

ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システムに 関する調査研究報告書

平成19年3月

財団法人 日本科学技術振興財団



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://keirin.jp>



ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システムに関する

調査研究委員会

(敬称略、順不同)

委員長	廣瀬	通孝	東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻	教授
委員	池井	寧	首都大学東京 システムデザイン学部 ヒューマンメカトロニクスシステムコース	准教授
"	季里		株式会社七音社	取締役
"	葛岡	英明	筑波大学 大学院 システム情報工学研究科 知能機能システム専攻	教授
"	蔵田	武志	独立行政法人 産業技術総合研究所 情報技術研究部門	研究員
"	椎尾	一郎	お茶の水女子大学 理学部 情報科学科	教授
"	西岡	貞一	筑波大学 大学院 図書館情報メディア研究科 情報メディア開発分野	教授
事務局	酒井	次郎	財団法人 日本科学技術振興財団	理事
"	棚橋	正臣	財団法人 日本科学技術振興財団	部長
"	米山	忠	財団法人 日本科学技術振興財団	課長
"	高原	章仁	財団法人 日本科学技術振興財団	主任
"	大関	理恵	財団法人 日本科学技術振興財団	

報告書目次

1 . ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システム	1 - 1
1.1. 目的	1 - 1
1.2. 背景	1 - 1
1.3. 内容	1 - 2
1.4. 機能	1 - 3
2 . 科学館学習支援システムのあり方	2 - 1
3 . 科学技術館ナビゲーションシステム実験報告	3 - 1
3.1. はじめに	3 - 1
3.2. パーソナルポジショニングシステム	3 - 2
3.3. 科学技術館の無線環境	3 - 3
3.4. コンテンツ	3 - 8
3.5. ウェアラブル利用者端末	3 - 13
3.6. ユーザインタフェース	3 - 15
3.7. 実験設定と手順	3 - 16
3.8. 被験者	3 - 19
3.9. 実験経過と結果	3 - 21
3.10. アンケート結果	3 - 31
3.11. まとめ	3 - 38
4 . 委員の生の声	4 - 1
4.1. ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システムに関する調査研究に関して コンテンツクリエイター側からの提言	4 - 1
4.2. 協同鑑賞を考慮したウェアラブル機器の提案	4 - 6
4.3. ウェアラブル機器を使った科学館学習システムに対する提言	4 - 11
5 . 今後の展開	5 - 1
付録1 . 被験者への説明と同意に関する書類	付録1 - 1
付録1.1. 人間工学実験計画書	付録1 - 1
付録1.2. 同意書	付録1 - 13
付録1.3. 写真及びビデオ公表についての承諾書	付録1 - 14
付録2 . Flash コンテンツ	付録2 - 1
付録2.1. スタート画面	付録2 - 1
付録2.2. ボタン	付録2 - 1
付録2.3. 共通説明	付録2 - 2

付録 2 . 4 . 時間が決められているワークショップや展示の説明	付録 2 - 2
付録 2 . 5 . 各展示室及び展示物の説明.....	付録 2 - 3
付録 3 . おすすめ見学コース	付録 3 - 1
付録 3 . 1 . おすすめ見学コースを複数用意した科学技術館のウェブサイト.....	付録 3 - 1
付録 3 . 2 . おすすめコースの1つとしてデータベースに入力した90分全館体験コース	付録 3 - 2
付録 4 . アンケート用紙	付録 4 - 1

1. ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システム

1.1. 目的

以前、競輪の補助金を受けて実施した「博物館閲覧支援システム構築に関する調査研究」においてモバイル機器を使用した博物館閲覧支援システムを構築し実証実験を含む調査研究を行い、PDA等のモバイル機器を使用した閲覧支援システムの有効性を実証した。しかし、同システムは幾通りかの設定が可能であったが、事前に設定した通りにしか情報を提供できない等の制約があった。

今回はより実用的で柔軟性に富むインタラクティブ環境を提供し、ユビキタス社会を想定した先進的な研究として、より身軽なウェアラブル機器を使用し、一方的に情報等を提供するのではなく、双方向性を持たせた学習支援を行うシステムを考察する。

そして、展示物と来館者はもとより、来館者同士の連携や例えば来館者と解説者とのインタラクティブなコミュニケーションが手軽にできることを目標に、モバイル機器と違ってハンズフリーなウェアラブル機器を使い、来館者が欲しい時に欲しい情報や学習に必要な情報を的確に得られる学習支援システムに関する調査研究を行うことを目的とする。

1.2. 背景

青少年の科学・技術に関する理解増進、あるいはより関心を持ってもらうために、生涯学習機関として理工系博物館（科学館）が重要な役割を担う必要に迫られている。これには科学館来館者のニーズに呼応した的確な情報の提供ができる手法として、来館者自らの体験的発見を誘導するファシリテータの育成・導入を始め、時代に即応する展示環境の一層の整備充実が科学館側に求められている。また、総合的な学習や生涯学習と言った教育的見地からの要求にもこたえる必要があり、インターネットが発達した今では情報量やスピードなど人によるサポートだけでは時代に対応できない面が発生してきている。そのために情報技術（IT）を利用した情報提供がいろいろ考え出されてきている。

その情報関連技術としてモバイルやウェアラブルといった無線を利用した情報機器が発達し、来館者個々人が容易に利用できる条件も整いつつある。「博物館閲覧支援システム」では、PDAや携帯電話といったモバイル機器を使用して、来館者に展示内容の解説支援を行うなどのサービス向上が出来ることを実証してきた。

これらモバイルやウェアラブル機器を利用したIT関連事業は、ユビキタス社会の到来に伴い、今後発展する分野であり、特にウェアラブル機器を利用したシステムは製造現場やメンテナンス等の作業支援、遠隔地からの作業指示、ヘルスケアや救急医療支援等と様々な研究が行われており、実際の現場で利用される環境が整いつつある。

しかし、ウェアラブル機器の実用面での利用については様々な提案・研究がなされているものの、まだ始まったばかりであり、さらに、ハード面でも不特定多数の方が使用する場合のサイズや装着感の問題など、解決すべき問題点があり普及が遅れている現実がある。

これらの問題を科学館学習支援システムという切り口で、来るべきユビキタス社会の到来に際して必要不可欠であろうウェアラブル機器の開発、普及を実現させるべく、利用者サイドに立った調査研究による社会的ニーズの把握が不可欠と考える。

そのために、ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システムを構築し、科学技術館で予備実験を行う。

1.3.内容

メガネや時計、あるいは洋服や帽子の様に手に持たずに身に付けることができるウェアラブル(wearable)機器を使った、ハンズフリーという特性を活かした科学館学習支援システムを試作し、その有効性に関する調査を行う。

来館者にウェアラブル機器を装着してもらい、館内を見学している最中にウェアラブル機器を通して展示物に対する解説等の学習支援を行う。その後、学習内容・方法、ウェアラブル機器の装着感等をアンケート形式で記入してもらい、その結果から有効性の検証及び実用化に向けた課題の抽出を行う。

評価はウェアラブル機器を使用した場合と、ウェアラブル機器を使用せずハンドヘルド型機器を使用した場合とを比較して行う。

実際の実験システムの詳細については第3章に記載しているが、学習支援を行うに当たって、来館者の現在位置と向いている方向を認識することが技術的には大きな鍵となっている。多くの科学館の展示物は建物の中に設置されており、GPS¹を利用した位置測定は利用できない。また、屋内に位置センサーを張り巡らせることも設置費用やメンテナンスコストを考えると実用的とはいえない。そこで今回は無線LANのアクセスポイントおよびアクティブRFID²を利用して位置の測定を行う。また、向きについては外部機器による測定は困難であることから、来館者にジャイロや地磁気センサーを身に付けてもらうことで測定可能とした。

¹GPS(Global Positioning System)。アメリカが打ち上げた衛星からの電波をもとに、地上にいる自分の場所を測位するシステム。

²RFID(Radio Frequency Identification)のうち電池等の電源を内蔵したもので自ら電波を発する。ID情報を埋め込んでおり無線通信によって情報をやりとりする。

1.4.機能

科学館学習支援システムが目指すものとして以下の項目が挙げられる。

(1) 解説

対象：

来館者に合わせた展示物の仕組み（からくり）の解説

展示物の科学的、技術的、社会的背景の説明、紹介

解説手段：

インストラクタ、ファシリテータなどヒトによるもの

パネルなど設置物によるもの

IT 機器など装置によるもの

(2) 誘導

館内の展示物の位置への誘導・案内

タイムスケジュール（イベントの開始時間・実施場所の誘導・案内）

資料の所在（他館、図書館）への案内

(3) 交流

来館者同士、解説者など

科学技術への親しみ（人や動物、機械などを通じて）

展示物（実物）を見た感動の共有

技術者・研究者との交流

技術者・研究者への夢、あこがれ

1.4.1.解説

学習支援システムの根幹となる機能である、来館者の興味や関心などに合わせた解説を提供することで学習支援という来館者サービスの充実が図れる。また、解説の提供手段としてインストラクタやファシリテータと言ったヒトが対応する方法と、ヒトではなくパネルや解説装置、あるいはマルチメディア機器などを利用した方法など様々なものがあるが学習支援システムでは IT 機器を利用して解説の提供を行うことを主とする。

目の前にある展示物そのものについての解説はもちろんのこと、元になった科学的理論や法則、製作に至る技術やその背景など付随するさまざまな情報提供も学習支援となり、提供方法だけでなく、情報 = コンテンツとしての振る舞いも考える必要がある。解説提供として音声が良いのか映像でなければいけないのか、文字で良いとした場合でも言語はもとより文字の大きさやレイアウトなど考慮しなければならない事が多くある。

一方、来館時だけでなく来館前後や来館できない場合の解説提供も科学館が持てる大きな学習支援となる。例えば科学館を訪れる前に予めどのような展示物があるかを知って置くことは目的をもって来館する事にも繋がり極めて有益である。事前情報の提供手段として、メディアでの広告、友の会での案内、Web やメールマガジンによるネットワークでの提供、ガイドブックの発行などが考えられ、一般の人の目にとまり易く簡単に入手できなければならない。そして展示物に関係のあるグッズがミュージアムショップで販売されているなどの情報も学習への動機付けとしての支援になると思われる。

1.4.2. 誘導

科学館内での知的好奇心を満たすために展示物までの誘導を行うのも学習支援である。目の前にある展示物のみの解説提供だけでなく、来館者が興味のあるテーマや関心事に係わる展示物があるとすればそこまでのナビゲーションを行い、知的要求を満たすことが大切である。来館者の関心事が何であるのかを確認する方法として、来館時に関心のあるキーワードをシステムに入力することで、システム側で本日の推薦ルートを生成してカーナビゲーションのごとく来館者をナビゲートするのも一考である。

科学館ではワークショップやプラネタリウム等のイベントがあり、そのタイムスケジュールをシステムに組み込んで置くことで開始 10 分前などの時間になったら概要案内を行い、体験してみたいのであれば実施場所までの誘導を行うなどの情報提供により、機会損失を少なくするなどの工夫ができる。

1.4.3. 交流

最後に学習支援システムの機能として「交流」を挙げる。ここでは友達やグループで来館した来館者同士、あるいは同じものに興味をもつ来館者同士のコミュニケーションやインストラクタとの会話を通じて理解を深めることを学習支援と捉える。科学館学習支援システムとしては人や機械などを通じて科学技術への親しみを持ってもらい、科学技術による便利な生活を享受していることなどを身近に感じていただき、自分たちとは接点のないものではないことを意識することが、科学技術に対する学習支援になると考える。

そして、システムにより技術者や研究者との交流ができ、科学や技術による（製品を含む）世界に感動し、その感動を共有することで研究者や技術者への夢やあこがれを持ってもらえれば良いと思っている。

また、他科学館との連携を図り、学校教育における「総合学習」への取り組みや地域教育機関との連携も視野に入れることで交流を通じた、ユーザサイドに立った情報提供が可能になるとと思われる。

2 . 科学館学習支援システムのあり方

ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システムに関する調査研究として科学技術館を実験フィールドとすることで、具体的な科学館学習支援システムのあり方を検討してみる。

まず、本調査研究は科学技術館の学習支援を目的とするものであり、ウェアラブル機器自体も科学技術の賜物であるがウェアラブル機器を前面に出すのではなく、機器と学習支援とのバランスを考えるべきである。実際、目の前に展示物があるのに何を見せるのか、という問いが発せられるが、存在する展示物だけでは補えない展示物に対する補足説明や類似展示物への誘導などを身に付けているウェアラブル機器を通して、文字や音声、画像、あるいは映像と言ったメディアで学習支援していく事が考えられる。その場合、画像や音声は本当に必要なのか、実物を見てもらうほうが先決ではないか、という意見もあるが、学習支援システムとしては、見ただけでは分からない人に対して支援を行うことが目的なので、実物を見てもらった後で、解説の提供支援を行うことになる。

ウェアラブル機器を装着して科学技術館内を歩くと、展示物が反応したり、ハンズオン可能な仕掛けがあると面白い。ただこれも歩き回るたびに反応するのでは興奮めしてしまうし、システムの方が何も学習していないことになる。食わず嫌いの解消となるような、押し付けになり過ぎず興味をすくい上げるのに適切な回数や分量の解説が求められる。展示物側にセンサー等の仕掛けを施すのであれば、同様に展示物に工夫を施し、他の展示物とのリンクを上手に張ることで、埋もれがちなマイナー展示に対する興味をひきつけることができるのではないかとと思う。

そうであれば、来館者がある程度選択できるシステムであれば良いのではないだろうか。例えば、来館者の関心があるワークショップの演示時間や混雑状況（あるいは混雑予想）を知らせるナビゲーション（誘導型）コンテンツも考えられ、開始時間までの待ち時間にディズニーランドのようにワークショップの概要が見られるようになると事前学習となり学習効果もあがることになるのではないだろうか。

ここで実験システムとして、例えば科学技術館のサイトに載っている「おすすめ見学コース」のうち1つをパイロットコースとして実施してみることを考えてみる。サイトには学年向けやテーマ、閲覧時間といったカテゴリーでコースが並んでいる。学習支援としては単にコースの案内をするだけではだめで、コースでは「何をみせるか？」が大切であり、これを見ましょ、イコール強制ではなく、例えばコンテンツを見せ、その場で選択できたりすることが望ましい。誘導型であれば、音声で指示する方法もあるが、画面に科学技術館のマップ（できれば3D）を表示し一緒に来館者の現在位置を表示してコース案内をするのが妥当であろう。カーナビよろしくまさしく館内のナビゲーションシステムとなる。

数あるコースの中から推薦ルートとして一つのコースを提供するとしても、コース自体

も 1 つのコンテンツとなり得るので、コースに忠実に沿っていく事が良いのか、来館者がコースを自由に組みかえられる方が良いのかという問題が発生する。今までの経験から誘導型のシステムを導入する場合、ストーリーの組み立てと施設の配置の関係が大きく影響することがあるので、十分検討する必要がある。科学技術館の展示は業界出展方式のため 2 から 4 階はブース単位で閉じた世界になっており、関連性やストーリー性は見出せないのも、あまり考慮する必要はないものと思われる。5 階に関してはフロアコンセプトがあるので、そこは配慮する必要がある。ストーリー性をあまり考慮しないのであれば、コースから外れて「寄り道」することも可能とすべきであろう。技術的にはセンシングとビューアは別機能であり、コースから外れてもセンサーの範囲内であればシステムで現在位置を捉えることができる。また RFID タグなどを利用して位置補正を行うことになる。

「寄り道」とは書いたものの、実際に「寄り道」をするためにはコース以外の周囲が見える必要がある。コース上以外に興味をそそられる何かを発見しない限り「寄り道」そのものがないからである。通常歩いている時に、目に飛び込んできたものや音のするほうに興味を持てばその方向に動き始めることになる。システム上の画面にも似たような機能が必要になる。コースやコース上の情報だけでなく、カーナビのガソリンスタンドや駐車場等の周辺施設表示のような機能を設けて、コースの周囲に存在する展示物に対しても（簡易な）情報を提供する必要がある。

となると別の使い道も考えられ、オリエンテーリングやスタンプラリーの要素を入れてみることで、宝探しの様なワクワク感をだしたり、インカム¹を使って指令を出すなどのアレンジをいれて展示物から展示物への移動の楽しさを出すなどシステムに柔軟性を持たせることで子供から大人まで楽しめるのではないだろうか。そしてシステムへのフィードバックとして解説だけではなくアンケートも取り入れてみると面白い。

システムとしては来館者の現在位置を把握できるので時系列でログを取ると来館者の軌跡になる。そうすると、例えば帰りに今日のヒストリーとして軌跡をプリントアウトして渡すなどして体験が強化される。来館者が歩き回った軌跡データを保存しておきリピート時に前回の履歴を表示するなどするのも面白いし、インターネットを使って自宅から履歴を見られれば次回は前回見ていない展示物を見ようという事前学習にも似た効果が得られる。個々人の軌跡データを重ね合わせれば訪れた展示物等のランキングを見せることも可能となる。

インターネットが使えるのなら学習支援の解説者として科学技術館の職員だけでなく、ネットを通じて外からのガイドができると職員の負担が減るのではないだろうか。

解説の中身（コンテンツ）については管理者などではなく、各セクション（科学技術館

¹ 「インターコミュニケーション」(相互通信)の省略形。外と接続していない構内音声通信設備を指す。ヘッドセットを使用する場合が多くハンズフリーで使用できる。

の担当者)が直接に、しかも簡単に入力できるのが望ましい。例えば Wiki 等の技術を使って職員だけでなく来館者も知見やその体験記録をシステムのコンテンツとして入力することで、システムのコンテンツが増えるとともに、入力した来館者は次回来た時に「私はあの時こんなことを感じていたんだ。」などとその時の体験記憶を追認することになる。一方、他の来館者にとっては別の来館者との情報共有ができることになり、館側からの一方通行の情報提供ではなく、自分たち来館者も作成者側に回れるという気持ちから学習意欲が湧くことになると思う。(ネットの匿名性や個人情報の扱いなど現実問題として処理しなければならぬ課題はあるが、システムの形態の一つとしては存在するであろう。)

システム実験としては他の方法(例えば、紙のパンフレットやウェアラブル以外の IT 機器など)との違いを比較実験として行う必要がある。

3 . 科学技術館ナビゲーションシステム実験報告

産業技術総合研究所 情報技術研究部門
蔵田武志、興梠正克、大隈隆史、酒田信親

3 . 1 . はじめに

近年、位置・方位情報をキーとして地図やその周辺の施設、建物、その地域の天候などのリアルタイム情報を引き出せる Web サービスや携帯電話サービスが多数公開されている[1][2][6]。特に、都市圏においては、多くの人々が利用する施設や建物について高い位置解像度で情報が提供されており、建物・施設の詳細な屋内外情報が提供されているケースも見られる。また、都市の景観などを 3 次元描画できる PC や PDA (スマートフォン) 向けのソフトウェア[3][5]も提供されるようになってきている。これらの要素技術やコンポーネントを組み合わせるだけでも、例えば、利用者の位置・方位をキーとした歩行者向け 3 次元ナビゲーションシステムの構築は可能であり、この分野全般のさらなる可能性が開けつつある状況にあると言える。

3 次元ナビゲーションシステムは、科学技術館のような立体的な構造を持つ施設においても非常に有効に機能することが想定される。もし、来館者向けのナビゲーションサービスを提供することができれば、その施設を不案内な来館者においては、自分が今、建物のどのあたりにあるかを把握することができ、どの展示がどの場所にあるかという情報もわかりやすく得ることができる。リピータの来館者においても、より効率よく各展示を体験して回れるようになり、また、もし時間の決まった催し物などがあった場合、それを見逃さないようにすることもできる。

さらに、このようなシステムが実現すれば、各来館者の移動履歴、体験履歴を記録できるようになる。その情報を来館者自身が利用すれば、帰宅後などに、自己の見学経路をコンピュータ上で追体験しながら、インターネット上の検索サービスなどを併用でき、体験と知識とを関連付けやすくなる。人間の身体性は記憶において大変重要な役割を果たすとされていることから、このような体験記録に基づく学習支援は将来有望であると言える。施設の運用側としても各来館者の行動の傾向を詳細に得ることが出来るため、展示施設の入れ替えや配置の検討材料として履歴を用いたり、迷子対策などに応用したりすることも考えられる。

しかしながら、3 次元ナビゲーションシステムを実現する上でキーとなる自己の位置・方位情報の精度が低いと、このようなサービスを必ずしも十分に活用することができない。測位手段としてもっとも良く使われている GPS や無線基地局による測量に基づく測位手法は、基本的に屋外を想定したものであるため、科学技術館のような屋内環境では利用することができない。また、3 次元ナビゲーションシステムに用いるほど十分に高い位置分解能を得ることは困難である。

RFID や Wi-Fi を用いた屋内に適した測位手法も存在するが、RFID を用いてあらゆる場所で位置情報を取得するためには、少なくとも数 m ごとに RFID タグもしくはリーダを設置する必要があり、インフラ整備コストが非常に高いという問題点がある。一方、Wi-Fi を用いる場合、通信インフラを流用できるためインフラ整備コストは RFID ほど高くないが、位置決め精度は GPS と同様、5 ~ 10 m 程度しか望めない。さらに、3次元ナビゲーションにとって重要な情報の1つである方向については、前述のどの方法でも取得することは困難であり、ジャイロや地磁気センサなどの適用が必須となる。

3.2. パーソナルポジショニングシステム

本章ではまず、屋内外で利用可能な歩行者ナビゲーションを実現するために、筆者らが開発中であるパーソナルポジショニング手法とその実装システムについて述べる[9][10]。人の移動は主として歩行動作によって引き起こされるため、その運動を自蔵センサ群（各3軸の加速度・ジャイロ・磁気方位センサ）によって一步単位で検出・計測して積算するデッドレコニング手法を用いて相対的な移動を高い精度で推定できることが筆者らの研究[7][8]によって示されている。

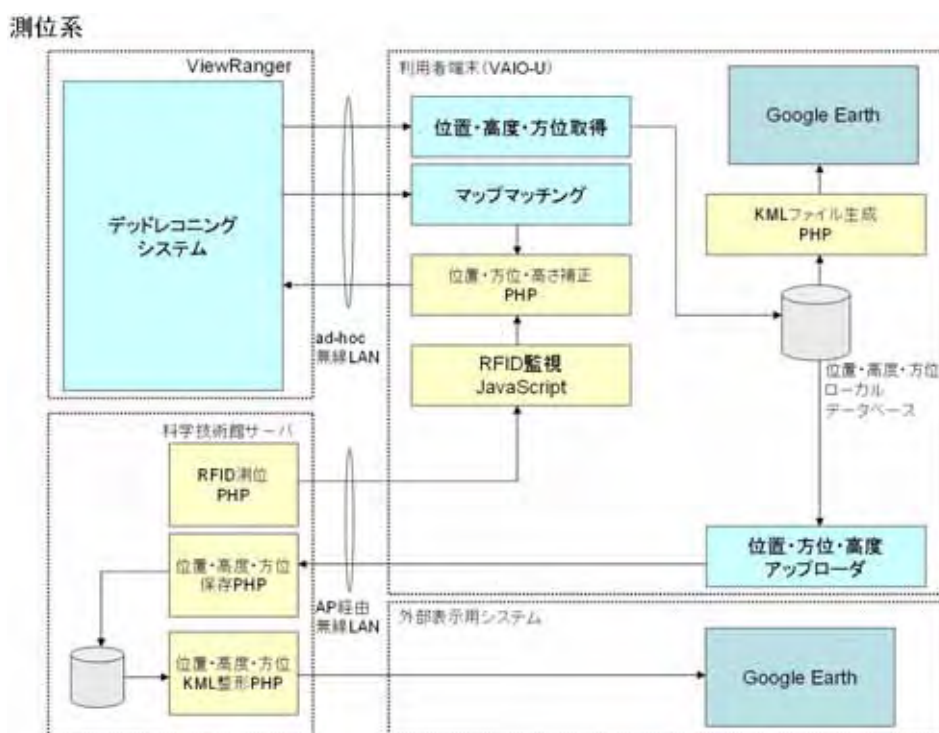


図 3-1 [測位系] 科学技術館ナビシステムの測位系に関する概略図

しかし、自蔵センサ群を情報源とするデッドレコニングによる測位は、相対移動量を積

算する手法であるため、誤差の累積の影響によって、長期間に渡って高い精度を達成することは困難である。この問題に対して、測位結果の累積誤差を補正する手段として、GPS とアクティブ RFID タグシステムによる測位を組み合わせ、デッドレコニングと統合する手法を開発した[9]。

図 3-1[測位系]は、科学技術館ナビシステムの測位系に関する概略図である。デッドレコニングシステムは、加速度・ジャイロ・磁気センサ（各 3 軸）のセンサモジュール（MicroStrain社、3DM-GX1）と組み込み処理系（日本SGI、ViewRanger）から成る。これら 3 種類のセンサの出力に基づく歩行動作解析[7][8]によって、基準位置からの相対移動ベクトルとその確からしさを推定する。

この推定結果は、利用者端末（SONY VAIO-U）とデッドレコニングシステム間を接続する ad-hoc 無線 LAN 回線を介して利用者端末側へ送信され、端末のデータベースに格納されると同時にマップマッチングのプログラムに渡される。端末のデータベースに格納された位置・高度・方位情報は、ローカルで動作する KML ファイル生成 PHP(KML については[4]を参照のこと)によって整形され、Google Earth で表示される。詳細については後述するが、これによって利用者に位置と方位を提示することができる。

