

卒業論文 2007年度(平成19年度)

InfoRod:

公共空間における「振る」動作を用いた
情報アクセス手法の提案

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

徳田 英幸

村井 純

楠本 博之

中村 修

高汐 一紀

重近 範行

湧川 隆次

Rodney D. Van Meter III

慶應義塾大学 環境情報学部

河田 恭兵

kyo@ht.sfc.keio.ac.jp

卒業論文要旨 2007 年度 (平成 19 年度)

InfoRod: 公共空間における「振る」動作を用いた情報アクセス手法の提案

論文要旨

現在、携帯電話を代表とするモバイル端末が広く世の中に普及している。モバイル端末の多くは、ネットワーク接続性を持つようになり、人々はさまざまな場所でネットワークに接続が出来るようになった。それにより、街中などの公共空間には、ポスターや看板などの情報媒体は関連したネットワーク上の情報の URL や QR コード [20] が記載されるようになり、その場でウェブページにアクセスを行うことが可能になった。本論文では、URL を入力したり、QR コードを撮影したりする方法を、実空間に存在する情報媒体を発見して情報アクセスを行うことから、実空間発見型情報アクセス手法と呼ぶ。ポスターや看板など公共物を対象とする場合、情報アクセスを行う場所や環境が毎回異なるので、実空間発見型情報アクセス手法は、変化する利用者の周りのさまざまな環境に対応し、情報アクセスを可能にする必要がある。

特に、都市部の駅前や繁華街などの多くの人が存在し、建物や道などが複雑に入り組んだ環境には、ポスターや看板など多くの情報媒体が存在する。このような環境では、情報媒体が遠距離にあった時、近づくことが困難である場面や、不可能である場面が多々ある。そのため、利用者と情報媒体の間に距離的制約を設けない手法が求められる。また、人通りの激しい場所では、立ち止まることが困難であったり、端末の画面に意識を集中させることは危険性を伴う。よって、このような環境では、利用者に立ち止まることや端末の画面を注視させることを強制させない手法が求められる。しかし、未だ上記に挙げた要件を満たした実空間発見型情報アクセス手法は確立されていない。

本研究では、都市部の駅前や繁華街などでも利用可能な端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod を提案する。InfoRod では、情報媒体に振る動作を記載し、利用者が情報媒体を見たその場で振る動作による情報アクセスをすることで、利用者と情報媒体との間の距離的制約を解消する。また、利用者は情報媒体に記載された振る動作を見て、端末に記載された通りに振るだけで情報アクセスを可能にするため、立ち止まることも、端末の画面を注視することも強制しない。

本論文では、振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod を提案し、実装を行う。最後に、提案した InfoRod に対して評価実験を行い、InfoRod の有用性を検証する。

キーワード

モバイル端末、情報アクセス、実世界指向インタフェース、ユビキタスコンピューティング、振る動作、公共空間

慶應義塾大学 環境情報学部

河田 恭兵

Abstract of Bachelor's Thesis Academic Year 2007

InfoRod: Swing motion based information access method in a public space

Summary

A mobile terminal is widely widespread to the world now. Many of mobile terminals had the network connectivity, and people came to be able to connect it with the network in various places. As a result, URL and the QR code such as posters and signboards came to be described in a public space. And, accessing the web page then and there became possible. In this thesis, the method of inputting URL, and taking a picture of the QR code is called a real space discovery type information access technique. The real space discovery type information access technique should enable the information access corresponding to various environments around the changed user.

Especially, a lot of people exist and a lot of information media such as posters and signboards exist crowded the station premises and around the station. However, it is difficult in such an environment to approach when there is far a poster. Therefore, the technique for not installing a distance restriction with the user between information media is requested in the real space discovery type information access technique. Moreover, difficult the halt, and concentrating consideration on the screen of the terminal are attended with danger in the place where traffic is violent. Therefore, it is preferable in such an environment not to allow the screen of the terminal to be compelled halting in the user and being made the gaze. However, the real space discovery type information access technique for filling the requirement has not been established.

In this research, it proposes InfoRod that is the information access technique that uses operation that shakes the terminal that can be used even by around the station and the downtown in the city part. In InfoRod, the operation shaken to information media is described, and information is accessed by the operation shaken in the place where the user saw information media. And, the distance restriction between the user and information media is canceled. Moreover, the user enables the information access only by shaking it as the shaken operation described to information media is seen, and the terminal was described. Therefore, the screen of the terminal is compelled neither halt nor to be gazed. In this thesis, InfoRod that is the information access technique that uses the shaken operation is proposed, and mounted. Finally, the evaluation experiment is conducted to proposed InfoRod, and the utility of InfoRod is verified.

Keywords

Mobile Device , Information Access, Real World Oriented Interface, Ubiquitous Computing , Swing Motion, Public Space

Keio University Faculty of Environment and Information Studies
Kyohei Kawada

目次

第 1 章	序論	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	2
1.3	本論文の構成	3
第 2 章	実空間発見型情報アクセス手法	5
2.1	情報アクセス手法	5
2.1.1	情報アクセスの概念	5
2.1.2	情報アクセス手法の持つ機能	7
2.2	情報アクセス手法の分類	8
2.2.1	仮想空間発見型情報アクセス手法	8
2.2.2	実空間発見型情報アクセス手法	8
2.3	既存の実空間発見型情報アクセス手法	8
2.3.1	2次元コードの撮影	9
2.3.2	URLの直接入力	10
2.3.3	空メールの送信	10
2.3.4	検索サイトの利用	10
2.3.5	OCRによる文字列認識	11
2.4	問題意識	11
2.5	機能要件	12
2.6	まとめ	13
第 3 章	InfoRod:振る動作を用いた情報アクセス手法	14
3.1	振る動作を用いた情報アクセス手法	14
3.1.1	既存の実空間発見型情報アクセス手法における問題の要因	14
3.1.2	InfoRodのアプローチ	15
3.2	InfoRodによる情報アクセスの流れ	16
3.2.1	管理者側の流れ	16
3.2.2	利用者側の流れ	17
3.3	振る動作における設計指針	18
3.4	先行研究	18
3.4.1	音のバーコード	19

3.4.2	Fractal Codes	19
3.4.3	Pick-and-Beam	20
3.4.4	携帯カメラ検索	21
3.4.5	objSampler	21
3.5	機能要件をもとにした比較	22
3.6	まとめ	23
第 4 章	InfoRod の設計	24
4.1	振る動作の設計	24
4.1.1	InfoCode の設計	24
4.1.2	コマンドの設計	25
4.1.3	振る動作における研究課題	26
4.2	対象管理の設計	27
4.3	フィードバックの設計	27
4.3.1	必要なフィードバック	27
4.3.2	音によるフードバック	28
4.3.3	振動によるフィードバック	28
4.4	InfoRod のシステム概要	28
4.5	利用者側アプリケーションの設計概要	28
4.5.1	ソフトウェア構成	29
4.5.2	ハードウェア構成	30
4.6	管理者側アプリケーションの設計概要	31
4.6.1	ソフトウェア構成	31
4.7	データベースの設計	32
4.8	InfoRod の動作概要	33
4.8.1	利用者側アプリケーションの動作概要	33
4.8.2	管理者側アプリケーションの動作概要	36
4.9	まとめ	36
第 5 章	InfoRod の実装	39
5.1	振る動作の解析	39
5.1.1	振る動作の解析手法	39
5.1.2	3 軸加速度センサ	39
5.1.3	振る動作における加速度の変化	40
5.2	利用者側アプリケーション	44
5.2.1	ハードウェア	44
5.2.2	ソフトウェアの実装	45
5.3	管理者側アプリケーション	48
5.3.1	ハードウェア	48
5.3.2	ソフトウェアの実装	48

5.4	まとめ	51
第6章	評価	52
6.1	評価実験の概要	52
6.1.1	実験環境	52
6.1.2	被験者	52
6.1.3	実験手順	53
6.1.4	評価用紙	54
6.1.5	評価結果	55
6.1.6	考察	57
6.2	幅広い年齢層を対象とした評価	59
6.2.1	実験環境	59
6.2.2	被験者	59
6.2.3	実験手順	60
6.2.4	アンケート項目	60
6.2.5	アンケート結果	61
6.2.6	考察	62
6.3	まとめ	62
第7章	結論	63
7.1	今後の展望	63
7.2	本論文のまとめ	64
参考文献		66

目次

1.1	携帯電話の普及率の推移	2
1.2	インターネット利用端末の種類	2
2.1	情報アクセスの概念図	6
2.2	実空間発見型情報アクセス手法の利用	9
2.3	QR コード	10
2.4	ビルに貼られた QR コード	10
3.1	InfoRod のシステム概要図	17
3.2	利用者側の流れ	17
3.3	音のバーコード	19
3.4	FractalCodes	20
3.5	Pick-and-Beam の利用例	20
3.6	携帯カメラ検索	21
3.7	objSampler	22
4.1	4 方向の InfoCode	25
4.2	8 方向の InfoCode	25
4.3	キャンセルコマンドの動作	26
4.4	決定コマンドの動作	26
4.5	利用者側アプリケーションにおけるソフトウェア構成図	30
4.6	利用者側アプリケーションにおけるハードウェア構成図	31
4.7	管理者アプリケーションにおけるソフトウェア構成図	32
4.8	InfoRod データベースにおける ER 図	33
4.9	動作解析層における動作概要図	34
4.10	情報取得層における動作概要図	35
4.11	対象特定層における動作概要図	35
4.12	インタフェース層における動作概要図	37
4.13	情報管理層における動作概要図	38
5.1	端末における 3 軸加速度の座標系	40
5.2	上方向に振る動作	41
5.3	上方向に振った時の加速度の変化	41

5.4	下方向に振る動作	41
5.5	下方向に振った時の加速度の変化	41
5.6	右方向に振る動作	42
5.7	右方向に振った時の加速度の変化	42
5.8	左方向に振る動作	43
5.9	左方向に振った時の加速度の変化	43
5.10	右斜め上方向に振った時の加速度の変化	44
5.11	D904i	45
5.12	ポスターに記載した InfoCode の例	45
5.13	利用者側アプリケーションの全体図	46
5.14	振り方向解析アルゴリズム	47
5.15	利用者側アプリケーションのスクリーンショット	48
5.16	管理者側アプリケーションのスクリーンショット	49
5.17	生成される XML の例	50
6.1	評価実験に用いたポスター	53
6.2	SFC Open Research Forum 2007 の様子	60

表目次

3.1	既存手法における機能要件の満足度	23
3.2	先行研究における機能要件の満足度	23
5.1	上下左右に振る動作における加速度の変化の特徴	43
5.2	斜めに振る動作における加速度の変化の特徴	44
5.3	管理者側アプリケーションの稼動環境	49
6.1	評価実験における被験者の性別分布	53
6.2	評価実験における被験者の年代分布	53
6.3	InfoRod:設問 1「振る動作が負担に感じたか」の回答結果	55
6.4	InfoRod:設問 3「意図した通りに認識出来たか」の回答結果	55
6.5	InfoRod:設問 4「コツが掴めるようになったか」の回答結果	55
6.6	InfoRod:設問 5「離れた場所からでも利用出来たか」の回答結果	55
6.7	InfoRod:設問 6「画面を見ることなく利用出来たか」の回答結果	55
6.8	InfoRod:設問 7「歩きながらの利用が出来たか」の回答結果	56
6.9	InfoRod:数値化した評価結果	56
6.10	InfoCode:設問 1「離れた場所からでも見やすいか」の回答結果	56
6.11	InfoCode:設問 2「すぐに理解出来るか」の回答結果	56
6.12	InfoCode:設問 3「見間違いがあったか」の回答結果	56
6.13	InfoCode:数値化した結果	56
6.14	実験手順 3 の評価結果	57
6.15	デモにおける被験者の性別分布	60
6.16	デモにおける被験者の年代分布	60
6.17	デモ:設問 1「振る動作に抵抗は感じたか」の回答結果	61
6.18	デモ:設問 2「街中で振る動作を行うことに抵抗を感じるか」の回答結果	61
6.19	デモ:設問 3「自分の振った通りに認識したか」の回答結果	61
6.20	デモ:設問 4「コツが掴めたか」の回答結果	61
6.21	デモにおける数値化した評価結果	62

第 1 章

序論

本章では、はじめに本論文における背景を述べる。ついで、本論文における目的と目的を達成する為の機能要件を説明する。最後に本論文の構成を示す。

1.1 本研究の背景

計算機の小型化により、携帯電話や PDA を代表とするモバイル端末が登場し生活の中に広く普及するようになった。図 1.1 は、総務省情報通信政策局の通信利用動向調査報告書世帯編 [24] で報告された携帯電話の普及率の推移のグラフである。グラフから分かるように、現在の日本国内における携帯電話の加入率は 90% 程であり、ほぼ国民 1 人につき携帯電話を 1 台持つまでになっている。また、モバイル端末の多くがネットワーク接続性を持つようになり、モバイル端末からのネットワーク接続が普及している。図 1.2 は、同じく総務省情報通信政策局の通信利用動向調査報告書世帯編で 2006 年に報告されたインターネット利用端末の種類の統計である。この関係図を見ると、携帯電話・PHS・携帯情報端末からのインターネットの利用者が PC からのインターネットの利用者を上回っていることが分かる。近年では、携帯電話だけでなく、ワンセグの受信チューナーを内蔵したカラー電子辞書や、インターネット接続が出来る携帯ゲーム機などこれまで単一の機能しか搭載されていなかったモバイル端末にさまざまな機能が付加され、ネットワーク接続性を持つようになっている。

ネットワーク接続性を持つモバイル端末の普及により、人々は自宅やオフィスなどの居住空間だけでなく駅や街中などの公共空間の様々な場所でネットワークへの接続が可能になった。これにより、街中などに貼られたポスターや、広告のちらし、商品のパッケージなど、実空間に存在するあらゆる情報媒体に関連した Web サイトの URL や QR コードが記載され、それらから各自のモバイル端末によってネットワーク上の情報にアクセスできるようになった。本論文では、街中のポスターなどの URL や QR コードからウェブページにアクセスするといった、実空間上の情報媒体からネットワーク上の情報にアクセスする手法を実空間発見型情報アクセス手法と定義する。

現在、実空間発見型情報アクセス手法として実際に利用されている手法は、前述したように、URL を直接入力する手法や、QR コードをカメラで撮影し、解析する手法などがある。しかし、モバイル端末は、携帯性を持つが故に、ディスプレイの小ささや、入力インタフェースが使いにくさなどの問題を抱えているため、URL を直接入力する方法は、利用者にかなり負担がかかる。QR コードはカメラを利用する必要性があるため、カメラを使用出来ない場所では利用出来ない。また、QR コードが記載された情報媒体が遠くにある場合はわざわざ近づかなければならない。特に、人が多く、建物や道が複雑に入り組んだ都市部の駅前や繁華街な

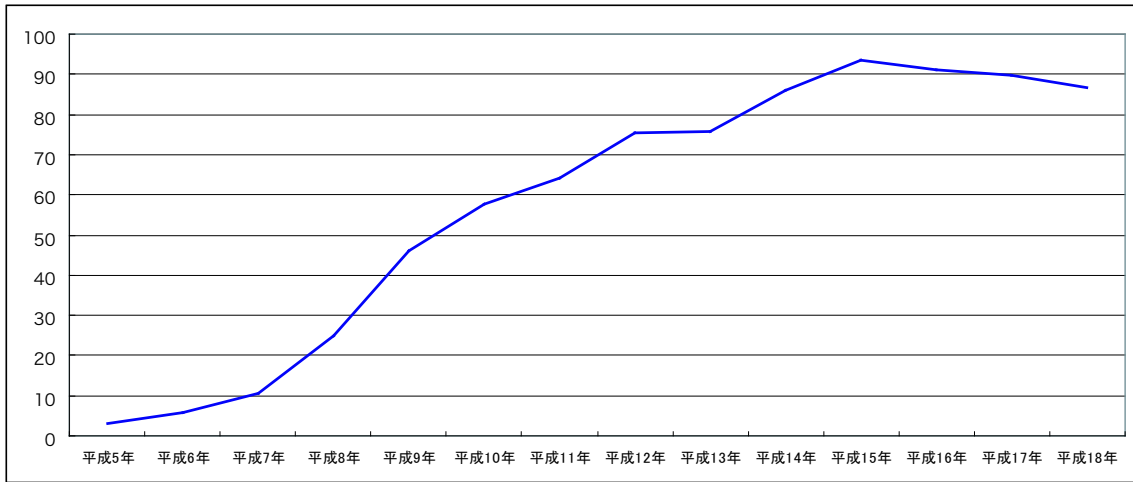


図 1.1 携帯電話の普及率の推移

どでは、QR コードなどの既存の手法を利用出来ないシーンが多々発生する。都市部の駅前や繁華街では、ポスターや看板、街頭ビジョンなどの情報媒体が数多くあるため、このような場所で利用できる実空間発見型情報アクセス手法の確立が望まれる。

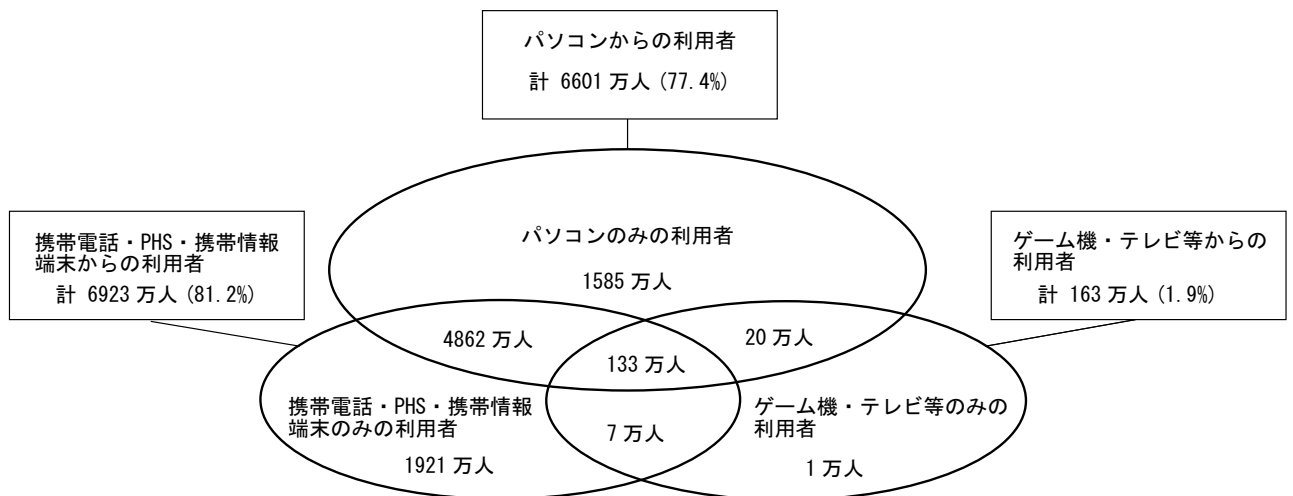


図 1.2 インターネット利用端末の種類

1.2 本研究の目的

本論文では、前述した都市部の駅前や繁華街などの公共空間における情報アクセス手法として、モバイル端末を振るという動作を用いた InfoRod を提案する。InfoRod では、公共空間に存在する広告ポスターなどの移動することのない情報媒体にモバイル端末の振り方を示したコードを記載し、それを見た利用者に記載されたコードと同じようにモバイル端末を振らせることでネットワーク上の情報へのアクセスを可能にする。これ

により、実空間上の情報媒体と利用者との距離的な制約が解消され、情報アクセス時に立ち止まる必要や、モバイル端末の画面を注視する必要がなくなる。InfoRod は、既存の手法では利用することが出来なかった公共空間のさまざまなシーンでの情報アクセスを可能にする。以下に、本研究の目的を達成するための機能要件と、その要件を解決するためのアプローチをまとめる。

距離的制約の解消

従来の情報アクセス手法のほとんどは、利用者と実空間上の情報媒体に距離的制約を設けていて、情報アクセスの可能な距離が予め決まっている。このため、情報媒体が遠くにある場合、利用者がわざわざ情報媒体に近づかなくてはならない。しかし、公共空間では利用者が情報媒体に近づけないシーンが多々発生する。この問題に対応するため、公共空間で用いられる情報アクセス手法には、利用者と実空間上の情報媒体との間に距離的な制約を設けない手法が求められる。距離的制約が解消されれば、利用者は実空間上で情報媒体を発見し情報アクセスを行う際に、わざわざ利用する情報アクセス手法のために自らの位置を移動する必要がなくなる。本論文で提案する振る動作を用いた情報アクセス手法では、情報媒体を利用者が発見した後に、その場で振るというアクションによる情報アクセスを可能にすることで実空間上の情報媒体と利用者との間に生じる距離的な制約を解消している。

