

## ウェアラブル環境のためのイベント駆動型 ナビゲーションプラットフォームについて

宮前 雅一<sup>†</sup> 寺田 努<sup>††</sup> 岸野 泰恵<sup>†</sup> 塚本 昌彦<sup>†</sup> 西尾章治郎<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科

<sup>††</sup> 大阪大学サイバーメディアセンター

近年、計算機を常に身につけて持ち歩くウェアラブルコンピューティング環境が実現しつつあり、各種のセンサを用いて取得したユーザの状況をもとに自動的に計算機が情報を提示するナビゲーションシステムに対する期待が高まっている。そこで本稿では、ナビゲーションシステムに必要な要件を明らかにし、柔軟なシステムを容易に構築、運用できるイベント駆動型アプリケーションプラットフォームを提案する。構築したプラットフォームは、イベント駆動型ルールの集合で動作を記述するため、ユーザやデバイス構成に応じたシステムのカスタマイズが容易になる。また、本稿では構築したプロトタイプシステムを実際に運用することで、システムの評価を行った。提案システムを用いることで、ウェアラブル環境における高度なナビゲーションを容易に実現できる。

### On an Event-driven Navigation Platform for Wearable Computing Environments

Masakazu MIYAMAE<sup>†</sup> Tsutomu TERADA<sup>††</sup> Yasue KISHINO<sup>†</sup> Masahiko TSUKAMOTO<sup>†</sup> Shojiro NISHIO<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Grad. School of Info. Sci. and Tech., Osaka University

<sup>††</sup> Cybermedia Center, Osaka University

In recent years, a wearable computing environment becomes a reality, which is the environment that a user wears and uses his/her own computer wherever he/she goes. As a result, it attracts a lot of attention on navigation systems that provide various information according to users' situation. In this paper, we clarify the requirements of wearable navigation systems and propose an event-driven navigation platform to fulfill them. Since the behaviors of our platform are described in a set of event-driven rules, users can adopt a variety of attached devices and customize the system configurations. Moreover, we have developed a prototype of our system and made an experimental study for an evaluation of the system. Using our system, service providers can construct flexible wearable navigations easily.

## 1 はじめに

近年、マイクロエレクトロニクス技術の発展による計算機の小型化・軽量化に伴って、ウェアラブルコンピューティングに対する注目が高まっている。ウェアラブルコンピューティングとは、計算機をユーザが常に身につけて持ち運ぶコンピューティングの一形態であり、従来の計算機の利用形態と比較して次の3つの特徴をもつ [8]。

- ハンズフリー：計算機を身体に装着しているため、両手を使用せずに情報を参照できる。
- 常時オン：計算機は常に電源が入っており、使いたいときにすぐに使える。
- 生活密着：常に計算機を装着した状態で、日常生活を行う。

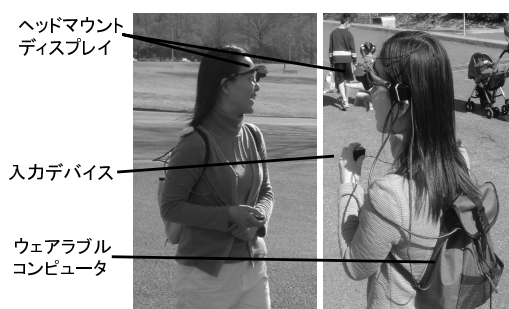


図 1: ウェアラブルコンピューティング

実際にウェアラブルコンピュータを利用している様子を図1に示す。この図では、ユーザは計算機をリュックに入れて持ち運び、装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) を用いて情報を閲覧している。ウエ

アラブルコンピューティング環境では、常時オン・生活密着という特徴により、計算機はGPSや地磁気センサなど各種のセンサを用いてユーザの位置や向いている方角といった状況を常時把握し、適切な情報を提供できる。また、ハンズフリーという特徴により、ユーザは行動を制限されることなく情報を閲覧できる。

このようなウェアラブルコンピュータの特徴を最も活かすアプリケーションの1つは、博物館の展示案内や道案内などのナビゲーションシステムである。ウェアラブル環境においてナビゲーションを行う場合、ユーザはすでに自分の計算機を装着しているため、従来のようにPDAなどの機材を貸し出すのではなく、コンテンツを配信してユーザの計算機上でナビゲーションを行う必要がある。このようなナビゲーションを実現するためには、さまざまな施設で統一した形式で情報配信を行うこと、およびその情報を処理するためのナビゲーションプラットフォームが求められる。また、ウェアラブル環境ではユーザによって計算機に接続しているデバイスの構成が異なるため、多様なデバイス構成に柔軟に対応する機構も必要となる。