マップマッチングのプログラムは、デッドレコニングから渡された相対移動ベクトルとその確からしさに基づいて、マップ上に移動後の位置の候補を生成する。そのうち、マップと照合して移動可能でない領域（壁や展示物など）に衝突する位置の候補を削除して、残存する位置のうち、尤もらしい位置を最終的な移動後の位置として出力する。マップマッチングの出力結果は、デッドレコニングシステムへとフィードバックされ、デッドレコニングシステムの推定結果を更新する。

RFID 監視 JavaScript コードは、Web ブラウザ上で動作して、アクセスポイント経由の無線 LAN が接続可能なときに、科学技術館のサーバ上で RFID リーダの状態を取得する PHP コードを呼び出し、各利用者が保持する RFID タグがリーダによって捕捉されているか調べる。リーダによって捕捉されるとそのリーダの位置が取得され、RFID 測位が持つ確からしさが付与されて、デッドレコニングシステムの推定結果が補正される。

データベースに格納された位置・高度・方位情報は、利用者端末上で動作するアップローダによって、科学技術館内に設置されたサーバにアップロードされ、そこで保存される。保存された位置・高度・方位情報は、Google Earth が解釈できる KML ファイルへと整形され、科学技術館内の各体験者が移動している様子を伝えるために、ネットワークを介して外部表示用システムの PC へと伝達され、そこで表示される。

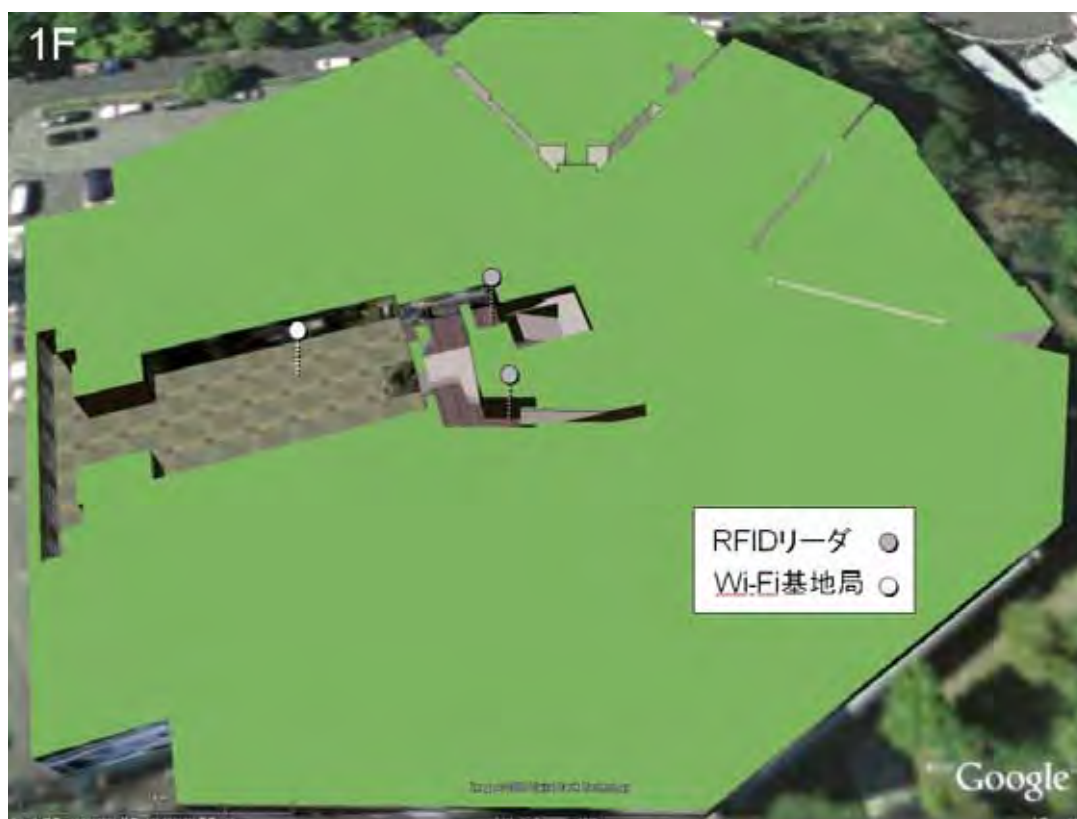
3.3 科学技術館の無線環境

科学技術館には、全フロア通じての無線ネットワーク環境が整備されていなかったため、まず、RFIDリーダの設置と併せてWi-Fiアクセスポイントの設置作業の実施から着手した。

図 3-2[無線配置]に、科学技術館の各フロアのWi-FiアクセスポイントとRFIDリーダの設置位置を示す。このように、本実験においては、Wi-Fiアクセスポイントを 17 箇所、RFIDリーダも同じく 17 箇所設置した。参考のため、図 3-3 [無線装置] に本実験で使用したWi-FiアクセスポイントとRFIDタグ・リーダの外観を、図 3-4 [RFIDリーダ]に天井に設置されたRFIDリーダを示す。

科学技術のネットワーク構成では、フロアごとにセグメントが異なるIPアドレスを割り振る必要があるため、体験者がフロアを移動したときに、すみやかに無線LANのネットワーク設定 (SSIDとIPアドレス) を切り替える必要がある。そこで本システムでは、図 3-5 [無線管理系]に示すように、3 系統の方法 (PlaceEngine[11], RFID, 手動) で体験者のフロアを検出して、ネットワーク設定を切り替える仕掛けを提供する。なお、フロア間を移動する階段やエスカレータ付近では、上下のフロアのネットワークが併存している状態になっている。以下、3 系統の各手法について補足説明する。

PlaceEngine: 利用者端末上では、PlaceEngineクライアントが実行されている。そのクライアントから得られる情報により何階にいるのかを判断することで、ネットワーク設定に切り替えることができる。実験に先立って、科学技術館内の各地点において、PlaceEngine





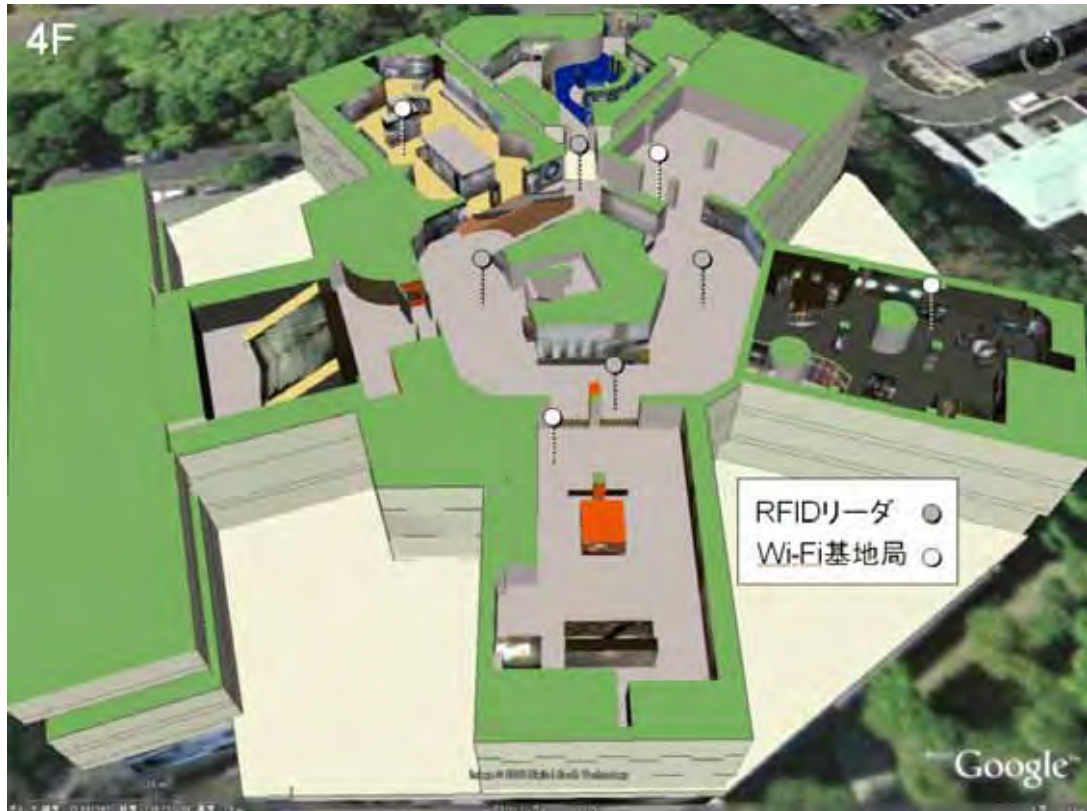


図 3-2 [無線配置] 科学技術館の各フロアのWi-FiアクセスポイントとRFIDリーダの設置位置



図 3-3 [無線装置] Wi-FiアクセスポイントとRFIDタグ・リーダの外観

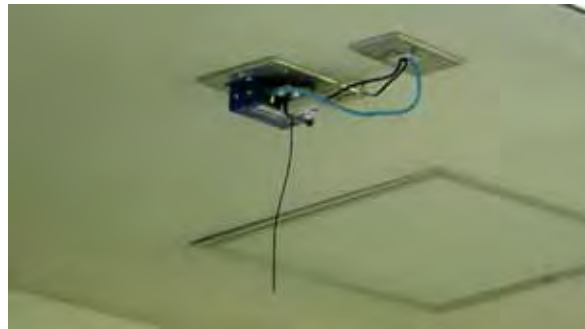


図 3-4 [RFIDリーダ] 天井に設置されたRFIDリーダ

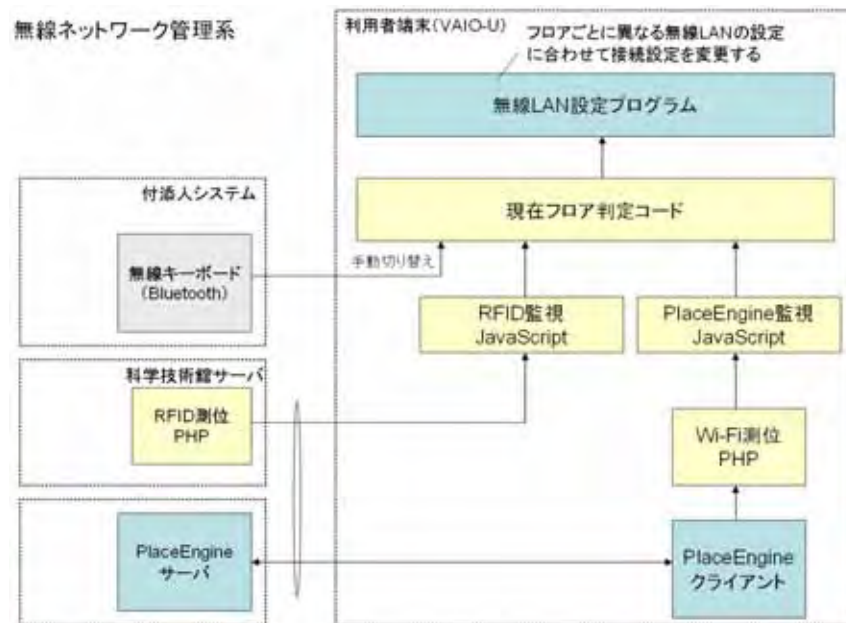


図 3-5 [無線管理系] 科学技術館ナビシステムの無線ネットワーク管理系に関する概略図

サーバに位置・高度の登録作業を行い、予備実験を実施した。その結果、PlaceEngine の測位精度は、館内ナビゲーションを提供可能な水準ではなかったが、どの階にいるのかの判断のための情報源として利用できることがわかった。そこで PlaceEngine の出力を時系列方向に平滑化を行い、その結果を利用者が位置している可能性が尤も高い階とした。ただし、PlaceEngine は現在の階を識別するためにサーバとの通信を必要とするため、ネットワークが遮断された場合には、効果を発揮することができない問題がある。

RFID：RFIDタグ・リーダの反応する距離は最大でも数mであるため、RFIDタグをフロアの識別に用いることができる。PlaceEngineと異なり、階の判定結果が誤って得られることはないため、RFIDタグがサーバ側で検出された時点で、その結果を利用者端末に取り込むことで適切に階の切り替えることができる特長がある。ただし、PlaceEngineの場合と同様に、ネットワークが遮断された場合はフロアの識別はできない問題がある。

手動：上記二つの切り替え手段が有効に働かない場合、または切り替えに時間が掛かりユーザスタディに悪影響が出ると判断される場合、利用者端末とBluetoothで接続された無線キーボードにより、本システム体験者の付き添いが手動でネットワーク設置や各種補正を行う。

3.4. コンテンツ

再生コンテンツ管理系は、**図 3-6 [コンテンツ管理系]**に示すように、二つのサブシステムから成る。一つは、館内展示物のFlashコンテンツを再生するシステムで、もう一つはGoogle Earth上で推薦ルートのナビゲーションと利用者の周辺に存在するコンテンツ表示を実現するシステムである。

各利用者端末では、測位系から得られる利用者の現在の位置・高度・方位とFlashコンテンツや推薦ルート、バッテリー残量、システムの連続動作時間などを格納するMySQLデータベースへのクエリ結果に基づいて、現在表示すべきFlashコンテンツを検索する。該当するコンテンツが存在するとき、そのFlashコンテンツがJavaScriptコードを介してWebブラウザ上で再生される。

なお今回、Flashコンテンツとして、付録2にあるように、スタート画面(付録2.1.)コンテンツ再生を制御するボタン(付録2.2.)共通説明用(付録2.3.)時間が決められているワークショップや展示の説明(付録2.4.)及び各展示室及び展示物の説明(付録2.5.)について用意した。付録2.3.、2.4.及び2.5.のコンテンツは、写真とテキストを含む静止画とそのテキストを読み上げる15秒程度の音声から成り、**図 3-7 [コンテンツ配置]**のように3次元地図上に登録されている。利用者が現地近くに到着しその方向を向いた場合や、

再生コンテンツ管理系

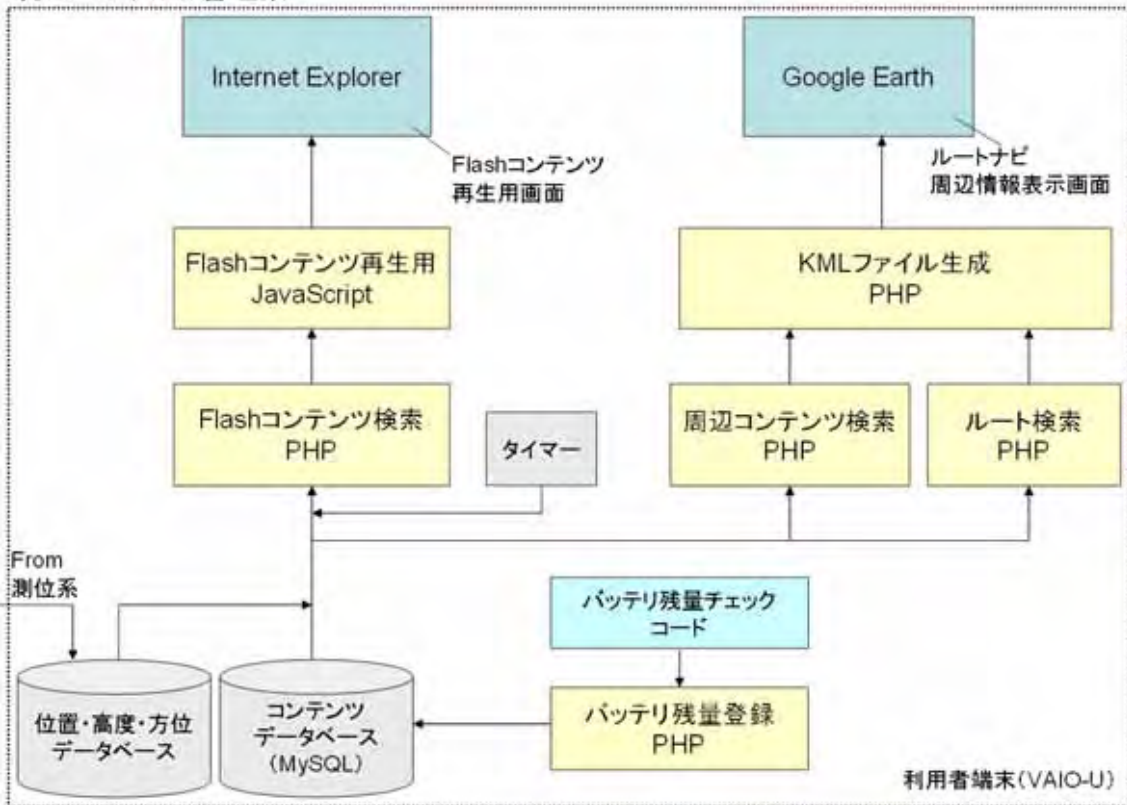


図 3-6 [コンテンツ管理系] 推薦ルート、3次元地図上のサムネイルコンテンツ、Flash コンテンツなどの管理・制御についての概略図

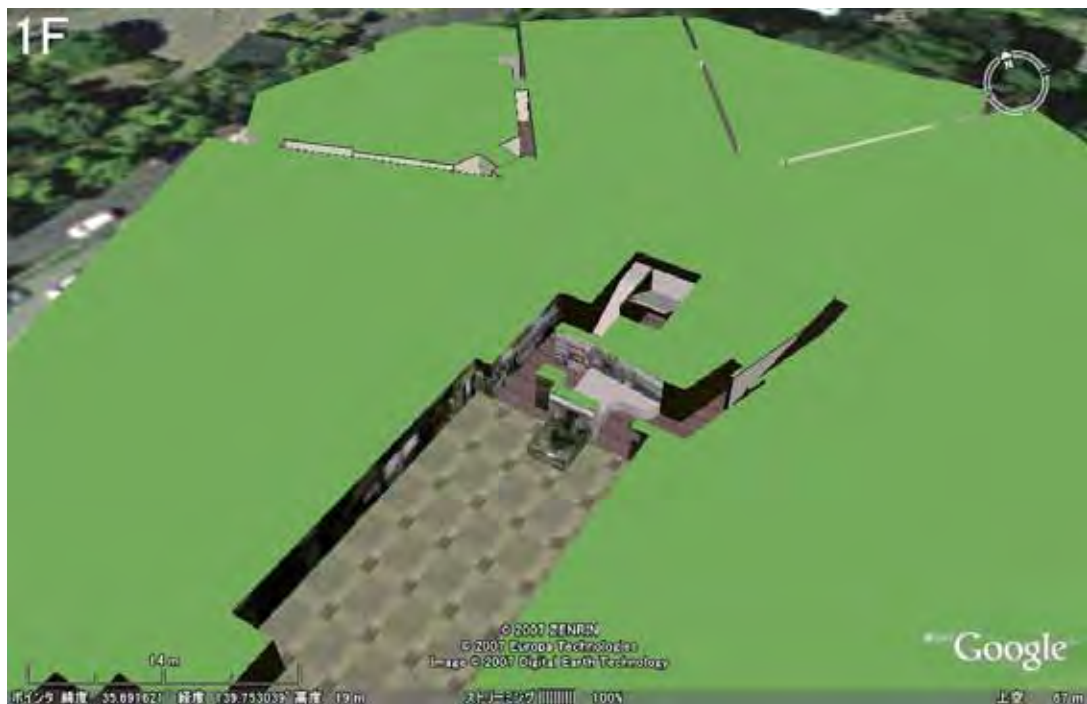






図 3-7 [コンテンツ配置]

付録 2.3, 2.4, 及び 2.5 が各階のどこに登録されたのかを 3 次元地図上に表示した例。

これからその地点に向かおうとしている場合に再生される。

また、今回の実験では、お勧めコースもしくは時間の決められたイベントへの誘導コースを含む推薦ルートを利用者に提示することとした。科学技術館のウェブサイトには、す

でに多くのおすすめコースが掲載されている(付録 3.)。そのうちの 4 コース分のデータ、及び付録 2.4.に示した時間が決められているワークショップや展示のスケジュールデータをデータベースに入力し、推薦ルートの計算に用いた。付録 3.2.はおすすめコースの 1 つとしてデータベースに入力した 90 分全館体験コースに含まれる各展示を示している。そのうち、スタート地点である 1 階から始まり、5 階にある最初の数箇所の展示までの推薦ルート表示の例を図 3-8 [おすすめコース]に示す。このような推薦ルートを表示するために、ルート検索 PHP が前述の MySQL データベースに対して定期的にクエリをかけるように設定されている。

また、利用者の周辺に存在するコンテンツのサムネイルを Google Earth 上で表示するために、ルート検索 PHP と同様、周辺コンテンツ検索 PHP が MySQL データベースに対して定期的にクエリをかけて、その結果に基づいて KML ファイルを生成・更新し、利用者の周辺のコンテンツサムネイルを Google Earth 上に表示させる。

Google Earth 自体から提供される 3 次元コンテンツとしては、地形の起伏に対応した衛星航空写真や都市部の建物のおおまかな外観、ごく一部の有名な建物などの詳細外観などがある。このような 3 次元コンテンツの整備は一般にまずアメリカを対象に行われるため、屋内外のナビゲーションをシームレスに繋ぐような詳細モデルは独自に作成しなければならない。本実験では、科学技術館建設時の 2 次元 CAD データ、衛星航空写真、及び館内写

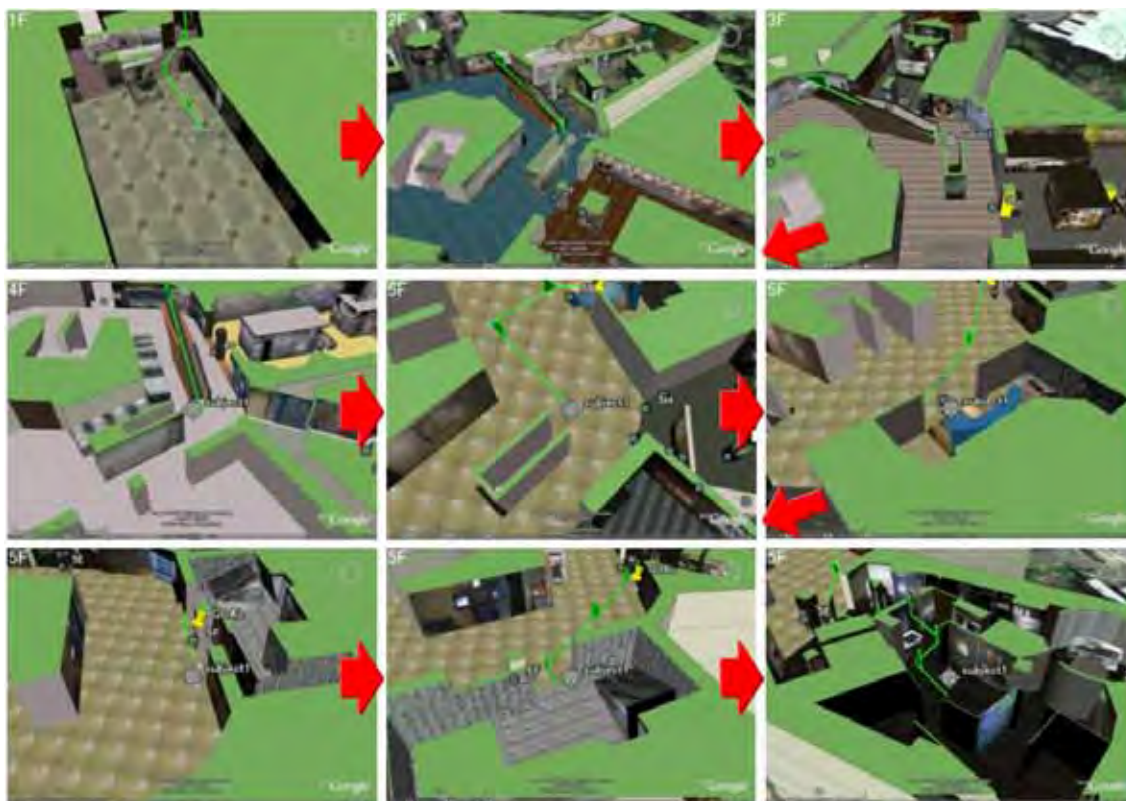


図 3-8 [おすすめコース] 付録 3.2 の一部を表示した例。

真を素材とし、3Dモデリングソフト「Google SketchUp」を用いて科学技術館の外観モデル、各階のフロアモデルを作成した。

3.5. ウェアラブル利用者端末

本実験におけるウェアラブル利用者端末としては、図 3-9 [ハンドヘルド装備] に示すようなハンドヘルドディスプレイを利用するものと、図 3-10 [HMD 装備] のようにヘッドマウントディスプレイ (HMD) を利用するためのものの 2 種類を用意した。どちらも共通しているのは、パーソナルポジショニングのための各装置を入れたウエストポーチ、ハンドヘルド PC (SONY VAIO Type U)、及び会話解析のためのデータ収集用ボイスレコーダである。

HMD 利用者はハンドヘルド PC をショルダバッグに詰めて HMD (三菱電機 SCOPO) を装着する。そのため、ハンズフリーとなるがハンドヘルド PC のボタンが使えなくなるため、そのショルダバッグにはボタンも備えることとした。

