

スマートテキスタイル開発の現状

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
人間拡張研究センター

牛島 洋史
(b-usbijima@aist.go.jp)

未来ビジョン実現のための技術課題

繊維技術が創る未来像

革新的な繊維技術、用途拡大に向けた技術 ～情報技術と連携した利便性、生活の質の向上～

Society 5.0 の実現に向けた動きが進み、AI・ロボット・IoT・ビッグデータ等の活用により、高付加価値なサービスが提供され、利便性や生活の質が向上する。

- ・スマートテキスタイルをはじめとした繊維の知能化、情報化
- ・電気自動車等の軽量化や居住性等に配慮した高性能・高機能繊維の開発
- ・快適性、フィット感、防護性など多機能・高性能な繊維の提供

サステナビリティに対応する繊維技術 ～人や環境へ配慮した製品・生活スタイルの提供～

温室効果ガスの排出削減や世界的な人口増、経済成長による資源・エネルギーの逼迫リスクが見込まれ、よりサステナブルな製品が求められる。

- ・バイオ繊維の普及、バイオプロセスによる化学繊維の製造
- ・易リサイクル製品、繊維to繊維リサイクルの構築
- ・環境負荷を大幅削減する染色加工技術の実用化

ウェルビーイングのための繊維技術 ～豊かな生活、健康・医療への支援～

人生100年時代に向け、生涯現役で多様な労働参加・社会参加が進み、ウェルビーイングへの関心が高まる。特に、健康・医療分野において、予防・健康づくりの取組や介護支援が求められる。

- ・ヒューマンインターフェースとして活用を目指すシステムの構築
- ・運動効果促進ウェア、力を出す繊維、アンチエイジング、ファブリックケア、スキンケア、抗アレルギーの効果を持つ繊維、繊維製品の提供
- ・再生医療、ナノファイバー、中空糸膜等の高機能繊維の提供

スマートテキスタイル技術の課題

1. 導電性繊維の開発
(高洗濯耐性、高屈曲耐性、紡織・編成・縫製適性の向上、低価格化、製造時の低環境負荷化等)
2. 導電糸の電氣的接続・実装技術
(導電糸と配線・コネクタとの接続、回路・電源との接続、キャパシタンス・インダクタンスの安定性と制御、布地への回路・電源等の実装方法等)
3. 安全性・信頼性の向上技術
(アレルギー対策、漏電対策、摩耗対策、絶縁技術、劣化や変形による性能低下抑制等)
4. 標準化技術
(導電糸の電気特性評価法、導電布の耐久性評価法、データやサービスのプラットフォーム構築等)
5. 製品化技術
(圧電・熱電・光電変換機能を有する製品開発、バイタルシグナルや運動などの人間センシングと介入・環境センシングなどの機能を有する製品開発、意匠性や着心地等とデバイス性能の両立、多様な消費者ニーズにもとづいたインクルーシブな製品企画等)
6. サービスおよびエコシステムのデザイン技術
(マーケティングリサーチ、サプライチェーンマネジメント、プラットフォームサービスなどにもとづく商品・サービス企画、繊維技術の蓄積を活用するプラットフォームデザイン等)

デバイスとしてのスマートテキスタイルの開発課題

		現状技術の課題			未適用新技術
材料	導電糸	①めっき糸 ・洗濯耐性 ・屈曲耐性 ・伸縮性 ・プロセス適合性 ・ 風合い ・製造時の環境負荷 ・価格	②導電性ポリマー ・低導電率 ・洗濯耐性 ・製造時の環境負荷 ・価格	③金属細線 ・伸縮性 ・屈曲耐性 ・プロセス適合性 ・ 風合い ・坑アレルギー性 ・重量 ・価格	・ 有機導電体による染色 ・ ナノカーボンなど炭素材料の繊維化 ・ エレクトロスプレー法による繊維コーティング ・合繊と導電材の複合紡糸
	導電性ペースト	・伸縮性 ・密着性 ・洗濯耐性 ・ 風合い			・エレクトロスプレー法による金属ナノ粒子分散ペースト
プロセス	紡織・編成・縫製	パッカリングによる抵抗変化や導通不良以外、現状の技術が適用可能			
	捺染・プリント	・浸潤による絶縁不良・変形や剥離による断線・膜厚や線幅の均一性			
実装	コネクタ	①ソルダー・ACF ・プロセス温度が高い ・硬くて脆い ・着心地を損なう	②スナップボタン ・硬い ・伸縮性に乏しい	③面ファスナー ・洗濯耐性 ・繰り返し耐性	・ 導電性接着剤 ・ 超音波接合（縫製）
	電源	①電池 ・洗濯できない ・硬くて重い ・液漏れの危険性	②圧電・熱電・光電変換素子 ・低出力 ・出力が安定しない		・ 全固体電池 ・無線給電