強制的な歩行停止の排除

公共空間の混雑した場所では、人の流れがあるために利用者の思い通りに立ち止まれないシーンが多々存在する。混雑した駅構内などでは常に人の流れがあるため、人が急に立ち止まることは出来ない。情報アクセス時、利用者に立ち止まらせることを強制する情報アクセス手法では、このような場所で情報アクセスを行うことが出来ない。このため、公共空間で用いられる情報アクセス手法では、利用者に立ち止まることを強制させてはならない。本論文で提案する振る動作を用いた情報アクセス手法では、一目見ただけで理解出来る簡単な振り方の情報を実空間上の情報媒体に記載する。これにより、利用者は歩きながらでも、実空間上の情報媒体に記載された振る動作通りに端末を振ることで簡単に情報にアクセスすることが可能になる。

強制的な画面注視の排除

公共空間では、不特定多数の第三者が存在する可能性があり、また家などのプライベート空間とは異なり利用者は周囲の環境を完全に把握出来ていない。モバイル端末の多くは、携帯性を高めるために画面が小さいので、端末の画面を見ながら作業を行うと、意識が画面に集中してしまい、周囲への注意力が働かない。そのため公共空間において、画面を注視しながらの情報アクセスは人やモノにぶつかったりするなどの危険を伴う。よって、公共空間で用いられる情報アクセス手法では、画面を注視する必要性のないものが望まれる。本論文では、情報アクセスに端末を振る動作を用いることで、端末の画面を注視することのない情報アクセスを可能にする。

1.3 本論文の構成

本論文は、本章を含め全 8 章から成る。本章では、本論文における背景と問題意識、目的を述べた。第 2 章では、本論文における実空間発見型情報アクセス手法について整理する。そして、実空間発見型情報アクセス

手法における問題意識を洗い出し，機能要件を導く．第 3 章では，本論文における実空間発見型情報アクセス手法の機能要件を満たす端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod を提案する．また，実空間発見型情報アクセス手法の先行研究を紹介する．第 4 章では，振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod の設計について述べる．第 5 章では，InfoRod のプロトタイプ実装の概要を示し，実装の要点を述べる．第 6 章では，振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod の評価を行う．第 7 章では，本論文の結論と今後の展望について述べる．

第 2 章

実空間発見型情報アクセス手法

本章では、はじめに情報アクセスの概念について整理する。その後、本論文における情報アクセス手法を定義し、情報アクセス手法の持つ機能を述べる。ついで、情報アクセス手法を 2 つに分類し、本論文で提案する情報アクセス手法の位置づけである実空間発見型情報アクセス手法を説明する。つづけて、具体的なシナリオを挙げ、実空間発見型情報アクセス手法における問題意識を洗い出す。最後に、問題意識から実空間発見型情報アクセス手法の機能要件を導く。

2.1 情報アクセス手法

本節では、まず、本論文における情報アクセスについて述べ、情報アクセスの概念を整理する。ついで、整理した情報アクセスの概念から情報アクセス手法を定義し、情報アクセス手法のもつ機能を整理する。

2.1.1 情報アクセスの概念

情報という言葉は、多くの意味を持つ。友人との会話から得た知識や、雑誌に記載された文章、ネットワークからダウンロードした音楽データなどは全て情報と言うことが出来る。このように、情報という言葉は意味が広すぎるため、本論文では情報という言葉の意味をあらかじめ定義する。本論文では情報をネットワーク上に存在するコンピュータで扱うことが可能なデータという意味で用いる。具体的な例を挙げると Web サイトを構成する html ファイルや、画像ファイル、音楽ファイル、動画ファイルなどである。

よって、本論文における情報アクセスとは、利用者がこれらネットワーク上に存在する情報にアクセスを行うことである。ここでは、ネットワーク上に存在するデータを取得するだけでなく、送信するという意味も含める。図 2.1 に本論文における情報アクセスの概念図を示す。

情報アクセスの概念図から分かるように、情報アクセスはネットワーク上の情報、アプリケーション、情報アクセス手法、利用者の 4 つから構成される。ネットワーク上の情報は、利用者の情報アクセス対象である。アプリケーションは、情報アクセスの際に実際にネットワーク上の情報にアクセスするソフトウェアである。Firefox [8] や Internet Explorer [11] などのウェブブラウザが情報アクセスにおけるアプリケーションに分類される。そして、情報アクセス手法は、利用者とアプリケーションとの間にあり、利用者がネットワーク上の情報にアプリケーションからアクセスを行う際に、手助けをするインタフェースである。検索サイトの利用や QR コードの撮影は本論文における情報アクセス手法である。また、ポスターに記載された URL の直接入力

も情報アクセス手法に分類される。

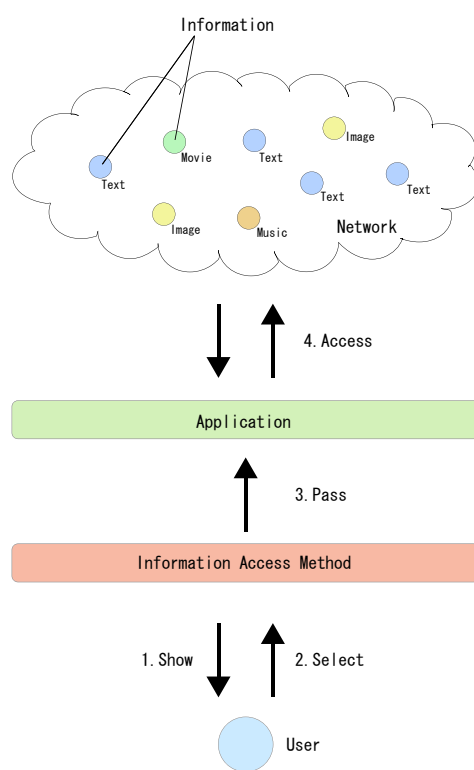


図 2.1 情報アクセスの概念図

一般的に、情報アクセスの手順は以下の手順で行われる。また図 2.1 には、以下の手順に対応した番号を記載する。

1. 情報アクセス手法によるネットワーク上の情報の提示
2. 利用者によるアクセス対象情報の選択
3. 情報アクセス手法によるアプリケーションへのネットワーク上の情報の一意 ID の受け渡し
4. アプリケーションによる各プロトコルでのネットワーク上の情報へのアクセス

例えば、Google [4] や Yahoo! [7] などの検索サイトを用いてウェブページを検索する場合は、検索サイトによる検索が情報アクセス手法に該当する。アプリケーションは Internet Explorer や Firefox などのウェブブラウザである。利用者が検索したキーワードの結果を、検索サイトが一覧で表示する。その一覧の中から利用者は 1 つのウェブサイトを選び、リンクをクリックする。リンクをクリックすると、ウェブブラウザがリンク先の URL に HTTP 通信を行い HTML ファイルや PHP ファイルなどを取得し、ブラウザ上に表示する。

QR コードによるウェブサイトのアクセスを例に挙げると、ポスターなどの実空間上の情報媒体に QR コードを記載することによって提示された情報を、利用者が QR コードをカメラで撮影することで選択を行う。撮影された QR コードを解析することで、URL を取得し、ウェブブラウザに送られる。

情報アクセスの手順から分かるように、情報アクセス手法は、1) 利用者にネットワーク上の情報を提示する

機能, 2) 利用者の選択を受け付ける機能, 3) 選択された情報の位置を取得する機能と 3 つ機能を持つ。そして本論文では, 情報アクセスにおける情報アクセス手法を, 「前述した 3 つの機能を持つ, 利用者がネットワーク上の情報にアプリケーションからアクセスを行う際に, 手助けをするインタフェースである」と定義する。

2.1.2 情報アクセス手法の持つ機能

前項で述べたように, 情報アクセス手法は情報を提示する機能, 利用者の選択を受け付ける機能, 選択された情報の位置を取得する機能と 3 つの機能を持っている。以下に情報アクセス手法の持つ 3 つの機能を説明する。

情報を提示する機能

本論文における情報アクセス手法には, 利用者にネットワーク上の情報を提示する機能を持つ必要がある。利用者にアクセスするネットワーク上の情報を選択させるために, あらかじめ選択可能な情報を利用者に知らせる必要がある。提示する手段はさまざまであり, ブラウザのお気に入り一覧も情報の提示であるし, 前述した検索サイトの検索結果の一覧も情報の提示である。また, 実空間上のポスターに記載された URL や, QR コードも情報アクセス手法の情報を提示する機能である。

利用者の選択を受け付ける機能

本論文における情報アクセス手法には, 利用者の選択を受け付ける機能を持つ必要がある。利用者に選択されることで, アクセスするネットワーク上の情報を特定する。ブラウザのお気に入りや, 検索サイトの検索結果一覧などは, アクセスしたいサイトをクリックすることが選択である。実空間上のポスターに記載された URL の場合は, ポスターを見た後にブラウザの URL 欄に URL を入力することが選択であり, QR コードの場合は, 記載された QR コードを携帯電話のカメラで撮影することが選択である。

選択された情報の一意 ID を受け渡す機能

本論文における情報アクセス手法には, 利用者の選択したネットワーク上の情報の一意 ID を取得し, アプリケーションに渡す機能が必要である。アプリケーションがネットワーク上の情報にアクセスするためにはネットワーク上での情報を一意に知る必要がある。そのため, 情報アクセス手法は, 利用者によって選択され特定したネットワーク上の情報の一意 ID を取得する。ネットワーク上のウェブページにアクセスする際には, 主に一意 ID として URL が利用される。例えばブラウザのお気に入りには, お気に入りの名前と URL が 1 つの組となっているため, クリックされたお気に入りの URL がブラウザに渡される。検索サイトの検索結果一覧は, 全て HTML のリンクとして表示されているのでクリックすると, ブラウザに URL が渡される。実空間上のポスターに記載された URL をブラウザに入力した選択は, この選択自体が既に URL を取得し, ブラウザに URL を渡す行為である。QR コードの場合は, 撮影された QR コードを QR コード解析アプリケーションによって解析することで URL を取得する。そして, 取得した URL は, ブラウザなどに渡される。

2.2 情報アクセス手法の分類

本論文では、情報アクセスを行う際に、そのアクセス対象の情報を仮想空間、実空間のどちらで発見したかで情報アクセスを仮想空間発見型情報アクセスと、実空間発見型情報アクセスの2つに分類する。それぞれの情報アクセスで利用する情報アクセス手法を仮想空間発見型情報アクセス手法、実空間発見型情報アクセス手法とする。以下に、それぞれの情報アクセス手法について説明する。

2.2.1 仮想空間発見型情報アクセス手法

仮想空間内、つまりコンピュータの中でアクセス対象の情報を利用者が発見する情報アクセスを本論文では、仮想空間発見型情報アクセスと呼ぶ。検索サイトを用いた Web サイトへのアクセスや、リンクによるアクセス、ブックマークからの選択によるアクセスなどがこの仮想空間発見型情報アクセスに分類される。そして、実空間での情報媒体関係のない検索サイトの利用や、ウェブページ内に配置されたリンク、ブラウザに登録された BookMark などは、本論文における仮想空間発見型情報アクセス手法に分類される。仮想空間発見型情報アクセス手法は、コンピュータ内における情報アクセスであることから、利用者の周りのさまざまな環境に対応する必要がない。

2.2.2 実空間発見型情報アクセス手法

実空間発見型情報アクセスは、ポスターや看板、ちらしなどの実空間の情報媒体をトリガーにしたネットワーク上に存在する情報へのアクセスである。街中に貼られたポスターに記載された URL を入力する手法や、QR コードを撮影して URL を取得する手法などを本論文では、実空間発見型情報アクセス手法とする。

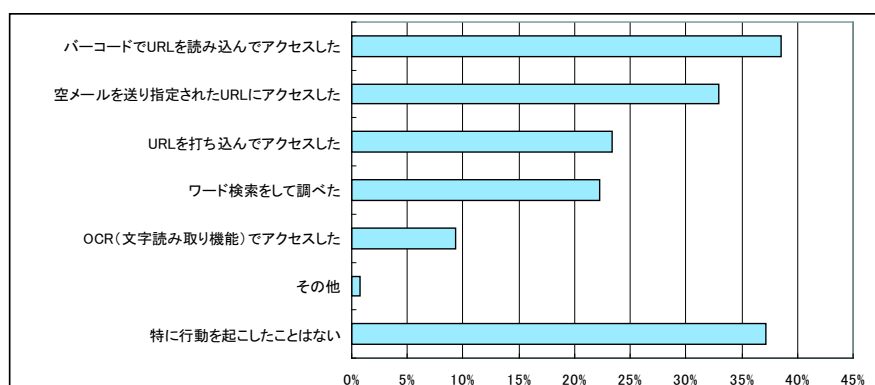
実空間発見型情報アクセスは、さらに情報アクセス対象の情報媒体が公共物であるか私物であるかで2つに分類出来る。対象となる情報媒体が公共物であるものは、街中にあるポスターや看板など公共空間に存在し、移動しないものがほとんどである。そして私物であるものは、利用者自身が所有していて、さらに移動可能であるものである。実空間発見型情報アクセス手法を用いた情報アクセスで、対象となる情報媒体が公共物である場合、公共空間に存在する移動しない情報媒体に対する情報アクセスとなるために、利用者の周りの環境は状況に応じて毎回異なる。実空間発見型情報アクセス手法では、利用者の周りのさまざまな環境に対応して、利用者負担をかけることなく情報アクセスを可能にする必要がある。しかし、未ださまざまなシーンで利用できる実空間発見型情報アクセス手法は確立されていない。

本論文では、実空間発見型情報アクセス手法において対象となる情報媒体が公共物である場合の問題点を解決する手法を提案する。そして以降での実空間発見型情報アクセス手法は、対象とする情報媒体が公共物であることを前提とする。

2.3 既存の実空間発見型情報アクセス手法

本節では、実空間発見型情報アクセス手法における現在の利用状況を説明する。図 2.2 は、japan.internet.com [18] が行ったモバイル調査での設問の1つである「今までに、外出中・移動中に目にした広告について、携帯を利用して、その場で具体的な行動を起こしたことがありますか。」に対しての結果を表すグラフである。この設問は、まさに本論文で述べた実空間発見型情報アクセス手法について、実際

に利用したことのある手法を質問したものである。図 2.2 をみると、「バーコードを URL で読み込んでアクセスした」と答えた人が 38.5% と最も多く、ついで、「空メールを送り指定された URL にアクセスした」と答えた人が 32.9%、「URL を打ち込んでアクセス」と答えた人が 23.3%、「ワード検索をして調べた」と答えた人が 22.2%、「OCR(文字読み取り機能)でアクセスした」と答えた人が 9.3% となっている。グラフを見ると、現在、実際に利用されている実空間発見型情報アクセス手法は前述した 5 つであることが分かる。また以下に、図 2.2 で答えられた 5 つの実空間発見型情報アクセス手法について説明する。



(2007/4/3～6 10代以上の利用者1,021人)
出展 japan.internet.com

図 2.2 実空間発見型情報アクセス手法の利用

2.3.1 2次元コードの撮影

2次元コードの撮影は、図 2.2 における「バーコードで URL を読み込んでアクセスした」にあたる。ポスターなどの情報媒体に記載された 2次元コードをカメラで撮影することで、アプリケーションが撮影された 2次元コードを解析し、URL を取得する方法である。日本ではデンソーの開発部門が開発した QR コードが最も普及している。図 2.3 に QR コードの例を示す。図 2.3 を見ると分かる通り、QR コードはバーコードに比べてとても複雑であり、最大 2,953 バイトの情報を埋め込むことが出来る。そのため、URL などの文字列自体を QR コードに埋め込むことが可能である。近年の携帯電話にはカメラが一般的に搭載されているため、携帯電話での利用が多い。本手法では、2次元コードをカメラで撮影するだけで URL を取得することが可能であるため、利用者が端末のキーによる文字の入力を行う必要はない。また、QR コードをポスターに記載する大きさによって、利用可能な距離が決まる。例えば、5cm 四方の大きさの QR コードは、カメラを QR コードに近づかなければ URL を取得することが出来ないが、図 2.4 のように QR コード自体を大きくすれば遠くからでも URL を取得することが可能である。また、現在のカメラは撮影する際、必ず音が出るように設計されているので静かな場所などでは利用しにくい場所が存在する。



図 2.3 QR コード

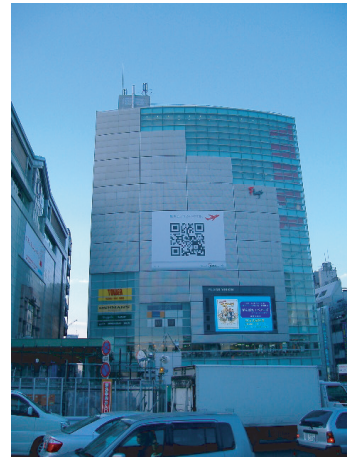


図 2.4 ビルに貼られた QR コード

2.3.2 URL の直接入力

URL の直接入力とは、図 2.2 における「URL を打ち込んでアクセスした」にあたる。ポスターなどの情報媒体に関連したネットワーク上の情報の URL を表記し、利用者が URL を端末に搭載されたウェブブラウザに直接入力する方法である。2 次元コードのようにカメラなどのデバイスを必要としないが、画面が小さく、文字入力インタフェースが依然成熟していないモバイル端末では、URL を直接入力する行為は利用者にとって負担が大きい。

2.3.3 空メールの送信

空メールの送信は、図 2.2 における「空メールを送り指定された URL にアクセスした」にあたる。空メールを送信することで URL が記載された返信メールを取得する手法である。情報媒体に記載されたメールアドレスに、空のメールを送信することで、利用者は情報媒体に関連するネットワーク上の情報の URL が記載されたメールを受信することが出来る。ネットワーク上の情報の URL が長い場合などに、この方法は有効である。しかし、URL の直接入力と同様に文字入力インタフェースが成熟していないモバイル端末では、利用者にとって負担が大きい。

2.3.4 検索サイトの利用

検索サイトの利用は、図 2.2 における「ワード検索をして調べた」にあたる。実空間上の情報媒体に表示されたキーワードを、Google や Yahoo! などの検索サイトで検索することによってウェブサイトへアクセスする手法である。検索サイトは、利用者があらかじめブックマークしていることが多く、入力する文字がキーワードなので、URL やメールアドレスに比べて入力する文字数も少ない。情報提供側が検索サイトと提携することで、特定のキーワードを検索することで直接サイトにアクセスすることも可能である。

また、本手法は、明示的に「 と検索」と情報媒体に記載していなくても、情報媒体からキーワードを推

測し、検索サイトを利用することが出来る。しかし、利用者が勝手にキーワードを推測する情報アクセスは、第 2.1.2 項で述べた情報を提示する機能が、情報提供者側で行われていないため、本論文での実空間発見型情報アクセス手法には該当しない。

2.3.5 OCR による文字列認識

OCR による文字列認識は、図 2.2 における「OCR(文字読み取り機能)でアクセスした」にあたる。情報媒体に記載されたネットワーク上の URL をモバイル端末の OCR 機能によって読み込む手法である。携帯端末に搭載されたカメラで URL を撮影することで OCR 機能が記載された URL の文字列を自動的に解析する。利用者はモバイル端末のキーを入力することなく、記載された URL をカメラで撮影するだけで、URL を取得することが出来る。

2.4 問題意識

本節では、前述した実空間発見型情報アクセス手法において、本論文で想定する都市部の駅前や繁華街で起こりうる 3 つのシナリオを述べる。その後、3 つのシナリオを基に既存の実空間発見型情報アクセス手法の問題意識を洗い出す。

実空間発見型情報アクセス手法では、主にポスターや看板、街頭ビジョンなどの実空間上に存在する情報媒体からネットワーク上の情報にアクセスを行う。これらの情報媒体は、都市部の駅前や繁華街など、多くの人が存在し、建物や道などが複雑に入り組んでいる環境に多く存在している。第 2.2.2 項で述べたように、実空間発見型情報アクセス手法では、情報アクセスを行う場所が毎回異なるため、利用者の周りのさまざまな環境に対応する必要がある。特に多くの情報媒体が存在する都市部の駅前や繁華街などで利用できる実空間発見型情報アクセス手法が望まれるが、このような場所で情報アクセスを行うには、さまざまな問題が発生する。以下に、本論文で想定する都市部の駅前や繁華街などで起こりうるシナリオを挙げ、問題意識を洗い出す。

シナリオ 1：空間的制約

大学生の K 君は大学に行くため、駅のホームで電車を待っていた。ふと反対側のホームを見ると、壁に貼ってあるアルバイト場集のポスターを見つけた。詳しい情報を知りたいので、お店のウェブサイトにはアクセスしたいと思ったが、ポスターには QR コードしか記載されていなかった。QR コードをカメラで撮影するためには、反対側のホームのホームに行く必要がある。わざわざ階段を昇り降りするのが面倒だと思った K 君は、お店のウェブサイトにはアクセスすることを諦めて電車を待つことにした。

シナリオ 2：人通り

K 君は友人と都内で会う用事があるため、電車に乗って待ち合わせの場所向かった。途中、乗換えのために電車を降り、乗り換え先のホームまで駅構内の通路を歩いていた。平日の朝だったので、通路はとても混雑している。K 君は通路を歩いていると、また気になるポスターを見つけた。ポスターには QR コードが記載されていたが、通路内は人通りが激しいため立ち止まることが出来ない。K 君は、またポスターの Web サイトにはアクセスすることを諦めてしまった。

