

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03804

研究課題名（和文）組紐とプレス技術を複合した層間に交錯構造を有する熱可塑性CFRPの創成

研究課題名（英文）Creation of thermoplastic CFRP with interlaced structure between layers compound in braid and press technology

研究代表者

喜成 年泰（Kinari, Toshiyasu）

金沢大学・設計製造技術研究所・教授

研究者番号：90195321

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：炭素繊維強化熱可塑性樹脂テープを何層にも重ねる組紐の上層と下層の間に交錯構造を導入することで、樹脂の接着だけでなく、強化繊維による層間の補強効果を期待して曲げ強度1,000MPa、弾性率125GPaを有するCFRPパイプ成形を目指した結果、上層と下層の間に交錯構造を導入することには成功したが、現有する設備では上層と下層の間の組糸数の差が大きいため、軸糸の割合が減少し、目標とする曲げ強度・弾性率の80%達成に留まった。しかし組紐構造作製に際して軸糸の割合や組糸の角度の影響を定量的に把握し、自由経路組紐機械におけるキャリア経路シミュレーションや組角度に関連する知見を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

炭素繊維強化熱可塑性樹脂を熱成形する前に組紐機械を用いて炭素繊維束を所望の角度に配置する成形方法において、軸糸の割合や組糸の角度を定量的に把握することができた。また、自由に経路を設定可能な組紐機械におけるキャリア経路をシミュレーションし、組角度を設計する方法を明らかにした。以上の2点はますます多様化する炭素繊維強化樹脂の用途拡大に有益な知見を与える。また炭素繊維強化樹脂のような軽量・高強度・高弾性率の機械構造部材の社会実装はドローン等による「必要なモノを必要なときに必要な場所へ」届ける技術の発展に大きく役立つ。

研究成果の概要（英文）：Introducing an intersecting structure into the upper and lower layers of a braid made of multiple layers of carbon fiber reinforced thermoplastic resin tape, we aim to manufacture a CFRP pipe with a bending strength of 1,000 MPa and an elastic modulus of 125 GPa. In addition to bonding the resin and fibers, we aimed to strengthen the interlayers using reinforced braided fibers. Although we succeeded in introducing an interlacing structure between the upper and lower layers, the ratio of axial yarns decreased due to the large difference in the number of braided threads between the upper and lower layers in the existing equipment. Only 80% of the target bending strength and elastic modulus were achieved.

However, we could quantitatively understand the impacts of the proportion of axial yarn and the angle of the braid yarn on the braided structure prepreg, and we could obtain knowledge related to carrier path simulation and braiding angle in a free-path braiding machine.

