

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「微小領域表面加工技術を利用した
フレキシブルアンテナ内蔵RFIDファイバーの開発」

研究開発成果等報告書

平成25年 5月

委託者 近畿経済産業局
委託先 公益財団法人ふくい産業支援センター

目 次

第 1 章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の目的および概要	1
(1) 研究背景、目的	
(2) 研究の概要	
(3) 実施内容	
1-2 研究体制	6
(1) 研究組織及び管理体制	
1) 研究組織（全体）	
2) 管理体制	
(2) 研究者指名	
1) 業務管理者及び研究員	
2) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名	
3) 管理体制	
1-3 成果概要	11
1-4 当該研究開発の連絡窓口	11
第 2 章 微少領域表面加工技術の研究開発	12
2-1 微少領域表面加工技術の研究開発	12
2-2 特定金属のみ析出させる表面処理した加工材料の研究開発	13
2-3 耐久性の付与技術の研究開発	15
2-4 安定連続加工技術の研究開発	16
第 3 章 IC チップ実装による RFID ファイバーの開発	18
3-1 IC チップ実装技術の研究開発	18
3-2 IC チップ実装後の防護加工技術の研究開発	19
第 4 章 RFID ファイバーによる ID 機能付テキスタイル製造技術の研究開発	21
第 5 章 ID 機能付テキスタイル製品の認識システム開発と評価の研究開発	24
5-1 一般産業資材用途での管理システムの開発及び e-サーキット 繊維の研究開発	24
5-2 医療現場での管理システムの開発	27
第 6 章 全体総括	35

第 1 章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目的

(1) 研究背景、目的

超微少繊維表面加工技術を用いて繊維状に導電性パターンを構築する。その上に RFID 用の世界最小の小型 IC チップを実装することで、柔軟で細くかつ強度がある RFID ファイバーを開発し、この RFID ファイバーを織り込んだ ID 機能付きテキスタイルを開発する。

そして、このフレキシブルアンテナ内蔵 RFID ファイバーを用いて、従来、適正管理が不可能であったプラントケーブル、自動車用ハーネスのような細線形状工業用部品の検査を含む適正管理、手術用ガーゼ、手術衣などの医療用テキスタイルの廃棄管理を行うことができるシステムを開発する。

(2) 研究の概要

繊維表面加工技術で、細くて柔軟性が高い繊維の特質を失うことなく繊維上に導電性アンテナパターンを構築、その上に超小型 ID チップを実装した極細 RFID ファイバーを開発する。そして、RFID ファイバーを織り込んだ ID 機能付きテキスタイルを実現することによって安全・安心社会の実現に寄与するとともに、汎用性のある高トレーサビリティを持つフレキシブル RFID ファイバー技術を確立し、新市場を創出する。

本研究のポイントは「繊維表面の構造を微細化することにより発現する比表面積増大効果および分子配列効果をねらった繊維の微細加工技術開発」として、常圧プラズマ処理技術と無電解メッキ加工技術をベースに、フレキシブルな繊維表面の微少領域に耐久性に優れた導電性を付与する世界初の加工技術を開発することであり、研究目標を達成するために、具体的には下記 a)～g) で記述した研究開発内容を実施する。

- a) 細い繊維（幅約 0.5 mm）には、原糸油剤などが付着している。この油剤除去と無電解メッキ用触媒や導電性インクの繊維表面への密着性向上を同時に行う目的で、常圧プラズマを活用した技術を開発する。繊維の用途としては産業資材分野と幅広いため、高強力、耐熱性、経済性などの視点から複数の繊維に常圧プラズマと無電解メッキ処理し、目標性能を得られる最適な繊維材料を選定し、かつ糸形状と糸構成も併せて検討する。無電解メッキ用触媒はナノサイズ化し、均一塗工できる技術を開発する。
- b) 金属を繊維表面に形成させるための前処理として無電解メッキ用触媒や導電性インクを、幅約 0.5 mm の繊維に正確にパターン印刷する技術を開発する。
- c) 1 本の糸表面にパターン印刷された部分に限定的に、金属を析出させることでアンテナの性能を有する無電解メッキ技術を開発する。
- d) 導電パターン部に IC チップを実装する技術を開発する。
- e) IC チップが組み込まれた繊維（RFID ファイバー）の保護膜を付与する技術を開発する。

- f) RFID ファイバーを織り込み ID 機能付きテキスタイル製造技術を開発する。併せて織ネーム、医療用および特殊衣料、ケーブル等の工業部品用のテキスタイルも開発する。
- g) ID 機能付きテキスタイルの一般工業用途での認識システム開発と評価を行う。織ネームやユニフォームでは複雑形状での認識性能評価、自動車部品などの工業部品においては耐腐食認識システムの評価を行う。ID 機能付きテキスタイル医療用ガーゼ、シーツ、白衣などにて、個体管理が出来るシステムを開発する。

(3) 実施内容

① 微少領域表面加工技術の研究開発

①-1 微少領域表面加工技術の研究開発

(ウラセ株式会社、国立大学法人福井大学、株式会社ウエアビジョン)

平成 22 年度は、前処理した繊維に、無電解メッキ技術を基に幅約 0.5mm×25mm (±2mm) の高精度微少領域のメッキ加工として、接触型インク塗工ヘッドから高精度でパターンニングするメッキ触媒の塗工条件を見いだした。平成 23 年度は、前処理した繊維に、無電解メッキ技術を基に高精度微少領域のメッキ加工として、接触型インク塗工ヘッドから高精度でパターンニングするメッキ触媒、塗工条件、RFID インレットの検討を行い、実装特性評価を繰り返し安定するパターン長 (幅約 0.5mm 26mm±1.5mm) を見いだした。平成 24 年度は、さらに高精度 (±1mm) の加工条件を検討と性能安定する触媒印刷方法も検討する。また、実際に微少領域の精度だけでなく、前処理条件がアンテナパターンの導電性に及ぼす影響について研究をおこなった。

【目標】幅約 0.5mm×26mm (±1mm) の RFID ファイバーを安定動作させる高精度微少領域 (メッキ加工前処理剤及び触媒インク剤) の改良をする

①-2 特定金属のみ析出させる表面処理した加工材料の研究開発

(ウラセ株式会社、国立大学法人福井大学、株式会社ウエアビジョン)

平成 22 年度は、繊維表面への高精度パターン印刷を行うための無電解化学メッキ用触媒インクのにじみ防止の最適条件を研究した。その結果水系の触媒インクに生分解性を有するポリビニルアルコールを配合し、インクの粘度を調整してにじみを抑制できることを見出した。平成 23 年度は、増粘剤をポリアクリル酸に変え、無電解化学メッキ用触媒インクのにじみ低減はできたが、繊維と無電解メッキとの密着性に課題が残った。密着性改良として溶剤系の触媒インク (Ag/Sn) を用い、バインダー、希釈溶剤の配合割合、架橋剤の有無、攪拌処方、時間を研究し、安定してインクのにじみを抑制できることを見出した。平成 24 年度は、繊維表面への高精度パターン印刷を行うための無電解化学メッキ用触媒インクのにじみ防止と繊維との密着性改良を研究し、最適な薬剤配合条件や加工条件の研究を行った。

【目標】無電解化学メッキ用触媒インクおよび導電インクや導電性ポリマーのにじみ低減する薬剤配合および加工条件の最適化をする

①-3 耐久性の付与技術の研究開発

(ウラセ株式会社、国立大学法人福井大学、株式会社ウエアビジョン)

平成 22 年度は、酸素プラズマ法と無電解メッキを使用して繊維表面処理技術を開発し、特定加工条件では目標である導電性 1000 Ω /m を達成したが、その加工の再現性および耐久性は不十分であった。平成 23 年度は、大気圧プラズマ法(窒素)と無電解メッキを使用して繊維表面処理技術を開発し、導電性 500 Ω /m 以下の安定加工条件の開発と屈曲(90 度よりさらに屈曲角度の大きくし 135 度 \times 1,000 回)後、RFID インレット実装試験で動作することが確認でき、アンテナ導電性繊維開発は達成した。但し、連続加工試験装置にて同様の特性を得るために無電解メッキ槽の追加を行い導電性能の改善はできたが、密着性の改善が必要であり継続検討が必要である。平成 24 年度は、引き続き繊維微細表面構造の状態を検討し、無電解メッキによる繊維表面の導電材料の接着性向上について研究し、耐久性に優れたアンテナ用導電性繊維加工法を開発した。また安定加工条件の検討を行った。

【目標】導電性 100 Ω /m 以下の安定加工条件の開発

90 度より大きい屈曲(135 度 \times 10,000 回)後、安定動作するアンテナ導電性繊維開発

①-4 安定連続加工技術の研究開発(ウラセ株式会社、国立大学法人福井大学、株式会社ウエアビジョン、福井県工業技術センター)

平成 22 年度は、RFID ファイバー用アンテナ繊維を連続的に加工する新規装置を開発した。現在の試作条件ではアンテナ繊維の抵抗が 100~1k Ω /m の範囲で RFID の動作は確認取れた。平成 23 年度は、連続加工試験装置にて 100m 以上の繊維長に、微少領域(幅約 0.5mm \times 26mm(\pm 1.5mm))パターンメッキを電気抵抗 500 Ω /m 以下で加工できる条件を確立できた。平成 24 年度は、安定した抵抗値として 100 Ω /m 以下を目標とし、触媒インクの糸へ効率的付与方法としてユーザ要望に対応するために任意パターン及び高速印刷が可能な装置等の追加検討と、連続的に無電解メッキが安定加工できるためにガイドロールを自転させ一定張力で RFID ファイバーを走行させる装置の追加検討し、この加工条件を改良した。

【目標】200m 以上の繊維長に、微少領域(幅約 0.5mm \times 26mm(\pm 1mm))パターンメッキを電気抵抗 100 Ω /m 以下で加工できる連続加工試験装置での最適加工条件を確立する。

② IC チップ実装による RFID ファイバーの開発

(ウラセ株式会社、福井県工業技術センター、株式会社ウエアビジョン)

②-1 IC チップ実装技術の研究開発(ウラセ株式会社、株式会社ウエアビジョン)

平成 22 年度は、RFID ファイバー用アンテナ繊維上に 2.45GHz 帯 IC チップ(0.4mm \times 0.4mm 以下)を搭載する方法を開発し、平成 23 年度は、株式会社日立製作所・中央研究所(本研究アドバイザー)の指導を受け、RFID ファイバー用アンテナ繊維上に 2.45GHz 帯 IC チップ(0.4mm \times 0.4mm 以下)を搭載する装置を開発した。平成 24 年度は実用化に向けて、RFID ファイバー実装装置の効率改良のためにインレットに

切込を入れる部材を検討設置し、さらに安定した品質（認識距離で評価）での高速加工条件について、研究開発を行った。

【目標】 実用化に向けて、RFID ファイバー実装装置の加工条件と品質（通信距離のばらつき）の関係を明らかにする

②-2 IC チップ実装後の防護加工技術の研究開発

（ウラセ株式会社、福井県工業技術センター、株式会社ウエアビジョン）

平成 22 年度は RFID ファイバー防護加工装置を開発し、ポリプロピレン樹脂での防護サンプルを試作した。糸を均一に防護することはできたが汎用的滅菌処理（120℃×30min）では溶融し課題が残った。平成 23 年度は、引き続き体内でも安全な樹脂を RFID ファイバーに塗工し、汎用的滅菌処理対策や樹脂の耐熱性改質方法を高温溶融エクスツルータに塗工ノズルを取り付けて行った。その結果、この方法は樹脂塗布方法として実用化の可能性が高いことが分かった。また滅菌処理として、電子線照射方法についても試験を行った。その結果、電子線照射方法は有効であることが分かった。汎用的滅菌処理対策や樹脂の耐熱性改質についてはもう少し研究が必要である。平成 24 年度も防護樹脂の安定加工技術として適正な塗工圧力等の研究を引き続き研究開発を行った。

【目標】 ポリプロピレン、ポリエステル等の熱可塑性汎用樹脂を使用した防護処理により、低温タイプ（耐熱 60℃）と、高温（120℃×30min 以上）の耐熱・防水性を有する RFID ファイバーを試作する。

③ RFID ファイバーによる ID 機能付きテキスタイル製造技術の研究開発

（ウラセ株式会社、福井県工業技術センター、株式会社ウエアビジョン）

平成 22 年度は、汎用広幅対応レピア織機で ID 機能付きテキスタイルを製造するための基礎試験を行った。平成 23 年度は、試作した RFID ファイバーをよこ糸に使用して汎用広幅対応レピア織機で ID 機能付きテキスタイルの 10m の製造試験を行った。平成 24 年度は、試作した RFID ファイバーをたて糸、またはよこ糸に使用して汎用広幅対応レピア織機で ID 機能付きテキスタイル製造試験を行った。

【目標】 RFID ファイバーをたて糸に使用して、汎用織機で ID 機能付きテキスタイルを 50m 以上試作する

④ ID 機能付きテキスタイル製品の認識システム開発と評価の研究開発

④-1 一般産業用途での管理システムの開発及び e-サーキット繊維の研究開発

（株式会社ウエアビジョン、公立大学法人大阪市立大学、ウラセ株式会社、福井県工業技術センター）

平成 22 年度は、RFID リーダーによる認識可能なサンプル形状（状態）の基礎試験、および用途に対応した認識システムの設計方法を検討し、e-サーキット繊維の調査を行なった。平成 23 年度は、具体的な ID 機能付きテキスタイル製品用途として、消防ホースの管理システム開発を目的に、既存の消防ホースにも容易に RFID

D ファイバーを設置する方法を開発した。また、ユーザーサイドと協議を重ね、次年度の認識システムに適したリーダーでの RFID ファイバー認識性能を評価した。平成 24 年度は、消防ホースの管理システムを開発した。さらに一般産業用途としてケーブル管理などの分野への展開も行った。

【目標】

- ・ RFID ファイバー搭載消防ホースを試作する。
- ・ RFID ファイバー搭載消防ホースの管理システムを開発する。
- ・ RFID ファイバーのケーブルへの搭載方法を開発する。