そこで、本研究ではウェアラブルコンピューティング環境におけるナビゲーションのためのプラットフォームを提案する。提案するプラットフォームを用いることで、サービス提供者は柔軟なナビゲーションコンテンツを容易に作成、運用できるようになる。また、本研究では実際にナビゲーションプラットフォームを実装し、利用実験を行うことで提案システムの有効性を検証する。

以下、2章でウェアラブル環境におけるナビゲーションについて説明し、3章でシステムの設計を行う。4章で提案システムの実装および実装したシステムを用いて作成したナビゲーションの例について述べ、5章で関連研究について述べる。最後に6章でまとめを行う。

## 2 ウェアラブル環境におけるナビゲーション

### 2.1 ウェアラブルナビゲーション

本研究では、ウェアラブル環境におけるナビゲーションをウェアラブルナビゲーションと呼び、「あらかじめ定義されたシーンにユーザが入ったときに、対応づけられたコンテンツを提示する」サービスを提供するものと定義する。シーンは、交差点や看板などコンテンツを提示したい場所ごとに存在する。例えば、ユーザ

が看板の近くで看板の方を向いているときに音声で案内を流す、交差点に立ったときに装着したHMD上に順路を矢印で提示する、博物館で展示物を見ながら端末のボタンを押すと説明ビデオを携帯ディスプレイ上に表示する、といったサービスはそれぞれ1つのシーンを形成する。ウェアラブルナビゲーションはこのようなシーンの集合として表現される。

### 2.2 ナビゲーションエンジン

ナビゲーションエンジンは、ユーザにウェアラブルナビゲーションサービスを提供し、以下の3つの性質を備えるシステムであると定義する。

- 能動性：位置や状況に応じて能動的に情報を提示する。
- デバイス柔軟性：装着デバイスの多様性を許容する。
- カスタマイズ性：ユーザが望む形で情報を提示する。

ウェアラブルコンピュータは常に稼働しており、ユーザはHMDやヘッドフォンによっていつでも情報を閲覧できる状態にある。したがって、ナビゲーションエンジンはユーザからの情報要求に応えるだけでなく、ユーザの位置や状況の変化に応じて自動的に情報を提示する能動性が必要となる。また、ウェアラブルコンピュータは使用するユーザにあわせてカスタマイズされているため、そのデバイス構成もさまざまである。例えば位置取得デバイスだけでも、GPSを用いているユーザ、RFIDリーダを用いて簡易的に位置を取得しているユーザ、デバイスをもたないユーザ、地磁気センサをもち位置に加えて方向も取得できるユーザなど多様である。ナビゲーションエンジンにはそのようなデバイスの多様性を許容するデバイス柔軟性が必要となる。さらに、出力デバイスも多様であるため、コンテンツをどの出力デバイスで提示するかをカスタマイズできる必要がある。例えば、音声出力デバイスとしてスピーカとヘッドフォンをもっているユーザに対して音声コンテンツを出力する場合、ユーザの要求に応じてどちらに出力するかを決定できるカスタマイズ性が必要になる。

### 2.3 ナビゲーションの手順

ナビゲーションエンジンが提供するウェアラブルナビゲーションサービスは図2に示す手順で実行される。まず、ユーザからの入力や、位置・方向などの変化に応じて、対応するシーンが存在するかどうかを検索する。対応するシーンがあった場合、ユーザの計算機のデバ

