



プリント技術を用いて ゴム材料をパターン配置したCFRPの開発

東京都立産業技術研究センター
事業化支援本部多摩テクノプラザ
複合素材開発セクター副主任研究員
武田浩司

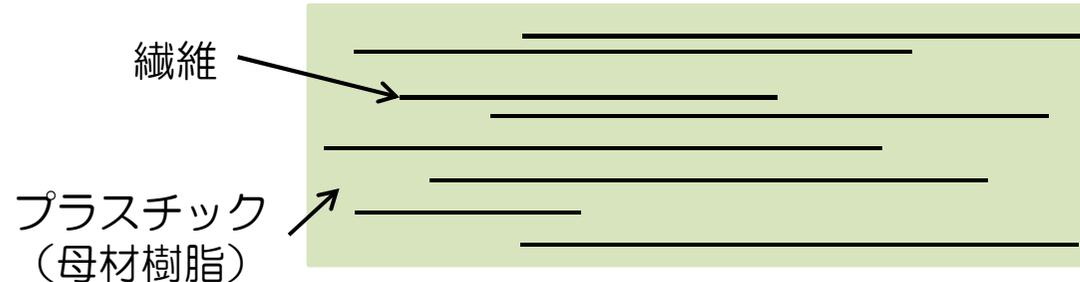
2019年5月23日

FRPとは

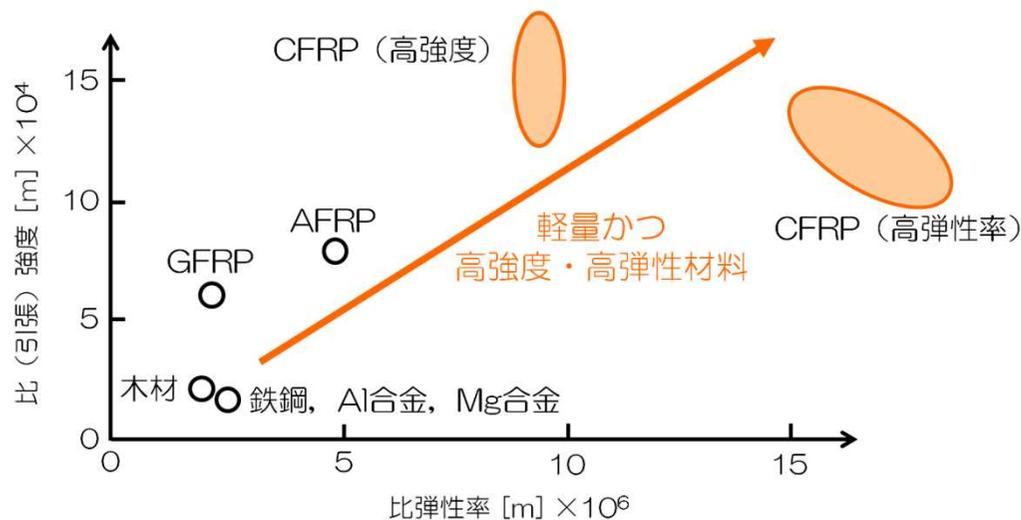


繊維強化プラスチック

F : fiber (繊維)
R : reinforced (強化)
P : plastics (プラスチック)