④-2 医療用現場での管理システムの開発（株式会社ウェアビジョン、公立大学法人大阪市立大学、国立大学法人京都大学、ウラセ株式会社、福井県工業技術センター）

平成 22 年度は、医療用テキスタイル素材の管理システム、術前・術後のガーゼ枚数を計測できるシステム、および大人用おむつの尿検知システムの基礎試験を行った。平成 23 年度は、医療用テキスタイル素材の管理システム開発を目的に、リーダー性能と認識可能なサンプル形状（状態）の試験を行った。その結果、白衣などは RFID ファイバーを使用した織ネームを活用する実用的な方法を考案した。また、京都大学病院ネットワークを活用して、ネットワークを利用した管理システム構築方法について研究した。術前・術後のガーゼ枚数を計測できるシステムを開発した。尿検知システム用の RFID リーダーで尿検知に必要な認識基礎試験を行い、簡易的な大人用おむつの尿検知システムを開発した。平成 24 年度は、京都大学病院のネットワークを利用して、医療用テキスタイル素材を管理する評価試験を行った。また、介護施設での患者や入居者の行動測定システムを開発し、実用評価試験を行った。術前・術後のガーゼ枚数を計測できるシステムは実用的なシステムの開発を行い、大人用おむつの尿検知システムは評価試験を継続し、実用的なシステム開発を行った。

【目標】

- ・ 京都大学病院ネットワークで医療用テキスタイル材料管理システムの評価
- ・ 病院や介護施設での患者や入居者の行動測定システムを開発し、実用評価
- ・ ガーゼ枚数を確実に計測できる条件を確立
- ・ 大人用おむつの尿検知システムを開発

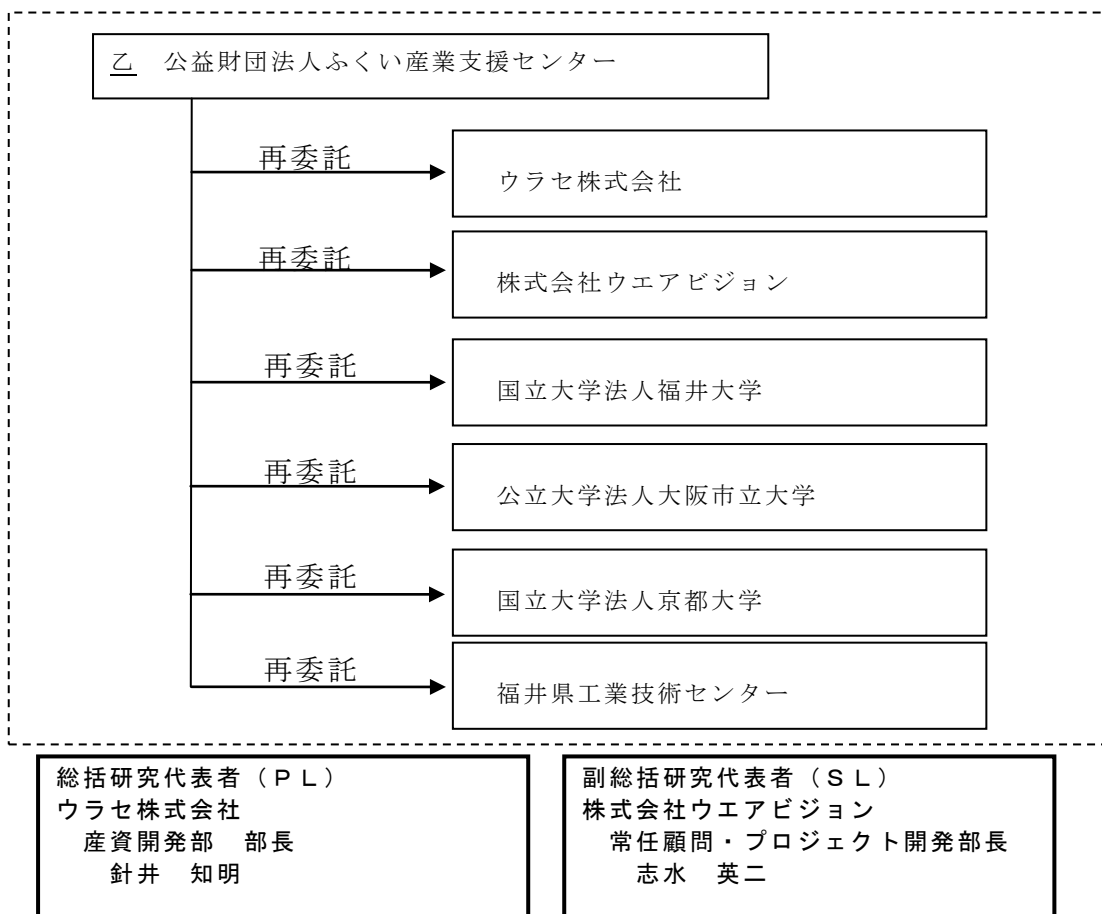
⑤ プロジェクトの管理・運営（公益財団法人ふくい産業支援センター）

再委託契約の締結業務、研究事業推進委員会の準備・開催、報告書の作成、国ならびに再委託先との連絡調整、委託費の管理・執行を行う。

1-2 研究体制

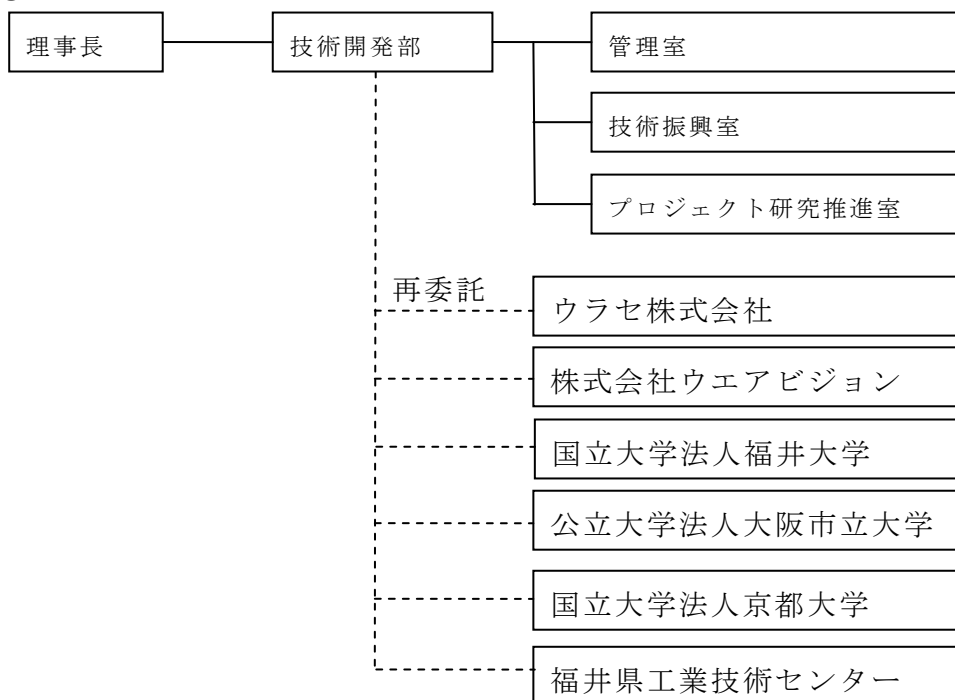
(1) 研究組織及び管理体制

1) 研究組織 (全体)



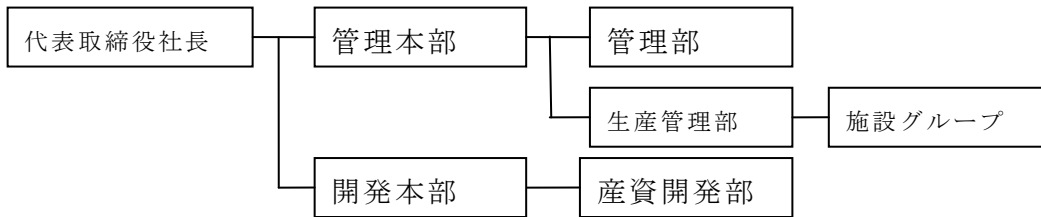
2) 管理体制

①事業管理機関 [公益財団法人 ふくい産業支援センター]

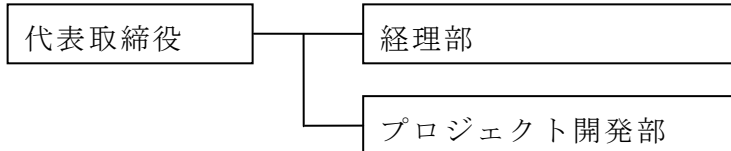


② (再委託先)

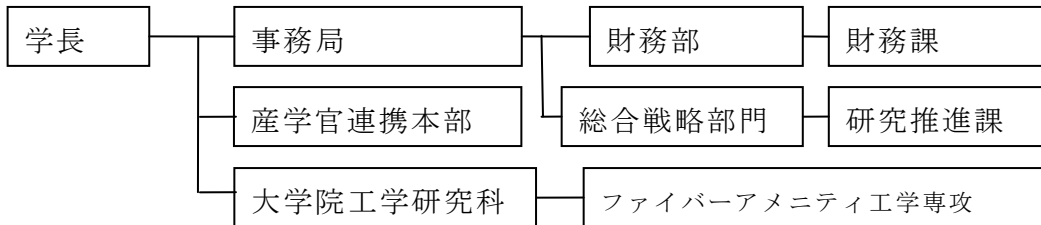
ウラセ株式会社



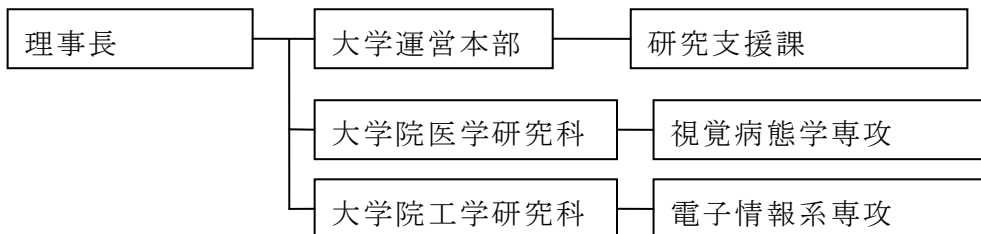
株式会社ウェアビジョン



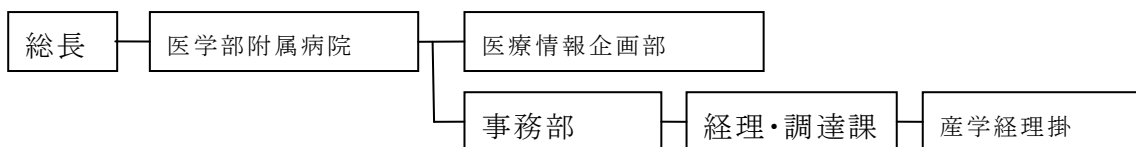
国立大学法人福井大学



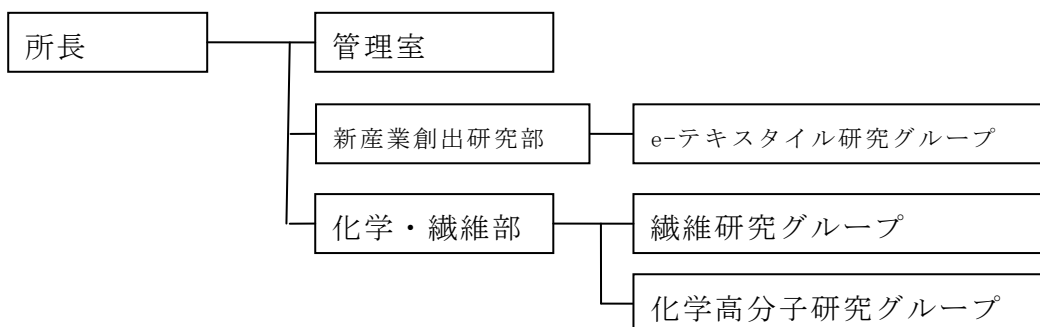
公立大学法人大阪市立大学



国立大学法人京都大学



福井県工業技術センター



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】公益財団法人ふくい産業支援センター

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
上山 明彦	技術開発部プロジェクト研究推進室 室長	⑤
野尻 誠	技術開発部プロジェクト研究推進室 研究員	⑤
増田 敦士	技術開発部技術振興室 主任研究員	⑤
真杉 弘祐	技術開発部管理室 主事	⑤

【再委託先】

ウラセ株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
針井 知明	開発本部 産資開発部 部長	①、②、③、④
関口 雅人	開発本部 産資開発部 主席	①、②、③
岩崎 好博	開発本部 産資開発部 グループ長	①、②、③
田嶋 詠二	開発本部 産資開発部 研究員	①、②、③
牧野 秀紀	生産管理部 部長	①、②
小泉 孝義	生産管理部 施設グループ 施設研究員	①、②

株式会社ウェアビジョン

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
小林 勝	代表取締役	④
志水 英二	常任顧問・プロジェクト開発部長	①、②、③、④

国立大学法人福井大学

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
堀 照夫	産学官連携本部 特命教授	①
廣垣 和正	大学院工学研究科 ファイバーアメニティ工学専攻 助教	①

公立大学法人大阪市立大学

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
白木 邦彦	大学院医学研究科 視覚病態学専攻 教授	④
中村 肇	大学院医学研究科 医学医療情報学 准教授	④
高橋 秀也	大学院工学研究科 電子情報系専攻 教授	④

国立大学法人京都大学

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
黒田 知宏	医学部附属病院 医療情報企画部 准教授	④

福井県工業技術センター

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
増田 敦士(再)	新産業創出研究部 e-テキスタイル研究グループ 主任研究員	①、②、③、④
村上 哲彦	化学・繊維部 繊維研究グループ 主任研究員	②、③
雲竜 常宗	化学・繊維部 化学高分子研究グループ 主任研究員	②
笹口 典央	新産業創出研究部 e-テキスタイル研究グループ 主事	②、③