使用持続時間については、ハンドヘルド PC が約 1 時間 (標準容量バッテリーを用いた場合) 組込システムや自蔵センサ群、HMD については 3~4 時間程度であった。もちろん、バッテリー容量を増やすことで使用持続時間を伸ばすことは可能であるが、装置の総重量もそれに伴って増加しています。本実験では 1 試行を 2 時間程度と設定したため、ハンドヘルド PC のバッテリー交換を各試行のほぼ中間時点で行うこととし、その際に、ハンドヘル



図 3-9 [ハンドヘルド装備]

利用者はパーソナルポジショニングのための各装置を入れたウエストポーチ、ハンドヘルド PC、及び会話解析のためのデータ収集用ボイスレコーダを装着する。



図 3-1 0 [HMD 装備]

ヘッドマウントディスプレイ利用者はハンドヘルドPCをショルダバッグに詰めてHMDを装着する。ハンドヘルドPCのボタンが使えなくなるため、そのショルダバッグにはボタンも備わる。



図 3-1 1 [GUI]

ハンドヘルドディスプレイに表示される3次元地図、推薦ルート、及びFlashコンテンツの例

ドディスプレイ使用形態とHMD使用形態の切り替えも同時に実施した。

3.6 ユーザインタフェース

実験前の検討において、端末のディスプレイもしくはHMDの画面の大きさの制約により、3次元地図(Google Earth)とFlashコンテンツを並べて表示することは実用的ではないと判断した。そのため、再生すべきFlashコンテンツが存在する場合はその再生画面が全画面表示され(図 3-1 1 [GUI]右)、それ以外の場合は3次元地図が全画面表示されるように制御した(図 3-1 1 [GUI]左)。なお、図 3-1 2 [HMD-GUI]は、HMDに表示されている3次元地図を示している。本実験では移動を伴うが利用者の安全確保のため、単眼のHMDを用いている。通常、利用者の効き目でHMDが見られるように装着する。

また、本実験では、利用者が端末の操作に時間を取られたり、操作法を覚えたりしないで済むようにするため、利用者の位置や向き、時間に応じて端末が適応的に振る舞うよう

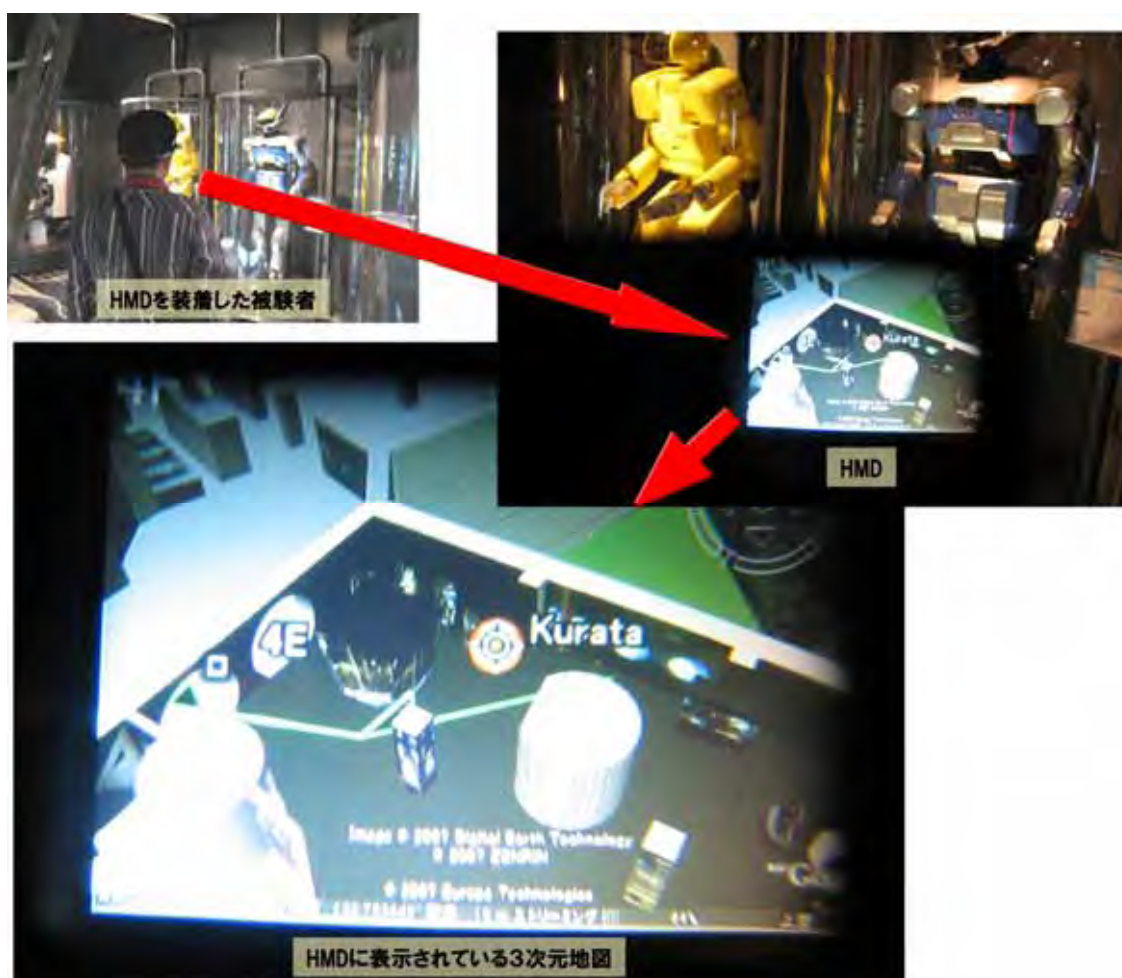


図 3-1 2 [HMD-GUI] HMD に表示されている 3 次元地図の例。

にシステム全体を設計した。これにより、ハンドヘルドディスプレイ利用時もHMD利用時もポインティング操作は必要なく、コンテンツのリプレイ再生希望時と、時間の決まったイベントへの誘導をキャンセルする場合のボタン操作のみが要求される。

3.7. 実験設定と手順

本実験は、平日2日間、休日2日間の計4日間実施することとした(2007年3月9日、11日、14日、及び17日)。1日につき午前と午後の2セッションを設定し、1セッションにつき3組が並列に試行できるような体制とした。被験者の安全考慮、行動履歴記録、及びシステム調整のために1組の被験者につき1人の付き添いを割り当てた。

実験時間は、前述のように1試行につき2時間程度とし、試行開始後約1時間でサポートデスク(1階のスタート地点)に戻り、ハンドヘルドPCのバッテリー交換と、ディスプレイ形態(ハンドヘルドもしくはHMD)の切り替えを実施した。その際、順序効果が分散するようにディスプレイ形態を切り替えた。なお、16歳未満の被験者には安全上の問題からHMDを体験してもらえないため、試行の前半後半ともハンドヘルドディスプレイでの体験となった。図3-13[ハンドヘルド被験者]、図3-14[HMD被験者]はそれぞれハンドヘルドディスプレイとHMDを利用している被験者の様子を示している。



図 3-1 3 [ハンドヘルド被験者] ハンドヘルド被験者の様子。



図 3-1 4 [HMD 被験者] HMD 被験者の様子。

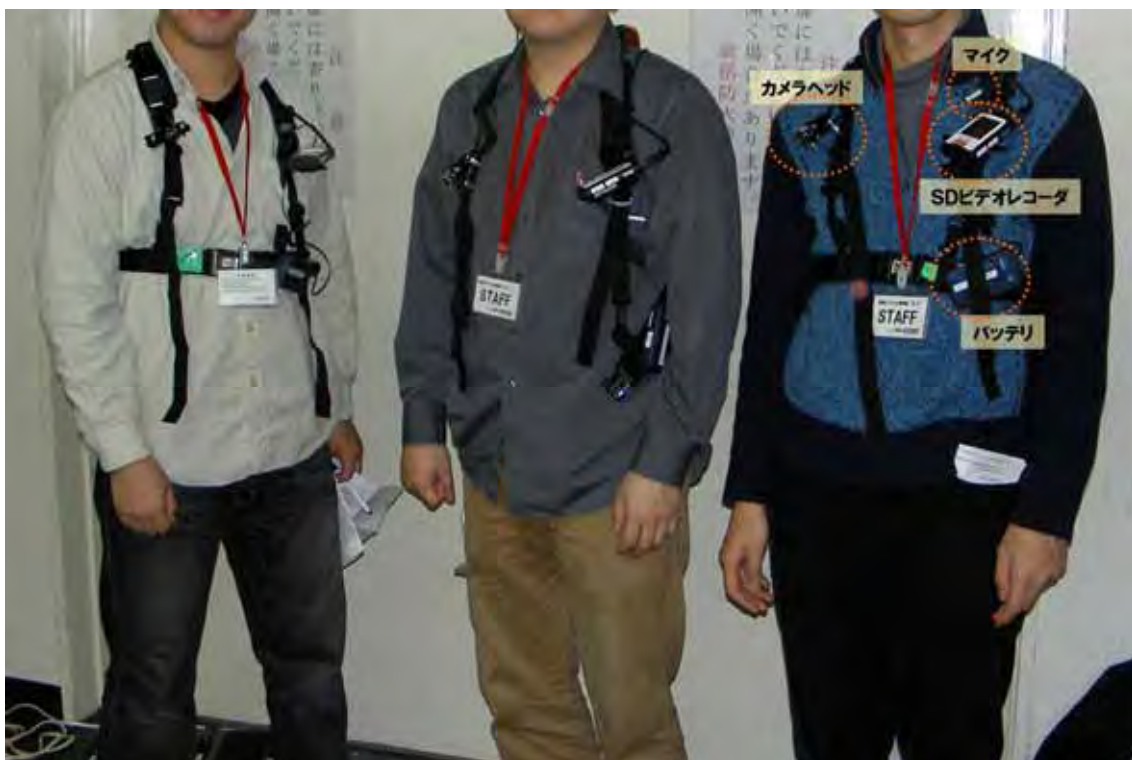


図 3-1 5 [付き添い口ガー] 各付き添いが装着する映像音声口ガーシステム。



被験者がハンドヘルドPCを使用中の様子

被験者がHMDを使用中の様子

図 3-16 [ログ映像] 付き添い装着カメラで得られた映像ログの例。

各付き添いは、図 3-15 [付き添いロガー]に示すような映像音声ロガーシステムを装着し、被験者の後方から映像音声ログを記録した(図 3-16 [ログ映像]は得られたログ映像の一例)。また、階段の上り下りの際の安全確保やウエストポーチが邪魔になる場合の着脱、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。

各被験者は試行開始前に、実験に関する事前説明を受け、実験参加に関する同意書(付録 1.2.)と、写真や映像の公表についての承諾書(付録 1.3.)に署名をした。説明は、付録 1.1.に示すような説明書(本実験は説明書記載の A~D のうちの A に相当)及び図 3-17 [事前説明]のように大型ディスプレイの表示などを参考にしながら行われた。

利用者端末の使用方法や GUI の各表示の意味などの説明をする際、前述のように 3次元地図上に推薦ルートが表示される旨を伝え、その上で必ずしもそれに従う必要はないことも同時に伝えた。これは、科学技術館の見学行動がシステムによって強制される印象を与えないようにするためであった。



図 3-17 [事前説明] サポートデスクでの事前説明の様子。

各被験者には、試行終了後、付録 4.に示すアンケート用紙への記入と、会議室でのグループインタビューへの参加をお願いした。アンケートの質問は以下の 17 問であった。

1. 3次元地図はわかりやすかったですか？
2. 展示物の静止画と音声による説明はわかりやすかったですか？
3. 表示されたルートに従いましたか？
4. 画面に表示された案内先を、簡単にみつけれられましたか？
5. 画面に表示されている自分の位置と自分の立っている場所は簡単に対応がとれましたか？
6. 画面に表示されたコンテンツはわかりやすかったですか？
7. 画面と展示物のどちらをよくみましたか？
8. イベント開始 10 分前に表示される案内は便利に感じましたか？ 21k がばれさ
9. ナビシステム自体は必要でしたか？
10. ナビシステムだけでなく人間の説明員による説明やナビが必要と感じましたか？
11. ナビシステムは邪魔でしたか？
12. ナビシステムはまわりの人との会話の邪魔になりましたか？
13. どちらの画面表示が見やすかったですか？
14. どちらのほうが展示物を体験しやすかったですか？
15. どちらのほうが展示物に集中できましたか？
16. どちらのほうがディスプレイを頻繁に見ましたか？
17. どちらのほうが疲れましたか？

グループインタビューは 30 分程度実施したが、2 時間に及ぶ試行の後であるため、飲み物やお茶菓子を提供し、集中力を持続してもらうよう工夫した。グループインタビューの様子は被験者とインタビュアーそれぞれが映るよう 2 台のビデオカメラにより記録された (図 3-18 [インタビュー]参照)。

3.8. 被験者

前述のように、本実験は、平日 2 日間、休日 2 日間の計 4 日間実施した。平日の実験のために一般の被験者を募集するのは困難であると判断し、平日の 2 日間については派遣スタッフを被験者とし、休日の 2 日間については公募を実施した。

公募は、科学技術館の月間スケジュールへの登録[12]、科学技術館メールマガジンの配信[13]、産総研ウェブサイトでの告知[14]によって行い、図 3-19 [告知]に示すような告知内容を掲載した。実験参加のモチベーションを高めるために、科学技術館への入場料を無料とし、また、一般の被験者には科学技術館売店で販売されているグッズを参加記念とし

て進呈することとした。

当日の飛び入り参加者を含め、最終的には、女性 12 名、男性 10 名の計 22 名に被験者として協力していただいた。年齢別構成は、10 歳代(小学生)3 名、20 歳代 4 名、30 歳代 8 名、40 歳代 4 名、50 歳代 3 名となっており、さまざまな世代からのフィードバックが得られることとなった。



図 3-18 [インタビュー] 試行後のグループインタビューの様子。

「科学技術館ナビゲーションシステム実験」のお知らせ

独立行政法人産業技術総合研究所と財団法人日本科学技術振興財団との協同研究として「科学技術館ナビゲーションシステム実験」を以下の日程にて科学技術館で実施いたします。

ただいま実験参加者を募集中です。興味のある方はjsfnavi-info@m.aist.go.jpまでご連絡ください。

1. 日程
平成19年3月11日(日)、3月17日(土)の2日間
午前の部:10:00-12:00 実験参加(3名)
12:10-12:40 インタビュー(茶菓・粗品付き)
午後の部 14:00-16:00 実験参加(3名)
16:10-16:40 インタビュー(茶菓・粗品付き)

2. 内容
携帯型機器を身に付けて2時間程度の科学技術館見学をしていただきます。その後、30分程度グループインタビューにお応えいただけます。

3. その他
実験調査のために実験風景及びインタビュー風景をビデオ撮影いたします。
(一部学会等の発表に使わせていただく事があります。)

本実験は日本自動車振興会の補助金で実施しています。また、実験システムでは、パーソナルナビゲーションシステム、Google Earth、及びPlaceEngine(ソニーコンピュータサイエンス研究所)を利用しています。

図 3-19 [告知] 被験者募集の告知。

3.9. 実験経過と結果

これまで述べたように、本実験は、無線インフラ設置、無線ネットワーク設定、利用者端末開発、ユーザインタフェース設計、コンテンツ制作など、さまざまな要素を含む複雑なシステムの上に成り立っている。一方で、準備期間や各種資源などは限られているため、すべてが完全に整った状態での実験を実施するのは困難であった。

ただし、各実験日の間に数日間の準備期間を設けていたため、ある実験日で得られた被験者からのフィードバックを次の実験に反映させるという迅速な対応が可能であった。そこで下記では、実施日順に沿って実験結果やその考察などを報告する。

3.9.1. 実験1日目 (2007年3月9日)

まず、実験1日目に得られたコメントを内容ごとにまとめて紹介する。

利用者端末について：

- ・ 科学技術館らしいシステムでおもしろいと思った（特に HMD）
- ・ HMD は初めての経験もあり、展示物よりも HMD に意識がいていた。一度に長くても 2 ~ 3 秒しか見ることができないので身に付ける手間などを考えると使いこなせていなかった気がする。
- ・ ハンドヘルドタイプは手に持つと、以外と重く腕が疲れたので、もう少し軽量化して欲しい"
- ・ ナビとポーチが重いです。軽くて（表示が）大きいといいです。
- ・（体験型の）実験などやるのに邪魔だと思う
- ・ 充電が切れることが多かったように思う。

GUI やコンテンツについて：

- ・ 位置や 3D の向きを追っていると目がまわります。
- ・ フロアとエリアの表示が文字でわかるとよいです。自分がどのエリアか、どこに立っているのか図だけでは分かりづらいです。

- ・ナビの音声案内や画像は質もよくわかりやすい。文字の大きさはもう少し大きくするとよいが、多くの人を読む、見られるかは改善の余地があると思います。声の発声、ペースはよいです。ナビの出ってくるタイミングなどはモタモタしていてとばしたり早送りしたりしたくなりました。"

- ・自分の今いる位置や、進んだほうがいいルートが今一つわからなかった。

全体を通じて：

- ・もっと使用の仕方を変えれば話題性はあると思いました。

- ・(ナビシステムの) 必要性がないように思った。

以上のように、端末、GUI、ナビシステム全体などについてさまざまな意見が得られたことがわかる。コンテンツの文字の大きさについては、ブラウザが全画面表示になっていなかったことが原因であったため、2日目に備えて対策を施した。

端末自体の改良は短期間では不可能であるが、このようなユーザインタフェースをよりわかりやすくするための改良は他にも可能なものはあった。ただし、1日目から2日目にかけては、実施者側が実験の運用自体を円滑にするための準備や、Wi-Fi、RFIDなどのインフラの不具合修正などが優先されたため、結果的に指摘された点は2日目にそのまま持ち越さることとなった。

3.9.2. 実験2日目 (2007年3月11日)

前述のように、実験1日目に被験者から得られたフィードバックをあまり反映できていない状態ではあったが、実験2日目を実施した。以下、得られたコメントを紹介する。

利用者端末について：

- ・HMDは手に持つよりも動きやすく展示も見やすい。けど、一人で行動することが少ない科学館では、二人で見られるコミュニケーションのとれるハンドタイプがよかったと思う。

- ・HMDで地図を認識するのはむずかしい。

- ・ HMD では目が疲れる、慣れが必要
- ・ ハンドヘルドタイプは重量が問題となる
- ・ 両方とも雨対策が難しいと思える
- ・ 音声小さく聞こえない。イヤホンが必要ではないか
- ・ バッテリー時間が短い。携帯並みの時間が必要では？（最低 10 時間程度）
- ・ HMD の画面の明るさが、放電の展示等の暗い場所で、自動的に調整していただければと思う。
- ・ 旅行のときなどに、これがあると迷わずに楽しくできると思う。

GUI やコンテンツについて：

- ・ メニュー画面的なものが欲しいと思った。
- ・ ルート表示がわかりづらかった。進む方向の矢印が見えない。
- ・ 目的地を指定してからのナビがあると便利だと思う。
- ・ イベント 10 分前に気付かなかった

測位システムとして：

- ・ 今回の、現在位置と画面での位置のギャップが大きかったので、自分が必要とする案内が聞けなかった。それならば館の全体や、スケジュールなどが知れたほうが便利。
- ・ 不具合が起こった後の初期位置合わせに時間がかかりすぎる。自動でできないと使えない。
- ・ 位置ずれ、警告画面等、頻繁にスタッフの援助を必要とした。

全体を通じて：

- ・ 装着したまま体験できるように完成していただきたい

以上が2日目に得られたコメントである。1,2日目を通じて得られた自分の位置や推薦ルートがわかりづらかったというフィードバックに対しては、測位の精度が十分ではなかった点と、3次元地図やルートの表示の仕方がわかりづらかった点が考えられた。図 3-20 [2日目]は小学生の被験者が実験中の様子である。図下のように、この被験者は実際にはゲノムの展示室(5H)にいるにも関わらず、端末の表示は隣のイリュージョンB(5B)にいることになっている。このような位置ずれは、実験室での実験と比較してより頻繁に見られた。

これは主に、あまり評価実績のないマップマッチングプログラムを導入したこと、想定していたRFIDでの位置補正能力が、電源系統などに起因する誤差拡大によって正常に発揮されなかったことなどが原因であると考えられた。これらの修正は短期間では難しいと判断されたため、残念ながら残り2日間も同じ仕様での実験となった。

3次元地図がわかりづらい原因の1つとしては、3次元地図の縮尺や角度が考えられた。端末上において3次元地図は、現在位置が中心近くにあり、進行方向が常に上を向くように表示されていたが、縮尺が大きすぎ、なおかつ上方から見ているような状態になっていた。それにより、周辺の展示物がどうなっているのか、進行方向の先に何があるのかなどがよく見通せなかった。また、3次元地図上の文字情報としては画面の左上に階の番号を呈示しているのみであり、マップのテキストやコンテンツのサムネイルのみでは周囲の展示を把握しやすいとはいえなかった。

また、図 3-20 [2日目]にあるように、推薦ルートはただの折れ線で、矢印は表示されていなかった。推薦ルート自体は、現在位置から目的地までを繋ぐように表示されているため、注意深く見れば矢印がなくても向きはわかるようになっていた。ただし、推薦ルートが下向き(進行方向と逆向き)に出ていると、軌跡のように見られてしまうことがあった。さらに、上の階や下の階にルートが続く場合、当初の仕様だと現在いる階のルートのみを表示することになっていた。そのため、図 3-22 [階間ルート]上のようにエスカレーターや階段上にはルートが表示されておらず、ルートの方向が不明確になっていた。

以上の点について、まず、約10秒間縮尺の大きい表示をし、次の5秒間は少し引いた表示をすることを繰り返すようにし、角度も斜め後方から現在位置を見据えるように3次元地図の視点を制御するようにした。また、各コンテンツのサムネイルとその展示に割り当てられている数字とアルファベットの組(5Bや4Iなど)を同時に表示するようにした。技術的には展示の名前自体をフルに表示することも可能ではあったが、名前が長すぎると表示が煩雑になりすぎて逆に見づらくなることが予備実験でわかったため、その数字とアルファベットの組のみの表示とした。さらに、図 3-21 [矢印表示]下及び図 3-22 [階間ルート]下に示すように、矢印や階と階を繋ぐ部分のルートも表示するように改良し、3日以降に備えた。

音声聞きづらい問題点については、2日目午後からは片耳にイヤホンを装着してもらう

ことで解消した。ただし、この場合、一緒に見学している周りの人たちと情報共有できないという欠点が発生し得た。

楽しみながらシステムを使用している被験者がいる一方で、ネットワークやシステム全体の不具合が修正しきれていないために、高いストレスをかけられてしまった被験者も同時に存在した。この点については非常に残念であり、引き続き見直し作業が進められた。