FRPの比強度・比剛性



(語句) 比強度：材料の機械的強さをその密度で除した値、比剛性：材料の弾性率をその密度で除した値

ガラス繊維強化プラスチック

GFRP：一般・汎用FRP

使用例) 生活用品 (浴槽など)、移動体内装

アラミド繊維強化プラスチック

AFRP：高耐衝撃・高じん性FRP

使用例) 屋根補強、自動車

炭素繊維強化プラスチック

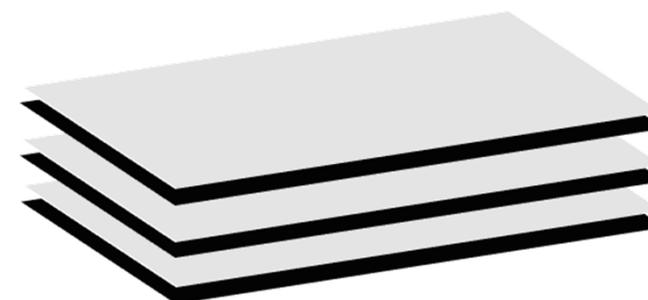
CFRP：軽量・高強度FRP

使用例) 航空機、自動車、スポーツ分野

課題：コスト、生産性、脆性破壊、物性制御



緩衝材などを配置



- 炭素繊維
- 緩衝材（耐衝撃性の優れる樹脂
アラミド繊維など）

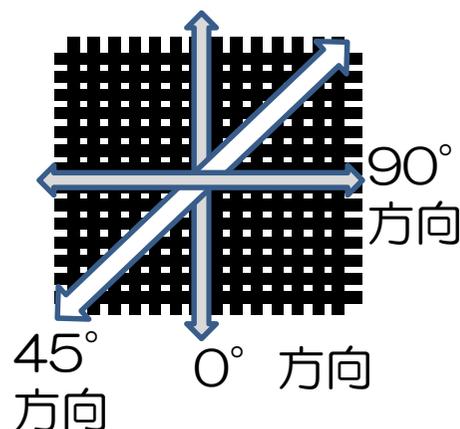
例) バードストライクなど

弾性率、強度が大きく低下



繊維配向によるしなり具合調整

蓄積したデータ・ノウハウが必要
容易に調整できない現状



	引張強度 (MPa)	引張弾性率 (GPa)
0° 方向	591	58
45° 方向	222	14
90° 方向	632	60

CFRP製スポーツ用品

しなり具合調整が重要な要素

例) オーダーメイド品が高価格で販売

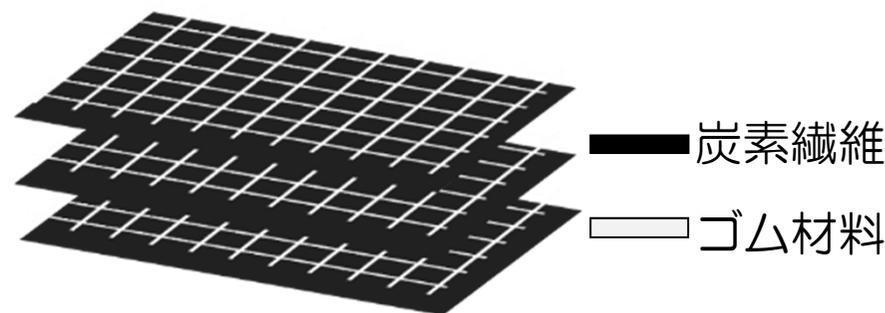


- 情報公開されていない
- 実現が難しい配向
- 形状ごとに設計

多摩テクノプラザの繊維製品製造技術 (スクリーンプリント)



ゴム材料をパターン配置



パターン配置により期待できる効果

- 高い弾性率、強度を維持しながら耐衝撃性が向上
- 配置面積を変化させ弾性率、強度を操作

複合物の体積含有率により影響の程度は変化

複合則

$$E_1 = E_f V_f + E_m V_m$$

E_1 : 複合材料の弾性率

V_f : 繊維体積含有率

E_f : 繊維の弾性率

V_m : 樹脂の体積含有率

E_m : 樹脂の弾性率

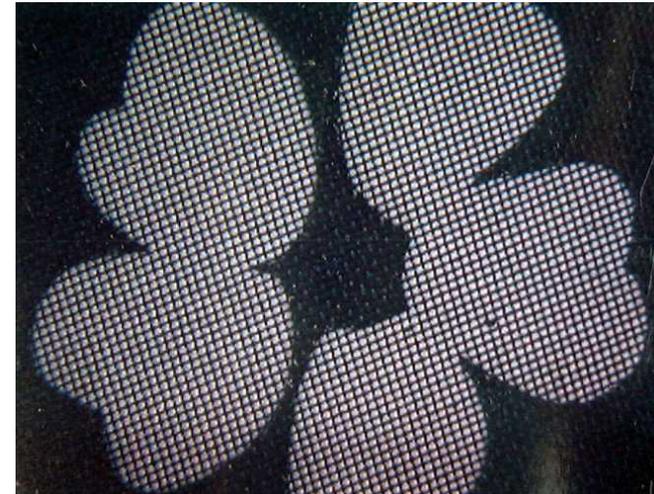
スクリーンプリントとは



新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!