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

公益財団法人ふくい産業支援センター

(経理担当者) 技術開発部管理室 主事 真杉 弘祐

(業務管理者) 技術開発部プロジェクト研究推進室 室長 上山 明彦

(再委託先)

ウラセ株式会社

(経理担当者) 管理本部 管理部長 通白 康一

(業務管理者) 開発本部 産資開発部 部長 針井 知明

株式会社ウエアビジョン

(経理担当者) 経理部長(代表取締役兼任) 小林 勝

(業務管理者) 代表取締役 小林 勝

国立大学法人福井大学

(経理担当者) 財務部財務課長 落合 祐二

(業務管理者) 産学官連携本部 特命教授 堀 照夫

公立大学法人大阪市立大学

(経理担当者) 大学運営本部研究支援課研究支援担当係長 梅田 佳弘

(業務管理者) 大学院医学研究科 視覚病態学専攻 教授 白木 邦彦

(業務管理者) 大学院工学研究科 電子情報系専攻 教授 高橋 秀也

国立大学法人京都大学

(経理担当者) 医学部附属病院経理・調達課産学経理掛長 福島 慎吉

(業務管理者) 医学部附属病院長 三嶋 理晃

福井県工業技術センター

(経理担当者) 管理室 主事 酒井 諒平

(業務管理者) 所長 勝木 一雄

(4) 知的財産権の帰属

知的財産権は全て当方に帰属することを希望。

(5) その他

①推進委員会委員

氏名	所属・役職	備考
針井 知明	ウラセ株式会社 開発本部 産資開発部 部長	P L
志水 英二	株式会社ウエアビジョン 常任顧問・プロジェクト開発部長	S L
堀 照夫	国立大学法人福井大学 産学官連携本部 特命教授	
白木 邦彦	公立大学法人大阪市立大学 大学院医学研究科 視覚病態学専攻 教授	
高橋 秀也	公立大学法人大阪市立大学 大学院工学研究科 電子情報系専攻 教授	
黒田 知宏	国立大学法人京都大学 医学部附属病院 医療情報企画部 准教授	
村上 哲彦	福井県工業技術センター 化学・繊維部 繊維研究グループ 主任研究員	
宇佐美 光雄	株式会社R&V 代表取締役社長	アドバイザー
加来 永一	泉工医科工業株式会社 商品企画本部 循環器部 部長補佐	アドバイザー
上島 一夫	株式会社帝健 アラミド製品部コーネックスグループ 課長	アドバイザー
鈴木 芳史	帝人テクノプロダクツ株式会社 アラミド市場開発課 担当	アドバイザー

②他からの指導・協力者名及び指導・協力事項

氏名	機関名	指導・協力事項
宇佐美 光雄	株式会社R&V	RFIDファイバーのアンテナ性能評価およびICチップ実装方法について指導を受ける。
加来 永一	泉工医科工業株式会社	医療用のID機能付きテキスタイル製品の認識システム開発について指導を受ける
上島 一夫	株式会社帝健	産業用のID機能付きテキスタイル製品の認識システム開発について指導を受ける
鈴木 芳史	帝人テクノプロダクツ株式会社	産業用のID機能付きテキスタイル製品の認識システム開発について指導を受ける

1-3 成果概要

繊維表面にパターンメッキする技術を開発し、RFID ファイバーのアンテナパターンを作成できた。IC チップ付きインレットを実装する試験装置を設計・作成できた。この2つの開発成果により、RFID ファイバーを一連の連続装置で生産できた。また試作した RFID ファイバーの性能（認識距離：約 15cm）および各種物性（屈曲耐久性：1 万回、引張伸度耐久性：6%）の評価試験結果も非常によいデータが得られた。

試作した RFID ファイバーを織物に織り込み、医療用ガーゼを試作できた。

ID 機能付きテキスタイル製品への展開としては、一般工業分野の認識システム開発としては具体的に消防ホース管理システムの開発・評価を行い、具体的事業化について課題等も明確となった。また RFID ファイバーの他の用途として織ネームへ織り込むシステムまで試作提案でき、目標を十分達成できた。

医療用現場での管理システムの開発は、医療現場での RFID ファイバーを活用できるシステムが明確化することができ、手術用ガーゼ管理システムの研究、尿漏れ検出システム開発、織ネームを使った管理システムの基本システムを構築することによって、実現可能性を研究できた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人ふくい産業支援センター 技術開発部
〒910-0102 福井県福井市川合鷺塚町 61 字北稲田 10
TEL: 0776-55-1555 FAX: 0776-55-1878

連絡担当者

プロジェクト研究推進室 室長 松村正三

E-mail: m.matsumura@fisc.jp

第 2 章 微少領域表面加工技術の研究開発

2-1 微少領域表面加工技術の研究開発

2-1-1 高精度導電性加工技術開発

繊維表面に幅約 0.5mm×25mm (±1mm) の精度で導電性加工するための基礎試験を行った。印刷方法としてインクジェットとディスペンサーを検討し、糸の長さ方向に対するインクのにじみが少なくなるディスペンサー方式で試験を行うことにした。

ディスペンサーで使用するインクについて、水系のスズ・パラジウムコロイド溶液のインクでは増粘剤としてポリビニルアルコール (PVA)、ポリプロピレングリコール (PPG) を使用した場合、スズ・パラジウム沈殿が発生しインク化には課題残った。溶剤系のスズ銀溶液に溶剤系ウレタン樹脂を使用することで、無電解メッキ用インク化で滲みが低減化した。密着性に課題が残った。

前処理した繊維に、無電解メッキ技術を基に幅約 0.5mm×25mm (±2mm) の高精度微少領域のメッキ加工として、接触型インク塗工ヘッドから高精度でパターンニングするメッキ触媒の塗工条件を見いだした。

2-1-2 前処理条件とアンテナパターンの影響

繊維表面に幅約 0.5mm×25mm (±1mm) の精度で導電性加工するために、前処理条件が及ぼす影響について調べた。

繊維表面への前処理法として、酸素プラズマ処理したものには無電解メッキ後は、全く金属剥離は見られなかった。酸素プラズマ処理のめっき性能への効果はある。にじみ抑制のために、触媒インク粘性を増加させる目的でウレタンの架橋剤添加についても検討した。触媒とウレタンおよび架橋剤を混合し、攪拌することでできるだけ均一になるよう、また架橋剤添加のものについては架橋反応をどこまで進行させるかを目標に反応時間も変えて触媒インクを調製した。

にじみ対策はディスペンサー、スズ銀溶液触媒インク化学品を用いて塗工試験を行い、ディスペンサーを使用しポリエステルフィラメント系 1, 100dTex 上に触媒のパターンニングを行った。最良の塗工条件を決定しダイポール型アンテナパターンニングは 25mm の描画間に 6mm の無塗工の部分を取った結果として、目標精度 25mm±1mm に対し ±1.5mm までの精度と糸外周にも触媒インクの塗工が可能となった。

2-1-3 メッキ加工前処理剤及び触媒インク剤の改良をする

触媒インクの糸の円周方向への塗工性を安定化するためと、触媒インクの乾燥による糸の収縮抑制のため、ポリエステル系 1, 100dTex にはプラズマ処理前に熱セットの追加を行った。熱セット条件は 120℃×30 分処理を行った。

溶剤型触媒インクはスズ・銀ナノインク (住友大阪セメント製) に溶剤系ウレタン樹脂をバインダーとして調液したものを使用し触媒インクのパターン印刷ができているが、今年度はこの触媒インクの改良として調液時にホモミキサーで回転数 400r.p.m×15 分攪拌することで、触媒インクの流動性改良が可能であることを見出した。

触媒印刷の精度は 26mm±1mm まで改良出来た。また、ポリエステル糸への触媒インク塗工—乾燥時の熱収縮対策として熱セットをすることで、糸の収縮を止めることができ触媒インクを糸の細いフィラメントの表面に薄く均一に塗工出来るようになった。無電解めっき後の銅析出も良好であった。金属析出の写真を図 2-1、電子顕微鏡で観察をした写真を 2-2 に示す。

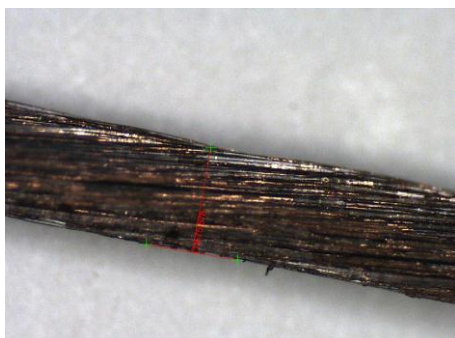


図 2-1 無電解銅めっき後アンテナ部

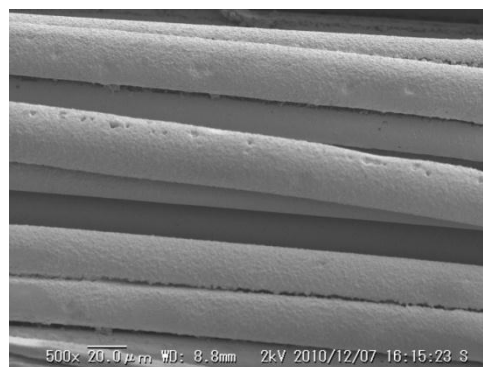


図 2-2 アンテナ部の電子顕微鏡写真

溶剤型触媒インクの流動性改良、メッキ前処理条件の検討として精練工程用に精練剤と精練条件を検討など実施したことで目標である幅約 0.5mm×26mm (±1mm) の RFID ファイバーを安定動作させる高精度微小領域 (メッキ加工前処理剤及び触媒インク剤) の改良ができた。水系触媒インクについては、量産化には必要な技術であり今後も継続して検討する

2-2 特定金属のみ析出させる表面処理した加工材料の研究開発

2-2-1 環境負荷物質 (欧州規制 RoHS 指令) の基準を満たす加工材料の開発

環境負荷物質の基準を満たすことは、鉛 (1,000ppm 以下)、水銀 (1,000ppm 以下)、カドミウム (100ppm 以下)、六価クロム (1,000ppm 以下)、ポリ臭化ビフェニル (1,000ppm 以下)、ポリ臭化ジフェニルエーテル (1,000ppm 以下) 以下の物質が指定値を超えて含まれた電子・電気機器 (electrical and electronic equipment) を上市することはできない。この基準を満たすために無電解メッキ用触媒は Pd/Sn 触媒液を選定した。この場合の課題は水系であるため滲みが発生することであり、この対策として増粘剤を混合するが、本触媒液はエマルジョン破壊を起こしやすく適当な増粘剤がない。検討した結果、ポリエチレングリコール (以下 PEG) が適応できる可能性があると分かった。

また Pd/Sn 触媒をパターンニングした後、乾燥すると触媒性能が無くなることも判った。そこでパターンニング後一定時間を濡れたまま素材への吸着に費やし、その後水洗乾燥により触媒能を保持したまま無電解 Ni を析出可能なことを見出せた。しかし、無電解 Pd は Ag/Sn インクと同様に析出が不良であった。そのため、Pd は無電解 Ni 後無電解 Pd めっきをすることで Pd パターンの糸アンテナが得られた。Au も同様に無電解 Ni 後置換型無電解 Au めっきをすることで Au パターンの糸アンテナが得られた。

水系の触媒インクにポリビニルアルコールを配合し、インクの粘度を調整してにじみを

抑制できることを見出した。

2-2-2 増粘材等によるにじみ防止可能な薬剤配合および加工条件の開発

水系触媒インクの調製とインクのにじみ対策のためPAA, PVAを増粘剤として検討を行った。その結果、無電解メッキ金属の密着性に課題が残った。Sn/Agと溶剤を用いる系ではプラズマ照射の効果は確認できなかったが、Sn/Pdを水系で用いる系ではめっき性能が向上した。最終的に密着性に課題も残ったが、触媒付与された部分のみを無電解メッキし、メッキ抵抗を目標の $1\Omega/\text{cm}$ 以内に抑えることができた。

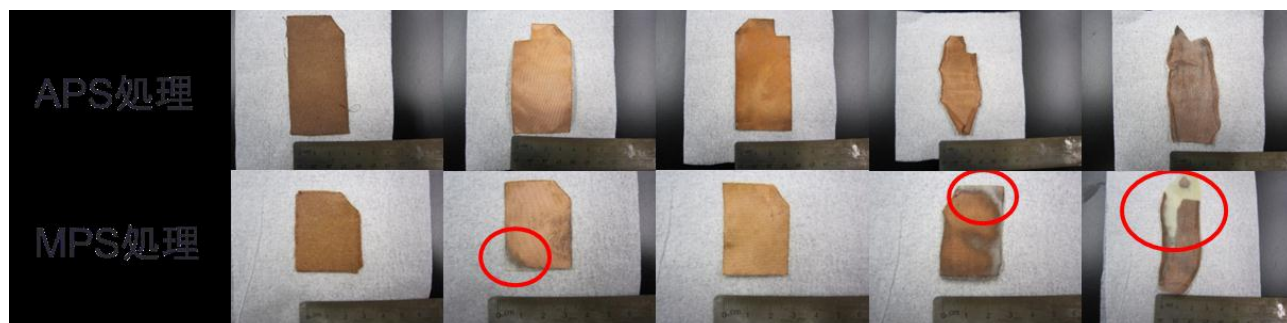
増粘剤をポリアクリル酸に変え、無電解化学メッキ用触媒インクのにじみ低減はできたが、繊維と無電解メッキとの密着性に課題が残った。密着性改良として溶剤系の触媒インク (Ag/Sn) を用い、バインダー、希釈溶剤の配合割合、架橋剤の有無、攪拌処方、時間を研究し、安定してインクのにじみを抑制できることを見出した。

2-2-3 にじみ低減する薬剤配合および加工条件の最適化

より強力なめっき金属密着とにじみ低減のためにシランカップリング剤を用いた前処理を検討した。具体的には、金属と強力な結合が可能な-SH基を含むシラン剤を繊維上に固定化し、その後従来と同じように無電解銅めっきする方法をとった。被無電解メッキ素材はL (レーヨン)、P (PET)、N (ナイロン) を使った。用いた試薬は「3-mercaptopropyltriethoxysilane (MPS)」と「3-aminopropyltriethoxysilane (APS)」である。

