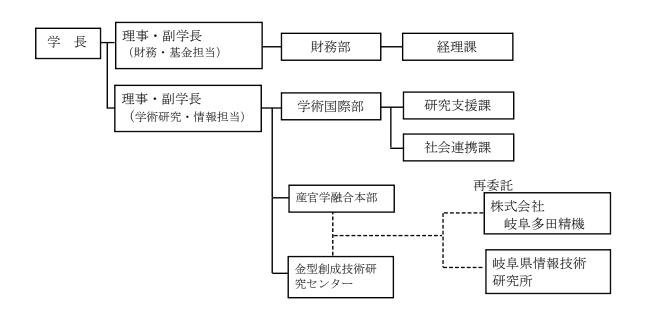
所属 株式会社岐阜多田精機

役職 専務取締役 氏名 多田 憲生 所属 国立大学法人岐阜大学

役職 准教授 氏名 井上 吉弘

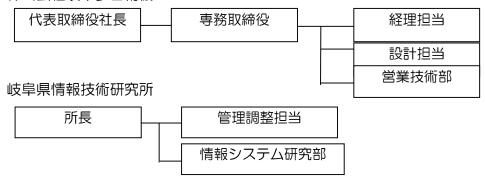
# 1-2-2. 管理体制

# (1)事業管理機関 国立大学法人岐阜大学



# (2) 再委託先

# 株式会社岐阜多田精機



# 1-2-3. 管理員及び研究員

# 【事業管理機関】

国立大学法人岐阜大学

# 管理員

氏 名	所属•役職	実施内容(番号)
馬場 大輔 大野 悦史	研究推進·社会連携機構 特任助教 学術国際部 社会連携課長	プロジェクトの 運営管理・運営

# 研究員

氏 名	所属•役職	実施内容(番号)
井上 吉弘	工学部•准教授	2

# 【再委託先】

# 株式会社岐阜多田精機

氏 名	所属•役職	実施内容(番号)
多田憲生	専務取締役	1, 2
佐伯 喜代和	営業技術部グループリーダー	1, 2
堀 正明	営業技術部長	1, 2
福田雅憲	営業技術部課長	1, 2

# 岐阜県情報技術研究所

氏 名	所属•役職	実施内容(番号)
山田 俊郎	専門研究員	2

# 1-2-4. 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

### (事業管理機関)

## 国立大学法人岐阜大大学

(経理担当者) 学術国際部 社会連携課 産学連携係長 阪野 秀和 (業務管理者) 研究推進・社会連携機構 特任助教 馬場 大輔

# (再委託先)

### 株式会社岐阜多田精機

(経理担当者) 営業技術部グループリーダー 佐伯 喜代和 (業務管理者) 専務取締役 多田 憲生

### 岐阜県情報技術研究所

(経理担当者)管理調整 課長補佐市原 聡(業務管理者)情報システム研究部 部長 棚橋 英樹

#### 1-3 成果概要

#### 1-3-1 金型表面加工技術の確立

本研究における金型表面加工技術を確立するには、以下の技術課題がある。

### (1) 金型表面(曲面)微細加工にかかる研究開発

複雑な加飾を表現するための金型への微細加工に対する具体的なアプローチと成果を、以下に示す。

- レーザーアブレーションによる曲面への微細加工
- (目標)自由曲面(360°) に対して、レーザースポット径  $24 \mu m$  にて深さ  $10 \mu m$
- (成果)成形品に発現する加飾が加味された微細形状(レーザースポット径  $24\,\mu\,\mathrm{m}$ )を 金型の自由曲面(360°)に深さ  $100\,\mu\,\mathrm{m}$  にて加工

レーザーアブレーション加工の精度については、画像測定器で確認した結果、XY方向で ±0.01、Z方向で±0.02 を達成した。金型の加工精度に関しては、レーザーアブレーションを用いた場合でも段差レス(加工段差O)を達成し、360°で加飾した場合でもPLラインレスを実現できた。

#### (2) 表面改質にかかる研究開発

成形品の離型性向上のための表面改質に対する具体的なアプローチと成果を、以下に示す。

- ブラスト処理、エッチング処理によるバリ除去
- (目標) 24 μm のスポット径で加工された金型形状を破壊することなく、金型表面から バリ(デフリ)を除去し、成形品破損を防止
- (成果) 24 µm のスポット径で加工された金型形状を破壊することなく、金型表面から バリ(デフリ)を除去し、成形品にカジリの発生がない。