①スクリーン版



②スクリーン版拡大 メッシュ状の穴



③糊状の色材をスキージでかく
(インク)



④部分的に色材が付着し、柄を表現

⑤熱処理により
固着
(乾熱や湿熱)

① プリント工程の検討

プリプレグへプリント

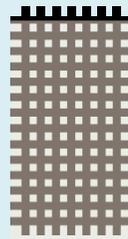


プリプレグに加熱
されないプリント工程
を検討

プリプレグ

- CFRPの材料のひとつ
- 炭素繊維に半硬化状態のエポキシ樹脂が含浸してある
- 樹脂が硬化しないよう冷凍保存

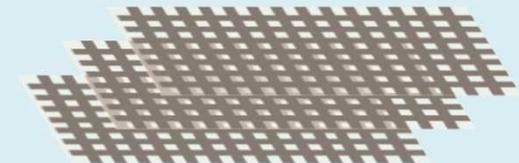
成形時に積層し加圧・加熱
樹脂が硬化しCFRP化



織物



一方向



② 格子パターン配置による衝撃性および弾性率・強度への影響

高い弾性率、強度を維持可能かどうか

③ プリント配置面積による弾性率・強度への影響

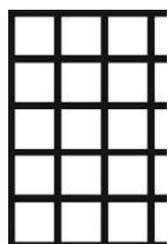
どの程度の範囲を制御可能か

- **インクの種類** 水系アクリル樹脂（熱硬化タイプ）
New Lacqutimine Color Seikaprene LX-20
（大日精化工業株式会社）

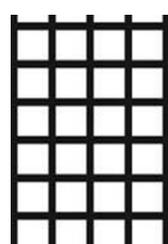
- **プリントパターン**

格子 線幅1mm

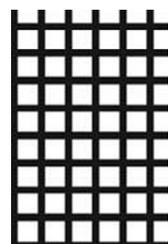
間隔を変化させ配置面積（30～70%）を操作



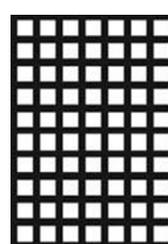
30%



40%



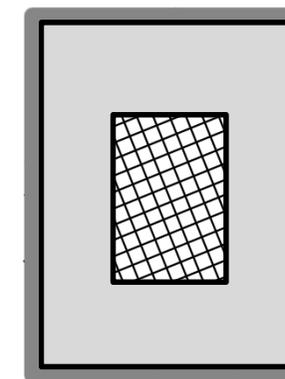
50%



60%



70%



- **スクリーン版**

スクリーン紗…ポリエステル織物 50メッシュ

感光剤 …SP7000（株式会社ムラカミ）

版厚 …約140 μ m

プリント工程の検討 -直接プリント-



新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!



①スクリーンとプリプレグ



②プリント



②プリント



③完成
インクに熱処理せずに終了

プリント工程の検討 -転写プリント-



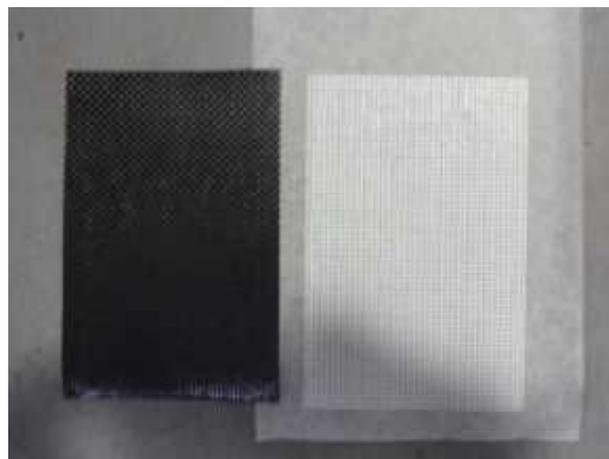
新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!