※導電糸や導電性ペーストによる回路内配線は考慮せず、配線や電極の形成を行うとした

スマートテキスタイルの事業化の問題

BIOSERENITY



フランスを中心に欧州で75以上の病院で導入

- ・開発者はベンチャー企業
- ・開発当初からユーザ(病院)と連携

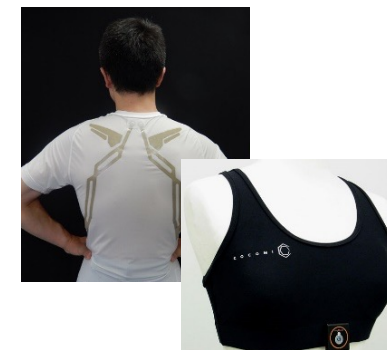
{ デザインはイマイチだが用途に
合わせた形状と性能 }

Service Dominantで、
ユーザ属性が絞り込まれている

hitoe@東レ



COCOMI@東洋紡



上市はしているが大きな需要を生むに至っていない

- ・開発者は大企業
- ・ユーザは開発者が想定

{ デザインも性能も作り込ま
れている }

Goods Dominantで、
ユーザ属性が具体性に乏しい



類似の既存製品はなく、性能や価格の優位性で既存製品を
置き換えるスキームによる商品開発では市場を形成できない

**サービサーと連携をしてサービスと一体化した
製品を開発することがアドバンテージとなる**

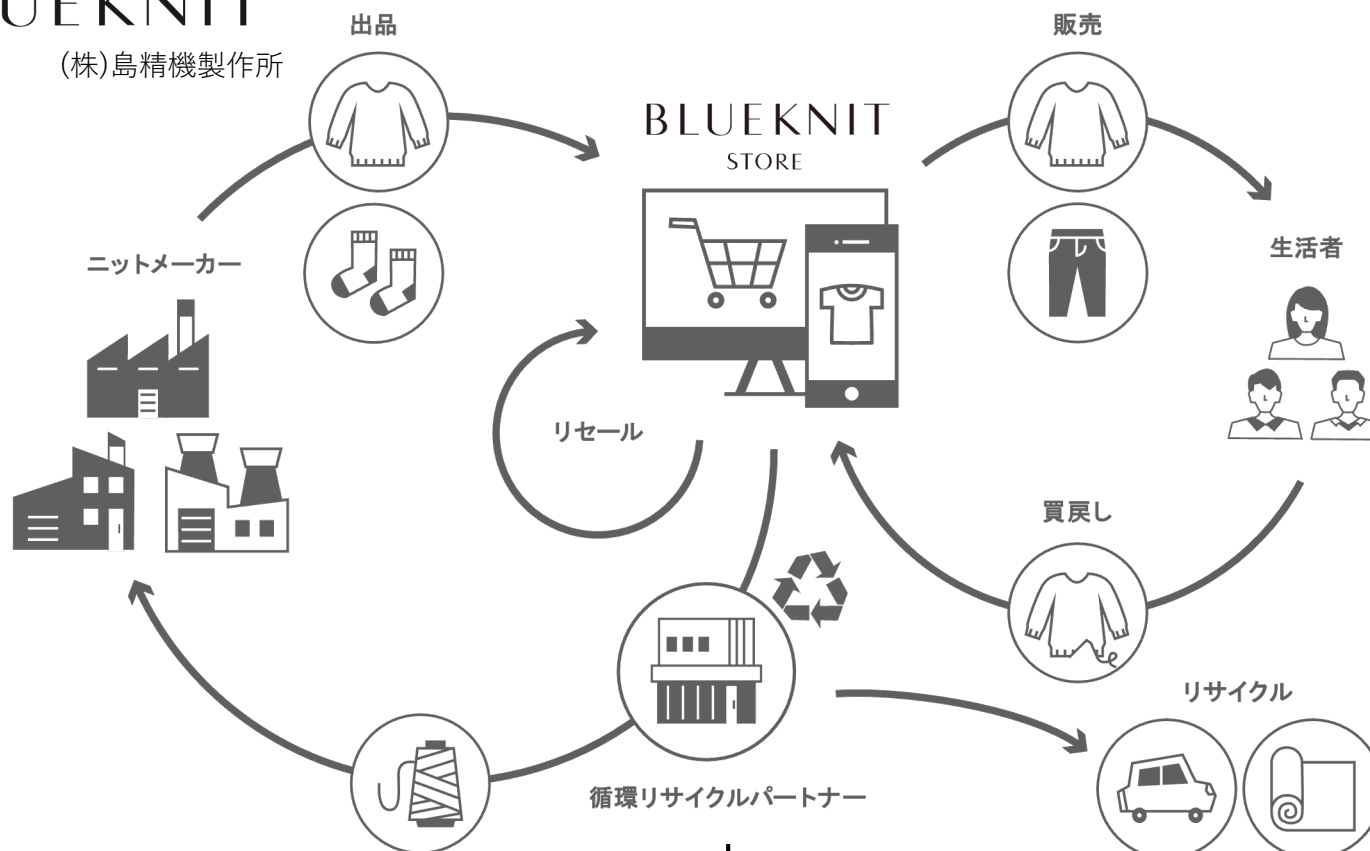
価値共創

繊維製品の循環型生産システムは「温故知新」



BLUEKNIT

(株)島精機製作所



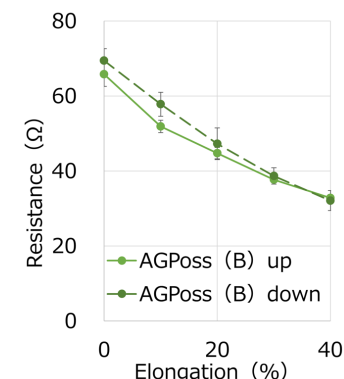
