

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04201

研究課題名（和文）射出成形品の力学的特性向上を目的とした配向制御手法と部品の軽量化設計手法の構築

研究課題名（英文）Fiber Orientation control for improve mechanical properties and design method for weight reduction of injection molded parts

研究代表者

瀬戸 雅宏（SETO, MASAHIRO）

金沢工業大学・工学部・教授

研究者番号：90367459

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：繊維強化プラスチック射出成形品は、高強度かつ成形性の良さから広く用いられている。しかし、金型内に樹脂を充填する際、その流動によって強化繊維が配向し、そり変形や収縮異方性などの不良の原因となる場合がある。本研究では、射出成形における強化繊維の配向を積極的に制御する手法を検討した。樹脂流動挙動の可視化観察により、繊維配向挙動は、キャビティ厚さ方向の樹脂流速分布によって生じるせん断応力とその時間変化に影響を受けることが分かった。このせん断応力は固液境界層で最も高くなることから、成形中の固化層制御により配向制御でき、さらに配向制御によって成形品の力学特性も任意に制御できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球環境問題を背景に、輸送機器分野において部品の軽量化対策が積極的に行われている。プラスチック部品の軽量化手法の一つとして、ガラス繊維や炭素繊維を含有した繊維強化樹脂射出成形品が用いられている。この繊維強化樹脂射出成形品は、繊維の配向によって力学特性が変化することから、本研究で検討した繊維配向メカニズムおよび配向制御手法によって、任意の方向に力学特性を発現させること可能となる。このことは設計した部品の力学的な使用環境を事前に把握することができれば、その使用環境に応じた部品設計が可能となることを示唆しており、プラスチック部品のさらなる軽量化が期待できる。

研究成果の概要（英文）：Fiber reinforced plastics injection molded products are widely used because high strength and good moldability. However, resin flow can cause fiber orientation, resulting in defects such as warpage deformation and shrinkage anisotropy. In this study, a method to actively control the orientation of reinforcing fibers in injection molding was investigated. Visualization of resin flow behavior revealed that fiber orientation behavior is affected by shear stress and its time variation caused by the resin flow velocity distribution in the cavity thickness direction. The shear stress is highest at the solid-liquid boundary layer, indicating that fiber orientation can be controlled by controlling the solidification layer during molding and that the mechanical properties of the molded product can also be arbitrarily controlled by orientation control.

研究分野：プラスチック成形加工

キーワード：射出成形 繊維配向 可視化観察 配向制御 製品設計

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化による地球環境への問題が深刻化している中、温室効果ガスの排出削減に向けて世界的な取り組みが行われている。この地球環境に対する取り組みの歴史は古く、**1979年**に第**1**回世界気候会議において、地球の気候変動における学術的な調査、検討が行われ、その後、世界気候計画が採択された。その後、**1985年**のウィーン条約においてオゾン層保護に関する条約が採択されるなど、**1980年**中ごろから地球環境に関する国際会議が積極的に開催されている。

地球温暖化に対する具体的な取り組みとして、**1997年**の**COP3**（気候変動枠組み条約第**3**回締約国会議）において「京都議定書」が採択され、**6種類**の温室効果ガス（二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、ハイドロフルオロカーボン、パーフルオロカーボン、六フッ化硫黄）について**2008年**から**2012年**の**5年間**において先進国で**6%削減**（**1990年**比）を目指すことが定められた¹⁾。これを受けて、我が国においても**2005年**に「京都議定書目標達成計画」を閣議決定し、**6%削減**（**1990年**比）の目標達成に向けた施策が展開された²⁾。さらに**2015年**に開催された**COP21**において、産業革命以前からの気温上昇を**2.0**未満に抑制するが目標値として規定された。そのため、**2030年**までの温室効果ガスの排出削減目標について、わが国では**26%減**（**2013年**比）、欧州は**40%減**（**1990年**比）を設定している。また、京都議定書から離脱したアメリカ合衆国においても、**2025年**までに**26-28%削減**（**2005年**比）を目標として定めている³⁾。