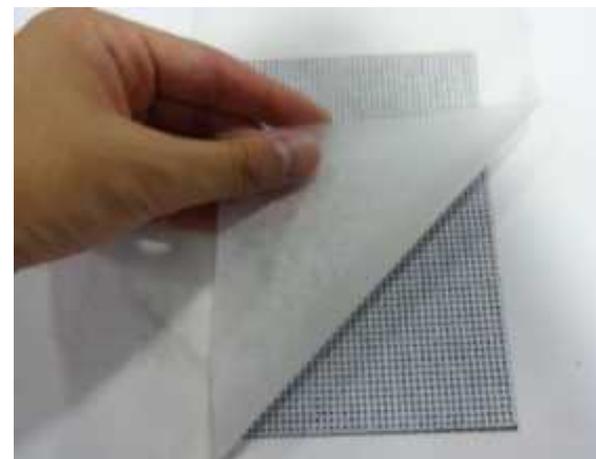
①シリコンペーパーへ
ゴムインクをプリント



②130℃×3分で熱処理
ゴムインクを固化



③プリプレグとゴム材料を合わせ、
100℃×10秒 熱処理



④ゴム材料をプリプレグへ転写

成形条件



①フィルム上に
プリプレグを8枚積層



②シーラントテープ（黄色）で
囲い、フィルム貼り付け



③金属板で挟み込む



④不織布で覆い、フィルムと
シーラントテープで密封



⑤ホースにつなぎ真空引き
オートクレーブ内で
加圧・加熱成形



圧力：0.6MPa
温度：80℃ × 30分
135℃ × 90分

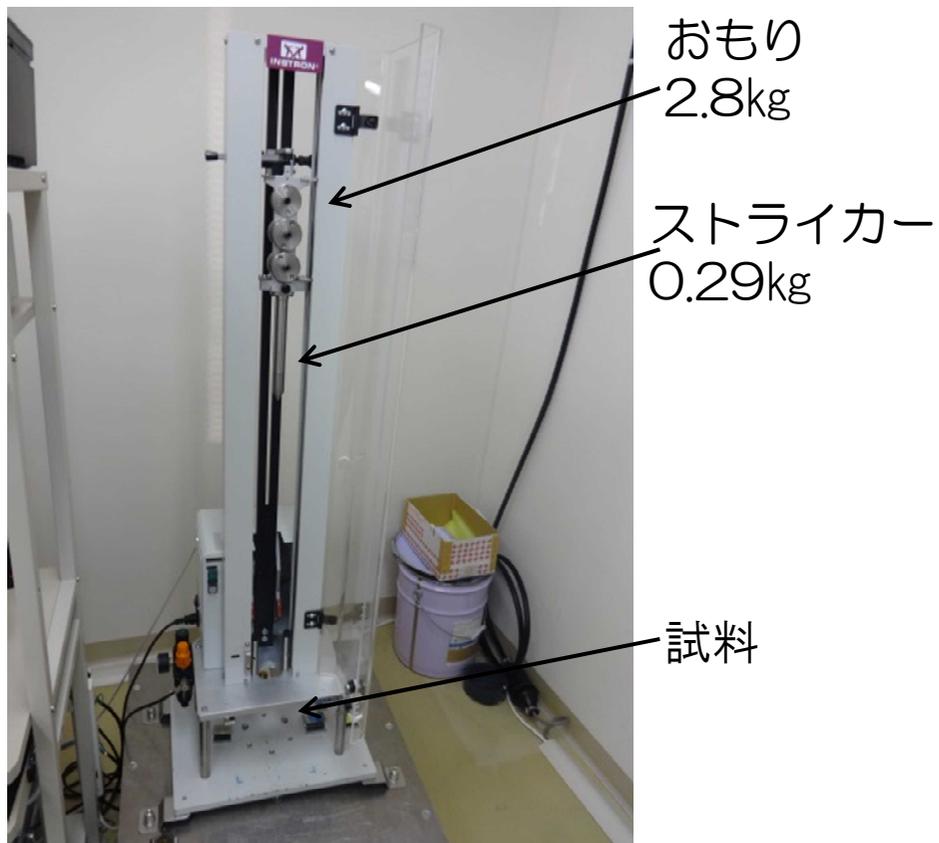
プリント工程による成形品の比較



新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

