

モバイルセンサを用いた位置情報管理に基づく展示支援システム

中尾 彰 岡田 至弘
龍谷大学大学院 理工学研究所

近年、ユーザのコンテキストを考慮したインタラクティブな展示支援システムの導入が試みられている。ユビキタスネットワーク環境では、ユーザが携帯するモバイルセンサと環境に設置されたスタティックセンサによってユーザの詳細なコンテキストの取得が可能である。本研究では、スタティックセンサとモバイルセンサの統合管理を行う位置情報管理プラットフォーム LIMS を構築した。LIMS によるコンテキスト生成の応用例として、モバイルセンサを用いた位置情報管理に基づく展示支援システムを提案する。

An Exhibition Support System based on Location Data Management Using Mobile Sensors

Akira Nakao Yoshihiro Okada
Graduate School of Science and Technology
Ryukoku University

Recently, the interactive exhibition support system that considers user's context is tried. In the ubiquitous network environment, the acquisition of the detailed context of the user with a static sensor installed in a mobile sensor and the environment that the user has is possible. In this research, we developed the location data management platform which we unified and managed of the static sensor and mobile sensor. We propose an exhibition support system based on the location data management using mobile sensors for as an applied example.

1. はじめに

近年、博物館や美術館などのミュージアム施設において、施設内のガイド情報や展示物の補足説明を目的とした展示支援システムの導入が進められている[1-3]。また、最近では様々なセンサを利用して館内での位置や閲覧履歴などのユーザのコンテキスト(状況)を考慮した情報をユーザの持つ携帯情報端末に提供するインタラクティブな展示支援システムの導入が試みられている。

ユーザの状況に合わせたコンテキストアウェアな情報提供を行うには、多種多様なセンサ情報を利用してユーザのコンテキストを把握することが必要となる。しかし、センサから得られるデータ形式も同様に多種多様であるため、個々の形式にあわせてシステムを構築することは困難である。また、ユーザのコンテキストと協調した展示支援システムを実現するためには、位置情報だけではユーザのコンテキストを十分に活用しきれていない。

そこで、我々の研究ではこれまでユーザの位置情報に加え、注目先や行動履歴といったユーザのコンテキストを活用して、容易かつ詳細な情報提供を行えるようにするための位置情報管理プラットフォーム LIMS (Location-data Integrated Management System) を提案している[4-5]。LIMS は、環境に静的に設置された

センサ(以下「スタティックセンサ」という)を対象としたシステムである。しかし、ユビキタスネットワーク環境では、ユーザが携帯している様々な情報端末やそこに内蔵されているセンサ(以下「モバイルセンサ」という)を利用して、ユーザのコンテキストにより柔軟に対応できる位置情報管理プラットフォームが必要である。

そこで、本研究では LIMS にモバイルセンサの統合管理機能を拡張し、スタティックセンサとモバイルセンサの統合管理を行う位置情報管理プラットフォームを構築した。応用例として、博物館や美術館などのミュージアム施設において、LIMS によって出力デバイスに合わせたコンテキストの生成を行い、デバイスの処理能力に応じた形式で展示物の補足説明や館内のガイド情報を提供する展示支援システムを提案する。

2. 展示支援におけるコンテキストの利用

従来の展示支援システムは、ユーザのコンテキストとして位置情報の管理に重点を置いており、情報呈示の対象には専用の携帯端末を用いているものが多い。

ユーザの位置情報を考慮した展示支援システムとして、楠らは博物館における展示支援として協調学習支援システム Pibook を開発している[6]。Pibook は、ユーザが持つ携帯情報端末

(PDA) と CoBIT (Compact Battery-less Information Terminal) を利用して、各展示物に設置されているRFIDにPDAを押し当てることで、画面表示や音声情報ガイドといった情報の内容を変化させて情報提供を行っている。CoBITとは、西村らが開発したLED光源を持つカメラと反射板を用いて位置方向に応じて音声情報を提供する展示支援システムである[7]。

展示施設におけるコンテキストウェアな情報提供を想定した場合、特に重要となるのは「ユーザが所望しているガイド情報は何か」ということである。そのため、ユーザの位置情報だけでなく、ユーザの行動などから推定される展示物に対する注目度や興味に応じて、呈示する情報を変化させることが必要であり、ここから質の高い展示支援が可能となる。

また、情報呈示を行う出力デバイスも特定の展示施設内という一部の環境での使用に限定された専用端末ではなく、ユーザが携帯している様々な情報端末を利用して出力デバイスの能力に応じて最適なコンテキストや情報(コンテンツ)によって情報提供を行うことが求められ、ここから柔軟な展示支援が可能である。