シナリオ 3：注意力

K 君はある日、地元の駅前を歩いていると、ビルの壁に掛かっているファーストフードの巨大広告を見つけた。広告に記載されている QR コードから、店のクーポン券のページにアクセスできると書かれていた。K 君は、携帯電話を出し、少し高い場所にある QR コードの方に向けた。QR コードを読み込むためには、画面全体に QR コードを入れる必要がある。携帯電話の画面を見ながら、QR コードを画面全体に入れるために少しずつ近づいていった。すると突然、K 君は足を踏み外し、足首を挫いてしまった。端末の画面にばかり気を取られ、足もとの段差に気づかずつまづいてしまったのだ。

以上、都市部の駅前や繁華街などの公共空間で既存の実空間発見型情報アクセス手法を利用した際に起こりえる問題を 3 つのシナリオで説明した。第 2.2.2 で述べたように実空間発見型情報アクセス手法は、利用者が情報アクセス対象を実空間上で発見する。このため、シナリオ 1 のように、利用者と実空間上の情報媒体との空間的位置関係が遠距離かつ、直線的でないなど、利用者にとって移動の困難であったり、移動が不可能なシーンである可能性がある。また、シナリオ 2 のように、本論文で想定する都市部の駅前や駅構内では、人が多く行き来して、利用者が自由が立ち止まれない可能性もある。そして、想定する環境では、自分の周囲に不特定多数の第三者が存在し、利用者の把握しきれていない障害物などが多く存在するため、画面に意識を集中されることが出来ない。画面に意識を集中させていると、シナリオ 3 のような事故が起きてしまう可能性がある。

また、第 2.2.1 で述べた仮想空間発見型情報アクセス手法では、情報アクセスが利用者のコンピュータ内で完結しているため、実空間発見型情報アクセス手法における問題は起こりえない。

2.5 機能要件

都市部の駅前や繁華街では多くの情報媒体が存在するが、前節で述べたようなさまざまな問題が生じる可能性がある。本節では、都市部の駅前や繁華街のような環境でも利用可能な実空間発見型情報アクセス手法としての機能要件を前節のシナリオを基に整理する。

距離的制約の解消

シナリオ 1 において、K 君は気になるポスターが駅の反対側のホームにあるために、QR コードをカメラで撮影することが出来ずウェブサイトのアクセスを諦めてしまった。駅のホームであったため、ただ近寄ることが出来ず、階段を昇り降りする必要があった。このように、公共空間に存在する情報媒体が遠くにある場合、近寄ることがとても困難だったり、近寄ることが不可能であったりする可能性がある。そのため、実空間発見型情報アクセス手法では、利用者と実空間上の情報媒体との間に距離的な制約を設けない手法が求められる。

強制的な歩行停止の排除

シナリオ 2 において、K 君は人の流れのある駅構内の通路で気になるポスターを発見したが、立ち止まることができずに諦めた。このように、人の流れのある場所やエスカレーターなど公共空間では利用者の思ったとおりに立ち止まれないシーンが多々存在する。そのため、実空間発見型情報アクセス手法

では、利用者に立ち止まらせることを強制しない手法が求められる。

強制的な画面注視の排除

シナリオ 3 において、K 君は広告の QR コードを撮影しようと携帯電話の画面に意識を集中し過ぎたせいで、足元の段差に気づかず足を挫いてしまった。モバイル端末の多くは、携帯性を高めるため小型であり、画面も小さくなっている。小さい画面を注視すると、意識が一箇所に集中して、周囲への注意力が極端に低下する。公共空間は、自分の部屋などのプライベートな空間とは異なり、自分の周囲を十分把握しきれていない可能性が高い。また、不特定多数の第三者が存在するため、モバイル端末の画面に意識を集中させることはとても危険である。そのため、実空間発見型情報アクセス手法では、画面への注視を強制させない手法が望まれる。

2.6 まとめ

本章では、はじめに一般的な情報アクセスの概念を整理し、情報アクセス手法を定義した。ついで、情報アクセス手法を仮想空間発見型情報アクセス手法と、実空間発見型情報アクセス手法に分類し、それぞれを説明した。その後、シナリオを用いて実空間発見型情報アクセス手法における問題意識を整理し、機能要件を導いた。次章では、本論文で提案する端末を振る動作を用いた情報アクセス手法について説明する。

第 3 章

InfoRod:振る動作を用いた情報アクセス手法

本章では、本論文で想定する都市部の駅前や街中における実空間発見型情報アクセス手法として、モバイル端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod を提案する。はじめに、振る動作における情報アクセス手法についての概要を説明する。ついで、本論文で提案する振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod についての説明を行う。最後に、情報アクセスに関する先行研究について述べ、前章で整理した機能要件を基に比較することで、本研究の意義を示す。

3.1 振る動作を用いた情報アクセス手法

本論文では、実空間発見型情報アクセス手法として、モバイル端末を振る動作を用いて情報にアクセスする手法である InfoRod を提案する。InfoRod では、あらかじめデータベースに振る動作と対象となる情報の URL を関連付けて登録しておく。そして、実空間上に存在するポスターなどの情報媒体に、振る動作を記載する。実空間上の情報媒体を見た利用者は、記載された振る動作通りにモバイル端末を振ることでデータベースから振る動作に関連付けられた URL を取得し、実空間上の情報媒体の関連情報にアクセスする。

本節では、第 2.4 節で述べた既存の実空間発見型情報アクセス手法における問題が発生する要因を考察し、InfoRod でのアプローチを説明する。

3.1.1 既存の実空間発見型情報アクセス手法における問題の要因

既存の実空間発見型情報アクセス手法における問題の要因を以下に挙げ、説明する。

距離的制約の要因

第 2.3 節で述べた既存の実空間発見型情報アクセス手法のうち、2次元コードの撮影と OCR による文字列認識は情報アクセスの際にカメラを用いるために、利用者と実空間上の情報媒体との間に距離的な制約が発生する。この距離的制約は、カメラというデバイスを用いたために発生する。実空間上の情報媒体に記載された情報をカメラ撮影し、解析するためには、ある程度の解像度を保たなければいけないので、必然的に利用者と情報媒体との距離が決まってしまう。またカメラ以外にも、利用者が情報アクセスの対象を選択する際に何らかのデバイスを用いると、用いたデバイスによって利用者と情報媒体との距離が決定してしまう。例えば、Suica や Pasma に利用されている RFID や、携帯電話同士の通信を行うことの出来る赤外線などもそれぞれ利用可能な距離が決まっている。

強制的な歩行停止の要因

第 2.3 節で述べた、既存の実空間発見型情報アクセス手法は全て利用者の歩行を強制的に停止させる。

URL の直接入力や空メールの送信、検索サイトの利用は、モバイル端末のキー入力を行うために端末の画面を見る必要があり利用者は立ち止まってしまう。2次元コードの撮影や、OCR による文字列解析は、カメラで撮影するために立ち止まる必要がある。このようにキー入力を必要とする手法や、カメラでの撮影を必要とする手法は立ち止まりが発生してしまう。立ち止まる必要性を解消するためには、Suica や Pismo で利用されているパッシブ型 RFID のように即座に情報アクセス可能であるか、歩きながら利用可能である必要がある。

強制的な画面注視の要因

第 2.3 節で述べた、既存の実空間発見型情報アクセス手法は全て利用者に端末の画面注視を強制させる。

URL の直接入力や空メールの送信、検索サイトの利用は、モバイル端末のキー入力を行うために端末の画面を見る必要がある。また、2次元コードの撮影や、OCR による文字列解析は、カメラで撮影するために、画面を見る必要が生じてしまう。このようにキー入力を必要とする手法や、カメラでの撮影を必要とする手法は、画面への注視が必ず発生してしまう。強制的な画面への注視を排除するためには、キーボードやカメラの撮影を用いての入力を行わない必要がある。

3.1.2 InfoRod のアプローチ

第 3.4 節で述べたように、利用者が実空間上の情報媒体を目視した後、その場で距離的制約のないアクションを行うことで、利用者と情報媒体との間の距離的制約を解消することが出来る。本論文では、距離的制約のないアクションとして、端末を振る動作を用いる手法である InfoRod を提案する。InfoRod では、利用者にとって即座に理解可能で、また、簡単に振る動作を再現出来るものを実空間上の情報媒体に記載することで、歩きながらの情報アクセスを可能にする。端末自体を振ることで情報アクセスを行うので、端末の画面に注視する必要もない。以下に第 2.5 節で述べた実空間発見型情報アクセス手法の機能要件に対する InfoRod のアプローチを述べる。

距離的制約の解消

URL の直接入力や、空メールの送信、検索サイトの利用では、利用者が情報アクセスの対象を選択する際に、情報媒体を目視した後に、端末に文字列入力をするだけなので、デバイスなどには左右されず利用者の視力によって、利用者と情報媒体との距離は決まる。

本論文では、実空間上の情報媒体に記載された振る動作を利用者が見て、その場で記載された通りに端末を振ることで、距離的制約のない情報アクセスを可能にする。本手法では、情報媒体から情報アクセスを行うことの可能な距離が利用者の視力に依存している。しかし、実空間上の情報媒体の内容を確認し、情報アクセスを行おうとするまでに既に利用者の視力に依存していることになる。そのため、本手法ではより遠距離から認識可能な振る動作を実空間上の情報媒体に記載し、情報媒体の内容は確認出

来たが振る動作が見えない状況をなくすことで、情報媒体と利用者の距離的制約を解消する。

強制的な歩行停止の排除

第3章で述べた実空間依存型情報アクセス手法の多くは、操作の複雑さや画面を見る必要性のため立ち止まる必要性が発生している。本論文で提案する情報アクセス手法では、端末を振る動作を用いた情報アクセスを行うことで、利用者が端末の画面を見る必要を排除する。また、実空間上の情報媒体に記載する振る動作を、1) 利用者が瞬時に理解出来る、2) 簡単に動作を再現出来るといったものに設計することにより、情報アクセスの際の操作をより簡単に行えるようにする。このように、画面を見る必要がなく、簡単に操作が行えるような情報アクセス手法を設計することで、歩行状態を維持しながらの情報アクセスを可能にする。

強制的な画面注視の排除

第3章で述べた実空間依存型情報アクセス手法の多くは、カメラでの撮影や、端末のキーによる文字入力を行う必要があるために画面を注視する必要性が発生している。本論文で提案する端末を振る動作を用いた情報アクセス手法では、端末を振る動作を用いることで画面を注視することのない情報アクセスを可能にする。また、入力インタフェースには、利用者が入力した結果であるフィードバック返す必要がある。フィードバックを返さないと、結果を正しく評価することが出来ず誤った操作の原因となる。本手法では、振る動作による操作に対するフィードバックを端末の画面に表示する以外の手法で返すことで、利用者が画面を注視する必要性を排除する。

3.2 InfoRod による情報アクセスの流れ

本節では、本論文で提案する実空間発見型情報アクセス手法である InfoRod による情報アクセスの大まかな流れを説明する。InfoRod による情報アクセスは、情報を提供する管理者と、情報をアクセスする利用者から成り立つ。以下に、InfoRod による情報アクセスの流れを管理者側と利用者側、双方について述べる。また、図 3.1 に、InfoRod による情報アクセスの概要図を示す。

3.2.1 管理者側の流れ

情報の管理者は、実空間上の情報媒体に関連付けるネットワーク上の情報を登録する必要がある。情報の登録時には、以下3つの作業を行う必要がある。

1. 振る動作の決定
2. InfoRod のデータベースへの振る動作と URL の登録
3. 情報媒体への振る動作の記載

InfoRod では、振る動作によって利用者の選択する対象を特定するので、InfoRod システムで一意になるような振る動作を決める必要がある。次に、決定した振る動作と、設置する実空間上情報媒体と関連付けたいネットワーク上の情報の URL を InfoRod データベースで登録する。最後に、決定した振る動作を情報媒体に記載することで、利用者の InfoRod による情報アクセスが可能になる。

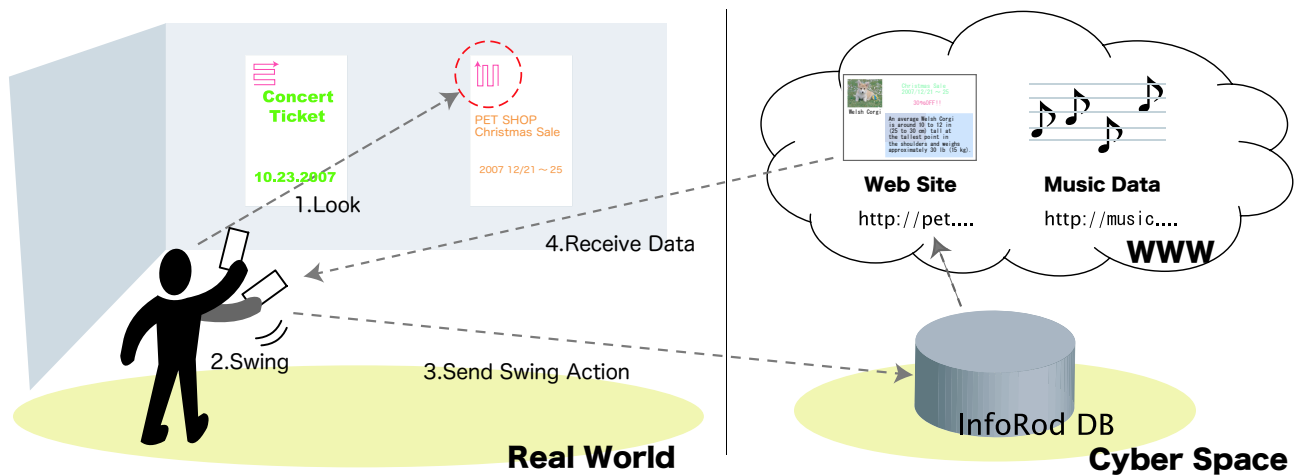


図 3.1 InfoRod のシステム概要図

3.2.2 利用者側の流れ

図 3.1 から分かるように、利用者はポスターなどの実空間上の情報媒体に記載された振る動作を見て、記載された通りに端末を振ることで情報媒体に関連したネットワーク上の情報にアクセスする。また、図 3.2 に情報アクセスの際の利用手順を示す。

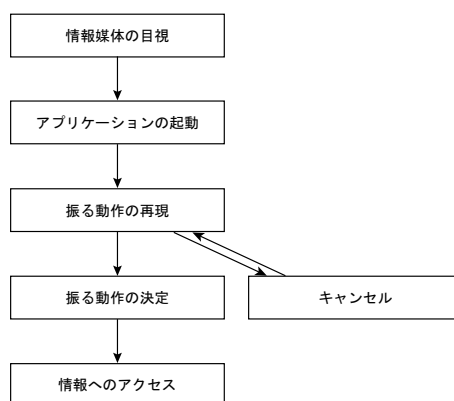


図 3.2 利用者側の流れ

利用者は、実空間上の情報媒体を確認した後、モバイル端末にインストールされている InfoRod 用アプリケーションを起動する。そして、情報媒体に記載された通りに端末を振る。利用者の振った動作が正確にアプリケーションに認識されたか確認した後、振る動作を決定し、ネットワーク上の情報にアクセスを行う。また、利用者の振った動作が間違っ認識された場合は、キャンセルをして端末を振る動作での入力をやり直す。

また、アプリケーションは、利用者は決定した振る動作を InfoRod データベースに送信し、問い合わせを行う。利用者の行った振る動作での問い合わせにより、関連付けられた URL がデータベースに存在すれば、利用者の端末に URL が返ってくる。利用者は、ブラウザなどのアプリケーションを用いて、取得した URL

からネットワークの情報にアクセスする。

3.3 振る動作における設計指針

InfoRod では、振る動作によって利用者の選択する対象を特定するため、InfoRod に最適な振る動作を設計する必要がある。本節では、本論文で提案する実空間発見型情報アクセス手法の振る動作における要件を整理する。

本論文で提案するモバイル端末を振る動作を用いる情報アクセス手法での振る動作の要件としては、1) 多くのパターンを生成可能であること、2) 記載した動作の認識が容易であること、3) 振る動作での再現が容易であることが挙げられる。以下で、これら 3 つの機能要件について述べる。

多様なパターン

本手法で用いる振る動作では、多くのパターンが生成可能な必要がある。振る動作によって、利用者の選択した情報媒体をシステムが特定するため、生成可能な振る動作のパターン数が少ないと、本手法を利用出来る情報媒体の数も少なくなる。また、多くの振る動作のパターンがシステムで容易に生成、管理出来る必要がある。

認識の容易性

本手法で用いる振る動作は、実空間上の情報媒体に記載した時に利用者にとって簡単に認識出来るものでなければならない。具体的には、1) 遠距離からでも認識可能であること、2) 瞬時に理解可能であること、3) 見間違いが少ないことである必要がある。遠距離からでも認識可能にすることで、第 3.1 項で述べたように情報媒体が見えたが、振る動作が見えなかったといった状況をなくす。また、振る動作が利用者にとって瞬時に理解出来る形で記載されることで、歩きながらでもペースを落としたり、立ち止まったりすることなく本手法を利用することが可能になる。最後に、利用者にとって見間違えることが少ない形で振る動作を記載することで、確実に利用者の意図した情報へのアクセスを可能にする。

再現の容易性

本手法で用いる振る動作は、利用者にとって容易に再現可能であるべきである。具体的には、1) 短時間で再現可能であること、2) アプリケーションによる誤認識が少ないことの 2 点を満たす必要がある。第 3.1 項で述べたように、情報アクセス時に複雑な動作を行うと、歩きながらでは利用できない。そのため、本手法で用いる振る動作では、短い時間で行えて、また、多くのパターンが生成可能でも、振る動作に多大な時間がかかるなど、利用者負担のかかる振る動作も望ましくない。

3.4 先行研究

本節では、本論文における実空間発見型情報アクセス手法である先行研究を紹介し、その手法の特徴や問題点などを説明する。

3.4.1 音のバーコード

音のバーコード [13] は NTT ドコモの中島らによって開発されたテキストや URL などのデータを音によって配信する技術である。中島らが開発した音響 OFDM [25] によって音にデータを埋め込み、生成した音源をスピーカーで流す。そして、スピーカーから再生された音にデコーダソフトの組み込まれた端末をかざすことで音に埋め込まれたデータを取得することが出来る。認識可能な範囲としては、スピーカーからの距離が 1~4m である。そのため、本論文での問題としている距離的制約は解消していない。しかし、端末をスピーカーに近づけるだけで URL を取得することが出来るため、端末の画面を見る必要はなくなる。また、データが 1kbps 以上の速度で安定して伝送可能であるため、URL 程度を取得するには立ち止まることを強制しない。図 3.3 に音のバーコードの概要図を示す。

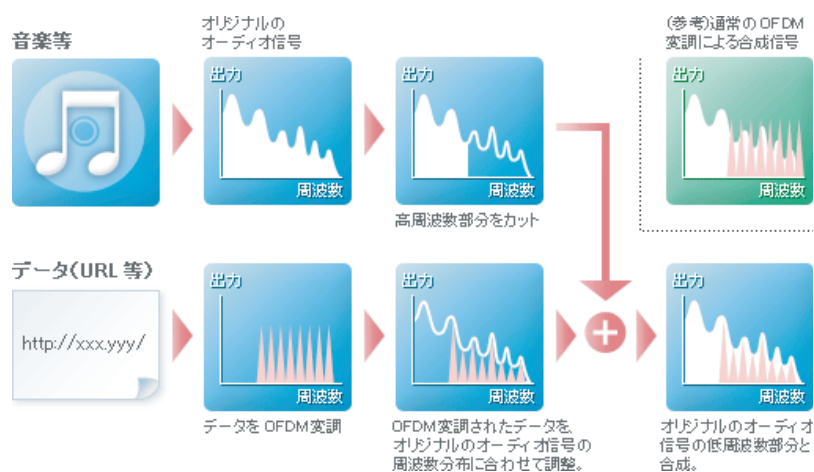


図 3.3 音のバーコード

3.4.2 Fractal Codes

Fractal Codes [2] は、ソニーコンピュータサイエンス研究所の綾塚が開発した自己相似的に配置される二次元コードである。図 3.4 に Fractal Codes を示す。Fractal Codes では、既存の QR コードを代表とする二次元コードの弱点である認識可能な距離の範囲 (レンジ) の狭さを問題としていて、体系づけられた ID を持つ複数の二次元コードを自己相似性のあるレイアウトで配置することによって問題を解決している。具体的には、離れた位置からでも、外側のコードがカメラの画角からはみ出してしまうような至近距離からでも、Fractal Codes のどれかのコードが認識できる。しかし、Fractal Codes では、本論文で問題としている根本的な距離的制約は解消していない。また、どれかのコードを認識すれば良いので従来の QR コードよりは端末のディスプレイを注視する必要が軽減されているが、やはり画面を見る必要がある。立ち止まる必要性に関して、カメラで撮影するため Fractal Codes では利用者はコードの前で立ち止まる必要性がある。