#### 1-3-2 微細成形技術及び薄肉成形技術の確立

本研究における微細成形技術及び薄肉成形技術を確立するには、以下の技術課題がある。

#### (1) 金型内脱気・温度調節・高真空にかかる研究開発

明瞭な色調変化を出すための局所的な薄肉成形に対する具体的なアプローチと成果を、以下に示す。

- 高圧ノズルによる高速成形、金型の表面改質による流動性向上、高温金型による流動性向上
  - (目標) 局部的な厚み 0.3mm、全体厚み 2.5mm を成形
  - (成果) 局部的な厚み 0.2mm、全体厚み 2.5mm を成形
  - ・ 明瞭な色調変化を出すための局所的な薄肉成形
  - (目標)成形品にて明瞭な色調変化を表現
  - (成果) 階段状、グラデーション等、明瞭な色調変化を表現

### (2) 樹脂の流動解析にかかる研究開発

ウェルドレス成形に対する具体的なアプローチと成果を、以下に示す。

- 高真空成形、金型脱気回路、高温金型による接合面の軽減
- (目標) 局所的な厚み O.3mmでもウェルドレス
- (成果) 局部的な厚み O.2mm でもウェルドレス

成形品サンプルの平面度を3D測定器で測定し、100mm×100mmの試験サンプルの面精度が±0.02以内で製作することができた。

# 1-3-3 樹脂配合技術の確立

本研究における樹脂配合技術を確立するには、以下の技術課題がある。

#### (1)加飾状況等の評価

2次成形による1次成形部の溶融防止に対する具体的なアプローチと成果を、以下に示す。

- PC耐熱グレードの採用からPMMAに変更
- (目標) 微細加工が転写された 1 次成形品の形状の破損無し
- (成果) 2次成形材料をPCからPMMAへ変更し対応
- 2次成形による1次成形部の溶融防止全体の目標と成果
- (目標) 微細加工が転写された成形品で加飾模様が発現する。
- (成果) シフトノブ、模様サンプルなど成形品にて発現

樹脂配合に対する具体的なアプローチと成果を、以下に示す。

- 1 次成形部、2次成形部の密着性や色調の制御のための樹脂配合全体の目標と成果 (目標) 成形品の目的色が樹脂混練にて調色でき、成形品にて目的の色調を再現
- (成果) 模様のデザインに併せての調色に取り組み実現

### (2) 金型評価

- 事業化にむけて、加飾成形のコストや負荷価値、金型の寿命など、ユーザーに提示する情報の整備が必要である。
- (目標) 新加飾法を用いた場合の費用など既存の金型との差異を明示する。
- (成果) 製作した合計8個の金型と模様サンプル製作を通じて、加工コストに関してのデータ蓄積を進められ、また3年間で金型寿命の確認も出来た。

ー連の製造工程を確認した結果、従来のエッチングシボと同等の工数で製作できる事が確認できた。成形コストもサンプルから割り出すことができ成形単価×2で製造できることが確認できた。これは従来のフィルム加飾と比較すると1/6程度のコストで対応でき代替技術としても十分に競争力があるといえる。

#### 1-3-4 事業化に向けての取り組み

本研究の成果を早期、遅くとも3年で事業化するためには、研究段階においても事業化を 見据えた動きが必要となる。そのため本開発では、表現できる加飾模様をユーザーに認識し てもらうために、早期に実製品に近い様々な加飾模様を持つサンプルを製作して、営業活動 や展示会等でデザインサンプル、360°加飾サンプル等を配布した。

#### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

国立大学法人岐阜大学

(最寄り停留所:岐阜乗合自動車 岐阜大学・病院線 岐阜大学)

〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番1号

担当:研究推進・社会連携機構 特任助教 馬場 大輔

TEL: 058-293-2089 FAX: 058-293-2022 E-mail: sapoin@gifu-u.ac.jp

#### 第2章 本論

本研究では、立体的な加飾を射出成形のみで実現する多色成形金型を開発するため、研究を金型製造、射出成形、樹脂配合の3分野で構成している。本年度は、前年度に引続き、金型製造の中で研究する必要のある金型表面加工技術、射出成形の中で研究する必要がある微細成形技術及び薄肉成形技術に関して開発を進めた。また樹脂配合についても樹脂の選択など射出成形や微細金型に大きく関与する部分があるため研究を進めた。