図1は我が国における**2016年**の部門別の二酸化炭素排出割合を示したものであるが、運輸部門からの二酸化炭素排出が**17%**と比較的高い状況である⁴⁾。その背景のもと、交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会自動車燃費基準小委員会では、ガソリン自動車の燃費基準を**2020年**において**19.6%減**（**2015年**実績比）、大型自動車についても**2025年**において**14%減**（**2015年**実績比）が目標値として定められた⁵⁾。そのため、自動車業界では自動車部品の軽量化技術の開発が積極的に行われている。自動車部品の軽量化として、高張力鋼板や繊維強化樹脂など高強度材を使用し、部品の薄肉化を図る方法がある。また、樹脂部品については成形品内部に微細な気泡を生成させる射出発泡成形により使用する材料を削減しつつ板厚を増加させ、部品重量の低減と高剛性を両立する方法や金属とプラスチックを接合し、マルチマテリアル化による部品の軽量化などが実用化されている⁶⁾。しかしながらこれらの軽量化方法には力学的な特性などに限界があり、産業界では新たな軽量化手法の確立が求められている。

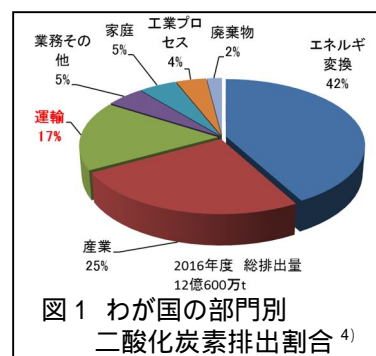


図1 わが国の部門別二酸化炭素排出割合⁴⁾

2. 研究の目的

前述したように繊維強化樹脂射出成形品は、含有させた強化繊維の影響により高強度・高剛性が実現でき、その分薄肉化も可能なことから、成形品の軽量化につながる。しかしながら、繊維強化樹脂成形品は、強化繊維の配向によって力学特性に異方性が生じ、成形収縮の異方性やそり変形などの不具合の原因となる場合がある。これらの成形不良を事前に予測するためには、射出成形**CAE**を用いた繊維配向解析が必要であるが、繊維配向のメカニズムが十分に解明されていないことから、定性的な予測の域を脱していない課題がある。

一般的な機械部品の設計においては、設計段階で使用時に生じる荷重の方向がある程度わかっている場合が多い。しかし、繊維強化樹脂成形品で成形されるような力学特性に異方性が生じている部品では、最も弱い方向の力学特性を基準に設計することが多い。この場合、力学特性を担保するために機械部品の肉厚が厚くすることがあり、「無駄な設計」となることがある。その一方で、繊維配向のメカニズムをもとに、繊維配向をコントロールできれば、任意の方向に力学特性を発現させることができ、必要最低限の肉厚での製品設計が可能となるため積極的な軽量化につながることを期待される。

このことから本研究課題では、繊維強化射出成形品の新たな軽量化技術として、力学的特性に影響を与える強化繊維の配向を制御する方法を確立するとともに、任意の物性値が得られる強化繊維の配向状態を定量化し、製品設計の指針を構築することを目的とした。繊維強化樹脂射出成形品は金型内に樹脂を流し込む際の樹脂流動によって繊維が配向し、その配向によって力学特性に異方性が生じる。そのため、現状では前述したように強化繊維の配向を事前に予測し、その結果から収縮を推定して設計する手法がとられ、繊維配向や異方性を受動的に捉えて設計が行われている。しかし、本研究課題で提案する方法は、要求される力学特性に応じて繊維の配向状態を積極的にコントロールし、それによって生じる成形品の力学的特性の異方性を能動的に設計に反映させることで部品の軽量化を実現する新しい方法である。

3. 研究の方法

3.1 射出成形品の成形および金型内の可視化観察

繊維強化樹脂射出成形では成形品の板厚方向の各層において配向度分布が生じる。この配向度分布は射出成形中の樹脂流動の影響を受けることから、本研究課題では、定量的な繊維配向メ

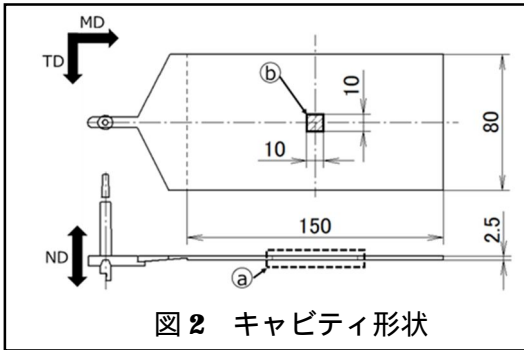


図2 キャビティ形状

カニズムの検討のため、実際の射出成形中における金型内の可視化観察を行った。可視化実験に使用した金型のキャビティ形状は、図2に示すように、150mm×80mm×2.8mmの平板であり、型締力180tfの電動射出成形機（東京機械金属製，Si-180）を使用した。供試材料は基材としてガラス繊維強化ポリプロピレン（日本ポリプロ（株），ファンクスターLR24A，含有量30wt%），希釈材としてポリプロピレン（プライムポリマー（株），プライムポリプロ，J-3021GR）を使用した。表1に成形条件を示す。前述したように、