天然繊維の他、生分解性繊維を用いた製品づくり以外にも、
繊維製品のリユース、リサイクル、リファーマビリティなど歴史的に行われていた
循環型システムを効率性と利便性から現代風に再構成する

ニットによる周囲長センサの作製とその特性

(1) 抵抗値の伸長率依存性

ニットセンサは、10%の伸長により抵抗が10～15%ずつ低下、伸長率50%程度まではほぼ線形に減少

伸張率と抵抗変化の線形領域が広い
ことがこのデバイスの特徴



(2) 抵抗値の形状依存性

センサ部は、縦方向の目数が大きくなるほど、抵抗値が大きくなる
横方向の目数が大きくなるほど抵抗値が小さくなる

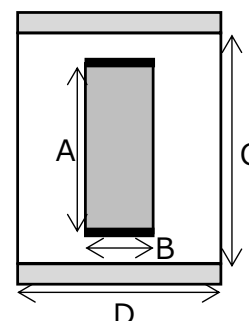
サンプル全体の縦、および横方向の目数が大きくなると抵抗値が大きくなる

センサ部の抵抗値の考え方

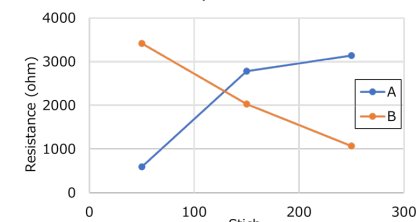
(編成方向に電流が流れると仮定した場合)

$$R_{course}(x, y) = \left(\frac{R_p L}{2} + R_i \right) \frac{y}{2x}$$

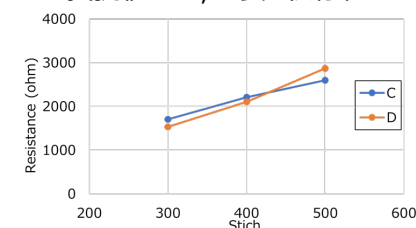
R_p : 導電糸の単位長さ当たりの抵抗値
 L : ループ長
 R_i : 隣接コースの導電糸の接触抵抗



