

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03869

研究課題名(和文) 組紐技術を応用した内部隔壁を有する中空材FRPプリフォームの創成

研究課題名(英文) Creating hollow preform for FRP with braiding

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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：連続炭素繊維を熱可塑性樹脂に予め含浸しテープ状に細くスリットしたテープ(以下CFRTPテープ)を用い、組紐形成時においてテープが中空円筒表面を隙間なく覆い、折れ曲がることのないような編組条件を探索し、熱間プレスした試料を作成し、曲げ強度で800MPa、曲げ弾性率で100GPaを超えるCFRTPパイプを得ることができた。この成果は当初目的の「同一質量の鋼構造物と比較して5倍以上の機械的強度」に対して、鋼の比重7.8、CFRPの比重1.5を勘案すると、曲げ強度において目標を大きく上回ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

熱可塑性樹脂を母材とする炭素繊維複合樹脂(CFRTP)は、先行する熱硬化性樹脂を母材とするCFRPに比べて、再加工や補修が可能であり、リサイクルも容易であるという利点を有する一方で、高温で樹脂が溶融してもその粘度が高く、成形性に難点があった。これに対して、本研究で提案したCFRTPテープを編組後熱間プレスする製造方法により、800MPaを越える曲げ強度の中空パイプを得る製造技術を確立することができた。この成果により「軽くて強い」構造部材が社会全体に広がることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Braid-press forming was developed for manufacturing hollow tube parts made of carbon fiber reinforced thermoplastic (CFRTP) tape. The CFRTP tapes were manufactured by slitting Uni Direction sheet which impregnate opened continuous carbon fibers along the fiber axis with thermoplastic resin into tape form thin. They were braided to make a tube, which was consolidated under pressure and heat in the press forming process. At the braid formation, braiding tapes and the middle end tapes covered up emptiness cylinder surface without a gap. The mechanical properties of the obtained pipes were larger than 800 MPa in bending strength and were larger than 100 GPa in bending modulus. These results greatly exceeded the original purpose, 'the mechanical strength that was more than 5 times compared with the steel structure of the same mass.'

研究分野：加工学および生産工学関連

キーワード：炭素繊維強化複合材料 組紐 炭素繊維 熱可塑性樹脂 中立系 機械的性質 プリフォーム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 立体構造を有する雄型(マンドレル)の外側に連続繊維により組紐構造を形成して、はり状の繊維強化複合樹脂(FRP)部材を作成する方法は、強化する方向が明確、繊維束の屈曲が小さい、準備に要する時間が少ない等の利点を有するため、効率的にカスタム製品を大量生産の生産性で実現する技術(マスカスタマイゼーション)として欧州を中心に研究が進められていた。

(2) 炭素繊維強化複合樹脂(CFRP)の製造方法としては、予め炭素繊維集合体で大まかな形状(強化繊維プリフォーム)を作成し、そのプリフォームに流動性の高い熱硬化性樹脂を含浸・硬化させる成形手法(RTM 成形: Resin Transfer Molding)が主流であった。

2. 研究の目的

(1) 内部隔壁を有する複雑な三次元構造物のプリフォームを、継ぎ目なしで一体成形する製造方法の開発をさらに進め、複数の内部隔壁を有する中空部材の成形法を確立するとともに、プリフォームの製造条件と CFRP 製品の強度との関係を明らかにする。

(2) プリフォームの製造条件と CFRP 製品の強度との関係を明らかにして、同一質量の鋼構造物と比較して 5 倍以上の機械的強度を有する CFRP 構造物を得る。