繊維強化樹脂射出成形品の繊維配向は樹脂の流動に影響を受ける。そのため、可視化実験では、

射出速度を変化させて成形を行った。また、繊維含有量も変化させた。

可視化実験は、図3に示すように金型の稼働側・固定側金型の一部にガラスブロックが組み込まれた可視化金型を使用した。この金型は、板厚方向及び平面方向からの観察が可能である。今回の実験では、光源を平面側と金型側面の板厚方向の2つから金型内に取り込み、金型内部を照らし、トレーサの反射光を撮影した。高速度カメラは板厚方向の観察のため、金型側面に設置し、樹脂流動挙動及び繊維配向挙動の観察を行った。なお、成形中の強化繊維の配向挙動を観察の際は、繊維含有に伴うキャビティ内の観察が困難なため、繊維に無電解Niメッキ処理をし、金型側面からの高原の光が反射しやすいように工夫した。また、樹脂の流動挙動（流速分布）および固化層の挙動を観察するため、樹脂の銅粉を混ぜてこの銅粉の動きを光速度カメラで撮影しPIV法により樹脂の挙動を定量化した。

3.2 成形品内部の繊維配向度の定量化

射出成形時の金型内樹脂流動挙動と成形品の繊維配向度を比較するため、実際に成形された成形品（繊維含有率30wt%）内の繊維配向度を測定した。研究代表者らは、これまで様々な成形品について内部の繊維配向の観察を行ってきたが、その多くは電子顕微鏡（SEM）を用いた平面的な観察であり⁷⁾、その定量化にも課題があった。繊維配向及び繊維長分布が成形品の物性値に与える影響を詳細に検討するためには、繊維の3次元配向の把握が必要不可欠である。そこで近年、射出成形品に含有されるGF等のフィラーの3次元配向の観察方法として、X線CT顕微鏡を用いた方法の検討が行われている^{8),9)}。

本研究室においてもX線CT顕微鏡を用いた繊維配向観察方法が検討されてきた。図4に示すように撮影したX線CT画像に円柱モデルを繊維領域にフィッティングし、個々の繊維の位置情報を抽出する方法が考案され、そのアルゴリズムを実装した繊維抽出ツールを開発した¹⁰⁾。本研究では、図2で示した成形品の中央部より10[mm]×10[mm]×2.5[mm]の試験片を切り出し、試験片をX

線CT顕微鏡（カールツァイス（株），Xradia 410 Versa）による3次元画像の撮影と前述した繊維抽出ツールによる繊維配向度の抽出を行った。繊維配向度評価はX線CTにより得られた3次元画像を図5に示すように、成形品の板厚方向に画像処理によって11層に分割し、前述の繊維抽出アルゴリズムにより各繊維を1本1本抽出した。その後抽出した各繊維の座標値から繊維の配向方向を求め、(1)～(3)式により繊維配向度を求めた。これらの式から得られる数値は、それぞれMD（流れ方向）、TD（直角方向）、ND（板厚方向）の配向の強さを表しており、数値が「1」

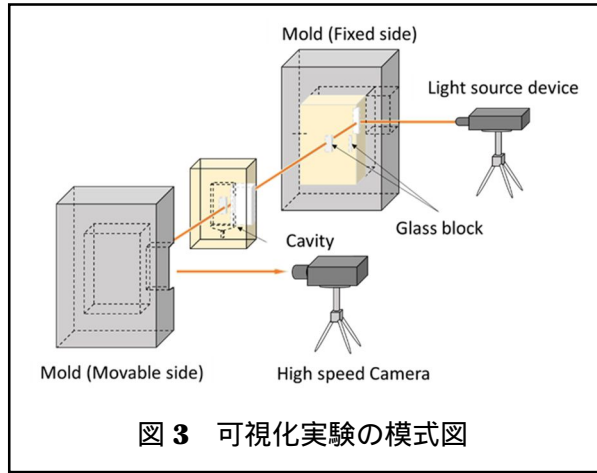


図3 可視化実験の模式図

表2 成形条件

Fiber content[wt%]	30, 5, 0.5
Injection speed[mm/s]	50, 30, 5
Cylinder temperature [°C]	200
Mold temperature [°C]	40
Cooling time[s]	20

