

RFID Activity Score: HF 帯及び UHF 帯の RFID を用いた ユーザアクティビティの可視化システム

脇田 玲[†] 梅嶋 真樹[‡] 川喜田 佑介[‡]

[†] 慶應義塾大学 環境情報学部

[‡] 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

E-mail: {wakita, umejima, kwkt}@sfc.keio.ac.jp

抄録: RFID リーダに蓄積されるユーザの行動履歴情報を公共の大型ディスプレイに可視化するための手法について提案する。本手法では、HF 帯と UHF 帯の 2 種類の RFID を用いることで、能動的なセンシングと受動的なセンシングの 2 通りのユーザインタラクションをサポートしている点が特徴である。3000 人のユーザが参加する展示会場において本システムを運用し、情報デザインの有効性について評価を行った。

キーワード: RFID, 行動履歴, 情報可視化, 大型ディスプレイ, 情報デザイン

RFID Activity Score: A Information Visualization System with HF-band and UHF-band RFIDs

Akira Wakita[†] Masaki Umejima[‡] Yuusuke Kawakita[‡]

[†] Faculty of Environmental Information, Keio University

[‡] Graduate School of Media and Governance, Keio University

E-mail: {wakita, umejima, kwkt}@sfc.keio.ac.jp

Abstract: We present a prototype system visualizing live RFID data. We have utilized two kinds of RFIDs, that is HF-band and UHF-band IC tags and readers. This makes it possible to support both active and passive RFID data provision. To estimate the ability to amplify cognition and to present a guideline for user's next move, we have operated our system in the exhibition in which 3000 users have participated. We discuss the lessons learned in designing and operating our prototype system, including security management and visualization, and dynamic visualization for public ambient display.

Key words: RFID, User Activity, Information Visualization, Public Ambient Display, Information Design

1 はじめに

RFID 技術の普及は、商業、防衛、流通、ホームセキュリティなど様々な分野で急激に進んでいる。RFID 情報は実世界のありとあらゆるモノに付加されようとしているため、我々が扱う RFID のデータ量は驚くべき速度で増加している。さらに、ステータスが時系列に沿って動的に変化するものであるため、リーダーや DB に蓄積された RFID 情報が何を意味しているのかを把握することは容易ではない。このように、膨大化かつ複雑化していく RFID 情報に対して、人間の知覚の補佐やコンテクス

ト取得の支援を可能にするような情報可視化が求められている。

そこで、我々は、RFID リーダによって蓄積、保存された情報を効果的に可視化し、ユーザが自身の次の行動の指針にできるような可視化環境を構築する試みを実践した。本環境では、HF 帯と UHF 帯の 2 種類の RFID を用いることで、ユーザのブッシュによる積極的な情報提供と、自動的に検知される受動的な情報提供という RFID のインタラクションの 2 つの大きな要素をサポートすることを可能にしている。我々は本環境を評価

するために、3000人のユーザが参加する展示会において、本環境の社会実験を行った。本環境では、ICカードにHF帯のRFIDを採用し、名刺レスサービスと併用することで、ユーザが興味をもったブースのシーケンスを取得することができる。取得された情報は展示会場内のカフェやエントランスに設置されている大型スクリーンに表示される。これによって、参加者は今「その会場にいる人達が何に興味を持っているのか」を感じながら会場を楽しむことができる。また、大型スクリーンにはUHF帯のRFIDリーダが設置されており、スクリーンを閲覧しているユーザをセンシングすることで、個人の履歴情報を強調表示する。これによって、スクリーンを閲覧しているユーザは自身の行動履歴の閲覧を通して、自身の興味の傾向を客観視することや、まだ訪れていないブースの発見、全体の傾向と自身の傾向の比較などを行うことができる。

時系列情報の可視化及び公共の大型スクリーンにおいては、既存の多くのデザインフレームワーク及び、評価手法が確立されている。本研究はこれらの手法に基づきシステムの評価を行うと同時に、社会実験から得られた知見についても報告する。