図 3-2 0 [2 日目] 小学生の被験者の実験の様子。

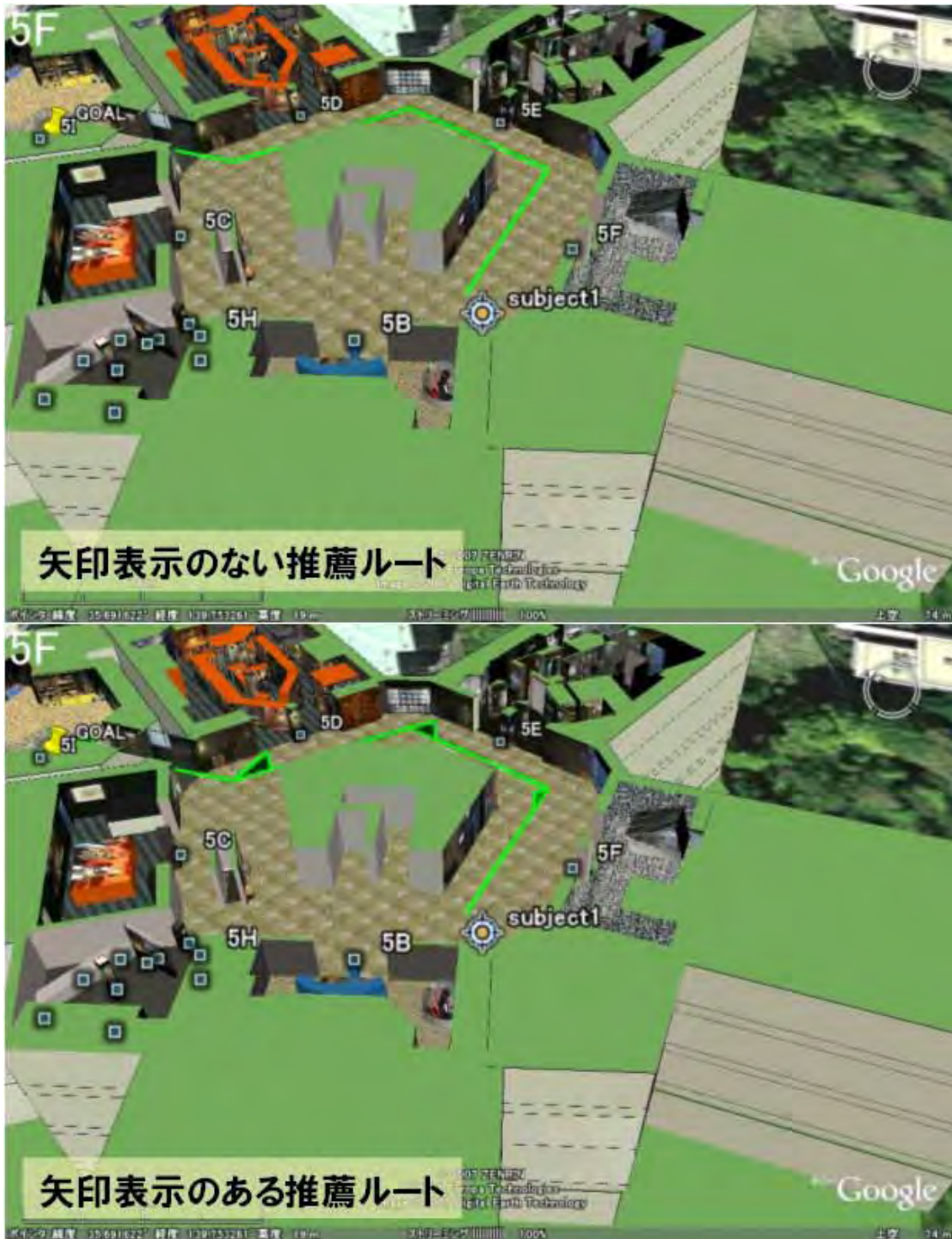


図 3-2 1 [矢印表示] 1, 2 日目のフィードバックに基づき、推薦ルートに矢印を追加。

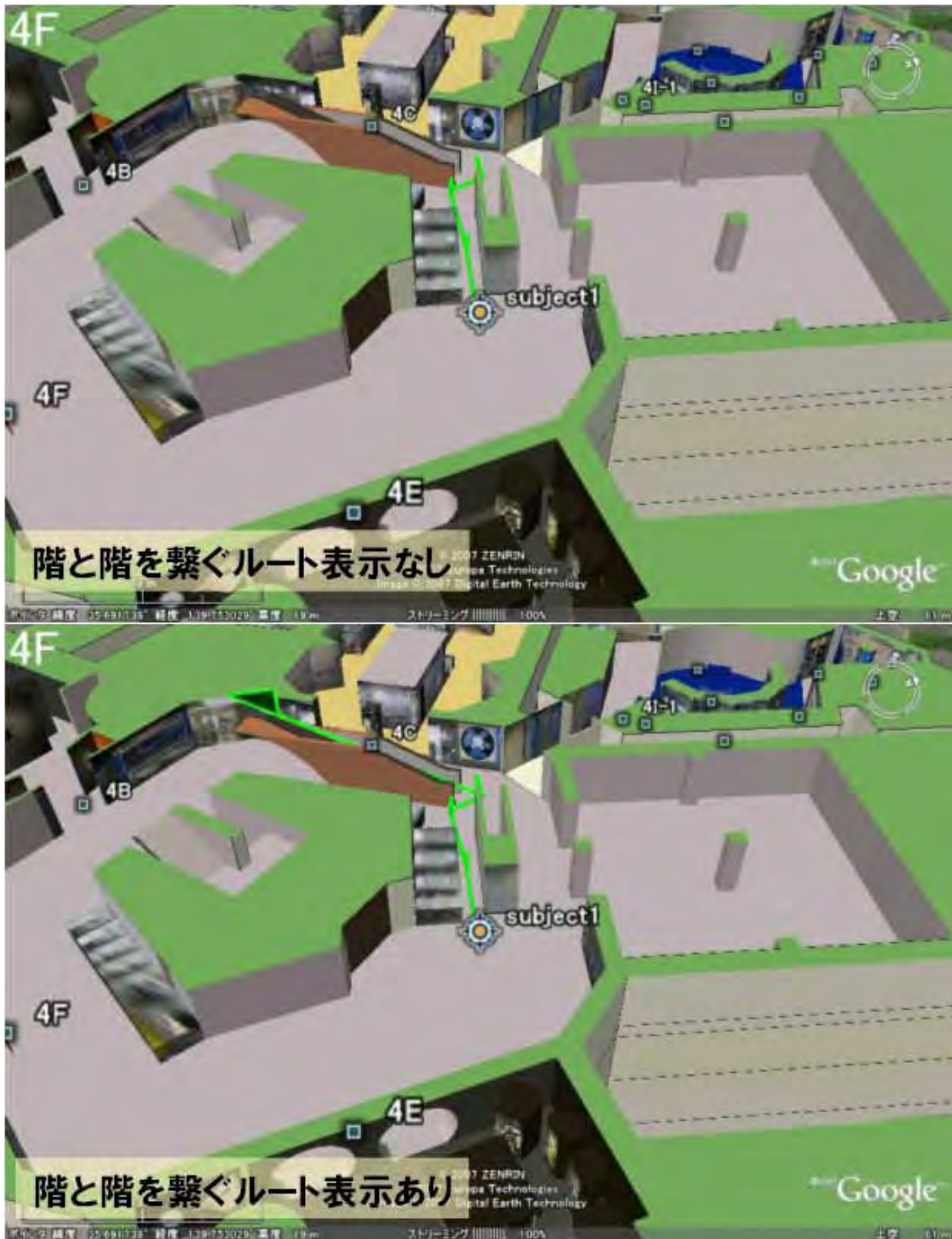


図 3-2 2 [階間ルート] 1,2 日目のフィードバックに基づき、階と階を繋ぐルートに表示。

3.9.3. 実験3日目 (2007年3月14日)

以上のような改良がなされた後、3日目の実験を実施した。以下、得られたコメントを紹介する。

利用者端末について：

- ・HMDは16歳～ということですが、来館者には小人が多いと思いますがハンドヘルドは（現状では）やはり重いだろうし、破損の可能性も高いように思います。どちらにしても子供はかなり盛り上がるのでは・・・個人的にはHMDのヘッドセット部分のデザインがもう少しスリムになれば使いたいかと思います。大きいと着用するのが恥ずかしい為

- ・ハンドヘルドタイプは意外に重かったです。画面が大きかったのと、手に持ちながら歩くのでハンドヘルドタイプの方が自分の位置が確認しやすかったです。

- ・HMDは、正直目がつかれてしまった。

- ・HMDが位置の固定が難（？）しかったです。動くはずれてしまう時がありました。画面が小さい為見づらかったです。意識しないと見ない様に思いました。

- ・荷物が重く大きいので、もう少し工夫してみてください

- ・両タイプとも機械の調子が悪かったようで全体的に上手く操作できませんでした。

GUIやコンテンツについて：

- ・誤動作が多かったが、3次元地図自体は見易く、自分の位置を正確にリアルタイムに把握できるとしたら便利かも、と思いました。

- ・3次元地図に関して、直観に訴えるものになっていたと思いますが、よりその場所、その場所の特徴をつかんでいるものになっていると、わかりやすいものになると思う。（例えば、その場所を象徴する展示物）

- ・コンテンツ的には解り易かったので、もう少し充実すれば、と思いました。

- ・例えば2Fのフロアのスタート位置に立った時にどこにどのような展示物があるのかと説明が入れば順番にどのようなルートで廻れば良いのかがわかるので便利。入口に立っ

た時にも“ここは何々の展示物の場所です”のような説明が入れば更に便利かと思いません。

- ・各階のおすすめ展示物の案内を画面とイヤホンからのメッセージを（その階に着いたら）入れて下さい。

- ・矢印の形がわかりづらいときがあった。

- ・イヤホンをしましたが、音が聞こえたのは、スイッチを入れた時だけでした。

- ・サムネイルの位置に来ても説明が流れてこなかったのがとても残念でした。

- ・展示物の静止画と音声による説明ですが、説明自体は便利かと思うのですが、音声による説明が入る位置が実際の場所と違う場所で説明が入るので、実際にはあまり役立っていなかった。

- ・ナビ上に部屋の名前を表示したらわかりやすいのでは？TVゲームに慣れている現代っ子なら簡単に操作できると思いますが、機械に使いなれていない人にとっては現在位置がわかりづらいように思います。

測位システムとして：

- ・位置がズレてるような気がしました。

- ・現在位置とナビがほとんど合わなかった（フロアが変わっても違うフロアのままだったり、現在位置と違う部屋だったり、また屋外（森？）へ行ってしまうことが多かった）

- ・自分の位置がよくズレて、飛んでしまうので（カベの中に入ったり・・・）迷子になりがちでした。

全体を通じて：

- ・この場所に来る人々は、好奇心を満たしにくる人が多いと思うので、場所を教える為という点では、ナビシステムは不必要と思われる。ただ、科学の進歩を実感させる為のものとしては、この場所に必要であると思う。”

- ・受付してから Start するまで、時間があまりかからないようにしていただけたら。

- ・途中で操作が変になったら、簡単にやりなおせるようにして下さい
- ・トイレなどに入った時（入る時の）注意点をあらかじめおしえて下さい

以上が3日目に得られたコメントである。1,2日目の被験者のコメントと比較し、推奨ルートの意味や方向についての誤解がかなり減ったことが伺える。ただ、測位系の不具合については改良を施していないため、1,2日目と同様、改善を求める旨のコメントが多かった。

一方、測位系が正しく動作していても、コンテンツの出現ルールに問題があり、本来再生されるべきコンテンツが再生されていない場合があった。過去のシステム[7][8]では、コンテンツそれぞれの属性として、位置と方向、さらに、出現（再生や表示が始められるべき）範囲と角度の許容度が設定されており、適切に動作していた。ところが、本実験においては、コンテンツの属性に方向が設定されておらず、方向は利用者の位置とコンテンツの位置から計算されるようになっていた。そのため、測位系の少しの誤差に対しても出現ルールが適応されない状況が存在した。この問題は1日目が始まる前にすでに判明していたが、時間的な制約により今後の課題として残された。

また、3日目終了後、被験者軌跡ログの保存がときどき失敗していることが判明した。被験者側には直接関係ないが、実験後のデータ解析のために改善が実施された。

3.9.4. 実験4日目 (2007年3月17日)

最終日に得られたコメントを以下に紹介する。

利用者端末について：

- ・体を使った体験では HMD の方が両手がフリーなので動きやすいとは思いましたが、どちらかと言えば目で見えるものをメインに回ったため、ハンドヘルドタイプの方が見て回りやすい感じでした。

GUIやコンテンツについて：

- ・科学技術館は来たこともあったけれど他の場所に行ったら、もっともっと効果的だったんじゃないかと思いました。
- ・あらかじめ用意されたコースにもバリエーションがあればよかったかなといった感じでした。

- ・用意されたコースではなく、自分で行動したいブースを選択して、そこへ向かうというナビもあると便利かなと思いました。

- ・不要な情報（興味のないワークショップの紹介や展示物の説明など）をスキップできる機能があるといいと思う。

- ・個人的に音声や文字によるガイドを必要だと感じるのは、アトラクション自体よりも美術館などで個々の作品に対する解説なので、自分でガイドをしてほしい箇所を選択できると尚よい。

- ・ルート案内の上下階への誘導が分かり難かったので、 up、 down とか分かりやすいマークが表示されるといいと思った。

測位システムとして：

- ・今回は位置がほとんど合わなかったので、正確な判定ができませんでした。位置が不正確な場合、ストレスと疲れを感じました。

全体を通じて：

- ・うまく行っている間は推薦ルートに吸い込まれるように行動でき快適であったが、不調になると従うことが苦痛になり、従おうとする気持ちが薄れた。

- ・子供の居場所を把握できるようになると便利そう。

3.10. アンケート結果

アンケート結果の統計的な解析は、被験者の会話分析やグループインタビュー分析同様、今度の課題として残されているが、本報告では速報的な結果についてのみ掲載する。図 3-23 [アンケート]は、前述の計 17 問の質問に対するアンケート結果を示している。各質問は 7 段階評価により回答されており、図左はスコアのヒストグラム、右は平均評価スコアの実験日ごとの推移を示している。以下、各質問に関する考察を述べる。

質問 1, 2 の結果からは、日を追ってシステムが改良されるのに伴って全般的に 3 次元地図や Flash コンテンツがわかりやすいと評価されるようになったことがうかがえる。また、推薦ルートの表示手段も改良されたことにより、質問 3, 4 の結果のように、推薦ルートに従うことを強要していないにも関わらず、実験日の後半に向かうにしたがってルート

に従った被験者が増加し、ルートで示された案内先も簡単に見つけられるようになった。

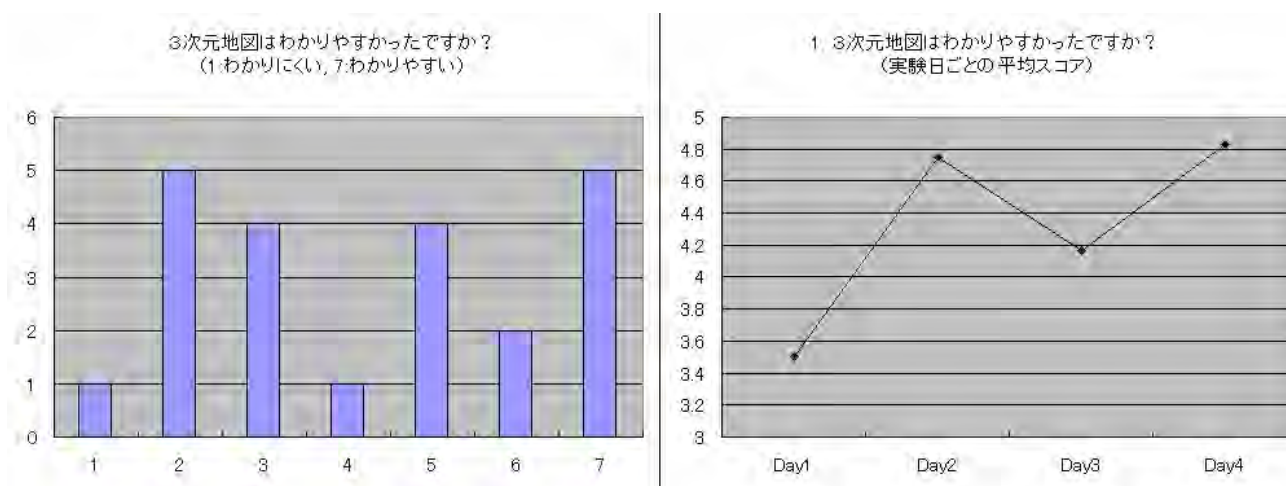
現在位置の把握については質問5に示されるように、全日程を通じて簡単でも困難でもないと評価された。これは少なからずあった測位系による位置ずれを3次元地図の見易さがカバーしたためではないかと考えられる。

質問7については、システムが不安定だった前半は展示物ばかりを見ていたが、システムが正しく機能することが多かった後半は展示物も画面も両方見るようになったという解釈ができる。

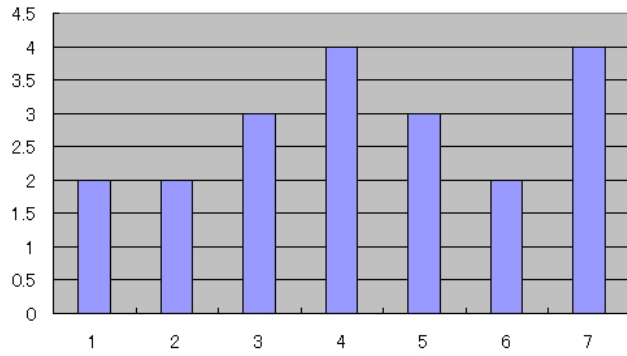
付録2.4.の時間が決められているワークショップや展示の説明の出現制御に関して、実験日前半では不具合が残っていた。質問8の結果は、実験日後半でそのような機能が正常に動作したため、イベント開始前の案内に対してのスコアが高くなったことを示している。

質問9～11からは、システムの不具合が多く残っていた1日目には、ナビシステムの必要性は感じられず、人間の説明やナビが必要であり、ナビシステム自体も邪魔であったということが読み取れる。逆に不具合がある程度修正されてからは、ナビシステムがあってもよく、人間ばかりに頼る必然性もなく、またナビシステム自体も邪魔とまではいえないという評価に変わっている。

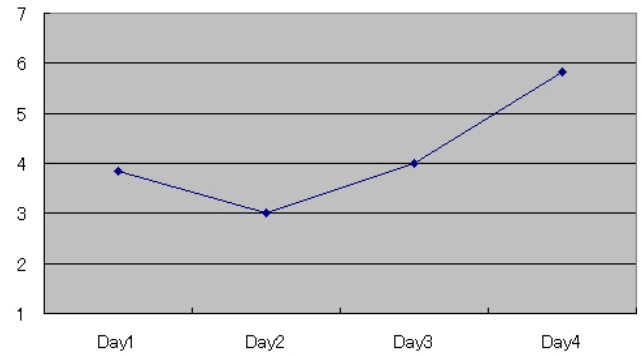
質問13～17はハンドヘルドディスプレイとHMDの比較に関するものであった。一般的に、HMDの方が画面がみづらく、疲れやすいが、展示物を体験しやすく、展示物に集中しやすいという傾向が見られた。



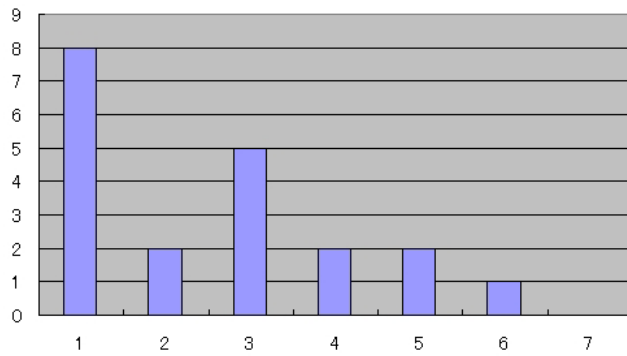
2. 展示物の静止画と音声による説明は
わかりやすかったですか？
(1:わかりにくい, 7:わかりやすい)



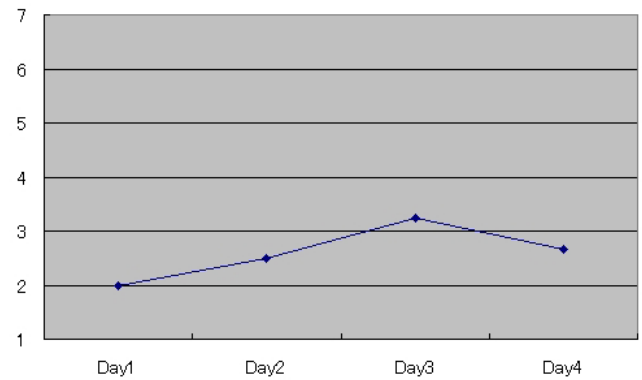
2. 展示物の静止画と音声による説明は
わかりやすかったですか？
(実験日ごとの平均スコア)



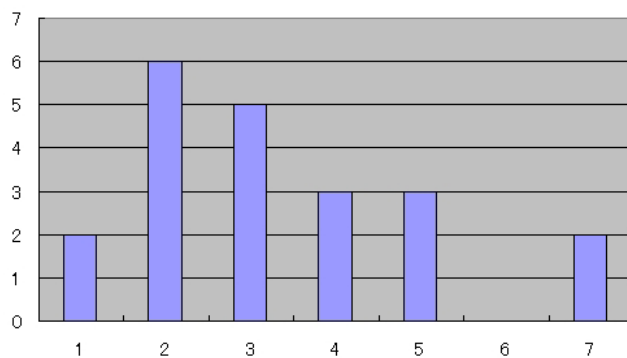
3. 表示されたルートに従いましたか？
(1:従わなかった, 7:従った)



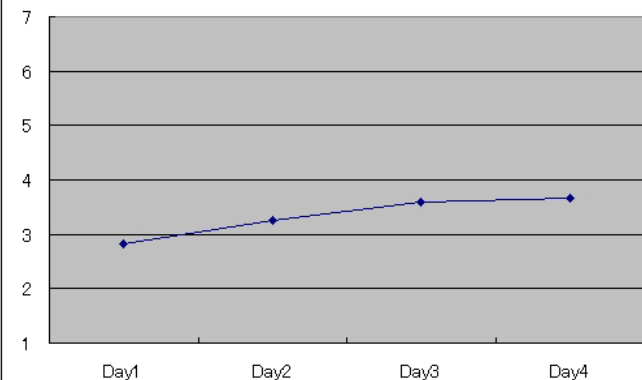
3. 表示されたルートに従いましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



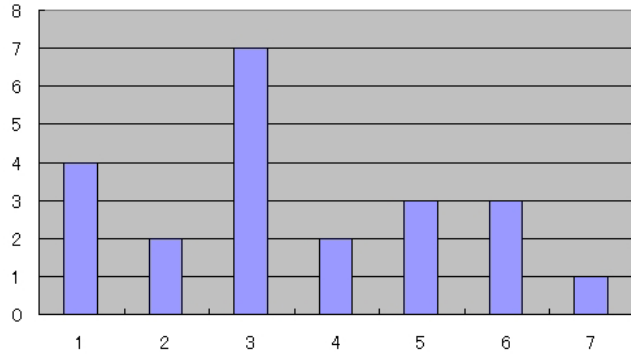
4. 画面に表示された案内先を、簡単にみつけられましたか？
(1:難しかった, 7:簡単だった)



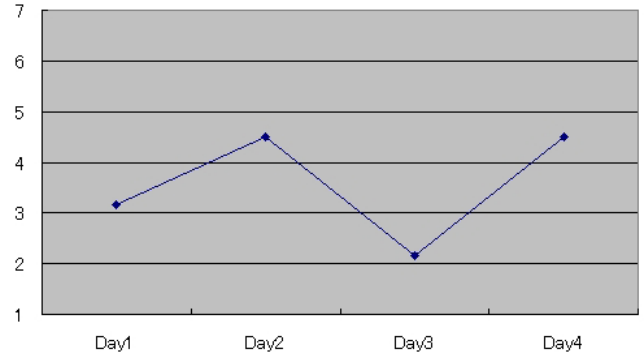
4. 画面に表示された案内先を、簡単にみつけられましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



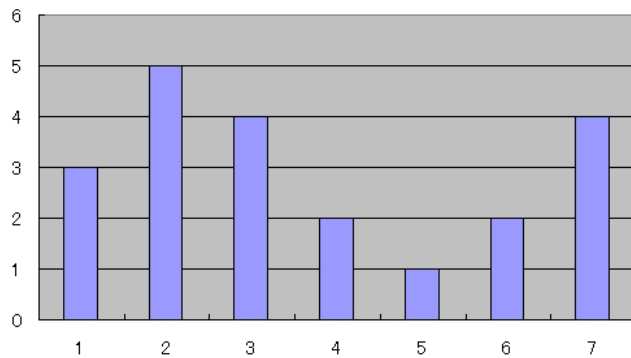
5. 画面に表示されている自分の位置と自分の立っている場所は簡単に対応がとれましたか？
(1:難しかった、7:簡単だった)



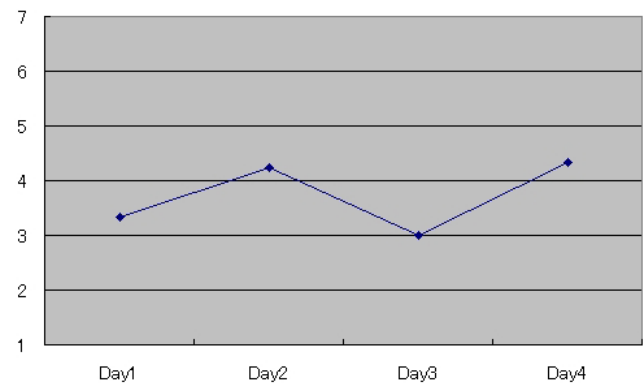
5. 画面に表示されている自分の位置と自分の立っている場所は簡単に対応がとれましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



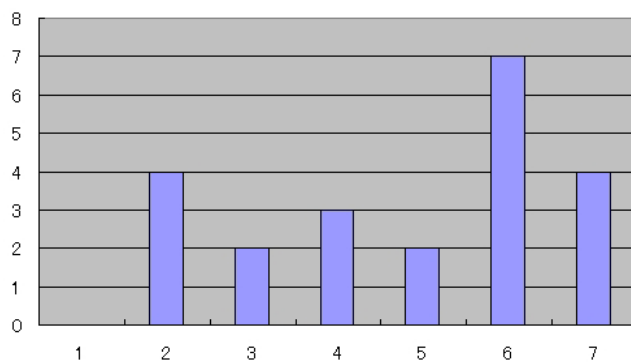
6. 画面に表示されたコンテンツはわかりやすかったですか？
(1:難しかった、7:簡単だった)



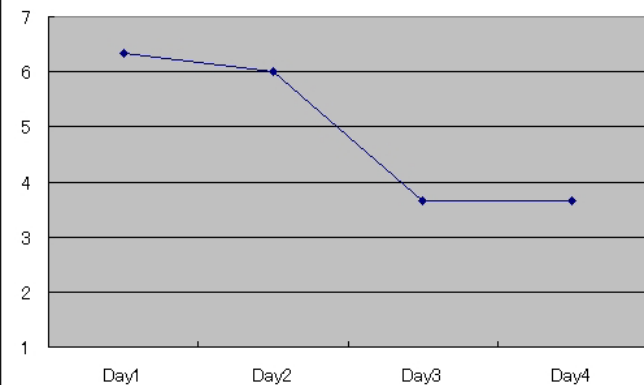
6. 画面に表示されたコンテンツはわかりやすかったですか？
(実験日ごとの平均スコア)