3. 研究の方法

(1) 組紐構造 CFRP の隔壁による補強効果

組紐は古くから存在する編物・織物と並ぶテキスタイル技術の一つであり、Fig.1 に示すように長軸方向に対し斜めに配向する組糸と平行に走る中立糸とで構成され、3 次元形状の一体成形を機械で連続的に行える。この特徴から、組紐技術の応用は CFRP の成形性・生産性の向上に寄与すると期待される。組紐作成に用いるマルチブレードの動作原理を Fig.2~4 に示す。ブレード盤上には円周方向に切欠が入ったホーンギアが配置され、時計回りと反時計回り交互に回転する。スピンドルは切欠部にはめ込まれ、ギアの回転に伴い、Fig.2 に示すようにスピンドルが盤上を移動する。また、Fig.3 に示すように、ギア間のポイントを Fig.4 (a)の U ターン軌道か Fig.4 (b)のクロス軌道に切り替えることでスピンドルの移動経路を任意に設定可能である。スピンドルにはボビンを搭載し、各ボビンから炭素繊維を引き出しマンドレルに固定する。マンドレルを引き取りながらブレードを駆動させることで組紐構造を編組する。マルチブレードはスピンドル配置と糸経路を自由に設定できるため、様々な組紐構造を作成可能である。

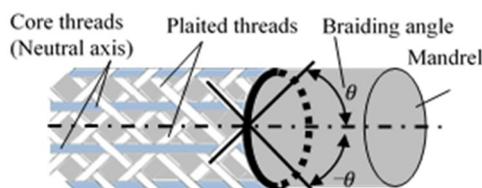


Fig.1 Braided structure

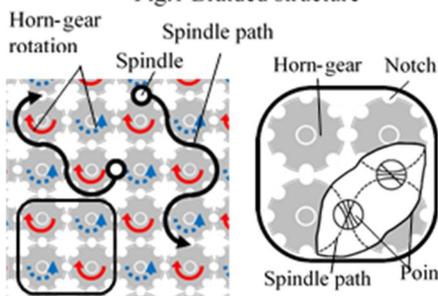


Fig.2 Multi-braider Fig.3 Details of multi-braider

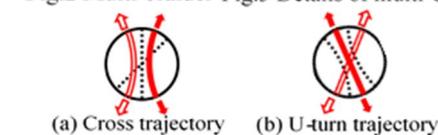


Fig.4 Point

本研究では上記のようなマルチブレードを用いて、炭素繊維をマンドレル上に編組した。外殻・隔壁構造用の糸経路は 9 種類あり、隔壁部の炭素繊維束数  $N_f$  が異なる。これらの糸経路を用いて、隔壁が 1 本入った I 型と隔壁が 2 本入った X 型の 2 構造を作成した。組角度(Fig.1 の  $\theta$ )は  $30^\circ$  とした。各試験片は追加で外周を編組し、外殻部の繊維束数が等しくなるようにした。は隔壁の存在しない単純なパイプ構造であるマンドレルには外径 25mm のスチレン丸棒を断面方向に 1/2 分割したもの(I 型)と、1/4 分割したもの(X 型)をそれぞれ用いた。編組後は真空含浸工法 (VaRTM, Vacuum assisted Resin Transfer Molding) でエポキシ樹脂を含浸・硬化させた。試験片の外径  $D$ 、内径  $d$ 、隔壁厚さ  $t$ 、繊維体積含有率  $V_f$ 、断面係数  $Z$  は Table 1 に示した通りである。円筒外殻の内部に隔壁を有する外殻・隔壁構造 CFRP の試作を行い、3 点曲げ試験により、隔壁が力学的特性に及ぼす影響を検討した。

Table 1 Conditions of specimen

Braiding structure	$N_f$	$D$ [mm]	$d$ [mm]	$t$ [mm]	mass [g]	$V_f$ [%]	$Z$ [mm <sup>3</sup> ]	Cross sectional shape	
①	I	7	27.4	24.6	0.72	39.0	37.2	565 747	⊖
		22	27.6	25.3	1.47	37.4	41.8	570 796	⊖
		18	28.4	25.7	2.06	52.0	32.6	550 897	⊖
		22	27.2	25.1	1.64	39.0	43.8	517 810	⊖
②	X	24	28.9	26.3	1.50	56.3	30.2	908	⊕
		40	29.0	26.8	1.74	64.7	35.4	836	⊕
		32	28.1	26.0	2.03	52.3	41.7	648 745	⊖
			28.5	26.2		52.7	33.2	836	⊖
③	I	28	28.8	26.2	1.81	55.9	31.5	919	⊕
		32	28.4	26.6	1.95	48.0	46.0	548 708	⊖
			28.5	26.1		56.4	31.9	846	⊕
		④	X	27.1	24.8		28.9	52.5	529