3. 位置情報管理プラットフォーム

位置情報管理プラットフォーム LIMS の設計指針を以下に示す。

- 多種多様なセンサデータの取得・統合
- データの意味づけ(メタ情報化)
- ユーザのコンテキストの生成
- 容易な情報提供のためのAPI化

本研究において拡張したLIMSの構成を図1に示す。LIMSでは、センサ情報を処理するデータ形式ごとに物理層、メタ情報処理層、コンテキスト情報処理層、アプリケーション層と処理を階層化しており、データベースと連携をとりながらデータ処理を行う。また本研究では、位置情報をユーザの位置のみとせず、ユーザの位置に関連する周辺情報を全て含めた情報と定義している。

次節に、本研究におけるLIMSの機能拡張と各層ごとの処理について述べる。

3. 1. センサ統合管理機能の拡張

ユーザの携帯しているデバイスは多種多様であり、内蔵されているモバイルセンサによって様々なコンテキストの生成が可能である。また、モバイルセンサとスタティックセンサのデータを組み合わせてコンテキストを生成することも可能である。しかし、モバイルセンサから得られるデータはそのままでは利用しにくい場合がある。そのため、コンテキストに応じてモバ

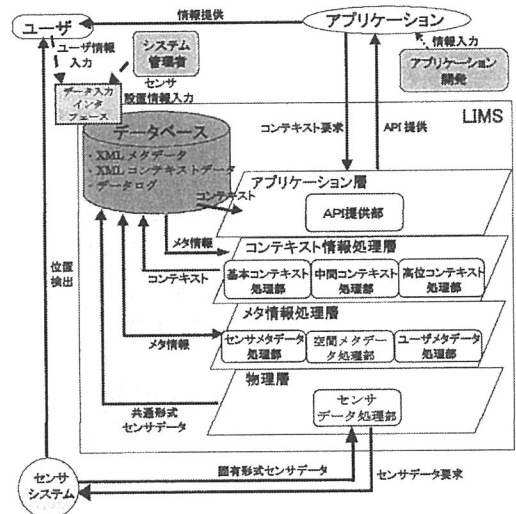


図1 LIMSの構成図

イルセンサのデータを変換し、新たなデータを生成することが必要である。そこで、LIMSのセンサ情報の統合管理機能に以下に示す2つの処理を実装した。

- モバイルセンサとスタティックセンサの協調処理によるコンテキスト生成機能
- コンテキストに応じたセンサデータの変換機能

3. 2. センサデータ処理(物理層)

物理層では多種多様なセンサからそのセンサ固有の形式を持つセンサデータを受け取り、それらを共通形式のセンサデータへと変換する。そのため、この層では常にセンサとの接続状態を保ち、一定間隔ごとにデータを受信する。物理層でのセンサ情報の処理例を図2に示す。

展示施設では、環境によって多種多様なセンサの設置が想定される。また、モバイルセンサも多種多様なものが存在しており、出力デバイスによって様々なセンサデータを組み合わせた利用が可能である。そのため、センサデータを効率的に利用するためには、センサデータの共通化を行うことが有効的である。

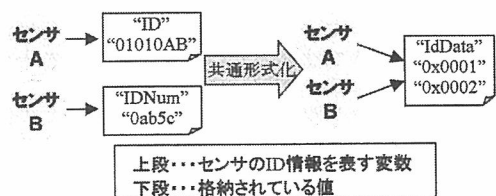


図2 センサデータの共通形式化

3. 3. メタ情報の生成（メタ情報処理層）

メタ情報処理層では、共通形式化されたセンサデータを基にデータベースのメタ情報を生成・更新する。本研究では、データベースに格納するためにタグ付けし意味のある情報に変換したデータのことをメタ情報とする。メタ情報は生成パターンによって以下の3つに分類される。

- システム管理者による入力

- センサ固有情報

センサの導入時に入力する。センサが取得できるデータの形式や精度などが分類され、環境に設置した後に変化することはない。

- センサ設置情報

センサ設置時に入力する。環境に設置した後でも設置位置などを変更した場合、この情報は書き換える必要がある。ID と位置の関連付けなどの情報はここで分類する。

- ユーザによる入力

ユーザがアプリケーション使用時などに必要があれば入力する。ユーザの年齢や性別といった個人情報が分類される。

- LIMS のメタ情報処理層による生成

システム管理者やユーザによって入力されたメタ情報やセンサからの位置情報を基に動的に更新される。メタ情報処理層では、センサに関する情報、空間に関する情報の各処理がモジュール化されている。