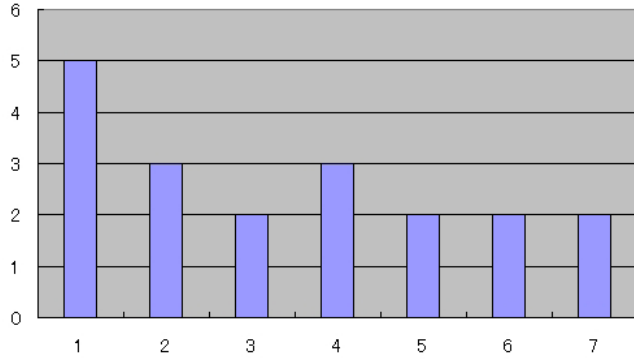
7. 画面と展示物のどちらをよくみましたか？
(1:画面、7:展示物)



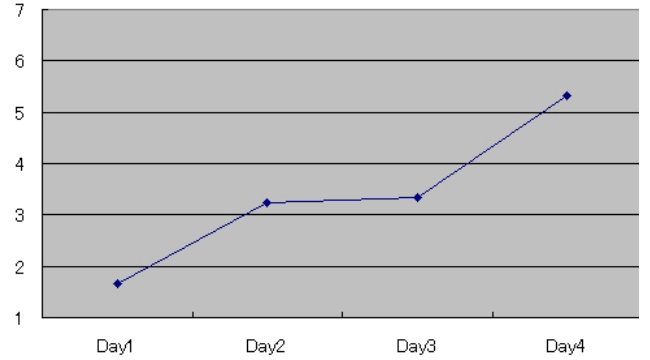
7. 画面と展示物のどちらをよくみましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



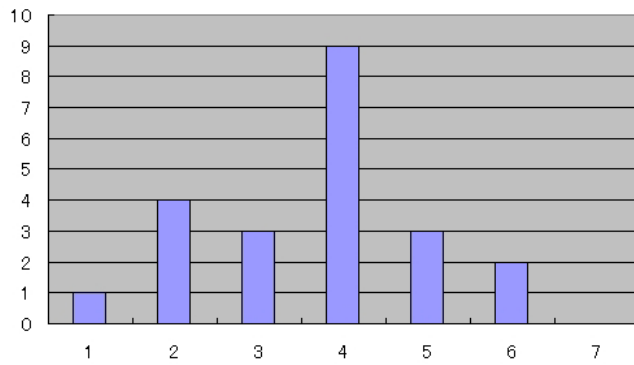
8. イベント開始10分前に表示される案内は
便利に感じましたか？
(1:感じなかった、7:感じた)



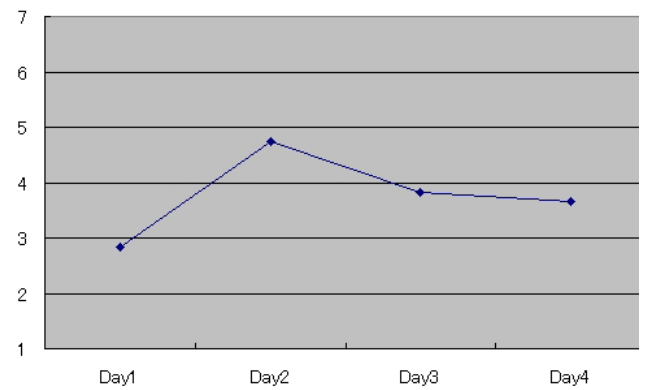
8. イベント開始10分前に表示される案内は
便利に感じましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



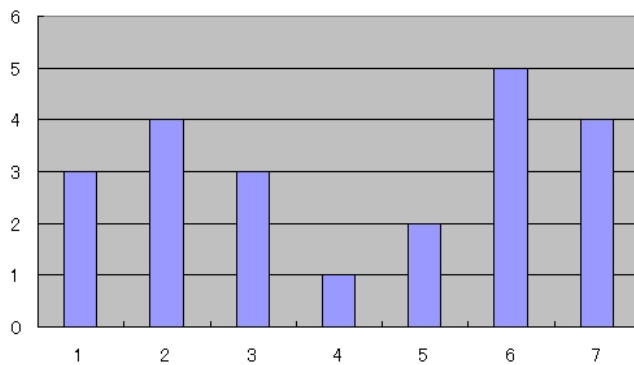
9. ナビシステム自体は必要でしたか？
(1:不必要、7:必要)



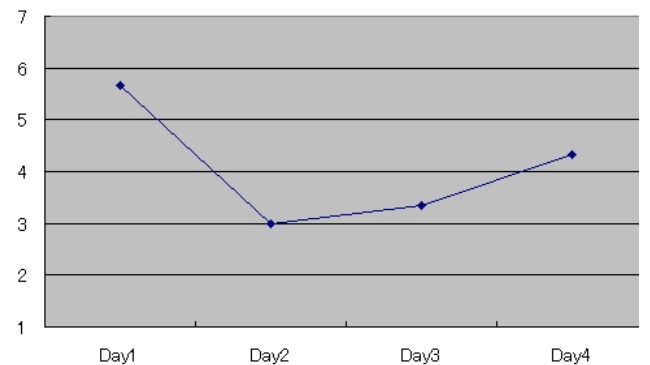
9. ナビシステム自体は必要でしたか？
(実験日ごとの平均スコア)



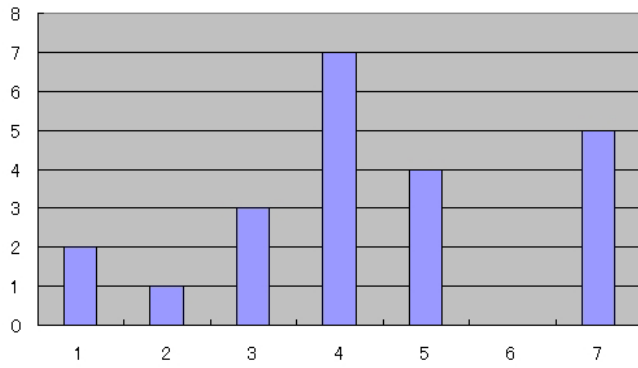
10. ナビシステムだけでなく人間の説明員による説明やナビが
必要と感じましたか？
(1:不必要、7:必要)



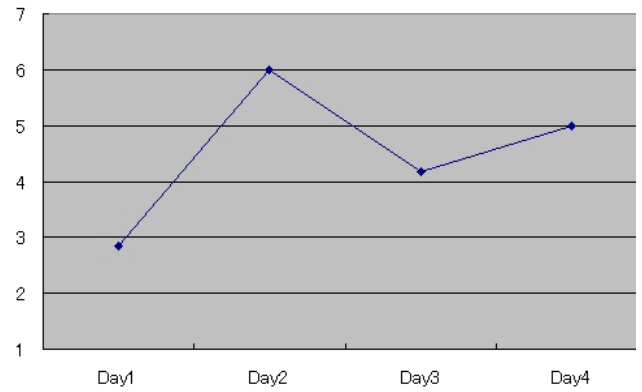
10. ナビシステムだけでなく人間の説明員による説明やナビが
必要と感じましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



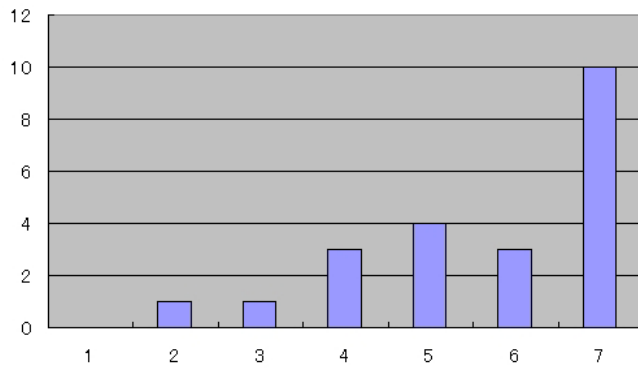
11. ナビシステムは邪魔でしたか？
(1:邪魔, 7:邪魔でない)



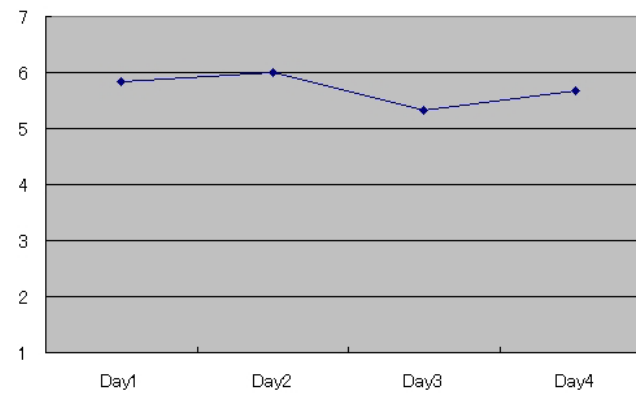
11. ナビシステムは邪魔でしたか？
(実験日ごとの平均スコア)



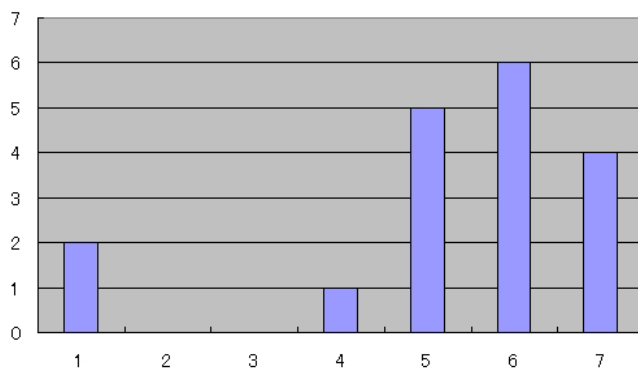
12. ナビシステムはまわりの人との会話の邪魔になりましたか？
(1:邪魔, 7:邪魔でない)



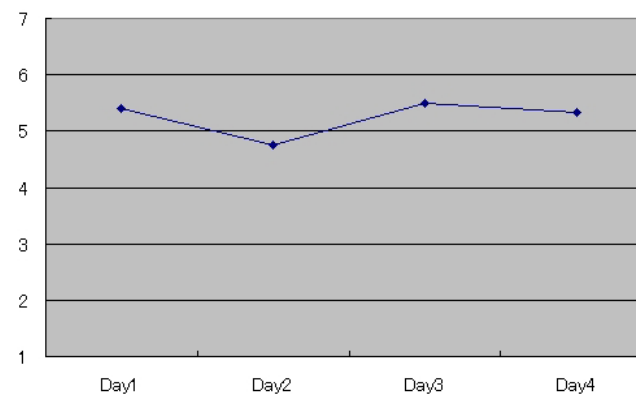
12. ナビシステムはまわりの人との会話の邪魔になりましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



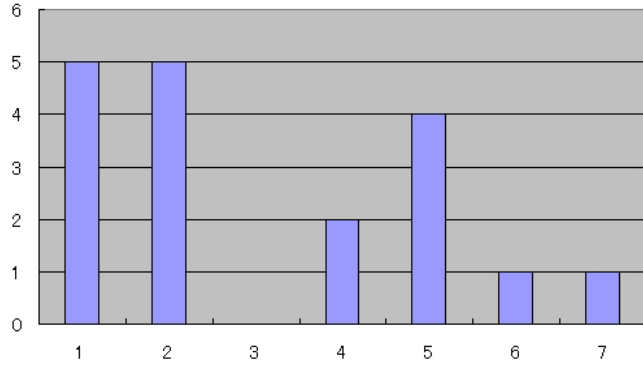
13. どちらの画面表示が見やすかったですか？
(1:HMD, 7:ハンドヘルドタイプ)



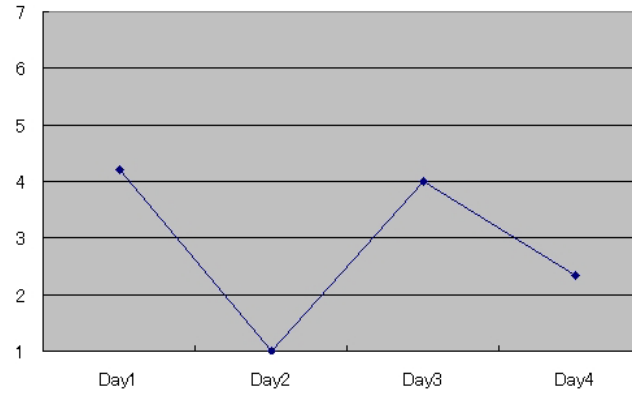
13. どちらの画面表示が見やすかったですか？
(実験日ごとの平均スコア)



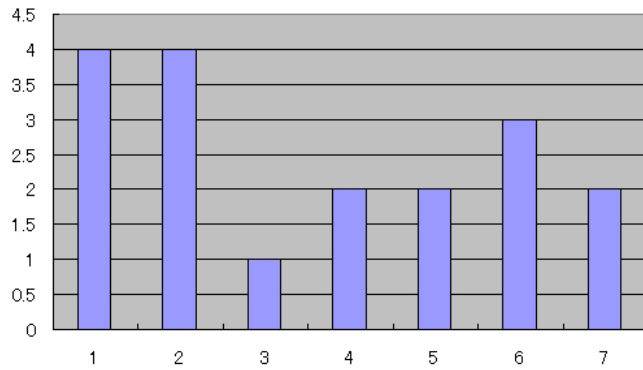
14. どちらのほうが展示物を体験しやすかったですか？
(1:HMD、7:ハンドヘルドタイプ)



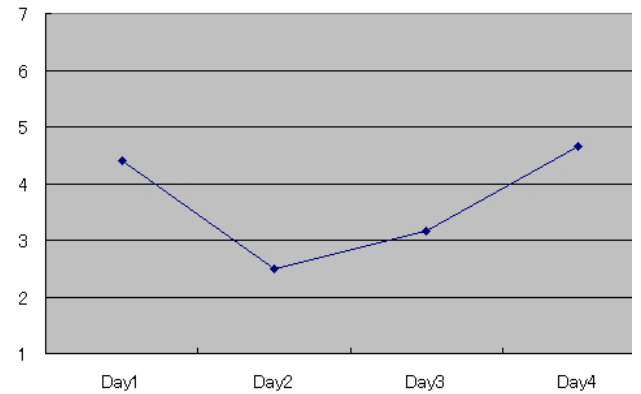
14. どちらのほうが展示物を体験しやすかったですか？
(実験日ごとの平均スコア)



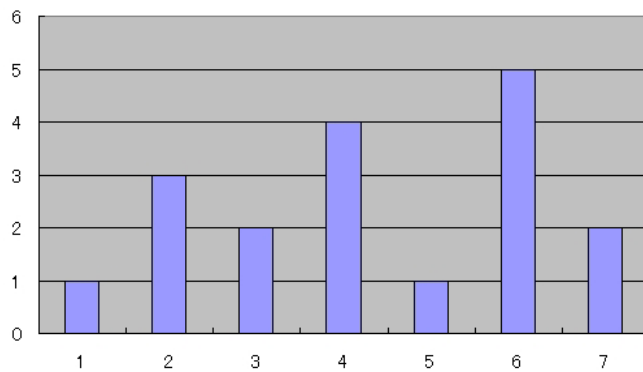
15. どちらのほうが展示物に集中できましたか？
(1:HMD、7:ハンドヘルドタイプ)



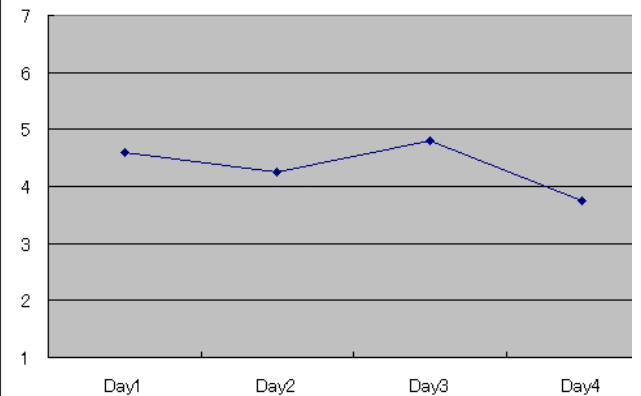
15. どちらのほうが展示物に集中できましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



16. どちらのほうがディスプレイを頻繁に見ましたか？
(1:HMD、7:ハンドヘルドタイプ)



16. どちらのほうがディスプレイを頻繁に見ましたか？
(実験日ごとの平均スコア)



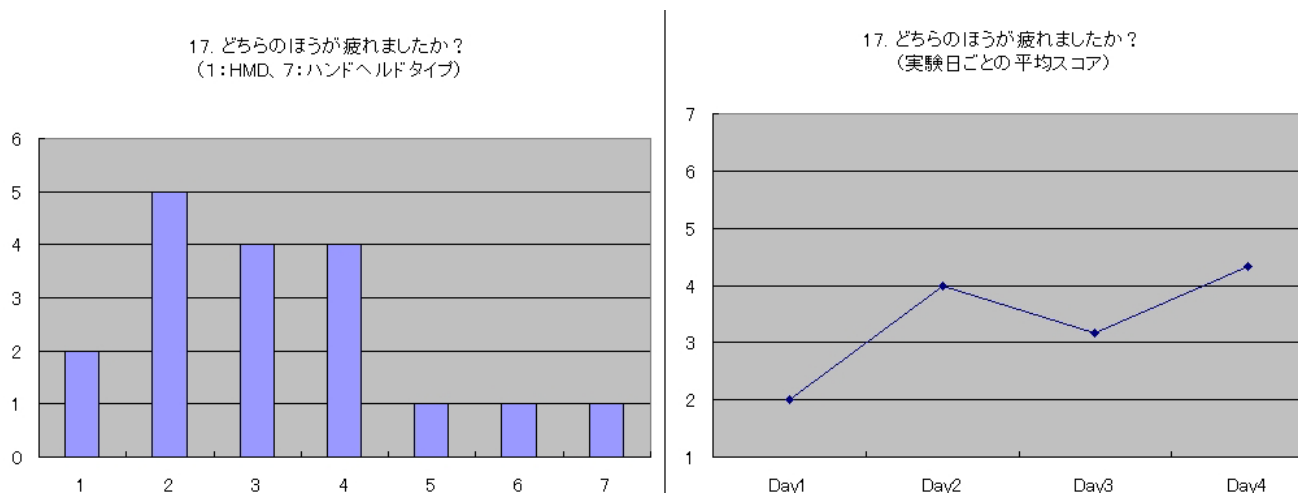


図 3-2 3 [アンケート] 計 17 問の質問に対するアンケート結果。
 左は 7 段階評価スコアのヒストグラム、右は平均評価スコアの実験日ごとの推移。

3.1.1.まとめ

今回のような規模の屋内 3 次元ナビゲーションシステム実験は、過去にもあまり例がないため、実施したこと自体に大きな意味があったと言える。さらに、被験者から得られたさまざまなフィードバックや運用経験は非常に価値の高いものであり、今後の研究開発の指針に大きな影響を与えるものと思われる。また、科学技術館の無線ネットワーク整備や 3 次元コンテンツ、Flash コンテンツなどの整備についても、今後の科学技術館の ICT 化や次世代学習支援システム構築を推進する上で重要な役割を果たすに違いない。最後に考察や今後の課題についていくつか述べ、本報告の結びとする。

全日程終了後も、システム全体の安定化や、測位系の特にマップマッチングや RFID などの位置補正手段の改良、コンテンツの出現制御や出現ルールの見直しなど、残された課題は多かった。しかしながら、その多くは準備時間の制約によって生じた問題であるため、解決可能であると考えられる。今後は例えば、産総研のサイエンススクエア（小規模の展示館）などでの常設も見据えて改良を実施していきたい。

前述のように、アンケート結果の統計解析、試行中の被験者の会話の分析、グループインタビュー分析なども、今度の課題として残されている。これらを効率よく実施するために、現在、**図 3-2 4 [ログ可視化]**に示すようなログの可視化ツールを開発している。このツールでは、被験者 ID や時間、場所などをクエリとして、被験者の軌跡や音声、付き添い装着カメラで撮影された被験者映像を検索・表示することができる。軌跡、音声、付き添い装着カメラ映像などは同期して再生できるため、3 次元地図上のどこでどの方向を向いているかを把握しながら音声や映像を視聴することができ、より臨場感の高い環境での分析・解析作業を実現できることが期待される。また、このようなツールは利用者の追体

験ツールや、遠隔の説明員が来館者の状況把握をするためのツールとしての応用も見込まれるため、非常に適用範囲が広い。



図 3-2 4 [ログ可視化]

被験者IDや時間、場所などをクエリとして、被験者の軌跡や音声、付き添い装着カメラで撮影された被験者映像を検索・表示することができるログ可視化ツールのスクリーンショット

1階入り口付近のサポートデスクでは、図 3-2 5 [サポートデスク] に示すように、52インチ大型ディスプレイで科学技術館の3次元地図上への各被験者の現在位置表示デモや、産総研における屋内外での実験結果映像上映を実施していた。多くの一般来館者がしばらく眺めていたり、質問をされてこられる方もいらっしゃったりと、デモ効果は高かったと言える。

図 3-2 6 [スケッチ]は小学生の被験者のみなさんが実験終了後に描いてくださったスケッチである。システム側に不備も多かったが、概ね楽しんで使ってもらったものと思われる。ただし、重量や装置の頑健性の問題、HMDの使用年齢の問題など、低年齢層特有の検討課題が多くあることも、本実験を通じて再確認することができた。今後は、年齢を問わない、もしくは年齢に応じたシステムやインタフェースの設計を考慮する必要がある。



図 3-25 [サポートデスク]
サポートデスクでは、科学技術館の3次元地図上への各被験者の現在位置表示や、産総研での屋内外での実験結果映像上映を実施した。



図 3-2 6 [スケッチ]
小学生の被験者のみなさんが実験終了後に描いてくださったスケッチ

参考文献

- [1] “Google Maps API,” <http://www.google.com/apis/maps/>
- [2] “Yahoo! Maps Web Services,” <http://developer.yahoo.com/maps/>
- [3] “Google Earth,” <http://earth.google.com/>
- [4] “Google Earth KML format,” <http://earth.google.com/kml/>
- [5] “Pocket Cortona,” <http://www.parallelgraphics.com/products/cortonace/>
- [6] “EZ ナビウォーク 3D ナビ,” http://www.au.kddi.com/ezweb/service/ez_naviwalk/
- [7] “慣性センサ群とウェアラブルカメラを用いた歩行動作に基づくパーソナルポジショニング手法,” 興梠, 蔵田, 信学技報, PRMU2003 260, pp. 25 30, 2004.
- [8] M. Kourogi and T. Kurata, “Personal positioning based on walking locomotion analysis with self-contained sensors and a wearable camera,” in Proc. ISMAR2003, pp. 103 112, 2003.
- [9] Masakatsu Kourogi, Nobuchika Sakata, Takashi Okuma, and Takeshi Kurata: “Indoor/Outdoor Pedestrian Navigation with an Embedded GPS/RFID/Self-contained Sensor System”, In Proc. 16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2006), pp.1310-1321 (2006)
- [10] 産業技術総合研究所 情報技術研究部門 実世界指向インタラクシヨングループ 拡張現実インタラクシヨンスブグループ, <http://unit.aist.go.jp/itri/itri-rwig/>
- [11] PlaceEngine, <http://www.placeengine.com/>
- [12] 科学技術館の月間スケジュール <http://www.jsf.or.jp/exhibit/schedule/2007/03/>
- [13] 科学技術館メールマガジン <https://www3.jsf.or.jp/mailmaga/menu.asp>
- [14] 産総研ウェブサイトでの実験告知
<http://unit.aist.go.jp/itri/itri-rwig/ci/ari/jsf2007mar-exp-j.html>
http://www.aist.go.jp/aist_j/event/ev2007/ev20070311/ev20070311.html

4. 委員の生の声

4.1. ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システムに関する調査研究に関して コンテンツクリエイター側からの提言

株式会社七音社ビジュアルプロデューサー
季 里

4.1.1. はじめに

本提言では「ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システム」を「新しい学習支援コンテンツ」ととらえ、提言者のバックグラウンドである、教育・ビジュアルデザイン・エンターテインメントという立場から、いくつかのヒントを提案したい。

エンターテインメント的発想でコンテンツを考えた時、「まずユーザーありき」ということが頭に浮かぶ。その技術や演出がいかにかに人を楽しませるか、生活は便利になるのか、なかった時よりも人生が豊かで幸福なものとなるのか、ということが最も重要である。

人を幸せにできない技術やコンテンツは、それがどんなに時間がかかったもの、斬新で学術的に重要なものでも、まったく意味のないものになってしまう可能性がある。

4.1.2. なぜ科学館でウェアラブル機器をつかうか？

まず、その意味をあらためて考えてみる。

そもそも科学技術館は何をする場所？ なぜみんなは来ているの？ 現在の科学技術館ではよくないの？ 何か足りない？ どうしたらもっと行きたくなる場所になる？

本学習システムを実際に科学技術館等に導入する場合は、このようなマーケティング的視点も重要となる。

多くの子供達は学校や地域の社会見学や、家族での休日に科学技術館に行くことを楽しみにしている。そこには日常の生活に関係するものから、普段目にすることのないものまで、多くの驚きと発見が満ちあふれており、学校や塾で押し付けられた勉強ではなく、子供なりの知的好奇心をくすぐるような場所だからである。

科学技術館では、陳列されている過去から現在の科学や産業、技術に関する展示物を見てまわる昔ながらのスタイルと、KIOSK 端末を利用した90年代的展示である。ゲームやアニメやハイテクおもちゃに囲まれて育ってきた今世紀の子供達を受け入れる科学技術館が、どのような形だったらもっとわくわくした気持ちになり、今の時代らしく科学を感じ