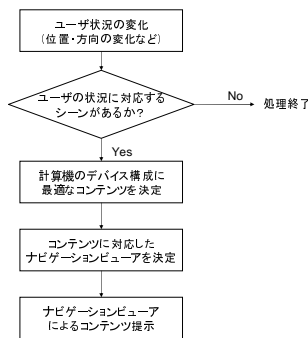


図 2: ナビゲーションの流れ

イス構成に応じて、提示すべき最適なコンテンツを選択する。デバイス構成と提示するコンテンツの関係はシーンごとにシーン作成者が記述しておくものとする。例えば、ある交差点での道案内においてシーン作成者が「音声案内」「矢印を表示」「音声付ビデオで案内」の3種類のコンテンツを作成していた場合、映像出力デバイスと音声出力デバイスの両方を備えていれば「音声付ビデオで案内」を選択し、どちらか片方しかない場合はそれぞれ対応するコンテンツを選択する、といった設定が可能である。コンテンツが選択された後、実際にどのナビゲーションビューを用いてコンテンツを提示するかを決定する。ナビゲーションビューとは、ブラウザやメディアプレーヤ、地図ビューアなどコンテンツを提示するソフトウェアおよびハードウェアの総称である。例えば提示するコンテンツが画像であった場合、画像をブラウザで表示したいユーザもいれば、専用のビューアで表示したいユーザもいると考えられる。そこでナビゲーションエンジンでは、コンテンツの種類ごとに提示するナビゲーションビューを選択できるようにする。このように、提示コンテンツの決定部分とコンテンツを提示するビューアを選択部分を分離し、独自に対応関係を設定できるようにすることでデバイス柔軟性およびカスタマイズ性を実現している。

### 3 設計

ナビゲーションエンジンは筆者らが提案しているウェアラブルコンピューティングのためのルールエンジン A-WEAR[4] を基盤として用いる。A-WEAR は、状況の変化に対する処理をイベント駆動型ルールで記述できるため、能動性を満たすシステムを構築できる。また、ルールを追加・削除することでシステムの動作を

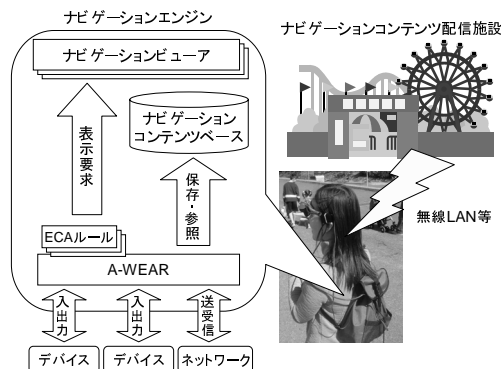


図 3: ナビゲーションエンジンのシステム構成

```

DEFINE Rule-ID
  [IN List-of-belonging-groups]
  [FOR Scope]
  [VAR Variable-name AS Variable-type]*
WHEN Event-type [ ( Target-of-event) ]
IF Conditions
THEN DO Actions
  
```

図 4: A-WEAR の ECA ルール記述構文

カスタマイズでき、プラグインの追加によりさまざまなデバイスへの対応やシステムの機能拡張が行えるため、デバイス柔軟性およびカスタマイズ性を満たすシステムが実現できる。

ナビゲーションエンジンのシステム構成を図 3 に示す。ナビゲーションエンジンは、無線 LAN 等で受信したコンテンツを A-WEAR で処理してナビゲーションコンテンツベースに格納する。また、ナビゲーションエンジンは GPS などのデバイスからの入力をもとに表示するコンテンツを決定し、ナビゲーションビューにコンテンツの表示要求を行う。

以下、提案システムで基盤として用いる A-WEAR について詳細に説明し、次にシーンへの参加判定について述べる。その後、デバイス構成によるコンテンツの決定方法について説明し、ナビゲーションビューの決定方法について述べる。最後に、シーンの作成を支援するシーンエディタについて述べる。

#### 3.1 A-WEAR

A-WEAR は筆者らの研究グループで開発しているウェアラブル環境のためのルール処理エンジンである。A-WEAR の動作は発生する事象 (イベント)、実行させるための条件 (コンディション)、イベントによって

表 1: プラグインの詳細

データベースプラグイン		
機能の種類	機能名	説明
EVENT	SELECT	データ参照
	INSERT	タプルの挿入
	DELETE	タプル削除
	UPDATE	タプル更新
ACTION	QUERY	データベース操作

共通プラグイン		
機能の種類	機能名	説明
EVENT	CMN_START	システム開始直後に発火
	CMN_TIMER	タイマの発火
ACTION	CMN_EVENT	任意のイベントを発生
	CMN_DISPLAY_MESSAGE	メッセージの表示
	CMN_SETTIMER	タイマの設定
	CMN_KILLTIMER	タイマの破棄
	CMN_ADDRULE	ルールの追加
	CMN_LOAD_PLUGIN	プラグインのロード
	CMN_UNLOAD_PLUGIN	プラグインのアンロード

