

アクティブ RFID を用いた展示館来場者の館内滞在傾向の分析

山下 倫央[†] 高岡 大介[†] 和泉 潔^{††} 和泉 憲明[†] 幸島 明男[†]
野田五十樹[†] 車谷 浩一[†] 橋田 浩一[†]

[†] 産業技術総合研究所 情報技術研究部門
科学技術振興機構 CREST

〒 101-0021 東京都千代田区外神田 1-18-13

^{††} 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター

〒 135-0064 東京都江東区青海 2-41-6

E-mail: {tomohisa.yamashita, Daisuke.Takaoka, I.Noda, k.kurumatani, hasida.k}@aist.go.jp
{kiyoshi, n.izumi, sashima}@ni.aist.go.jp

あらまし 本論文では、来場者の位置測位をすることで、位置に基づく情報提供サービスと来場者モデルの構築に向けた館内滞在傾向の分析の双方を実現する統合情報支援システムの概要を示す。愛・地球博2005において利用されたアクティブ RFID を用いた統合情報システムのシステム構成や実装された情報提供サービスを論じた後、ユーザモデルの構築に向けた来場者の館内における滞在動向の分析結果を示す。

キーワード 位置測位システム, アクティブ RFID, 情報提供システム, 来場者動向分析

Tour Trend Analysis of Pavilion Visitors with Active RFID System

Tomohisa YAMASHITA[†], Daisuke TAKAOKA[†], Kiyoshi IZUMI^{††}, Noriaki IZUMI[†],
Akio SASHIMA[†], Itsuki NODA[†], Koichi KURUMATANI[†], and Koiti HASIDA[†]

[†] National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
CREST, Japan Science and Technology Agency (JST)
Sotokanda 1-18-13, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0021 Japan

^{††} DHRC, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
Aomi 2-41-6, Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan

E-mail: {tomohisa.yamashita, Daisuke.Takaoka, I.Noda, k.kurumatani, hasida.k}@aist.go.jp
{kiyoshi, n.izumi, sashima}@ni.aist.go.jp

Abstract In this paper, we developed integrated information support system with fine location estimate to realize location-aware content delivery and tour trend analysis of visitors. We explain the features of our system architecture with active RFID system and implemented services, and show the result of tour trend analysis for constructing a visitor model.

Key words Location estimate, Active RFID system, Tour trend analysis

1. はじめに

近年、携帯電話の受信可能エリアの拡大や高速通信回線の増強という通信環境の拡充と携帯電話や PDA などの携帯情報端末の進歩を背景として、目的地へのナビゲーションや周辺の店舗情報の配信といった歩行者への情報支援に関する研究が活発におこなわれている [3], [4], [6]. また、カメラ、IC タグ、無線 LAN、レーザー光等を用いて歩行者の位置情報が取得可能になり、実データに基づく歩行者モデルの構築とそれに基づく歩行者シミュレーションの開発が盛んになってきた。歩行者シミュレーションにおいては、大規模商業施設における顧客誘導のための方策の評価、イベント時の過度な混雑を回避するための方策の評価、公共施設における避難誘導計画の評価といった規模の大きな施設における行動分析から、屋内における安全確保といった限定された空間における行動分析まで多岐に様々な場面での歩行者の行動が扱われている。

歩行者の位置情報は歩行者に関して多く情報量を持っており、興味、選好、状態が歩行者の位置や移動軌跡から推定できる。例えば、博物館である展示物の前に立ち止まっていることが分かれば、その展示物に興味があり、展示物に関する情報を欲している可能性が高いと言える。位置に基づく情報提供サービスの観点からは、この歩行者にどのような情報を与えるかが問題となり、歩行者モデルの構築の観点からは、この歩行者は次にどのような行動を取るかが問題となる。位置測位技術の進歩が背景となって歩行者の位置に基づく情報提供サービスと歩行者モデルの構築理論が発展してきたにもかかわらず、それぞれユビキタスコンピューティングとマルチエージェントシミュレーションという異なる文脈の中で論じられることが多かった。

しかし、これらを同時に取り扱うことができる情報基盤があれば歩行者の位置に基づく情報提供サービスと歩行者モデルの構築を統合して論ずることが可能となる。歩行者モデルに基づいた的確な情報提供サービスを実現し、新たな情報提供サービスを歩行者モデルを用いて正確な評価が可能になる。