る場所となるのだろうか。

4.1.3. いつでも・どこでも・つながりたい・しりたい現代人

大学で教えている友人の学生のレポートの書き出しにこのような文言があった。

「その昔、ケータイがなかった時代があったらしい。その時、人々は他人とどんな風にコミュニケーションをとっていたのだろうか。」

18歳の学生にとっての電話とはケータイだけであり、ケータイは今や話してコミュニケーションをとる道具だけのものではなくなっている。彼らにとってケータイは命の次に大切なものになっているらしい。最初は驚いた。しかし最近は同様のことを毎日数十回思う。「その昔、GOOGLE がなかった時代があったらしい。その時、人々はどんな風に仕事をしていただろうか。」ここ数年内に起きた劇的な変化は仕事や生活の方法やものの考え方見方を大きく変えた。

ウェアラブル機器を科学技術館に取り入れる場合、いつでもどこでもつながれる「ケータイ文化・何でも検索エンジン」が KEY になると考えられる。

4.1.4. ウェアラブル機器をつかって「いつでも・どこでも・しらべられる」科学技術館に

展示物を見たり触れたりするときにはわき起こる、子供達ひとりひとりの「なぜ?」「どうしたら?」「こうかな?」などの疑問に、即座に対応することは現在の科学技術館では難しいと思われる。ちいさな「なぜ?」は、科学への探求につながるような小さな芽である。この芽をつぶさず育てることができれば、科学技術館は、現在の「どきどきわくわく」する場所から、「なるほど!もっとしりたい!」の場所になる。

調査研究にあたっては、まず**理想の次世代科学技術館を想定し**、そこから必要な技術を洗い出し、研究や実験を組み立てることが理想である。

理想の次世代科学技術館(案):

次世代科学技術館では、来館者はウェアラブル機器を身につけ、ナビゲートシステムを利用することにより、館内の案内を受けることができる。2回目以降の来館者はこの時音声認識または顔認識により、すばやく登録することができる。

来館者はウェアラブルナビゲーター(ボランティアが遠隔操作)との対話により、ちょっとした疑問点などをタイミングを逃すことなく解消できる。また気軽な科学雑談により、より詳しい知識や考察を得ることができる。

来館者の位置情報や滞在時間、ナビゲーション情報の利用状況は、データとして蓄えられ、次回来場時や科学技術館のマーケティングデータとしても有効なものとなる。

さらに、来館者データを使つてのイベントやゲームを企画することも考えられる。

提案：

- ・対話式インターフェイスによる館内ナビゲーションシステム。位置情報システムなどにより、入力事項は必要最小限に。
- ・サテライトボランティアによる、個別対応。ボランティアは離れた場所でもサイバースペース上の質問者の子供の位置を確認，質問内容に対応する。
- ・実物を見に来ている子供にとって、ウェアラブル機器による文字ベースの情報は不適當であると考えられる。
- ・ボランティアの回答水準を維持する為に、科学館スタッフとボランティアによる wikipedia 式の FAQ を用意し、日々更新する。
- ・FAQ は科学技術館のファンクラブ会員向けに公開する。
- ・科学技術館卒業生がボランティアになり、ひろがりつながることが理想
- ・科学技術館子供マスター制度など（後述）

4.1.5. エンタテイメントとしての科学館

- エンタテイメントとしてのウェアラブル機器 -

子供にとってのエンタテイメントを考えた時、楽しい・おもしろい・カワイイが KEY になる。

ウェアラブル機器をまとった時に、科学者技術者の卵に変身できるよう、子供の心のスイッチを押してあげることのできるデザインが好ましい。ワクワク感はさらに高揚し、モチベーションがあがること間違いなしである。

提案；

- ・入り口でレジストレーション、ウェアラブル機器衣装に着替える。（変身して気分高揚）
- ・科学技術館子供マスターに認定されている子供は他者と違うデザインの衣装を用意。
- ・ファッションとしてのウェアラブル機器
サイバー映画に出てくるような装置的なもの
インカムと小さなモニター
- ・ファンタジーとしてのウェアラブル機器
逆にハイテク感をいっさいなくしたペット的なもの
なんでも教えてくれる子リスを肩にのせる
- ・こどものなりきり欲を満足させるようなウェアラブル機器
白衣と、タブレット型パソコン、付け髭，だて眼鏡など。
- ・小さな子供や障害に対して負担が少ない重量や形状であることが望ましい。

・ビデオゲーム的アプローチ

ログ 歩き回った履歴データを利用

対戦 宝探しのなもの

ランキング 物知りコンテスト

ごほうび(達成感) 科学技術館子供マスターとして免許証的なものがもらえる

ボランティアになれるとか、特別衣装等、尊敬されるしくみ。

寄り道の楽しさ 用意しないシナリオでも楽しめる要素

世界観 未来感、わくわく感のある、新しい科学技術館を提示

オリジナルキャラクターを制作しマスコットの扱いにする。

「実世界」と「バーチャル世界」のリンク バーチャル科学技術館とアバタ

次世代型展示を考える際、ウェアラブル機器を使用するからといって、展示コンテンツのすべてをデジタル化バーチャル化する必要はないと考える。

従来の展示の中にある、手触り感・におい・スケール感、その場にいることで五感に与える効果を十分考慮し、住み分ける・カバーする・別の視点で説明するなどの対応が望ましい。

4.1.6. よりよいコンテンツ研究の為に 技術とクリエイティブのコラボレーションが重要

コンテンツは技術のおまけではない。技術はコンテンツの単なる材料ではない。

人を幸福にする良質なコンテンツをつくる為には、常にユーザーのことを第一に考え、

技術研究者とクリエイターのリスペクトしあえる環境の中での両者の強力なコラボレーションが必要である。

技術研究者は技術の進歩の為だけの開発や実験を行うのではなく、その技術が「人を豊かにするものか」を常に考え、コンテンツクリエイターは新しい技術に「人を幸せにするための魔法」をかける。この両者がお互いの推進力となって「次世代型ウェアラブル機器のある科学技術館」が研究されることが理想である。

新しい技術だけに負うコンテンツは時と共に葬られて来た。時間が経って技術が古くなるうとも埋もれないコンテンツこそが歴史の中にとどまってしまう。

現在の展示スタイルと、展示されている過去の技術は、現在へ確実に引き継がれ、この数十年間子供達に夢と笑顔を与え続けている。

ウェアラブル機器を導入した次世代展示方式が、将来も葬り去られるものでなく、さらに発展していくような種を今回の実験で見つけなければならないと思う。

4.1.7.最後に

本調査研究の結果、理想の次世代の科学技術館が誕生し、子供達の「なぜ? どうして?」の芽を大きく育てていくことで、昨今の子供達の科学技術離れ問題が解消し、豊かな未来がくることを期待している。

4.2. 協同鑑賞を考慮したウェアラブル機器の提案

筑波大学大学院システム情報工学研究科
葛岡英明

4.2.1. はじめに

ウェアラブル機器は基本的には個人のための装置であるため、通常は利用者に対する情報提示しか考慮されていない。しかし、博物館には、友人同士や親子で訪れる来館者が多く、展示物に対する評価は協同で達成されたとする報告もある。

本稿では筆者が関連した研究プロジェクトを紹介しつつ、協同鑑賞可能にするウェアラブル機器の提案をする。

4.2.2. ユビキタスゲーミング¹

ユビキタス・ゲーミングとは、ユビキタス技術を用いた情報空間を、ゲームを通じて体験できるシステムのことである[2]。情報通信研究機構(NICT)の直轄研究である SVR プロジェクトの実証実験として、2004年7月17日から10月11日にかけて、東京上野の国立科学博物館で開始された特別展「テレビゲームとデジタル科学展」において公開された(図4.2-1)。

システムは 1) ゲーム参加者の位置をリアルタイムで計測するための赤外線測位システム、2) 振りや傾きなどによる情報入力可能なユビキタス端末「ウォールストーン」から構成される。

赤外線測位システムでは、展示空間の天井に多数配置された赤外線 LED ビーコンにより利用者の位置を計測する。赤外線 LED ビーコンは、高さ 7m の位置に 1.2m 間隔で格子状に取り付けられている(図4.2-2)。本システムでは、ひとつの発信器がデータを送っている間は近傍の発信器はデータの送信を待つというように、時分割リレー方式のポジションデータ送信方法を採用することで、発信器の個数以上の細分化を実現している。



図4.2-1 「テレビゲームとデジタル科学展」の様子

¹ 本節は参考文献[2]より抜粋の後修正した文章である。



図4.2-2 天井に敷設された赤外線 LED ビーコン

観客は「ウォールストーン」と呼ばれるモバイル端末を持ち歩く(図4.2-3)。この端末には、赤外線 LED ビーコンから出力される位置データを受信するための赤外線受光素子の他、加速度センサ、2色発光 LED マトリクス、MP3 デコーダ、振動モータ、Bluetooth 等のインタフェースが搭載されている。利用者は、上部に赤外線受光素子が配置されたイヤホンを耳にかけて使用する。

加速度センサは、身体を活用した入力装置として利用している。たとえば、展示物に関する二択の問題に と×で回答するためには、ウォールストーンを左右に傾け、画面の表示を変化させることによって もしくは×を選択できるようになっている。そのほか、加速度センサはいくつかの選択肢を、ウォールストーンを振ることによって選択させたり、あるいはインベーダゲームのためのインタフェースとしても用いている。



図4.2-3 ウォールストーン

加速度センサを入力装置として利用した理由のひとつは、傾けたり振ったりといった操作は、周囲の観察者から見ても観察可能な行為であり、何らかの興味を魅きつける行為であるからである。

前者のように、外部から観察可能な行為というのは、博物館のような場面においては場を活性化させ、また他人に興味を持たせる効果があることが、今回のような運用を通して

判明した。展示物とインタラククションを行う観客も含めて、博物館を見ることができるといふ点において、従来のような単に展示物を見るだけの静的な博物館とは異なっている。また、展示会場をある程度進んだ時点から入口に戻り、追加でウォールストーンを借りる観客が非常に多いことから、身体性を伴ったインタラククションは、場を活性化させる可能性があると言えよう。

しかし、協同鑑賞という側面では課題が残っている。最も大きな問題は、音声をイヤホンで聞くことになっているため、例えば子供が何を聞いているのかを親が知ることができないという点である。また、ディスプレイが小さく、隣から見づらいということも問題であろう。このため、子供と親が別々にゲームに参加する例も多く見られた。

4.2.3. 相互評価システムSounding Board²

学校教育において、生徒同士による相互評価を観察可能にしようとするシステムがSounding Boardである(図4.2-4)[1]。これは、ユーザが身につけるユビキタスバッジ、評価を行う評価端末、評価を集計する集計システムから構成されている。



図4.2-4 Sounding Boardの概観

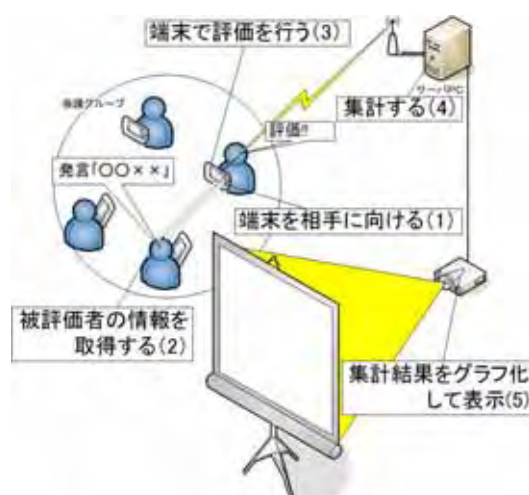


図4.2-5 システム利用図

² Sounding Boardは加藤浩(NIME)、鈴木栄幸(茨城大)、山下淳(筑波大)、市丸俊亮(筑波大)らによる研究である。

図4.2-5にシステムの利用図を示す。Sounding Board システムでは、ユーザは固有のIDを赤外線で発信するユビキタスバッジを装着する。あるユーザAがユーザBを評価する場合は、ユーザAが持っている評価端末をユーザBの方に向ける。評価端末がユーザBのユビキタスバッジから発信されたIDを受信すると、評価を行うためのフォームを表示する。ユーザAはこのフォームを利用して評価を選択することになる。評価結果は無線LANを通じてサーバに送られる。サーバは複数の端末から送られてきた評価値を集計し、その結果をグラフ化して表示する。

図4.2-6に評価フォームを示す。評価者は、(a)評価内容の選択、(b)評価対象の選択、(c)評価の確認をこれらのフォームを用いて行う。

図4.2-7に、集計結果の表示例を示す。どのような評価を最も多く受けたのか、あるいは評価内容が時間の推移に従ってどのように変化したのかを表示することができる。

博物館においては、ユビキタスバッジを展示物に取り付ければ、来館者がPDAをその展示物の方向へ向けることによって、それに対する情報を取得したり、評価を与えたりすることができるシステムに発展させることは容易である。そのとき、情報の取得や評価という行為が他者から観察され易くなることによって、協同鑑賞が促進される可能性がある。



図4.2-6 評価フォーム

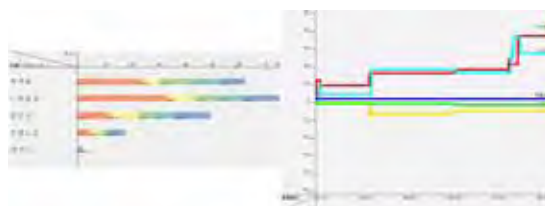


図4.2-7 左:累積度数グラフ 右:経時変化グラフ

しかし、このシステムは本来教育用に開発されているため、個々のユーザが携帯端末上で見ている情報や、入力した評価結果を他者が容易に観察できるようにはなっていない。協同鑑賞の支援のためには、これらの点が修正される必要がある。

4.2.4. 協同鑑賞指向のウェアラブル機器の提案

協同鑑賞を促進する鑑賞支援システムに必要な機能として、以下の3点を提案する。

1. 利用者がどの展示物を鑑賞しようとしているのかということが利用者の動作で示され、それを他者が観察可能である。

2. 利用者と展示物のインタラクションが動作で示され、それを他者が観察可能である。
3. ウェアラブル機器に提示される画像、音声、振動等の情報を他者が観察可能である。

第 1 の機能は、Sounding Board のような、指向性のあるセンサを利用する方法が考えられる。第 2 の機能については、ユビキタスゲーミングのウォールストーンのように、ウェアラブル機器や携帯端末に加速度センサを組み込み、その操作によるインタラクションを取り入れることで実現できる。科学技術館における一部の展示物のように、それ自身がインタラクションを含む場合には不要であるが、美術作品のようにインタラクションがない展示物の場合には効果が期待できる。第 3 の機能は、複数のウェアラブル/携帯端末間で提示情報を同期させる機能を組み込むことで実現できる。この機能は端末間の距離に応じてオン、オフが切り替えられるようにすると良い。ただし、プライバシーに考慮して、この機能はあらかじめ登録した端末間においてのみ許されるようにするべきであろう。

これらの 3 つの機能を持ったウェアラブル機器を導入することで、協同鑑賞が促進されると期待できる。

4.2.5. おわりに

本稿では、知り合い同士が協同で鑑賞することを支援するシステムの提案をおこなったが、協同鑑賞は実際には他人の間でも発生し得る。今後、そのような協同鑑賞の支援についても検討する必要がある。

また、今回提案したような、同期的な協同鑑賞だけではなく、Web を利用した非同期的な協同鑑賞の支援の可能性についても検討する必要がある。これによって、例えば友人の鑑賞経験を参照しつつ自分も鑑賞をおこない、共通して鑑賞した展示物に対して、Web 上で会話が出来るようにすることも可能であろう。

4.2.6. 参考文献

- [1] 加藤浩、山下淳、市丸俊亮、鈴木栄幸、モバイル相互評価端末の設計思想と概要、日本教育工学会第 22 回全国大会講演論文集, pp. 31-34, 2006.
- [2] 山下淳、ユビキタスゲーミング-博物館をフィールドとしたユビキタス情報支援システムの実証実験-、日本バーチャルリアリティ学会誌、Vol. 10, No. 2, pp. 29-33, 2005.

4.3. ウェラブル機器を使った科学館学習システムに対する提言

筑波大学大学院 図書館情報メディア研究科

西岡 貞一

4.3.1. はじめに

ミュージアムでの鑑賞や学習を助けるガイド機器が変わりつつある。携帯型電子機器を利用したり、センサーや電波を用いた測位システムにより自動再生を行うといったサービスの研究が行われている。実物を前に黙って向き合うだけでは満足できない人々のニーズに音声や映像を利用して感動や理解を高めようという試みである。本稿ではこれらの事例を基に「ウェアブル機器を使った科学館学習システム」研究への提言を行う。

4.3.2. ミュージアム展示

提言に先立ちミュージアム展示の歴史を振り返る。まず個人のコレクションが形成され、次にそれらを並べる「陳列展示」が行なわれた。これは現在の収蔵庫に近い。ものを詰めてひたすら並べていく方式である。やがてそれを「見せる」ためのデザインを工夫した展示に移行。やがてそれは特別展的な「テーマ展示」へと向かう。この時代が長く続いたが、近年それに「参加体験型展示」が加わった。ものに直接に触れたり、ギャラリーにスタッフ(フロアスタッフ)が出て来館者と交流し、ギャラリートーク的な対話や、様々な考案された教育プログラムを展開する。音声ガイド(写真4.3-1)やデジタルキオスク、PDAやなどのIT技術の導入も、来館者の参加体験の選択肢を大きく広げた。さらに大型映像やバーチャルリアリティの普及により展示に関係のある空間をミュージアムの中で擬似的に体験することも行われている。

それは近年のコレクションを意図的に持たないミュージアムの出現や、収蔵庫をギャラリー内に再現して公開するスタディー・ストレージの仕組みなど、新しい展示開発の流れの中でも活躍が期待されている。現代はミュージアムを訪れる人々の半数以上が展示室で何かの体験を試みたいと期待する時代に突入してい



写真4.3-1 音声ガイドシステム



写真4.3-2
バーチャルリアリティを応用したギャラリートーク
古代マヤ文明展(SVRプロジェクト)

る。展示を鑑賞するというイメージの強かったミュージアムだが、来館者が求めるものは劇的に変化している。

4.3.3. 位置対応鑑賞支援システム

ミュージアムでの鑑賞の醍醐味はなんといっても本物に触れることであるが、音声ガイドシステムやバーチャルリアリティ映像により展示の背景や物語を知ることでの楽しみは倍加する。本研究「ウェアブル機器を使った科学館学習システム」の目的は音声ガイドの持つ実物を前にした情報提供能力とバーチャルリアリティの持つインタラクティブな可視化機能を融合し、より鑑賞者に親切的なシステムの実現を目指すものである。

近年の測位技術の高度化と電子機器の高性能化により、位置情報をトリガーとして鑑賞者の状況に関連した情報を自動的に提供する展示支援システムの提案が行われている。

ここでは展示支援システムの研究事例を基に「ウェアブル機器を使った科学館学習システム」の開発を進める上で重要となるコンテンツ設計のポイントを紹介する。

(ア) 「アバタの自律的行動による複合現実領域での情報表示システム開発の開発」

(DCAJ リーダー：廣瀬通孝教授)

実施概要

平成 16 年 DCAJ は屋外で利用が可能な双眼鏡型バーチャルリアリティ表示システムを開発した。このシステムは双眼鏡型のケースの中にビデオ・シースルー型の HMD が内蔵されている(写真 4.3-3) 利用者は移動しながら双眼鏡システムを通して実際の風景を見る(写真 4.3-4)。このシステムでは内蔵の GPS や角度センサにより測位が行われ利用者は自分の見ている対象物に、関連情報を重ね合わせて鑑賞することができる。(写真 4.3-5)



写真 4.3-3 HMD



写真 4.3-4 利用風景

2) 実験結果

この実験を通じて明治村に保存されている建造物の欠落し部分が細くされたり、遠方に見える建造物のガイドが行われたりして鑑賞がより楽しくなることが確認できた。

現在の測位技術の精度やレスポンスを考える時、表示する情報は鑑賞者の近くに関してでは無く遠方の情報の方がより役立つとの実験結果が得られた。

この実験の舞台となった明治村には歴史的建造物が数多く展示されている。物語性豊かな空間を実際に利用することにより展示支援システムと実際の建造物が一体となったコンテンツを提供することができた。



写真4.3-5 実景への映像の重ね合わせ

(イ) 「ユビキタス・ゲーミング」

(NiCT・SVR プロジェクト リーダー：廣瀬通孝教授)

実施概要

2004年7月、東京国立科学博物館で開催された「テレビゲームとデジタル科学展」(主催 国立科学博物館、TBS、読売広告社)において鑑賞者の位置情報に基づく情報提示サービスの提供を行った。

展覧会会場に設置した350個の赤外線発信機と鑑賞者が装着するイヤフォーンに組み込まれた赤外線センサにより測位を行い、鑑賞者が手に持つ隕石の形をした端末装置を使ってキャラクターの雰囲気を感じさせる仕組みを実現した。(写真4.3-6)

デジモンの世界観を基に新たに制作したコンテンツでは来館者自身が主人公になり展覧会会場を舞台にしたロールプレイング・ゲームに参加するしかけになっていた。

展示されているゲーム機が小道具になり、イヤフォーンからはデジモンの声が聞こえてくる。(写真4.3-7)

約12万人の来館者のうち2千人がコンテンツを体験した。



写真4.3-6 デジモンの雰囲気を伝えるためのハードウェアと隕石を模したケース



写真4.3-7 デジモンの問いかけを聞く来館者

実験結果

インタビューを行った 600 人の子供たちのうち 96%が面白いと応えた、74%が「デジモンと一緒にいるような気がした」と答えた。大人に対するアンケート（200 人）でも 67%が面白いと感じ、79%と一緒にいる感じがしたと回答した。

展示を行うに先立ち研究拠点である東京大学先端技術研究センターにおいてキャラクターの話しかけるタイミングの調整やナレーションの校正のため、ゲームのランスルーテストを行った。ところが十分なテストをおこなって臨んだ展覧会であったが、実際の空間と展示物を前にして始めてわかることも多く展覧会会場では多くの修正を余儀なくされた。ミュージアムの展示支援システムでは実際の展示とシステムから提供するコンテンツの関係性が重要になることをあらためて認識した。



写真 4.3 - 8 東京大学でのランスルーテスト

4.3.4.まとめ

展示支援システムは「展示を見ながら」、「ミュージアムの中を歩きながら」利用する。ウェアブル機器を使った科学館学習システムの研究をさらに進めるに際し、測位システムの精度やソフトウェアのレスポンスに加え、展示空間や展示内容を十分に消化したコンテンツの制作が不可欠となる。

従来の展示支援システム研究では、実験環境の設定の容易さから研究を行っている研究施設等での実験や、ミュージアムに仮設した環境でのデモンストレーション的な実験を行う例も見受けられた。本研究では既に科学技術館内に本格的な実験環境の構築が行われている。今後はこの環境を活用し展示と一体となったコンテンツの開発と、十分な評価実験が行なわれることを期待する。

参考文献)

- 1)「平成 16 年度中小企業地域新生コンソーシアム研究開発事業（アバタの自律的行動による複合現実領域での情報表示システム開発）に関する委託事業」DCAJnews No118 2005 3/4 ,pp13
- 2)「スケーラブル・バーチャル・リアリティ・プロジェクト」月刊「ニューメディア」2004 年 11 月

5 . 今後の展開

本年度は「ウェアラブル機器を使った科学館学習支援システムに関する調査研究」の一環として「科学技術館ナビゲーションシステム」の実験を行った。その実験結果を踏まえた今後の展開として下記のことが考えられる。

まず、ウェアラブル機器の有効性に関してであるが、手で持つハンドヘルドタイプの機器よりも手に持たないウェアラブル機器（HMD）の方が展示物を体験し易かったとのアンケート結果を得ていることから、体験型展示物に関してウェアラブル機器の有効性が示されたものと考えられる。しかし、他のアンケート結果からは、HMDの方は画面表示が見辛く疲れ易かったとの回答を得ていて、事後インタビューからはHMDに「慣れていない」事が一番の要因として語られていた。個人差があるとは言えHMDに慣れれば利便性が増すものと思われる。今回はウェアラブル機器として片目のHMDを利用したが、可能であれば慣れている腕時計型など他の機器を使ったシステムでの実験を試み、ウェアラブル機器の更なる有効性を示したい。

一方ナビゲーションシステムの必要性としては、アンケートからはどちらとも言えない人が多く、推薦ルートを表示するあるいは10分前にワークショップの開始と開始場所を知らせるといった初期設定では、科学技術館で使用するというシチュエーションで必ずしも必要なものとは言えず、ナビゲートの考え方が個々人で違うことが分かった。これは学習支援を行うにあたって来館者が何を求めているか、何を知りたいのかに対する重要な示唆となった。学習支援システムの機能として来館者に合わせた学習支援が必要であり、次の誘導先を来館者が選択することで、学習支援の幅を持たせることが可能になると思われ、システムの改善を図っていきたい。

今回の実験では一人一人が単独で科学技術館を回っていただいたが、来館者の傾向としてアベックや家族連れなど複数人で来られて見て回られることが多く、グループでの学習効果を期待した方式も今後取り組む必要があると思われる。現在のシステムのままだと一緒に見学している回りの人との情報共有ができなくなってしまう弊害があり、それを無くすためにシステムを通じて来館者同士がコミュニケーションを取れる仕組みを追加する必要がある。また更に発展させて、来館者とインストラクターとのコミュニケーションや例えば遠隔地にいる解説者や技術者と音声や映像を使ったコミュニケーションができると、学習支援として更なる効果が期待できると考えられる。