(2) 組紐構造を有する熱可塑性炭素繊維強化複合材料の力学特性

研究開始以前の CFRP の製造方法としては、予め炭素繊維集合体で大まかな形状(強化繊維プリフォーム)を作成し、そのプリフォームに流動性の高い熱硬化性樹脂を含浸・硬化させる RTM 成形が主流であった。一旦硬化してしまつと再度加工することのできない熱硬化性樹脂に比べ、融点を超えると溶融し、融点以下では固化する熱可塑性樹脂を母材とする炭素繊維複合樹脂(CFRTP)は、成形時間が短い、補修・再加工が可能、リサイクルが容易、破壊に要するエネルギーが大きい等、優れた特徴を有するが、融点を超えた溶融状態においても樹脂粘度が高いため、立体的に複雑な形状をした製品が普及した例はなかった。しかしながら、溶融状態における流動性が悪い弱点を克服するための様々な中間製品が開発され、組紐に応用できる中間製品も登場した。Fig.5 に断面の拡大写真を示すように、熱可塑性樹脂フィルムの上に薄く開織した炭素繊維を埋め込んだフィルム状の中間基材を細くスリットしたテープ(CFRTP テープ)を研究初年度に入手することができた。

SHINDO 製 TP CA143 スリット系 [ ] を入手し、組紐構造プリフォームを作成し、熱間プレスにより、熱可塑性樹脂製品(以後組紐 CFRTP)を成形し、短時間で CFRTP 成形品を得ることができるようになった。テープの断面写真を Fig.5 に、基本性能の一部を Table 2 に示す。

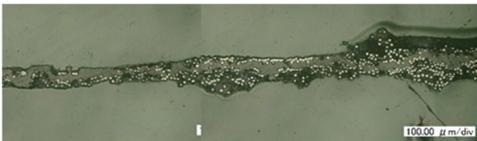


Fig. 5 Cross-section of the tape [ ]

Table 2 Specifications of the tape [ ]

Fiber	Matrix	Vf	Thickness
Carbon fiber	PA6	55 %	44 $\mu$ m



Fig. 6 Outline of braiding

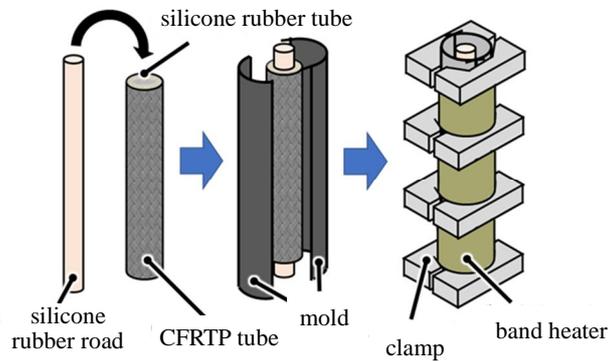


Fig. 7 Press forming preparation process

Fig.6 に示すように、外径 28mm のマンドレル(シリコンパイプ)上に 5mm 幅の CFRTP テープ 16 本を組糸とし、7mm 幅の CFRTP 含浸テープ 16 本を中立糸として、7 層単純積層したプリフォームを編組した。組角度(Fig.1 の  $\theta$ )は  $60^\circ$  とした。組紐構造編組の後、Fig.7 のような治具を用いてプレス成形した。外側の金属型(割り型)内面の温度を  $230^\circ\text{C}$  とした状態で、加圧は 3MPa を 10min 保持した。金型を  $120^\circ\text{C}$  以下に冷却した後、加圧を取り除き、CFRTP 製品を取り出した。プレス成形後の CFRTP パイプの肉厚は 1.0mm であった。