図2-3よりAPS処理試料は試料全体に銅めっきができています。しかしMPS処理のP (PET)、N (ナイロン) は銅めっきできていないところが目立った。明らかに銅めっきされていないところはMPSが試料に固定されているとするとSH基が同士でS-S結合を作り触媒が吸着できなかったため銅めっきができなかったのではないかと考えられる。

触媒インクにAPSを展開した場合についてめっき後の体積抵抗および表面抵抗をまとめた。APSを用いることで強く担持された触媒を核にめっきが析出するため、剥離強度の向上が期待できる。



L (レーヨン) P (PET) N (ナイロン) P (PET)

図 2-3 銅めっき後の試料の写真

表 2-1 めっき時間 35min

	体積抵抗 / $\Omega \cdot \text{cm}$	表面抵抗 / Ω / sq
表	8.212×10^{-4}	8.380×10^{-2}
	9.767×10^{-4}	9.966×10^{-2}
	8.345×10^{-4}	8.517×10^{-2}
	Av. 8.775×10^{-4}	Av. 8.954×10^{-2}
裏	8.366×10^{-4}	8.537×10^{-2}
	8.051×10^{-4}	8.215×10^{-2}
	8.694×10^{-4}	8.871×10^{-2}
	Av. 8.370×10^{-4}	Av. 8.541×10^{-2}
テープ試験(裏) JIS H 8504 準拠 若干の剥離あり	9.025×10^{-4}	9.209×10^{-2}
	9.005×10^{-4}	9.189×10^{-2}
	8.378×10^{-4}	8.549×10^{-2}
	Av. 8.803×10^{-4}	Av. 8.982×10^{-2}

2-3 耐久性の付与技術の研究開発

2-3-1 耐久性に優れた高導電性の繊維表面処理技術開発

(1) アンテナ導電性繊維の作成方法

常圧プラズマ方法により繊維表面の改質を行い、接着性の向上を行なった。常圧プラズマ装置は日本プラズマトリート(株)ジェネレータFG5001、ノズルPFW-10のシングルノズルを使用した。プラズマノズルの先端より5mmの位置にポリエステルフィラメント系1100dtexの長さ方向に直角にプラズマを照射した。微少領域表面加工技術の条件で触媒を糸にダイポール型アンテナのパターニングを行い、奥野製薬工業(株)製のOPCカップパーT-Gの標準レシピにて45℃で20分の無電解銅めっきを行った。その後水洗し、125℃で1分の乾燥を行った。めっきの析出は問題無く、銅金属のダイポール型アンテナパターンニングされた糸が得られた。また、めっき部分の抵抗値は端子間距離を1cmとして測定した結果、360~480 Ω / m の抵抗値が得られた。

2-3-2 高導電性の繊維表面処理の安定加工条件の開発

(1) 方法

- 1) プラズマで繊維を前処理することでめっきの密着強度を向上させること
- 2) めっき触媒が糸のフィラメント間隙まで十分浸透するような濡れ性の高い触媒を付与すること

めっき触媒についてはSn/Agの場合は溶剤系でウレタン樹脂で増粘し、Sn/Pdの場合は水系でPAA、PEGおよびPVAで増粘した。量系とも、増粘剤添加により触媒のにじみを抑えることは十分できた。ウレタンを加えた系ではウレタンはめっきの耐久性向上に接着剤としての効果も加わり良好な耐久性を示した。

耐久性の評価として、繰り返し屈曲による表面抵抗の低下の程度を比較した。

屈曲試験装置は福井県工業技術センター所有の屈曲試験機を用い、屈曲耐久性（90度よりさらに屈曲角度の大きくし135度×1,000回）試験を行った。測定条件は繰り替えし屈曲（荷重9.8cN, ±135°）後、電気抵抗測定はテスターを使用し、端子間1cmで行った。

大気圧プラズマ法（窒素）と無電解メッキを使用して繊維表面処理技術を開発し、導電性500Ω/m以下の安定加工条件の開発と屈曲（90度よりさらに屈曲角度の大きくし135度×1,000回）後、RFIDインレット実装試験で動作することが確認できた。

2-3-3 安定動作するアンテナ導電性繊維開発

安定動作するアンテナ導電性繊維の作成方法として、前述の条件の検討と糸の前処理条件と触媒インクの調製法及び、糸でのカバリングも行った。

カバリングまで終了し作成したRFIDファイバーアンテナを、屈曲耐久性を行った結果を図2-3に示す。糸でカバリングした段階のRFIDファイバーのアンテナ部は読み取り距離の低下が抑えられ、135度の屈曲1万回でも安定動作することが確認された。

また、ポリエステル糸に加えてアラミド糸を用い、読み取り性能の安定したアンテナも作成できた。

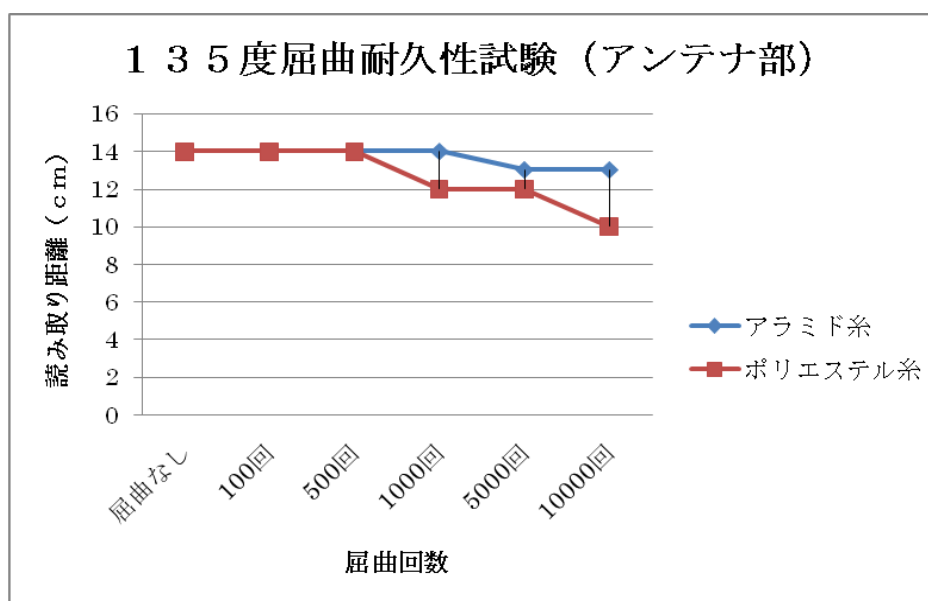


図2-4 屈曲10,000回耐久試験

2-4 安定連続加工技術の研究開発

2-4-1 微小領域パターンメッキ加工技術の開発基礎試験

パターンメッキ加工技術検討として、常圧プラズマ加工機能、インク塗工加工機能、無電解めっき加工機能を有する連続加工装置を設計・開発した。

装置を使ったポリエステル繊維の加工試験を行なった。その結果、プラズマ処理装置、触媒インク塗工装置、及び無電解メッキ処理装置での加工が可能で、10m以上の繊維長に微小領域（幅約0.5mm×長さ25mm、精度約±2mm）パターンメッキ加工技術開発ができた。

2-4-2 微少領域パターンメッキ加工条件の確立

無電解メッキ浴槽を追加することと、また、無電解めっき槽の回転ロール曲率を大きくすることで、糸とガイドロールによるこすれを抑えることでめっき被膜の剥離が抑制され、めっき加工後の抵抗値が安定する傾向がみられた。

連続加工試験装置にて100m以上の糸に、微少領域（幅約0.5mm×25mm（±1.5mm））パターンメッキを電気抵抗500Ω/m以下で加工できる条件を見いだした

2-4-3 連続加工試験装置での微少領域パターンメッキを加工条件の確立

触媒インクの糸へ効率的付与方法としてユーザ要望に対応するために任意パターン及び高速印刷が可能な装置等を追加した。また、連続的に無電解メッキが安定加工できるようにガイドロールを自転させ一定張力でRFIDファイバーを走行させる装置を追加した。

任意パターン印刷装置、高速連続印刷装置、無電解メッキロール駆動装置により実施した結果安定して100Ω/m以下のアンテナを200m作成できた。

無電解メッキ後の抵抗値結果			
糸		ポリエステル糸	アラミド糸
抵抗値(Ω/m)	テスト	60~70	50
	ミリオームハイテスト	24~32	15~22
	テープ剥離	△	△
	硬さ	柔	柔

第3章 ICチップ実装によるRFIDファイバーの開発

3-1 ICチップ実装技術の研究開発

3-1-1 アンテナ繊維上にICチップを実装搭載方法の開発

RFIDファイバー用のICチップは株式会社日立製作所製「 μ -ChipOR」(サイズ:0.4mm 角)を使用する。今回の基礎試験ではインレットにICチップが装着された市販品 (Enhance Inlet) の端子を使用した。手作業ではあるが、ポリエステル繊維にダイポールアンテナをメッキしたサンプルにICチップを搭載して、RFID認識可能なサンプル作成に成功した。

今回の実装方法では、メッキするダイポールアンテナ長は50mmあれば十分であることが分かった。しかし、今回使用するRFIDは2.45GHzの高周波であるため、この条件はメッキを行ったポリエステル繊維直径や表面形状に大きく依存する。

3-1-2 アンテナ繊維上にICチップを実装できる装置の開発

RFIDファイバーの特徴は耐久屈曲性と耐引っ張り強度でありその性能を出すために、2.45GHz帯ICチップ搭載のインレットを巻き付ける方式を採用した。また、実装装置を設計し作成した。読み取り動作と糸アンテナ長の性能を下記の図3-1で示す。アンテナ長全長56mmで最大読み取り距離140mmとなる。

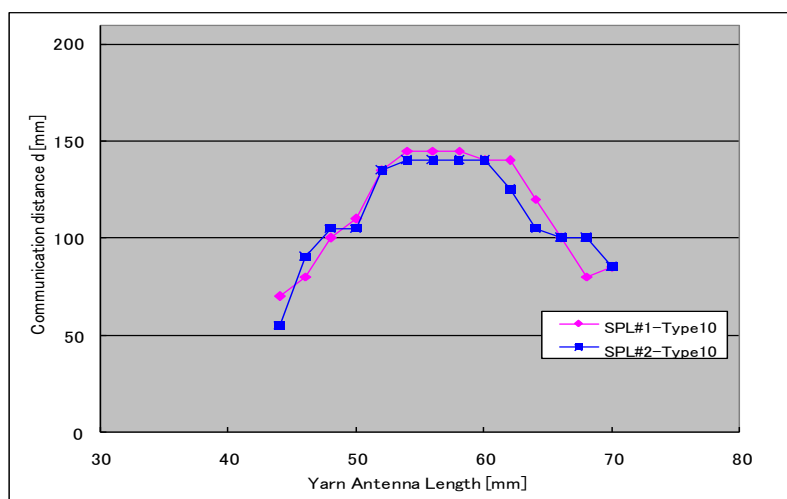


図3-1 糸アンテナ長と認識距離の関係

3-1-3 RFIDファイバー実装装置の加工条件の検討

RFIDファイバー実装装置の実装効率改良としてインレットに切込を入れる部材を宇佐美アドバイザーの支援を受け考案した。また、実用化に向けたRFIDファイバー実装条件を確立するために、実装装置に連動したインレットに切込を入れる装置「実装装置用インレット切込部材」を導入し実用化に向けた検討を行った。実装装置用インレット切込部材を導入した結果、インレット切込部材を入れる前に比べて読み取りができた良品率は実装段階で50~70%だったのが約85%で実装が可能となった。また、認識距離100mm以上が60%程度から約90%に改善出来た。この結果から、切込部材による実装の良品率が向上し、通信読み取り距離のはらつきも低減できた。

3-2 ICチップ実装後の防護加工技術の研究開発

3-2-1 耐熱・防水性のあるRFIDファイバー防護加工方法の開発

開発した防護樹脂塗工装置の主要部には、サンツール(株)製のホットメルト塗工設備を採用しており、直径0.5mmの糸外周を樹脂でコートするために樹脂ヘッドに糸直径の2倍の $\phi=1.1\text{mm}$ のノズルを装着している。この装置により、一定張力で糸を走行(糸速1~10m/min)させながら熱可塑性樹脂(最大加工温度200°C)を塗工することができる装置を作成した。

ポリエステル、ポリプロピレン樹脂などをRFIDファイバーに連続的に塗工できる方法を開発した。

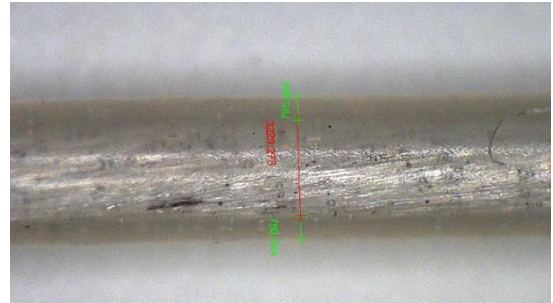


図3-2 防護樹脂(PP)を塗工したRFIDファイバー($\phi=0.8\text{mm}$)

3-2-2 防護処理した耐熱・防水性を有するRFIDファイバーの試作

体内でも安全な樹脂をRFIDファイバーに塗工し、汎用的滅菌処理対策や樹脂の耐熱性改質方法を高温溶融エクスツルータ(パーカーコーポレーション社GS20)に塗工ノズルを取り付けて行った。ICチップを実装しにポリエステル繊維でカバリング、防護樹脂をしたRFIDファイバーの屈曲耐久性評価結果を下記の表で示す。