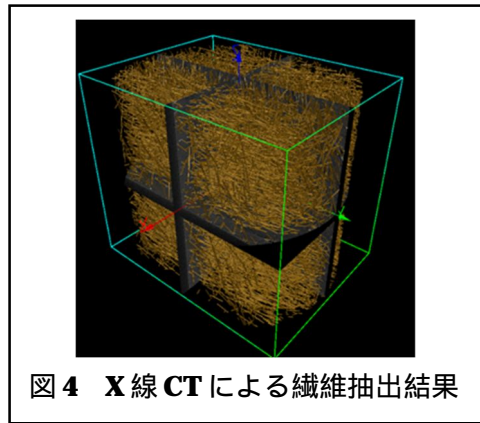


図4 X線CTによる繊維抽出結果

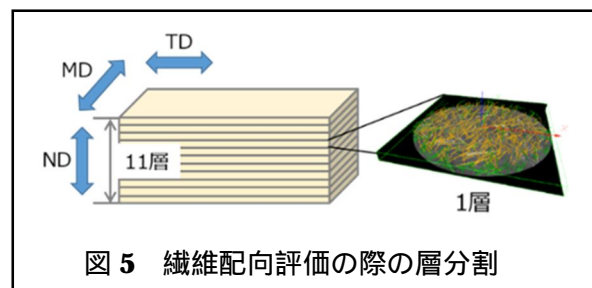
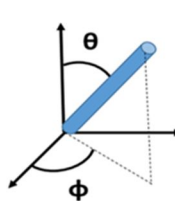


図5 繊維配向評価の際の層分割

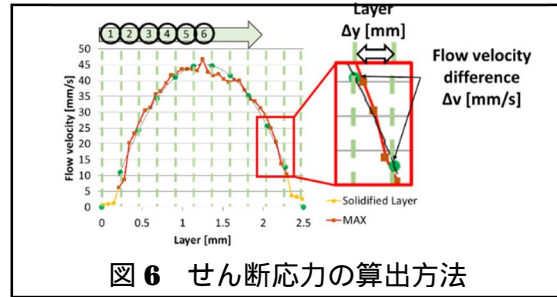
であれば、抽出された繊維が 100% その方向に配向していることを示す。したがって、MD, TD, ND 各方向の配向度を合計すると「1」となる。



$$MD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sin \theta_i \cos \phi_i)^2 \quad (1)$$

$$TD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sin \theta_i \sin \phi_i)^2 \quad (2)$$

$$ND = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\cos \theta_i)^2 \quad (3)$$



4. 研究成果

4.1 樹脂流動にともなうせん断応力の変化

可視化実験により得られた樹脂流速分布から、図 5 に示した板厚方向各層に生じるせん断応力の時間変化を求めた。せん断応力は、図 6 に示すように樹脂に銅粉を混ぜて成形した際に、PIV 法により得られた樹脂流速分布から、式 (4) によりせん断応力を算出した。ここで、D はせん断ひずみ速度であり、流速分布から式 (5) で表される。

$$\tau = \eta D \quad (4)$$

$$D = \frac{\Delta V}{\Delta y} \quad (5)$$

τ : Shear stress [MPa]
 η : Resin viscosity [1/s]
D : Shear strain
 ΔV : Flow velocity difference [s]
 Δy : Layer [mm]