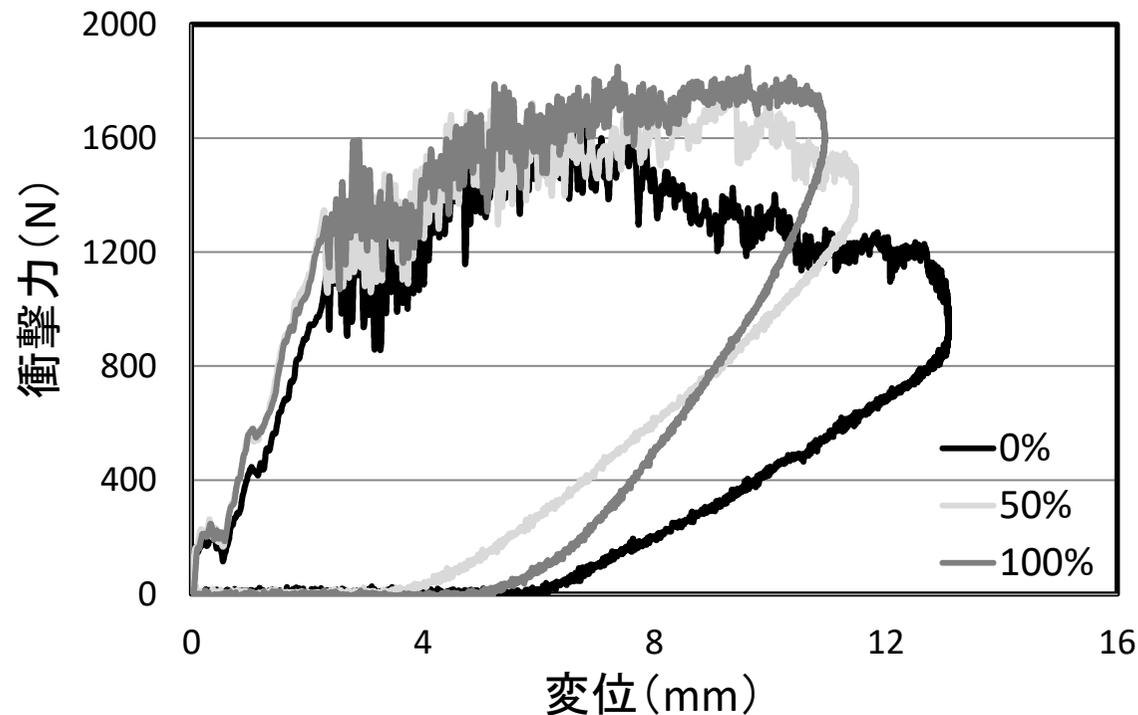
	外観	断面	弾性率・強度
直接プリント			弾性率：38.6GPa 強度：463MPa
転写プリント			弾性率：38.6GPa 強度：464MPa

- 弾性率、強度に大きな違いはなし
- 転写プリントの工程のほうが、ゴムインクが固化しているため成形作業性良
※配置面積70%の格子パターンで比較



落下高さ：500mm





	比エネルギー吸収量 (KJ/Kg)
プリントなし	1.10
50%	0.80
全面配置	0.85

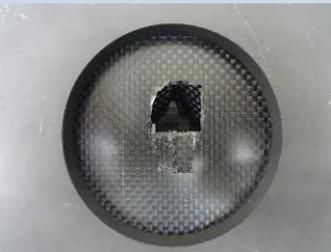
比エネルギー吸収量...

衝撃力-変位線図の面積を質量で除したものの

ゴム材料がプリントされたCFRPは...

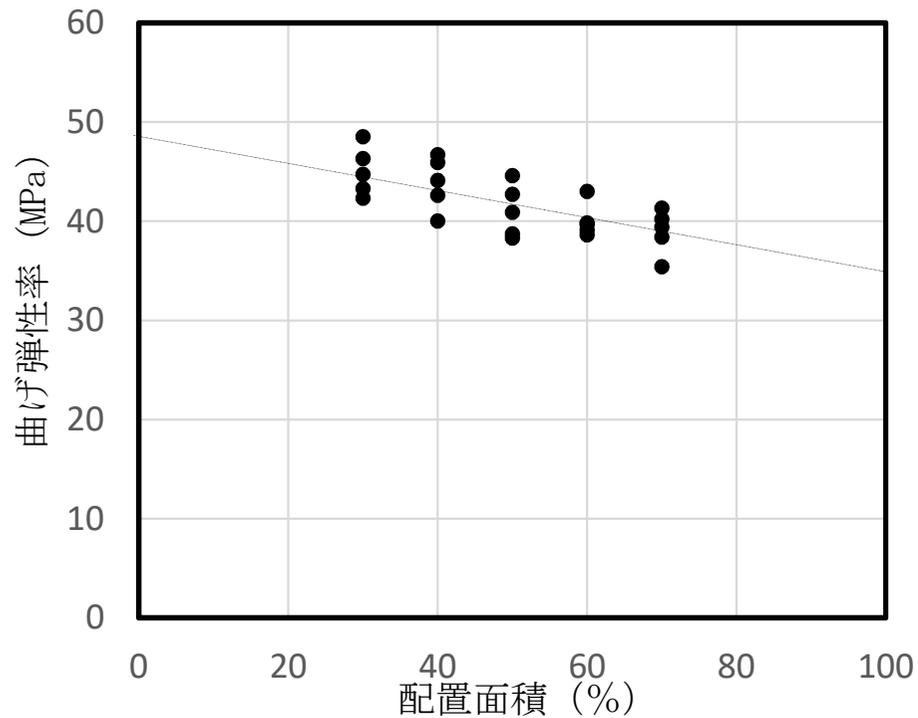
- 少ない変位でストライカーを跳ね返した
- 十分に破壊する前にストライカーを跳ね返したため、比エネルギー吸収量が小さくなった