インレットのみのRFIDでは屈曲100回以上では動作しなくなるが、RFIDファイバーは一万回の屈曲耐久性がある。



図3-3 防護樹脂塗工したRFIDファイバーの外観写真

屈曲耐久性評価

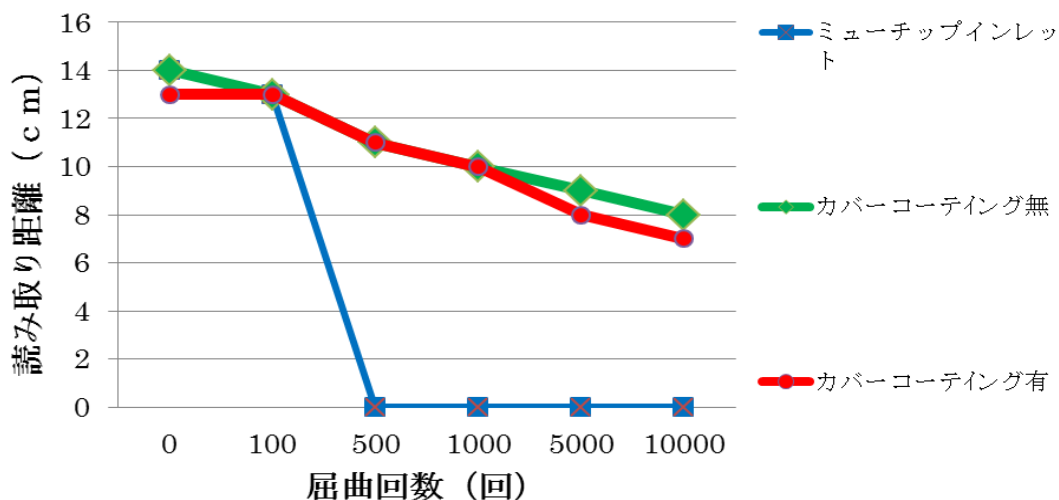


図3-4 防護樹脂塗工したRFIDファイバーの外観写真

3-2-3 熱可塑性汎用樹脂による耐熱・防水性を有するRFIDファイバーの試作

細い糸でICチップ付インレットを芯糸に強く巻付けて実装インレットの固定とはみ出し対策と、高温溶融エクスツルダによるインレットの移動を押さえる対策を行った。溶融エクスツルダによる樹脂塗工は、ICチップを実装した糸の突起部で大きな抵抗を引き起こし、アンテナパターンからインレットを移動もしくは破損させる。

よってノズルの形状を検討することで安定した防護樹脂塗工が可能とした。

ホットメルト樹脂の低温タイプ（耐熱 60℃）と、高温（120℃×30min 以上）の上記の熱可塑性エーテルエステルエラストマーを使い RFID ファイバーを試作した。

試作と評価はRFIDファイバーの芯糸をポリエステル系とアラミド系にてICチップを実装、ポリエステル系33dtexでカバリング（s・z3,000t/m）、及びインレット端に熱硬化樹脂塗工品に防護樹脂加工を実施し屈曲耐久性（135度繰り返し屈曲）を評価した。

その結果が下記のグラフである。軟化温度が低い方が屈曲耐久性に優れ、アンテナ部の屈曲耐久性は1万回以上あることが確認できた。インレット端末に熱硬化樹脂を塗工した効果は見られなかった。この理由としてノズルの改良とノズル塗工圧力を低下安定させたために、差が出なかったものと思われる。ICチップ部の屈曲耐久性については、ICチップを溶接でインレットに取り付けているRFIDの特徴であり、今後ICチップメーカーとインレットの耐久性について検討を進める。

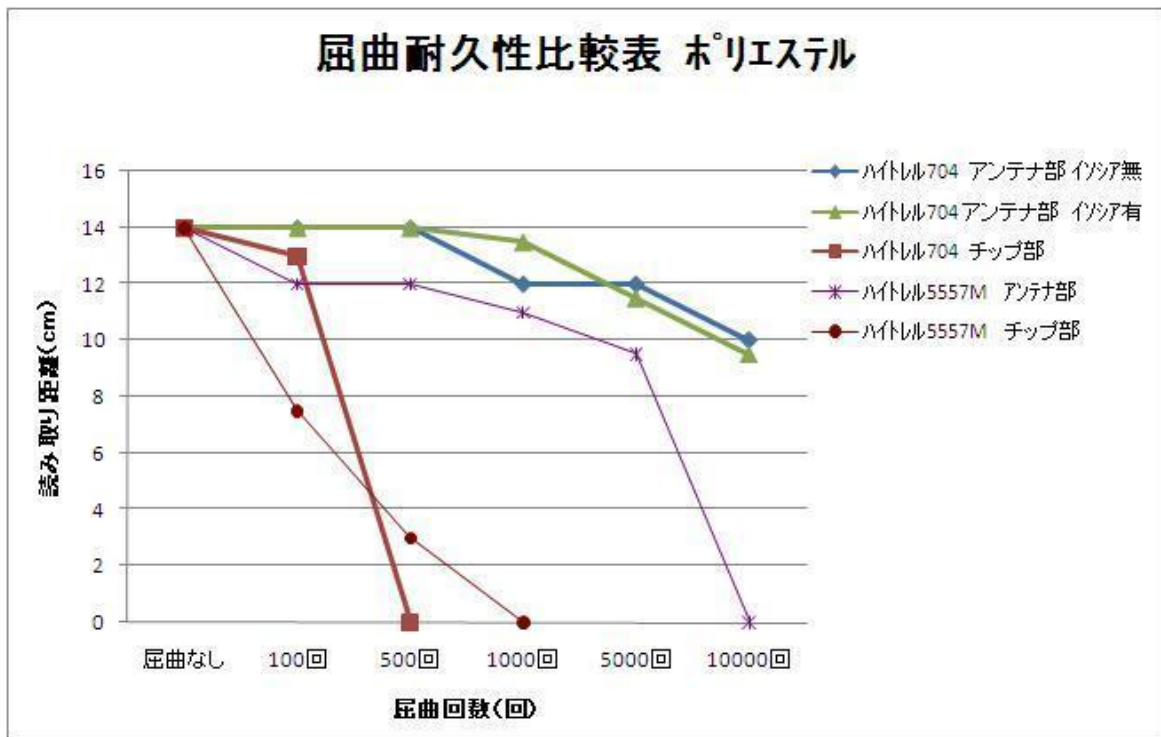


図 3-5 RFID ファイバーの屈曲耐久性試験結果

第4章 RFID ファイバーによる ID 機能付きテキスタイル製造技術の研究開発

RFID は捻れ、押圧などの外力に弱く、また静電気で破損するなど、損傷せずにテキスタイル化することは難しく、既存の設備での製織は困難である。そこでこの課題を解決するために本事業では柔軟で細くかつ強度がある RFID ファイバーを開発しており、ここではこのファイバーを使用したテキスタイルの製造技術について報告する。

(1) RFID ファイバーをよこ糸に使用したレピア織機の製織条件の検討

開発した RFID ファイバーの直径は約 1.5mm であり、ポリエステル繊維に換算すると約 2 万 dtex に相当し、超極太の繊維をよこ入れできる織機を必要とする。そこで、ガラス繊維などの超極太繊維を製織することが可能な、図 4-1 に示す産業資材用レピア織機（両側棒レピア織機：ドルニエ社製 PTS）で RFID ファイバーをよこ糸に使用した製織試験を行った。

織物内に RFID ファイバーをよこ糸に使用して織り込み試験を実施した結果を図 4-2 に示す。RFID ファイバーを、損傷することなく製織することができた。織り上がったテキスタイルの認識性能を、RFID リーダーにより確認したところ認識性能に特に問題はなかった。



図 4-1 レピア織機



図 4-2 RFID ファイバーの製織

(2) RFID ファイバーをたて糸に使用したレピア織機の製織条件の検討

RFID ファイバーをたて糸に使用した場合の製織試験を、汎用レピア織機（津田駒工業(株)製 ER レピア）で行った。たて糸に RFID ファイバーを使用した場合は、ソウコウとオサ部の摩擦によりファイバーの損傷が発生した（図 4-3 参照）。そこでこの摩擦を低減するために、織機のソウコウやオサを改良した。例えば図 4-7 のようにソウコウのメールサイズを大きくするなど糸が通過する空間を広げる対策をとることで、たて糸に RFID ファイバーを織り込むことに成功した。



図 4-3 損傷した RFID ファイバー

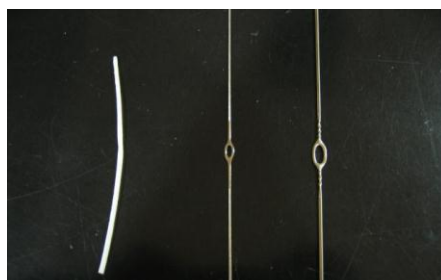


図 4-4 ソウコウのメール部写真

左：RFID ファイバー
中央：通常のソウコウ
右：メールの大きいソウコウ

(3) RFID ファイバーを使用したガーゼの織物規格の検討

手術中に使用したガーゼを体内に置き忘れないように、造影系入りのガーゼにより患者の体内をX線で確認する方法を行っている医療施設がある。この方法よりも RFID ファイバーによるガーゼが開発できれば、X線で確認するよりも RFID リーダーにより簡単に体内のガーゼを確認することが可能であると思われる。そこで、市販されている造影系入りのガーゼの織物（図 4-5）を調査した。

市販ガーゼはよこ糸が織端で折り返されて製織されているため、シャトル織機により製織されていることが分かった。また、織物の耳部付近に造影系が並行に配置されており、造影系はたて糸に織り込まれていることが分かった。この織物を参考に RFID ファイバーによるガーゼの織物を試作することにした。



図 4-5 造影系入りガーゼ

市販造影系入りガーゼの織物規格

織幅：30cm

たて：綿糸40S（実測135d tex）

密度12本/cm

よこ：綿糸35S（実測162d tex）

密度11.5本/cm

(4) シャトル織機による RFID ファイバーの製織試験

ガーゼはシャトル織機で製造されているため、レピア織機の製織試験を参考に、RFID ファイバーをたて糸に織り込む試験を行った。

RFID ファイバーは綿糸30Sに比べて、直径が大きく通常のソウコウでは入らないため、直径が大きいソウコウを使用した。また、オサも改良し、RFID ファイバーが通過するオサの空間を確保した。

織機：シャトル織機（津田駒工業(株)製LK）

織幅：50cm

たて：綿糸30S（約177d tex）、密度12本/cm（糊付糸）

よこ：綿糸30S（約177d tex）、密度12本/cm

織物中央部に RFID ファイバーを配置し、たて糸に織り込む試験を行った。ファイバーは柔軟性があるため、たて糸に使用しても損傷することなく製織することができた（図 4-6）。約10m（RFIDが50cm間隔に20個配置）の RFID ファイバーを製織したが、特に問題なく製織することができた。織り上がったガーゼの認識性能を、RFID リーダーにより確認したところ認識性能に問題はなかった。



図 4-6 約10m製織したガーゼ

次に、RFID ファイバーをたて糸に使用したシャトル織機によるガーゼの製造方法では生産性が低いため、生産性の高いレピア織機により RFID ファイバーを 3 本たて糸に使用して広幅化することで、3 枚のガーゼを同時に製織する方法を検討した。

織機：レピア織機（津田駒工業(株)製 ERレピア）

織幅：120cm（39cm×3幅）

たて：綿糸30S（約177dtex）、密度12本/cm（糊付糸）

よこ：綿糸30S（約177dtex）、密度12本/cm

RFID ファイバーは織端から約 1cm の部分に配置した。糸と RFID ファイバーの織度差が大きいため、RFID ファイバーは単独の送り出し装置を使用し、織機の後ろに設置して供給した（図 4-7）。

織端 1cm に RFID ファイバーを配置し、たて糸に織り込む試験を実施した。図 4-8 に示すように RFID ファイバーを損傷することなく製織することができた。



図 4-7 レピア織機（後部）

稼働試験として目標とする約 50m（RFID が 50cm 間隔に 100 個配置）の RFID ファイバーを製織できた（図 4-9）。織り上がったガーゼの認識性能を、RFID リーダーにより確認したところ認識性能に問題はなかった。しかし、RFID ファイバーの織度ムラによりファイバーと綿糸が擦れて綿糸が切断することがあり、RFID ファイバーの今後の課題である。



図 4-8 RFID ファイバーの製織状態

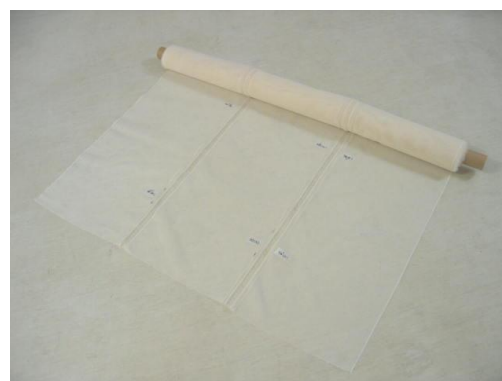


図 4-9 試作したガーゼ

（5）考察

RFID ファイバーによる ID 機能付きテキスタイル製造技術の研究開発については、生産性の高い汎用広幅対応レピア織機を使用してよこ糸やたて糸に織り込む試験を実施し、このファイバーを製織する諸条件について検討した。その結果、レピア織機による RFID ファイバー入りの織物を製織することができ、ファイバーの損傷が発生しない製織条件を確立できた。また、目標とする約 50m の RFID ファイバー入りのガーゼを製織することができた。

今後も、RFID ファイバーを織り込んだテキスタイルの品質、生産性などを検討し、織物規格や製織条件などを研究開発していく予定である。

第 5 章 ID 機能付きテキスタイル製品の認識システム開発と評価の研究開発

5 - 1 一般産業用途での管理システムの開発及びeサーキット繊維の研究開発

一般産業用途で、ID 機能付きテキスタイルのニーズが高い用途として、織りネーム、ユニフォーム、各種の工業用コード類がある。そこで具体的製品開発目標として、工業用コード関連としては消防ホースをターゲットに、また織りネームやユニフォーム分野としては織ネームでの製品開発を目標に研究開発を行った。

e-ファイバーサーキットについては、RFID ファイバーのアンテナ描画技術を応用して将来的に繊維上に高機能集積回路を作成する基礎試験として、布上に導電性ファイバーを刺繍することで実現できる刺繍回路を試作し評価した。