システム情報取得プラグイン		
機能の種類	機能名	説明
EVENT	SYS_POWER_CHANGED	電源状態の変更
	SYS_ENUM_DEVICE	デバイスの列挙
ACTION	SYS_STANDBY	システムのスタンバイ
	SYS_ENUM_DEVICE	デバイスの列挙
	SYS_ENABLE_DEVICE	デバイスの有効化
	SYS_DISABLE_DEVICE	デバイスの無効化

ネットワークプラグイン		
機能の種類	機能名	説明
EVENT	NET_RECEIVE	データの受信
	NET_ENDFILERECEIVE	ファイルの受信完了
ACTION	NET_ENDFILESEND	ファイルの送信完了
	NET_UNICAST_SEND	データの送信
	NET_BROADCAST_SEND	データのブロードキャスト
	NET_FILE_SEND	ファイルの送信

現在位置取得 (GPS) プラグイン		
機能の種類	機能名	説明
EVENT	MOVE	現在位置の変更

方向取得 (モーションセンサ) プラグイン		
機能の種類	機能名	説明
EVENT	ROTATE	方向の変化
ACTION	SET_DEFAULT	センサの初期化

RFID プラグイン		
機能の種類	機能名	説明
EVENT	MOVE	タグによる移動検出
	DETECT	RFID タグを検出

発火する操作 (アクション) の 3 つの組からなる ECA ルールで記述する。A-WEAR で使用する ECA ルールの構文を図 4 に示す。Rule-ID は ECA ルールを一意に識別する ID を示す。Event-type はルールをトリガするイベント名を示す。Conditions はアクションを実行するための条件を示し、AND や OR 演算子を用いて、複数コンディション間の関係を記述できる。Actions には実行するアクション名と引数を指定する。イベントやアクションに記述できる内容は使用するプラグインによって定義される。プラグイン形式を採用したことで、新たなデバイスへの対応や機能拡張を行う際には対応するプラグインを作成するだけでよく、システム自体の修正を必要としない。

これまでに実装したプラグインの一部とその機能を表 1 に示す。EVENT はプラグインがシステムに提供するイベントを、ACTION はプラグインが提供するア

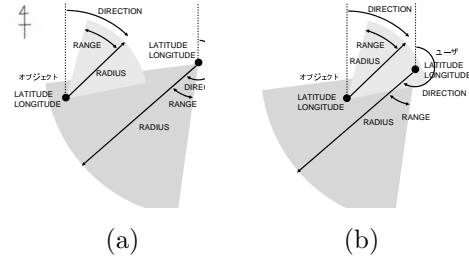


図 5: シーンへの参加判定

表 2: 各テーブルのスキーマ

位置テーブル	
属性名	説明
ID	位置を一意に識別する ID
LATITUDE	緯度
LONGITUDE	経度
DIRECTION	方角
RADIUS	半径
RANGE	角度の範囲

シーンテーブル	
属性名	説明
ID	シーンを一意に識別する ID
POS	シーンの位置を示す位置テーブルの ID
XML	シーンの詳細

クションを示す。

ナビゲーションで用いる位置取得デバイスや方向取得デバイスは、それぞれ同じイベントを発生させる。例えば、地磁気センサやジャイロセンサなど、方角を取得するデバイスが変化を検出した場合、どちらのデバイスを制御するプラグインも ROTATE イベントを発生させるため、共通のフォーマットで方位を取得できる。また、RFID で位置を取得する場合、RFID プラグインがネットワークを通して配信されたデータを用いて ID と緯度・経度のマッピングを行い、MOVE イベントを発生させる。

