

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 14日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300021

研究課題名（和文） ハイブリッドRFIDテキスタイルを用いた広域空間の位置情報検出手法についての研究

研究課題名（英文） method of position detection system of large area using hybrid rfid textile

研究代表者

上岡 玲子（UEOKA RYOKO）

九州大学・芸術工学研究院・准教授

研究者番号：30401318

研究成果の概要（和文）：

本研究では複数の周波数帯のRFIDタグを糸にして布に織り込んだハイブリッドRFIDテキスタイルの自動織技術を実現し、広域空間内において人および移動体の位置検出を効率的に実現するため、布の特性を活かしたインタフェースの設計、位置検出システムを効率的に実現するためのマッピング生成装置の開発、およびハイブリッドRFID環境での位置検出の評価を行い、実用化の実現可能性について知見を得た。

研究成果の概要（英文）：

We have developed the method of automatic weaving of hybrid RFID textile, which composes of multiple types of RFID tags such as 2.45 GHz and UHF. Using this material, we developed Noren, traditional Japanese split curtain used for the entrance of shop, to detect a person's trajectory in public. Also we developed a mapping device to make location map written in each IC tag woven in RFID textile to realize automatic map making lined RFID textile with a large area. And we conducted a evaluation experiment to detect a person's area and wheelchair's movement using hybrid RFID environment to verify the usefulness of the developed material.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2011年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2012年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
総計	13,100,000	3,930,000	17,030,000

研究分野：計算機システム・ネットワーク

科研費の分科・細目：ユビキタス

キーワード：RFIDテキスタイル、位置検出、ハイブリッドRFID

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

人のポジショニングをトリガーとし、その場に適した情報を提示する場所依存型システム(LBS Location-based Services)が現在注目されている。カーナビゲーションや携帯電話に搭載された衛星通信を利用した GPS システムが最も一般的な場所に依存したシステムである。しかし、衛星からの電波が届かない屋内では位置の認識ができない。そこで、閉空間での位置認識システムとして、あらかじめ決められた位置に RFID を配置し、リーダーで各 RFID の ID を認識して自己位置を帰納的に算出する位置認識システムの開発が行われている。申請者らの所属する研究室でも、以前に 1349 個のアクティブ RFID タグを半屋内環境に 1.2m 間隔で敷設し、位置検出システムの評価を行った。この方法は優れた位置認識性能を示すが、多数の RFID を配置するには敷設のための労力を要するためコストが高くなる。また、RFID の ID と空間位置を対応させたマッピングテーブルを作成するための労力も敷設エリアが広域になると多大なコストになる。さらにアクティブ RFID タグは電波出力が強くタグ自体にバッテリーが必要になりメンテナンスにも労力が必要となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は複数の周波数帯のパッシブ RFID タグを糸にして布に織り込んだハイブリッド RFID テキスタイルを開発し、広域空間内において人および移動体の位置検出及びナビゲーションシステムを効率的に実現するための方法論を明らかにすることである。

ハイブリッド RFID テキスタイルを用いた位置検出手法の実現により、特別な敷設工事が不要なく広域空間においても比較的簡単な設置で位置検出システムが実現できる。また、複数の周波数帯のタグを織り込むことで、それぞれのタグの特性を活かしたシステム構築を行い、必要な粒度で人及び移動体の検出が可能になる。

3. 研究の方法

本研究では人と移動体が広域空間で多数共存した時の効率的な位置検出方法論を解明し、ナビゲーションシステムの設計論を明らかにするために、①従来ある環境の文脈の中で広域に人の位置検出を行うためのインタフェースの設計②UHF 帯のパッシブ RFID タグを糸状にして織り込み自動織を実現する技術の開発および UHF 帯と異なる周波数帯域のタグをハイブリッドに織り込む技術の製造

方法の研究③UHF 帯タグの書き込み可能なメモリー領域を利用した位置情報を自動で算出しタグに書き込むためのマッピングデバイスの開発④床面から約 80cm の高さ（人の腰部を想定）で位置情報が検出できる UHF 帯タグ用リーダーと 2.45GHz 帯の近接読取用のタグリーダーを利用し、ハイブリッドなタグ環境で人と移動体の位置検出手法を検討し、本研究の位置検出の方法論の有効性を評価する