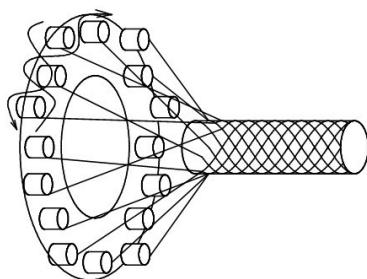
研究分野：繊維機械

キーワード：繊維強化複合材料 組紐構造 熱可塑性樹脂 プレス成形 キャリア経路 シミュレーション 繊維配向 組角度

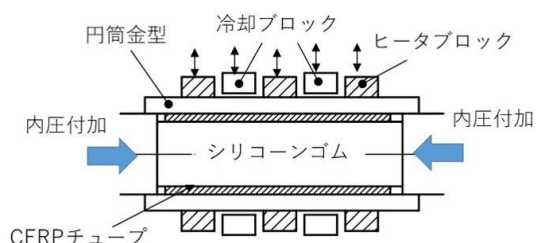
様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- (1) 炭素繊維強化複合材料 (CFRP) はエポキシ系などの熱硬化性樹脂を用いたものが主流であるが、成形に要する時間が長く、手作業での雄型上への貼り付け (ハンドレイアップ) を要するなど、コスト高に加え、再加工・補修・リサイクルが困難といった問題がある。これに対して、ナイロン、ポリプロピレンなどの熱可塑性樹脂を用いれば成形時間を短縮できて生産性が向上し、コスト低減に加え、再加工・補修・リサイクルが容易といった利点がある。
- (2) 一方、重合する前の液体は常温で粘度が低い熱硬化性樹脂に比較して、熱可塑性樹脂は高温で熔融しても樹脂粘度が高く、細い炭素繊維の束の隙間に含浸が難しい問題点があった。この欠点を克服する手段として、熱可塑性樹脂を一方向に並べた炭素繊維に含浸させたシートや織物シートなどの中間素材が開発され、供給が進んできた。
- (3) 我々の研究グループでは、一方向に並べた炭素繊維に熱可塑性樹脂を含浸させたシート素材をテープ状に細く裁断したテープ (以下 CFRTTP テープ) を用いて、図 1 に示すように、組紐成形によって中空パイプを編組し、その後加熱加圧する成形法を考案して基礎実験を続け、本研究の申請時には、一方向に並べた炭素繊維に熱可塑性樹脂を含浸させたシート素材をテープ状に細く裁断した中間素材 (以下 CFRTTP テープ) を用いて、組紐成形によって中空パイプ状のプリプレグを編組し、その後加熱加圧により FRP として成形する予備実験により、4 点曲げ試験による曲げ強度 400MPa、弾性率 50GPa を示す組紐製造条件を見出し、CFRTTP の製造方法としての有望性は確認できていた。



CFRTTP テープ (市販品) :
一方向に引き揃えられた
炭素繊維にポリアミドを
含浸させた細幅テープ



- 1) 組紐に成形された CFRTTP チューブを外側からヒータにより加熱
- 2) シリコン棒の両端を圧縮、ゴムの横ひずみにより CFRTTP チューブを加熱状態でプレス。軟化した樹脂が炭素繊維の間に含浸
- 3) 内圧を保ったまま冷却

図 1 CFRTTP の組紐・プレス複合成形技術の詳細

2. 研究の目的

- (1) 本研究では組紐とプレス技術を組み合わせ、しかも組紐の上下層の間に CFRTTP テープによる交錯構造を導入し、同一質量の鋼構造物と比較して 6 ~ 7 倍の機械的性質を示す CFRTTP パイプを製造する技術を開発することを目的とする。
- (2) 具体的には、あらかじめ熱可塑性樹脂が含浸された CFRTTP テープを用いて種々の編組条件で組紐成形を行い、曲げ強度や弾性率を増加させる編組条件を明らかにする。加えて、組紐 FRP の最大の利点である「継ぎ目がないこと」を組紐層間にも拡大し、曲げ試験による曲げ強度 1,000MPa、弾性率 100GPa に増加させる組紐製造条件を見いだす。
- (3) 本研究の学術的独自性は、従来にない製造方法により下記の創造性を兼ね備えた CFRTTP の製造方法を探求することである。そしてその創造性の第 1 の特徴は (金属材料と比較して) CFRTTP を用いた軽量性である。第 2 の特徴は CFRTTP を用いることによる再加工・補修・リサイクルの容易性である。そして第 3 の特徴は、組紐成形とプレス成形の連動による量産性・寸法安定性である。

3. 研究の方法

- (1) CFRTTP パイプの力学特性に及ぼす軸糸割合の影響
 - ① 本研究で用いる CFRTTP テープ (SHINDO 製 TP CA140) の断面を図 2 に示す。テープの厚み全体に白い円として映っている開織された炭素繊維断面が薄く、均一に分散されている。
 - ② CFRTTP パイプ表面には図 3 に示す通り、軸糸と組糸がある。幾何学的な関係からパイプ表面に対する CFRTTP テープの被覆率 (カバーファクタ)、軸糸含有率、組紐層 1 層あたりの厚みを求める手法を提案した。軸糸は組糸本数を上限として、減らすことができ、種々の軸糸含有率の試料を試作して提案式を実証した。



