



iPhone と歩行者デッドレコニングを利用した 科学ミュージアムガイド

Science-Museum Guide using iPhone and Pedestrian-Dead-Reckoning System

七田 洗一^{1) 2)}, 大隈 隆史²⁾, 石川 智也²⁾, 興梠 正克²⁾, 西岡 貞一¹⁾, 蔵田 武志²⁾
 Kouichi SHICHIDA, Takashi OKUMA, Tomoya ISHIKAWA,
 Masakatsu KOUROGI, Teiichi NISHIOKA and Takeshi KURATA

- 1) 筑波大学 図書館情報メディア研究科(〒305-8550 茨城県つくば市春日 1-2)
 2) 産業技術総合研究所(〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1)

Abstract: In this paper, we report on a user study for a science-museum guide using iPhone and a pedestrian-dead-reckoning (PDR) system. In this study, we measured the user's position and direction by using a self-contained sensor module worn at the user's waist and presented maps and electronic worksheets on the exhibits through iPhone. We conducted a subjective evaluation concerning the usability of the mobile guide, the ways of providing maps, and effects of electronic worksheets. As a result, we verified that the size and weight of the mobile guide are reasonable, it is easy to see maps with the enlarged view of the current position and automatic rotation, and electronic worksheets prompted the users to experience the real exhibits.

Key Words: mixed reality, wearable, digital museum

1. はじめに

我々は科学ミュージアムガイドシステムの開発と評価を通して、屋内環境におけるユーザの状況に応じた情報提示サービスについて研究を進めている[1][2]。これまでの実験から、被験者からハンドヘルド端末が大きい・重いと云った指摘が多くなされてきた。その一方で、文字などが小さくて読みづらいという指摘も同時にあった。

そこで本実験では、その操作性から注目を集めているiPhoneを端末として用いるシステムを開発し、科学ミュージアムガイドシステムにおける端末として利用した場合におけるユーザビリティの調査を行った。

また、昨年の実験で効果が確認された体験誘導コンテンツについては、実運用時においても効果的なコンテンツとなると期待されるが、昨年度の実験のように三次元アニメーションを用いた表現をより多くの展示に適用するためには、コストが比較的大きい。そこで、説明員が素早く体験誘導コンテンツを作成してシステムへ反映できる仕組みの実現のため、体験誘導コンテンツを、従来から利用されているワークシートを電子化した静止画とiPhoneのアプリケーションソフト ZeptoPad を利用して写真と文字からなる静止画として作成し、その効果を検証した。

2. 科学ミュージアムガイド

本実験で利用した科学ミュージアムガイドに関して、そ

の実験システムの構成を概説する。

2.1 ハードウェア

本実験の被験者は、図1で示すセンサモジュールとバッテリーを、ベルトなどを用いて腰部に装着し、ハンドヘルド端末(iPhone)を把持するか首にかけた状態で実験に参加する。



図1: iPhone とセンサモジュール

センサモジュールは3軸の加速度センサ、3軸の角速度センサ、3軸の磁気センサ、気圧センサ、アクティブRFIDタグリーダ、Wi-Fiモジュール、micro SDカードスロットを内蔵している。通常、センサデータはWi-Fiネットワーク経由でサーバに送信されるが、ネットワーク切断時にはmicro SDカードに蓄積され、ネットワーク通信回復時に再送信される機能が実現されている。

2.2 インフラ

通信インフラとしては H17 年度に構築した Wi-Fi 網と iPhone による 3G 電話回線網を利用した。アクティブ RFID による位置補正手法については、施設側に RFID タグを配置する設定とした。

2.3 ソフトウェア構成

本システムのソフトウェア構成は測位系、コンテンツ管理系及びハンドヘルド端末制御系で構成されている。

測位系としては、PDR をベースに、アクティブ RFID による位置補正を組み合わせた統合的測位手法を採用した。

コンテンツ管理系はデータベース (PostgreSQL) と php スクリプトによる Web サービス群から構成され、サーバ上で実行された。測位系と通信することで各被験者の最新の位置と方位を取得して DB に履歴を記録すると同時に、ハンドヘルド端末制御系からのリクエストに応じて、状況に基づいて提示するコンテンツ情報を提供する。