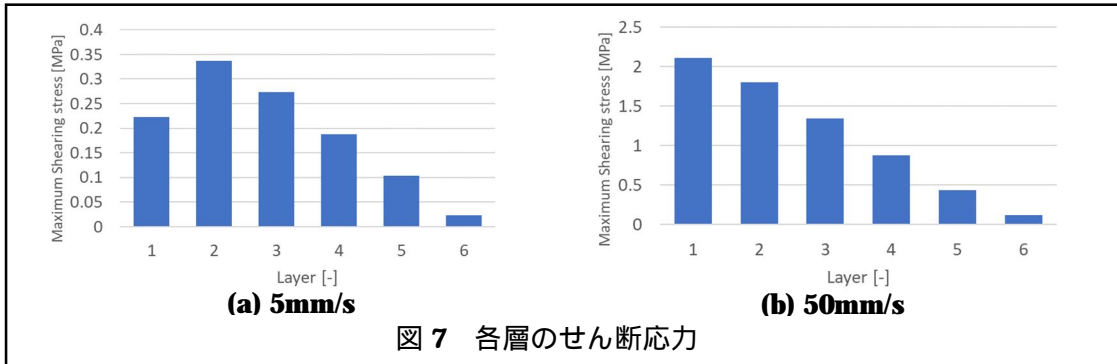
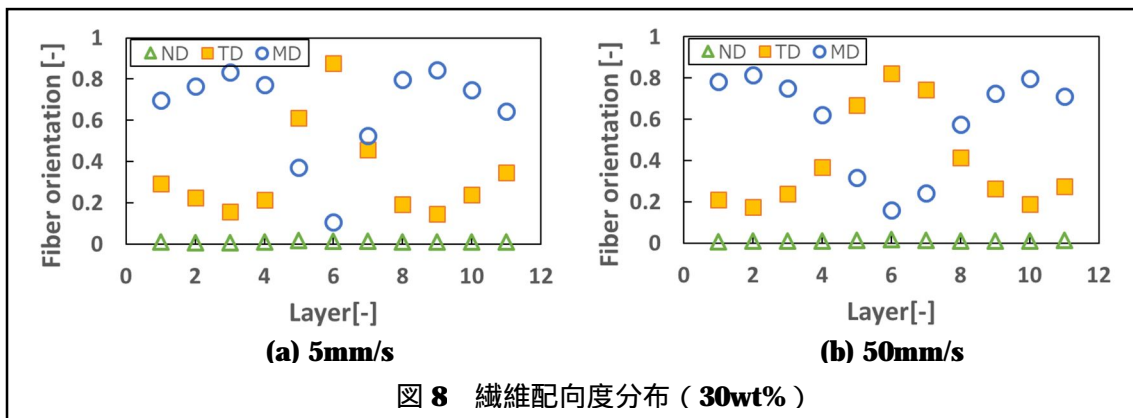


図 7 に射出速度の違いにより各層に生じるせん断応力の最大値を示す。射出速度 50 [mm/s] と 5 [mm/s] を比較すると、50 [mm/s] では板厚方向各層で高いせん断応力が生じていることがわかる。また、射出速度の違いにより板厚方向各層に生じる最大せん断応力位置が変化しており、射出速度が速い条件では 1 層目、射出速度が遅い条件では 2 層目のせん断応力が最も高くなっていることがわかる。このせん断応力が高くなる位置は、可視化観察の結果から固液境界層付近である。そのため、射出速度が遅い条件では、充填完了（樹脂の流動が停止）するまでの時間が長く、充填中に固化層が成長するため、2 層目のせん断応力が最も高くなったと推察される。

4.2 射出成形品板厚方向の繊維配向度分布

図 8 に X 線 CT 画像から抽出した成形品各層、各方向の配向度分布を示す。同図は、横軸に板厚方向の層、縦軸に配向度を示している。いずれの射出速度条件も、成形品の表面層は MD に、板厚中心層は TD に配向しており、ND への配向はいずれの層でも確認できなかった。また、MD の配向度のピークを見ると、射出速度が速い条件では、ピーク位置表面側に、射出速度が遅い条件では中心側にピークがあることがわかる。これは、図 7 に示すせん断応力のピークの傾向と一致している。このことから射出成形中のせん断応力と繊維配向に相関があることが推察され、これを確認するために、せん断応力と分子配向度を比較した。



4.3 せん断応力分布と繊維配向度の比較

成形品の繊維を配向させるためには、せん断応力による外部からの力学的なエネルギーが必要と考え、図7に示すせん断応力変化図をもとに各層ごとの時間積分を行い、樹脂流動過程に作用するせん断応力による単位面積あたりのひずみエネルギー¹¹⁾を算出した。さらに、各層での繊維配向度と比較した。その結果を図9に示す。図の横軸は成形品板厚方向の層番号を示し、1層目および11層目が表面層、6層目が中心層である。また左縦軸は各層のせん断ひずみエネルギー、右縦軸はMDの繊維配向度である。比較の結果、せん断ひずみエネルギーの分布と繊維配向度分布に傾向が一致しており、樹脂流速分布から算出されるせん断ひずみエネルギーから分子配向度が推定できることが示された。