4. 研究成果

(1) のれん型インタフェースの設計

従来ある環境の文脈を損なわずに出入りとして人の位置情報検出が可能なシステムの実現可能性を検討するため、2.45GHz 帯の RFID テキスタイルとリーダーに使用するテキスタイルアンテナを、導電性糸を用い開発し、それらの素材を用い、のれん型の出入り検出システムである「スマートのれん」を開発した。(図 1) スマートのれんでの出入り検出の機能を利用し、アンテナの性能評価について、スマートのれんの実験の現場として兵庫県の城崎温泉での温泉客の街中の回遊履歴を検出するためのシステムを想定し、タグ入りの浴衣とリーダーアンテナを実装したのれんのシステムで検出できるかを、実験環境での人の出入りの観察から特性を調査し、システムの妥当性を検証し、その有効性について知見を得た。(図 2)



図 1 試作した RFID テキスタイルの浴衣 (上) と導電性糸のリーダーアンテナ入りのれん (下)



図2 出入り検出システム

(2) UHF タグの自動織方式の設計, ハイブリッド RFID テキスタイル製法の開発

UHF 帯域の電波タグを, 糸状に自動加工し, 織機で織り込む技術を開発し, 大量の UHF 帯の RFID テキスタイルの製造を実現した.

試料として, UHF 帯 RFID (幅 14mm×長 70mm (日立化成工業株製, 中型インレット)) を使用した. これを, ポリエステルメッシュ織物上に RFID をホットメルト樹脂で一定間隔に接着した RFID ヤーンを試作した.

RFID テキスタイルは, たて糸にポリエステル繊維 (167dtex/48f Z800t/m), よこ糸にたて糸と同じポリエステル繊維と RFID ヤーンを使用して試作した.

RFID テキスタイルの基本組織は 2/2 斜紋組織とし, RFID ヤーン挿入部の織物組織は袋織として, 上下のポリエステル織物で挟み込む構造にしている.

製織装置は, バンドレピアと棒レピアを併設し, 各々のレピアが個別によこ入れできる駆動方式が特徴であるレピア織機 (株橋詰研究所製: IC-01 型) を使用した. この装置により扁平なテープ形状の RFID ヤーンを捻じらずによこ入れすることができる. また, RFID ヤーンが毎回織物の特定位置に配置できるように, よこ糸挿入時には光電式センサで RFID 位置を検知してよこ入れの位置合わせを行う.

RFID テキスタイルのコーティング加工は, ナイフコーティングによるポリウレタン樹脂加工を行った. これにより図 3 に示すように織物内の UHF タグがほぼ同じ位置に配置され織り込むことができる. 織り込まれた IC タグを市販のリーダーで読み取り試験を行ったところ破損せずに製造可能であることが確認できた.

IC タグの位置精度を評価するために, テキスタイル内のよこ糸 30 本 (UHF 帯 IC タグ 150 個) の位置を測定した. 各 IC タグの織機給糸側からの距離の標準偏差と変動幅 (最大値-

最小値) の測定結果を図 4 に示す. 図より, テキスタイル内の IC タグの織機給糸側からの距離は, 標準偏差 最大 2.5mm, 変動幅 最大 9mm で, $\pm 5\text{mm}$ 以内の精度で IC タグを配置できていることが分かった. また, 給糸側から反給糸側にしたがって IC タグ位置の標準偏差および変動幅が大きくなっている. これは, 製織装置の給糸側に設置した光電式センサで IC タグを検知し位置合わせを行うため, 反給糸側になるほど, 25cm 間隔に配置されている IC タグのずれが蓄積されて大きくなるからである. このずれの原因は, よこ入れ時の張力変動, テキスタイルの織縮, IC タグヤーン作成時の IC タグ間隔精度 ($\pm 1\text{mm}$) など様々な要因が複合しており, よこ入れ張力制御などの改善によりさらに位置精度を向上できると推測されるが, 現段階でも位置検出のための十分な精度が確保できる素材が製造できることが確認できた. また, 違う帯域の RFID タグの織り手法について検討するために, UHF 帯と HF 帯のタグを UHF 帯の製造方法と同様に, 糸状にした 2 種類の RFID ヤーンを使用して試作し, 破損なく織り込むことが可能であることを確認した.