図 2 CFRTTP テープ

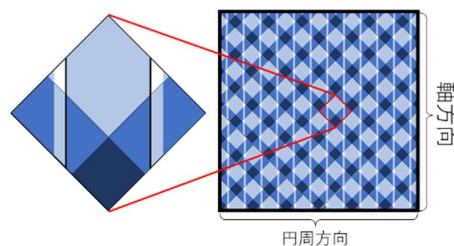


図 3 CFRTTP 表面の軸糸と組糸

- ③種々の軸糸含有率の CFRTP 試料に曲げ試験を実施し、図 4 に示す通り、軸糸含有率にともなって曲げ強度および曲げ弾性率が増加することを明らかにした。
- ④併せてカバーファクタの増加にともない、曲げ強度および曲げ弾性率が増加するが、カバーファクタが 100% を越えると、ボイドが発生しやすくなり、強度低下の原因になりやすいことも確認した。
- ⑤以上の検討結果により、本研究開始前の曲げ強度 400MPa、弾性率 50GPa であった機械的性質が 2 倍以上となる曲げ強度 840MPa、弾性率 100GPa とする組紐プリプレグ製造条件を見出した。
- ⑥以上の成果を研究論文[雑誌論文の 1 件目]として公表した。

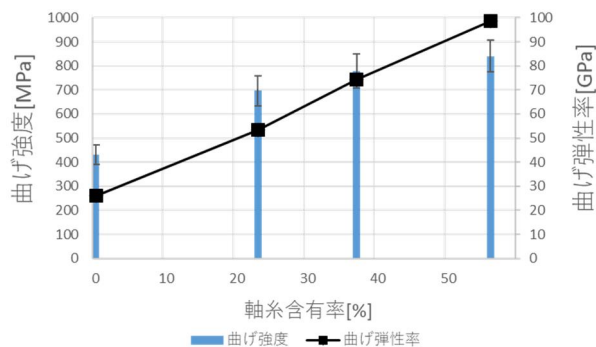


図 4 CFRTP の機械的性質と軸糸含有率の関係

(2) キャリアの糸長調整機構の拡張

- ①本研究で用いる 3D ロータリ組機の一つであるマルチブレイダ (コクブシリミテッド製 10×08H /MLT) の動作原理を図 5 に示す。図 6 に示すキャリアは (b) ボビンから炭素繊維束を引き出しながら (a) 部の溝がホーンギアの切欠部に嵌まって駆動される。隣接するホーンギア間には図 5 左上の緑丸部分に切替ポイントがあり、ポイントを図 5 右上に示すように、Uターン位置にすればキャリアは当該ホーンギアの溝に留まり、クロス位置にすれば隣のホーンギアに移動することによって、設計者が意図した通りの立体的に複雑な構造の組紐を成形できる。
- ②本研究で用いたマルチブレイダにはホーンギアが 8 行 10 列装備されているが、ギア列中心部と周辺部では引き出した繊維束に経路差が生じ、図 6(a) に示す、1 個の定滑車と 1 個の動滑車を利用した市販の標準キャリアでは 6 行 6 列程度の経路差しか吸収することができなかった。
- ③このため図 6(b) に示すようにキャリアを 2 個の定滑車と 2 個の動滑車を利用した糸長調整機構に拡張し、調整可能な糸長をほぼ 2 倍とすることによって 8 行 10 列のホーンギア全てに移動可能とした。その結果、より複雑な構造の組紐プリプレグを成形可能とした。

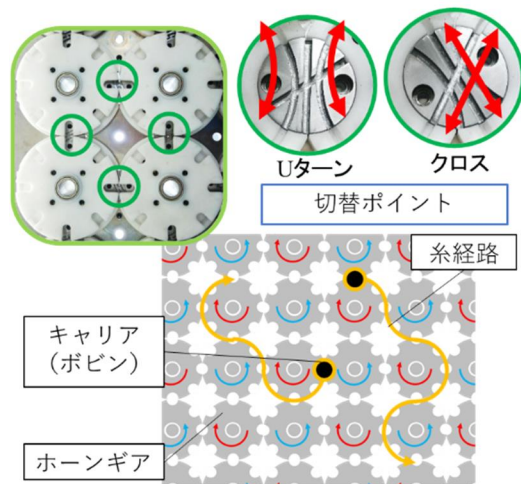
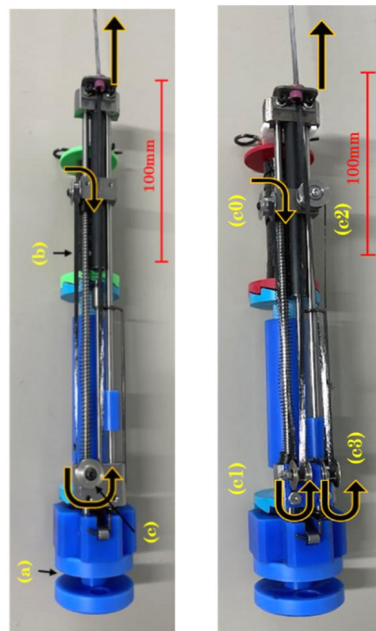