現状の射出成形CAEによる繊維配向解析は、Jefferyモデルをベースとしたよそくモデルが道いられている。このJefferyモデルは樹脂流速分布によって生じるせん断ひずみ速度から繊維配向を推定するモデルとなっているが、今回の研究の結果、せん断ひずみ速度だけでなく、力学的なエネルギー（せん断ひずみエネルギー）も考慮する必要があることがわかった。

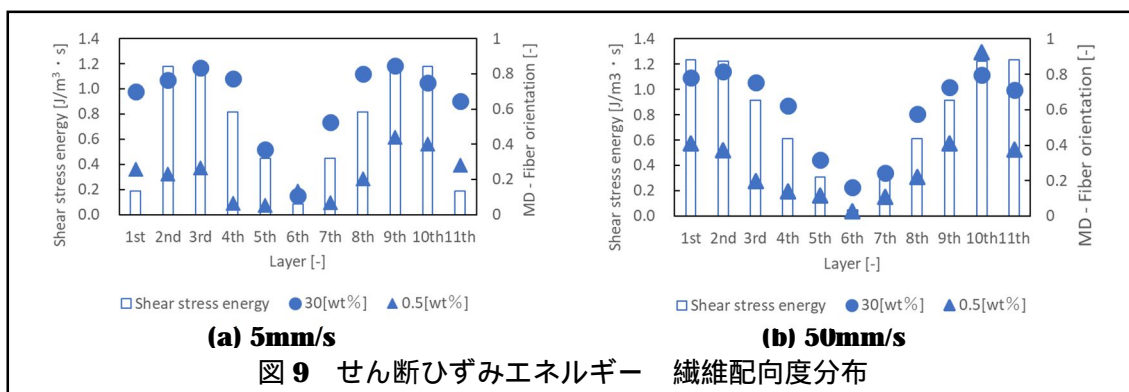


図9 せん断ひずみエネルギー 繊維配向度分布

5. まとめ

本研究では、射出成形品の繊維配向の予測について、これまでの予測モデルに加えてせん断ひずみエネルギーの考慮が必要であることを示した。このことは、成形中の樹脂流動から繊維配向および力学特性コントロールできることを示唆しており、繊維強化樹脂成形品のさらなる軽量化が期待できる。