- センサのメタ情報処理層による生成

センサからの実測値のメタ情報化、基準点とするセンサの変更による各センサの設置位置情報の更新、センサデータの取得可能範囲と設置位置情報に基づく具体的な領域の算出などが分類される。

- 空間のメタ情報処理層による生成

領域を検出するセンサと領域の位置を検出するセンサの関係やモバイルセンサとスタティックセンサの関係の更新などが分類される。

展示施設内でのサービスの拡大や変更などによって、センサ環境が変化した場合でも環境を監視し、環境の構造をメタ情報化して一元管理することで展示支援システム的大幅な変更を行うことなく、効率的な利用が可能である。また、

展示施設には様々な形式の展示物が設置されており、展示物の位置という大まかな領域だけでなく、領域内の高精度な位置の検出が必要となる場合がある。そこで、センサの特性によりセンサ相互の関係をメタ情報化しておくことで柔軟な展示支援が可能となる。さらに、ユーザの個人情報に関するメタ情報を利用し、ユーザの年齢や国籍などから表示する情報をユーザごとに変化させることで、幅広いユーザに分かりやすい展示支援が可能であると考えられる。

3. 4. ユーザコンテキストの生成（コンテキスト情報処理層）

コンテキスト情報処理層では、データベースに格納されているメタ情報を用いて、ユーザのコンテキストを生成・更新する。

コンテキストは、メタ情報を組み合わせることで生成されるが、アプリケーションによっては「ユーザの位置」というメタ情報だけでもコンテキストとして要求する場合もある。そこで、メタ情報のみのコンテキストを基本コンテキストと定義する（図3（a））。また、メタ情報をデータ変換して生成されたコンテキストを中間コンテキストと定義する。例えば、3軸の「加速度情報」というメタ情報を基に中間コンテキストとして「傾き情報」が生成される（図3（b））。

さらに、基本コンテキストや中間コンテキストを組み合わせることで生成される具体的なユーザのコンテキストを高位コンテキストと定義する。例えば、「ユーザの行動履歴」という高位コンテキストは「ユーザの位置」と「停留時間」のコンテキストを参照することで生成される（図3（c））。

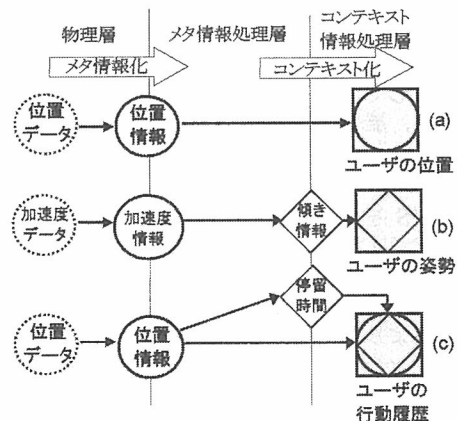


図3 様々なコンテキスト処理の例

コンテキスト情報処理層では、スタティックセンサとモバイルセンサによる出力デバイスに適したセンサデータの組み合わせによるコンテキストの生成が可能である。具体的には、展示支援に有用なコンテキストとして、ユーザの位置情報だけでなく、注目度、動作解析、興味推定といったコンテキストの生成を行う。

3. 5. API の提供 (アプリケーション層)

アプリケーション層では、アプリケーション側に、LIMS に対してコンテキストを要求するための通信モジュールと API (Application Program Interface) を提供する。アプリケーションは、必要としている情報をこのモジュールから API を用いて要求する。要求命令に従いアプリケーション層ではデータベースから必要な情報を抽出し、アプリケーションに返す。

展示支援システムでは、API によって情報呈示の対象となる出力デバイスに合わせた最適なコンテキストの抽出を行い、センサデータの効率的な利用が可能である。

4. LIMS による展示支援

本研究における LIMS の拡張によって、モバイルセンサとスタティックセンサの協調処理が可能となる。また、LIMS によって出力デバイスに合わせたコンテキストの生成を行うことで、デバイスの処理能力に応じた展示支援が可能である。

LIMS による展示支援として、モバイルセンサとスタティックセンサを利用してユーザのコンテキストに応じた情報を、ユーザの持つデバイスに呈示する展示支援システムを提案する。この展示支援システムでは、LIMS を用いてユーザの位置管理・コンテキスト推定を行う。具体的には、スタティックセンサとモバイルセンサにより取得したセンサデータを LIMS によって処理し出力デバイスに合わせたコンテキストを生成して、ユーザの持つデバイスに情報提供を行う。展示支援システムの構成を図 4 に示す。