※貫通していないデータで比較

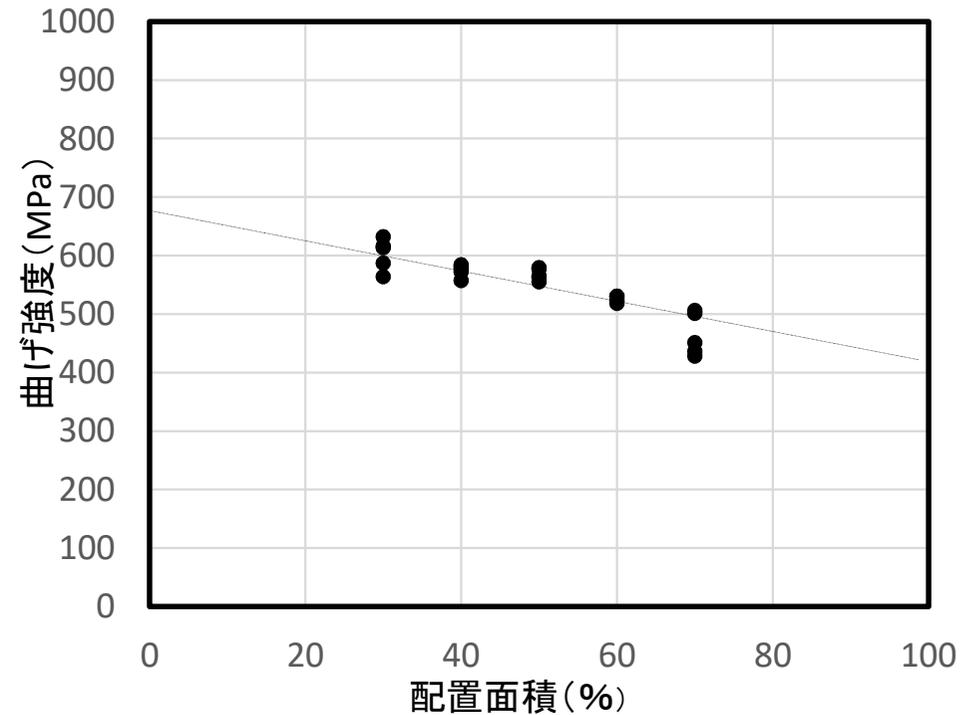
	CFRP (未加工)	全面配置	パターン配置 (格子50%)
曲げ弾性率 (GPa)	52.3	18.9 未加工比 36%	41.0 未加工比 78%
曲げ強度 (MPa)	912.2	366.2 未加工比 40%	567.6 未加工比 62%
落錘衝撃試験後			

- 格子パターンで配置することで
弾性率、強度の低下の程度を抑制

配置面積による曲げ特性への影響



配置面積と曲げ弾性率の関係



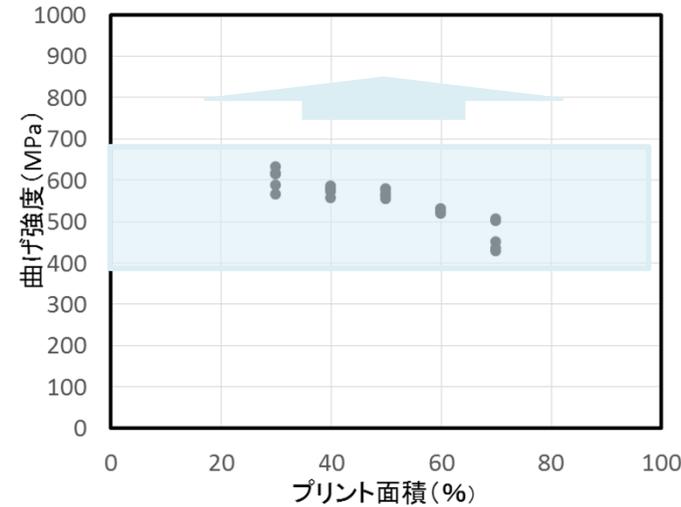
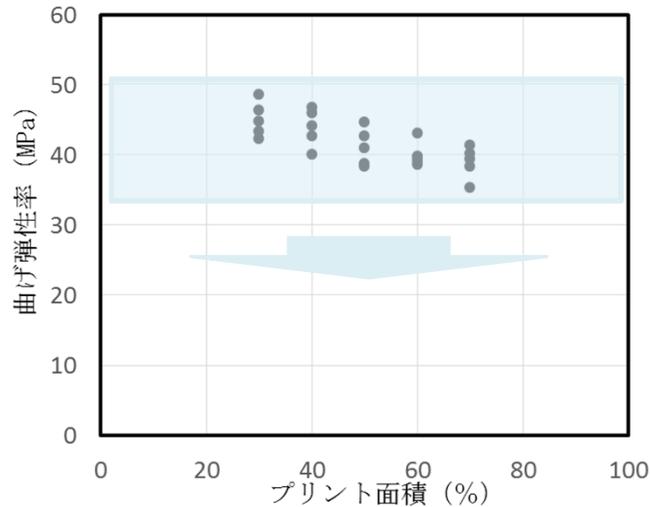
配置面積と曲げ強度の関係