(3) カバーファクタ(被覆率)の考慮

マンドレルの表面積に対して CFRTP テープが占めている割合をカバーファクタ(被覆率)と呼ぶ。我々は、カバーファクタ  $cf$  [ ] を用いて、Fig.8 に示すような幾何学的関係から、製作したプリフォームの被覆率を計算した。その結果、上記実験(2)の被覆率は 100% を越えており、中立糸が折れ曲がる等の悪条件であることが判明した。新たに被覆率を考慮して導出したプリフォームの編組条件は、16 本の組糸幅 3mm、中立糸 16 本の幅 5mm、組角度(Fig.1 の  $\theta$ )は  $45^\circ$  であった。その結果、 $cf$  が  $95^\circ$  (最外層)~ $97^\circ$  (最内層)の範囲となり、15 層積層することによって、プレス成形後の肉厚 1.0mm の CFRTP パイプ試料を得ることができた。

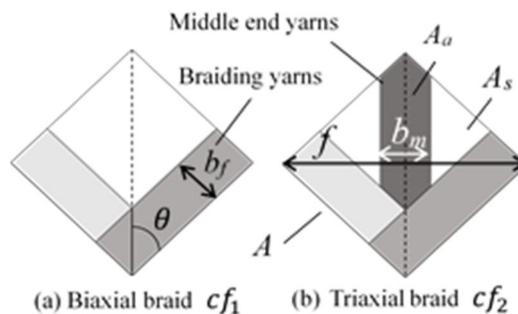


Fig.8 Unit cell of a braid

#### 4. 研究成果

##### (1) 組紐構造 CFRP の隔壁による補強効果

Table 1 示した 10 種類の試料に対して、3 点曲げ試験を実施し、ヤング率と曲げ強度を求めた結果を Fig.6 に示す。(a)は I 型の試料を隔壁が水平方向になるように曲げ荷重を負荷した結果、(b)は同じく、I 型の試料を隔壁が鉛直方向になるように曲げ荷重を負荷した結果、(c)は X 型の試料に対する試験結果であり、 $N_f$  が小さいものから順に示した。曲げ破壊は主に試験片中央上部の圧子接触部付近と隔壁部で発生した。

ヤング率は隔壁の挿入により減少した。中空構造は試験中に断面の扁平化がみられた。一方で、

(a) I 型水平方向では隔壁部が引張荷重を受け外側へ膨らもうとする外殻側部の変形を抑えた

(b) I 型鉛直方向では隔壁部が荷重を受け外殻上部の下部への接近を抑えた

(c) X 型では(a),(b)の現象が同時に発生したために、隔壁を有する構造では隔壁が扁平化を抑制したと考えられる。よって、試験片下部が圧子の変位に追従して降下し、長軸方向ひずみが増大したためヤング率が減少したと推察できる。

曲げ強度は隔壁の挿入により(b)の、を除去向上し、水平方向に隔壁がある場合により大きい値を示した。また、 $N_f$ が多いほど増加傾向にある。中空構造は外殻部の破壊が上部から側部にかけて組織の曲げ破壊が発生している。一方で、

(a) I 型水平方向でも外殻部の破壊は側面部まで到達しているが、隔壁の付け根部が破壊されていたものもあった

(b) I 型鉛直方向では外殻部の破壊は側面部まで到達せず、隔壁が座屈したり破断したりしていた

(c) X 型では I 型鉛直方向と同様に隔壁が座屈したり破断したりしていた

ことから、隔壁が荷重を受けていたことがわかる。よって、外殻上部から側部に負荷する応力が緩和され破壊が遅れたことで、曲げ強度が増加したと予測できる。(b)の、は  $N_f$  が少ない、もしくは隔壁部の組紐構造が安定していないため、隔壁部が外殻上部より小さな荷重で座屈し、繊維束で繋がっている外殻部の構造を崩してしまい、中空円筒よりも小さい荷重で外殻部が破壊したと考えられる。