2 関連研究

2.1 RFIDの情報可視化

近年、RFIDが付加されたモノの位置情報を表示するための研究が進んでいる。RFID Ramps [10] はRFIDリーダとプロジェクタが内蔵されたランプデバイスをもちいることで、実際のものに映像を投影する形で位置情報やメタデータを可視化する手法を提案している。ShupingとWright [11] は軍事のサプライチェーンを対象として、モノに付加されたRFIDを用いて、時系列に沿って位置情報の変化を可視化するGeotime Visualizationの手法について提案している。この手法は、リーダに蓄積されていく膨大なRFID情報を可視化する数少ない試みの1つである。

これらの研究はRFIDの情報もしくはそこから紐付けされたメタデータを可視化するための非常に有効な研究である。しかし、いずれもモノに付加されたRFIDデータのみをあつかっており、人に付加されたRFIDデータを可視化の際のプライバシーの問題や、パブリックとプライベートという状況の違いによるデータの扱いなどについては、我々の知る限り実践的な研究は存在しない。

2.2 個人の行動を可視化する

時系列に沿ったユーザのアクティビティを可視化する研究としてはLifelines [8] が挙げられる。個人のユーザアクティビティを時系列上に配置することで、直感的な情報知覚、他のイベントと関連性の可視化、行動の傾向の可視化を可能にしている。また、Shop Activity Timeline [4] は、MITで開催されたワークショップの様子をビデオキャプチャし、それをタイムラインにそ

ってマッピングしたものである。

2.3 Web空間での行動履歴の可視化

対象を実空間からウェブ空間に移すと、ユーザの行動履歴の可視化する多くの研究が報告されている [2][3]。これらの研究では複数ユーザの行動履歴を可視化することで、その空間でのアクティビティの総体として情報の生態系を可視化することに成功している。更に、Webの運用管理、改善の指針となるようなsensemakingのための可視化としても非常に有効である。

2.4 実空間での情報可視化

実空間において環境情報を可視化する研究としては、リアルオブジェクトを用いて情報を出力するTangible Mediaの研究が著名である [6]。Tangible Mediaにおいては、情報はコンピュータディスプレイではなく、ユーザを中心とした周辺環境のリアルオブジェクトや壁に投影された映像として表示される。これは人とモノと環境の自然なインタラクションを可能としており、この形態の新しい情報可視化は今後の主流となっていくであろう。

一方で、情報可視化で扱う情報はより複雑なものであるのが一般的である。ユーザの行動履歴や医療カルテなど複雑な情報の可視化するには、コンピュータディスプレイを利用する必要がある。リアルスペースに適用する場合には、プロジェクタによって壁面に映像を投影したり、公共の大型ディスプレイ(Public Ambient Display)を用いることでこの問題を解決するのが一般的である。Ambient Information Visualization [5][12]はこのよい例であり、コンピュータの用途ではなく、リアルスペースにおけるアウェアネスのための用途としての情報可視化手法を、バスの時刻表や現在のバスの位置情報などを知らせる為のプロトタイプを通して提案している。また、Activity Wallpaper [13] は実空間のPublic Ambient Displayに音響センシングに基づいたアクティビティ情報を表示するための手法を提案している。この研究は本研究にもっとも近いスタンスであるが、情報の取得方法が音響センシングに基づいているため、受動的なアクティビティのみを扱い、能動的なアクティビティのインプットを対象としていないのが、本研究との違いである。

本研究で対象にするRFID情報(ユーザの行動履歴)は1次元の情報ではないために、Tangible Mediaを利用しての可視化には向いていない。そこで、後者と同様に、我々は展示会会場に大型ディスプレイを導入し、ここに情報をプロジェクションする方法を取ることにした。

公共空間の大型ディスプレイについては、Mankoffら [7] が大型公共ディスプレイの効率性のためのヒューリスティックな評価方法論を提案している。また、Pranteら [9] は近接度に基づいた3つのゾーンのインタラクションモデルを提案している。さらに、このモデルに人間の自然なインタラクションを導入し、

4つのゾーンモデルへの拡張したものを Vogel ら [14] がデザイン原則も含めて提案している。我々は Vogel らのモデルに着目し、彼らの提案するデザイン原則に基本的にに基づきながらも RFID という性質に基づく修正を加えながらシステムのデザインを行った。