図3 UHF 帯 RFID テキスタイルの織機織 (上) と試作したテキスタイル (下)

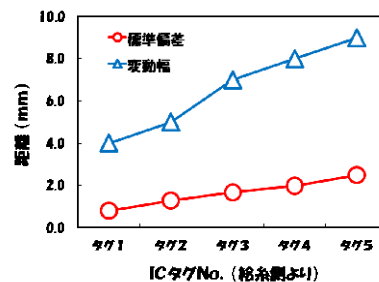


図4 タグの織り位置精度結果

(3) 位置情報自動生成装置（マッピング装置）の開発

図5にあるように織り込まれたUHF帯のタグにIDや敷設した環境にあわせた位置情報を書き込むための稼働型のマッピング装置を開発した。具体的には、UHFリーダーを装備した車輪を有するカートに車輪の回転数をデジタルに算出するエンコーダーを装備し、回転数を距離として位置情報を自動で算出し、リーダーで検出したUHFタグに位置情報を書き込む機能とカートが最も近接しているタグの情報を読み取る機能とを有する装置である。書き込まれたデータはカートのタブレット端末に記録され、Wifiの通信を經由しパソコンへの記録、表示も可能である。装置の実現可能性を検証するため、一般の建物で使用されている床材を18種類用意し読み取りの試験を行ったところ、床面から平均して6.6cm(標準偏差0.8cm)の距離でタグの読み取りが可能であることが明らかになった。床材なしで検出を行った場合床目から7.7cmの距離で読み取りが可能であり、床材の影響を考慮し0.9cmタグにリーダーの敷設する床へ近づける必要があるが、カートに敷設するリーダーアンテナの高さを約5.0cmにすることで床材に関係なくタグの検出が可能であることが確認でき、その知見を参考にして装置の開発を行った。



図5 マッピング装置外観

(4) ハイブリッド RFID テキスタイルを用いた移動体位置と人のエリアの検出

UHF帯のRFIDタグを(1)50cm, (2)30cm, (3)20cmの3種類の異なる間隔で織り込んだ3種類のRFIDテキスタイル(300cm(w) x 115cm(h))を用い、人の腰の高さ約80cmの距離からの検出精度を確認するため、読み取り試験を行った。リーダーを腰の高さに設置し、アンテナを床面に平行に配置してテキスタイルの中心を直線方向に歩行しUHFタグの読み取り性能の評価を行った。歩行速度は、(1)0.6m/sec(2)0.6m/sec(3)0.7m/secである。図6, 7, 8に(1)-(3)の3種のRFIDテキ

スタイルの読み取り頻度をヒストグラムで示す。結果より50cm, 30cm間隔でUHFタグが点在する場合、アンテナ特性の影響の要因などから、エリア検出の解像度は直径約150cmであることがわかる。また、20cmの間隔でUHFタグが点在する場合、他の2種類と比較し、エリア検出精度が細かくなり直径約60cmでエリア検出が可能であることが確認できた。

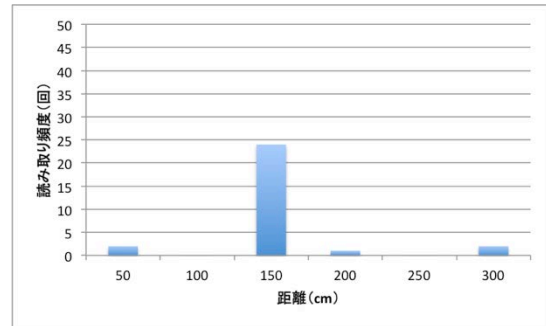


図6 RFID テキスタイル読み取り頻度(50cm 間隔)

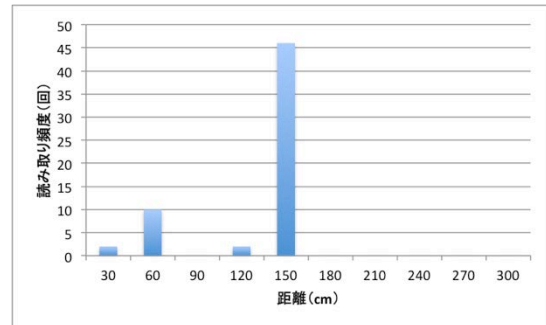


図7 RFID テキスタイル読み取り頻度(30cm 間隔)