付録 1 . 被験者への説明と同意に関する書類

付録 1 . 1 . 人間工学実験計画書

申請番号 2006-A-020-1

2007年1月22日

人間工学実験計画書の承認について

実験課題名：「遠隔作業支援のためのセンサ及びインタフェースの評価」

実験期間：2006年11月16日～2007年6月30日

実験責任者：蔵田 武志

下記の人間工学実験計画書について、

変更後の実験計画を承認可とする

条件：

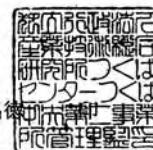
人間工学実験委員会 委員長 栗田 多喜夫



変更後の実験計画を実施することを承認する
意見：

つくば中央第二事業所 管理監

古室 昌徳



申請番号 2006-A-020-1

人間工学実験計画書（新規・変更・継続）

1 実験課題

遠隔作業支援のためのセンサ及びインタフェースの評価

2 実験期間等

一 実験計画期間

2006年11月16日～2007年6月30日

二 実験実施期間

2006年11月16日～2007年6月30日

3 実験責任者名、所属及び連絡先

蔵田 武志（情報技術研究部門） 連絡先電話番号 029-861-5789

4 実験従事者名及び所属

蔵田 武志（情報技術研究部門）

大隈 隆史（情報技術研究部門）

興梠 正克（情報技術研究部門）

酒田 信親（情報技術研究部門、技術研修生[筑波大]）

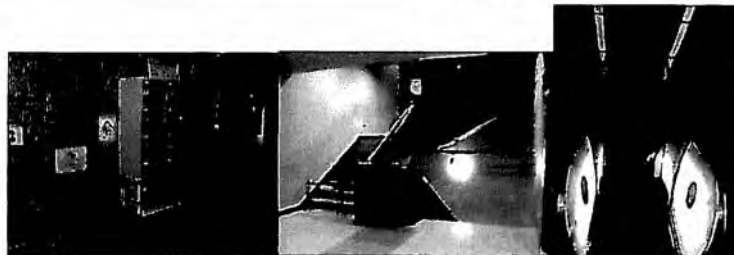
川本 海（情報技術研究部門、技術研修生[筑波大]）

5 実験場所（サイト、棟番号及び室番号）

本部情報棟1,3階、本部情報棟のエレベータや階段、サイエンススクエア、及び本部情報棟とサイエンススクエアを結ぶ経路（中央第1に向かう道路と2-1の建物の間の通路含む）筑波大学第三学群M棟3,4階（葛岡研究室とその周辺廊下。下図参照）、科学技術館1～5階（下図参照）。



筑波大学第三学群M棟3,4階



科学技術館1～5階

6 実験目的及び実験内容の概要

申請者らは、指示者や作業者の状況把握に基づく操作・入力・行動予測を用いたウェアラブルまたはタンジブルテーブルトップインタフェースとその基礎技術を開発することを目標としている。大きく分けて以下の4種類の実験を実施する。

- (A) 作業者の動作（歩行、手振りなど）を、頭部や腰部に装着された物理量計測センサ（加速度、ジャイロ、磁気センサ）、カメラなどのセンサを用いて計測する。
- (B) 頭部装着型のディスプレイやカメラにより3次元複合現実感環境（実環境と仮想CGを融合した環境）を構築し、それを用いた作業支援情報提示・編集システムを、どのように設計すべきかをユーザスタディにより検討する。
- (C) 作業者用装着型インタフェース（小型のパンチルトカメラ、レーザポインタや小型プロジェクタ、慣性センサ（加速度、ジャイロ）からなる）を作業者の胴体に装着し、遠隔地の指示者、もしくはコンピュータがそのカメラやセンサデータを用いて、どの程度、作業空間の状況を把握することができるか、また、レーザポインタや小型プロジェクタから作業空間に投影された視覚的支援情報がどの程度作業者に有用か、さらに、頭部や胸部に装着、または手に保持するディスプレイを追加した場合にどのような利点、欠点があるかについて調査する。
- (D) 指示者用のタンジブルテーブルトップインタフェース（大型のプラットパネルディスプレイ、タッチパネル、超音波または光学式の3次元計測センサを備えるタンジブルタグなどからなる）を構築し、そのタッチパネルやタグなどへの入力に基づいて映像や音声をどのように変化させて出力すれば、より効率的な作業支援が可能にあるかを調査する。

7 実験計画（倫理安全に関係する部分を特に詳しく具体的に）

上記の(A)から(D)それぞれに対しての実験計画を下記に記す。なお、後日、センサ及びインタフェースの評価を目的とした解析のために、(A)から(D)のすべてにおいて実験の様子はビデオやカメラで撮影される。また、実験中であることを周辺の職員や通行人などに知らせるため、立て看板やゼッケンなどに実験中と記すこととする。

(A)

- (A-1) 歩行や手振りなど、計測に必要な動作が可能かどうかについて、被験者のコンディションの確認を行う。また、下記の実験説明を受け、練習を行う。
- (A-2) 被験者は、実験責任者によって指定されたセンサモジュール（加速度、ジャイロ、磁気を内蔵）をベルトなどの装着具を用いて腰部に固定する。同等のセンサモジュールやカメラを帽子やヘッドセットなどの装着具を用いて頭部に固定する。また、データロガーもしくは遠隔のデータロガーにデータを通信する機器をバックバック

やジャケットなどを用いて胴体に装着する。

(A-3) 被験者はその状態で、実験場所の平坦路や階段を歩行、エレベータやエスカレータを利用、また、カメラに写るように特定の手振りをするなどの動作を行う。なお、階段の乗降、エレベータやエスカレータの利用の際には、実験従事者が前方または側方で付き添い、段差の踏み外し等の事態に備える。さらに、屋外で道路を横断する必要がある場合も、実験従事者が車の通行を確認し安全確保する。

(B)

(B-1) 裸眼視力または矯正視力が頭部装着型ディスプレイの利用に支障のないレベルかどうか、両手を用いた作業が可能かどうかについて、被験者のコンディションの確認を行う。また、下記の実験説明を受け、練習を行う。

(B-2) 被験者は、実験責任者によって指定された頭部着用型のディスプレイ（キャノン、島津、三菱、またはMicroOptical社製）とカメラを頭部に装着する。さらに、実験（A）で用いるセンサを装着する場合もある。胴体に装着したコンピュータにより映像情報や文字情報をディスプレイに供給する。

(B-3) 被験者は着座または立位の姿勢で、頭部着用型のディスプレイ上の映像や情報を見ながら、マウスやトラックボールなどのポインティングデバイス、キーボードなどの入力インターフェースを用いて、作業支援情報呈示・編集システムを操作する。

(C)

(C-1) 裸眼視力または矯正視力が、レーザーポインタや小型プロジェクタから作業空間に投影された視覚的支援情報や、頭部や胸部に装着、または手に保持するディスプレイの観察に支障のないレベルかどうか、両手または片手を用いた作業が可能かどうかについて、被験者のコンディションの確認を行う。また、下記の実験説明を受け、練習を行う。

(C-2) 被験者には、上記作業用装着型インターフェースを胴体に装着する。さらに、実験（A）で用いるセンサを装着する場合もある。胴体に装着したコンピュータにより映像情報や文字情報をレーザーポインタや小型プロジェクタ、ディスプレイに供給する。

(C-3) 被験者は実験場所を歩行により移動しながら数箇所立ち止まり、トイブロックの組み立てやプラモデル作成、バルブの開け閉め、ねじ回し、展示物の操作などの単純な作業を行う。途中着座して作業をすることもある。これらの作業や移動は、上記作業用装着型インターフェースに表示される指示に従う。なお、移動に階段、エレベータ、エスカレータの利用を伴う場合、実験従事者が前方または側方で付き添い、段差の踏み外し等の事態に備える。

(D)

(D-1) 裸眼視力または矯正視力が、上記指示者用タンジブルテーブルトップインタフェースの観察に支障のないレベルかどうか、両手を用いた作業が可能かどうかについて、被験者のコンディションの確認を行う。また、下記の実験説明を受け、練習を行う。

(D-2) 被験者は着座もしくは立位の状態で、上記タンジブルテーブルトップインタフェースを操作する。その際、映像や音声を、タンジブルタグの状態、タッチパネルへの入力、遠隔地の複数の作業員（これはコンピュータシミュレーションである場合もある）の状態に応じて変化させる。

8 被験者の特定（例：年齢層、性別、健常者その他実験上必要な制限及び人数）

上記実験を無理なく遂行することが可能である健康な男女（10代～60代）。小学生以下の場合には必ず保護者同伴とする。1実験あたり5名～40名程度。人材派遣会社及び筑波大学等の学生を被験者候補として想定している。その際、労災等障害保険について当方より確認を行う。科学技術館での実験においては来館者を対象としており、科学技術館からその旨の許可を得ている。また、被験者の受ける不利益並びに危険性に関して、特に注意すべきことはないものと考えられる。

9 被験者がインフォームド・コンセントを与えることができない状態にある場合又は未成年の場合はその必要性

科学技術館での実験の場合、来館者が被験者となるため、それが未成年である場合があり得る。

10 実験に用いる機材又は調査方法

物理量計測センサ（加速度、ジャイロ、磁気センサ）

装着型カメラ

頭部装着型のディスプレイ

作業員用の装着型インタフェース（小型のパンチルトカメラ、レーザポインタ（クラス2まで）や小型プロジェクタ、慣性センサ（加速度、ジャイロ）からなる）

胸部に装着する小型ディスプレイ

指示者用のタンジブルテーブルトップインタフェース（大型のプラットパネルディスプレイ、タッチパネル、超音波または光学式の3次元計測センサを備えるタンジブルタグなどからなる）

ハンドヘルドPC

ノートPC

デスクトップPC
マウス、トラックボールなどのポインティングデバイス
キーボード
実験風景撮影用のビデオカメラ及びスチルカメラ
有線・無線ネットワーク装置

11 試料採取の有無（有る場合は試料名）

無

12 実験責任者の義務に関する誓約

実験責任者は、自らと実験従事者に対し、人間工学実験倫理要領を遵守することを常に求めることとし、いかなる場合も実験における安全性の確保と被験者の人権の保護に努め、その義務を果たすことを誓約します。

13 個人情報の取扱い

一 取得する個人情報（住所、氏名、性別、実験データ等）

基本的には、住所、氏名、性別、年齢、実験データを取得する。実験（A）の場合は、身長、実験（B、C）の場合は効き目、実験（B、C、D）の場合は利き手についても取得する。

二 個人情報の取扱い方法

住所、氏名、性別、年齢などの個人情報は論文やメディアでは公表しない。顔写真などは承諾が得られた場合においてのみ公表する場合がある。個人情報と実験データは分離して保存する。これにより、実験データがどの被験者から取得されたものであるかの特定が困難となる。個人情報を記入した同意書等の紙媒体は施錠して保存する。

13 その他必要と思われる事項

特になし。

14 インフォームド・コンセントのための説明文書（同意書の例を添付すること。以下は説明文書に含む項目）

一 説明及び同意の必要性並びにいつでも不利益を受けることなくインフォームド・コンセントを撤回することができること。

これから行う実験の内容と方法について、この説明書を口頭で説明します。この説明内容をご理解いただいた上で、被験者として本実験に参加されるあなたの意思を客

観的な記録とするために同意書を作成します。この説明と同意はあなたが本研究の被験者となる根拠となるものです。さらに、別紙の承諾書にて、本実験風景を撮影した写真や映像・音声を学会および技術発表などの研究広報上必要なメディアに掲載されることに同意していただいた場合は、本実験風景を撮影した写真や映像・音声を公開させていただくことがあります。

本実験への協力は、被験者の自由な意思に基づく参加が原則となりますので、いただいた同意はいつでも撤回することができ、同意の撤回によりいかなる不利益を生じることもありません。

二 実験責任者の氏名、所属、職名及び連絡先

蔵田 武志（情報技術研究部門） 連絡先電話番号 029-861-5789

三 実験の意義、目的、具体的な実施方法及び期間

申請者らは、指示者や作業者の状況把握に基づく操作・入力・行動予測を用いたウェアラブルまたはタンジブルテーブルトップインタフェースとその基礎技術を開発することを目標としています。そのために、大きく分けて以下の4種類の実験を実施します。実験の拘束時間は1日あたり、30分から3時間程度を想定しています。途中休憩などを入れることにより1時間以上連続して実験が行われないようにします。

なお、後日、センサ及びインタフェースの評価を目的とした解析のために、

(A) から (D) のすべてにおいて実験の様子をビデオやカメラで撮影することがあります。ご了承ください。

- (A) 作業者の動作（歩行、手振りなど）を、頭部や腰部に装着された物理量計測センサ（加速度、ジャイロ、磁気センサ）、カメラなどのセンサを用いて計測します。
- (B) 頭部装着型のディスプレイやカメラにより3次元複合現実感環境（実環境と仮想CGを融合した環境）を用いた作業支援情報呈示・編集システムを、どのように設計すべきかをユーザスタディにより検討します。
- (C) 作業者用装着型インタフェース（小型のパンチルトカメラ、レーザーポインタや小型プロジェクタ、慣性センサ（加速度、ジャイロ）からなる）を作業者（被験者）の胴体に装着し、遠隔地の指示者（実験従事者）、もしくはコンピュータがそのカメラやセンサデータを用いて、どの程度、作業空間の状況を把握することができるか、また、レーザーポインタや小型プロジェクタから作業空間に投影された視覚的支援情報がどの程度作業者に有用か、さらに、頭部や胸部に装着、または手に保持するディスプレイを追加した場合にどのような利点、欠点があるかについて調査します。
- (D) 遠隔作業の指示者用のタンジブルテーブルトップインタフェース（大型のプラットパネルディスプレイ、タッチパネル、超音波または光学式の3次元計測センサ

を備えるタンジブルタグなどからなる)のタッチパネルやタグなどへの入力に基づいて映像や音声をどのように変化させて出力すれば、より効率的な作業支援が可能にあるかを調査します。

各実験の具体的な実施方法は以下の通りです。

(A)

(A-1) 歩行や手振りなど、計測に必要な動作が可能かどうかについて、被験者のコンディションを確認いたします。また、下記の実験説明を受けていただき、練習を行います。

(A-2) 被験者は、実験責任者によって指定されたセンサモジュール(加速度、ジャイロ、磁気を内蔵)をベルトなどの装着具を用いて腰部に固定します。同等のセンサモジュールやカメラを帽子やヘッドセットなどの装着具を用いて頭部に固定します。また、データロガーもしくは遠隔のデータロガーにデータを通信する機器をバックパックやジャケットなどを用いて胴体に装着します。

(A-3) 被験者にはその状態で、実験場所の平坦路や階段を歩行、エレベータやエスカレータを利用、また、カメラに写るように特定の手振りをするなどの動作をしていただきます。

(B)

(B-1) 頭部装着型ディスプレイを注視可能かどうか、両手を用いた作業が可能かどうかについて、被験者のコンディションを確認いたします。また、下記の実験説明を受けていただき、練習を行います。

(B-2) 被験者は、実験責任者によって指定された頭部着用型のディスプレイとカメラを頭部に装着します。さらに、実験(A)で用いるセンサを装着する場合があります。胴体に装着したコンピュータにより映像情報や文字情報をディスプレイに供給します。

(B-3) 被験者は着座または立位の姿勢で、頭部着用型のディスプレイ上の映像や情報を見ながら、マウスやトラックボールなどのポインティングデバイス、キーボードなどの入力インタフェースを用いて、作業支援情報表示・編集システムを操作します。

(C)

(C-1) レーザポインタや小型プロジェクタから作業空間に投影された視覚的支援情報や、頭部や胸部に装着、または手に保持するディスプレイを注視可能かどうか、両手を用いた作業が可能かどうかについて、被験者のコンディションを確認いたし

ます。また、下記の実験説明を受けていただき、練習を行います。

(C-2) 被験者は、上記作業用装着型インタフェースを胴体に装着します。さらに、実験(A)で用いるセンサを装着する場合があります。胴体に装着したコンピュータにより映像情報や文字情報をレーザーポインタや小型プロジェクタ、ディスプレイに供給します。

(C-3) 被験者は実験場所を歩行により移動しながら数箇所立ち止まり、トイブロックの組み立てやプラモデル作成、バルブの開け閉め、ねじ回し、展示物の操作などの単純な作業を行います。途中着座して作業をすることもあります。これらの作業や移動の際は、上記作業用装着型インタフェースに表示される指示に従っていただきます。なお、移動に階段、エレベータ、エスカレータの利用を伴うことがあります。

(D)

(D-1) 上記指示者用タンジブルテーブルトップインタフェースの観察が可能かどうか、両手を用いた作業が可能かどうかについて、被験者のコンディションを確認いたします。また、下記の実験説明を受けていただき、練習を行います。

(D-2) 被験者は着座もしくは立位の状態で、上記タンジブルテーブルトップインタフェースを操作します。その際、映像や音声を、タンジブルタグの状態、タッチパネルへの入力、遠隔地の複数の作業員（これはコンピュータシミュレーションである場合もある）の状態に応じて変化させます。

四 実験に使用する装置又は調査内容の説明

- ・物理量計測センサ（加速度、ジャイロ、磁気センサ）：歩行や組立作業などの動作により発生する物理的な加速度・角速度と地磁気方位の変化を検出する受動センサの集合体です。
- ・装着用カメラ：作業状況を記録、映像を遠隔地に送信、コンピュータによる画像処理などのために用いられるものです。
- ・頭部装着型のディスプレイ：ハンズフリーで映像を提供するためのデバイスです。
- ・作業員用の装着型インタフェース：小型のパンチルトカメラ、レーザーポインタ（クラス2まで）や小型プロジェクタ、慣性センサ（加速度、ジャイロ）からなり、作業状況を遠隔地の指示者に伝送し、さらに、作業指示を直接、実世界に呈示するためのものです。
- ・胸部に装着する小型ディスプレイ：ハンズフリーでさらに頭部が非拘束な状態で映像を提供するためのデバイスです。
- ・指示者用のタンジブルテーブルトップインタフェース：大型のプラットパネルデ

イスブレイ、タッチパネル、超音波または光学式の3次元計測センサを備えるタンジブルタグなどからなり、遠隔地の複数の作業者の状況を把握し、さらに、作業者に様々な指示を送るための装置です。

- ・ ハンドヘルドPC：主に映像や音声を提供するために用いられます。
- ・ ノートPC：データ収集、画像処理、情報呈示のために用いられます。
- ・ デスクトップPC：データ収集、画像処理、情報呈示のために用いられます。
- ・ マウス、トラックボールなどのポインティングデバイス、キーボード：上記の各種ディスプレイを見ながらPCを操作するために用いられます。
- ・ 実験風景撮影用のビデオカメラ及びスチルカメラ：実験終了後に実験経過の詳細を検証するため、また、学会やメディアで実験風景を公開するための映像を取得するために用いられます。
- ・ 有線・無線ネットワーク装置：遠隔地の作業者や指示者間、連携して動作する装置間の通信に用いられます。

なお、上記装置のうちいくつかを組み合わせて頭部や胴体などに装着していただくことがあります。その場合、一度に装着する装置の総重量は2.5kg前後となる場合があります。

五 予測される研究への貢献並びに被験者の受ける不利益及び危険性

本実験を通して、作業支援のためのウェアラブル、タンジブルテーブルトップインタフェースの開発が促進されるとともに、そのインタフェースデザインに統計的な裏づけがなされることが期待されます。被験者の受ける不利益並びに危険性については、“七 実験の安全上の注意事項”に記載されている安全面、及び“十一 実験により得られたデータの取扱い及び公表の方法”に記載されている実験データ、映像、音声データに関する取扱いに関してご了承いただきますようお願いいたします。その他、特に注意すべきことはありませんが、集中して実験を遂行することにより、肉体的な疲労や目の疲労を伴うことはありえますので、ご了承ください。

六 被験者のコンディションに関する条件及びその理由

主観データ、客観データの統計解析により健常者にどれだけ適したデバイスやインタフェースであるかを評価するために、各被験者は上記実験に含まれる行為（呈示される情報の視聴覚、両手による簡単な作業、歩行、着座、起立など）を無理なく遂行することが可能でなければなりません。

七 実験の安全上の注意事項

歩行時及び階段昇降時、エレベータやエスカレータ利用時に転倒しないように気をつ

けてください。頭部や胴体にディスプレイなどのデバイスを装着する際にぶつかって怪我をしないように気をつけてください。もし何か気になることがあれば、何でも実験者にお伝え下さい。

八 実験の中止要求の権利及びその要求方法

被験者は、いついかなる場合でも実験を中止することができます。その旨を発話もしくは手振りにてお伝えください。

九 被験者の権利及び人権擁護への配慮

個人情報は実験従事者以外に開示されることはありません。計測・記録した実験データは、別途被験者の了解を得た場合を除き、実験目的であるウェアラブルまたはタンジブルテーブルトップインタフェースとその基礎技術の開発、及び統計的に処理した実験データの研究論文等への掲載以外には使用しません。さらに、別途被験者の了解を得た場合を除き、各被験者のデータは個人特定がされない形態（符号や数字などで識別される）での公表となります。被験者は、担当者に実験データの内容及び取り扱い状況について問い合わせることができます。

十 個人情報の取扱い

住所、氏名、性別、年齢などの個人情報は論文やメディアでは公表しません。顔写真などは承諾が得られた場合においてのみ公表する場合があります。個人情報と実験データは分離して保存します。これにより実験データが紛失したとしても、実験データがどの被験者から取得されたものであるかの特定が困難となります。個人情報を記入した同意書等の紙媒体は施錠して保存します。実験責任者の所属部門長を個人情報管理者とします。

十一 実験により得られたデータの取扱い及び公表の方法

計測により取得した実験データは、“九 被験者の権利及び人権擁護への配慮”でも述べましたように、別途被験者の了解を得た場合を除き、実験目的であるウェアラブルまたはタンジブルテーブルトップインタフェースとその基礎技術の開発、及び統計的に処理した実験データの研究論文等への掲載以外には使用しません。なお、別途被験者の了解を得た場合は、本実験風景を撮影した写真や映像・音声を含め、公開させていただくことがあります。

十二 被験者からの苦情を受け付ける担当部署及び連絡方法

〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2
独立行政法人 産業技術総合研究所 情報技術研究部門

蔵田 武志
電話：029-861-5789 ファックス：029-862-6513
電子メール：t.kurata@aist.go.jp

または、

第2研究業務推進室 安全担当：島田静夫
電話：029-861-5346
電子メール：lifescience-c2@m.aist.go.jp

十三 その他説明に必要な事項
特になし。

十四 被験者から呼気、涙液、唾液、汗又は尿を採取する実験に関する事項
該当なし。

- イ 採取試料名
- ロ 試料の採取方法
- ハ 試料を用いた実験の内容
- ニ 実験終了後の試料の取扱い
- ホ その他必要な事項

付録1.2.同意書

申請番号 2006-A-020-1

同意書

私は、人間工学実験「遠隔作業支援のためのセンサ及びインタフェースの評価」および上記文書について事前に送付された文書および口頭にて蔵田武志、大隈隆史、または興梠正克から十分な説明を受け、理解した上で実験に協力することに同意します。

年 月 日

氏名

生年月日 年 月 日()才

住所

電話番号

緊急時の連絡先電話番号

署名(本人または保護者)

付録1.3.写真及びビデオ公表についての承諾書

申請番号 2006-A-020-1

写真及びビデオ公表についての承諾書

実験責任者

〇〇 殿

私は「 課題名 」について 実験の様子を記録したビデオを下記の場にて公表することに同意いたします。

記録ビデオ、写真の公表を承諾する場※

1. 学会等，研究発表の場で公表することを
(承諾します ・ 承諾しません) .
2. メディア等，一般の場で公表することを
(承諾します ・ 承諾しません) .