以上の結果をまとめると、

隔壁の挿入により、全ての構造および全ての荷重負荷方向において長軸方向ヤング率は減少した。

隔壁の挿入により、 $N_f$ が 7、22 のものを除き曲げ強度は増加し、 $N_f$ が多くなるに従い増加する傾向を示し、単純な中空パイプである に比べて 2~3 倍の曲げ強度を示す隔壁構造の試料を得ることができた。

試験片の扁平化が抑制され組織の断面形状を保持すること、および曲げ強度の向上から、隔壁による組紐構造 CFRP の補強効果があることを確認した。

##### (2) 組紐構造を有する熱可塑性炭素繊維強化複合材料の力学特性

以上の結果により、単純な中空パイプに対する外殻・隔壁構造による強度向上の傾向は把握できたものの、我々が現有するマルチブレードにおいては組紐構造に中立系を挿入する機構を装備していない。すなわち、Fig.8(a)の組紐構造しか形成できない。「同一質量の鋼構造物と比較して 5 倍以上の機械的強度」を実現するためには曲げ強度に大きく寄与する中立系を挿入可能な組紐

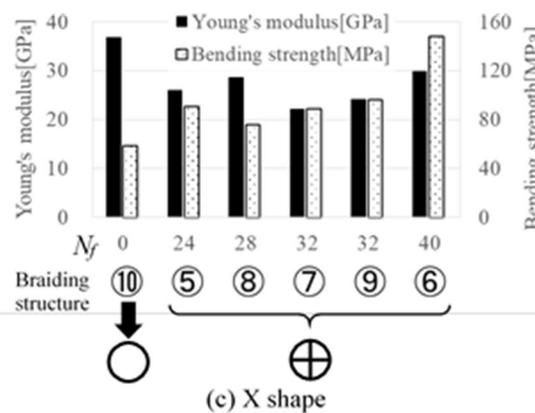
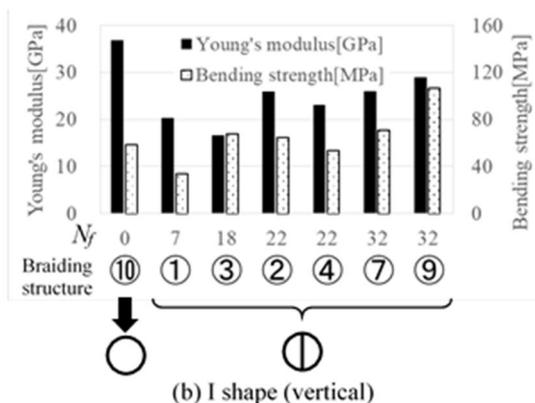
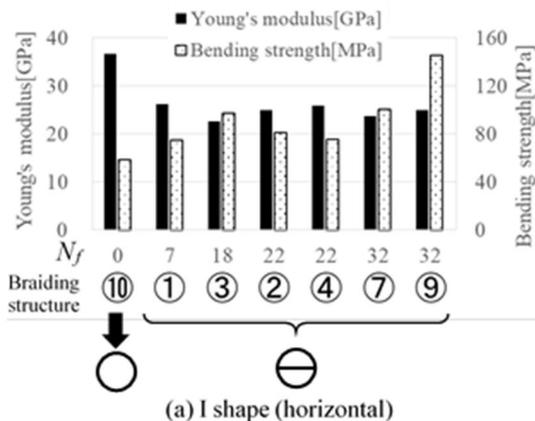


Fig.6 Test result

造，すなわち，Fig.8(b)の組構造に対して「3. 研究の方法」(2)および(3)で製造条件を示した試料に対する曲げ試験結果を Table 3 に示す。

Table 3 Bending properties for braid-press forming CFRTP samples

samples	number of braiding yarn	width of braiding yarn [mm]	number of middle end yarn	width of middle end yarn [mm]	braiding angle $\theta$ [°]	$cf$ [%]	number of layers	modulus [GPa]	strength [MPa]
ignoring $cf$	16	5	16	7	60	over 100	7	50	490
considering $cf$	16	3	16	5	45	96(±1)	15	110	890