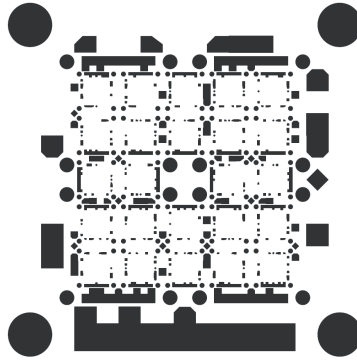


図 3.4 FractalCodes

3.4.3 Pick-and-Beam

Pick-and-Beam はソニーコンピュータサイエンス研究所の暦本らが開発を行ったレーザーポインタによる離れた位置にある情報を Hyper-dragging によって転送する技術である。Pick-and-Beam は、暦本らが提唱する実世界に拡張された直接操作環境である InfoRoom [26] で用いる技術の 1 つとして提案された。Pick-and-Beam では、実世界の事物とコンピュータ間の操作である Hyper-dragging である Pick-and-Drop [15] を拡張し、レーザーポインタを用いることによって離れた位置からでも Hyper-dragging を実現している。しかし、実空間上の情報媒体に二次元コードを添付し、カメラで認識しているため、本研究で問題としている利用者と実空間上の情報媒体の距離的制約の問題を解決しているとは言えない。また、対象となる情報媒体をレーザーポインタで Pick(つまみ上げる) 必要があるため、立ち止まる必要がある。モバイル端末で Pick-and-Beam を利用する場合、モバイル端末の画面を注視する必要はない。図 3.5 に Pick-and-Beam の利用例を示す。



図 3.5 Pick-and-Beam の利用例

3.4.4 携帯カメラ検索

携帯カメラ検索 [23] は、NTT ドコモマルチメディア研究所の山口らが開発した、モバイル端末に搭載されたカメラで撮影した街中にある広告・看板などの画像を用いて簡単に情報検索できる技術である。携帯カメラ検索では、あらかじめデータベースに広告や看板などの情報媒体の画像を登録しておき、撮影された画像に最も近い画像の情報を返す。また、事前に付加情報としてポスターや看板の関連サイトなどの URL を付加出来る。携帯カメラ検索では、ポスターや看板全体を撮影した画像を用いるため、ポスターや看板の一部を撮影する QR コードと違い遠くにある看板などでも利用が可能である。よって、本論文で問題としている利用者と情報媒体の距離的制約を解消したといえる。しかし、カメラで撮影することから画面へ注視する必要性や、立ち止まる必要性は依然存在する。図 3.6 に携帯カメラ検索の概要図を示す。

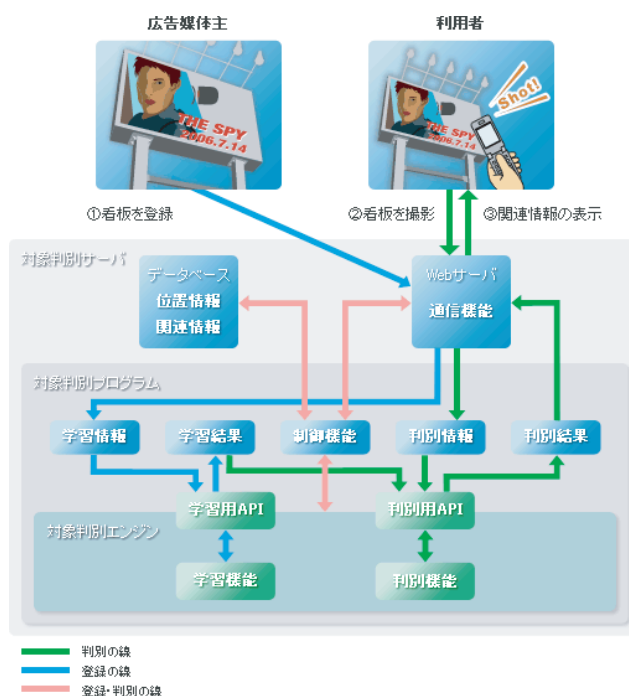


図 3.6 携帯カメラ検索

3.4.5 objSampler

objSampler [17] は、慶應義塾大学の由良らが開発した持ち歩くことで情報を自動的に、または明示的に取得可能なデバイスである。デバイスには小型無線ノード、RFID リーダライタ、コントロール用デバイスなどが内蔵されている。ポスターなどの情報媒体の裏側に RFID タグを貼り付け、RFID を貼り付けた箇所をデバイスでタッチすることで、情報を取得することが出来る。情報媒体をタッチするだけで情報の取得が可能であるために、わざわざ足を止める必要がなく、画面などに注視することもない。しかし、情報媒体をタッチしなくてはならないので、遠くにある場合にはわざわざ情報媒体に近づく必要がある。図 3.7 に objSampler を示す。



図 3.7 objSampler

3.5 機能要件をもとにした比較

本節では，第 2.5 節で導き出した 3 つの機能要件をもとに，第 2.3 節，第 3.4 節で紹介した実空間発見型情報アクセス手法を比較する．そして，本論文で提案する端末を振る動作を用いた実空間発見型情報アクセス手法である InfoRod の研究意義を示す．

既存の手法

第 2.5 節で導き出した実空間発見型情報アクセス手法における 3 つの機能要件を，第 2.3 節で示した既存の実空間発見型情報アクセス手法が満たしているか考察した結果を表 3.1 に示す．

表 3.1 の比較結果が示す通り，既存の実空間発見型情報アクセス手法には，3 つの機能要件を満たす手法はない．2 次元コードの撮影では，距離的制約の解消，強制的な歩行停止の排除，強制的な画面注視の排除の 3 つ全てが満たされていない．よって，本論文で想定する都市部の駅前や繁華街などでは 2 次元コードを撮影する手法が有効でないことが分かる．2 次元コードの撮影と同様に，カメラを用いる OCR による URL の文字列解析も，3 つの機能要件を全てが満たされない．また，URL の直接入力と空メールの送信に関しても距離的制約の解消は満たしているが，他二つの機能要件は満たしていない．検索サイトの利用も URL の直接入力同様に，距離的制約の解消は満たしているが，他二つの機能要件は満たしていない．検索サイトの利用は，利用者が入力する文字がキーワードのみなので，URL やメールアドレスと比べて記憶しやすい．そのため，その場では入力することなく記憶するだけに留め，他の場所での入力が可能であるので，強制的な歩行停止の排除と強制的な画面注視の排除をやや満たしているとして表 3.1 には三角と表記した．

先行研究

前章で導き出した実空間発見型情報アクセス手法における 3 つの機能要件を，第 3.4 節で示した実空間発見型情報アクセス手法の先行研究が満たしているか考察した結果を表 3.2 に示す．

表 3.2 の比較結果が示す通り，本論文で紹介した先行研究の中では，3 つの機能要件を全て満たす研究はな

表 3.1 既存手法における機能要件の満足度

既存手法	距離的制約の解消	強制的な歩行停止の排除	強制的な画面注視の排除
2次元コードの撮影	×	×	×
空メールの送信		×	×
URLの直接入力		×	×
検索サイトの利用			
OCRによるURLの文字列解析	×	×	×

い。3つの機能要件のうち、距離的制約の解消を満たした先行研究は携帯カメラ検索だけであった。携帯カメラ検索は、情報アクセスにおける対象を選択するフェーズに、カメラを用いている。しかし、対象となる情報媒体全体をカメラで撮るという方法を取ることで、遠くにある情報媒体でも利用可能にした。また、Fractal Codes や、Pick-and-Beam は、距離制限を改善はしているものの、根本的な距離的制約の解消には至っていない。

立ち止まる必要性がないという機能要件を満たした研究は、音のバーコード、objSampler の2つであった。音のバーコードも、データを埋め込んだ場所にいるだけで情報アクセスが可能であるため、立ち止まる必要はない。objSampler は、実空間上の情報媒体に端末でタッチするだけなので、立ち止まる必要はない。

画面を注視する必要がないという機能要件に関しては、本論文で紹介した先行研究ではカメラを用いる手法以外は全て満たした。

表 3.2 先行研究における機能要件の満足度

先行研究	距離的制約の解消	強制的な歩行停止の排除	強制的な画面注視の排除
音のバーコード	×		
Fractal Codes		×	×
Pick-and-Beam		×	
携帯カメラ検索		×	×
objSampler	×		

3.6 まとめ

本章では、端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod について説明を行った。はじめに、InfoRod のアプローチを前章で述べた機能要件に沿って説明した。ついで、InfoRod のシステムの流れについて説明を行った。その後、InfoRod で用いる振る動作の要件について整理した。次章では、本章で提案した端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod の設計を述べる。

第 4 章

InfoRod の設計

本章では，端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod を設計する．はじめに，InfoRod における振る動作の設計を行う．ついで，対象となる情報の管理設計と，振る動作に対するフィードバックの設計を行う．その後，利用者側，管理者側アプリケーションによって実現される InfoRod のシステム概要を説明する．最後に，利用者側，管理者側アプリケーションの設計をソフトウェア・ハードウェアの双方について述べる．

4.1 振る動作の設計

InfoRod では，振る動作によって利用者の意図する対象情報を特定するため，InfoRod における最適な振る動作を設計する必要がある．本節では，第 3.3 節で整理した振る動作における設計指針を基に InfoRod における端末を振る動作の設計を行う．まずはじめに，利用者が対象を選択するために利用する振る動作である InfoCode について述べる．ついで，第 3.2.2 項で述べたキャンセルや，決定などの操作コマンドを振る動作を用いて設計する．最後に，振る動作における研究課題を述べ，研究課題に対する本論文での方針を説明する．

4.1.1 InfoCode の設計

第 3.3 節で説明した設計指針を満たす端末を振る動作として，上下左右の 4 方向，8 方向の振りを複数組み合わせさせた動作を提案する．図 4.1 に上下左右，4 方向への振りを組み合わせさせた動作を情報媒体に記載した例を示し，図 4.1 に同じく 8 方向への振りを組み合わせさせた動作を示す．この 1 方向に振る動作を組み合わせさせたコードを本論文では，InfoCode と呼ぶ．図 4.1 は，左・上・左・下の順に端末を振ることを示した InfoCode である．また，図 4.2 は，右・右斜め上・左・右斜め上の順に振ることを示した InfoCode である．以下で，InfoCode が第 3.3 節で述べた設計指針を満たすことを示す．

多様なパターン

上下左右，8 方向の振る動作を組み合わせさせた InfoCode は，簡単な振る動作で多くのパターン数を生成出来る．例えば，上下左右の振りを 4 つ組み合わせると， $4 * 3 * 3 * 3 = 108$ 通り，8 方向の振りを 4 つ組み合わせると， $8 * 7 * 7 * 7 = 2744$ 通りのパターンを生成出来る．また，上下左右，8 方向へ振る動作を組み合わせることでパターンを生成しているため，データベースでの管理が容易である．パター

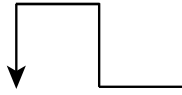


図 4.1 4 方向の InfoCode

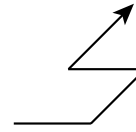


図 4.2 8 方向の InfoCode

ン数が不足したら、振る回数を増やすことで対応出来る。例えば、振る動作に丸や三角、四角などの図形を組み合わせたものを用いると、多くのパターンを生成するために複雑な動作を行う必要がある。また、複雑な図形をデータベースで管理することは困難である。

振る方向の数を x 、振る動作を組み合わせる数を y とすると生成可能なジェスチャパターン数は、 $n = x * (x - 1)^{y-1}$ で求めることが出来る。 $n = x^y$ という式にならないのは、2 度連続で同じ方向を振ることが出来ないからである。同じ方向に 2 度連続で振ると、解析も困難であるし、振る動作を情報媒体に表記する上でも利用者から認識し辛くなるなどの問題が発生する。そのため、最初に振る動作は上下左右の 4 方向のどれかを振り、次からは、前に振った動作以外のどれかを振ることにする。

認識の容易性

InfoCode では、振る動作の回数分の矢印を繋げて生成される。図 4.1 の InfoCode も 4 つの矢印を組み合わせただけのシンプルなコードであるため、URL と比べてもより遠くから認識することが可能である。InfoCode は複数の矢印を一筆書きの要領で表記するため、利用者が簡単に振り始め、振り終わりを認識することが出来る。また、8 方向の振る動作を用いた InfoCode は斜めの矢印も用いるため、上下左右の振る動作を用いた InfoCode と比べると認識し辛い。

再現の容易性

本論文で提案した 4 方向、8 方向を振る動作の組み合わせは、一連の流れの中で振る動作を完了することが出来る。また、あらかじめ設定した振る動作の組み合わせ数によって、利用者への負担が保証される。振る動作を 4 つ組み合わせた動作を用いるなら、利用者は 4 回振るだけで情報アクセスに必要な操作が完了する。振る動作に図形を用いる場合、丸や三角など利用者にとって負担が少ない動作のパターンもあれば、基本的な図形を複数組み合わせたような複雑な振りを要求するパターンが生成される可能性もある。

4.1.2 コマンドの設計

第 3.2.2 項で述べたように InfoRod を利用者が使用する際、振る動作による入力のキャンセルや決定を行う必要がある。入力方法を統一的にする為に、キャンセルしたり決定したりする操作 (以下、コマンド) も端末を振る動作で行うことが望ましい。そこで本論文では、InfoRod のアプリケーションで用いるコマンドを振る動作によって実現する。コマンドに用いる振る動作は、コマンドの意味に対してなるべく直感的な動作を用いる。図 4.3 には、キャンセル時に行う振る動作を示し、図 4.4 には振る動作の決定時に行う振る動作を示す。

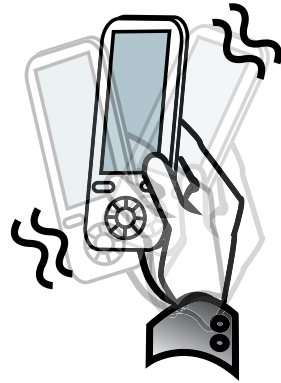


図 4.3 キャンセルコマンドの動作

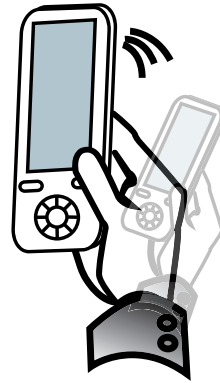


図 4.4 決定コマンドの動作

キャンセルコマンドは、入力した振る動作の情報を振り落とすイメージとして、左右に細かく振る動作を行うことで実現する。また、ネットワーク上の情報にアクセスすることを、情報を釣るというイメージで捉える。決定コマンドでは、情報を釣るイメージを反映して、端末を自分の方向に引く動作を行うことで実現する。

4.1.3 振る動作における研究課題

本節では、端末を振る動作を用いる情報アクセス手法である InfoRod における研究課題を整理し、説明を行う。

パターン数の不足

本論文で設計した InfoCode は、第 4.1.1 項で述べたとおり、生成出来るパターン数がその他の振る動作に比べ多い。しかし、本論文で設計した InfoRod でも 4 回振る動作を組み合わせると生成出来るパターン数が、4 方向で 108 通り、8 方向で 2744 通りであり、この生成可能パターン数では日本国内などの広い範囲での InfoRod による情報アクセスは不可能である。そこで本研究では、位置情報と振る情報を組み合わせることで、全ての場所で InfoRod を利用出来るようにする。本論文で対象としている情報媒体は、ポスターや看板、街頭ビジョンなど移動しない情報媒体である。そのため、第 3.2.1 節で説明したシステムの流れにおける対象を InfoRod のデータベースに登録する段階であらかじめ情報媒体を設置する位置も登録しておく。また、位置の他にその情報媒体が実空間上において利用者に目視される可能性のある範囲もあらかじめ登録する。そして、対象の目視可能範囲内では、かならず振る動作が一意になるように対象の登録を行う。それにより、ある地点である振る動作を行ったときに、必ず対象が一意に定まり、全ての場所で InfoRod のシステムを利用することが可能になる。

位置情報と他の情報の組み合わせで、対象を絞り込む研究 [22] は、NTT ドコモマルチメディア研究所の山口らが行っている。山口らは、画像解析を用いた対象物特定手法に位置情報を用いることで精度を飛躍的に向上させている。

4.2 対象管理の設計

振る動作を用いた情報アクセス手法の課題は、第 4.1.3 節で述べたとおりパターン数に限りがある点である。本論文では、対象となる情報を適切に管理することによって、限りあるパターン数を有効的に利用する。具体的には、対象情報に対して有効範囲、有効期限（開始時刻、終了時刻）などのパラメータを設定する。第 4.1.3 節でも述べたように、有効範囲を設定することによって、離れた場所であれば同じ振る動作パターンを利用することが出来る。また、有効期限を設定することで、同じ場所、同じ振る動作のパターンでも時間によって異なる情報を関連付けることが出来き、生成されたパターンが利用されないまま放置されるのを防ぐ。

しかし、対象を管理することによって限りあるパターン数を有効的に使える利点はあるが、管理する手間が発生してしまう欠点も存在する。QR コードでは、作成した QR コードは管理を行う必要がないため、場所や時間などは問わず、常に同じ文字列 (URL) を取得することが出来る。

4.3 フィードバックの設計

本論文で提案する端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod は、端末を振る動作だけで利用者は情報アクセス対象の選択を行う。本論文における実空間発見型情報アクセス手法の機能要件として第 2.5 節で、画面への注視を強制しないことを述べた。本論文で用いるフィードバックとは、「どのような行為が行われどのような結果が得られたかに関する情報を利用者に送り返すこと」である。つまり、適切なフィードバックを返さないと、誤った振る動作を行ったまま情報アクセスを行ってしまい、利用者の意図しない情報にアクセスしてしまう可能性が発生する。そのため、InfoRod では画面に振った方向を表示する以外のフィードバックも与える必要がある。本節では、InfoRod における最適なフィードバックを設計する。

4.3.1 必要なフィードバック

InfoRod において必要となるフィードバックは 1) 振った動作に対するフィードバック、振った方向のフィードバックの 2 点である。以下に、InfoRod において必要となる 2 点のフィードバックを説明する。

振った動作に対するフィードバック

振る動作に対するフィードバックは、振る動作をシステムが認識したことを利用者に知らせる。振った動作の認識を利用者に返すことで、利用者は次の振る動作を行うことが出来る。キーボードによる入力では、キーボードを押したときのクリック感がフィードバックとなって、利用者はキーボードの入力が行われたことを認識し、次のキーボードによる入力を行うことが出来る。このように、InfoRod でも利用者が振る動作を 1 回行うごとにフィードバックを返す必要がある。

振った方向のフィードバック

振った方向のフィードバックは、振った動作の方向が利用者の意図した通りにシステムに認識されたかを知らせる。振った方向のフィードバックがないと、利用者は自分の振った方向がシステムに正しく認識出来たか分からないまま次の振る動作を行わなければならない。また、振る動作が正しく認識されていないことが分かるのが、振る動作を完了し、情報にアクセスした後になってしまう。振った方向の

フィードバックには、最後に振った方向だけを知らせるフィードバックと、その情報アクセスで振った方向の組み合わせ全てを知らせるフィードバックがある。

4.3.2 音によるフィードバック

音によるフィードバックでは、上下左右に振る動作によって異なる音を鳴らすことで利用者に振った動作に対するフィードバックと、振った方向のフィードバックを返す。音によるフィードバックでは、上方向に振られた時に高い音を流し、下方向では低い音を鳴らす。また、左右の方向に関しても異なる音を流す。音による方向の対応付けに関しての身近な例はなく、最初から判断出来る利用者はいないが、音と方向の対応付けを覚えることで音によるフィードバックを得ることが可能になり、利用者は画面を見る必要がなくなる。しかし、本論文で想定する環境である都市部の駅前や繁華街では、騒音などの環境音が大きいため、音によるフィードバックが利用者に聞こえない可能性がある。また、図書館などの静かな場所では利用出来ないという制限もある。

4.3.3 振動によるフィードバック

振動によるフィードバックは、利用者の振る動作に対して、端末を振動させることによって返す。振動によるフィードバックでは、振った直後に端末を振動させることで、利用者に振った動作をシステムが認識したことを知らせる。振動によるフィードバックは、音によるフィードバックと違い、端末を持つ手から直接得られる触感であるため、利用者の周囲の環境に依存しない。そのため、あらゆる場所でも有効である。振動によるフィードバックを利用した研究事例としては、ActiveBelt [3] などがある。

4.4 InfoRod のシステム概要

本節では、InfoRod のシステム構成について説明を行う。

第 3.2.1 節で述べたように、InfoRod によって情報アクセスを行うには、あらかじめ実空間上の情報媒体の設置者 (以下、管理者) が InfoRod データベースに振る動作と、実空間上の情報媒体の位置などの情報を登録する必要がある。このため、InfoRod による情報アクセスを実現するには、管理者の行うこれら作業を支援するためのアプリケーションを構築する必要がある。

よって、InfoRod 全体のシステムとしては、利用者側のアプリケーションと管理者側のアプリケーションで構成される。利用者側アプリケーションは、主に利用者の利用するモバイル端末の内で動作し、振る動作の解析や InfoRod データベースへの問い合わせなどを行い、実際にブラウザなどのアプリケーションを起動してネットワーク上の情報にアクセスを行う。管理者側アプリケーションは、InfoRod データベースへの情報アクセス対象の登録や編集、削除などの管理作業の支援を行う。