ハンドヘルド端末制御系はコンテンツ管理系と同様のデータベース、Web サービス群に加えて iPhone 用アプリケーションから構成される。ユーザ情報を管理するとともに、ユーザからの入力やタイマーなどのイベント処理、コンテンツ管理系へのリクエストと応答結果として提供される地図・推薦ルート・体験誘導コンテンツなどの可視化を担当する。

2.4 インタフェースデザイン

ガイドシステムのインタフェースは主に 2 種類の地図提示モードとコンテンツ提示モードがある。

2.4.1 地図提示 (ナビモード)

地図上にユーザの現在位置・方位、目的地までの最短ルートを表示することでナビゲーションするモードである。このとき、地図の表示は測位系の出力に基づいて自動で制御される。地図の表示範囲は被験者の現在位置の周辺が自動で追跡される。地図の回転に関しては、進行方向が画面の上方向に常に一致するように自動で地図を回転するモードと、画面の上方向が常に北を示していて進行方向を現在地アイコンの矢印の向きで示すモードの二種類用意した (図 2)。また、地図の縮尺制御については、測位系出力の「不確かさ」に基づく縮尺の自動制御をおこなう自動縮尺モードと、手動モードで決定した縮尺を維持する固定縮尺モードを用意した。自動縮尺モードにおいて測位系の不確かさが小さい場合は縮尺を大きく表示し、逆に不確かさが大きい場合は縮尺の小さな地図を表示する (図 3)。これにより、測位誤差の影響により現在地の表示がずれていても画面内に本来の現在位置が含まれる状況が増えるとともに、システムの「自信の度合い」を暗に表現しユーザに伝えることができると考えられる。

また、地図上にコンテンツを示すアイコンを配置し (図 2 に写っている青い丸のアイコン)、そこに近づくと自動で含まれているコンテンツの提示画面が表示されるようになっている。



図 2 (左) 自動回転モード。(右) 方向固定モード。

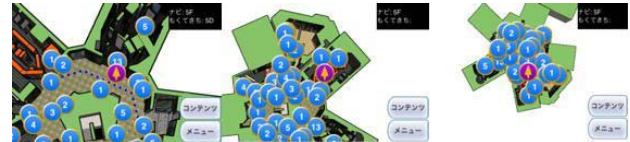


図 3 自動縮尺

2.4.2 地図提示 (地図モード)

地図モードでは iPhone のマルチタッチによるインタラクションで地図のスクロール、拡大縮小、回転を操作できるようにインタフェースを設計したモードである。地図のスクロールは iPhone の写真閲覧ソフトウェアなどでよくおこなわれる操作に準じて、指によるドラッグ操作で自由におこなうことができる。同じく拡大縮小は二本指におけるピッチ操作によっておこなうことができる。地図の回転は、画面下部に回転のためのスライダーを配置してこれをドラッグすることにより地図の回転量を指定することで操作できるようになっている。これらの操作によってユーザは自由に地図を閲覧することができる。



図 4 地図の手動回転

2.4.3 コンテンツ提示モード

コンテンツ提示モードでは地図上のコンテンツグループアイコンをタッチすることで、そのアイコンに関連付けられているコンテンツの一覧を見ることができる。コンテンツグループアイコンには関連付けられているコンテンツ数が書かれている。一覧から見たいコンテンツを選択することでそのコンテンツが画面に表示され、地図と同様の操作で平行移動と拡大縮小を行うことができる。表示されるコンテンツの詳細は次の節で説明する。

2.5 コンテンツ

実展示は体全体で体験することができ、とても臨場感が高い展示である。しかし、それだけでは何を意図している



図 5 コンテンツ提示画面

のかがわからなかったり、表面的な体験で終わってしまったりすることもある。また、作製に時間がかかり、設置後も長期間展示されるため更新のサイクルは長いものになってしまう。

いわゆる電子コンテンツ（仮想展示）は臨場感こそ実展示と比較すると低いものとなってしまいが、作製や設置、修正が容易であり内容を新しく保つことができる。

以上のように、実展示とコンテンツは相補的である。そのため、この特徴を生かしながら実展示とコンテンツを組み合わせるにより実展示の魅力をあげることができると考えられる。