4. 1. コンテキストの生成

LIMS を介してユーザのコンテキストに合わせた展示支援システムを構築するためには、コンテキスト情報処理層にて有用と思われる高位コンテキストを生成する必要がある。

次項より、本研究における展示支援システムでのコンテキストの生成について述べる。

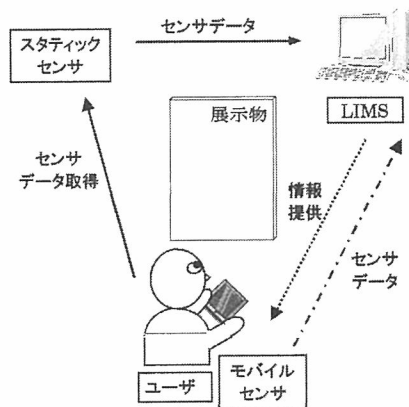


図 4 展示支援システムの構成

4. 1. 1. 位置推定

図 5 に示す展示施設内でのユーザの位置は、スタティックセンサとモバイルセンサ別々でも推定可能であるが、これらの協調処理によってスタティックセンサで把握しきれない位置をモバイルセンサによる位置計測によって補間することで高精度な位置推定を行うことができる(図 6)。



図 5 展示支援の概観

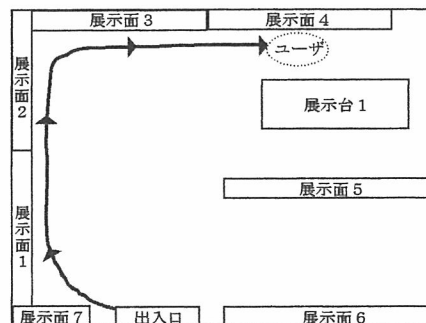


図 6 ユーザの移動軌跡

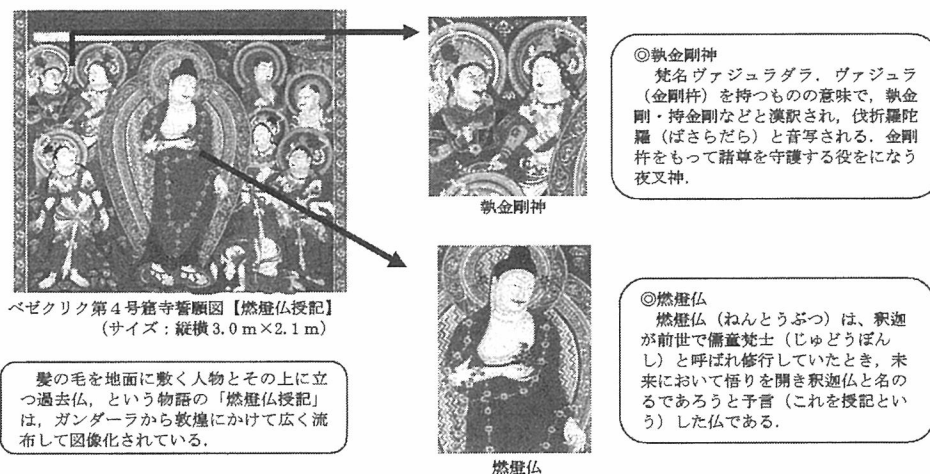


図7 注目度に応じた説明

4. 1. 2. 注目度

注目度とは、ユーザが今いる位置やその位置にある対象への関心の度合いを表すものである。注目度は、以下に示す3つの状況の変化から推定することが可能である。

- 対象からユーザまでの距離
 - ー 対象からユーザまでの距離により注目度の違いが表れる。
- ユーザの停留時間
 - ー ユーザが一定時間同じ対象の前でどまっている場合、その経過時間によって注目度に違いが表れる。
- ユーザの注目先
 - ー ユーザのしている対象に様々な情報があるとき、注目先によって注目度の違いが表れる。

図7に示すように注目度に従って呈示する情報を変化させることで柔軟な展示支援を行うことが可能である。

4. 1. 3. 動作解析

行動履歴やモバイルセンサから得られるユーザの移動速度から、どのような行動をしているのかといった推定が可能である。

展示施設内では、移動速度がゼロに近い値であれば停止して展示物を見ている可能性が高い。また、移動速度が一定であれば、歩いているという推定が可能である。さらに、移動速度が通常より早ければユーザが急いでいるという推定が行える。

ユーザの位置情報と合わせて、動作推定の結

果を基に呈示情報を選択することで信頼性の高い展示支援が可能となる。

4. 1. 4. 興味推定

ユーザの行動履歴を解析することで、興味や嗜好を推定することができる。そのための代表的なアプローチとしては、協調フィルタリングが挙げられる[8]。協調フィルタリングでは、ユーザの振舞いから暗黙的に興味の度合いを推定できる。