#### 2-1 金型表面加工技術の確立

# 2-1-1 金型表面(曲面)微細加工にかかる研究開発

レーザーアブレーションによる金属加工の知見を得るため、レーザー加工機での加工条件の研究と既設の単色成形機と試験用金型を用いて、転写性、離型性の研究を行った。この研究で得られる知見を応用して、ユーザーに配布可能なサンプル製作用の金型及び14種類のキャビティー、実製品に近い試作金型(自動車用シフトノブ)を製作し、次項の射出成形分野での研究開発に使用する。

# (1) レーザーアブレーションによる金属加工

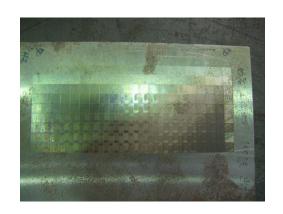
レーザーアブレーション自体が新しい加工法であるため、加工機メーカーにも金型材料に加工する条件がない。金型加工に使うためには、目的の深さや幅に加工する必要があるため、加工条件等の調査から研究した。

本研究で用いる金型材料にレーザーアブレーションの加工条件である、レーザーの出力、周波数、加工送り速度をそれぞれ変更し、加工深さを調べた。

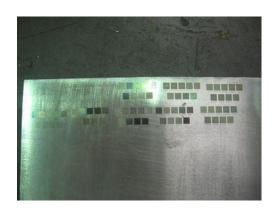
結果として、SKD61 系の材料に対しては、レーザースポット径  $70\mu m$  において、レーザー出力 35W、周波数 80kHz、加工送り速度 1300mm/sec が最も安定した。

レーザースポット径  $50\mu m$  においては、レーザー出力 25W、周波数 60kHz、加工送り速度 1200mm/sec が最も安定した。

レーザースポット径  $24\mu m$  においては、レーザー出力 15W、周波数 30kHz、加工送り速度 1000mm/sec が最も安定した。



加工条件出しワーク 50μm



焦点深度確認プレート

 $70\mu m$  のスポット径ではレーザー出力を高くするとデフリの発生が多くなったがその傾向は  $50\mu m$ 、 $24\mu m$  でも同様だった。そのデフリが加工自体を妨げるためレーザー出力と加工深さが比例せず、SKD61 系の鋼材に対して、スポット径ごとに最適な出力があることが分かった。

またスポット径を変更するために換装するレンズの自動焦点機能にバラツキがあり、これ も目視による確認を行わないと再現性のある加工が出来ないことが分かった。

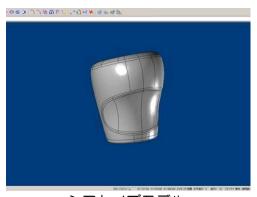
様々な条件で加工を繰り返し、レーザーアブレーション加工の加工条件の蓄積を測る事ができた。

#### (2) CGデザインソフトの利用

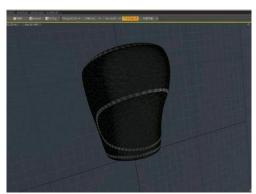
金型表面に凹凸を加工するために凹凸をデザインする必要があるが、本研究では凹凸を実際にモデリングする方法ではなく、画像データの濃淡を凹凸の表現に利用する方法が取り扱うデータ量を小さくできるため、これを選択した。

曲面上に模様をつけるテクスチャマッピングという手法を本研究でも利用する。金型製作時に使用される3Dモデルに画像データを適切に貼付け、モノトーンに変換、その濃淡によってレーザーの出力回数を変換しキャビティー上に模様を加工する。

本研究では単純に貼り付けるだけでなく、2次元と3次元の差により矛盾が生じる部分の 解消も含めてマッピングする手法の開発に取り組んだ。



シフトノブモデル



マッピング結果

技術習得と作画能力の向上により、矛盾により不整合な部分の処理も出来るようになり任意の形状に任意の模様がマッピングできるようになった。

研究を進めていくにあたって、矛盾の解消だけでなく、より高い質感が求められていることが分かったので、本研究で習得した技術を利用して、より高級に見える質感を表現する模様の着手にも入り、事業化に向けて取り組んだ。