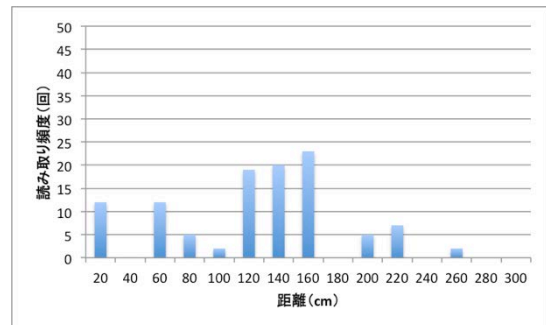


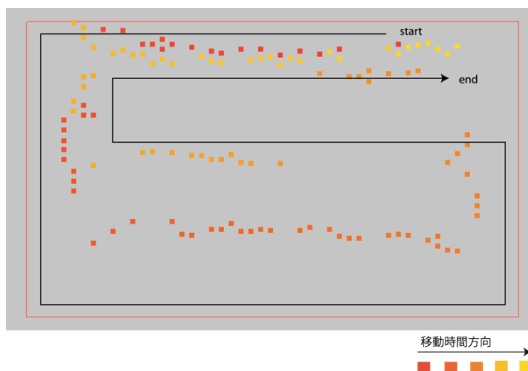
図8 RFID テキスタイル読み取り頻度(20cm 間隔)

次に各テキスタイルを10cmピッチで織り込まれた2.45GHz帯のRFIDテキスタイルをハイブリッドに敷設し車いすの移動体の位置と人のエリアを検出するシステムを試作し性能評価を行った。図9に示す通り2.45GHz帯のテキスタイルはタイルカーペット状に加工し敷設し、UHF帯のRFIDテキスタイルはコーティングした状態でタイルカーペット上に敷設し、UHFリーダーを人の腰部に装着し、車いすに2.45GHz帯のタグリーダーを装

備して人の動きと移動体である車いすの位置をハイブリッド RFID で検出可能であるか評価を行った。2.45GHz のタイルカーペットの範囲は、500cm(w) x 300cm(h) で、UHF の RFID テキスタイルは、300cm(w) x 115cm(h) である。UHF 帯 RFID テキスタイルは予備実験より 50cm と 30cm 間隔で織り込まれたテキスタイル間の読み取り精度の差が大きくみられなかったことから、ハイブリッド RFID テキスタイルの実験では、50cm と 20cm の 2 種類の異なる間隔で織り込んだ RFID テキスタイルをそれぞれ用いて性能評価を行った。図 10 は 2.45GHz 帯の RFID テキスタイル上を移動した車いすの軌跡の時間軸を色分けしてプロットした図である。



図 9 ハイブリッド RFID テキスタイルを用いた位置検出実験の様子



また、図 11 は 50cm 間隔の UHF 帯 RFID テキスタイル、図 12 は 20cm 間隔の UHF 帯 RFID テキスタイルを使用し、車いすを押しながら歩行した軌跡をプロットした結果を示す。底面に四角にプロットしているのが車いすの軌跡で、時間軸を色と高さに変換し円形にプロットしたものが人の歩行エリアの検出結果である。図に示す通り、帯域の異なる RFID タグはお互い干渉することなくハイブリッドに RFID タグを用いることで精度の異なる位置情報が検出できることを検証できた。

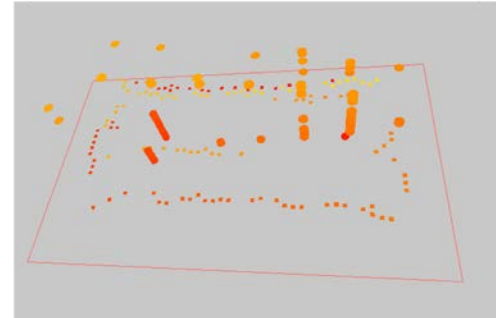
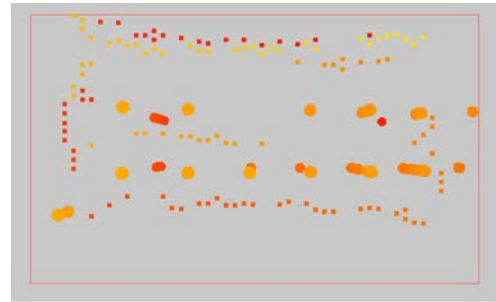


図 11 ハイブリッド位置検出結果 (50cm 間隔) 上部俯瞰 (上) 横俯瞰 (下)