【参考文献】

- 1) 川島康子, 京都議定書採択! 気候変動枠組条約第3回締約国会議(京都会議、COP3)報告, 地球環境研究センターニュース, Vol.8, No.9, pp.1-9
- 2) 京都府ホームページ「京都議定書とは」, <https://www.pref.kyoto.jp/tikyugiteisyo.html>, 2024年6月閲覧
- 3) 環境省ホームページ「国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)及び京都議定書第11回締約国会合(COP/MOP11)の結果について」, <https://www.env.go.jp/earth/cop/cop21/>, 2024年6月閲覧
- 4) 国立環境研究所ホームページ: <http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html> 2018.10.20閲覧
- 5) 交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会自動車燃費基準小委員会合同会議 取りまとめ, p9 (2015)
- 6) 藤野浩明: 自動車とプラスチック 自動車外装部品に適用できる樹脂発泡成形技術, プラスチックスエージ, Vol.64, No.5, pp65-68 (2018)
- 7) 瀬戸雅宏ほか: ガラス繊維強化射出成形品の側面部における繊維配向評価, 成形加工 Vol.28, No.7, pp.303-311 (2016)
- 8) 中野亮ほか: X線CTによる繊維配向観察シミュレーション, 成形加工, Vol.20, No.4, pp.237-241 (2008)
- 9) 西川幸宏: X線CTによるコンポジット材料中のフィラーの配向解析, 高分子加工技術研究会第71回例会, (2009)
- 10) 鈴木亨ほか: X線マイクロCTを用いた薄肉射出成形品のガラス繊維配向解析(第一報), 成形加工, Vol.28, No.6, pp.239-246)
- 11) 瀬戸雅宏ほか: 射出成形品に生じる物性値分布の予測手法の検討(2), 成形加工, Vol.14 No.10, pp.671-677 (2002)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 鈴木亨, 田中宏明, 瀬戸雅宏, 山部昌	4. 巻 34
2. 論文標題 X線マイクロCTを用いたGFRP内部のガラス繊維配向解析: スプライン曲線フィッティングによる曲率を有する繊維への応用	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 成形加工	6. 最初と最後の頁 289-293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 小倉翔梧, 瀬戸雅宏, 山部昌	4. 巻 34
2. 論文標題 フローフロント合流部の樹脂流動挙動による繊維配向メカニズムの検証	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 成形加工	6. 最初と最後の頁 388-393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 小倉翔梧, 瀬戸雅宏, 上垣内雅人, 山部昌	4. 巻 33
2. 論文標題 フローフロント合流部の樹脂流動挙動が繊維配向に与える影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 成形加工	6. 最初と最後の頁 289-293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 上羽文人, 瀬戸雅宏, 横越靖弘, 山部昌	4. 巻 32
2. 論文標題 フローフロントにおける高繊維含有率ポリアミド樹脂の樹脂流動に関する研究 (第1報) -ファウンテンフローが変化するせん断応力の定量化-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 成形加工	6. 最初と最後の頁 358-365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4325/32.358	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 上羽文人, 瀬戸雅宏, 横越靖弘, 山部昌	4. 巻 32
2. 論文標題 フローフロントにおける高繊維含有率ポリアミド樹脂の樹脂流動に関する研究(第2報)-ファウンテンフローが変化するせん断応力の板厚依存性と残存繊維長の考察-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 成形加工	6. 最初と最後の頁 394-399
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.4325/32.394	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計19件(うち招待講演 1件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 笹林 拓馬, 鈴木 亨, 瀬戸雅宏, 山部 昌
2. 発表標題 繊維強化射出成形のゲート部における流動挙動が繊維配向メカニズムに与える影響
3. 学会等名 成形加工'22
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若林 俊亮, 瀬戸雅宏, 山部昌
2. 発表標題 短繊維強化樹脂を用いた連続繊維CFRTP の層間せん断強度並びに剛性向上に関する研究
3. 学会等名 成形加工シンポジア'22
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shogo Ogura, Masahiro Seto, Masashi Yamabe
2. 発表標題 Verification of fiber orientation mechanism by resin flow behavior after flow front confluence
3. 学会等名 29th International conference of the polymer processing society(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北本康裕, 瀬戸雅宏, 鈴木亨, 山部昌
2. 発表標題 射出発泡成形による軽量化と繊維強化樹脂による強度向上の両立に関する研究
3. 学会等名 成形加工シンポジア'21
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小倉翔吾, 瀬戸雅宏, 山部昌
2. 発表標題 フローフロント合流後の樹脂流動挙動による繊維配向メカニズムの検証
3. 学会等名 成形加工シンポジア'21
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹林 拓馬, 瀬戸 雅宏, 山部 昌
2. 発表標題 繊維強化射出成形過程における流路変化が繊維配向メカニズムに与える影響
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部 2022 年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 良知達明, 鈴木亨, 田中宏明, 瀬戸雅宏, 山部昌
2. 発表標題 繊維強化樹脂射出成形品のゲート部における繊維配向と破断のメカニズムに関する研究
3. 学会等名 プラスチック成形加工学会第31回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上羽文人, 瀬戸雅宏, 横越靖弘, 山部昌
2. 発表標題 ガラス繊維含有ポリアミドの射出成形におけるせん断応力のフローフロント挙動への影響 (2)
3. 学会等名 プラスチック成形加工学会第31回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林純也, 瀬戸雅宏, 田中宏明, 山部昌
2. 発表標題 射出成形品の繊維配向度に与える樹脂粘度特性の影響
3. 学会等名 プラスチック成形加工学会第28回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山部昌, 瀬戸雅宏, 田中宏明, 鈴木亨
2. 発表標題 X線CT画像抽出による強化繊維の配向度・破断の高精度計測とその応用
3. 学会等名 プラスチック成形加工学会第28回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 良知達明, 鈴木亨, 田中宏明, 瀬戸雅宏, 山部昌
2. 発表標題 繊維強化樹脂射出成形品のゲート部における繊維配向メカニズムに関する研究
3. 学会等名 プラスチック成形加工学会第28回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 瀬戸雅宏
2. 発表標題 射出成形課程の強化繊維の配向挙動
3. 学会等名 精密工学会 成形プラスチック歯車研究専門委員会 研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

山部瀬戸研究室ホームページ http://www2.kanazawa-it.ac.jp/yamabe/ 金沢工業大学機械工学科オリジナルサイト https://www2.kanazawa-it.ac.jp/mech/lab/seto.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	神吉 康文 (KANKI Yasufumi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------