## (3) 複雑な加飾を表現するための金型への微細加工

実際に金型製作に使用し、転写性、離型性の確認を行った。2色成形機や単色成形機を利用して、レーザーアブレーションを施した加工面が成形に与える影響を調べた。

ユーザー配布用のサンプル製作用金型や各業界向けのサンプル製作用金型を製作し、成形性、転写性、離型性などの確認も行った。







360°レーザー加工サンプル

レーザースポット径24 $\mu$ mでは焦点距離が短いため、5軸加工を行うとワークと干渉し、加工できるワークの大きさに制限が出てしまった。スポット径  $50\mu$ m での加工でも繊維質のような細かな表現が出来ることも分かり、本研究ではスポット径  $50\mu$ m での加工を中心に金型製作に取り組んだ。

より微細な表現を追及するためスポット径 24 µm での加工も必要であるが、加工コスト や表現性などを考えるとスポット径 50 µm での加工が多く利用されると思われる。

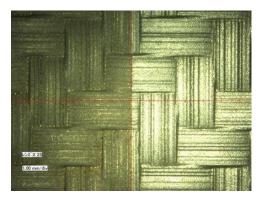
最終年度にスポット径 24 µm での全方位サンプルも作成したが、ワークとの干渉の問題により、開口部のあるシフトノブのキャップ程度の形状に留まった。

#### 2-1-2 表面改質にかかる研究開発

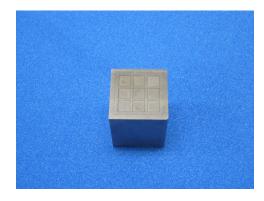
キャビティーの微細加工時に発生するバリ等の処理方法に関しての研究開発であるが、バリの除去に関しては、微細加工部位の保持と相反することから加工が非常に困難であると同時に加工バリの除去も難易度が高いことから、前年度に引続き、テストピースに、レーザー加工、バリ取り加工を行い、金型のキャビティーをレーザーにて加工できる技術を開発した。

### (1) ブラスト処理、エッチング処理によるバリ除去

レーザーアブレーションで生じた金型表面のバリ(デフリ)を除去するため、粒径  $30\,\mu$  m のブラスト処理と無電解溶液を利用した液体研磨を施した。スポット径  $50\,\mu$  m に続けて、スポット径  $24\,\mu$  m で加工したサンプルに対してもデフリ除去の試験を行った。



ブラスト処理結果



液体研磨結果

スポット径  $24 \mu m$  の場合でも、ブラスト処理では微細形状を破壊することなくバリ(デフリ)を除去できた。液体研磨に関しては、前回同様、金型材の炭素濃度が高いため全く効果が得られなかった。

レーザースポット径が  $24\,\mu\mathrm{m}$  で加工を行った場合でも、粒径  $30\,\mu\mathrm{m}$  のブラスト処理で 予想に反して上手く除去できた。加工面に出来るバリ(デフリ)の発生位置が表層に近いため、微細な形状に対しても粒径  $30\,\mu\mathrm{m}$  のブラスト処理でも除去できると推察できる。

#### (2) 成形品の離型性向上のための表面改質

微細形状の金型の表面に行った場合、成形品の金型と密着する表面積が飛躍的に大きくなるため離型時にカジリなどの問題が起こることを予測し、微細模様と離型性の確認を行った。



高温金型テスト(型温 140℃)



無脱気回路テスト

加飾模様が微細であることと加工密度も高いことから、目視による成形不具合は確認できなかった。また金型内に微細な樹脂の残存も確認できなかった。しかしながら転写性を上げるために金型温度を 140℃程度に上昇させると成形時に樹脂の貼り付きが起こり、また金型内の残存エアを除去するための脱気回路を作動させないと未充填が起こることも確認できた。

加工自体が微細であるため、目視では傷などの問題が確認できないことと成形された微細な模様の強度が低いため、金型から容易に離型したのではないかと推察できる。またスポット径  $24\,\mu\mathrm{m}$  程度で加飾した金型であれば脱気回路を設けた通常成形で転写することが確認でき、特別な温調機器等を使用しなくても加飾成形が出来た。