### 3.2 シーンへの参加判定

ウェアラブルナビゲーションでは、コンテンツ提示のトリガをシーンへの参加と定義した。提案システムでは、看板のように向きがある物体に対応できるように、ユーザの視界およびシーンの形を扇形で定義する。図 5 に示すように、ユーザおよびシーンは、緯度 (LATITUDE)・経度 (LONGITUDE)、方角 (DIRECTION)、角度 (RANGE)、距離 (RADIUS) からなる領域をもつ。ユーザとシーン双方がお互いの領域内に存在している場合にユーザがそのシーンにいると判断する。図 5(a) では、シーンの基点がユーザの領域内に存在している

```

DEFINE OnRotate
WHEN ROTATE
IF !CMN.IS_IN_BOUND[NEW.DIR, OLD.DIR, 10]
THEN DO DB_QUERY('SELECT * FROM PositionTable WHERE
LATITUDE > %GPS.LATITUDE% - RADIUS
AND LATITUDE < %GPS.LATITUDE% + RADIUS AND
LONGITUDE > %GPS.LONGITUDE% - RADIUS
AND LONGITUDE < %GPS.LONGITUDE% + RADIUS')

DEFINE OnMove
WHEN MOVE
IF !CMN.IS_IN_BOUND[NEW.LONGITUDE, OLD.LONGITUDE, 0.001]
OR !CMN.IS_IN_BOUND[NEW.LATITUDE, OLD.LATITUDE, 0.001]
THEN DO DB_QUERY('SELECT * FROM PositionTable WHERE
LATITUDE > %NEW.LATITUDE% - RADIUS
AND LATITUDE < %NEW.LATITUDE% + RADIUS AND
LONGITUDE > %NEW.LONGITUDE% - RADIUS
AND LONGITUDE < %NEW.LONGITUDE% + RADIUS')

DEFINE CheckPosition
WHEN DB_SELECT(PositionTable)
IF ?CMN.IS_OBJECT_VISIBLE(GPS.LONGITUDE, GPS.LATITUDE,
0.05, DIR.ALPHA_NORTH, 60, NEW.LONGITUDE, NEW.LATITUDE,
NEW.RADIUS, NEW.DIRECTION, NEW.RANGE)
THEN DO DB_QUERY('SELECT * FROM SceneTable
WHERE POS = %NEW.ID%')

DEFINE DoNavigation
WHEN DB_SELECT(SceneTable)
THEN DO CMN_ALERT(' シーン%NEW.ID%にあります')

```

図 6: シーンを判定するルール

が、ユーザの基点がシーンの領域に含まれていないため、ユーザはそのシーンにいないと判定される。一方、図 5(b) ではシーンとユーザの基点がお互いの領域内に存在しているため、シーン内にいると判断される。

ナビゲーションエンジンは、表形式でナビゲーションコンテンツベースに格納された各シーンの情報を利用する。ナビゲーションコンテンツベースは、位置情報とシーン情報を位置テーブルとシーンテーブルにそれぞれ格納している。各テーブルのスキーマを表 2 に示す。シーンテーブルの POS 属性には、そのシーンの領域を示す位置テーブルのデータの ID を設定する。また、XML 属性にはユーザの計算機のデバイス構成と提示するコンテンツの組を XML 形式で格納する。XML 属性の詳細については次節で述べる。

A-WEAR を用いてシーン判定を行うルールを図 6 に示す。ルール *OnRotate* はユーザの向いている方向が 10 度以上変化した場合に、ルール *OnMove* はユーザの位置が 0.001 度以上変化した場合に付近にあるシーンを位置テーブルから検索する。ルール *CheckPosition* は、検索されたシーンの中で、提示すべきものをシーンテーブルから検索する。ルール *DoNavigation* は、検出されたシーン ID を表示する。

```

<CONTENTS DEVICE="BBBAABCCCC" TYPE="SOUND"
PARAM="FILE=http://192.168.0.1/navi01.wav" />
<CONTENTS DEVICE="ACCCCCCCCC" TYPE="WEBPAGE"
PARAM="URL=http://192.168.0.1/navi01.html" />