4.5 利用者側アプリケーションの設計概要

本節では、InfoRod における利用者側アプリケーションの構成をソフトウェア、ハードウェア双方について述べる。ソフトウェア構成では、InfoRod を構成するモジュール群を挙げ、各モジュール群の機能を述べる。

ハードウェア構成では、InfoRod で利用する機器を挙げ、各機器の機能を述べる。

4.5.1 ソフトウェア構成

InfoRod における利用者側アプリケーションは、大きく分けて動作解析層、情報取得層、対象特定層の3層と、フィードバック群から構成され、これらは複数のモジュールとソフトウェアコンポーネントから構成される。図 4.5 に InfoRod における利用者側アプリケーションのソフトウェア構成図を示す。また、以下にそれぞれの層と群の概要を述べる。

動作解析層

動作解析層は、モバイル端末の動きを解析し、解析結果を情報取得層に渡す。動作監視モジュールで端末の動作を監視し、動作があると動作解析モジュールに移行し動作の解析を行う。解析する動作は、コード部でどの方向に振ったのかを解析し、コマンド部でコードの入力を完了し、ネットワーク上のデータを取得する受信コマンドや、入力したコマンドをキャンセルするキャンセルコマンドなどを解析する。

情報取得層

情報取得層は、ネットワーク上のデータにアクセスするために必要なデータを集め、集めたデータを対象特定層に渡す。情報取得層は、情報収集モジュール、位置情報取得モジュール、時刻取得モジュールの3つのモジュールから構成される。位置情報取得モジュールは、モバイル端末の位置情報を取得し、利用者の現在位置を取得する。時刻取得モジュールは、現在時刻を取得する。情報収集モジュールは、位置情報取得モジュールからは現在位置を取得し、時刻取得モジュールからは現在時刻を取得する。そして、動作解析層からは、モバイル端末が振られた方向の組み合わせと、コマンドを取得する。情報収集モジュールは、これらの情報を組み合わせて、対象特定層に送信する。

対象特定層

対象特定層は、情報取得層から受け取ったデータからアクセスするネットワーク上のデータの位置を特定する。対象特定層は、データベース問い合わせモジュールとアプリケーション受け渡しモジュールから構成される。データベース問い合わせモジュールは、情報取得層から受け取ったデータをデータベースに問い合わせアクセスするネットワーク上のデータの位置を取得する。アプリケーション受け渡しモジュールは、ブラウザなどのアプリケーションを起動し、ネットワーク上のデータの位置 (URL) を渡す。

フィードバック群

フィードバック群は、利用者のモバイル端末を振る動作に対するフィードバックを返す。フィードバック群は、音声フィードバックモジュールと振動フィードバックモジュール、動作表示モジュールの3つのモジュールから構成される。音声フィードバックモジュールでは、モバイル端末を振った方向によって異なる音を再生することで利用者へフィードバックを返す。振動フィードバックモジュールでは、モバイル端末を振るとモバイル端末を振動させる。動作表示モジュールでは、モバイル端末のディ

スプレイに現在までに振られた方向を表示する。

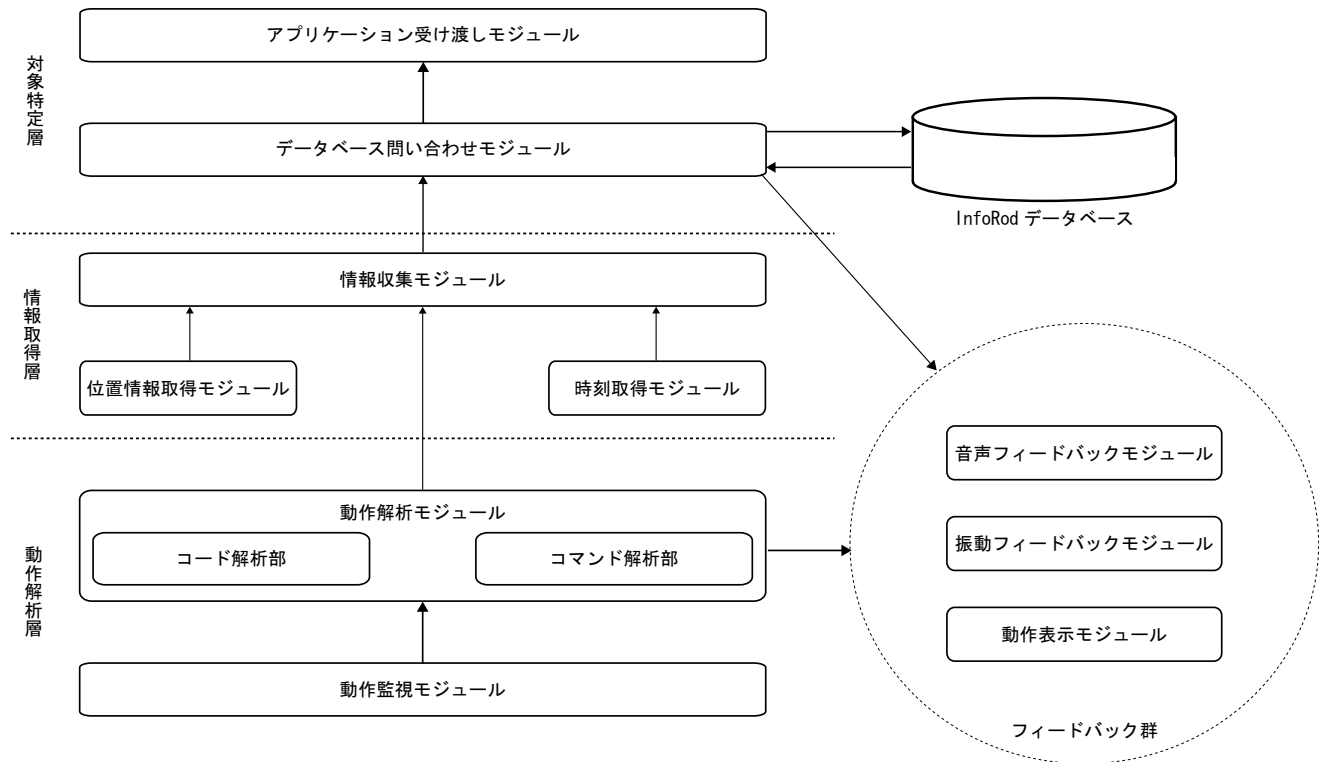


図 4.5 利用者側アプリケーションにおけるソフトウェア構成図

4.5.2 ハードウェア構成

InfoRod における利用者側アプリケーションに必要なデバイスは大きく分けてモバイル端末自身と、ネットワーク上のデータベースの 2 つである。そして、モバイル端末自身に動作解析デバイス、位置情報取得デバイス、フィードバックデバイスを持つ必要がある。また、モバイル端末はネットワークに通信可能である必要がある。動作解析デバイスには、加速度センサや画像解析に用いるカメラなどが利用出来る。位置情報取得デバイスには、GPS を用いる。また、無線 LAN が受信出来れば、電波の強度から位置情報を取得する PlaceEngine [27] や Locky.jp [19] を利用する。GPS は、地下や屋内や高層ビル群などでは位置情報を正確に取得するのが難しい。PlaceEngine や Locky.jp は無線 LAN の電波が届かない場所では位置情報を取得出来ない。GPS と PlaceEngine, Locky.jp を 2 つ合わせて用いることで、より広い範囲で正確に位置情報を取得することが可能である。フィードバックデバイスとしては、スピーカーや、バイブレーター、LED ライト、ディスプレイが必要である。スピーカーでは、音によるフィードバックを返し、バイブレーターでは振動によるフィードバックを返す、LED ライトでは、視覚によるフィードバックを返す、また、ディスプレイでは最終確認用に今までの振られた方向の組み合わせを表示する。図 4.6 に InfoRod における利用者側アプリケーションのハードウェア構成図を示す。

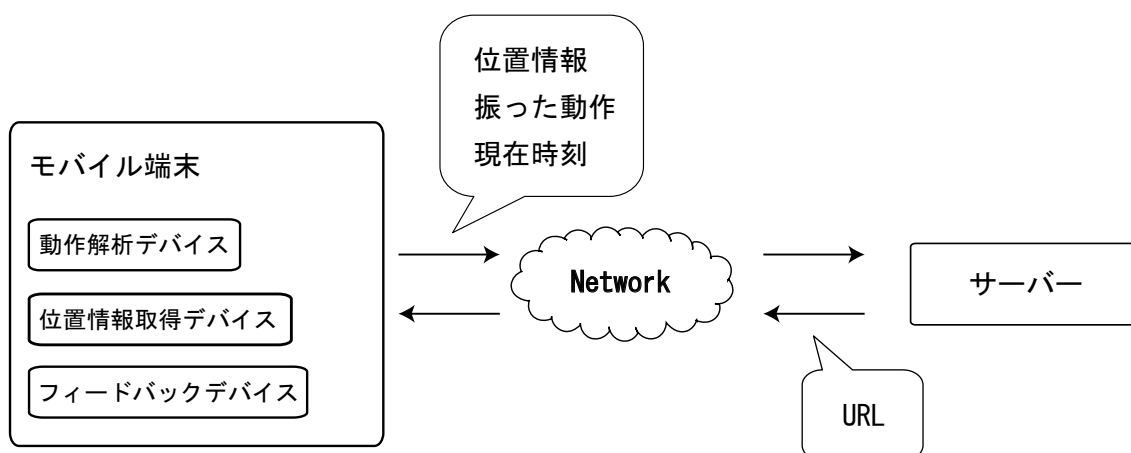


図 4.6 利用者側アプリケーションにおけるハードウェア構成図

4.6 管理者側アプリケーションの設計概要

本節では、InfoRod における管理者側アプリケーションのソフトウェア構成について述べる。ソフトウェア構成では、InfoRod を構成するモジュール群を挙げ、各モジュール群の機能を述べる。管理者側アプリケーションは、複数の管理者が容易に利用出来ることを考慮し、Web アプリケーションとして設計を行った。

4.6.1 ソフトウェア構成

InfoRod における管理者側アプリケーションは、大きく分けてインタフェース層と情報管理層で構成される。これらは複数のモジュールとソフトウェアコンポーネントから構成される。図 4.7 に InfoRod における管理者側アプリケーションのソフトウェア構成図を示す。また以下にそれぞれの層の概要を述べる。

インタフェース層

インタフェース層は、InfoRod データベースに登録されている対象を表示し、追加・編集・削除などの作業を受け付ける。インタフェース層は、情報取得モジュールと、地図表示モジュール、詳細情報表示モジュールから構成される。情報取得モジュールは、InfoRod データベースから対象の情報を取得し、地図表示モジュールと、詳細情報表示モジュールに情報を渡す。地図表示モジュールは、情報取得モジュールから対象の ID と位置情報を受け取り、地図上にそれぞれの対象の位置にマーカを表示する。マーカをクリックすると、詳細情報表示モジュールに対象情報の ID を渡す。また、地図表示モジュールは、対象情報の追加と削除の作業を受け付ける。詳細情報表示モジュールは、地図表示モジュールから受け取ると、情報取得モジュールから対象の全ての情報を要求し、対象の詳細情報を表示する。また、対象の情報の編集・削除の作業を受け付ける。

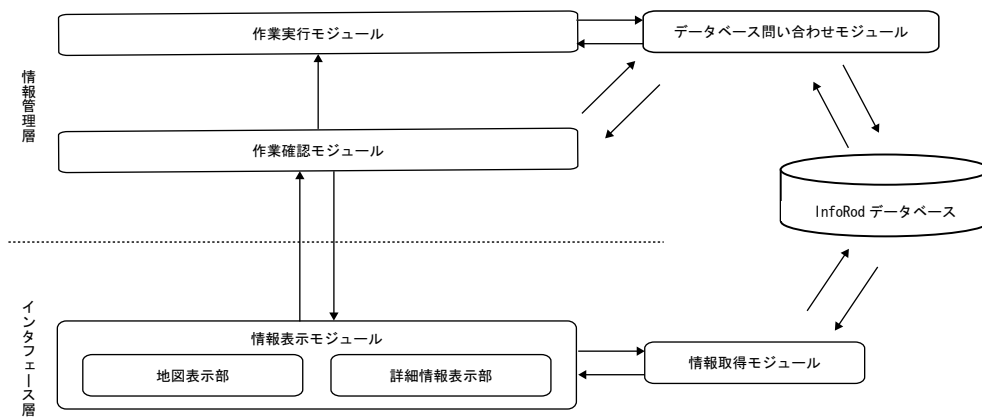


図 4.7 管理者アプリケーションにおけるソフトウェア構成図

情報管理層

情報管理層では、インタフェース層で受け付けた作業を InfoRod データベースに反映させる。作業にエラーがあれば、インタフェース層にエラーを返す。情報管理層は、作業確認モジュールと作業実行モジュールから構成される。作業確認モジュールは、インタフェース層で受け付けた作業に誤りがないかチェックを行い、誤りを発見すると、インタフェース層にエラーを返す。誤りがなければ、作業実行モジュールに作業内容を作業実行モジュールに渡す。作業実行モジュールは、作業確認モジュールから結果を受け取り、クエリを生成し、InfoRod データベースを反映させる。

4.7 データベースの設計

本節では、InfoRod で利用するデータベースの構成について述べる。図 4.8 に InfoRod データベースにおける ER 図を示す。InfoRod データベースは、Target テーブル、Swing テーブル、Owner テーブル、Location テーブルから構成される。各テーブルの詳細を以下で述べる。

Target テーブル

Target テーブルは、InfoRod データベースにおけるメインとなるテーブルである。情報アクセスの際の対象となる情報を表現する。Target テーブルは、Swing テーブル、Location テーブル、Owner テーブルの外部キーとなる id として、swing_id、location_id、owner_id を保持している。また、対象情報の名前、URL、対象作成日時、有効期限（開始日時、終了日時）などの情報を保持している。

Swing テーブル

Swing テーブルは、InfoRod における振る動作を表現したテーブルである。上下左右、または 8 方向の振る動作を 4 つ組み合わせる場合は、図 4.8 のように direction1 ~ direction4 の情報をカラムとして保持する。各 direction には、振る方向 ("Up", "Down", "Right", "Left", "UpRight", "UpLeft", "Down-

Right” , ”DownLeft”) が文字列として格納される .

Location テーブル

Location テーブルは , 情報アクセス対象となる実空間上の情報媒体の位置を表現する . 緯度 , 経度である latitude , longitude と , 情報媒体が目視可能である範囲を表す range(単位:m) の情報を保持している .

Owner テーブル

Owner テーブルは , 情報アクセス対象の管理者を表現するテーブルである . Owner テーブルは , 管理者側アプリケーションにログインするための login_name と , login_password , 管理者の本名を表す realname を保持する .

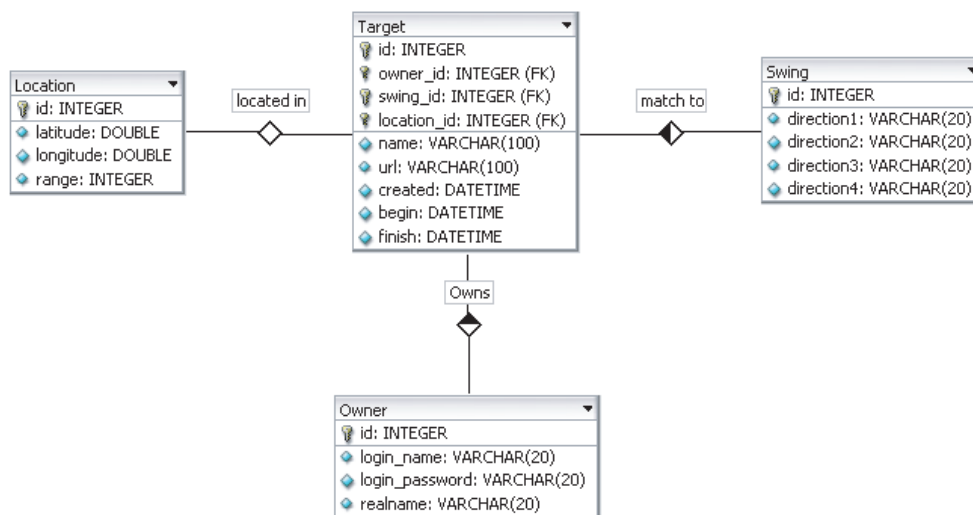


図 4.8 InfoRod データベースにおける ER 図

4.8 InfoRod の動作概要

本節では , InfoRod の利用者側 , 管理者側アプリケーションにおけるそれぞれの動作概要を述べる . まず , Unified model Language(UML) [5] を用いて作成したそれぞれの動作におけるシーケンス図を示す . その後 , 示したシーケンス図を基に , 各動作の説明を行う .

4.8.1 利用者側アプリケーションの動作概要

利用者側アプリケーションは , 第 4.5.1 項で述べたように動作解析層 , 情報取得層 , 対象特定層から構成される . 以下に , 動作解析層 , 情報取得層 , 対象特定層における動作概要を示す .

動作解析層における振り方向推測の動作概要

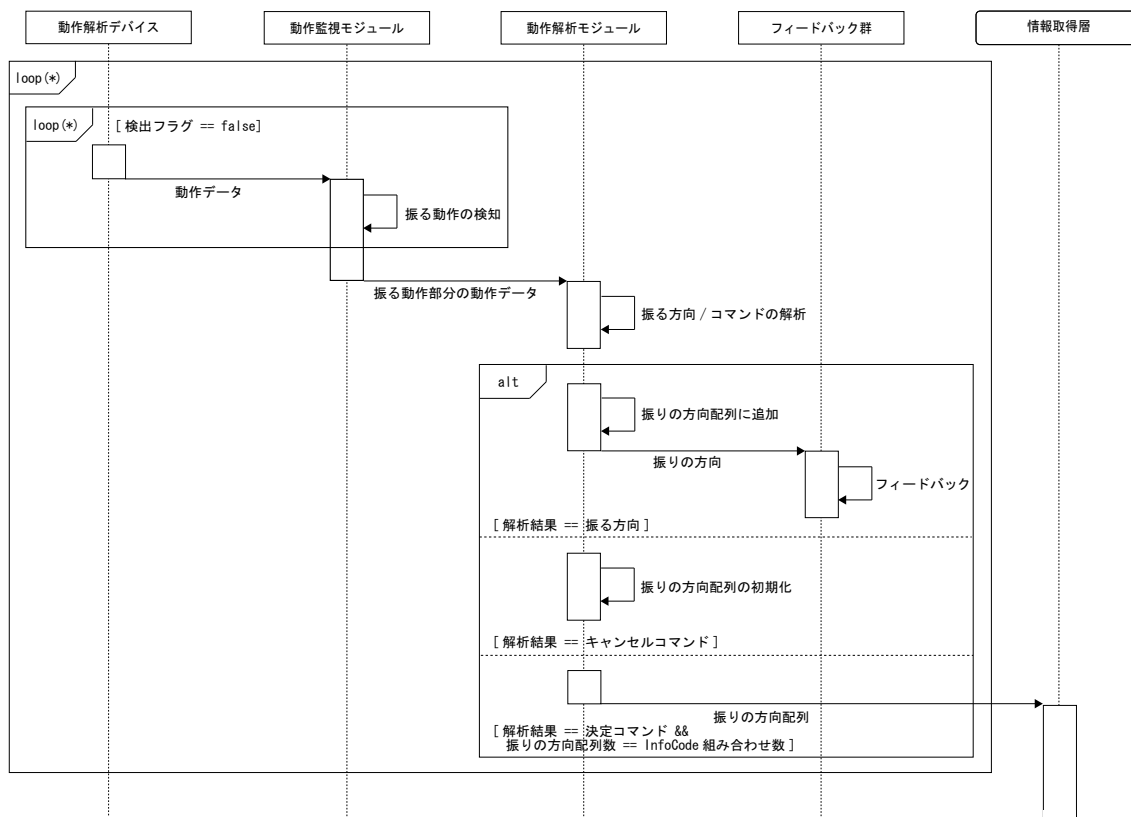


図 4.9 動作解析層における動作概要図

動作解析層における処理と情報の流れを図 4.9 に示す。動作解析層では、動作解析デバイスから取得した動作データから、InfoCode の再現として振られた方向や、コマンドを解析する。振られた方向は、配列として保持される。解析結果としてキャンセルコマンドが認識されると、振られた方向を格納する配列が初期化される。また、InfoCode で設定された組み合わせ数だけ振られた方向を配列に格納した後に、決定コマンドを認識すると情報取得層に振られた方向を格納した配列が送られる。

動作監視モジュールでは、動作解析デバイスから動作データを取得し続け、利用者の振る動作を監視する。動作データから振る動作を解析すると、振る動作行われた部分の動作データを動作解析モジュールに送る。

動作解析モジュールでは、動作データを解析し、振られた方向やコマンドを推測する。振られた方向を推測した場合は、フィードバック群に方向を送り、フィードバック群でそれぞれのフィードバックを利用者に返す。キャンセルコマンドとして認識した場合は、振られた方向を格納した配列を初期化する。決定コマンドとして認識した場合は、情報取得層に振られた方向を格納した配列を送る。