このような背景を踏まえて、我々は、歩行者の位置測位をおこない、位置に基づく情報提供サービスと来場者モデルの構築に向けた館内滞在傾向の分析の双方を同時に実現する統合情報支援システムの開発を進めてきた [1], [2], [9]. 本論文では、愛・地球博 2005 において利用されたアクティブ RFID を用いた統合情報システムの

システム構成や実装された位置に基づく情報提供サービスを論じた後、ユーザモデルの構築に向けた来場者の館内における滞在動向の分析結果を示す。

2. 統合情報支援システム

2.1 システムの概要

統合情報システムを開発するにあたり、展示館内の来場者の位置を情報を算出する位置測位エンジンは環境側にあるのか、来場者の持つ情報端末にあるのかがシステムを設計する上で大きな影響を持つ。以下のような二つの方法で展示物に関する情報提供サービスは実現される。

環境側に設置されたセンサが来場者の情報を取得する場合、サーバに蓄積された情報から位置測位エンジンが来場者の位置を特定する。算出された位置に基づいて環境側にあるコンテンツサーバが情報端末を通じてコンテンツを提供する。

また、来場者の持つセンサが来場者の情報を取得する場合、携帯端末内の位置測位エンジンが来場者の位置を特定する。算出された位置に基づいて情報端末内部に格納したコンテンツや外部からダウンロードしたコンテンツを提供する。

センサ、情報端末、位置測位エンジンといったシステムの構成は、選択する位置測位システムに大きく依存するために、まず位置測位システムを決定する。

2.2 アクティブ RFID の採用

位置に基づく情報提供サービスと館内滞在傾向の分析のためのシステムを構築する上で、最も重要なモジュールの一つである位置測位システムを選択する。

従来研究では、歩行者モデルを構築する際に、カメラを使って歩行者の行動データを取得していた。カメラを用いた観察では、歩行以外にも対象人物の行動が詳細に記録できる反面、定点観察の場合は観察範囲が限られたり、設置物による死角が発生してしまう。また、取得できるデータが観察範囲への流入数、流出数、密度といったマクロデータに限定されてしまうことが多い。さらに、カメラデータを用いた場合、個人をある程度特定した上でその個人に対して情報を配信するサービス提供の実現が困難である。

近年では無線 LAN を用いた位置測位システムが比較的高い精度 (2-3m) を実現しており、取得可能範囲も比較的広範である [8], [10]. しかし、無線 LAN アクセスポイントへの同時接続数に上限があるため、大規模な人流における歩行者の位置測位には対応できない。

アクティブ RFID を歩行者の位置測位に用いる場合、歩行者が RFID レシーバを持つ方式と RFID タグを持つ方式の 2 通りが考えられる。RFID タグは比較的安価であるため、位置測位対象者の数が少なく、広い範囲での位置測位をおこないたい場合には、歩行者が RFID レシーバを持つ方式が適している。歩行者が RFID レシーバを持つ場合、第三者にタグ ID を検知されて個人を特定されてしまうことがない反面、RFID レシーバを持つ人の位置が外部からは取得できないので、歩行者モデルの構築のための位置測位には適していない。また、RFID レシーバが比較的高価なため、展示館のような位置測位範囲が限定されており、位置測位対象者の数(来場者数)が多い場合には、参加者にタグ ID を配布する歩行者に RFID タグを持たせる方式が適している。

以上のような位置測位技術の特徴を踏まえて、グローバルハウス オレンジホールの面積が約 1200m²、1 時間当たりの来場者数が最大 1000 人であることを検索した結果、アクティブ RFID システムを選択し、RFID タグを来場者に配布し、RFID レシーバ(アンテナ)を館内に設置する方式を採用した。

2.3 来場者情報端末

来場者の位置測位にアクティブ RFID システムを採用したので、位置に基づく情報配信を実現するために、来場者の位置を測位するためにアクティブ RFID タグと展示物に関する音声、画像、テキストを再生するための PDA を組み合わせた情報端末 Aimulet GH+(図 1)を開発した。システム側では常にアクティブ RFID タグの位置(=来場者の位置)を把握しており、コンテンツがシステムから PDA に配信される。実際に配信されたコンテンツは来場者の近くにある展示物の解説のリストであり、来場者の移動に伴って、付近の展示物の解説で構成されるリストに更新され、PDA の画面上に表示される。来場者は画面上のリストの項目に触れると、そのコンテンツの解説の再生が始まる。