- 配置面積の変化に伴い、弾性率、強度が変化

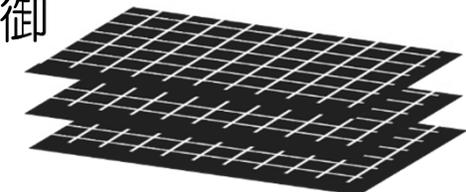
ゴム材料を格子パターン配置することの有効性を確認

- 高い弾性率・強度を維持して脆性破壊抑制効果
- 配置面積により曲げ特性を操作できることが示唆
- 従来技術（スクリーンプリント、オートクレーブ成形）で作製可能

曲げ特性操作範囲の拡大

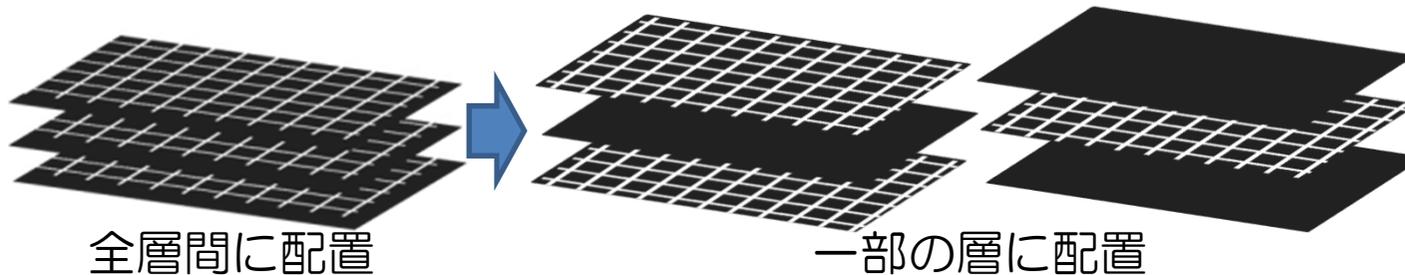


①スポーツ分野：弾性率を任意に低下させしなり性制御



ゴム材料の厚さを変化

②移動体分野：より高い強度で脆性破壊抑制



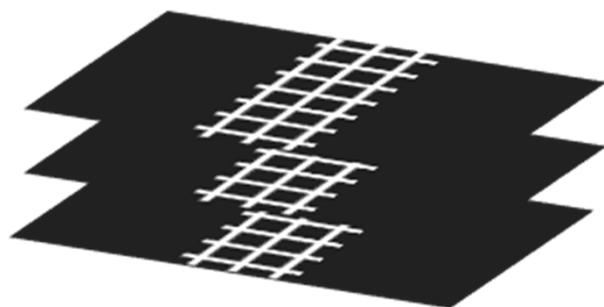
全層間に配置

一部の層に配置

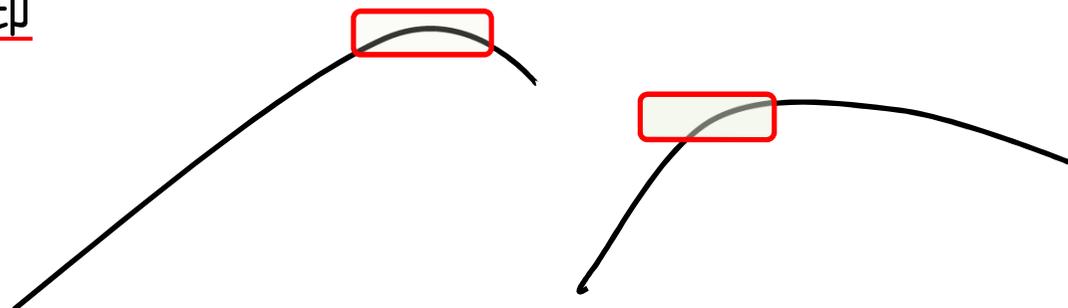
想定用途 -スポーツ用品-



部分的なしなり性制御



部分的な加工が可能



例) 釣竿で曲がるポイントを変化

オーダーメイド品 (ゴルフシャフト、釣竿、自転車など) の低価格化

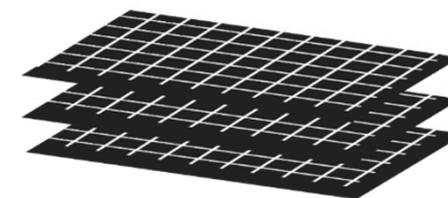


オーダーメイド品

データの蓄積
独自のノウハウ
高度な技術



高価格



低価格化

想定用途 -スポーツ用品-



新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!



ヘルメット、プロテクター

	比重
プリントなし	1.49
配置面積30%	1.47
50%	1.44
70%	1.43
全面配置	1.41

- 軽量
- 高弾性率
- 高強度
- 耐衝撃性

想定用途 -移動体-



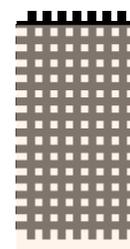
- 軽量
- 高弾性率
- 高強度
- 耐衝撃性

部分的な
(バンパーの角部分など)