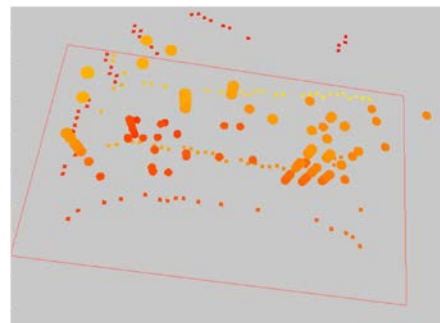
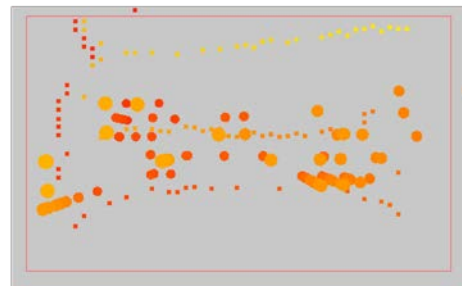


図 12 ハイブリッド位置検出結果 (20cm 間隔) 上部俯瞰 (上) 横俯瞰 (下)

(6) まとめ、今後の課題

異なる帯域の RFID タグをテキスタイル状に加工し、その材料を用いて必要な位置精度に応じて加工することで、テキスタイルの特性を活用した位置検出が可能であることの知見を得た。また、広域に敷設する場合の位置情報の効率的作成のための装置の開発およびハイブリッド RFID テキスタイルの位置情報検出の性能評価を行いその実現可能性にむけての知見を得た。UHF 帯を最も細かく配置した 20cm 間隔のテキスタイルでも干渉な

くタグの読み取りが可能であったことから、粒度を更に細かくすることも可能であることが知見として得られた。マップ情報の自動作成のために開発したマッピング装置に関しては、これまで 2.45GHz 帯域 RFID タグのマッピング作成用に検反機にリーダーの読み取り機能を追加したものを開発したが、稼働性がなく環境に敷設した後にマッピングをするという利便性に欠けていたため、この装置を開発することで RFID テキスタイルの位置検出装置の実用性がさらに高める事ができた。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計7件)

村上, UHF 帯 IC タグテキスタイルの開発, 日本繊維機械学会第64回年次大会, 2011年6月1日, 大阪科学技術センター, 大阪

増田, Development of Ultra-High-Frequency Integrated Circuit Tag Textile, The 40th Textile Research Symposium, 2011年8月26日, Kyoto Tera, 京都

上岡, スマートのれん: 非頭在型ユーザー出入り検出システムの研究, ヒューマンインタフェース学会シンポジウム 2011, 2011年9月14日, 仙台国際センター, 宮城

上岡, インビジブルコンピュータに向けて-エレクトロニクステキスタイルの実践-, 第11回ウェアラブル/ユビキタス VR 研究会, 2011年12月27日, 首都大学東京秋葉原サテライトキャンパス, 東京

上岡, RFID テキスタイルによる Natural User Interface の提案, 日本デザイン学会第59回春季研究発表大会, 2012年6月23日, 札幌市芸術の森キャンパス, 北海道
2012

上岡, インビジブルコンピュータに向けて-エレクトロニクステキスタイルの実践-, 日本繊維機械学会 e-テキスタイル研究例会(第6回)招待講演, 2012年7月6日, 大阪科学技術センター, 大阪

村上, 位置認識システム部材用 RFID テキスタイルの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2012, 2012年9月6日, 九州大学芸術工学研究院, 福岡

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: アンテナを備えた暖簾及びそれを用いた移動検知装置

発明者: 上岡, 増田, 村上, 竹内, 橋本

権利者: 産業技術総合研究所, 福井県工業技術センター, (株) ユティック

種類: 特願

番号: 2012-20257

出願年月日: 平成 24 年 2 月 1 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

2012年9月 グッドデザイン賞受賞

6. 研究組織

(1)研究代表者

上岡 玲子 (UEOKA RYOKO)

九州大学・芸術工学研究院・准教授

研究者番号: 30401318

(2)研究分担者

廣瀬 通孝 (HIROSE MICHITAKA)

東京大学大学院・情報理工学系研究科・教授

研究者番号: 40156716

(3)連携研究者

増田 敦士 (MASUDA ATSUJI)

福井県工業技術センター・主任研究員

研究者番号: 20508874

村上 哲彦 (MURAKAMI TETSUHIKO)

福井県工業技術センター・主任研究員

研究者番号: 90508871