2.4 データフロー

構築する統合情報支援システムは、アクティブ RFID システム(RFID アンテナ、RFID レシーバ)、RFID レシーバサーバ、位置測位エンジン、コンテンツサーバ、Aimulet GH+ から構成される。

位置に基づく情報配信は図 2 に示されるデータフローに従っておこなわれる。

Aimulet GH+に取り付けられた RFID タグがタグ ID を発信し、RFID レシーバが RFID アンテナを通じてそ

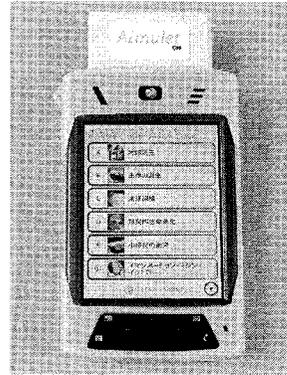


図 1 Aimulet GH+

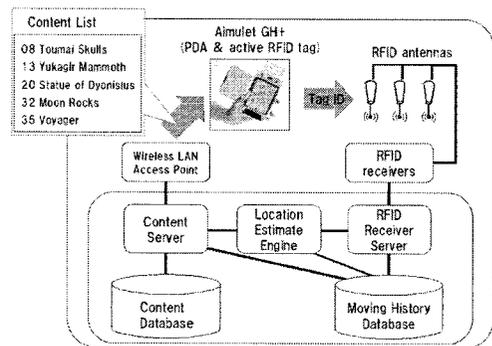


図 2 位置に基づく情報配信におけるデータフロー

のタグ ID を検知し、その情報を RFID データサーバに送信する。RFID データサーバは送信された RFID データ(タグ ID を検知した RFID レシーバの ID と検知したタイムスタンプ)を保存する。位置測位エンジンは RFID データを利用し、Aimulet GH+ ユーザの位置を測位する。位置測位エンジンは会場全体を分割したサブエリアの中から Aimulet GH+ ユーザが最も存在していると思われるサブエリアを特定する。コンテンツサーバは位置測位エンジンから Aimulet GH+ ユーザの位置を受け取り、受け取った位置に最も適したコンテンツリストをコンテンツデータベースを基に算出し、無線 LAN を通じて Aimulet GH+ に提供する。Aimulet GH+ は受け取ったコンテンツリストを画面上に表示する。

2.5 位置測位

本システムにおいて、位置測位エンジンは展示館全体をサブエリアに分割し、その中の一つに来場者がいると判定する。展示館全体をサブエリアに分割する方法はサ

サブエリアの面積や形状によって何通りでも定義可能である。特にサブエリアの面積を一意に決定するのは困難であるので、本システムではサブエリアの分割方法に階層構造を導入する。同程度の面積を持つサブエリアに分割された展示館全体のサブエリア群を層と考える。サブエリアへの分割は、大きなサブエリアへの分割から小さなサブエリアへの分割まで複数の階層においておこなわれる。最下層に含まれるサブエリアの面積は他の層に属するサブエリアに比べて最も小さく、階層が上がるほど面積が大きいサブエリアが含まれる。

位置測位の際に、位置測位エンジンは最下層でのサブエリアの特定から試みる。多くの RFID レシーバがあるタグ ID を検知した場合、サブエリアの面積が小さいので、上層の大きなサブエリアを特定するのに比べて、最下層でサブエリアを特定するのは困難である。この場合、位置測位エンジンは一つ上の層でのサブエリアの特定を試みる。

位置測位エンジンは以下のように RFID レシーバがタグ ID を検知した回数に基づいてサブエリアを特定する。

まず、階層の集合 L を以下のように定義する。

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n\}. \quad (1)$$

第 l_i 層に含まれるサブエリアの集合 S_i を以下のように定義する。

$$S_i = \{s_{1,i}, s_{2,i}, \dots, s_{j,i}, \dots, s_{m_i,i}\}. \quad (2)$$

RFID レシーバの集合 R を以下のように定義する。

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_k, \dots, r_l\}. \quad (3)$$