情報取得層

情報取得層における処理と情報の流れを図 4.10 に示す。情報取得層は、対象特定層で利用者の情報アクセス対象を特定するために利用する情報を収集する。情報取得モジュールは、振りの方向配列、現在時刻、位

置情報をそれぞれ、動作解析層、時刻取得モジュール、位置情報取得モジュールから取得する。情報収集モジュールは、取得した振りの方向配列、現在時刻、位置情報を対象特定層に送信する。

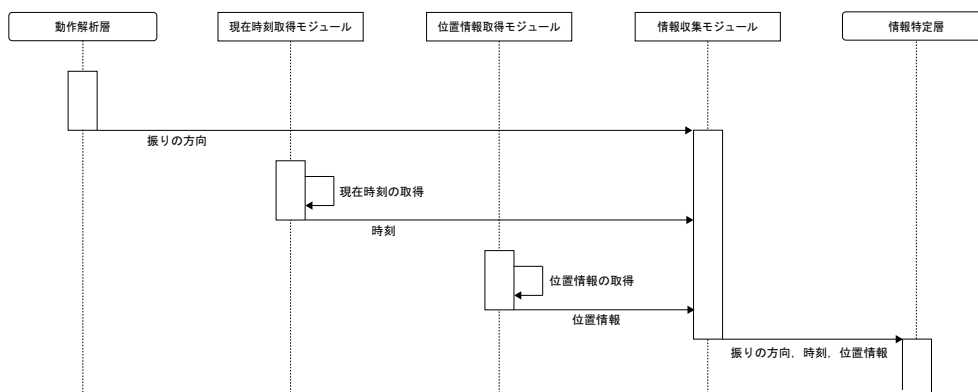


図 4.10 情報取得層における動作概要図

対象特定層

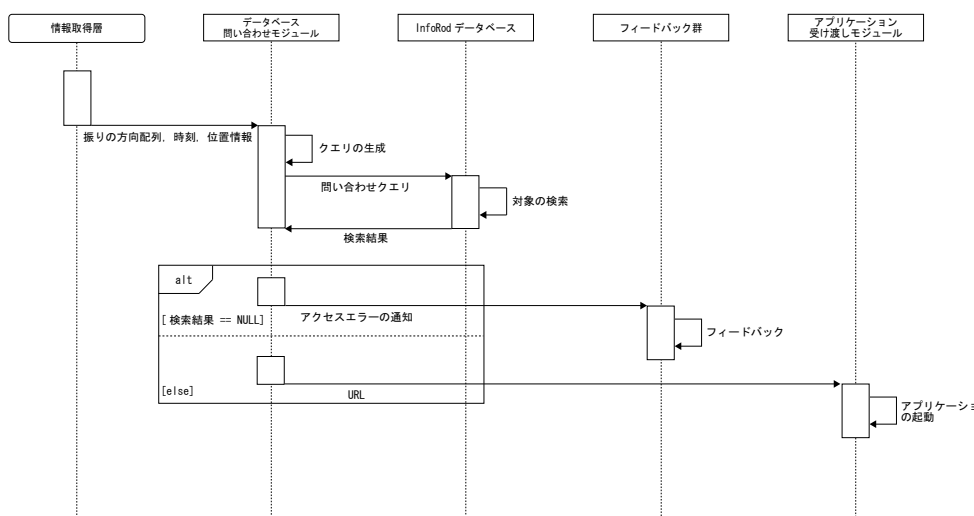


図 4.11 対象特定層における動作概要図

対象特定層における処理と情報の流れを図 4.11 に示す。対象特定層は、情報取得層から送られた情報を利用して利用者の意図するアクセス対象を特定し、URL を取得する。そして、実際に情報アクセスを行うアプリケーションに URL を渡し、アプリケーションを起動させる。

まず、データベース問い合わせモジュールは、情報取得層から振りの方向配列、現在時刻、位置情報のデータを取得する。これらのデータからクエリを生成し、InfoRod データベースに問い合わせを行う。検索結果がないと、アクセスエラーとしてフィードバック群で利用者にフィードバックを行う。検索結果があると、アプリケーション受け渡しモジュールに検索結果である URL を送信し、アプリケーション受け渡しモジュールは、アプリケーションに URL を渡し起動させる。

4.8.2 管理者側アプリケーションの動作概要

管理者側アプリケーションは、第 4.6.1 項で述べたようにインタフェース層、情報管理層から構成される。以下に、インタフェース層、情報管理層における動作概要を示す。

インタフェース層

インタフェース層における処理と情報の流れを図 4.12 に示す。インタフェース層は、地図上に InfoRod データベースに登録された情報を表示し、新規登録、編集、削除などの操作を受け付ける。

地図上に情報を表示する場合は、まず情報表示モジュールで表示範囲の位置情報を取得する。取得した位置情報を情報取得モジュールに送信し、情報取得モジュールから InfoRod データベースに表示範囲内に存在する対象の問い合わせを行う。取得した対象の情報は、情報取得モジュールで管理を行い、対象の ID と位置情報だけを情報表示モジュールに送信し、地図上にマーカーとして対象を表示する。

対象を新規登録する場合は、管理者が情報表示モジュールで位置を選択する。ついで、管理者が対象の詳細情報を入力後、位置情報と入力された詳細情報が情報管理層に送信される。

対象を編集する場合は、管理者が情報表示モジュールのマーカーを選択する。マーカーを選択すると情報表示モジュールは、ID を情報取得モジュールに問い合わせで対象の詳細情報を取得し、フォームに表示する。その後、管理者が詳細情報の編集を行うと、ID と更新した詳細情報を情報管理層に送信する。

対象を削除する場合は、管理者が情報表示モジュールのマーカーを選択する。情報表示モジュールは、選択された対象の ID を取得し、情報管理層に送信する。

情報管理層

情報管理層における処理と情報の流れを図 4.13 に示す。情報管理層は、インタフェース層から送られた管理者による対象の新規登録、編集、削除などの操作を実行する。

まず、作業確認モジュールがインタフェース層から作業内容を取得する。作業内容の正当性を確認するために、確認クエリを生成し、問い合わせモジュールに送信する。そしてクエリの結果を確認し、エラーが検出されるとインタフェース層にエラーを通知する。エラーが検出されなかったら、作業内容を作業実行モジュールに送信する。作業実行モジュールでは、InfoRod データベースを更新するための、実行クエリを生成し、問い合わせモジュールに送る。問い合わせモジュールからクエリの結果が返されると、インタフェース層に作業結果の通知を送信する。

4.9 まとめ

本章では、第 4 章で提案した実空間発見型情報アクセス手法である InfoRod の設計を行った。はじめに、InfoRod における振る動作の設計、振る動作に対するフィードバックの設計、InfoRod のデータベース設計などを行った。ついで、InfoRod のシステムにおける利用者側、管理者側アプリケーション双方のソフトウェア、ハードウェア構成について述べた。次章では、InfoRod プロトタイプの実装に関する説明を行う。

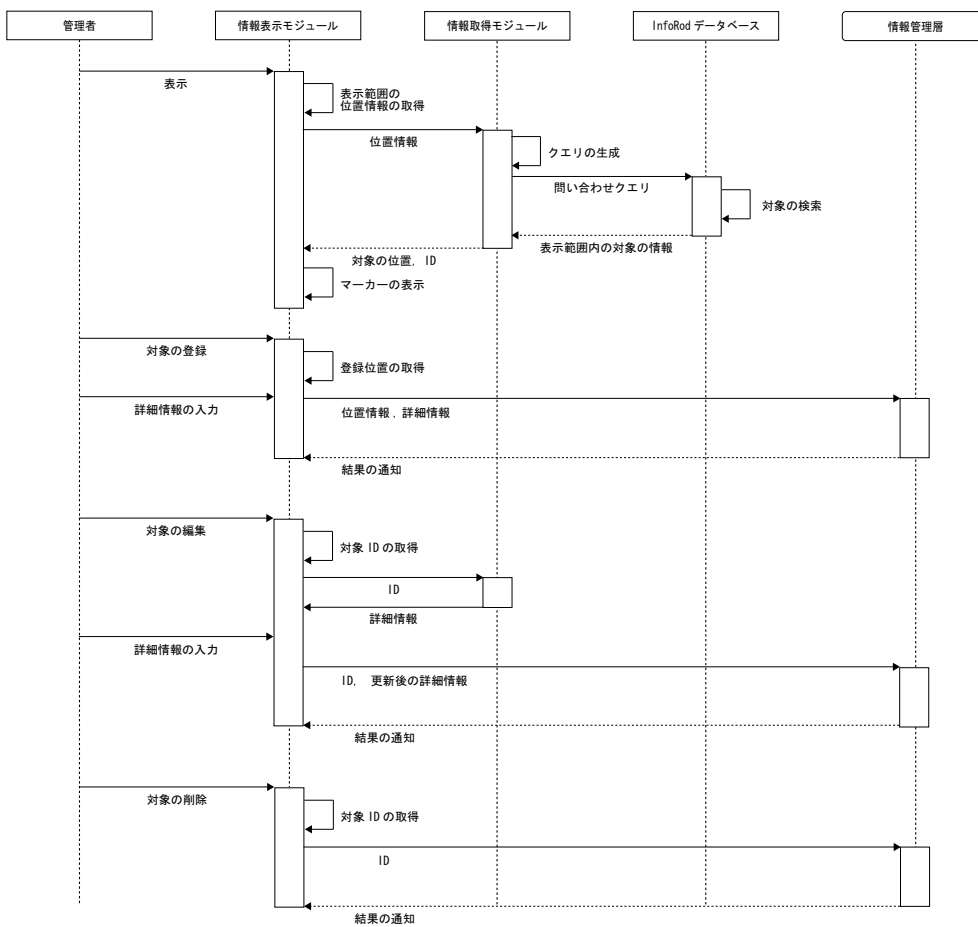


図 4.12 インタフェース層における動作概要図

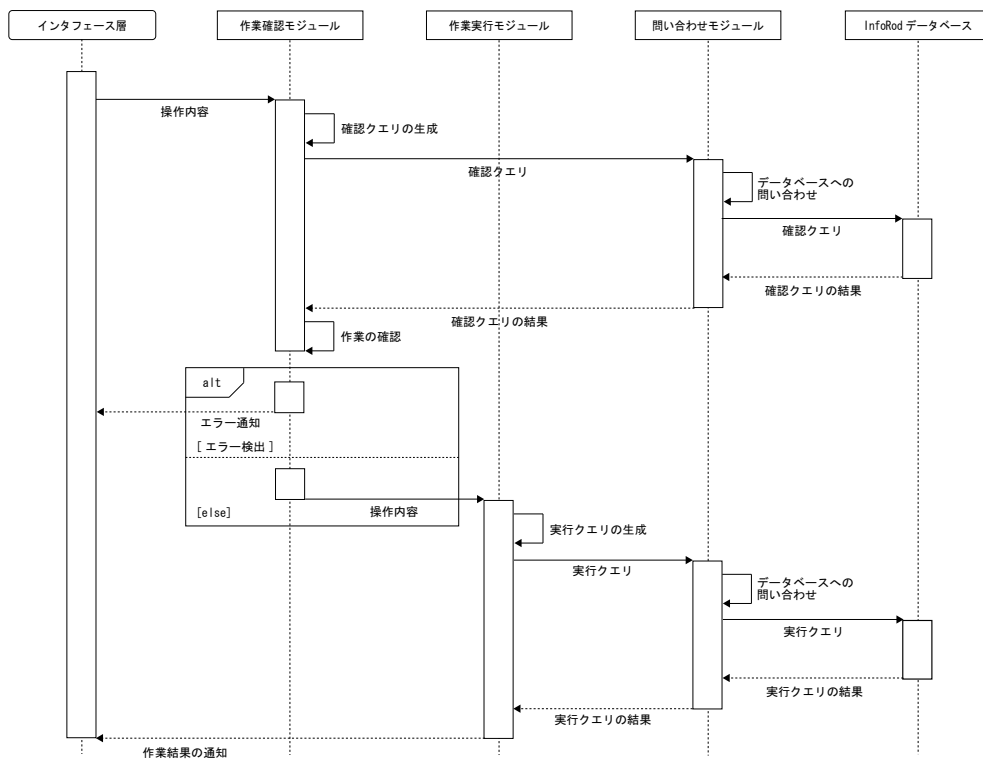


図 4.13 情報管理層における動作概要図

第 5 章

InfoRod の実装

本章では、端末を振る動作を用いた実空間発見型情報アクセス手法である InfoRod のプロトタイプ実装について述べる。まず、加速度センサを用いた端末を振る動作の解析について説明する。ついで、利用者側アプリケーションにおけるハードウェア、ソフトウェア双方についての実装を述べる。最後に、管理者側アプリケーションにおけるソフトウェア実装について述べる。

5.1 振る動作の解析

本節では、本論文における端末を振る動作の解析について述べる。はじめに、振る動作のさまざまな解析手法を述べ、振る動作の解析に加速度センサを用いる理由を説明する。ついで、4 方向に振る動作、8 方向に振る動作、コマンドとして用いる動作において加速度の値の変化の特徴を整理する。

5.1.1 振る動作の解析手法

本論文では、端末を振る動作を、端末に内蔵された加速度センサの値を解析することによって解析する。

動きを解析する手法としては、加速度センサを用いる手法の他に、環境にカメラを設置し人の指の動きを画像解析によって求める手法 [16] [9] や、端末に内蔵されたカメラの映像を解析することで端末の動きを求める手法などがある [10] [6]。しかし、環境にカメラを設置する手法では、環境にカメラを設置する必要があるため、公共空間全てで利用を想定している本手法ではあまり現実的ではない。また、カメラと利用者との間に何らかの障害物や、他人が存在した場合や、振る動作を解析する環境が暗かったりすると動作の解析を行うことが出来ない。端末に内蔵されたカメラの映像を解析する手法では、建物などの静止しているもの前で動作しないと解析出来ないという制限があるため、歩きながらの利用を想定している本手法では用いることが出来ない。よって本手法では、環境側にカメラなどのデバイスを設置する必要がなく、利用者が振る動作を行う時に環境側のことを全く気にすることのない加速度センサのデータを解析する手法を用いる。

5.1.2 3 軸加速度センサ

本論文では、振る動作の解析に、3 軸方向の加速度を取得可能な加速度センサを利用する。加速度センサから加速度の変化を調べることで、端末の動きの変化を知ることが出来る。また、地球の重力 (地面方向への $1g = \text{約 } 9.8m/s^2$) が端末にかかる向きを調べることで、地面に対する端末の傾きを知ることが出来る。

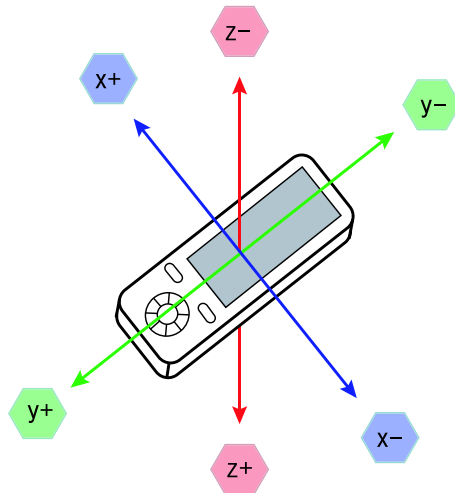


図 5.1 端末における 3 軸加速度の座標系

図 5.1 に、端末に対する X, Y, Z の 3 軸方向の直交座標系を示す。図 5.1 を見れば分かるように、X, Y, Z の 3 軸にはそれぞれプラス方向と、マイナス方向がある。また、加速度センサにおける X, Y, Z の 3 軸は端末を基準としたもの常に固定されているため、端末を Y 軸方向に反転させて持つと、利用者から見た X 軸のプラス、マイナス方向が逆転する。

5.1.3 振る動作における加速度の変化

本節では、上下左右の 4 方向と 8 方向のどれか一方に端末を振った時の加速度の値の変化を示す。そして、振る動作における加速度の変化について特徴を整理する。

4 方向に振った時の加速度の変化

端末を上下左右のどれか一方に振った時の加速度の変化を以下に示し、考察する。以下に表記するグラフにおける加速度の値の単位は全て mg (ミリジー = $1/1000g = 0.0098m/s^2$) である。また、グラフ 1 目盛りの時間の単位は 100 ミリ秒である。加速度 X は青色、加速度 Y は緑色、加速度 Z は赤色の線でグラフに表示する。

上方向に振る動作

図 5.2 は、端末を上にした時の動作を示している。端末の画面を上にした状態で持って図 5.2 のように振ると、図 5.1 で示した直行座標系における Z 軸のマイナス方向に端末が移動することになる。端末を上方向に振った時の加速度の値 X, Y, Z の変化を図 5.3 に示す。グラフを見ると、加速度 Z の値が大きく変化していることが分かる。加速度 X, 加速度 Y の値の変化はあまり大きくない。

最も変化の大きい加速度 Z の値に着目すると、加速度 Z の値は最初、減少しマイナスの値になる。次に、途中で加速度 Z の値は増加し、プラスに転じる。最後に、また加速度 Z の値が減少し、振る前の値に近い値に落ち着く。

加速度 Z の値の変化を説明すると、端末を上にした時、最初は端末が静止している状態から Z 軸のマイナス方向に端末が移動するので、Z 軸のマイナス方向に端末の速度が加速することになる。つま



図 5.2 上方向に振る動作

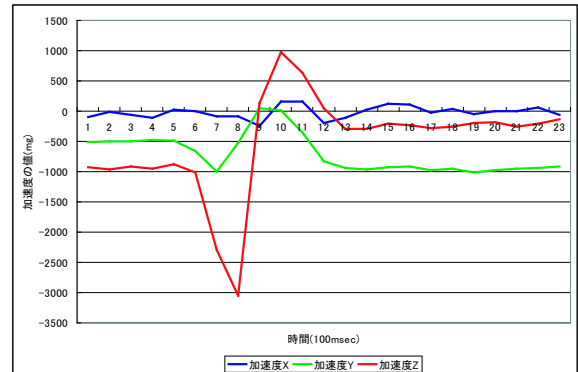


図 5.3 上方向に振った時の加速度の変化

り、加速度の値がマイナス方向に増加することになる。そして、端末を上へ振って動きを止めようとする時、Z 軸におけるマイナス方向の速度が減少することになるので、加速度の値がマイナス方向に減少、つまりプラスに転じる。最後に端末の動きが止まる時、端末の速度がゼロになるので、加速度 Z の値は振る前の値に収束する。また、最後に収束する加速度 Z の値が最初の値よりも大きいのは、上に振った後の端末の持ち方が最初に振った時の持ち方と異なるからである。

下方向に振る動作



図 5.4 下方向に振る動作

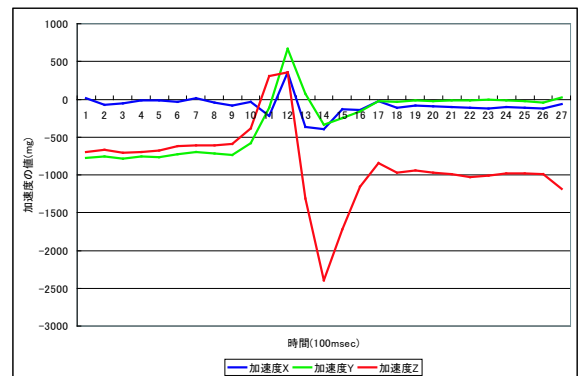


図 5.5 下方向に振った時の加速度の変化

図 5.4 は、端末を下方向に振った時の動作を示している。画面を上にした状態で端末を持って図 5.4 のように振ると、図 5.1 で示した直行座標系における Z 軸のプラス方向に端末が移動することになる。端末を下に振った時の加速度の値 X, Y, Z の変化を図 5.5 に示す。グラフを見ると、上方向に振る動作と同様に、加速度 Z の値が大きく変化していることが分かる。しかし、最初に加速度 Z の値がマイナスになってからプラスに転じた上方向に振る動作と異なり、最初に加速度 Z の値がプラスに推移してからマイナスに転じている。また、加速度 X, 加速度 Y の値の変化は上に振る動作と同様にあまり大きくない。