```

図 7: デバイス構成とコンテンツの対応関係の記述例

表 3: ビューアテーブルのスキーマ

属性名	説明
TYPE	コンテンツのタイプ
VIEWER	ビューアのアクション
PARAM	ビューアに渡すパラメータ

### 3.3 デバイス構成によるコンテンツの決定

ユーザのデバイス構成と対応するコンテンツの組は、シーンテーブルの XML 属性に記述する。ユーザのデバイス構成は、画像表示デバイス (HMD, 腕時計型などの小型ディスプレイ), 音声出力デバイス (ヘッドフォン, スピーカー), アクチュエータ (バイブレータ, ブザー, ライト) に対して、(A) ユーザの計算機に接続されている、(B) 接続されていない、(C) どちらでもよい、のいずれかを割り当てることで指定する。指定は、「画像表示デバイスがあるとき」といったジャンル指定や「スピーカがあるとき」といった個別指定が可能である。デバイス構成とコンテンツの内容を記述した XML の記述例を図 7 に示す。CONTENTS タグは 1 つのコンテンツを示し、DEVICE 属性にはデバイス構成の条件を記述する。先に記述されたコンテンツほど優先的に表示される。図のように、DEVICE 属性に BBBAABCCCC と記述した場合、ユーザが画像表示デバイスを接続しておらず (BBB), ヘッドホン装着しており (AAB), アクチュエータはあってもなくてもかまわない (CCCC) と解釈される。XML の TYPE 属性にはコンテンツの種類を記述し、その他にコンテンツの種類に応じた属性を記述する。

ナビゲーションエンジンは、計算機のデバイス構成と各コンテンツに記述されたデバイス構成を比較し、最適なコンテンツを決定する。

### 3.4 ナビゲーションビューアの決定

表示すべきコンテンツが決定すると、ナビゲーションエンジンは表 3 に示すビューアテーブルを用いてコンテンツを表示するナビゲーションビューアを決定する。ビューアを決定するルールを図 8 に示す。ビュー

```

DEFINE DecideViewer
WHEN DISPLAY_NAVIGATION
THEN DO CALL_VIEWER(
  DB.ViewerTable.VIEWER TYPE=%NEW.TYPE%,
  DB.ViewerTable.PARAM TYPE=%NEW.TYPE%, %NEW.PARAM%)

```

図 8: ビューアを決定するルール

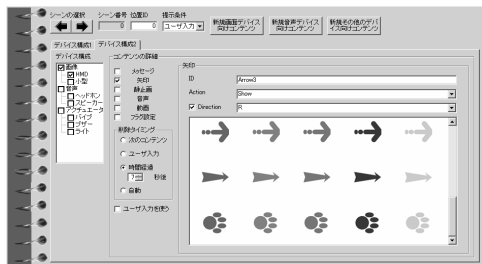


図 9: シーンエディタの表示例

アテーブルの TYPE 属性はコンテンツ内容を記述する XML 内の属性値であり, VIEWER 属性はナビゲーションビューアを特定するビューア名を示す. PARAM 属性はナビゲーションビューアへ渡すパラメータのフォーマットを示す. ナビゲーションエンジンに新たなナビゲーションビューアが追加されたときには, ビューアテーブルにタプルを追加することで対応できる. また, ユーザはビューアテーブルをカスタマイズしてコンテンツに対応付けられたビューアを変更できる.

### 3.5 シーンエディタ

ウェアラブルナビゲーションのコンテンツは, 柔軟なサービスを提供するために設定すべきパラメータが多い. そこで, コンテンツ作成の負荷を軽減するためにシーンエディタを構築する. シーンエディタの表示例を図 9 に示す. シーンエディタは, 表 2 に示す位置テーブルとシーンテーブルのデータを作成するためのエディタであり, 新たなデバイス構成への対応や, 提示するコンテンツの選択を容易に行える. また, コンテンツエディタは A-WEAR と連携して GPS や地磁気センサのデータを取得できるため, 作成したコンテンツの提示位置を現場に行きながらセンサの値を見ながら決定したり, 現場でコンテンツの表示位置と表示内容を同時に決定するなど, 実際の環境を見ながらコンテンツが作成できる. さらに, 提示条件を設定することで, ユーザが入力を行ったときや, 特定のフラグが ON のときにコンテンツを提示するといった条件を設定できる.



図 10: 万博公園システムの表示例

## 4 実装と実運用

### 4.1 システムの実装

本研究では, 3 章の設計に基づき, プロトタイプシステムを実装した. A-WEAR およびデータベースプラグイン, GPS プラグイン, 地磁気センサプラグインは既存のものを用いた. また, 共通プラグインには拡張を加え, ユーザとオブジェクトの領域判定を行えるようにした. プラグインの実装には Microsoft 社の Visual C++ .NET 2003 Enterprise Architect を用いた.

### 4.2 ナビゲーションコンテンツの作成例

実装したナビゲーションエンジンを用いて, ナビゲーションシステムを作成した. 以下, 構築したシステムについて述べる.