図 5 キャリア移動イメージ

(3) マルチブレイダにおける組角度の設計方法

- ①糸経路がほぼ一定円上を移動する円形ブレイダを用いた (1) の研究により、CFRTP の機械的性質には軸糸の含有割合および組紐の組角度が大きく影響することがわかっていった。
- ②本研究で用いる、キャリア経路が自由に設定できるマルチブレイダではキャリアの位置によって組角度が変動するが、この組物構造においても組角度を求める手法を提案した。
- ③比較的単純な立体構造を有する組紐構造を試作して、提案した組角度設計手法の有効性を確認した。
- ④ (2)、(3) の成果を研究論文[雑誌論文の 4 件目]として公表した。



(a) 市販品 (b) 改良品
図 6 キャリア

(4) マルチブレイダにおけるキャリア経路シミュレーションソフトの開発

- ①スクリプト言語の中でも直感的に理解しやすい特徴を持つ Python を用いて、3D 組機の 1 つであるマルチブレイダのキャリアの初期配置及び駆動経路を、対話型でシミュレーションできるソフトウェアを図 7 に示すように、GUI 形式で作成した。
- ②マルチブレイダの経路シミュレーションを作成したことにより、キャリア同士の衝突を事前に予測することができ、キャリアの経路と配置を考案する作業時間は簡単な経路で 1/3、本研究目的のような複雑な経路では 1/4 以下に縮減することができ、キャリアの初期配置を効率的に行うことができるようになった。
- ③キャリア経路シミュレーションを適用することで、マルチブレイダを用いて、層間に交錯構造

を有する、立体的に複雑な構造の組紐プリプレグの作成が可能となった。
 ④この成果を研究論文[雑誌論文の2件目]として公表した。

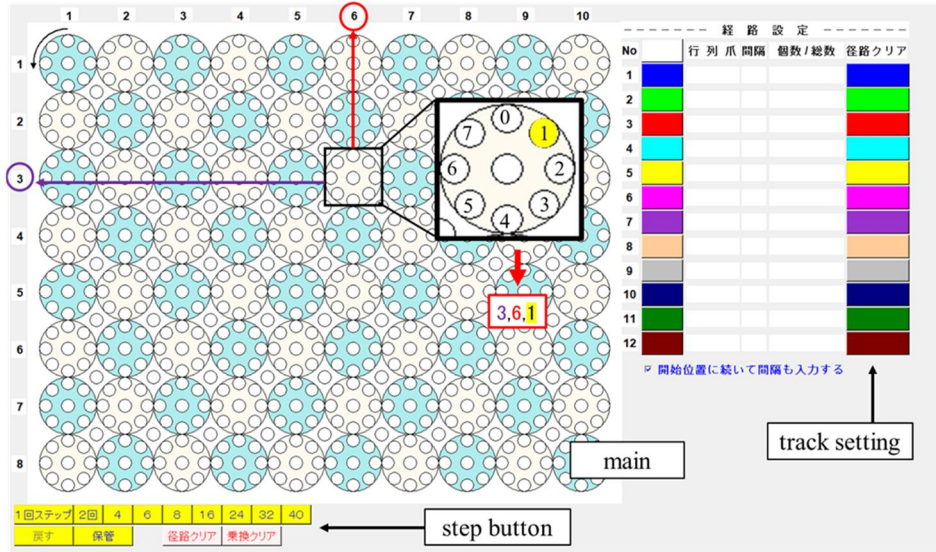


図7 開発したシミュレーションのGUI画面

(5) マルチブレイダを用いた層間に交錯構造を有する組組織の編組

①(1)~(4)の成果を総合して、図1に示すCFRTPテープを用い、図8に示す層間に交錯構造を有する組組織を編組し、プレス成形によりCFRTPパイプを試作した。

②図1に示すCFRTPテープを用いた場合、厚さ1mm程度のパイプ試験片を作るためには15層程度の層を重ねる必要があるが、図8の層は最も強いと想定されるため、応力が最大となる、最外層3層に適用し、それより内側の層は通常の円形ブレイダにてプリプレグを作成した。