#### 2-2 微細成形技術及び薄肉成形技術の確立

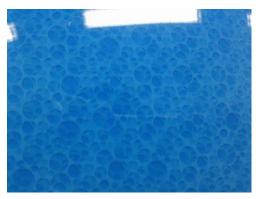
### 2-2-1 金型内脱気・温度調節・高真空に係る研究開発

従来、1色の材料で成形されていた成形品を2色で成形し、その重なり具合で模様を表現するためには、一様な投光率を発現する薄膜成形や、重ね膜間の密着性が重要になる。そのため本年度においては、試作用に製作する金型と2色成形機、真空装置を用いて明瞭な色調変化を出すための局所的な薄肉成形、ウェルドが成形品の外観を損なうためのウェルドレス成形の研究開発を実施した。

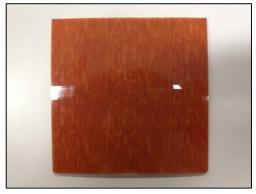
始めに、高圧ノズルによる高速成形、高温金型による流動性向上、金型の表面改質による 流動性向上を図り、局部肉厚 0.2mm を達成し、明瞭な模様の発現に着手した。

### (1) 明瞭な色調変化を出すための局所的な薄肉成形

前出の研究結果を下に、明瞭な色調変化を持つ加飾模様を樹脂の重なり具合で表現し、射出成形だけで水玉や波目、ヘヤライン、木目調などの模様を具現化できた。



水玉模様



木目調



シフトノブ サンプル



キャップ サンプル

# 2-2-2. 樹脂の流動解析にかかる研究開発

樹脂の流動を事前に予測することで、金型の成立性を事前に確認したい。本研究開発では、一般的に行われる成形品厚みよりも薄く、また、境界面の一方が金型ではなく樹脂であることもあり、一般的な解析ソフトで事前に流動解析を行ってもその結果が実成形でも同じであることが保障できない。成形中にできる樹脂の会合点には一般的にはウェルドと呼ばれる筋が成形品表面に現れるため、成形品外観を損なう原因の一つになっている。本研究開発では、

ウェルド自体が発生しにくくする手法や事前の流動解析を用いて、ウェルドレス成形を行い、 成形品外観を損なわない技術も開発した。

### (1) 高真空による射出成形、金型内の脱気、高温金型による接合面の軽減

金型内だけを真空にしても実成形では、樹脂を加熱することで発生するガスが原因で成形品内部や表層に気泡などが発生する。本研究開発では樹脂から発生するガスについても飢餓成形法を用いて除去することで高外観な樹脂部品を成形する。※一度に大量の樹脂材料を成形機に充填するとシリンダを減圧しガスを除去しようとしても、樹脂自身がガスの除去を妨げてしまう。飢餓成形とは 1 回の成形に必要とする量だけの材料供給を行うことで、成形機シリンダ内から効率よくガスを除去する成形法である。

#### (成果) -50kPaGにて局所的な厚み 0.2mmでもウェルドレスを達成



真空装置(飢餓成形ユニット)



真空装置(真空タンク)



ウェルドレス外観



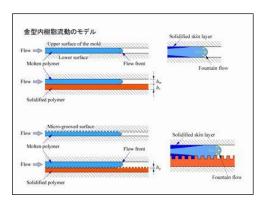
金型内脱気機構

高真空による射出成形、金型内の脱気、高温金型による接合面の軽減に加え、ウェルドが出にくくなるようにゲート形状も対応してあるため、金型温度 80℃でもウェルドが発生していない。局部肉厚 0.2mmでもウェルドレス成形が出来たため、本研究開発に必要なウェルドレス成形法を確立したと考える。

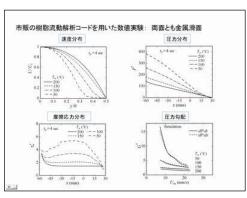
#### (1) FEMに薄肉部の事前解析

製作した金型の修正コストを押えるために、FEMによる事前解析が有効であり、本研究開発でも利用している。しかしながら本研究では一般成形とは大きく違う O.3mm程度の薄肉成形まで取り組むため、その領域でも解析プログラムの有効性を検討する必要がある。そのため微細薄肉成形及び 2 色成形モデル式を考案し、現状のFEMによる樹脂流動解析法と樹脂流動の挙動の差異を確認するために、測圧ピン法で流動抵抗を測定する試験型を製作し事前に評価した。考察の結果、現行の樹脂流動解析法でも微細薄肉成形及び 2 色成形の樹脂充填状況を予測できると判断し、本型の事前解析及び制作に取り組んだ。