抵抗値の A, B 長さ依存性



抵抗値の C, D 長さ依存性



抵抗値は、x方向の目数に反比例して小さくなり、y方向の目数に比例して大きくなる
⇒ x、yの目数は、一般的な抵抗素子のパラメータの「幅」と「長さ」に対応する

スマートテキスタイルの回路実装技術

固い電池や回路と柔らかくて熱に弱いテキスタイルとの
電氣的接続にはハンダなどが使えない！



刺繍接点とセンサ引出線の
接続は接触

電源・回路と導電糸で刺繍した
接点との接続はスナップボタン



ニットによるセンシングウェアの社会実装に向けた構想

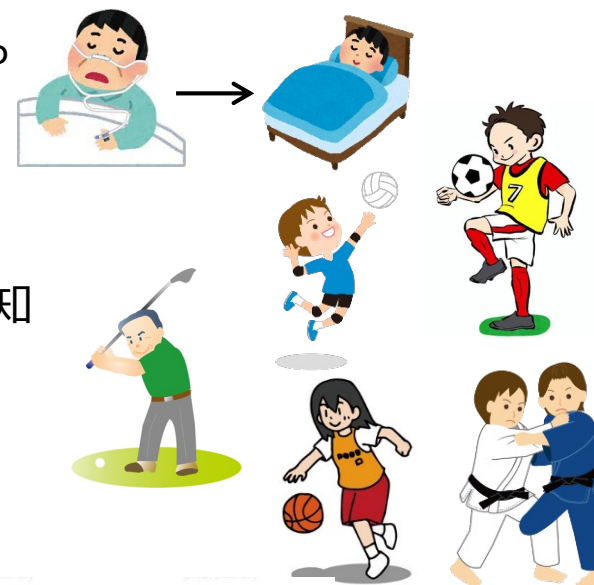
(1) 周囲長センシングにもとづく呼吸センシングウェア

- ① ベスト型センシングウェアによる睡眠時無呼吸症候群の簡易検査や乳幼児突然死症候群の予知・予防

- ・鼻腔カニューレを使わずに呼吸をセンシングできるので、被験者の負担を軽減できる

- ② ベスト型とスパッツ型センシングウェアの併用による運動時の呼吸検知

- ・運動時の熱中症やスポーツ障害の予防に応用できる
- ・胸式呼吸と腹式呼吸の解析からパフォーマンス向上を図る



(2) 伸縮センシングにもとづく運動センシングウェア

- ① 膝・肘の屈伸や腰の振りをセンシングし人の運動をデータ化

- ・モーションキャプチャのスタジオが不要で、どこでも運動のデータ取得が可能なので、種目に依らず運動計測が可
- ・日常動作のセンシングで、事故防止や機能低下の予防を行う
- ・介護・看護作業時の動作センシングで、熟練者の暗黙知を可視化しスキルの伝承や効率化を図る



北陸センターにおけるスマートテキスタイルの取り組み

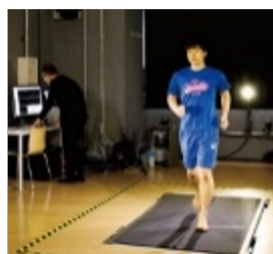
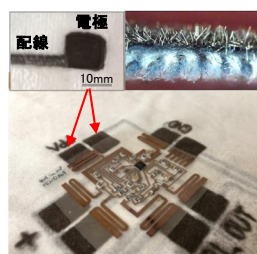
- 北陸地域の地場産業である繊維産業の競争力向上を目指し、生体情報や運動センシングと行動への介入の機能を有する高付加価値な繊維製品とそれによるサービスの実現を可能にするスマートテキスタイル製造技術の研究開発を行う。
- 具体的には、産総研の持つ導電性素材の編成技術や印刷成形技術を活用し、様々な機能(姿勢や呼吸・心拍数等バイタルシグナルを計測する機能)を有する繊維製品の研究開発を行う。開発した衣類を用いた運動計測や生理計測などを実施し、その妥当性・有用性を検証することで、**つくり手とユーザーが体験価値を共創するスマートテキスタイル**の社会実装につなげる。

様々な機能を備えた繊維製品・高機能衣類の実現を可能にする 繊維技術の研究開発

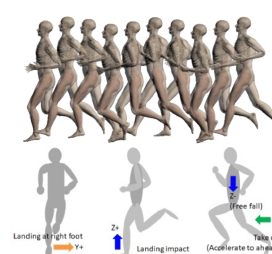
- 導電糸の編み込みによる生地伸縮などの計測による身体動作のデータ化
- 印刷成形した歪みセンサおよび着衣を想定した配線や電極形成技術の開発
- 全身姿勢、発熱、発汗、生理指標、筋活動量などの計測・推定