時刻 T に RFID レシーバ r_k によって検知されたタグ ID id の検知回数をレシーバポイント (receiver point) $rp_{r_k}(id, T)$ とする。位置測位に過去 t 秒の RFID データも用いる場合、時間重み $w_{time}(t)$ を用いる。時間重み $w_{time}(t)$ を用いて、時刻 T のタグ ID id の総レシーバポイント (total receiver point) $trp_{r_k}(id, T)$ を定義する。

$$trp_{r_k}(id, T) = \sum_{t=0}^{m_i} w_{time}(t) rp_{r_k}(id, T-t). \quad (4)$$

ここで時間重み $w_{time}(t)$ は単調減少であるとする。各サブエリアは、サブエリアポイント $sp_{s_{j,i}}(id, T)$ を持っている。これはサブエリア $s_{j,i}$ の周辺のレシーバポイントに基づいて算出される時刻 T にタグ ID id が第 l_i 階層のサブエリア $s_{j,i}$ にどの程度存在するかを示す相対的な指

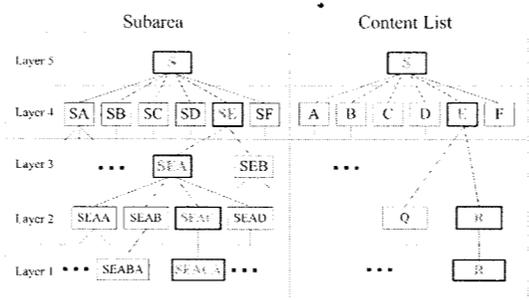


図 3 多層式位置測位におけるサブエリアとコンテンツリストの木構造

標である。

次に“RFID タグが RFID レシーバの近くにあればあるほど、RFID タグは RFID レシーバに検知される回数が多くなる”という仮定に基づいて RFID レシーバ r_k のサブエリア $s_{j,i}$ に対する貢献度 (contribution ratio) $c_{r_k}(s_{j,i})$ が定められる。RFID レシーバがあるサブエリアの近くにあればあるほど (もしくは含まれる場合)、その RFID レシーバのサブエリアに対する貢献度はより大きくなる。各貢献度 $c_{r_k}(s_{j,i})$ の大きさは $[0, 1.0]$ で定義される。貢献度 $c_{r_k}(s_{j,i})$ を用いて、サブエリアポイント (subarea point) $sp_{s_{j,i}}(id, T)$ を以下のように定義する。

$$sp_{s_{j,i}}(id, T) = \sum_{p=0}^{m_i} c_{r_p}(s_{j,i}) trp_{r_p}(id, T). \quad (5)$$

ある階層での全てのサブエリアポイントを計算した後位置測位エンジンは最も高いサブエリアポイントを持つサブエリアを選択する。しかし、もし最も高いサブエリアポイント sp_1 と 2 番目に高いサブエリアポイント sp_2 の比率が予め定められた閾値よりも小さければ第 i 階層でのサブエリアの特定をせずに、一つ上の第 $i+1$ 階層でサブエリアの特定する。階層を上げる条件は以下のように記述できる。

$$\min_ratio_{i,i+1} \leq sp_2/sp_1. \quad (6)$$

ここで、 $\min_ratio_{i,i+1}$ は最小比率位置測位エンジンが第 i 階から第 $i+1$ 層に上がる最小比率を表している。

以上のようなサブエリアを特定するプロセスが毎秒おこなわれる。

2.6 コンテンツ配信

位置測位エンジンはあるタグ ID の存在するサブエリアを特定して、タグ ID とサブエリアをコンテンツサーバに送信する。コンテンツサーバは受け取ったサブエリ

アをコンテンツデータベースに送る。コンテンツデータベースはコンテンツリストの階層構造を持っており、サブエリアに対応するコンテンツリストを返信する。

例えば、多くの展示品のある展示室からなる展示館において、コンテンツデータベースが比較的高い層に含まれる”展示室 A”というようなサブエリアを受け取った場合、コンテンツデータベースは展示室 A の展示コンセプトに関する解説が上にあり、主たる展示品 B が下にあるコンテンツリストを返信する。これに対して、比較的低い層に含まれる”展示物 B の前”というようなサブエリアを受け取った場合、コンテンツデータベースは展示物 B の解説が上にあり、展示室 A の展示コンセプトに関する解説が下にあるコンテンツリストを返信する。

しかし、サブエリアの数が多い場合にはコンテンツリストを全階層で全サブエリアに割り当てるのは困難である。本研究では、この問題に対してサブエリアとコンテンツリストの階層構造をつなぐオントロジーを導入する [5], [7], [12].