(1) 消防ホース管理システムの開発

一般的に消防ホースの経年特性は、240 本の回収消防ホースについて調査が行われ（平成 7 年：消防用ホースの劣化状態調査）、漏水検査では設置後 10 年以内は 7%、設置後 20 年以内は 43%、設置後 21 年以上は 53%が、使用不能になる。よって消防予防法第 254 号により、10 年以上は適宜交換すべきであり、適宜耐圧試験実施を行うことが求められている。しかし、現状は、対象の消防ホース製造年、設置年がかんたんに分からず、民間マンションでは 10 年以上の使用が常識化し、公的な消防機関、消防団ですら、費用の節減で法令が守られていない。

この現状を打破するためにトレーサビリティ特性に優れた RFID チップが注目され、平成 20 年 2 月に総務省消防庁予防課が「消防用設備当の点検のあり方について（別紙資料 1）」の検討会報告で IC チップのとりつけが推奨された。しかし、取り付けたチップが、すぐにも取り去られるなどの事態が生じ、効果がまったく上がっていない。

この課題は RFID ファイバーを消防ホースに織り込むことによって克服できる。そこで消防ホースの管理システム開発を目的に、既存の消防ホースに容易に RFID ファイバーを設置する方法、およびそれを使用した消防ホースの管理システムの開発を行った。

当初は消防ホースの基布に織り込むことを想定していた。しかし、製造企業と製造方法について詳細に協議した結果、接続用金具等の取り付け部のホース部カバーと共に取り付けの方がより汎用性が高くなることが判明した。また、消防ホースはその他の消防機器と統一した管理システムが重要であることも分かったので、本研究では複数の周波数帯に対応したマルチタイプのリーダーでシステムを設計・開発している。

実際に櫻護謨(株)の協力で 実際には RFID ファイバーを取り付けた消防ホース試作品の写真（図 5-1-1）を下記に示す。RFID ファイバーを消防ホースに取り付け、読み取り動作ができることを確認した。

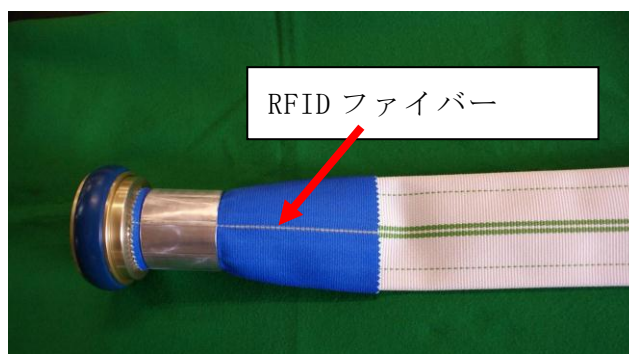


図 5-1-1 取り付け後

また、RFID ファイバー搭載消防ホースの管理システムを開発した。この管理システムの評価も櫻護謨(株)に依頼し行った。評価の結果、問題なく使えるとのこと好評であった。図 5-1-2 に管理システムの消防ホース製造ロット番号関連付けの表示画面を示す。また、図 5-1-3 に消防ホース管理システムの使用履歴情報の表示画面を示す。

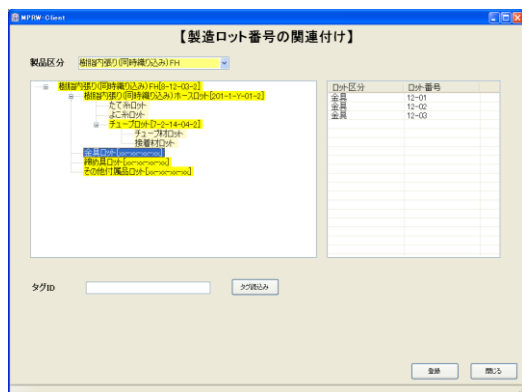


図 5-1-2 製造ロット番号関連付け

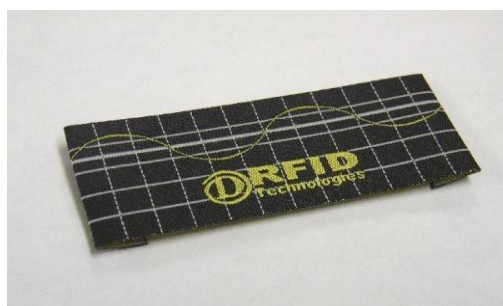


図 5-1-3 使用履歴情報

(2) ID 機能付きテキスタイルとしての織ネームの開発

電源の不要な小さい RFID ネームが織りネームに付加することによる利点は容易に理解できる。しかし、従来の RFID は糸の携帯でない。とすれば付加する手法は「貼る」「紐でぶらさげる」である。これは織りネームに適さないことは明らかである。これが、織りネームに RFID が結合しない理由であり、基本的な理由である。RFID ファイバーはこの絶対的な理由を見事、払拭することができる。すなわち、RFID ファイバーは織りネームに織り込むことができるのである。もうひとつ、RFID ファイバーを織りネームに織り込むについて、克服しなければならない壁がある。それは、自動化の手段である。織りネームは、全自動で織られなければ、採算を維持できない。

そこで今回開発した RFID ファイバーを汎用の織りネーム製造装置を利用して日本ダム(株)の協力で織ネーム試作試験を行った。下写真は全自動で RFID ファイバーを織り込んだ織りネームのデザインサンプルである。開発した RFID ファイバーは柔軟で通常の糸と同様に扱えるため、図 5-1-4 に示すように織りネームの端部に織り込むことが可能であり、また出来上がったおりネームは従来品と同様に取り扱うことができることが分かった。



(a) RFID 織ネーム拡大写真



(b) RFID 織ネーム写真

図 5-1-4 RFID 織ネーム写真

今後は、この RFID 織りネームを活用した用途展開も含めて一般産業用途での管理システ

ム開発研究を行っていく予定である。次章の医療用現場での管理システムにも含まれる白衣などの作業衣などは、織ネームがすぐにでも展開できる分野である。また、レンタル絨毯など、テキスタイル製品に貼付する織ラベルの分野は様々な用途で展開が期待される。

(3) e-サーキットファイバー

e-サーキット用のインターフェースシステムの基礎検討のために、刺繍による回路作製および基礎実験を行った。e-サーキットの構成要素の基本特性を測定するための実験について検討し、回路案を設計したが、布上に導電性繊維で刺繍を施し、回路パターンと、抵抗、コンデンサ、インダクタ（コイル）などの受動素子を導電性繊維で実現することで、e-サーキットの特性を検討した。

図 5-1-5 は、2 種類の導電性繊維を用いて、それぞれ 2 種類の刺繍の方法（目のつまり具合）で配線パターンを形成したものである。A, B, C, D はそれぞれ、高抵抗の糸で目が粗い、高抵抗の糸で目が密、低抵抗の糸で目が粗い、低抵抗の糸で目が密、となっている。実験の結果、①刺繍による配線は、長さに比例して抵抗が増える、②刺繍が密な場合、配線幅に比例して抵抗が減る、という普通の導線と同じ結果が得られた。つまり、金属の導線と比較して抵抗値は高いが、配線や抵抗素子として用いることができることがわかった。

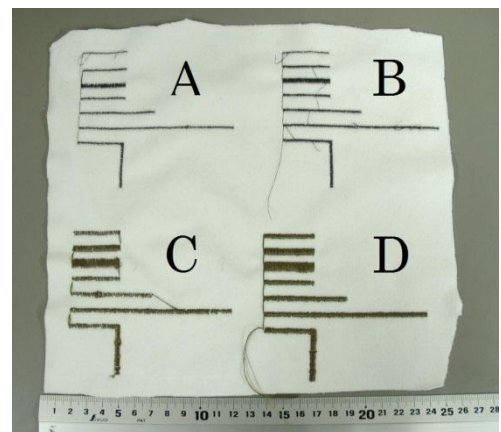


図 5-1-5 4 種類の刺繍配線パターン

図 5-1-6 は、導電性繊維で布コンデンサを構成し、そのコンデンサの特性を測定するための回路も刺繍により構成したものである。図中で中心にあるくし型電極部分が布コンデンサであり、IC や LED など構成される測定回路全体を刺繍によるパターン配線で構成し、動作を確認した。

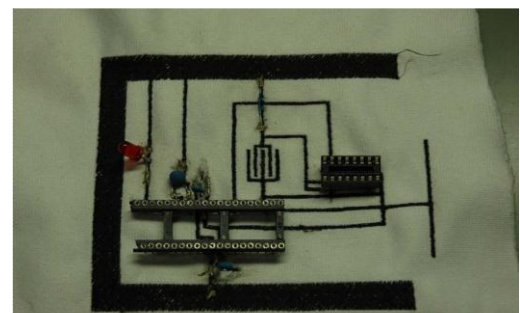


図 5-1-6 布コンデンサ特性測定刺繍

刺繍による回路では、配線パターンの抵抗を低くするために刺繍の目を密にすると仕上がりが固くなること、刺繍パターンの裏面は、糸のほつれが多いためパターンの短絡等が起こりやすいことに注意を要する。糸のほつれや短絡が見られる。

これらの実験を通して、刺繍による e-サーキットの可能性を検討したが、配線パターンが高抵抗であること、動作可能な配線パターンは仕上がりが固いこと、配線パターンへの部品の取り付けが困難であること、などの理由から、微少領域表面加工技術を用いて 1 本の糸に配線パターンを描いてしまう手法が有利であると考えられる。

今後 RFID ファイバーのアンテナ製造技術をさらに研究開発し、将来はこれらの回路パターンを繊維状に構成する予定である。

5 - 2 医療現場での管理システムの開発

(1) ガーゼカウントシステムの開発

実際に、手術の際に医療器具を患者の体内に置き忘れる事故は、約手術 1 万件に 1 件、中・大規模病院の場合、約 1 回/年の頻度で発生し、平均 21 日後にレントゲンや CT の検査で発見されることが多い。最近でも兵庫医科大学でガーゼ遺残事故が発生するなど、現在医療現場で最も深刻な課題となっている。そこで、泉工医科工業のアドバイスを受けながら実用的なシステムの開発を行った。

(1) - 1 基礎実験

血液や体液と類似成分の模擬血液等の環境下で認識可能な IC タグリーダの特性を測定するため、手術中に使い捨てられた手術用ガーゼの状態を推定して実験を行なった。

その結果、液体を水深 4mm にして浸すと「NO TAG」の信号で、10mm にすると「NO TAG」の信号も出ない。また、水深 4mm 程度で 38.2% の認識率であり、アンテナの半分、アンテナの両端を浸すと認識率は 50% 以下となる。なお、この結果は、用いたリーダーについての特性・機能であり、これ以上の機能を示すリーダーも多くある。

次に、液体の影響についての体液に近いイオン濃度溶液として市販のスポーツドリンクを使用し、ガーゼやペーパーを利用して認識実験を行った。

その結果、次の 2 つの結論を得た。まず、液体をガーゼに浸してインレットをその上に置くと全面ガーゼに密着すると、水、スポーツドリンクの両者の場合に正当率は 0% である。少しインレットを浮き上がらせてアンテナの両端を浸す状態にすれば、スポーツドリンク場合、75% 程度の読み取りができた。インレットを液体から完全に分離するために、ペーパータオルに液体を浸し、それをラップで包み、ラップを隔てた場合、いわゆる、ラップ方式での測定を再度、行なった。用いたキッチンペーパーは 4 つ折にし、リーダーは上から密着するほどの近距離であるにもかかわらず、結果は、正答率は 0% であった。しかしリーダーの位置を変更すると高い正答率が得られる位置があった。この位置の範囲はかなり狭いと推察される。

最後に、多重読み取りが可能なリーダーによって、多重読み取り機能を測定する実験を行った。その結果、このリーダーで 10 個程度の μ チップを同時認識することができた。また、ガーゼを丸めた状態でも読取可能と確認できれば、当提案のガーゼカウンタ（処理）は実現可能であるが、広げた状態でないと読めない場合は検討の必要がある。

(1) - 2 ガーゼ認識システムの開発

このような背景のもと、H23 年に、手術用ガーゼを管理する基本となる手術の前後のガーゼを計数できる図 5-2-1 のようなシステムの基本システムを試作した。実際、試作した医療用ガーゼ管理システムは RFID ガーゼの ID を認識しながら 1 枚ずつガーゼを取り出すことが可能であり、また術後のガーゼ計測部では模擬血液としてイオン交換水を含ませたガーゼを脱水処理し、その後にガーゼに取り付けた RFID の ID を認識することができた。これにより取り出しから廃棄までの ID 管理が可能となっている。

- 1 : 収容部
(術前ガーゼ取出管理システム)
- 2 : 計測部
(術後ガーゼ計測システム)
- 3 : 情報管理部
- 4 : 入力部
- G : RFID ガーゼ
- R : RFID リーダー

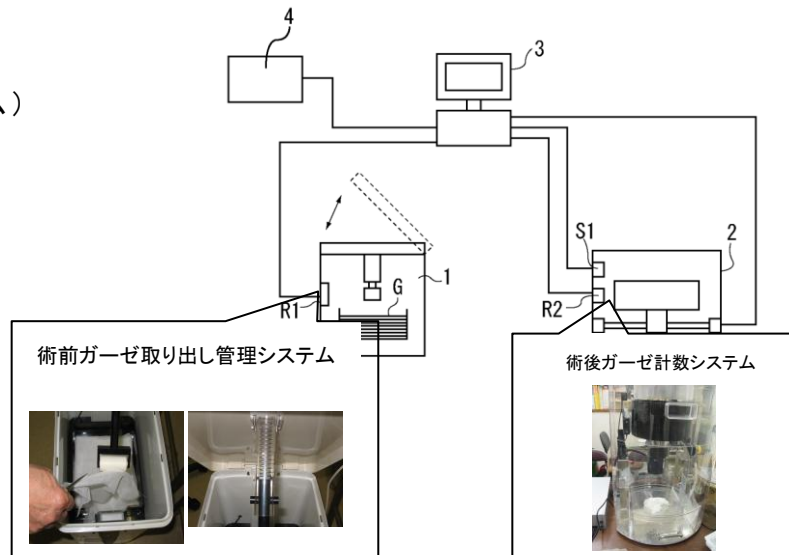


図 5-2-1 H23に開発した医療用ガーゼ管理システム概要

この試作システムをアドバイザーの泉工医科工業と医療現場（大阪市立大学手術スタッフ）で評価してもらった結果、実用化の改良点があった。そこで最終年度にこれらの課題を解決するために、以下の6項目に対応した装置を設計・開発を行った（図 5-2-2）。