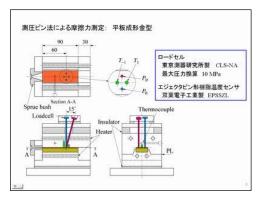
初年度、肉厚 O.6mm でのモデルで通常の設定で事前解析を行ったが、流動状態、充填圧力共に解析結果と実際の金型と同様の結果を得ることができた。引続き、全体肉厚がもっと薄い場合について検討を行った。



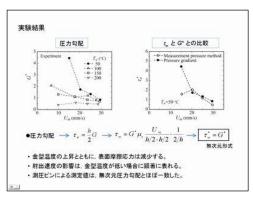
微細薄肉成形及び2色成形モデル



モデル式による数値実験結果



測圧ピン法による摩擦力測定



測圧ピン法による試験結果

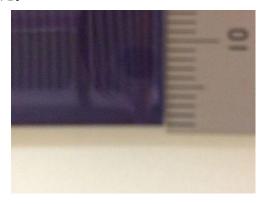
全体肉厚が O.5mm 以下の場合は 2 次成形 PMMAでは成形が出来なかった。局部的な肉厚が薄い場合、その部分の流動が遅くなるのは自明の理であるため、事前予測の必要がない。現在、ユーザーの要望もあり 2 次成形は PMMAを用いているが、全体肉厚 O.5mm未満の場合は微細な模様の種類によっても成形が安定せず、成形が未充填になる場合があるため、模様による個別の対応が必要だと判断した。

### 2-3 樹脂配合技術の確立

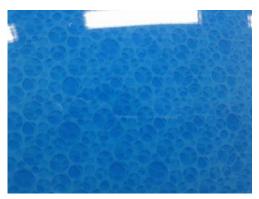
#### 2-3-1 加飾状況等の評価

2材成形の重なり具合で色調を変化される場合、2次成形による1次成形部の破壊や溶損、 材料色度の調整などの課題があるため、樹脂材料、調色、添加材についても調査した。

1次成形品の微細形状が2次成形時の樹脂熱や、流動抵抗による摩擦などによって破壊する可能性があるため、ユーザーやアドバイザーからの指摘もあり、本研究では1次成形にPCの耐熱グレード、2次成形にPMMAの高流動グレードを用いてこれらの問題の回避を考えた。



2次成形PCの場合



2次成形PMMAの場合

1次成形と2次成形の材料を変えることで、抜本的に耐熱温度に差をつけることができ、その結果、破損はまったくなくなった。調色についてもペレタイザーを用いて、手に入り安い流通している材料(赤、青、黄、緑、黒、白、透明)から様々な色を表現する事ができるようになった。



ペレタイザー本体



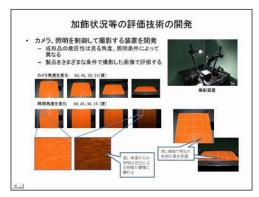
調色した材料での成形品

大まかに調色することは可能となったが、目的色が明確に決められた場合でも、色調が人の感応による部分が大きいことから、そのデザインによって色調の微調整が必要であるものと判断した。

### 2-3-2 金型評価 (担当:株式会社岐阜多田精機、岐阜県情報研究所)

本研究開発を通して製作した金型やテストピース、交換用入れ駒などから製作に要したコストを算出することができた。コストだけでなく市場価値なども見据えた価格設定を行いたいので、サンプル加工やその評価なども頂きながら評価を進めた。金型の耐久試験もサンプル製作と同時に行い評価した。また量産化したときの人間による評価誤差を避けるため、加飾品の評価の定量的な評価も模索した。金型の寿命に関しては研究開発期間の3年間を通して確認することができた。

加飾の評価に関しても、任意の角度から照明を当て、任意の角度から撮影しデジタル化した画像データを比較する方法で、加飾の差異を評価する方法を考案した。



加飾評価法モデル



加飾評価装置

深さのある加飾模様であるため、平面的な評価だけでは差異を評価することは難しかったが照明を当てる角度によって奥行きのある模様の評価も可能となり、成形品の再現性などを評価できるようになった。