「3. 研究の方法」(3)の製造条件，すなわち，組紐形成時において CFRTP テープが中空円筒表面を隙間なく覆い、かつテープ同士が重なり合うことが極力少なく、テープが折れ曲がることのないような編組条件の CFRTP 試料では、曲げ強度で 800MPa，曲げ弾性率で 100GPa を超える CFRTP パイプを得ることができた。この成果は当初目的の「同一質量の鋼構造物と比較して 5 倍以上の機械的性質」に対して、鋼の比重 7.8，CFRP の比重 1.5 を勘案すると、弾性率では 6 割程度の達成度ではあるが、曲げ強度においては目標を大きく上回ることができた。

<引用文献>

- [https://www.shindo.com/jp/assets/IM\\_Material\\_CF-PA6\\_prepreg\\_Data\\_Sheet\\_JPN.pdf](https://www.shindo.com/jp/assets/IM_Material_CF-PA6_prepreg_Data_Sheet_JPN.pdf).  
 F. Heieck, F. Hermann, P. Middendorf, K. Schladitz: Influence of the cover factor of 2D biaxial and triaxial braided carbon composites on their in-plane mechanical properties, Composite Structures, 163(2017),114-122

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 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tatsuno D., Yoneyama T., Kinari T., Sakanishi E., Ochiai T., Taniichi Y.	4. 巻 web
2. 論文標題 Braid-press forming for manufacturing thermoplastic CFRP tube	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Material Forming	6. 最初と最後の頁 online first
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12289-020-01584-7	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 SAKAMOTO Jiro, CHIHARA Takanori, AZUMA Tomonari, KINARI Toshiyasu, KITAYAMA Satoshi, KIMIZU Mitsugu, HASEBE Hiroyuki, MORI Daisuke	4. 巻 web
2. 論文標題 Bioinspired cane design and production using braiding technology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanical Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 online first
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jbse.20-00402	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 Toshiyasu Kinari, Jiro Sakamoto, Satoshi Kitayama, Yuka Maki, Kento Kawai, Takuru Suehiro, Mitsugu Kimizu, Daisuke Mori, Hiroyuki Hasebe	4. 巻 1
2. 論文標題 Bio-innovative design technology and manufacturing system for CFRP preform by braiding structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 International Symposium on Flexible Automation Kanazawa, Japan	6. 最初と最後の頁 431-436
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11509/isfa.2018.431	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 Nanang Endriatno, Kento Kawai, Takuru Suehiro, Satoshi Kitayama, Jiro Sakamoto, Toshiyasu Kinari	4. 巻 65
2. 論文標題 Experimental Study on Hoop Stress Affecting Braided Carbon Fiber Reinforced Plastics Subjected to Internal Pressure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Textile Engineering	6. 最初と最後の頁 11~17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4188/jte.65.11	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 該当する

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 落合大知, 坂西映輝, 谷一泰正, 石野晴紀, 来丸秀俊, 立野大地, 米山猛, 喜成年泰
2. 発表標題 組紐構造を有する熱可塑性炭素繊維強化複合材料の力学特性
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 2020年

1. 発表者名 坂西映輝, 落合大知, 喜成年泰
2. 発表標題 円形ブレイダを用いた均一な編組の可否
3. 学会等名 日本設計工学会 秋季研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 落合大知, 坂西映輝, 立野大地, 喜成年泰
2. 発表標題 組紐構造を有する熱可塑性炭素繊維強化複合材料の力学特性に及ぼす中立系の影響
3. 学会等名 日本繊維機械学会 研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 喜成年泰
2. 発表標題 マルチブレイダを用いた組紐経路設計シミュレーションの開発
3. 学会等名 日本繊維機械学会第26回繊維機械研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 喜成年泰
2. 発表標題 生物構造に学び組紐構造を用いたFRPづくりの試み
3. 学会等名 日本繊維機械学会2020年度第1回コンポジット研究学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂西映輝，末廣沢瑠，喜成年泰
2. 発表標題 分岐・合流組紐作成時のマルチブレイダにおける設計因子
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 2019年