- ① ガーゼに含まれる液量が 1g の精度で測定できること
- ② 測定時の騒音が 70 dB 以下であること
- ③ 装置は L500mm×W500mm 以内で、H1,000mm 以上であること
- ④ 廃棄液、廃棄ガーゼは、装置投入後は外界から遮断したまま処理ができること。また、廃液投入口が容易に交換できること。
- ⑤ 10枚以上の複数枚のガーゼに織り込んだ RFID ファイバーを認識できること
- ⑥ 使用ガーゼ枚数、未使用のガーゼ枚数を認識できること。

情報処理&表示装置

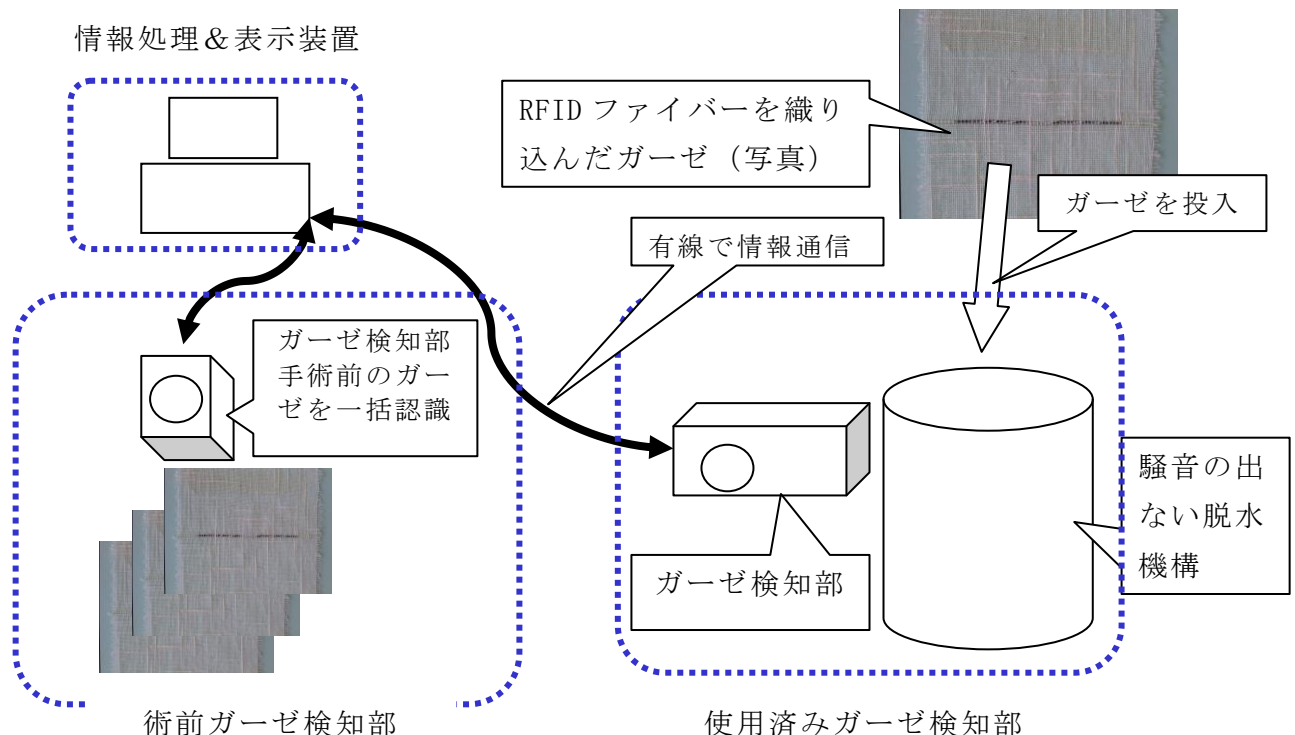


図 5-2-2 開発する手術用ガーゼ検知システム概略図

その結果、図 5-2-3 に示す新規の装置は非常にコンパクトにできており、投入したガーゼの ID を 100%認識できる装置となった。

複数枚認識する方法としては、あらかじめガーゼをずらしてセットすることで解決できた。

また、今回の装置は脱水機構としてローラーで絞る機構とした。体液に近いスポーツドリンク等での実験でも問題なく脱水でき、認識もできる。また、廃液を含めて簡単に廃棄できるようにしてあるため処理の問題もない。

ただし、実際の血液がついたガーゼを使用した場合に、装置の洗浄等では課題がのこる。これについては今後の事業化で解決していきたい。

今回の開発した新規のガーゼ検知システムは、現在評価試験中であり、次年度以降の事業化に向けて引き続き開発を行っていききたい。



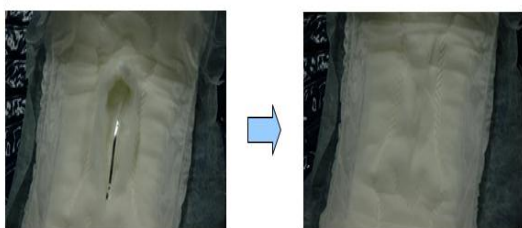
図 5-2-3 開発したガーゼ検知システム

(2) 大人用おむつの尿検知システムの開発

医療・介護用現場における患者および要介護者の QOL の向上と、医療・介護従事者の労働環境の改善を目指し、大人用おむつの尿検知を目的とし、尿検知システム用の RFID リーダーで尿検知に必要な認識基礎試験を行い、簡易的な大人用おむつの尿検知システムを開発した。

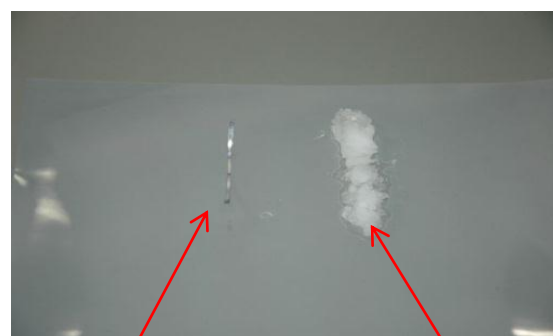
(2) - 1 尿漏れ検知の原理

図 5-2-4 に示すように、紙おむつの高分子吸収材に埋め込んだ RFID ファイバーが、尿漏れ時に水分を吸収した高分子吸収材によって囲まれ（図 5-2-5）、RFID リーダーとの間で電波の送受信が行えなくなることを利用している。以下では、動作確認および仕様決定が目的であり、RFID ファイバーの替りに、RFID インレットを用いた。



(a) RFID 埋め込み前 (b) RFID 埋め込み後

図 5 - 2 - 4 紙おむつへの RFID の埋め込み



RFID インレット

高分子吸収材に囲まれた状態

図 5 - 2 - 5 尿漏れ検知の原理

(2) - 2 マットレス越しの読み取り実験

病院や介護施設でよく使われている、(株)シガドライ・ウィザーズの「スーパーフレック

ス」というマットレスを用い、リーダーとインレットの間に挟んで読み取り実験を行った。スーパーフレックスは製品中で最も厚いものが 150mm なので、手持ちの 85mm のマットレスと、これを二つ折りにした 2 種類で実験した。図 5-2-6 に読み取り実験の器材の配置を示す。

マットレスが一重のときも二重のときも、読み取り平均距離は約 45cm であり、マットレスの材質による読み取り距離への影響は少ないことが分かった。また、水平方向には、最大で半径 25cm 程度の円の内部で読み取り可能であった。おむつが水分を含んだ場合は、30ml で読み取り不能となった。

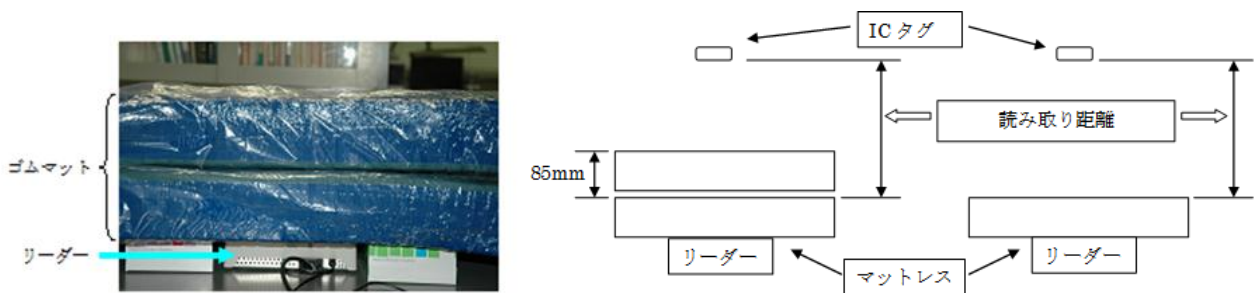


図 5-2-6 読み取り実験の設定

(2) - 3 尿漏れ検知用リーダーを用いた読み取り実験

尿漏れ検知用リーダーを用いた読み取り実験を行った。(2)-2における実験と同様に、(株)シガドライ・ウィザースの「スーパーフレックス」を用いた。図 5-2-7 に実験機材の配置を、図 5-2-8 に実験の様子を示す。

紙おむつ内に RFID インレットを埋め込み、水を 2ml ずつ吸収させながら、読み取り可能距離を測定した。表から、水分の吸収量の増加に伴い、RFID インレットと RFID リーダーの電波の送受信が困難となるため、水分の検知が可能であることがわかる。今後、このリーダーを用いて、大人用おむつの尿検知システムの評価試験を継続して行い、実用的な大人用おむつの尿検知システムの開発・評価を行う予定である。

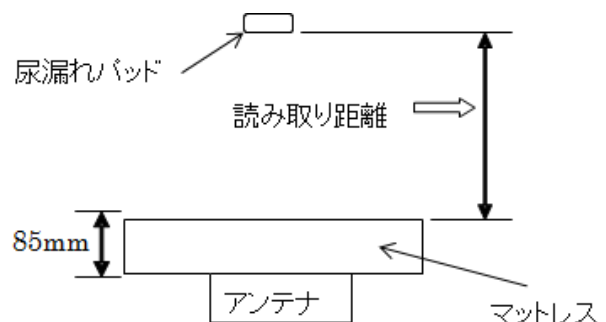


図 5-2-7 読み取り実験の器材配置

図 5-2-8 読み取り実験の風景

(3) ID 機能付きテキスタイルを利用した行動測定システムの開発

医療機関や介護施設では入院患者や入居者の行動を測定できることが、入院患者や入居者の安全や業務の削減に大きく貢献する。そこで、RFID ファイバーを衣服に取り付け、その大まかな行動（入退出、ベッドからの寝起き）が判断できるシステムを導入し、実用性の評価試験を行った。

入退出、ベッドからの寝起きが判定できるシステムとして、医療用対象者管理システムを開発した。

(3) - 1 評価試験について

医療用対象者管理システムは大阪市立大学・医学部にて実用性の評価試験を行った。図 5-2-9 にシステムの設置状況を示す。被験者の行動としては、「廊下と部屋②の入退出」、「部屋②と部屋①の入退出」、「部屋②でのソファーへの着座」の 6 パターンで評価した。被験者は RFID を取り付けた白衣を使用して実験を行った。評価実験の被験者は学生 21 名（男性 15 名、女性 6 名）で行った。なお被験者の身長は 150~182cm の範囲であった。

(3) - 2 評価試験結果

実験の様子を図 5-2-10 に示す。実験は 2 人（もしくは 3 名）1 組で行い、一人が通過するときもう一人が通過の認識状況を PC で確認して行った。各々 3 か所を各 3 回通過もしくは着座して行っている。通過もしくは着座に対する姿勢等については今回特に指示せずに自由に行った。そのため写真のように様々なパターンで通過している。

評価試験を集計した結果を表

5-2-2 にまとめた。表中の値は、全 21 名の被験者の実験回数に対してシステムの認識した回数を割合で示している。表より、白衣 A、B を比較した場合は白衣 B の方が、全体的に認識率が高い傾向であった。これより白衣 B のように RFID を横方向に設置した方が良いことが分かった。なお、測定では、男女および身長差による認識率に差は見られなかった。身長や男性・女性と認識した白衣の部位やリーダーアンテナを設置した暖簾の位置との相関がある可能性は高く、また通過姿勢と白衣に装着するタグ位置との相関を

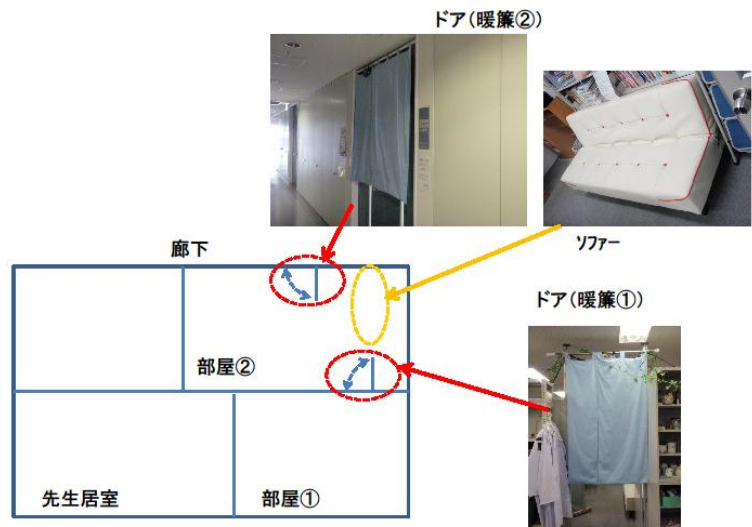


図 5-2-9 RFID リーダーアンテナの設置場所

暖簾① 暖簾② ソファー



図 5-2-10 被験者用による評価試験写真

含め今後詳細に検討していく予定である。認識が低い理由は静電気に起因する部分が多い。今回の実験環境がPCの多い部屋であったため常時空調をしており低温環境であった。またソファは表面が人工皮革で静電気を帯びやすい材料であった。そのため被験者からもソファで実験した後は認識が悪いとの声が多く、またソファに座る場合の認識率が高いのに対し、ソファから立ち上がる場合の認識率が極端に低くなっていることからわかる。