最も変化の大きい加速度 Z に着目すると、加速度 Z の値は最初、増加してプラスの値になる。次に、

途中で加速度 Z の値は減少し、マイナスに転じる。最後に、また加速度 Z の値が増加し、振る前の値に近い値に落ち着く。

加速度 Z の値が、図 5.5 のグラフのような変化をする理由に関しては、振る方向がマイナスからプラスになるだけで、上に振る動作と同様である。

右方向に振る動作

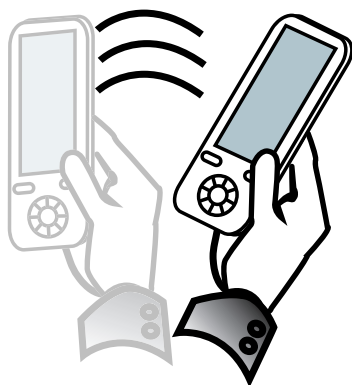


図 5.6 右方向に振る動作

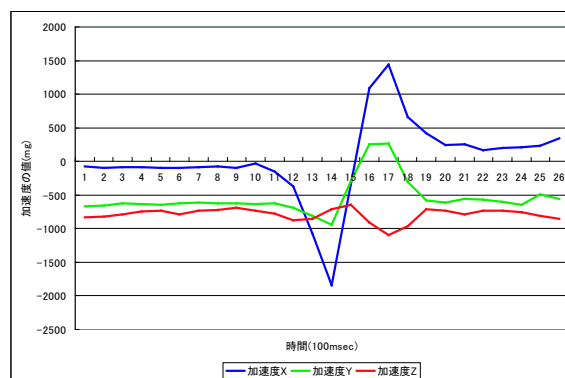


図 5.7 右方向に振った時の加速度の変化

図 5.6 は、端末を右方向に振った時の動作を示している。画面を上にした状態で端末を持って図 5.6 のように振ると、図 5.1 で示した直行座標系における X 軸のマイナス方向に端末が移動することになる。端末を右方向に振った時の加速度の値 X, Y, Z の変化を図 5.7 に示す。グラフを見ると、加速度 X の値が大きく変化していることが分かる。最初に加速度 X の値がマイナスに推移してからプラスに転じる。また、加速度 Y, 加速度 Z の値の変化あまり大きくない。

最も変化の大きい加速度 X の値に着目すると、加速度 X の値は最初、減少しマイナスの値になる。次に、途中で加速度 X の値は増加し、プラスに転じる。最後に、また加速度 X の値が減少し、振る前の値に近い値に落ち着く。

加速度 X の値が、図 5.7 のグラフのような変化をする理由に関しては、加速度が Z から X になるだけで、上に振る動作と同様である。

左方向に振る動作

図 5.8 は、端末を左方向に振った時の動作を示している。画面を上にした状態で端末を持って図 5.8 のように振ると、図 5.1 で示した直行座標系における X 軸のプラス方向に端末が移動することになる。端末を左に振った時の加速度の値 X, Y, Z の変化を図 5.9 に示す。グラフを見ると、右方向に振った動作と同様に加速度 X の値が大きく変化していることが分かる。最初に加速度 X の値がプラスに推移してからマイナスに転じる。また、右に振った動作と同様に加速度 Y, 加速度 Z の値の変化あまり大きくない。

最も変化の大きい加速度 X の値に着目すると、加速度 X の値は最初、増加しプラスの値になる。次



図 5.8 左方向に振る動作

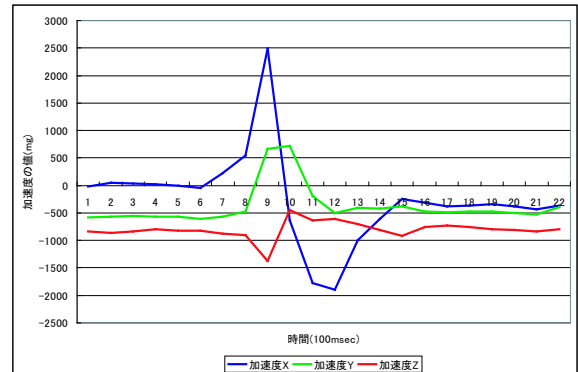


図 5.9 左方向に振った時の加速度の変化

に、途中で加速度 X の値は減少し、マイナスに転じる。最後に、また加速度 X の値が増加し、振る前の値に近い値に落ち着く。

加速度 X の値が、図 5.9 のグラフのような変化をする理由に関しては、振る方向がマイナスからプラスになるだけで、右に振る動作と同様である。

上下左右のどれか一方に振った時の加速度 X, Y, Z の値の変化について特徴のある箇所のみを表 5.1 にまとめる。上下方向に振った時は、加速度 X の値の変化が大きく、加速度 Y, Z の値の変化は小さい。左右方向に振った時は、加速度 Z の値の変化が大きく、加速度 X, Y の値の変化は小さい。上下、左右に振った時の加速度の値の変化の順番は、それぞれ逆になる。また、加速度 Y の値は、端末を前に突く動き手前に引く動きをしたときに大きな変化が起こるが、今回の上下左右のどれか一方に振った時の加速度の値の変化では、各方向に特徴が表れない。

表 5.1 上下左右に振る動作における加速度の変化の特徴

振る方向	加速度 X	加速度 Y	加速度 Z
上方向	-	-	マイナス プラス
下方向	-	-	プラス マイナス
右方向	マイナス プラス	-	-
左方向	プラス マイナス	-	-

斜めに振った時の加速度の変化

本項では、8 方向のどれか 1 つを振る動作を取得する時に必要となる、斜めに振る動作における加速度の変化を示し、考察を行う。

図 5.10 は、斜めに振る動作のひとつである右斜め上に振った時の加速度の変化を表したグラフである。右斜め上に振る動作における加速度の変化には、上に振った時の加速度 Z の変化と、右に振った時の加速度 X

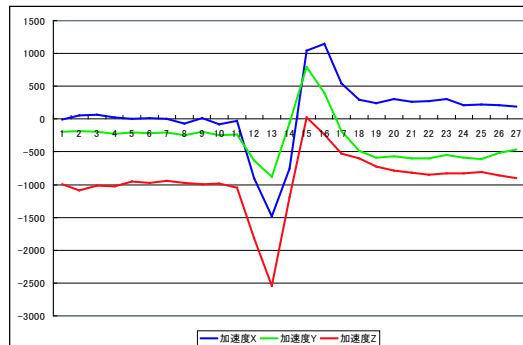


図 5.10 右斜め上方向に振った時の加速度の変化

の変化の特徴が現れている．右斜め上以外にも，右斜め下，左斜め上，左斜め下と全部で 4 種類の斜めに振る動作について検証を行った．

表 5.2 に，斜めに振る動作における加速度 X, Y, Z の変化について特徴のある箇所のみを整理する．斜めに振る動作は，右斜め上に振った時に右に振る動作と上に振る動作の特徴が出るように，振る方向に隣合わさった 2 つの方向の特徴が現れる．

表 5.2 斜めに振る動作における加速度の変化の特徴

振る方向	加速度 X	加速度 Y	加速度 Z
右斜め上	マイナス プラス	-	マイナス プラス
右斜め下	マイナス プラス	-	プラス マイナス
左斜め上	プラス マイナス	-	マイナス プラス
左斜め下	プラス マイナス	-	プラス マイナス

5.2 利用者側アプリケーション

本節では，InfoRod における利用者側アプリケーションの実装について述べる．まず，InfoRod の利用者側アプリケーションに用いるハードウェアについて述べる．ついで，InfoRod の利用者側アプリケーションのソフトウェア実装について述べる．

5.2.1 ハードウェア

InfoRod の利用者側アプリケーションでは，利用者側の端末として NTT ドコモの FOMA D904i [14](以下，D904i) を用いる．D904i は，動作解析デバイスとして，3 軸加速度センサが搭載されている．また，位置情報取得デバイスとして GPS も搭載されている．GPS の電波が取得出来ない屋内や地下，高層ビル群などでは NTT ドコモの無線基地局の情報から位置情報を取得することが可能である．フィードバックデバイスとしては，スピーカやバイブレーター，ディスプレイ，LED ライトを利用することが可能である．これらは全て NTT ドコモの i アプリから利用することが可能で，HTTP 通信限定であるがネットワークを利用することも

出来る．図 5.11 に InfoRod の利用者側アプリケーションとして利用する D904i を示す．InfoRod における利用者側アプリケーションに必要とされるデバイスが D904i に全て搭載されているため，D904i にその他のデバイスを取り付ける必要がない．D904i に i アプリとして利用者アプリケーションをダウンロードするだけで，InfoRod を利用することが可能である．

また，実空間上の情報媒体には第 4.1.1 項で述べたように矢印を組み合わせて出来た InfoCode を記載する．図 5.12 にポスターに記載された InfoCode の例を示し，図 5.13 に InfoRod における利用者側アプリケーションの全体図を示す．



図 5.11 D904i

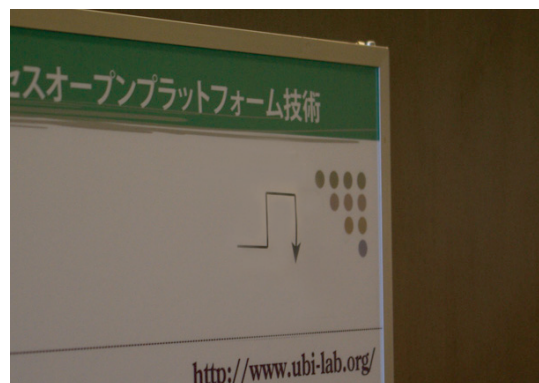


図 5.12 ポスターに記載した InfoCode の例

5.2.2 ソフトウェアの実装

本項では，第 4.5.1 項で述べられた利用者側アプリケーションを構成する動作監視モジュール，動作解析モジュール，データベース問い合わせモジュールについて，それぞれの実装の要点を述べる．

動作監視モジュール

動作監視モジュールは，加速度センサの値を監視し，利用者の端末を振る動作を検知する．振る動きを検出してから，次の検出までの得られる加速度の値を保持し，動作解析モジュールに渡す．振る動きの検知を逃さないために，100 ミリ秒ごとに取得する加速度の値，4 回分の分散値を計算し，加速度の値の変化を敏感に検知出来るようにした．また，第 5.1.3 項から分かるように，上下に振った時は加速度 Z が大きく変化し，左右に振った時は，加速度 X が大きく変化する．よって，動作監視モジュールでは，4 回分の加速度 X の分散値と加速度 Z の分散値の平均値を監視することで振る動作を検知する．

動作解析モジュール

動作解析モジュールは，動作監視モジュールから送られた加速度の値を解析することで，端末の動作を解析する．動作解析モジュールは，コマンド解析部と方向解析部から構成されている．コマンド解析部では，利用者の方に振る動作を行う受信コマンドと細かく何回も振る動作を行うキャンセルコマンドを判別する．方向解析部では，InfoCode を再現するために行う動作である 4 方向または 8 方向へ端末を振るといった動作の中から



図 5.13 利用者側アプリケーションの全体図

どの方向に振られたかを解析する。

データベース問い合わせモジュール

データベース問い合わせモジュールでは、位置情報取得モジュール、動作取得モジュール、現在時刻取得モジュールから受け取ったデータを元にクエリを生成し、InfoRod データベースに対象となる情報媒体の URL を問い合わせる。Doja では、HTTP 通信でしかネットワークに接続することが出来ないため、InfoRod のサーバ側にデータベース問い合わせ用 PHP ファイルを置く。PHP ファイルに HTTP 通信でクエリを送信し、HTTP 通信でデータベース問い合わせ結果の URL を取得する。

アプリケーション受け渡しモジュール

アプリケーション受け渡しモジュールでは、データベース問い合わせモジュールより受け取った URL からアプリケーションを起動する。今回の実装では、D904i に搭載されているブラウザを起動し、データベース問い合わせモジュールから受け取った URL のサイトにアクセスを行った。

音声フィードバックモジュール

動作解析モジュールから、端末が振られた方向を取得し、振られた方向に対しあらかじめ割り当てていた音声ファイルを再生することで、利用者にフィードバックを返す。

```

public String inferSwingDirection(Vector accelerationX, Vector accelerationZ) {

    //X, Zの最大値, 最小値
    int max_of_x = -4000;
    int min_of_x = 4000;
    int max_of_z = -4000;
    int min_of_z = 4000;

    //X, Zの最大値, 最小値の差
    int difference_x = 0;
    int difference_z = 0;

    //X, Zの最大値, 最小値を保持する配列番号
    int array_num_of_max_x = 0;
    int array_num_of_min_x = 0;
    int array_num_of_max_z = 0;
    int array_num_of_min_z = 0;

    //それぞれの最大値, 最小値を求める
    for(int i = 0; i < this.accelerationX.size(); i++) {

        int x_data = ((Integer)accelerationX.elementAt(i)).intValue();
        int z_data = ((Integer)accelerationZ.elementAt(i)).intValue();

        if(x_data > max_of_x) {
            max_of_x = x_data;
            array_num_of_max_x = i;
        } else if(x_data < min_of_x) {
            min_of_x = x_data;
            array_num_of_min_x = i;
        }

        if(z_data > max_of_z) {
            max_of_z = z_data;
            array_num_of_max_z = i;
        } else if(z_data < min_of_z) {
            min_of_z = z_data;
            array_num_of_min_z = i;
        }
    }

    //最大値, 最小値の差を求める
    difference_x = max_of_x - min_of_x;
    difference_z = max_of_z - min_of_z;

    if(difference_x > difference_z) {
        if(array_num_of_max_x > array_num_of_min_x) return "Right";
        else return "Left";
    } else {
        if(array_num_of_max_z > array_num_of_min_z) return "Up";
        else return "Down";
    }
}

```

図 5.14 振り方向解析アルゴリズム

振動フィードバックモジュール

音声フィードバックモジュールと同時に、動作解析モジュールから端末が振られた方向を取得する。振動フィードバックモジュールでは、振られた方向は使用せず、どの方向に振られたかに関わらずバイブレーターを振動されることで利用者にフィードバックを返す。

動作表示モジュール

音声フィードバックモジュールと同時に、動作解析モジュールから端末が振られた方向を取得する。端末が振られたら、画面に振られた方向を表示する。動作表示モジュールでは振られた方向を保持し、振られた方向を組み合わせたコードを生成して画面に表示する。キャンセルコマンドが行われるか、情報アクセスが完了したら、保持していた振られた方向を初期化する。

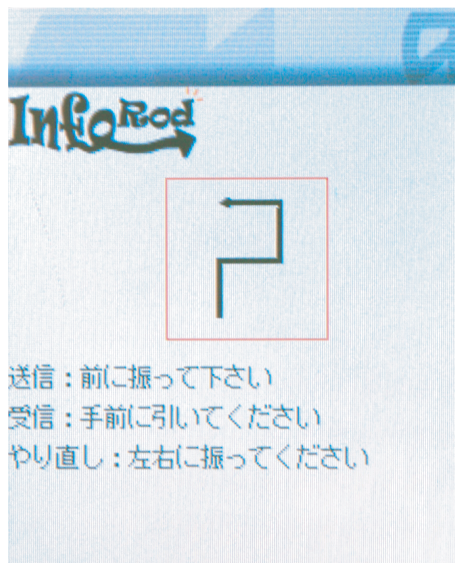


図 5.15 利用者側アプリケーションのスクリーンショット

5.3 管理者側アプリケーション

本節では、InfoRod における管理者側アプリケーションの実装について述べる。まず、InfoRod の管理者側アプリケーションに用いるハードウェアについて述べる。ついで、InfoRod の管理者側アプリケーションのソフトウェアについて述べる。

5.3.1 ハードウェア

管理者側アプリケーションは、第 4.6 節で述べたように Web アプリケーションである。本論文では、管理者側アプリケーションの Web サーバーとして IBM の ThinkPad T23 [1] を用いた。表 5.3 に、管理者側アプリケーションのサーバーである ThinkPad T23 の環境を示す。

5.3.2 ソフトウェアの実装

本項では、第 4.6.1 項で述べた InfoRod の管理者側アプリケーションを構成する情報表示モジュール、情報管理モジュール、作業確認モジュールについて、それぞれの実装の要点を述べる。

表 5.3 管理者側アプリケーションの稼働環境

項目	環境
CPU	モバイル Pentium III 1.20GHz-M
Memory	1,024MB
HDD	48GB
OS	Debian 2.4.27

情報表示モジュール

情報表示モジュールは、InfoRod に登録されている情報を地図上に表示する地図表示部と、登録されている詳細情報を表示する詳細情報表示部から構成される。地図表示部を実装するため、本論文では GoogleMapsAPI を利用し、GoogleMap 上にマーカーとして登録されている情報を表示した。マーカーをクリックすると、対象の詳細情報が右側のフォームに表示される。図 5.16 に情報表示モジュールのスクリーンショットを示す。情報表示モジュールは、GoogleMapsAPI を利用するため、JavaScript を用いて実装を行った。



図 5.16 管理者側アプリケーションのスクリーンショット

情報取得モジュール

情報表示部の情報の表示のために、情報取得モジュールは InfoRod データベースに問い合わせ、地図として表示されている範囲内に登録されている対象を XML 形式でサーバーに保存する。図 5.17 は、生成される XML の例である。まず、情報表示モジュールでマーカーを表示するために生成された XML を解析し、ID と緯度経度の情報を送る。その後、対象がクリックされ詳細情報を表示する必要になると、生成された XML を解析して情報表示部に詳細情報を返す。

```

<?xml version=' 1.0' encoding=' UTF-8' ?>
<places>
  <place id ="1">
    <owner>KyoheiKawada</owner>
    <name>InfoRod</name>
    <url>http://savannah.ht.sfc.keio.ac.jp/~kyo/inforod.html</url>
    <created>2007-12-03 11:45:10</created>
    <begin>2007-12-10 00:00:00</begin>
    <end>2008-12-31 00:00:00</end>
    <code>
      <direction1>Up</direction1>
      <direction2>Left</direction2>
      <direction3>Up</direction3>
      <direction4>Right</direction4>
    </code>
    <latitude>35.38751055764283</latitude>
    <longitude>139.4279944896698</longitude>
    <range>10</range>
  </place>
  <place id ="2">
    <owner>NaoyaNamatame</owner>
    <name>ZooGraph</name>
    <url>http://savannah.ht.sfc.keio.ac.jp/~kyo/zoograph.html</url>
    <created>2007-12-05 13:44:54</created>
    <begin>2007-12-10 00:00:00</begin>
    <end>2008-12-31 00:00:00</end>
    <code>
      <direction1>Up</direction1>
      <direction2>Right</direction2>
      <direction3>Down</direction3>
      <direction4>Right</direction4>
    </code>
    <latitude>35.3886388775391</latitude>
    <longitude>139.42789793014526</longitude>
    <range>20</range>
  </place>
</places>

```

図 5.17 生成される XML の例

作業確認モジュール

作業確認モジュールは、管理者が行った対象を登録、編集、削除する操作に誤りがないか確認する。作業確認モジュールでは、登録した対象の範囲内に同じ振る動作で、有効期限が重複した対象が存在しないかなどの確認を InfoRod データベースに問い合わせで行う。

作業実行モジュール

作業実行モジュールは、作業確認モジュールで確認された管理者の作業を実際に InfoRod データベースに登録する。対象の登録は、INSERT のクエリを生成し、対象の編集は UPDATE のクエリ、対象の削除は DELETE のクエリを生成する。生成されたクエリは、問い合わせモジュールに送信され、InfoRod データベースが更新される。

5.4 まとめ

本章では、前章で述べた InfoRod の設計をもとに InfoRod のプロトタイプを実装し、実装の詳細を説明した。まず、加速度センサを用いた端末を振る動作の解析について整理し、端末を振った時の加速度の値の変化の特徴を示した。ついで、利用者側アプリケーションにおけるハードウェア、ソフトウェア双方についての実装を述べた。その後、管理者側アプリケーションにおけるソフトウェア実装について述べた。次章では、本章で実装した実空間発見型情報アクセス手法である InfoRod の評価実験から有用性を検証する。

第 6 章

評価

本章では，端末を振る動作を用いた実空間発見型情報アクセス手法である InfoRod を評価する．本手法の評価を行うために，複数の被験者による評価実験を実施した．この評価実験では，第 2.5 節で述べた実空間発見型情報アクセス手法の機能要件，1) 距離的制約の解消，2) 強制的な歩行停止の排除，3) 強制的な画面注視の排除の 3 点について評価する．本章では，評価実験の概要を説明し，実験の結果を示す．最後に，実験から得られた結果をもとに InfoRod についての考察を行う．

6.1 評価実験の概要

本節では，本論文における InfoRod の評価実験の概要を述べる．はじめに，実験環境や被験者，実験手順，アンケート項目について説明する．その後，実験結果を示し，本実験評価に対する考察を述べる．

6.1.1 実験環境

本評価実験は，屋内の通路の壁に A4 サイズのポスターを数枚貼り行った．ポスターには，3cm 四方の大きさの InfoCode を記載した．図 6.1 に，本評価実験に用いたポスターを示す．また，第 2.5 節で述べた距離的制約の解消を InfoRod が満たしているかを実証するために，実験環境はポスターと利用者との距離が 10m ほど離れられる場所で行った．

6.1.2 被験者

表 6.1 に本評価実験における被験者の性別分布を，表 6.2 に本評価実験における被験者の年代分布を示す．本評価実験の被験者は，男性 23 人，女性 6 人の合計 29 人である．男性の被験者の数が，女性の被験者の数に比べ多かった．また，本評価実験の被験者における年代分布は，10 代 3 人，20 代 25 人，50 代 1 人であった．本実験の被験者は，主に大学の研究室の生徒であるため，年代が 20 代の被験者がほとんどである．