また、これまでの説明員へのヒアリング調査から、各展示は説明員の解説によって魅力的になることがわかっている。さらに、その解説にも定型化している解説と臨機応変に対話しながらの解説がある。しかし、説明員の数は有限であるため全ての来館者へ解説を行うことは困難である。そこで、それらの定型化している解説をコンテンツ化して再現・提供することで、より多くの来館者に実展示の体験をわかりやすく促すことができると考えられる。また、説明員も定型化した説明が不要となるため、多くの来館者へのきめの細かい対応ができると考えられる。

そのため、今回の実験では従来から作られているワークシートを電子化する（図 6）とともに、iPhone のアプリケーションソフト ZeptoPad を利用して写真と文字からなる静止画としてコンテンツを作成した（図 7）。またこの取り組みは、説明員が簡単にコンテンツを追加できるようにし、コンテンツの充実を図るためでもある。

3. 実験設定と手順

本実験は参加体験型展示が多いという特徴を持つ科学技術館（5 階建て、各階 2500~2700 m²）において、平日 1 日間、休日 3 日間の計 4 日間実施した。30 分おきに実験開始時刻を設定し、午前 3 組、午後 5 組が試行できる体制とした。被験者の安全考慮、行動履歴記録及びシステムの調整のため 1 組の被験者につき 1 人の付き添いを割り当てた。

各被験者は 4 階に設置された受付で実験を開始し、自由に選択した 3 つの展示室を巡った後、再び受付に戻ってくる。実験時間は 1 時間程度を想定したが、特に強制はしなかった。また、実験開始時に地図モードとナビモードの切り替えや、ナビモードにおける各地図制御パターンについて、後で評価してもらうことを伝えたいうえで自由に切り替えてもらうように指示した。そして、実験終了後に被験者



図 6 従来のワークシートを電子化したものの例



図 7 Zepto Pad で作成したコンテンツの例

はアンケートとインタビューに回答した。

各付き添いは、ビデオカメラを持ちながら被験者の後方から映像音声ログを記録した。また、階段の上り下りやエスカレータの乗降の際の安全確保やシステムトラブル対処なども付き添いの主な役割であった。

実験の途中でシステムの改善が何度かあったため、これから述べる結果は実験 3 日目、4 日目のものである。その間の被験者数は 16 名である。

4. 結果

アンケート結果にはすべて t 検定を用い有意差があるかどうかを統計的に分析した。

ハンドヘルド端末としての iPhone の重さ・大きさ・画面サイズに関する下記の質問

- ・ 体験中に iPhone が重いと感じましたか。
 - ・ iPhone の本体の大きさをどう感じましたか。
 - ・ iPhone の画面サイズの大きさをどう感じましたか。
 - ・ 実際の展示を体験中に iPhone が邪魔になりましたか。
- の回答としては、いずれの評価結果の平均評価値はほぼ 4.0 で、適切な重さ・大きさであると評価をされた。しかし、展示を体験中に邪魔になったかという質問に対しては、どちらともいえないという結果となった。

地図のユーザの現在位置表示に関しての下記の質問

- ・ 自分の位置と地図上の位置がずれていると感じることがありましたか。
- ・ 不自然な位置に現在地が表示されることがありましたか。（壁にめり込んだり、空中を歩いたりなど）
- ・ 現在位置が飛んだと感じることがどれ程ありましたか。
- ・ 現在地がとんだ時、自分の位置がわからなくなることがありましたか。

に対してあまりよい回答は得られなかった。インタビューから、その主な原因は表示遅延と、断続的に起きたネットワーク切断による表示の更新の中断であることが分かった。またこれは、現在地表示が飛んだといった不連続な移動の原因にもなっていた。このような動きをした場合、ユーザは自分の現在位置がわからなくなってしまうことがよくあるという回答が得られた。

昨年の実験では実環境と端末の画面では、端末のほうをよく見ていたとの評価が得られていた。しかし、これが展示体験中の結果であれば実展示の体験のきっかけを奪っているのではないかという問題があった。そのため、今回の実験では移動中と体験中に分けて下記の質問をした。