サブエリアとコンテンツリストの階層構造は同じではない、コンテンツリストは特定のサブエリアにのみ割り当てられているとする。コンテンツデータベースは、サブエリアの階層構造に基づいて、コンテンツリストが割り当てられないサブエリアに対して親サブエリアの持つコンテンツを返信する。例えば、特定のコンテンツリストが事前に割り当てられていない”展示室 A の窓側半分” というサブエリアに対しては、コンテンツデータベースはそのサブエリアの親サブエリアである”展示室 A”に割り当てられているコンテンツリストを返信する。

図 3 においては、最下層にあるサブエリア SEACA は、SEAC を親として持ち、さらにその上には SEA, SE, S という親を持っている。このときサブエリア SEACA に特定された場合、割り当てられているコンテンツリスト R を返すが、サブエリア SEA に特定された場合、コンテンツリストが割り当てられていないので、サブエリア SEA の親サブエリア SE に割り当てられているコンテンツリスト E を返す。

3. 愛・地球博 2005 における実証実験

3.1 概 要

愛・地球博は 2005 年 3 月 25 日から 9 月 25 日まで愛知県で開催され、出展したパビリオン数は約 90、期間中に約 2200 万人が訪れた [11]。我々の統合情報支援システムが稼動したグローバルハウスは人気パビリオンの一つ

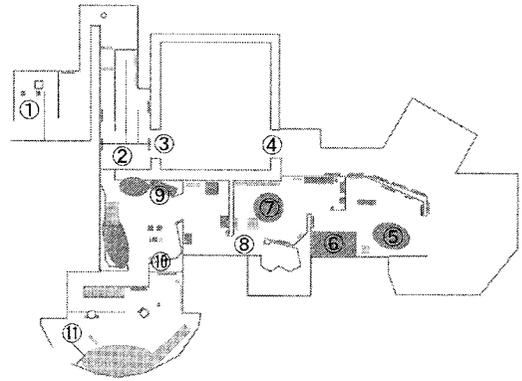


図 4 オレンジホールの概要

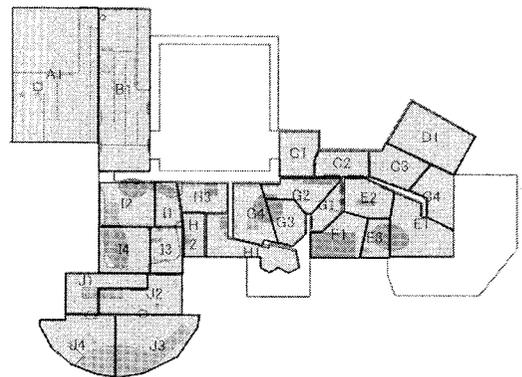


図 5 オレンジホールのサブエリア分割

で総来場者の約 10% が来場した。グローバルハウスはマンモスラボ^(注1)、オレンジホール、ブルーホールに分けられる。

図 4 に示されるオレンジホールの平面図には、以下の 1~11 に示される出入り口や人気展示物が記されている。
 1. オレンジホール入り口 (来場者が情報端末を受け取る),
 2. NHK スーパーハイビジョンシアター前室 (シアターに入場するまで待機), 3. NHK スーパーハイビジョンシアター入り口, 4. NHK スーパーハイビジョンシアター出口,
 5. トウマイの復元顔面, 6. ユガギルマンモスの全身復元模型, 7. ディオニソス像, 8. VR シアターの待ち行列,
 9. 月の石, 10. 月の足跡, 11. オレンジホール出口 (来場

(注 1): マンモスラボにはシベリアの永久凍土から発掘されたユガギルマンモスが展示されていた。日本国際博覧会協会はこの冷凍のユガギルマンモスを愛・地球博の目玉展示品としていた。

者は情報端末を受け取る)。

3.2 来場者向け情報提供サービス

オレンジホールへの入り口(図 4-1)で、来場者に情報端末が手渡され、出口(図 4-11)にて回収した。一般来場者には Aimulet GH が配布され、車椅子を利用する来場者には Aimulet GH + が配布された。

Aimulet GH は JIS カードサイズ(縦 54mm × 横 85.4mm × 厚さ 5mm、重量 28g)の音声情報端末で、来場者に各展示物の解説音声(日本語または英語)を提供する。Aimulet GH は展示物の天井付近に設置された赤外光源から発せられた音声データを含む赤外光を太陽電池で受信し、発電することで音声データを再生する。展示館内には約 50 種類の音声コンテンツ用の赤外光源が設置された。