③外・中層、中・内層間にそれぞれ交錯構造を導入することはできたが、マルチブレイダの機構上の制約から、外層、中層、内層を構成するキャリアの数に差がありすぎて、3層を構成する組系数に大きな差が生じてしまった。

④(1)の試作では円形ブレイダで15~32層の組紐層を重ねたが、最内層でも最外層でも組系数は同じで、カバーファクタ(被覆率)に多少の差が生じる程度であった。

⑤(1)③④に述べた傾向、すなわち、機械的性質向上のためにはなるべく軸糸を多く挿入し、カバーファクタは大きい方がよいが、カバーファクタが100%を越えた場合はボイドが発生しやすくなり、機械的性質が顕著に低下する制約がある。

⑥図8に示す、層間に交錯構造を有する組組織では④による機械的性質の低下を上回る補強効果は得られなかった。

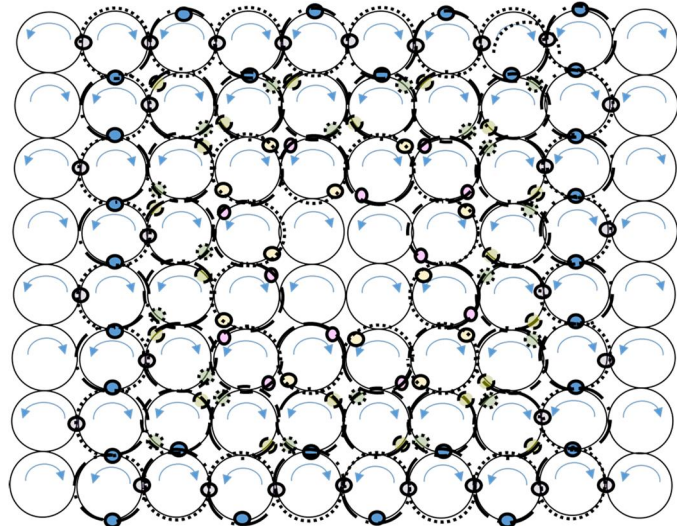


図8 層間に交錯構造を有する組組織のキャリア経路

4. 研究成果

(1) CFRTPパイプの力学特性に及ぼす軸糸割合の影響を定量的に明らかにした

CFRP成形品の軸方向の強度および弾性率を向上させるためには繊維束の配向をできる限り軸方向に揃えることがよいことは、熱硬化性樹脂のCFRPを中心に多くの報告があったが、CFRTPテープを用いた組紐構造による成形によっても同じ傾向が得られること、また、その定量的な傾向を実験により明らかにした。加えて、CFRTPテープを用いた組紐構造による成形の場合には、カバーファクタが100%を越えると、ボイドが発生しやすくなり、強度低下の原因になりやすいことも確認した。

加えて組紐構造のカバーファクタを検討することにより、一定厚み、一定幅を有するCFRTPテープを用いて所定の組角度、所定の軸糸挿入をした場合の組紐層1層の厚みを計算できるようになり、プリプレグ設計が容易になった。

CFRTP テープを用いて組紐構造プリプレグを作成した後プレス成形する CFRP 成形方法は我々の研究グループ独自の方法であり、従来の CFRP 成形方法で明らかになっていた機械的性質の傾向に対して、本成形方法による定量的な機械的性質の向上の効果と制約条件が明らかになった。その結果、本成形方法による製品の設計指針を得ることができた。

(2) キャリアの糸長調整機構の拡張

3D ロータリ組機の一つであるマルチブレイダにおけるキャリアの移動可動領域を 100%活かすため、市販のキャリアの糸長調整機構を改良し、キャリア上のボビンから調整可能な糸長をほぼ 2 倍とすることによって 8 行 10 列のホーンギア全てに移動可能とした。