平成 年 月 日 署名 (本人または保護者)

※ 上記 () 内の「承諾します・承諾しません」いずれかを○で囲んでください。

付録2 . Flash コンテンツ

付録2.1. スタート画面

KEIRIN

財団法人 日本自転車普及協会

JSF

財団法人 日本科学技術振興財団

科学技術館ナビゲーション 実験コンテンツ

START

この実験では **AIST** 産総研のパーソナルポジショニングシステム、PlaceEngine (ソニーコンピュータサイエンス研究所)、Google Earth を利用しています。

KEIRIN この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

[http:// keirin. jp](http://keirin.jp)



付録2.2. ボタン



付録2.3. 共通説明

<p>バッテリー交換のため、 ナビにしたがってください。</p>	<p>あと10分で次にご紹介する ワークショップが始まります。</p>	<p>これから次にご紹介する 展示室に向かいます。</p>
--------------------------------------	---	-----------------------------------

付録2.4. 時間が決められているワークショップや展示の説明

<p>2D アトモス</p> <p>アトモシアター</p>  <p>球形ドーム「アトモドーム」では、放射線や原子に関するデモンストレーションを行います。 注*平日は5回開催となります。(※の時間は実施しません)</p> <p>◆開催時間: 9時50分、10時30分※、11時、12時40分※、13時40分、14時40分、15時40分の9回</p>	<p>3C デンキファクトリー</p> <p>ワークショップ</p>  <p>実験ショーや実験工作教室に参加して、実験名人になってください。「磁石と電気と力」など科学技術館でしか見られないユニークな実験もあります。</p> <p>◆開催時間: 10時30分、11時30分、14時30分、15時30分の4回</p>	<p>3E みんなのくるま(自動車)</p> <p>ワークショップ</p>  <p>月に2回程度、日曜日に自動車模型の工作教室を開催します。 ◆対象: 小学3年生～中学3年生</p> <p>◆開催時間: 1回目 10時～12時、2回目 13時30分～15時30分</p>
<p>3F ガスクエスト</p> <p>ワークショップ</p>  <p>冷熱実験・炎色反応・燃焼実験・燃料電池など、気体の性質や燃焼に関わるいろいろな実験・演示を行います。</p> <p>◆開催時間: 10時30分、11時30分、13時30分、14時30分、15時30分の5回</p>	<p>4B ユニバース</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>ここで上映されるショートフィルムは、本物のコンピュータシミュレーションを用いて、さまざまな現象をわかりやすく解説しています。</p> <p>2002年に立体視が可能な400インチスクリーンを設置。毎週土曜日に行なう科学ライブショーでは3D映像もあります。また、月に2回、アメリカの天文台とのライブ天体観測を実施しています。</p>	<p>4F NEDO</p> <p>ロボットファクトリー (3) コミュニケーション・ボット</p>  <p>タッチステージ・パペロ…かわいなおしゃべりロボットと会話を演じるデモンストレーションです。</p> <p>◆開催時間: 10時30分、11時30分、13時30分、15時30分の4回</p>
<p>4F 建設館</p> <p>ワークショップ</p>  <p>震度7までの地震体験と免震装置のしくみを体験することができます。</p> <p>◆開催時間: 10時10分、11時10分、13時10分、14時10分、15時10分の5回</p>	<p>5I ワークス</p> <p>科学教室</p>  <p>科学の不思議に出会ういろいろな実験や工作教室を開催します。楽しい科学…静電気や空気砲など、身近な材料でいろいろな科学実験が楽しめます。</p> <p>◆開催時間: 10時15分、13時30分、15時30分の3回</p>	<p>5I ワークス</p> <p>科学教室</p>  <p>科学の不思議に出会ういろいろな実験や工作教室を開催します。超低温実験…液体窒素を使ってマイナス196度の世界を観察します。超低温の不思議な世界を確かめてみましょう。</p> <p>◆開催時間: 11時15分、14時30分の2回</p>

付録2.5.各展示室及び展示物の説明

<p>2D アトモス</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>半リッチの学者がモクリトスは、書物をどんどん開かしていくと、それ以上分府できない境にいきつくと考え、その前のごとをアトモスと名づけてきました。日本語では原子と書います。この展示室では、原子の世界や、原子核分裂時のエネルギーを利用した原子力について、体験しながら理解を深めましょう。</p>	<p>2E 北の丸サイクル</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>200年前に誕生した自転車は、さまざまな技術革新を経て、現在のようになりなりました。この展示室では、自転車が多くの力学的要素や革新的メカニズムの組み合わせの上に成り立っていることを体験できます。</p>	<p>2F 自転車広場</p> <p>インデックスステーション</p> <p>西欧貴族のお遊びに起源をたるとされる自転車の進化の歴史の中で、大きなターニングポイントとなった「乗用/アイデア」を親しみ深い形で解説します。サイクリングコースなど自転車情報について案内できます。</p>	<p>2F 自転車広場</p> <p>自転車技術史の変遷</p> <p>伝説の「セリフェール型」や自転車の始祖と書かれる「ドライジーネ型」、そして、現代自転車の原点である「セーフティ型」までを、技術的な視点を中心に、時代背景を織り交ぜながら実物展示しています。</p>
<p>2F 自転車広場</p> <p>自転車技術の変遷と歴史</p> <p>現代に至る自転車の歴史の流れを、写真やイラストを交えて年表にまとめました。また、日本の自転車の歴史を代表する主な機種、最新型のハイテク自転車を展示しています。</p>	<p>2F 自転車広場</p> <p>自転車部品の技術と発展</p> <p>自転車全体の分解展示をはじめ、自転車部品を「ブレーキ系」と、ギア・駆動機(「駆動系」)、「フレーム系」、「車輪系」の4つに分けて、それぞれの技術の変遷を紹介いたします。</p>	<p>2F 自転車広場</p> <p>競技用自転車の科学</p> <p>オリンピック競技でも使われるオンロード競技用のロードレーサー自転車や、オフロード競技用マウンテンバイクを展示しています。また、最新レーサーの優れた技術も紹介します。</p>	<p>2F 自転車広場</p> <p>体験! 電動アシスト自転車</p> <p>低速や長距離でもらくらく進む。電動アシスト自転車を体験できます。時速24km以上のスピードが出る。自動的のモーターの補助がなくなる仕組みになっていることも実演できます。</p>
<p>2F 自転車広場</p> <p>夢の自転車工房</p> <p>パソコンを使って、あなただけの夢のオリジナル自転車を完成させます。フレーム/ハンドル/タイヤ/ウェアを選択し、オリジナルの自転車づくりにチャレンジしましょう。</p>	<p>2F 自転車広場</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>手軽で便利、小回りのきく安全な乗り物「自転車」は、私たちの生活に欠かせない存在です。しかし、現在のカタチにたどり着くまでには、さまざまな技術的・改良がありました。(自転車広場)では、時代、時代の実物を展示して技術の変遷をわかりやすく伝えます。</p>	<p>2I サイエンスライブラリー</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>ここでは、自転車に関する情報、科学技術全般、実験観察などの情報を提供いたします。観察時間ゆでたら、いつでも科学実験・産業技術の設備を閲覧できますので、どうぞ、ご利用ください。</p>	<p>3C デンキファクトリー</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>この展示室には、さまざまな実験装置が並んでいます。電気の歴史を楽しく学ぶための体験型の展示と、先生が指導する実験ショーや実験工作教室といったワークショップを実施しています。電気のパワーや、電気の不思議を体感してください。</p>
<p>3D エレクトロホール(オーロラ・サイエンス)</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>アラスカやカナダ、北極といった北極に近い所や南極大陸などで夕方から明け方にかけて見られる自然現象をオーロラと呼びます。昔には観望しただけで、遠くにはぼんやりと動く様子。光のシンフォニーとも呼ばれています。この展示室では、オーロラ発生のメカニズムを科学的に解説します。</p>	<p>3E みんなのくるま(自動車)</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>約3万種の部品を使って「くるま」をつくる自動車産業には、あらゆる技術が凝縮されています。この展示室では、「環境と安全性」についての話題を中心に、新しい時代のくるまの姿と、そして技術とのかかわりについてお伝えしていきます。また、自動車情報づくり等のワークショップも開催します。</p>	<p>3F ガスクエスト</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>「ガスクエスト」の「クエスト」とは、「探求」という意味です。この展示室では、くガスのパワーや不思議さについて、ワークシートや実験体験、クイズを通して探求できるように工夫されています。さあ、ワークシートを持って、ガスの探求の旅に出かけましょう!</p>	<p>3G モーターズワールド</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>私たちの身近なところで、たくさん利用されているモーター。この展示室では、モーターがどうやって回転するのかといった基本原理や、モーターを使った工作などを紹介しています。また、モーターについてのいろいろな情報を体験できます。</p>
<p>4C 鉄の丸公園1丁目(鉄鋼)</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>鉄は私たちの暮らしに欠かせない素材で、地球の総重量の約30%を占めています。現代文明を支えてきた鉄鋼は、地球の環境を守る技術や、新しい利用法の開発で、未来を大きく開こうとしています。この展示室では、6年前の自分と人間の出会いから、鉄の未来までをたどる驚くべき鉄の世界に連れられます。</p>	<p>4B NEDO Future Scope —未来のカタチがここにある—</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>科学技術・産業情報は、未来を切りひらく私たちの手かざります。この展示室では、ロボットファクトリー、フューチャースタジオ、エネルギーシフトなどをはじめ、多岐なテクノ/ロジーが実現する「夢」を体験できるコーナーを開設しています。</p>	<p>4F 建設館</p> <p>展示室全体の紹介</p> <p>この展示室では、クレーンの操作や各種機械のしくみを体験して、音が快適な音響や、社会の発展を支えている「建設」に関する知識が身につきます。また、演習シミュレーションの体験実験などの実験装置などもありますから、ワークシートを見ながらぜひ体験してください。</p>	<p>4I-1 宇宙情報ライブラリー</p> <p>テーマパネル</p> <p>宇宙開発の意義について、4つの大きなテーマに沿ったパネルと、これからの宇宙開発についてカラーシミュレーションのイラストパネルでまとめています。</p>
<p>4I-1 宇宙情報ライブラリー</p> <p>ロケット(1) H-2ロケット模型</p> <p>真田屋で作られたH-2ロケットの1/30模型と打ち上げ映像を紹介しています。</p>	<p>4I-1 宇宙情報ライブラリー</p> <p>ロケット(2) 世界のロケット模型</p> <p>8台の世界各国で打ち上げられた代表的なロケットの模型を展示しています。また、それぞれの解説がアナウンスされます。</p>	<p>4I-1 宇宙情報ライブラリー</p> <p>人工衛星</p> <p>人工衛星の発展の歴史やその役割、利用分野についてパネルで解説しています。また、地球観測衛星が撮影した写真を使ったパソコン上の立体地球儀(アースビューア)を紹介しています。</p>	<p>4I-1 宇宙情報ライブラリー</p> <p>月・惑星探査</p> <p>探査探査機についてよくわかるコーナーです。探査探査機の種類や人工衛星と違いについてパネルで解説しています。</p>

<p>4I-1 宇宙情報ライブラリー</p> <p>宇宙開発データベース</p>  <p>宇宙開発に関するさまざまなデータベースについて検索ができます。また、「宇宙飛行士選抜ゲーム」や「宇宙開発Q&A」など、参加体験ができます。</p>	<p>4I-1 宇宙情報ライブラリー</p> <p>シミュレーションゲーム</p>  <p>最新のテクノロジーの宝庫である宇宙情報館の利用に関連した「マニピュレーター・シミュレーションゲーム」と、「宇宙実験シミュレーション」の2つのシミュレーションゲームを楽しめます。</p>	<p>4I-1 宇宙情報ライブラリー</p> <p>宇宙情報利用</p>  <p>人類の宇宙への歩みについて、パネルで解説しています。また、写真展、またの名もSSスーツと呼ばれる宇宙服を展示しています。</p>	<p>4I 宇宙情報ライブラリー</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>星空を見上げるとたくさん星のぼたぼた輝いています。新しい発見の可能性に満ちた宇宙は、私たちの好奇心を刺激してくれます。</p> <p>この展示室では、パネルやパソコンにより、宇宙開発に関する情報を提供します。</p>
<p>5B イリュージョンB</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>いつも見ているつもりでも、ちょっと見方を変えてみると、思いがけない発見があります。かっこいいジャンボのボースはこの形？小さな生き物の目線で多く、まわりはどのように見える？まわりのボースを使って遊んでみましょう。普段、あまり気にすることのない「見る」と「見る」の違いを探ってみましょう。</p>	<p>5C アクセス</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>この展示室には、数台のパソコンが置かれています。ここでは、科学情報館の各展示室の展示内容についての情報をはじめ、科学的な原理や仕組みについて文字、絵、音声、動画を駆使して分かりやすく解説しています。また、パソコンを楽しみながら遊べる新しい発見ができるコンテンツがあります。</p>	<p>5D メカ</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>たとえば時計を分解してみると、精巧につくられた歯車・ゼンマイ・バネ・ネジ等の基本的な機械要素が、複雑に組み合わさってできていることがわかります。この展示室には、基本的な機械要素や、それを応用した装置をたくさん用意しています。遊びながら操作することで、機械の働きや原理を体験的に理解しましょう。</p>	<p>5E オプト</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>美しく神秘的な自然現象、気象現象、色彩、影と光など、「光」に関する不思議は数えきれないほどあります。そして人間は、これらを巧みに利用しながら、実生活に役立ててきました。ここでは、光の基本的な原理や現象、性質、実用と応用を、さまざまな実験や観望を使ったデモンストレーションで楽しみながら探ることができます。</p>
<p>5F イリュージョンA</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>この展示室は、さまざまな現象を体験できる空間です。たとえば、ゆがんで見えたり、パズルがとれなかったり、目がくらむ回ったり、不思議な不思議な科学は、ほしほしと私たちの目と脳が、どんなことを感じ、判断し、体に命令を出しているのかを体験的に理解できます。</p>	<p>5H ゲノム</p> <p>祖先のDNA</p>  <p>「DNA」、「ゲノム」、「セントラルドグマ」について equal 地角で質問しました。その様子もビデオで観覧できます。さあ、みなさんほどのように感じているのでしょうか？</p>	<p>5H ゲノム</p> <p>東西選抜 (チートンマンダン)</p>  <p>「DNA」、「ゲノム」、「セントラルドグマ」について、楽しくわかりやすく演説で解説します。</p>	<p>5H ゲノム</p> <p>体感DNA (1) 新説55年分の文字</p>  <p>ヒト(人間)のひとりの細胞には46本の染色体があります。この染色体の構成には、染色体から読み取れる遺伝コードがプリントされています。その量は、新説55年分にも匹敵します。</p>
<p>5H ゲノム</p> <p>体感DNA (2) 色が100万倍になったら</p>  <p>ヒト(人間)の21番染色体にしまわれDNAを約100万倍に伸ばし、いったいどれくらい太く太く長くなるのでしょうか。このゲームの中にその答えがあります。</p>	<p>5H ゲノム</p> <p>体感DNA (3) 100兆分の1の確率に挑戦!</p>  <p>14ケタの数字がすべて同じになる確率は100兆分の1。その確率がどれくらい小さいか、この機械の14個のボタンを次々に押し、全部同じ数字で止めることに挑戦してみましょう。</p>	<p>5H ゲノム</p> <p>「セントラルドグマ」ホールサーカス</p>  <p>DNAはタンパク質をつくる仕事をします。そのしくみをセントラルドグマと呼んでいます。このコーナーでは、DNAからタンパク質ができるまでの流れ「セントラルドグマ」をホールサーカスで説明します。</p>	<p>5H ゲノム</p> <p>ワークショップ・カウンター</p>  <p>生命科学をテーマとしたワークショップや実験ショーを行います。定期的な開催ではありませんので、スケジュールを確認して参加してください。</p>
<p>5H ゲノム</p> <p>染色体観察用顕微鏡</p>  <p>顕微鏡の上にあるモニターで、ヒトの染色体を観察できます。私たちの命のもととなる染色体は、いったいどんなカタチをしているのでしょうか。見てみましょう。</p>	<p>5H ゲノム</p> <p>DNAパック</p>  <p>遺伝子を紙に染込ませて乾かした、DNAパックを展示しています。マウスの6万種類の遺伝子が200ページの本に収まっています。</p>	<p>5H ゲノム</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>DNAやゲノムという言葉を聞いたことがありますか？この展示室のテーマは、「生命科学」です。人間の体のことはもちろん、身の周りの動物や植物など生物を対象とする科学のことです。マンガの解説やゲーム感覚で理解できるコーナー、みんなに聞いたアンケートの結果などがあります。</p>	<p>5I ワークス</p> <p>展示室全体の紹介</p>  <p>科学館館内の展示物を生かして、ときには想像力を行う場所、それがここ、ワークスです。自分と身近な大きな実験装置の中心に、自分中心のものもあります。また、ここでは、いろいろな不思議に魅れる「科学教室」も人気です。</p>

付録3．おすすめ見学コース

付録3.1．おすすめ見学コースを複数用意した科学技術館のウェブサイト

The screenshot shows the website for the Science Museum (科学技術館). The header includes the museum's name in Japanese and English, along with navigation links for 'お問い合わせ' (Contact), 'ホーム' (Home), and 'サイトマップ' (Site Map). A secondary navigation bar offers options for '展示案内' (Exhibition Guide), '科学技術館について' (About the Museum), '料金・交通案内' (Fees and Transportation), and '団体見学案内・申込' (Group Visit Guide and Application).

The main content area is divided into three sections:

- おすすめ見学コース (Recommended Tour Courses):** This section provides an overview of the museum's tour offerings. It states that guided tours are not provided, but a 1-page brochure is available at the ticket counter. It describes the '見学モデルコース' (Viewing Model Course) and notes that the duration is average, with specific times for workshops and demonstrations. It encourages visitors to choose courses based on their interests and time.
- 団体見学向けコース (Group Visit Courses):** This section lists three specific courses: '小学校3・4年向けコース' (Elementary School 3-4th grade), '小学校5・6年向けコース' (Elementary School 5-6th grade), and '中学生向けコース' (Middle School).
- 個人見学向けコース (Individual Visit Courses):** This section lists seven courses: '90分全館体験コース' (90-minute full museum experience), '120分全館体験コース' (120-minute full museum experience), 'ご家族向け体験コース(小学校低学年のお子様と保護者)' (Family experience course for elementary school children and guardians), '科学の原理発見コース' (Science principle discovery), '生活の科学発見コース' (Science discovery in daily life), '最先端科学発見コース' (Cutting-edge science discovery), '環境の科学発見コース' (Environmental science discovery), and 'その他、各種体験コース' (Other various experience courses).

Each section includes a '↑ ページの上へ' (Back to top of page) link.

付録3.2. おすすめコースの1つとしてデータベースに入力した90分全館体験コースの内訳


科学技術館
か がく ぎ じゆつ かん

● お問い合わせ
● ホーム
● サイトマップ

科学技術館

★ ★ ★ ★ ★ SCIENCE MUSEUM ★ ★ ★ ★ ★

 展示案内
 科学技術館について
 料金・交通案内
 団体見学案内・申込

 **展示案内**

- スケジュール
- 展示概要
- フロア別案内
- おすすめ見学コース
 - 小学校3・4年向けコース
 - 小学校5・6年向けコース
 - 中学生向けコース
- **90分全館体験コース**
 - 120分全館体験コース
 - ご家族向け体験コース(小学校低学年のお子様と保護者)
 - 科学の原理発見コース
 - 生活の科学発見コース
 - 最先端科学発見コース
 - 環境の科学発見コース
 - 各種体験コース
- 展示修理・補修のお知らせ
- ワークショップ

90分全館体験コース

90分間で、全館を回るコースです。全室を90分間(1室あたり約4分)で巡ります。所要時間のかかるワークショップ等はありません。全館を巡って気に入った展示室がありましたら、あらためて見学時間をとって、体験してください。

まず最初にエスカレーターで5階まで行き、時計と逆回りに展示室を巡りながら、4階、3階に下りていきます。

展示室名	展示物	内容	所要時間
5階B室 イリュージョンB	ジャンピング・グランプリ	エスカレーターで5階に行くと正面左に見える展示です。かっこいいジャンプをしてみよう。	2分
5階F室 イリュージョンA	うずまきシリンダー、ゆらゆら廊下	私達は視覚などの知覚の働きをとおして身の回りの世界を感じ取っています。錯覚の体験をとおして視覚について考えてみよう。	4分
5階G室 オリエンテーリング	ストップモーションパフォーマー	十字に置かれた5台のモニターの前で体を動かしてみよう。モニターにどんな姿が映し出されるかな？	2分
5階E室 オプト	水レンズ、まじろしの名水	水の凸レンズでどんな像が見えるかな？光の性質を楽しみながら理解しよう。	6分
5階D室 メカ	君にも運べる	からだ全体を使って遊びながら、機械の働きや原理を体験してみよう。	8分
5階別館 ワークス	でっかいしゃまん玉	シャボン玉の中に入ると、外はどんなふうに見えるのかな？	4分
5階C室 アクセス	いはい、いはい、ばあ 等	簡単におもしろい顔を作れるソフト等を使って、パソコンに親しみます。	4分
5階H室 ゲノム	100兆分の1の確率に挑戦!	次々にボタンを押して全部同じ数字で止められますか？100兆分の1の確率に挑戦してみよう。	2分
4階F室 建設館	地震の力から建物をまもる(起震装置体験)	震度5のゆれを体験した後、免震装置をつけると、どの程度ゆれが軽減されるかを体験します。	6分
4階E室 NEDO Future Scope	ロボットファクトリー、エネルギーシティ	いろいろなロボットを見ます。また、将来のエネルギーについて考えてみましょう。	8分
4階別館			


 科学技術館
メールマガジン


 サイエンス友の会


 巡回展示物案内

- 個人情報の取扱について
- 取材窓口
- 他の科学館案内
- 科学の玉手箱
- みんなで調べよう『生き物調査』

財団法人
日本科学技術振興財団

科学技術館は日本科学技術振興財団が運営しています

4階E室 NEDO Future Scope	ロボットファクトリー、エネルギーシティ	いろいろなロボットを見ます。また、将来のエネルギーについて考えてみましょう。	8分
4階別館 宇宙情報ライブラリー	ロケット、宇宙環境利用	いろいろなロケットの模型や人類の宇宙の歩みについて紹介しています。	2分
4階別館 パソコン道場	パソコンソフト体験コーナー	さまざまなパソコンソフトを体験してみましょう。	2分
3階F室 ガスクエスト	ベルヌーイのボール、燃料電池の逆さマスク 等	ガス(気体)の性質や、天然ガスの利用で期待される燃料電池について体験します。	4分
3階E室 みんなのくるま(自動車)	ドライビング・シミュレーター	運転シミュレーションゲームで、自動車に親しみをもちます。	8分
3階D室 エレクトロホール・オーロラサイエンス	オーロラが発光する(オーロラ発生装置)	オーロラを人工的に発生させる装置で、オーロラを観察します。	2分
3階G-1室 モーターズワールド	まわしてみよう、モーター夢タウン	モーターの仕組みを理解して、モーターの回転力が直線往復運動などに変えられることを体験します。	2分
3階C室 デンキファクトリー	電気を流す、電気をつくる	電線に電気を流すと、どんなことが起きるかな?	4分
2階F室 自転車広場	自転車技術の変遷と歴史	自転車の歴史を技術的な視点から解説します。倒れにくい自転車、操作しやすい自転車がどのようにして作られてきたか見てみましょう。	2分
2階E室 北ノ丸サイクル	スポークシーソー、バトルライディング	シーソーに乗りながら、自転車のスポークについて考えてみましょう。また、後輪の大きさやギヤによる、自転車をこぐ脚の力の違いを体験します。	4分
2階D室 アトモス	ミクロのバーチャル実験室、X線ビュワー	立体CG映像で、原子力発電所の中をウォークスルーしたり、核分裂のしくみを見たりできます。	8分
2階別館 サイエンスライブラリー	サイエンス・ライブラリー	最後の展示室です。これまでの見学で興味をもったことについて調べてみましょう。	2分

↑ ページの上へ

↑ ページの上へ

付録４．アンケート用紙

被験者のみなさまへのアンケート

[ナビシステムに関する質問]

1. 3次元地図はわかりやすかったですか？

わかりにくい 1 2 3 4 5 6 7 わかりやすい

2. 展示物の静止画と音声による説明はわかりやすかったですか？

わかりにくい 1 2 3 4 5 6 7 わかりやすい

3. 表示されたルートに従いましたか？

従わなかった 1 2 3 4 5 6 7 従った

4. 画面に表示された案内先を、簡単にみつけられましたか？

難しかった 1 2 3 4 5 6 7 簡単だった

5. 画面に表示されている自分の位置と自分の立っている場所は簡単に対応がとれましたか？

難しかった 1 2 3 4 5 6 7 簡単だった

6. 画面に表示されたコンテンツはわかりやすかったですか？

わかりにくい 1 2 3 4 5 6 7 わかりやすい

7. 画面と展示物のどちらをよくみましたか？

画面 1 2 3 4 5 6 7 展示物

8. イベント開始10分前に表示される案内は便利に感じましたか？

感じなかった 1 2 3 4 5 6 7 感じた

9. ナビシステム自体は必要でしたか？

不必要 1 2 3 4 5 6 7 必要

10. ナビシステムだけでなく人間の説明員による説明やナビが必要と感じましたか？

不必要 1 2 3 4 5 6 7 必要

11. ナビシステムは邪魔でしたか？

邪魔 1 2 3 4 5 6 7 邪魔ではない

12. ナビシステムはまわりの人との会話の邪魔になりましたか？

邪魔 1 2 3 4 5 6 7 邪魔ではない

[HMD と “手にパソコンを持った場合” (ハンドヘルドタイプ) を比較して]

13. どちらの画面表示が見やすかったですか？

HMD 1 2 3 4 5 6 7 ハンドヘルドタイプ

14. どちらのほうが展示物を体験しやすかったですか？

HMD 1 2 3 4 5 6 7 ハンドヘルドタイプ

15. どちらのほうが展示物に集中できましたか？

HMD 1 2 3 4 5 6 7 ハンドヘルドタイプ

16. どちらのほうがディスプレイを頻繁に見ましたか？

HMD 1 2 3 4 5 6 7 ハンドヘルドタイプ

17. どちらのほうが疲れましたか？

HMD 1 2 3 4 5 6 7 ハンドヘルドタイプ

【フリーコメント】 将来的にナビシステムに望むことや、HMD とハンドヘルドタイプとの比較や、その他全体的なことについてのご感想やお気づきになった点がありましたら、ご記入ください。

氏名： _____

科学技術館に来た回数 _____ 回

以上、ご協力ありがとうございました。

ウェアラブル機器を使った科学館学習支援
システムに関する調査研究報告書

平成19年3月

発行 東京都千代田区北の丸公園2番1号
財団法人 日本科学技術振興財団
電話 03(3212)8484