スマートテキスタイル作製技術



運動・生理計測・評価技術



繊維技術



呼吸・心拍数などバイタルシグナルの他、姿勢や運動の計測機能を有する繊維・衣類の開発

スマートテキスタイルによるサービスのイメージ

研究施設・ジム

- ①運動計測・解析による
トレーニング支援用データ蓄積
トレッドミルや床反力計、モーション
キャプチャシステムなどの活用



システム構成の最適化やウェア、
シューズなどの効果を評価

運動場・路上・家庭

- ②運動やバイタルを生活の場で
センシングするデバイスの開発
導電糸によるニットや布、フィルムに
印刷形成したセンサを着衣化



センシングの実証とデータ取得、
ウェアデザインなどの検討

センシングウェアに
よって個人の特性に
合わせたトレーニング
法やウェア・靴な
どの選択をアドバイ
スするデータを蓄積

スマートテキスタイルによる
運動計測プラットフォーム

スポーツ科学にもとづく競技の特性評価



競技の特性に合わせた
トレーニング法のコー
チングや競技力向上の
評価

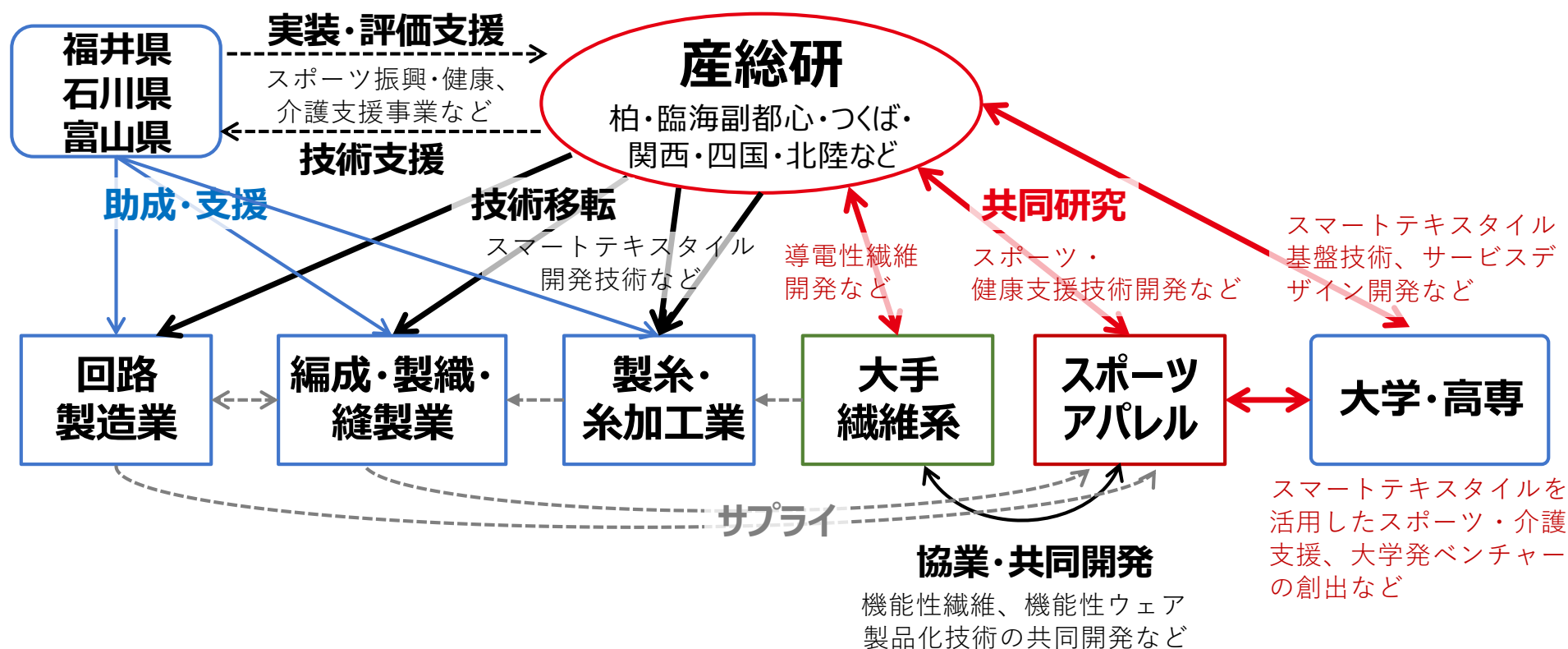
- ・リハビリや高齢者
の自立支援介護
- ・Femtechへ応用



**センシングウェアで収集する運動データにもとづく競技力向上や
スポーツ障害防止のコーチングサービスを提供するビジネス提案**

スマートテキスタイルによるサービスのイメージ

- 様々な機能を有する繊維・衣服（スマートテキスタイル）の開発については、北陸地域の製糸・糸加工関連企業や編成・製織・縫製関連企業などに加えて、大手繊維企業とも連携して取り組む
- その他大学やスポーツアパレル企業などとも共同研究、共同開発を実施する
- 繊維、エレクトロニクス、サービサーなど異業種の連携を強化し競争力のある新産業の創成を図る



データ駆動型デジタル「コトづくり」によるニューノーマル時代の産業創成