3 RFID とユーザアクティビティ

3.1 RFID の可視化

RFID の情報可視化としては2つの方向性が考えられる。1つはモノに付加された ID の可視化であり、もう1つは人に付加された ID の可視化である。RFID の汎用フォーマットの1つである EPC が流通を主要なアプリケーションとしていることから分かるように、RFID の研究はモノに付加されるものを対象としてこれまで進められてきた。情報可視化の研究も僅かに存在する [11] が、これもモノの地理的データの蓄積を可視化する段階にとどまっている。

一方で、人に付加される ID についての研究はほとんど研究が進められていない。これは、セキュリティの問題及び、人間が関わるためにインタラクションの問題を考慮しなくてはならないため、ソリューションが非常に複雑になってくる為と推測される。

3.2 アクティビティを可視化する

そこで我々は、人に付加される ID を対象とした情報可視化を試みる。Macinley らが言うように「情報可視化はユーザが次の行動の指針となるような情報の提示方法」が重要である。人に付加された ID を取得、蓄積し、それに効果的な可視化手法を適用することで、ユーザが、自身の新しい行動に繋げることが出来るような情報を取得することができれば、その情報可視化は有益であり、RFID の社会的な普及にも貢献することができる。

そこで我々は、物理的なリアルスペースにおけるユーザアクティビティを可視化のコンテンツとすることにした。ユーザアクティビティは時系列に沿ってヒストリカルに蓄積されているものであり、RFID を介して取得する題材として非常に適切である。また、ユーザが自身や他人のアクティビティを把握することができれば、それは直接的に次の行動への繋がることを期待できるため、情報可視化の題材としても適切である。

我々は RFID によるユーザアクティビティの取得実験の対象として、展示会选择した。この展示会(SFC OPEN RESEARCH FORUM 2004)は慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにおける研究成果を対外的に発表するものであり、100 を越えるブースやセッションが準備され、約 3000 人の参加者を誇る。リーダに既に蓄積されたデータを可視化するのみならず、リアルタイムに展示会場で取得されていく ID 情報をその場で可視化することで、見本市会場のリアルスペースにおいて、情報可視化による有益な情報のフィードバックをすることが可能になる。コン

ピュータ室のディスプレイの前で閲覧する従来のコンピュータームとしての可視化ではない、リアルな物理空間における情報可視化の大規模な社会実験が行われた。



図1：HF帯のICタグとリーダ



図2：UHF帯のICタグとリーダ

3.3 2種類のRFIDの利用

インタラクションという視点から考察すると、人に付加される ID には、人が能動的に ID を発信する場合と、受動的に ID を発信する場合が考えられる。能動的に ID を発信する場合は、ユーザが意図的に自身の情報を身体化されたアクションを通してリーダにインプットすることになる。電子マネーや見本市における仮想名刺などはこれに当たるものであり、一般的には 13.56MHz の HF 帯の RFID によって実現される。

受動的に ID を発信する場合は、リーダがセンシング可能な空間を構築し、ある一定期間にその中に存在しているユーザの ID を取得する。建築物の導線における通行量調査などがこれに当たるものであるが、オープンなスペースでの実験例はあまり存在しない。我々は 950Mhz の UHF 帯の RFID を利用することで、受動的な ID のやり取りを実現した (2004 年 11 月時点で日本初)。

図1に示すように我々は HF 帯の RFID のデバイスとして、カード型 IC タグとタッチ型のリーダを用意した。カード型 IC タグは展示会場のみではたらく仮想的な名刺として利用しても

らう。リーダは展示会場内の全てのブースに設置されており、ユーザがそのブースの内容に興味を持った場合は、名刺をリーダにタッチしてもらう。

図2に示すように我々はUHF帯のRFIDのデバイスとして、カード型ICタグとラティス状の櫓によって支えられたリーダを用意した。リーダは会場内のエントランス及びカフェに設置された大型ディスプレイ前に設置されている。リーダはおおよそ2.5mの高さに設置されており、大型ディスプレイを訪れたユーザを自然にセンサするようにディスプレイ側からユーザ側へと傾けられている。このリーダはディスプレイの正面に6m四方のセンサブルな空間（以下、センサブル空間）を構築することが可能で、その中に入り込んだユーザのIDを複数人同時に取得することができる。