### 4.3 万博公園案内システム

大阪府吹田市の万博記念公園においてユーザに 1970 年の万国博覧会当時の様子を紹介するナビゲーションコンテンツを作成した. コンテンツの表示例を図 10 に示す. ユーザの位置取得には GPS と地磁気センサを用いる. ユーザはナビゲーションに従って公園内を散策し, 分岐点に到達すると道案内の矢印が提示され (図 10(a)), 万国博覧会時代にパピリオンが設置されていた位置 (現在は記念碑が置かれている) にさしかかるとパピリオンを紹介するコンテンツが自動的に再生される (図 10(b)). コンテンツは 60 個 (矢印が 19 個, クイズが 18 個, パピリオン解説が 23 個) 作成した. コンテンツは, 画像と文字, 音声で紹介する通常のコンテンツの他に, 盲人向けにコンテンツを音声のみで表現したコンテンツ, 聾啞者向けに手話ビデオを含んだコンテンツを作成した. 実際に提示されるコンテン



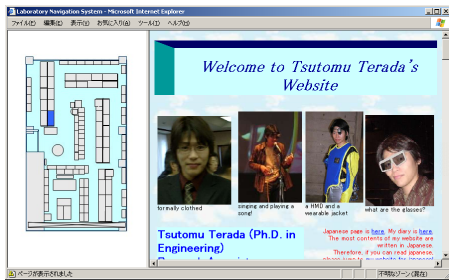


図 13: 博物館案内システムの利用



図 12: 研究室案内システムの利用

ツはユーザのウェアラブルコンピュータの機器構成によって自動的に選択され、画像出力デバイスと音声出力デバイスが接続されていれば通常のコンテンツ、音声出力デバイスのみが接続されていれば音声コンテンツ、画像出力デバイスのみが接続されていれば手話コンテンツが再生される。

ナビゲーションビューアは Macromedia 社の Flash MX で実装した専用のものを用いた。このナビゲーションビューアは、ナビゲーションコンテンツを表示する機能に加えて、ユーザからの要求があったときにユーザの向いている方向にあわせて現在地を地図で表示する機能（図 10(c)）や、3 択クイズを提示する機能（図 10(d)）をもっている。

作成したナビゲーションコンテンツは 2004 年 3 月 25 日に万博記念公園で開催されたサイバーコミュニケーション 2004[1] において実際に運用した。サイバーコミュニケーション 2004 は公園案内のバリアフリー化を目指す取り組みに関するシンポジウムで、講演と並行してナビゲーションシステムの実証実験を行った。体験者は、招待された身体障害者 20 人、公園を訪れた一般客やシンポジウム参加者約 80 人で、1 周 1 時間程度のナビゲーションを 6 時間にわたって行った。

#### 4.4 研究室案内システム

筆者らの所属する研究室において、訪問者に研究室の案内や研究者に関する情報を提示するナビゲーションコンテンツを作成した。コンテンツの表示例を図 11 に、研究室案内システムを利用している様子を図 12 に示す。屋内での位置取得に GPS を用いることは困難であるため、ユーザの位置取得には RFID タグとリーダを用いる。研究室の各所に RFID タグを設置し、研究室を訪問したユーザは RFID リーダをウェアラブルコンピュータに接続してコンテンツを利用する。ナビゲーションビューアとしては Web ブラウザを用いた。ユーザが身に着けた RFID リーダが RFID タグを発見するとその ID に対応した位置を取得し、研究室の入り口では研究室内の配置図の Web ページを、研究者の机であればその研究者の取り組んでいる研究内容の紹介の Web ページや研究者が席を外しているときには今どこにいるかを表示する Web ページを提示する。

#### 4.5 博物館案内システム

博物館や美術館において、利用者に展示品に関する情報を提示するナビゲーションコンテンツを作成した。博物館案内システムの利用イメージを図 13 に示す。ユーザの位置取得にはバーコードを用いる。博物館などに入館する際にバーコードリーダを貸し出し、ユーザが展示品に付与されたバーコードをリーダで読み取ると、その展示品に関する詳しい情報のコンテンツを提示する。博物館においては、ユーザの移動に応じて能動的にコンテンツを提示するとユーザの鑑賞の妨げとなる可能性があるため、バーコードを用いることで、ユーザが必要とする情報のみを求められたタイミングで提示できるようにした。ユーザの目は一般に展示品に注目していると考えられるため、コンテンツは MP3 プレーヤをナビゲーションビューアとして音声で提示される