普通に通過する場合は問題なく認識することより、次回以降の試験では暖簾型とソファ型を切り分けて試験する、もしくは白衣に静電気対策を付与して試験した方が良いことが分かった。

表5-2-2 医療用対象者管理システム

	廊下→部屋②	部屋②→廊下	部屋②→部屋①	部屋②→部屋①	座る	立つ
白衣A	57.1	50.8	39.7	30.2	49.2	9.5
白衣B	66.7	65.1	46.0	34.9	50.8	9.5

※表中の値は、被験者の行動回数に対する認識した割合（％）

(3) - 3 まとめ

医療用対象者管理システムの評価試験を行った結果、改良により実用性が期待できるシステムであることが分かった。今回は汎用 RFID を使用したが、現在開発している RFID ファイバーと認識性能がほぼ等しいため今回の実験データをそのまま転用できると思われる。またシステム自体は図 5-2-11 のように対象者の位置がわかるようになっており、また履歴もデータとして保存されるので実用性が感じられた。ただし、実際の医療現場での運用上からは以下の点の改良が必要であり、今後の実用化に向けて検討していきたい。

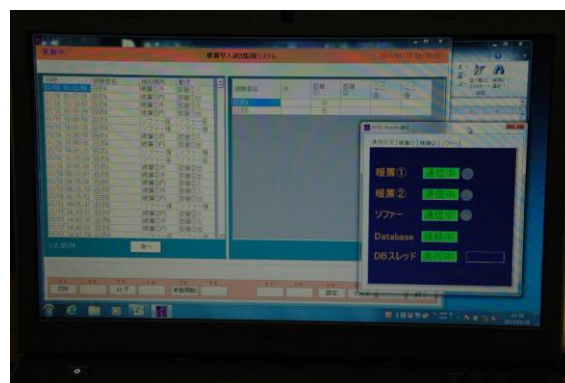


図 5-2-11 医療用対象者管理システム画面

(4) 医療現場での管理システムの開発について

[概要]

本研究では、RFID ファイバーの臨床現場での利用の可能性について検討を行い、病棟での除圧マット管理を対象に、システムの試作を行い RFID ファイバーの導入効果を評価した。

[背景状況]

京都大学医学部附属病院では、2011 年 1 月に総合病院情報システム(通称、KING5)を更新した際、Bluetooth を用いて位置計測とデータ転送を同時に行うインテリジェントセンサネットワーク環境を導入し、看護師が安全管理のための 3 点認証に利用するバーコードリーダ

システムをネットワーク上に構築して運用している。

平成 22 年度に、別予算のプロジェクトの元で、体温計・血圧計の半自動記録システムを開発し、看護師 22 名を対象とした評価実験を実施した。

[実施内容と結果]

(4) - 1 RFID ファイバー利用可能性の調査

(4) - 1 - 1 バーコードの代理としての RFID 利用性の調査

上記半自動記録システム評価の中で、看護師に対し、バーコードリーダの現在の利用状況、及び、RFID 化による業務効率化の可能性について、聞き取り調査を行った。

聞き取りの結果、バーコードは、三点認証、実施入力（コンビニエンスストアで、おでんなどの店頭販売品の POS 入力の要領で実施記録を保存する）、特定医療材料などの物流管理などに利用されており、特に物流管理において RFID 化の効果が見込まれることが指摘された。特に、薬剤 TPP シートに RFID を導入することによる薬剤内服管理、麻薬の動態管理などのこれまで適応が不可能であった微少で数が多い物品の管理に適応可能であることが指摘された。このうち麻薬管理は医療機関の社会的責任を果たす上でも重要な事項であり、技術的裏付けが得られれば、診療報酬点数などに反映すべき事項であるとの指摘もあった。

(4) - 1 - 2 布製品への RFID 導入効果に関する調査

本院感染制御担当、安全管理担当、医療情報担当看護師・医師に、布製品への RFID ファイバーの導入効果について、聞き取り調査を行った。

その結果、ガーゼカウントなどにおいては、実は手術前の計数の不備のために管理が難しくなっている実態があり、ガーゼを含め、術前にセットされている医療機器の全てについて簡単に計数できる仕組みの導入は、医療安全向上のために重要であることも指摘された。その一方、ガーゼカウントだけのための機器導入を行うことは、コストパフォーマンスの悪化を招くだけでなく、管理運用の複雑化を招き、かえってほかの医療事故を誘起させる危険性があることが指摘された。すでに鋼製小物を中心とした医療機器のライフタイム管理のために RFID が導入されている事例は多く、ガーゼなどの布製品や、針などの微少物品が鋼製小物と「まとめて」計測できる、手術用カート型 RFID リーダーの開発など、運用形態を想定した管理システムの構築が、RFID ファイバー導入の効果を最大化する上で、必須であると考えられる。

布製品の動態調査は、感染制御上の効果がある可能性が指摘された。但し、感染制御上で必要とされる追跡範囲は、一般的に熱水選択から熱水選択の間の短い時間であるため、RFID の熱水体勢に加えて、短時間の記録を細かく補足できる情報システムの導入などが必要で有り、運用で代替できる部分も大きいとの指摘もあった。一方、繰り返し適用される機器の存在追跡には、RFID は一定の効果を発揮しうることが指摘された。特に機器の適用が直接診療報酬請求に結びつく褥瘡管理用除圧マットについては、急性期・慢性期の別にかかわらず、全病院の必須管理事項で有り、空気の導入や表面加工の問題からバーコード適用が難しいことから、シーツなどの布製品への導入が可能な RFID ファイバーの適用が望ましいことが示唆された。

(4) - 2 除圧マット管理システムへの導入と評価

調査結果に従い、除圧マット管理システムの導入評価を計画した。

まず、施設内予算にて、KING5 上に除圧マット管理システムの導入を行った。同システムは、KING5 上のバーコードリーダを用いて、褥瘡マット、および、ベッドヘッドに貼り付けたバーコード（図 5-2-19 下写真）を読み込むことで、「このベッドに、このマットを適用する」、「このマットを適用終了する」などの情報を入力できるようにするものである。加えて、センサネットワーク環境の機能を用いて、バーコード読み取り場所を計測し、ベッドヘッドバーコードの読み取りが行われなくとも紐付け対象ベッドを推測する機能を提供する。導入によって、院内除圧マット管理が一元化され、多くの問題が解決されたが、小さな問題として、バーコード読み取りのためにベッドカバーをめくる必要があり、看護師の現場運用上のオーバーヘッドが大きいとの指摘があった。

本研究では、上記基盤システムに接続できる RFID リーダーを開発した。このシステムは、WIFI 通信可能な PDA 装置に RFID リーダーを導入し、WIFI 接続を経由して上記基盤システムと通信できるソフトウェアを有している。病棟では、バーコードと紐付けされた織ネームを除圧マット上に貼り付け、上記システムと同様に運用する。RFID はベッドカバーの上から読み取ることが可能であるので、事前ヒアリングの結果、上記オーバーヘッドが改善される可能性が高いとの指摘があった一方、織りネーム自身が感染を媒介する可能性が有り、表面貼り付けは好ましくない可能性があるとの指摘もあった。

今後、上記バーコードシステム運用が安定すれば、位置病棟程度で試験運用し、具体的な効果と問題について分析する予定である。



図 5-2-12 管理対象の褥瘡マット写真

第6章 全体総括

平成22年度は、（財）ふくい産業支援センターの連携と助言や指導により研究全般としてはほぼ予定どおり進捗出来た。

微小パターンメッキを形成させた糸アンテナにICチップを装着し、動作させることができた。繊維への微少領域表面加工装置を設置し基礎研究を実施。平行して福井大学で基礎研究を進めている特定金属のみ析出させる表面処理した加工材料の課題も絞れた。表面加工した糸の防護方法および実装方法も1月より装置を使った基礎研究を開始し、10m長の防護塗工サンプル試作できた。RFIDファイバーを使用したテキスタイルの開発では、製織時の課題であるRFIDファイバーのICチップ突起部の対策も防護樹脂の塗工により対策できた。ID機能付きテキスタイル製品の認識システム開発と評価は、各分野におけるニーズを整理して、現在システム開発に必要な課題を明確にしている。一般産業用としては具体的な管理リーダーの開発等について検討し、医療分野では血液中に配置したRFIDが認識性能について基礎試験準備と医療現場での具体的な活用用途について京都大学医学部と大阪市立大学医学部と協議し来期に実験の準備をした。

平成23年度はRFIDファイバーを試作するためにICチップ付きインレットを実装する試験装置を設計・作成し、この装置を使用してRFIDファイバーを試作し、試作したRFIDファイバーを織物に織り込んで医療用ガーゼを10m試作した。また、RFIDファイバーの特徴とする屈曲耐久性1万回の耐久性を確認できた。ID機能付きテキスタイル製品の認識システム開発と評価も具体的な用途の研究で商品化が明確となり、一般用途には織ネームへ織り込むシステムまで試作提案した。医療用現場での管理システムの開発は医療現場でのRFIDファイバーを活用できるシステムが明確化し、手術用ガーゼ管理システムの研究、尿漏れ検出システム開発、織ネームを使った管理システムの可能性を研究し目標を達成した。試作品ができ次第すぐにでも実用試験をしたいとの反応を既に数社と開発を開始しており事業化への道筋は太くするように活動した。詳細は以下のとおり。

微少領域表面加工技術の研究開発では、実装特性評価を繰り返し安定するパターン長を見いだせた。無電解化学メッキ用触媒インクのにじみ低減はできたが、繊維と無電解メッキとの密着性に課題が残った。耐久性の付与技術の研究開発では、大気圧プラズマ法(窒素)と無電解メッキを使用して繊維表面処理技術を開発し、耐久性があるアンテナ導電性繊維を開発できた。連続加工試験では、100m以上の繊維長に、パターンメッキを電気抵抗500Ω/m以下でできた。

ICチップ実装によるRFIDファイバーの開発では、RFIDファイバー用アンテナ繊維上にICチップを搭載する装置の開発ができた。また、耐熱性樹脂を防護加工により太さ1.4mmのRFIDファイバーを試作できた。電子線照射方法による滅菌法、およびエクストルーダ塗工方法は樹脂塗布方法として実用化の可能性が高いことが分かった。

ID機能付きテキスタイル製造技術開発では、RFIDファイバーをよこ糸及び経糸に使用して汎用広幅対応レピア織機でID機能付きテキスタイルの10m試作ができた。

ID機能付きテキスタイル製品の認識システム開発として一般産業用途での管理システム開発では、既存の消防ホースに容易にRFIDファイバーを取り付ける方法を検討し、RFIDファイバー認識

性能を評価した。医療用現場での管理システム開発では、リーダー性能と認識可能なサンプル形状の試験を行い、実用的な方法を考案した。また、術前・術後のガーゼ枚数を計測し、照合できるシステム開発、簡易的な大人用おむつの尿検知システムを開発のための尿検知に必要な認識基礎試験、ネットワークを利用した管理システム構築方法の開発を行った。

平成24年度は RFID ファイバーを一連の連続装置で生産できる基本設計を完了し、装置改良等により歩留まりも向上したことで、安定した品質の生産技術を確立することができた。開発した RFID ファイバーの樹脂加工もめどが立ち、樹脂加工後も屈曲耐久性1万回と引張伸度耐久6%の特性を維持できるなど、物性面でも RFID ファイバーの優位性が分かった。なお、試作した RFID ファイバーを織物に織り込む技術の開発により、目標である医療用ガーゼを試作でき、製織性も問題ないことも分かった。

ID 機能付きテキスタイル製品の認識システム開発と評価も、消防ホースへの導入システムの研究で具体的商品化が明確となり、一般用途には織ネームへ織り込むシステムまで試作提案できた。医療用現場での管理システムの開発は、医療現場での RFID ファイバーを活用できるシステムを明確化することができ、手術用ガーゼ管理システムの研究、尿漏れ検出システム開発、織ネームを使った人の管理システムの基本システムを構築することによって、実現可能性を研究できた。京都大学病院の実証試験は十分進捗できなかったが、もっとも実現性が高く期待が大きいため、引き続き研究していきたい。

上記のとおり事業化に向けての研究はほぼ計画通り進展し、研究全般として十分な成果が得られ、次年度につながる商品開発の具体化ができた。

RFID ファイバーは、2012 年 10 月の中小企業総合展に出展し多くの来場者から好評であり、これまでにない形状と性能が高い評価を得た。中には秘密保持契約を結んでの開発に展開した企業もあり、現在試作品を提出して評価を進めている。

展示会出展後のオファーや製品化に向けたニーズ調査の結果、IC チップの価格が今後の市場参入に向けての課題の一つとなる。まず来年度は付加価値の取れる用途に絞りこんで事業化をめざし、開発サンプルを各方面に配布することにより協力会社を広げることで市場への提案を進め、事業化の目途を確立できるようにする。

また、IC チップ製造企業の方針で 2.45GHz の IC チップが製造中止になったこと[※]は研究開発にとって痛手であるが、UHF帯の IC チップにも今回開発した技術が応用可能であることが今年度の研究でわかっている。そこで次年度本格的に研究開発と生産技術の確立を行い、UHF帯 RFID ファイバーの早期の事業化を目指す。

※本プロジェクトで開発した 2.45GHz の IC チップの在庫が製造企業に多数あるため、現在予定している事業化規模の RFID ファイバー供給には全く問題ない。