4 情報のデザイン

4.1 時間と展示ブースのマッピング

大型ディスプレイに表示されるユーザインターフェイスについて解説する。図3に示すように、デフォルト画面では2次元平面が表示されている。この平面において、横軸は時間を、縦軸は展示ブースを意味している。あるブースでRF帯のIDによる能動的なインプット検知されると、その時間とブースに対応する場所にブロックが表示される。ブロックは左から右へと時間に沿って移動し、左端に蓄積されていく。これらの表示方法によって、ユーザのアクティビティを短期的なスパンと長期的なスパンの両方で認識することが可能になる。

4.2 Ambient Display と Implicit Interaction

前節におけるデフォルトの表示状態は、Vogelのモデル[14]におけるAmbient Displayに対応する(図3)。この状態においては、HF帯のID情報のみが表示されており、ユーザ全員のアクティビティの総体を雰囲気として可視化している。これは、セキュリティの問題に起因するものであり、公共度の高いAmbient Displayとしては、匿名性が求められる為である。

大型ディスプレイ前に構築されているセンサブル空間にユーザが入ると、システムはUHF帯のIDを検知して、個別のユーザに特化した情報を追加表示する。これはVogelのモデルにおけるImplicit Interactionに対応するモードである(図4)。また、UHF帯のIDを検知されると同時に、ディスプレイ前に設置されたウェブカメラのスイッチが入り、カメラ映像がデフォルト画面の背景としてインポーズされる。更に、2秒遅れて、検知されたユーザの訪問履歴が半透明の「おび」として強調表示される。Implicit Interactionに対応する情報が背景に表示されたり、半透明で表示されているするのは、センサブル空間外からディスプレイを閲覧しているAmbient Displayの状態にあるユーザを妨害しないためである。

この段階において、ユーザは自身の履歴を客観的に閲覧しな

がら、全体の興味の傾向との比較を行うことができる。さらに、この空間内では、複数人のセンスが可能であり(10人までのセンスをサポート)、友人や同僚がこの空間内で新しいコミュニケーションを行うことが期待される。

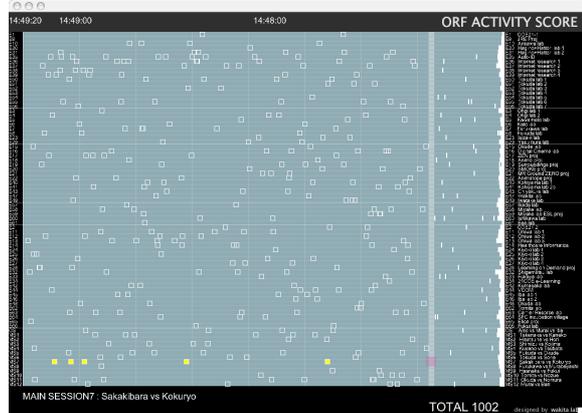


図3： 時間と展示ブースのマッピング
(Ambient Display モード)



図4： Implicit Interaction モード

4.3 Auralization

本システムでは、情報可視化の補佐機能として、情報の音声化(Auralization)[1]をサポートしている。2次元平面上を楽譜と仮定し、展開されるブロックを音符と見なすことで、空間の雰囲気として情報を伝えることが可能になる。行動履歴はプライバシーに関わる情報であるため、柔らかく空間にアクチュエートする本手法はRFIDを対象とした本システムならではの工夫といえる。

5 評価

我々は、Public Ambient Displayの評価手法に基づき、本システムを評価した。Public Ambient Displayの評価手法は多数提案されているが、我々はインタラクションのフェイズを最も詳細に分類化しているVogelの手法[14]を採用した。

5.1 Vogel のフレームワークにおける 4 つのフェイズ

Vogel のフレームワークは Public Ambient Display を以下の 4 つのフェーズに分けて評価基準を設けている。以下、その概略と評価のポイントについて概説する。評価のポイントにはフェイズの序数を用いる。例えば、フェイズ 1 の 3 つ目のポイントであれば、「1-3」という番号をふることにする。