- ・ **端末の画面と実環境のどちらをよく見ましたか。(フロア内での移動中、階段、エスカレータ、展示体験中の各場所について回答)**

その結果、階段では比較的実環境を見ており、それ以外では実環境と画面のどちらにも均等に注意を払っているという結果となった。

コンテンツが展示を体験する手助けとなったか、またはその体験の仕方がわかったか等に関する下記の質問

- ・ **コンテンツは体験の助けになりましたか。**
- ・ **自動で表示されたコンテンツと地図上にあるアイコンを選択して表示したコンテンツのどちらを多く見ましたか。**
- ・ **同じコンテンツを見直すことがどの程度ありましたか。**
- ・ **コンテンツを見ることで実際の展示の体験の仕方がどれだけわかりましたか。**
- ・ **興味がなかった実展示に関して、コンテンツを見ることで体験しようと試みたことがありましたか。**
- ・ **コンテンツを見て、実際に展示を見に行ったものがありますか。**

に対してはどちらともいえないという回答が得られた。また、コンテンツを見直すということにはなかったと回答された。しかし、60%以上の被験者がコンテンツを見ることで興味のなかった実展示を体験しようと試みたと回答し、70%近くの被験者がコンテンツを見て実際に展示を見に行くと回答した。これは、被験者の履歴データとビデオログ、インタビューからも確認された。

- ・ **地図の拡大縮小は容易に行えましたか。**
- ・ **地図の表示位置の移動を容易に行えましたか。**
- ・ **地図の回転移動を容易に行えましたか。**

上記の地図の拡大縮小と表示位置の移動に関する質問からは容易に行えたという結果を得られた。しかし、地図の回転移動を容易に行えたかという質問にはよい結果を得られなかった。これは地図の回転移動がマルチタッチのインタフェースを活かした直観的な操作ではなく、また端末の処理速度により反応が遅かったためだと考えられる。

- ・ **各地図表示モードの地図表示はわかりやすかったですか。**

- ・ **各地図モードは使いやすかったですか。**
- ・ **よく使った地図表示モードはどれでしたか。**

使いやすさに関する上記の質問に対しては、ネットワーク接続の不安定さにより表示に遅延等があったため、良い回答は得られなかった。しかし、地図のわかりやすさについては自動拡大・自動回転モードが昨年の実験と同様に良い評価を得ることができ、被験者が一番使った表示モードは自動拡大・自動回転モードであった。

5. 考察とまとめ

アンケート結果から iPhone の端末としての評価は、物理的な要因に関しては問題ないと考えられる。また、マルチタッチスクリーンによるインタラクションも問題ないと考えられる。しかし、今回の実験で低い評価を受けた項目の多くは iPhone とサーバの接続状況の不安定さ、ハンドヘルド端末制御処理系の処理速度の遅さに起因するといった問題があるので、これらを早急に改善する必要がある。

電子ワークシートに関しては、体験方法がわからなかったという結果も含めて、体験誘導コンテンツが実展示の体験の仕方を説明するのではなく実展示に興味をもってもらい体験を促す意図した通りに、実展示体験への誘導や体験のきっかけを与えるという効果があると考えられる。ただし、現状作成できるものは写真と文字だけの静止画であった。このため、コンテンツの表現力は低く、伝えられる内容も制限されたものになってしまう。そのため、ユーザとインタラクションできるようなコンテンツを簡単に作成できるような環境を整備していく必要がある。

現在、図3のように、縮尺を小さくすると地図がコンテンツのアイコンに埋もれて見られない状態になってしまった。コンテンツの量が増加してもそれらをうまくユーザに提示できなければ、活用されずにシステムの中に埋もれていってしまう。また、コンテンツの表示のタイミング・頻度に関しても今回の実験ではユーザが満足できる表示を行うことができなかった。また、測位系や通信の関係で現在地表示がとんでしまった時などにユーザが現在地を見失うなど、提示の手法はまだ適切でないと考えられる。そのために、ユーザにどのように情報を提示すれば実体験に対する学習効果が高まるのかを分析し、改善していく必要がある。

謝辞 本実験の一部は財団法人 JKA の補助金の支援を受け、科学技術館の協力のもと実施された。

参考文献

- [1] T. Okuma, et al.: A Pilot User Study on 3-D Museum Guide with Route Recommendation Using a Sustainable Positioning System, In Proc, ICCAS, pp. 749-753 (2007)
- [2] 大隈ら: 科学ミュージアムガイドにおける三次元地図提示のための仮想視点制御と体験誘導コンテンツ提示の効果, 日本VR学会論文誌, Vol. 14, No. 2, pp. 213-222 (2009)