としたが、ユーザが HMD を装着した場合はメディアプレーヤをナビゲーションビューアとしてムービーコンテンツが提示される。

## 5 関連研究

MARS[2], VizWear[3], 小田島らのシステム [5] など、ウェアラブルシステムに関する研究が数多く行われている。これらは、デバイスを固定して特定の機能に特化することで、HMD を通して見ている現実空間上に仮想オブジェクトやアノテーションを合成するといった高度な情報提示能力を備えている。これらのシステムは GPS や地磁気センサ、ジャイロセンサからの入力に応じて自動的に情報を提供するため能動性をもつが、利用するセンサが固定されており、ユーザによるカスタマイズも考慮されていないため、デバイス柔軟性およびカスタマイズ性を欠く。また、コンテンツ作成を容易にする方法に関しても考慮されていない。

地理情報システムを基盤とした情報配信に関する研究も行われている [7]。地理情報システム (GIS: Geographic Information Systems) とは、デジタル化された地図をベースに、さまざまな情報を付加して加工・分析し、人間にわかりやすい形にビジュアル化するシステムである。これらの研究では、さまざまな施設から放送されている地理情報を携帯端末を用いて受信し、ユーザのナビゲーションや交通情報の提示などさまざまなサービスを実現している。地理データのフォーマットは GML[6] 等が標準化されており、データ作成ツールを用いることでコンテンツを容易に作成できる。しかし、これらのデータ形式はウェアラブル環境における多様な出力デバイスに対応した柔軟な情報提示には適しておらず、またシステムは携帯端末を対象としているため、デバイス柔軟性やカスタマイズ性は考慮されていない。

## 6 まとめ

本研究では、ウェアラブル環境におけるイベント駆動型ナビゲーションプラットフォームを構築した。提案システムはイベント駆動型システム A-WEAR を用いることで能動的にユーザに情報を提示する。また、計算機のデバイス構成に応じてコンテンツを選択したり、提示方法をユーザにカスタマイズさせるなど、柔軟なナビゲーションを実現できる。さらに、センサデータをもとにコンテンツを作成できるシーンエディタを構築し、ナビゲーションコンテンツを容易に作成できる

ようにした。

実装したプロトタイプシステムは、万博記念公園での運用を含めいくつかのナビゲーションコンテンツに実際に利用し、その有効性を明らかにした。今後は、複雑なナビゲーションシナリオを実現する新たな言語およびエディタの提案を行い、多数のコンテンツを作成していく予定である。

## 謝辞

万博記念公園コンテンツの製作にあたり、ナビゲーションビューアを構築していただいたウェストユニティス社の平岡圭介氏および福田登仁氏に深謝する。本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」、科学研究費補助金 (基盤研究 (B)(2)) 「大規模な仮想空間システムを構築する放送型サイバースペースに関する研究」(プロジェクト番号:15300033) の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] サイバーコミュニケーション 2004 ホームページ, <http://www.teamtsukamoto.com/cyber2004/>.
- [2] Hollerer, T., Feiner, S., Terauchi, T., Rashid, G. and Hallaway, D.: Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System, *Computers and Graphics*, Vol. 23, No. 6, pp. 779–785 (1999).
- [3] Kurata, T., Okuma, T., Kouroggi, M., Kato, T. and Sakaue, K.: VizWear: Toward Human-Centered Interaction through Wearable Vision and Visualization, *PCM2001 in Beijing, China*, pp. 40–47 (2001).
- [4] Miyamae, M., Terada, T., Tsukamoto, M. and Nishio, S.: Design and Implementation of an Extensible Rule Processing System for Wearable Computing, *The First Annual Int'l Conference on Mobile and Ubiquitous Systems (MobiQuitous 2004)* (Aug. 2004, to appear).
- [5] 小田島太郎, 神原誠之, 横矢直和: 拡張現実感技術を用いた屋外型ウェアラブル注釈提示システム, 画像電子学会誌, Vol. 32, No. 6, pp. 832–840 (2003).
- [6] *OpenGIS Geography Markup Language(GML) Implementation Specification*, <http://www.opengis.org/docs/02-023r4.pdf>.
- [7] 寺田努, 塚本昌彦, 西尾章治郎: アクティブデータベースを用いた地理情報システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 11, pp. 3103–3113 (2000).
- [8] 塚本昌彦: モバイルコンピューティング, 岩波書店 (2000).