フェイズ 1: Ambient Display

デフォルトのフェイズ

- 1-a: ある範囲のカテゴリ化された情報を表示すること。
- 1-b: 同時にゆっくりとアップデートが起こること。
- 1-c: 他のフェイズがこのフェイズの情報を妨害してはならない。
- 1-d: ユーザは全体の情報空間を一瞥して把握することができること。

フェイズ 2: Implicit Interaction

ユーザが通り過ぎる時の周辺を検知するフェイズ

- 2-a: ユーザのポジション、方向を検知すること。これを利用して情報を提示する方法を決める。
- 2-b: ユーザに有益な情報がある場合は、そのような情報があることを静かに知らせること。

フェイズ 3: Subtle Interaction

ユーザがディスプレイに近づき、少しの間止まっている、というキューを出した場合のフェイズ。

- 3-a: より詳細な、public/private information を表示すること。
- 2-b: public な情報はそのユーザの private な情報とコンテキストによって増強されて表示されること。
- 3-c: 所要時間が短いこと。このフェーズでは非明示的なアクションのみに限定すること。
- 3-d: このフェイズでの private 情報は他のユーザを妨害しないものでなくてはならない。

フェイズ 4: Personal Interaction

ディスプレイに最も近づくフェイズ

- 4-a: ダイレクトインプットをサポートすること

5.2 本システムのフェイズ毎の評価

本システムのインタラクションは Vogel の 4 つのフェイズ分類に類似している。セキュリティの問題でフェイズ 4 の Personal Interaction は削除されているが、それ以外のフェイズはほぼ同等のインタラクションの詳細度を持っていることが分かる。以下、フェイズごとの詳細な評価について番号に沿って述べる。

Ambient Display

1-a: 展示ブースのカテゴリ分けと時系列のアクセス情報の表示という非常に構築的で分かり易い情報を一般向けに呈示している。この情報は気に留めることがあれば、全員に有効であり、気にしなくてもそれほど害はない情報である。カテゴリごとの人気度が分かるため、範囲を限定した上でカテゴリ化としては優れたデザインであると判断できる。

1-b: 毎秒 10 フレームで描画しており、1 フレーム描画するたびに、データベースでのアクセスと表示するブロックのアップデートをかけている。新しいアクセスがあればブロックを追加するし、全てのブロックは時間に沿って左から右へとスライドし、右端に履歴として蓄積されていく。1 つのブロックが左端から右端まで移動して蓄積するまでの所要時間は 120 秒であり、非常に緩やかな流れとして情報をアップデートすることに成功している。

1-c: Ambient Display フェイズで表示されるブロック情報は全てのフェイズに引き継がれるようなデザインにすることに成功している。この表示画面を基本として、他のフェイズでは背景にカメラ入力映像が表示されたり、ユーザの個別の履歴が半透明表示されたりするので、このフェイズの情報は妨害されることなく、最後まで表示される。

1-d: XY 平面にブースと時間をマッピングしたシンプルな構造であるため、ユーザは一瞥して情報空間を把握することができる。

Implicit Interaction

2-a 及び 2-b: UHF 帯のリーダは約 6m 四方の空間にいるユーザを検知することができる。ここで検知された情報は 1 秒ごとに DB に蓄積され、描画クライアントから毎秒 10 回のスピードでリファアされる。もし検知された場合は、背景にカメラ画像を表示するため、この状態で自身の存在が検知されたことが分かる。

Subtle Interaction

3-a: より詳細なプライベート情報として、検知されているユーザの行動履歴が半透明のおびとして表示される。この情報は複数人に検知が可能で、その空間にいるユーザ全員のおびが表示されることで、中規模の公共情報の詳細化表示を実現することができる。

3-b: おびはデフォルトの画面上に透明で表示される。つまり全ユーザのアクティビティの傾向という公共情報の上に、プライベートな情報が表示される。現在ハイライトされているユーザの行動履歴の 1 つが、最も多くのユーザが訪れているブースと重なっている場合、ブース間の関連性や相関関係を知る為の情報源として扱うことができる。その意味で、プライベートな情報がパブリックな情報を増強しているといえる。