本学の設備であるマルチブレイダは、国内で数少ない組紐機械メーカーと相談しながら、その仕様を定めて製造してもらった機械だが、キャリアの糸長調整機構の制約から、じゅうぶんにその能力を活かし切れていなかった。この改良により、8 行 10 列のホーンギア全てを活用した、立体的に複雑な構造の組紐プリプレグを成形可能となった。

(3) マルチブレイダにおける組角度の設計方法

CFRP の機械的性質には軸糸の含有割合および組紐の組角度が大きく影響する。本研究で用いた、キャリア経路が自由に設定できるマルチブレイダではキャリアの位置によって組角度が変動するが、これを用いて製造した組物構造においても組角度を求める手法を提案し、実験により提案した組角度の計算方法の妥当性を確認した。

その結果、マルチブレイダを用いて製造した、立体的に複雑な組紐構造 CFRTP の成形後の機械的性質を設計することができるようになった。

(4) マルチブレイダにおけるキャリア経路シミュレーションソフトの開発

Python を用いてマルチブレイダのキャリアの配置及び経路に関するシミュレーションを GUI 形式で作成した。これにより、キャリア同士の衝突を事前に予測することができ、キャリアの経路と配置を考案する作業時間は簡単な経路で 1/3、本研究目的のような複雑な経路では 1/4 以下に縮減することができ、キャリアの初期配置を効率的に行うことができるようになった。

シミュレーションを適用することで、マルチブレイダを用いて、層間に交錯構造を有する、複雑な構造の組紐構造の作成が可能となった。

(5) マルチブレイダを用いた層間に交錯構造を有する組組織の編組

以上の成果を総合して、層間に交錯構造を有する組組織を編組し、プレス成形により CFRTP パイプを試作した。外・中層、中・内層間にそれぞれ交錯構造を導入することはできたが、マルチブレイダの機構上の制約から、外層、中層、内層を構成するキャリアの数に差がありすぎて、3 層を構成する組糸数に大きな差が生じてしまった。この結果、成形品における軸糸含有率が低下し、層間が交錯する組構造の補強効果による機械的性質の向上の効果が、軸糸含有率が低下による機械的性質の低下の効果を上回ることができなかった。

この結果、CFRTP テープを用いて組紐構造プリプレグを作成した後プレス成形する CFRP 成形方法において軸方向の機械的性質を向上させるためには、プリプレグ中に可能な限り軸糸を挿入することが最も重要な設計指針であることが確認された。