展示支援では、ユーザが見てきた展示物の履歴から興味や嗜好を推定し、ユーザごとに適した推薦情報を呈示することができる。

4. 1. 5. 個人特定

スタティックセンサとモバイルセンサの協調処理によって個人特定を行うことが可能であると考えられる。

例えば、スタティックセンサから得られる位置情報から算出されるユーザの運動データとユーザが携帯しているモバイルセンサの運動データを照合することで人物の個人特定を行う。具体的には、運動時(歩行)に検出される移動速度をスタティックセンサとモバイルセンサから取得し、センサデータの変化が起こるタイミングなどによって対応付けを行い、モバイルセンサに付加されている固有IDを基に個人の特定ができる。

展示支援においては、個人ごとに呈示する情報を変化させることで柔軟な展示支援が可能となる。

4. 1. 6. 個人情報

各ユーザの年齢・国籍・性別などの個人情報を利用することで、ユーザの意図に沿った情報提供が可能である。

例えば、年齢から子供であることが判断できている場合、表示する情報を子供向けに変更し、できるだけ漢字の使用を控え、全体の文字数を減らし、図などを増やしたコンテンツの提供が可能である。また、ユーザの国籍から使用言語が英語であることが判断できている場合は、コンテンツの説明を英語に変更して提供することができる。

博物館や美術館などのミュージアム施設では、様々な年齢や国籍の幅広いユーザが来館するため、個人情報を利用した展示支援は有効的であると考えられる。

4. 2. 展示支援情報の呈示

ユーザへの展示支援情報の呈示は、出力デバイスで使用できるセンサに従って LIMS によって生成したコンテキストに応じて、以下のように行う。

- モバイルセンサ内蔵のデバイスの場合
 - － モバイルセンサとスタティックセンサ別々でのコンテキストの生成だけでなく、スタティックセンサとモバイルセンサの協調処理によるコンテキストの生成を行い、出力デバイスに支援情報を呈示する。
- モバイルセンサの内蔵されていないデバイスの場合
 - － スタティックセンサを利用してコンテキストの生成を行い、出力デバイスに支援情報を呈示する。
- ユーザがデバイスを持っていない場合
 - － スタティックセンサによってコンテキストの生成を行い、展示施設内の各展示物に設置されたスピーカにより支援情報を提供する。

5. おわりに

本稿では、位置情報管理プラットフォーム LIMS にモバイルセンサの統合管理機能を拡張し、LIMS によるコンテキスト生成の応用例として、モバイルセンサの位置情報管理に基づく展示支援システムを提案した。これにより、スタティックセンサとモバイルセンサの統合管理

によって、従来よりもコンテキストウェアな情報提供が行える可能性を示した。

今後は、LIMS に多種多様なセンサを実装し、コンテキストの生成について実験を行う。また、LIMS を利用した展示支援システムとして、ミュージアム施設に即した環境でのアプリケーションやオーサリング・システムの開発・検討を行う。

参考文献

- [1] Anind K. Dey and Gregory D. Abow
“Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness”,
Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing HUC'99, pp.304-207, 1999.
- [2] 佐藤一郎: "博物館向けコンテキスト依存サービスにおける M-Spaces 空間モデルの実証実験", 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.2, pp.797-807, February (2008).
- [3] GARLAN D: "Project Aura : Towards Distraction-Free Pervasive Computing", IEEE Pervasive Computing 1, 22 - 31 ,2002
- [4] 橋 翔寿, 矢内 雅浩, 村山 健二, 岡田至弘: “赤外線センサの位置情報による展示支援システム”, 平成 18 年電気関係学会関西支部連合大会, G12-29, 2006.
- [5] 矢内雅浩, 若間俊旭, 前田眞一郎, 岡田至弘: “顔向き推定によるアノテーション呈示”, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, 1434, 2008.
- [6] 楠 房子, 矢谷 浩司, 石川 葵, 石山 琢子, 山口 尚子, 杉本 雅則: “博物館における展示支援 Pibook”, 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, Vol.103, pp.11-15, 2003.
- [7] 西村 拓一, 伊藤 日出男, 山本 吉伸, 中島 秀之: “無電源小型通信端末を用いた位置に基づく状況支援システム”, 情報処理学会研究会報告, Vol.2002-ICII-2, pp.1-6, 2002.
- [8] 脇山 孝貴, 吉高 淳夫, 平嶋 宗: “注目の検出に基づいた興味モデルの作成と絵画推薦”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1048-1057, 2007.