Aimulet GH + は音声、テキスト、画像からなる展示物の解説を英語または日本語で提供する。Aimulet GH + 用のコンテンツは 41 個あり、コンテンツサーバは来場者の位置に基づいてその中から 6 個を選択して(主に付近の展示物の解説が選択される)、コンテンツリストを作成し配信する。コンテンツリストは来場者の館内移動に伴って、常に更新される。

図 5 では、オレンジホールにおけるサブエリア分割を示している。オレンジホールでは三層からなる多層式位置測位をおこなったが、ここでは最下層のサブエリア分割のみを示し、上層のサブエリア分割は省略する。第一層(最下層)のサブエリア分割では、会場全体が A1~J4 の 25 個のサブエリアに分割されている。

位置測位のために館内には展示物付近の天井を中心として、139 台の RFID アンテナを設置した。

3.3 館内滞在傾向の分析

ここでは来場者への情報提供サービスに用いた位置測位システムによる 8 月 25 日午前 9 時 55 分から午後 4 時 25 分までの 6 時間 30 分の来場者の館内滞在傾向の分析例を示す。^(注2)

図 6 は、午前 9 時 55 分から午後 4 時 25 分に入場した来場者が図 5 に示されるサブエリアへの平均滞在時間を示している。横軸がサブエリア、縦軸がそのサブエリアでの来場者の平均滞在時間を表している。平均滞在時間の比較的最長いサブエリアでは以下のような設備や展示物があるため、滞在時間が長くなったと考えられる。

サブエリア B1 は、図 4-2.NHK スーパーハイビジョンシアター前室に対応しており、全ての来場者が約 10 分のスーパーハイビジョンシアターの解説と会場内での情報端末の利用方法についての説明を受ける。そのため平均滞在時間が約 10 分になっている。サブエリア J3、J4 は図 4-11. オレンジホール出口に対応し、情報端末が返却された後バックヤードに運ばれるまでに置かれている時間も含まれるため、平均滞在時間が他のサブエリアよりも長い。図 6 の中の比較的最長いサブエリアは、以下のような人気展示物に対応している。サブエリア E1-5. トゥーマイの復元顔面、サブエリア F1-6. ユガギルマンモスの全身復元模型、サブエリア G2、G3-7. ディオニソス像、サブエリア H1-8.VR シアターの待ち行列、サブエリア H3、I1-9. 月の石、サブエリア I3-10. 月の足跡。

以上のような人気展示物における平均滞在時間が長いことが判明したが、サブエリアの平均滞在時間はマクロ変数であるため、どのような見学の仕方によりこの平均滞在時間が実現したかは不明である。そこで館内の入り口から出口までの滞在時間に着目し、来場者のタイプ分けをおこなう。

図 7 は館内滞在時間頻度を表している。エリア B1 で検知されてからエリア J4 で検知されるまでの館内の滞在時間を 0~3 分、3~6 分、6~9 分、…と 3 分刻みの滞在時間での出現頻度を算出した。横軸が館内の滞在時間、縦軸がその滞在時間の来場者数を表している。館内の滞在時間が 24 分以下の来場者がいないのは、図 6-2 におけるスーパーハイビジョンシアターの解説が約 10 分、NHK スーパーハイビジョンシアターにおける上映時間が約 10 分とかかるため、館内の展示物を見なかったとしても、出口までの移動に最低 24 分以上はかかってしまうからである。滞在時間が 39~42 分の来場者が 682 人おり、最も多い滞在時間となっている。90 分以上滞在した来場者も僅かながら存在している。この滞在時間頻度を基に、タイプ 1 を館内の滞在時間が比較的最短い 33 分以下の来場者、タイプ 2 を頻度の高い滞在時間が 33~54 分の来場者、タイプ 3 を館内の滞在時間が比較的最長い 54~69 分の来場者、タイプ 4 を頻度は低いが滞在時間が長い滞在時間 69 分以上の来場者とする。

図 8 はタイプ 1~4 の来場者のサブエリア間の遷移例を示している。横軸は時刻、縦軸はサブエリアを表している。グラフ中の点は、ある時刻にあるサブエリアにいるという位置測位エンジンの測位結果である。前述のタ

(注2)：今回の分析の対象となったのは約 6 時間半分の RFID データであったため偏りがある可能性を否定できない。今後は全開期間 185 日間の RFID データの分析をおこなう予定である。