以上

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 TANIICHI Yasumasa, OCHIAI Taichi, FUJIOKA Yudai, TATSUNO Daichi, YONEYAMA Takeshi, KINARI Toshiyasu	4. 巻 69
2. 論文標題 組紐構造炭素繊維強化熱可塑性樹脂チューブの力学特性に及ぼす軸系挿入本数の効果	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Textile Engineering	6. 最初と最後の頁 43～50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4188/jte.69.43	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 SAITO Wataru, TANIGUCHI Michio, KONDO Yuya, TERATANI Yasuji, WAKAKO Lina, KINARI Toshiyasu	4. 巻 69
2. 論文標題 マルチブレイダにおけるキャリア経路シミュレーションの開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Textile Engineering	6. 最初と最後の頁 109～115
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4188/jte.69.109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 MAEGAWA Masaki, WAKAKO Lina, KINARI Toshiyasu	4. 巻 70
2. 論文標題 曲がり管上への炭素繊維プリフォーム形成におけるカバーファクタに関する考察	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Textile Engineering	6. 最初と最後の頁 1～6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4188/jte.230414	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 SAITO Wataru, TANIGUCHI Michio, KONDO Yuya, WAKAKO Lina, KINARI Toshiyasu	4. 巻 -
2. 論文標題 マルチブレイダにおける分岐 合流構造の編組及び組角度とキャリア上での糸長調整機構に関する考察	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Textile Engineering	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4188/jte.230215	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 近藤 裕哉, 田中淳生, 立野 大地, 若子倫菜, 喜成 年泰
2. 発表標題 マルチブレイダを用いた外殻・隔壁構造CFRTPの製紐と隔壁の補強効果
3. 学会等名 日本繊維機械学会 年次大会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 頼 辰一, 藤岡 裕大, 立野 大地, 若子 倫菜, 喜成 年泰
2. 発表標題 CF/PP一方向テープによる組紐の組角度と力学特性
3. 学会等名 日本繊維機械学会 年次大会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前川 将輝, 若子 倫菜, 喜成 年泰
2. 発表標題 曲がり管状の組紐プリフォーム形成
3. 学会等名 日本繊維機械学会 年次大会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前川 将輝, 喜成 年泰
2. 発表標題 曲面形状組紐構造プリフォームの形成の設計指針
3. 学会等名 日本設計工学会 北陸支部研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kinari Toshiyasu, KONDO Yuya, WAKAKO Lina, TANIGUCHI Michio
2. 発表標題 Consideration on Braiding Angle and Yarn Length Compensatory Mechanism for 3D Rotary Brading
3. 学会等名 50th Textile Research Symposium (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近藤 裕哉, 谷口 道夫, 若子 倫菜, 喜成 年泰
2. 発表標題 マルチブレイダにおけるキャリアの糸長調整機構と組角度に関する考察
3. 学会等名 日本繊維機械学会 北陸支部研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤岡 裕大, 落合 大知, 立野 大地, 喜成年泰
2. 発表標題 CF/PP一方向テープによる組紐 - プレス成形
3. 学会等名 日本繊維機械学会 第75回年次大会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuya KONDO, Wataru SAITO, Michio TANIGUCHI, Toshiyasu KINARI
2. 発表標題 INSERTION OF MIDDLE END YARNS INTO SHELL AND BULKHEAD BRAIDED CFRTP
3. 学会等名 14th International Conference on Textile Composite (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wataru SAITO, Eiki SAKANISHI, Michio TANIGUCH, Toshiyasu KINARI
2. 発表標題 PROTOTYPING BRANCH - MERGE BRAIDED STRUCTURE ON MULTI - BRAIDER
3. 学会等名 14th International Conference on Textile Composite (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 喜成 年泰, 立野 大地, 落合 大知, 藤岡 裕大, 米山 猛
2. 発表標題 熱可塑性炭素繊維強化 UDテープを用いた組紐・プレス工程による立体構造成形
3. 学会等名 第73回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 喜成 年泰, 立野 大地, 齋藤 航, 近藤 裕哉, 谷口 道夫
2. 発表標題 熱可塑性炭素繊維強化 UDテープを用いた外殻・隔壁構造への軸系挿入による補強効果
3. 学会等名 第73回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前川将輝, 齋藤 航, 辻 裕貴, 若子倫菜, 喜成年泰
2. 発表標題 曲がり管状の組紐プリフォーム形成とカバーファクタ
3. 学会等名 日本繊維機械学会 北陸支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤航, 坂西映輝, 谷口道夫, 喜成年泰
2. 発表標題 マルチブレイダの経路シミュレーションによる外殻隔壁構造の設計
3. 学会等名 日本繊維機械学会第74回年次大会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合大知, 藤岡裕大, 立野大地, 喜成年泰
2. 発表標題 円形ブレイダで成形したCFRTPの厚みと力学特性
3. 学会等名 日本設計工学会2021年度秋季研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合大知, 藤岡裕大, 立野大地, 喜成年泰
2. 発表標題 テープヤーンを用いて編組した三軸組紐構造の幾何学特性
3. 学会等名 日本繊維機械学会北陸支部 繊維学会北陸支部 2021 年度研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>金沢大学 設計製造技術研究所 https://amti.w3.kanazawa-u.ac.jp/about/ 金沢大学 設計製造技術研究所 喜成年泰 教授の研究業績一覧 https://amti.w3.kanazawa-u.ac.jp/member_tag/kinari_toshiyasu/</p> <p>炭素繊維強化熱可塑性樹脂 (CFRTP) UDテープを用いた組紐・プレス工程による立体構造成形, 喜成年泰, 立野大地 (2023) 自動車技術, 77巻, 7号, 104 &#8211; 109</p>
--

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 分 担 者	立野 大地 (Tatsuno Daichi) (30714159)	金沢大学・設計製造技術研究所・准教授 (13301)	

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