照明角度60度



照明角度15度

照明を当てる角度によって模様の奥行きが明瞭になり、これを画像解析で比較することで、 成形品の再現性を確認できる。

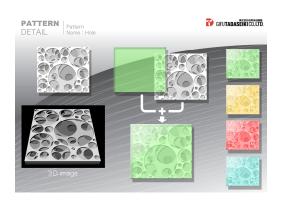
### 2-4 事業化に向けての取り組み

2-4-1 加飾成形品のサンプル配布(担当:株式会社岐阜多田精機)

ユーザーに採用して頂くための加飾成形品のサンプルを製作し配布した。模様についても ユーザーニーズを調査し、積極的に提案した。

## (1) 加飾模様のサンプルの配布

事業化に向けてユーザーに早期に技術を理解してもらうために加飾サンプル成形用の金型を製作する。併せて加飾の調色や明瞭さもサンプル型を用いて研究開発した。



デザインサンプル



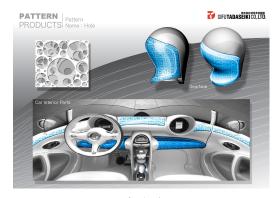
サンプル製作用金型

自動車メーカーの内覧会や展示会、成形加工学会などで発表する機会もあり、数多くのサンプルを配布することができた。

ユーザーの反応は高く興味を持って頂いているが、耐久性やコストなどの懸念より、2色での加飾表現よりも1色での加飾表現に注力して欲しいとの声が多い。開発としては陳腐化するが、単色での加飾成形に対しても相談を受けて対応した。

### (2) 加飾成形品(現物)の配布

従来のフィルムによる加飾ではできない、360°加飾のサンプルとしてスライド構造にて全周アンダーカットがある自動車用シフトノブ試作型を製作しサンプルを製作し配布した。 住宅設備メーカー向けにも石鹸入れを製作し配布した。



シフトノブデザイン図



シフトノブ サンプル

本研究の内容は時間をかけて検討を進めたい意向がユーザーからあり、まずは単色での加飾性や機能性(ソフトフィールや防汚性)などを開発の要望があった。

360°で加飾が出来るようになると、従来出来なかった部品への応用が可能となるため、

様々な部品への展開が考えられるが、ユーザーでの採用には時間がかかる。またサンプル配布により様々な情報が集まってきたが、やはり本研究までの要望よりも単色でコスト低減もしくは機能性向上の声が多い、単色での加飾性向上や機能性向上の話も受けながら、事業化を進めていく。

### 2-4-2 実製品に向けての個別検討

早期にサンプルを製作しユーザーに配布、評価をお願いした結果、ユーザーの個別ニーズとして以下の内容が提示された。事業化に向けての取り組みとしてユーザーと個別案件の予備検討を行った。

(1) 自動車部品メーカー②:単色成形によるシフトノブの外観品質向上 低価格車向け内装部品の外観品質向上のため、360°加飾のシフトノブを製作し評価を進め ている。



デジタルシボ (シフトノブ)



デジタルシボ拡大(シフトノブ)

従来シボに比べて、模様の再現性が高いため、前出のキーケース、シフトノブ、ステアリングの複数部品で統一感のある模様の提案も進めている。現在、自動車部品メーカーから自動車メーカーへの提案し、採用を検討している状態である。

(2) 自動車部品メーカー③: CFRP模様のサンプル製作 レクサスブランドの車でCFRP模様の採用があるが、現状、本物の炭素繊維をインサート 成形しているためコスト高であり、また品質的な問題もある。代替技術としての利用検討の 要求があり、CFRP調の曲面サンプルも製作し提出した。



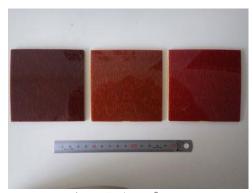
CFRP調(曲面単色)



CFRP調(曲面2色)

現在、自動車部品メーカーより自動車メーカーに提案し、採用の検討中である。

(3) 自動車部品メーカー④: 木目調のサンプルの多色化配布用に製作した木目調サンプルについて、木種に応じた色調の要求があったため、色を調合しサンプルの再製作を行い、自動車部品メーカーに提供した。