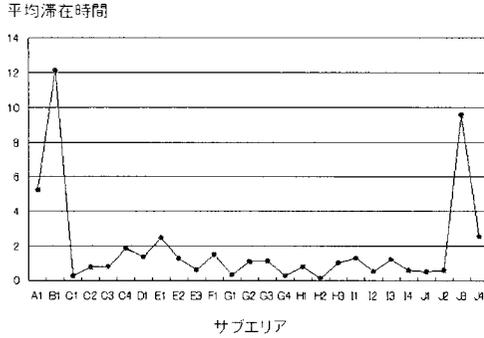


図 6 各サブエリアへの平均滞在時間 (全来場者)

タイプ分けの条件に従って来場者を分類し、それぞれのタイプに属する来場者を各タイプから一人ずつ抜き出した。毎秒連続して位置を測位されている場合はその前後の点は線で結ばれるが、タグ ID が検知されなかった場合は位置測位されず、前後の点と結ばれないため、グラフ中で必ずしも連続していない。いずれのタイプも図 6-2 で検知された後、10 時 34 分頃にスーパーハイビジョンシアターに入場したため、全員が一度検知されなくなった。タイプ 1 はどのサブエリアにも滞在することなく出口まで直行している。また、タイプが 1 から 4 に上がるに連れて、各サブエリアでの滞在時間が長くなっている。

各タイプでは図 8 に示されるような挙動の違いがあるため、再び各サブエリアへの滞在時間について着目し、滞在時間頻度に基づいて分類したタイプ 1~4 の来場者のそれぞれのサブエリアへの平均滞在時間を算出し、その結果を図 9 に示す。横軸がサブエリア、縦軸がそのサブエリアでの来場者の平均滞在時間を表している。グラフより、各サブエリアでの滞在時間はタイプが 1 から 4 に上がるに連れて長くなっている。しかし、全てのサブエリアに関して滞在時間が同等に長くなっているわけではなく、図 4 で示された 5~10 の人気展示物における滞在時間のみが大きく長くなっている。このことから、来場者の滞在時間が伸びても、見学する展示物の数が増えるわけではなく、人気展示物を見学する時間が長くなっていることが分かる。

3.4 来場者モデルの構築に向けて

本論文では、オレンジホールの来場者の館内の滞在時間に関して、入場から退場までの滞在時間に着目し、タイプ分けをおこない、館内の滞在傾向を明らかにした。

本論文では滞在時間による来場者の 4 種類のタイプ分

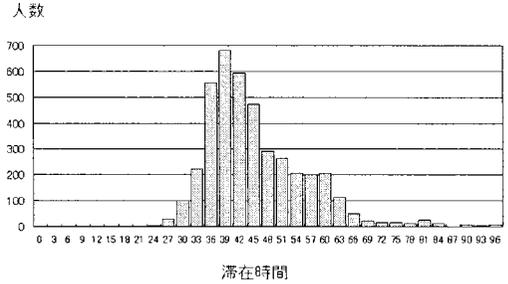


図 7 来場者の滞在時間の出現頻度

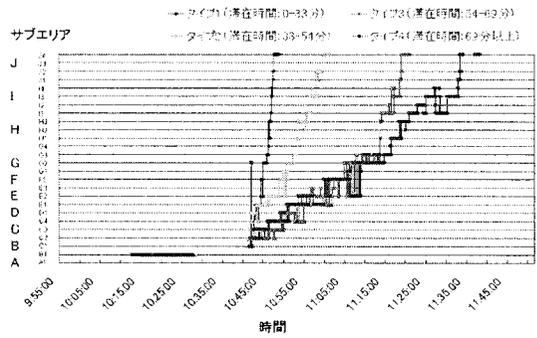


図 8 各タイプのサブエリアの遷移例

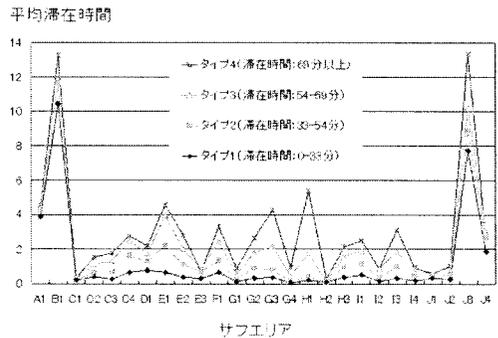


図 9 各サブエリアへの平均滞在時間 (タイプ別)