1. 発表者名 坂西映輝，末廣沢瑠，喜成年泰
2. 発表標題 組紐構造CFRPの隔壁による補強効果
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 2019年

1. 発表者名 Toshiyasu Kinari, Takuru Suehiro, Eiki Sakanishi, Lina Wakako
2. 発表標題 Bending Properties of Braided CFRP with Shell-Bulkhead Preform
3. 学会等名 the 47th Textile Research Symposium in Liberec (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 末廣 沢瑠, 坂西 映輝, 喜成 年泰
2. 発表標題 マルチブレイダによる外殻 - 隔壁構造作成のための糸経路の設計
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 2019年

1. 発表者名 喜成年泰, 北山哲士, 若子倫菜 坂本二郎
2. 発表標題 バイオインペーティブデザインのための組紐技術
3. 学会等名 繊維学会年次大会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 喜成年泰, 坂西映輝, 立野大地, 米山 猛
2. 発表標題 組紐技術を用いた熱可塑性樹脂炭素繊維含浸テープの立体成形
3. 学会等名 塑性加工連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米山猛, 喜成年泰, 立野大地, 谷一泰正
2. 発表標題 熱可塑性 CFRP の組紐プレス成形
3. 学会等名 塑性加工連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 喜成年泰、坂西映輝、石野晴紀、来丸秀俊、立野大地、米山 猛
2. 発表標題 炭素繊維含浸PA6スリット系の組紐編組・プレスによる立体成形
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 末廣沢瑠, 坂西映輝, 谷口道夫, 若子倫菜, 喜成年泰
2. 発表標題 マルチブレイダーによる分岐・合流構造組紐の試作
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 2018年

1. 発表者名 Toshiyasu Kinari, Nanang Endriatno, Takuru Suehiro
2. 発表標題 Bending properties of CFRP with braided structure
3. 学会等名 the 46th Textile Research Symposium at Mt. Fuji (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyasu Kinari, Jiro Sakamoto, Satoshi Kitayama, Yuka Maki, Kento Kawai, Takuru Suehiro, Mitsugu Kimizu, Daisuke Mori, Hiroyuki Hasebe
2. 発表標題 Bio-innovative design technology and manufacturing system for CFRP preform by braiding structure
3. 学会等名 International Symposium on Flexible Automation, Kanazawa (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 末廣沢瑠, 河合研人, 喜成年泰
2. 発表標題 炭素繊維強化複合材料における組紐構造と力学特性との関係
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 2018年

1. 発表者名 末廣沢瑠, 河合研人, 喜成年泰, 谷口道夫
2. 発表標題 マルチブレイダーによる分岐構造の試作
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 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 複合成形体の成形システム及び製造方法	発明者 米山猛, 喜成年泰, 立野大地	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT-JP2020-018301	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 複合成形体の成形システム及び製造方法	発明者 米山猛, 喜成年泰, 立野大地	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-087775	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>金沢大学 研究紹介動画「ココカラ」&gt; Research22「より強く！より軽く！！組紐技術でつくるCFRP」  <a href="https://www.kanazawa-u.ac.jp/research/kokokara/research22">https://www.kanazawa-u.ac.jp/research/kokokara/research22</a>          金沢大学 理工学域 機械工学類 機械システムコース/知能機械コース 機構設計研究室（繊維機械グループ）  <a href="http://mechs.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/~textile/study.html">http://mechs.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/~textile/study.html</a>          金沢大学 設計製造技術研究所 研究紹介「CFRP成形法と応用」  <a href="http://amti.w3.kanazawa-u.ac.jp/research/cfinfo/">http://amti.w3.kanazawa-u.ac.jp/research/cfinfo/</a>          みんなの試作広場, 用途が広がるCFRP、組紐技術を応用した熱可塑性素材の開発  <a href="https://minsaku.com/articles/post634/">https://minsaku.com/articles/post634/</a>          みんなの試作広場, 組紐技術を応用した熱可塑性CFRPのバイオミメティクス応用  <a href="https://minsaku.com/articles/post635">https://minsaku.com/articles/post635</a></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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------