木目調サンプル

樹脂の色を変えると成形品の色を変更出来ることが、自動車部品メーカーに確認していただけ、自動車部品メーカーにて採用の検討を行っている。

(4) 自動車部品メーカー⑤: キルティング模様のサンプル 自動車の内装シート等のクッション部分にキルティング調の加飾を施すニーズがあり、本研究開発でその部品が製作できないかという依頼があった。



キルティング用金型(拡大)

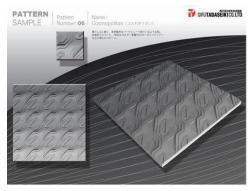


キルティング成形サンプル

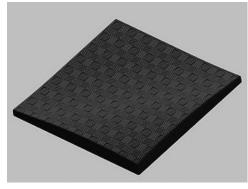
現在、自動車部品メーカーにて採用検討中。

# (5) 自動車部品メーカー⑦: オリジナル模様の開発(単色)

次期開発車へのデザインの採用に向けて、部品メーカーオリジナルの模様の開発(単色)に 着手した。本開発技術を用いたデザインを部品メーカーと共に開発し、評価用のサンプル等 の製作も行った。



提案デザイン①(メトロポリタン)



開発デザイン① (格子ブロック)

現在も3Dプリンターやテスト型を利用して試験片等を製作し、自動車部品メーカーとデザインの開発を行っている。

#### 最終章

#### 1. 全体統括(担当:株式会社岐阜多田精機)

自動車産業においては、軽量化の観点から樹脂成形品の活用が行われているが、グローバル化による海外メーカーとの競争激化をうけて、より一層、内外装に高い質感が求められるようになってきた。特に、内装部品に関しては、加飾(見栄えや感触)の向上と同時に低コスト化の要求を強くあるため、耐久性を保持しながら、製品表面の見栄え、高級感を高めるための新しい加飾法が求められている。

現状では、水圧転写やフィルム貼り付け等の加飾方法が用いられているが、大きな曲率を持つ製品では、平板形状で作られた塗膜やフィルムを貼り付けても伸びや歪みが発生するため、平面的な成形品にしか対応でき無い状況である。また、全方向に加飾が必要な製品、たとえば自動車のステアリングホイールなどには、木材を成形品にインサートする方法が取られているが、射出成形以外の専用の製造ラインを要するためコスト高の原因となっている。

加えて、近年はデザイン性の向上も求められており、年々加飾成形品の使用率が高まっているものの、高機能で高品質、低コストでの加飾方法が無く、加飾成形品のコストを低減させることは、自動車のデザイン性を高め、自動車産業の国際競争力向上に繋がるものである。そのため、本研究開発で以下の個別の技術を開発及び集約し、加飾成形品を製造する方法として、2色以上の樹脂を多層に成形し、その厚みの変化でよって生じる光の透過率の差を利用して色調に変化を持たせる技術を開発した。

- 金型表面(曲面)微細加工にかかる研究開発
- ・表面改質にかかる研究開発
- 金型内脱気・温度調節・高真空にかかる研究開発
- 樹脂の流動解析にかかる研究開発

#### 上記の技術を集約して

「立体的な加飾を射出成形のみで実現する多色成形金型及び成形法の開発」を行い下記の目標値を達成した。

項目	現 状	最終目標値
加飾成形品コスト	現状 100	1/2以下
金型精度	5/100~3/100	1/100以下
成形品厚みの一様性	_	厚みT±2/100以下

結果として、従来のフィルムインサート加飾に比べ、「曲面上に2色重ねで微細な模様を表現する加飾成形品」で1/6のコスト、「曲面上に単色で微細な模様を表現する加飾成形品」で1/10のコストで製造する技法を確立できた。

今回の一連の研究開発を通じて、金型に微細な加工を施すレーザーアブレーション、その加工面のクリーニング法、模様のデザインカ、微細なモデリング技術、樹脂の2層化による色調変化法など数々の知見を弊社に蓄積する事ができ、今度の弊社の営業力になることは間違いない。また金型ユーザーにとっても新しい加工法を通じて樹脂成形の可能性を知っていただく事が出来、時間は掛かるが自動車部品、住宅設備部品に対して本開発で得られた知見が利用されていくものと思われる。