3-c: URF 帯のリーダは毎秒 10 回のスピードで描画クライアントから参照されている。そのため、ユーザがセンサブル空間から外れた瞬間に、そのユーザの行動履歴を非表示にすることができる。非明示的なアクションという視点では、空間内に滞在するということがアクションになっており、ユーザ側からの明示的なアクションは存在しないため、この要件は満たされている。

3-d: 半透明で表示されるため、デフォルト画面の全体情報を妨害することなく表示することに成功している。

Personal Interaction

本システムはプラズマディスプレイなどの大型ディスプレイではなくプロジェクタを利用している。この制約から、画面とのダイレクトな接触をサポートすることが出来なかった。更に、RFID におけるセキュリティの問題は十分な議論がされておらず、センシティブな問題として扱う必要がある。そのため、今回は詳細度の高いプライベート情報を表示することは避けるべきと判断した。

6 まとめと今後の展望

本稿は、HF 帯と UHF 帯の 2 種類の RFID を利用することでユーザの行動履歴を効果的に可視化するシステムである RFID Activity Score について報告した。可視化する情報の詳細度を大型ディスプレイとユーザとの近接度に応じて制御することで、ユーザのコンテキストに応じた情報提供を実現した。また、半透明画像や動画のレイヤリングを用いることで、公共空間における複数ユーザの多様なコンテキストに対応できることが確認された。今後は、ディスプレイとユーザとのダイレクトな操作に対応できるような情報可視化手法を考案してることが課題として挙げられる。

参考文献

- [1] Marc Brown and John Hershberger, Color and Sound in Algorithm Animation, IEEE Computer, v.25 n.12, p.52-63, December 1992.
- [2] E. Chi et.al., Visualizing the Evolution of web ecologies, Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '98), pp.400-407, 1998.
- [3] E. Chi et.al., Sensemaking of Evolving Web Sites using Visualization Spreadsheets, Proceedings of the Symposium on Information Visualization (InfoVis '99), pp.18-25, 1999.
- [4] Ben Fry, <http://acg.media.mit.edu/people/fry/shopactivity/>
- [5] Lars Erik Holmquist and Tobias Skog, Informative art: information visualization in everyday environments, Proceedings of the 1st international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia, 2003.

- [6] Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer, Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp.234-241, 1997.
- [7] Jennifer Mankoff, Anind K. Dey, Gary Hsieh, Julie Kientz, Scott Lederer and Morgan Ames, Heuristic evaluation of ambient displays, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp.169-176, 2003.
- [8] Catherine Plaisant, Brett Milash, Anne Rose, Seth Widoff and Ben Shneiderman, LifeLines: visualizing personal histories, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp.221-227, 1996.
- [9] Prante, T., Rooker, C., Streitz, N., Stenzel, R., Magerkurth, C., Alphen, D.v., and Plewe, D., Hello. Wall - Beyond Ambient Displays, Video and Adjunct Proceedings of UBICOMP Conference, 2003.
- [10] Ramesh Raskar, Paul Beardsley, Jeroen van Baar, Yao Wang, Paul Dietz, Johnny Lee, Darren Leigh and Thomas Willwacher, RFIG lamps: interacting with a self-describing world via photosensing wireless tags and projectors, ACM Transactions on Graphics (TOG), Volume 23, Issue 3 (August 2004), Special Issue: Proceedings of the 2004 SIGGRAPH Conference, pp.406-415, 2004.
- [11] David Shuping and William Wright, GeoTime Visualization of RFID - Providing Global Visibility of the DoD Supply Chain, RFID Journal, Jan, 2005.
- [12] Tobias Skog, Sara Ljungblad and Lars E. Holmquist, Between Aesthetics and Utility: Designing Ambient Information Visualizations. In Proceedings of InfoVis 2003, pp.233-240, 2003.
- [13] Tobias Skog, Activity wallpaper: ambient visualization of activity information, Proceedings of the 2004 conference on Designing interactive systems, pp.325-328, 2004.
- [14] Daniel Vogel and Ravin Balakrishnan, Interactive public ambient displays: transitioning from implicit to explicit, public to personal, interaction with multiple users, Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp.137-146, 2004.