脆性破壊抑制加工



CFRPの耐雷性向上

従来法の例

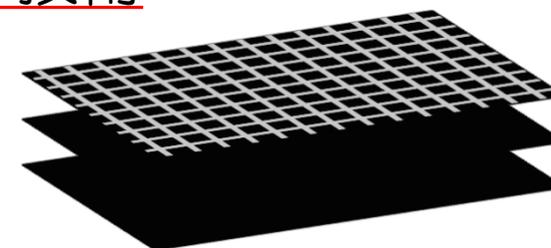


エポキシ樹脂



導電性樹脂
弾性率・強度低下

本技術



導電性インクをプリント配置
耐雷性を向上
弾性率、強度の低下の程度を抑制

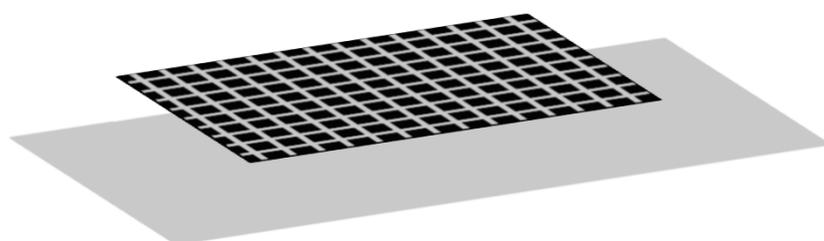


インフラ（トンネル、橋など）の補強

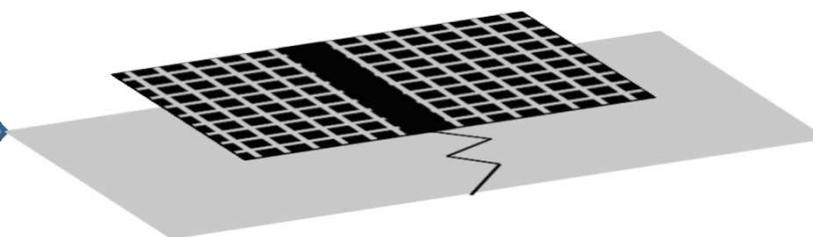
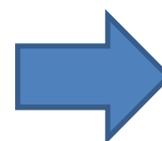
補強

+

亀裂、損傷の検知



破断しやすいように炭素繊維や
アラミド繊維に薄く導電性インク
を配置



亀裂、損傷発生
導電性インクが破断することで
電気信号を受け取り、検知



発明の名称：FRP成形品及びその製造方法

出願番号：特開2019-44093

出願人：地方独立行政法人

東京都立産業技術研究センター

発明者：武田浩司、西川康博

お問い合わせ先



新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

– 連携・ライセンスについて –

東京都立産業技術研究センター

開発本部 開発企画室

TEL 03-5530-2528

FAX 03-5530-2458

E-mail kaihatsu@iri-tokyo.jp

– 技術について –

東京都立産業技術研究センター

事業化支援本部 多摩テクノプラザ

複合素材開発セクター

武田 浩司

TEL 042-500-1246

FAX 042-500-1248

E-mail takeda.koji@iri-tokyo.jp

下記メニューにより
新製品開発を支援

- 共同研究
- 受託研究
- OM開発支援
(試作、サンプル作製)
- 技術相談