けをおこなったが、今後の来場者のタイプ分けや来場者モデルを構築する上でキーとなりうる来場者の RFID データを考える。現在利用可能なデータで来場者個人の動きを表しているデータの一つに図 8 で示されていたサブエリアの遷移データがある。しかし、このデータからではあるサブエリアで来場者がただ立ち止まっているか、展

示物の解説を聞いているかの判定をすることは難しい。RFID データからは、どのサブエリアにどの程度滞在していたか以上のことは分からないため、展示物を聞いていた、立ち止まっていたというような行動を区別できない。そこで、RFID データから来場者の特徴を捉えるには、サブエリアの滞在時間とサブエリアの遷移順が重要であると考えられる。

また、来場者を滞在時間によりタイプ分けしたが、同じタイプでも異なる特徴を持つ来場者が観察されたため(例えば、同じタイプ 4 でも立ち寄っているサブエリアの滞在時間が異なる場合があった)、長時間立ち寄っていたサブエリアの違いに着目する。

オレンジホールで取得した RFID データの大きな特徴として、全員が RFID タグを着用していることが挙げられ、RFID データからサブエリア内の滞在人数が計測できる。周囲の人に連れられて展示物を見ていくタイプや混雑を避けて一人で展示物を見るタイプといった来場者は館内で他の来場者が作り出す混雑状況に影響されて、行動選択をしていることも考えられる。展示物の周りが混んでいるかいないかも、来場者の特徴を示す上で重要な情報である。

来場者のタイプ分けやユーザモデルに使われる特徴的な観測量などとして、本論文で利用した入り口から出口までの滞在時間、サブエリアの遷移データ(滞在時間と遷移順)、長時間滞在していたサブエリア、来場者が測位されたサブエリアの滞在人数が挙げられる。

4. ま と め

本論文では、大規模な展示館内の来場者の位置測位をおこない、位置に基づく情報提供サービスと館内滞在傾向の分析の双方を実現する統合情報支援システムの概要を示した。位置測位のツールとしてアクティブ RFID を採用し、統合情報システムのシステム構成や開発した位置測位エンジンやコンテンツ配信を概説した。開発した統合情報支援システムは愛・地球博 2005 において利用され、実際におこなわれた来場者向けの情報提供サービスの内容と来場者の館内における滞在動向の分析結果を示した。RFID データに基づく来場者モデルの構築に向けた今後の展開を示した。

文 献

- [1] Kurumatani, K.: Mass User Support by Social Coordination among Citizens in a Real Environment, Multi-Agent for Mass User Support, Post-Proceedings of MAMUS-03, Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 3012, pp.1-17, Springer Verlag (2004)

- [2] Sashima, A., Izumi, N., Kurumatani, K.: CONSORTS: A Multiagent Architecture for Service Coordination in Ubiquitous Computing, Multiagent for Mass User Support, LNAI 3012, pp.196-216 (2004).
- [3] U. Bandara, M. Minami, M. Hasegawa, M. Inoue, H. Morikawa, T. Aoyama, "Design and Implementation of an Integrated Contextual Data Management Platform for Context-Aware Applications", In Proceedings of Seventh International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC'04), Volume 1, pp.266-270, Abano Terme, Italy, Sept. 2004.
- [4] Gregory D. Abowd, Agathe Battestini, Thomas O'Connell "Location Service: A framework for handling multiple location sensing technologies", College of Computing and GVV Center, Georgia Institute for Technology, Atlanta, Georgia, USA, 2002. (http://www.awarehome.gatech.edu/publications/location_service.pdf)
- [5] Thibaud Flury, Gilles Privat, Fano Ramparany: "OWL-based location ontology for context-aware services", Artificial Intelligence in Mobile Systems, 2004.
- [6] Rob Lemmens and Marian de Vries: "Semantic Description of Location Based Web Services Using an Extensible Location Ontology", GI Tage 2004, pp.261-276, 2004.
- [7] Harry Chen, Tim Finin, and Anupam Joshi: "An Ontology for Context-Aware Pervasive Computing Environments", Journal of Knowledge Engineering Review, No.3, Vol.18, pp.197-207, 2004.
- [8] <http://www.aeroscout.co.jp/>
- [9] <http://www.consorts.org/>
- [10] <http://www.ekahau.com/>
- [11] <http://www.expo2005.or.jp/>
- [12] <http://www.wsmo.org/ontologies/location/>