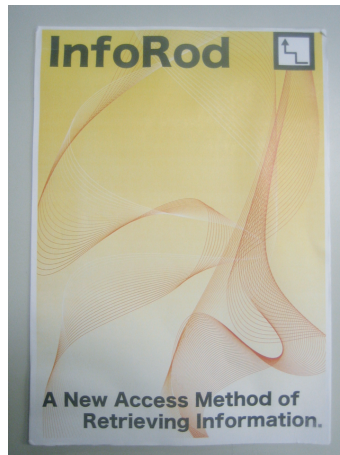


図 6.1 評価実験に用いたポスター

表 6.1 評価実験における被験者の性別分布

被験者の性別	被験者数 (人)
男性	23
女性	6
合計	29

表 6.2 評価実験における被験者の年代分布

被験者の年代	被験者数 (人)
10 代	3
20 代	25
30 代	0
40 代	0
50 代	1
60 代	0
合計	29

6.1.3 実験手順

本評価実験の手順を以下に示し、実験手順の詳細を説明する。

実験手順

1. 被験者に InfoRod の説明を行う。
2. 被験者の前で InfoRod を利用する。
3. 被験者に InfoRod を利用させる。
4. InfoRod を利用しての情報アクセスに要する時間を測定する。
5. 被験者に離れた場所から InfoRod を利用させる。
6. 被験者に歩きながら InfoRod を利用させる。
7. 被験者に評価用紙に記入させる。

手順 1 では、まず被験者に InfoRod の使い方の説明を行った。そして、ポスターに記載した InfoCode の通りに端末を振った後に、決定コマンドである手前に端末を振る動作を行うとポスターに記載された関連情報の

URL が取得することが出来ることを伝えた。ついで、手順 2 として、被験者の前で実際に InfoRod で情報アクセスを行ってみせた。手順 3 では、被験者に InfoRod を実際に利用してもらい、InfoRod の使い方に慣れもらう。手順 4 では、実際に InfoRod を用いて情報アクセスする際にかかる時間を計測した。計測した回数は 1 人の被験者に対して 5 回で、振る動作を間違えてやり直す時間も計測した。また、計測時はポスターの前で立ち止まったまま InfoRod による情報アクセスを行わせた。手順 5 では、手順 4 よりも離れた場所から InfoRod を利用して情報アクセスを行わせた。手順 6 では、歩きながら InfoRod を用いて情報アクセスを行わせた。最後に、手順 7 として、被験者に後述する評価用紙に記入させた。

6.1.4 評価用紙

前述した実験手順の手順 7 で、被験者に記入させた評価用紙の設問を以下に示し、各設問の意図を説明する。

InfoRod の利用に関する設問

1. 携帯端末を振る動作は負担に感じましたか。
2. 1 で負担に感じた人は理由を記入してください。
3. あなたの意図した通りに認識しましたか。
4. InfoRod を利用するにつれてコツが掴めるようになりましたか。
5. 離れた場所からでも利用することが出来ましたか。
6. 画面を見ることなく利用することが出来ましたか。
7. 歩きながら利用することは出来ましたか。

InfoCode に関する設問

1. ポスターに記載されたコードは、遠くからでも見やすいか。
2. ポスターに記載されたコードは、すぐ理解出来るものであるか。
3. ポスターに記載されたコードで、見間違えることがあったか。

上記に述べた設問は、InfoRod に関する設問の設問 2 以外は、全て 5 段階評価である。

まず、InfoRod の利用に関する設問の意図を説明する。設問 1 は、振るという動作が利用者にとってどの程度負担になるものかを評価し、設問 2 で、振る動作が利用者にとって負担になる要因を調べる。設問 3 では、本論文で実装した InfoRod の認識精度を評価する。設問 4 は、振る動作に対する学習のしやすさ、コツの掴みやすさである習熟度を評価する。設問 5 では、本論文の第 2.5 節で述べた実空間発見型情報アクセス手法の機能要件である距離的制約の解消が満たされているかを評価する。設問 6 も、設問 5 と同様に、機能要件の 1 つである強制的な画面注視の排除を満たしているかを評価する。設問 7 も同じく、機能要件の 1 つである強制的な歩行停止の排除を満たしているかを評価する。

ついで InfoCode に関する設問の意図を説明する。設問 1 では、第 3.3 節で述べた振る動作の設計指針である認識の容易性を評価する。また、設問 2, 3 も設問 1 と同様に、認識の容易性を評価するための設問である。

6.1.5 評価結果

本評価実験における結果を以下の表に示す。まず、実験手順7で被験者に記入させた評価用紙の結果である「InfoRodの利用に関する設問結果」と「InfoCodeに関する設問結果」を示す。ついで、InfoRodによる情報アクセスを5回行った結果である「実験手順3の結果」を示す。

InfoRodの利用に関する設問結果

初めに実験の結果を表6.3～表6.8に示し、6つの表それぞれを数値化し、平均を算出したものを表6.9に示す。

表 6.3 InfoRod:設問1「振る動作が負担に感じたか」の回答結果

	全く感じない	あまり感じない	どちらでもない	少し感じる	とても感じる
回答者数(人)	6	16	3	3	1

表 6.4 InfoRod:設問3「意図した通りに認識出来たか」の回答結果

	とても良く認識する	良く認識する	どちらでもない	あまり認識しない	全く認識しない
回答者数(人)	16	11	2	0	0

表 6.5 InfoRod:設問4「コツが掴めるようになったか」の回答結果

	とても良く掴める	良く掴める	どちらでもない	あまり掴めない	全く掴めない
回答者数(人)	18	10	1	0	0

表 6.6 InfoRod:設問5「離れた場所からでも利用出来たか」の回答結果

	とても良く出来る	良く出来る	どちらでもない	あまり出来ない	全く出来ない
回答者数(人)	19	8	2	0	0

表 6.7 InfoRod:設問6「画面を見ることなく利用出来たか」の回答結果

	とても良く出来る	良く出来る	どちらでもない	あまり出来ない	全く出来ない
回答者数(人)	9	9	1	6	4

表 6.8 InfoRod:設問 7「歩きながらの利用が出来たか」の回答結果

	とても良く出来る	良く出来る	どちらでもない	あまり出来ない	全く出来ない
回答者数(人)	13	12	2	2	0

表 6.9 InfoRod:数値化した評価結果

設問	設問 1	設問 3	設問 4	設問 5	設問 6	設問 7
数値化した結果の平均値	3.79	4.48	4.59	4.59	3.45	4.24

InfoCode に関する設問結果

初めに実験の結果を表 6.10～表 6.12 に示し、3 つの表それぞれを数値化し、平均を算出したものを表 6.13 に示す。

表 6.10 InfoCode:設問 1「離れた場所からでも見やすいか」の回答結果

	とても良く見える	良く見える	どちらでもない	あまり見えない	全く見えない
回答者数(人)	9	10	4	0	0

表 6.11 InfoCode:設問 2「すぐに理解出来るか」の回答結果

	すごく理解出来る	良く理解出来る	どちらでもない	あまり理解出来ない	全く理解出来ない
回答者数(人)	23	4	1	1	0

表 6.12 InfoCode:設問 3「見間違いがあったか」の回答結果

	全くない	ほとんどない	どちらでもない	少しある	すごくある
回答者数(人)	25	3	0	1	0

表 6.13 InfoCode:数値化した結果

設問	設問 1	設問 2	設問 3
数値化した結果の平均値	3.76	4.69	4.79

実験手順 3 の結果

第 6.1.3 節で述べた手順 3 の結果を表 6.14 に示す。表 6.14 は、全被験者が InfoRod による情報アクセスに要した時間の平均と、振る動作において間違えてしまう確率を示している。

表 6.14 実験手順 3 の評価結果

	平均時間 (秒)	間違える確率 (%)
1 回目	15.25	28.57
2 回目	14.07	7.14
3 回目	15.71	21.42
4 回目	13.78	10.71
5 回目	14.53	14.28
合計	14.67	16.42

6.1.6 考察

本節では、評価実験の結果から本論文で提案した端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod の有用性について検証する。まず、第 2.5 節で述べた実空間発見型情報アクセス手法の機能要件を、本論文で提案した InfoRod が満たしているか検証する。ついで、本論文で実装した InfoRod のプロトタイプユーザビリティを検証する。最後に、本論文で設計した InfoCode が、第 3.3 節で述べた振る動作における設計指針を満たしているか検証する。

機能要件の検証

第 2.5 節で述べた実空間発見型情報アクセス手法の機能要件を、本論文で提案した InfoRod が満たしているかどうかを検証する。第 2.5 節で述べた機能要件は、距離的制約の解消、強制的な歩行停止の排除、強制的な画面注視の排除の 3 つである。InfoRod の利用に関する設問から、これら 3 つの機能要件について、InfoRod が満たされているか検証した。

「離れた距離から利用出来るか」という設問 5 に対して、被験者 29 人中 27 人が、とても良く出来る、または良く出来ると答えた。設問結果を数値化した平均値は、5 点満点中 4.59 ととても高い値になっている。この結果から、実空間発見型情報アクセス手法の機能要件の 1 つである距離的制約の解消を InfoRod が満たしていると言えることが出来る。

しかし、「画面を見ることなく利用出来るか」という設問 6 に対しては、被験者 29 人中 18 人しか、とても良く出来る、または良く出来ると答えなかった。設問結果を数値化した平均値も、3.45 と他の設問に比べても低い値となった。あまり出来ない、または全く出来ないと答えた人は、被験者 29 人中 10 人であった。この結果から、実空間発見型情報アクセス手法の機能要件の 1 つである強制的な画面注視の排除が、InfoRod では完全に満たされていないことが分かる。また本評価実験で「音だけでは、どの方向に振ったのかが分かりにくい」という被験者の意見を得ることが出来た。本論文で設計したフィードバックだけでは、画面を見ることなく振る動作を行うことが出来ないことが分かった。今後、振る動作に対するフィードバックとして、画面を見る必要がなく、的確に方向を利用者に伝えられるものを取り入れる必要がある。

「歩きながら利用出来るか」という設問 7 に対しては、被験者 29 人中 25 人の人が、とても良く出来る、または良く出来ると答えた。設問結果を数値化した平均値も、4.24 と比較的高い値となった。この結果から、本論文で提案する InfoRod が実空間発見型情報アクセス手法の機能要件の 1 つである強制的な歩行停止の排除を満たしていると言えることが出来る。しかし、被験者 29 人中 2 人が、あまり出来ないと答えた。そして、被

験者から「歩く速さがゆっくりなら利用可能であるが、速く歩くと利用が難しい」という意見を得た。速く歩くと利用が難しいということは、速く歩くと上手くアプリケーションに振る動作を認識させられないからだと考えられる。アプリケーションによる端末を振る動作の認識精度を上げることで、利用者がアプリケーションに認識させることを意識することなく振る動作が行える。そのため、解析精度を向上させることで、速く歩きながらも利用者に負担なく InfoRod を利用することが可能になる。また、被験者から「歩きながらというよりは、エレベーターなどに乗っているときに便利」といった意見も得られた。

ユーザビリティの検証

InfoRod の利用に関する設問や、実験手順 3 の結果などから、InfoRod のユーザビリティを検証する。ユーザビリティの検証は、InfoRod の利用に関する設問の結果と、実験手順 3 の結果から検証出来る。

「振る動作に負担を感じたか」という設問 1 は、被験者 29 人中 22 人が、全く負担を感じない、またはあまり負担を感じないと答えた。設問結果を数値化した平均値は 3.79 で、他の設問結果と比べて比較的良かった。被験者 29 人中 4 人は、少し負担を感じる、またはとても負担を感じると答えた。設問 2 では、振る動作が負担に感じた理由として「振る動作に慣れていない」、「何回振るのが大変である」などの意見が得られた。設問 1、設問 2 から、振る動作は多くの人にとって負担が感じることがなく有効であるが、負担に感じる人も一部であることが分かった。振る動作になれていないという意見からも、Wii [12] などの振る動作を用いたゲームなどが広く普及すれば、負担に感じる人も減ると考えられる。

「振る動作が意図した通りに認識したか」という設問 3 に対しては、被験者 29 人中 27 人の人が、とても良く認識する、または良く認識すると答えた。設問結果を数値化した平均値も 4.48 と非常に高くなっている。しかし、実験手順 3 で被験者に InfoRod による情報アクセスを 5 回行わせた結果では、平均で 16.42% の確率で、InfoRod のアプリケーションが利用者の端末を振る動作を誤って認識している。それでも、被験者による認識精度を問う設問結果が良かった理由としては、振る動作を認識する入力インタフェースが他にあまり存在しないため、ある程度の誤認識が許されたのではないかと考えられる。しかし、実際に InfoRod を普及させるには 16.42% という振る動作に対する誤認識は高すぎる。今後、より高い認識精度のアプリケーションを開発する必要がある。

「利用するにつれてコツが掴めたか」という設問 4 に対しては、被験者 29 人中 28 人が、とても良くコツが掴めた、または良くコツが掴めたと答えた。設問結果を数値化した平均値も 4.59 と非常に高い値となっている。また、手順 3 の被験者に InfoRod による情報アクセスを 5 回行わせた結果を見ても、1 回目の平均が 15.25 秒、2 回目が 14.07 秒、3 回目が 15.71 秒、4 回目が 13.78 秒、5 回目が 14.53 秒と、回数が増えるにつれ情報アクセスに要する時間が短くなることもない。このことから、振る動作は非常にコツが掴みやすく、初めて利用する人にも有効な手法であることが言える。

InfoCode の検証

本論文で設計した InfoCode が、第 3.3 節で述べた振る動作における設計指針を満たすものかどうか検証を行う。被験者に答えさせた InfoCode に関しての設問の結果を基に、InfoCode が振る動作における設計指針を満たすものかどうか検証する。本評価実験では、第 3.3 節で述べた設計指針のうちの認識の容易性について検証する。認識の容易性には、1) 遠距離からでも認識可能であること、2) 瞬時に理解可能であること、3) 見間違いが少ないことの 3 つの要件を満たす必要があることが第 3.3 節で述べられている。

「記載されたコードは遠くから見やすいか」という設問 1 に対し、被験者 29 人中 19 人が、とても良く見える、または良く見えると答えた。設問結果を数値化した平均値は、3.76 となっている。また、「記載された

コードはすぐ理解出来るか」という設問 2 に対しては、被験者 29 人中 27 人が、すぐ理解出来る、または良く理解出来ると答えた。設問結果を数値化した平均値は、4.69 と非常に高い値となった。「記載されたコードは、見間違えがないか」という設問 3 に対しては、被験者 29 人中 28 人が、全く見間違えがない、またはほとんど見間違えがないと答えた。設問結果を数値化した平均値は、4.79 となり、設問 2 と同じく非常に高い値となった。

この結果から、本論文で設計した InfoCode は、瞬時に理解可能であること、見間違いが少ないことを満たしていると言える。しかし、遠くからでも認識可能であるという点においては、他の 2 つに比べあまり良い結果とならなかった。

評価実験における、遠くからでも見やすいかという評価は比較的低かった。この原因としては、図 6.1 から分かる通り、ポスターのタイトルの文字と同じ大きさに InfoCode を記載したからである。情報媒体の内容が理解でき、InfoCode の振る動作が認識出来ない状況がないようにするために、図 6.1 のような InfoCode の大きさにした。しかし、今回の結果からタイトルの文字と同じ大きさの InfoCode では、利用者にとって見えにくいことが分かった。今後は、記載する情報の大きさと InfoCode の大きさの最適なバランスを探す必要がある。

6.2 幅広い年齢層を対象とした評価

前節で行った評価実験では、被験者のほとんどが大学生であり、評価実験を行った被験者の数も 29 人と少なかった。InfoRod による情報アクセス手法を実用化するためには、幅広い年代の利用者にも使いやすい必要がある。本節では、SFC Open Research Forum 2007 [21] において本論文で提案した InfoRod のプロトタイプをデモした際のアンケートから、InfoRod を評価する。

6.2.1 実験環境

本実験は、SFC Open Research Forum 2007 において評価実験を行った。実験環境としては、本フォーラムの会場が六本木ヒルズ内で行われたため、屋内である。図 6.2 に実験環境である SFC OPEN RESEARCH FORUM 2007 の会場を示す。

また、実空間上の情報媒体として、前節で述べた評価実験に用いた A4 サイズのポスターを 5 つ用意し並べて壁に貼った。評価実験と同様に、A4 サイズのポスターにはそれぞれ 1 辺 3cm の正方形の InfoCode を記載した。

6.2.2 被験者

表 6.15 に本実験における被験者の性別分布を、表 6.16 に本実験における被験者の年代分布を示す。本実験の被験者は、男性 94 人、女性 31 人、合計 125 人である。男性の被験者が女性の被験者に比べ多かった。また、本実験の被験者における年代の分布は、10 代 18 人、20 代 77 人、30 代 11 人、40 代 10 人、50 代 5 人、60 代 1 人、未回答 2 人だった。大学のイベントということもあり 20 代の割合が多かったが、前節で述べた評価実験に比べると 20 代以外の年代の被験者も非常に多い。



図 6.2 SFC Open Research Forum 2007 の様子

表 6.15 デモにおける被験者の性別分布

被験者の性別	被験者数 (人)
男性	94
女性	31
合計	125

表 6.16 デモにおける被験者の年代分布

被験者の年代	被験者数 (人)
10 代	18
20 代	77
30 代	11
40 代	10
50 代	5
60 代	1
未回答	2
合計	125

6.2.3 実験手順

本評価実験では、まず InfoRod の簡単な説明を行った。次に、5 つのポスターの中から 1 つを選び、実際に利用者の前で InfoRod を利用して見せた。その後、実際に被験者に InfoRod を何回か利用して情報アクセスを行ってもらった。最後に、後述するアンケート用紙に記入させた。一般の来場者によるアンケートという形で評価を行ったため、前節で述べた評価実験で行った情報アクセスに要した時間の測定や、離れた場所からの利用、歩きながらの利用など細かい実験を行うことは出来なかった。

6.2.4 アンケート項目

アンケート用紙に記載した各設問を以下に示し、それぞれの設問の意図を説明する。

アンケート用紙の設問

1. 振るという動作に抵抗は感じましたか．
2. 街中で携帯電話を振ることに抵抗は感じますか．
3. 自分の振ったとおりに認識しましたか．
4. 少し使うことでコツが掴めましたか．
5. 感想やご意見があればお書きください．

設問 1 は振る動作自体に抵抗があるかどうかを問う．設問 2 は街中などの公共空間において振る動作を行うことに抵抗を問う．設問 3 は，今回の評価実験で利用した InfoRod について，上下左右に端末を振る動作がうまく認識出来たかどうかを問う．設問 4 は，InfoRod の習熟度を問う設問であり，InfoRod を利用していくにつれて振る動作に対するコツが掴めるようになったかを問う．設問 1～4 は，4 段階評価での選択式である．

6.2.5 アンケート結果

以下に評価実験における評価結果を表 6.17～表 6.20 に示す．また，表 6.21 に設問結果を数値化した平均値を示す．

表 6.17 デモ:設問 1「振る動作に抵抗は感じたか」の回答結果

	とても感じる	少し感じる	あまり感じない	全く感じない
回答者数 (人)	3	24	62	36

表 6.18 デモ:設問 2「街中で振る動作を行うことに抵抗を感じるか」の回答結果

	とても感じる	少し感じる	あまり感じない	全く感じない
回答者数 (人)	10	54	50	11

表 6.19 デモ:設問 3「自分の振った通りに認識したか」の回答結果

	全く認識しない	あまり認識しない	少し認識する	よく認識する
回答者数 (人)	2	11	25	87

表 6.20 デモ:設問 4「コツが掴めたか」の回答結果

	全く掴めない	あまり掴めない	少し掴めた	よく掴めた
回答者数 (人)	1	3	47	73

表 6.21 デモにおける数値化した評価結果

設問	設問 1	設問 2	設問 3	問 4
数値化した結果の平均値	3.05	2.50	3.58	3.52

6.2.6 考察

まず，InfoRod の実用化に向け端末を振る動作がどの程度受け入れられるのか，前述したアンケート項目の設問 1，設問 2 から考察を行う。「振るという動作に対しての抵抗があるか」という設問 1 に対して，被験者 125 人中 98 人が全く感じない，またはあまり感じないと答えた．評価結果を数値化した平均値では，4 点満点中 3.05 となっており，比較的振る動作に抵抗を感じない人が多かった．しかし，「街中で振る動作を行うことに対しての抵抗があるか」という設問 2 に対しては，全く感じない，もしくはあまり感じないと答えた被験者は，125 人中 61 人とどまった．評価結果を数値化した平均値を見ても，2.50 と非常に低い値となっている．設問 1 と設問 2 の結果から，振るという動作に対しては比較的抵抗はないが，街中などの公共空間で行うことに対しては抵抗を持った人が多くいることが分かる．しかし，コメントとして「自分の周囲に端末を振る人がいないから抵抗がある」と答えた被験者や，「街中で振る動作を多く見かけようになったら自分もやりたい」と答えた被験者が多くいた．振る行為自体にはあまり抵抗がない為，振る動作を用いた入力インタフェースが Wii などの家庭用ゲーム機だけでなく，街中でも浸透すれば InfoRod が実用化されることも可能であると考えられる．

また，「自分の振った通りに認識したか」という設問 3 に対しては，被験者 125 人中 115 人が良く認識する，または少し認識すると答えた．評価結果を数値化した平均値では，3.58 と非常に高い値となっている．ほとんどが 20 代だった前節で述べた評価実験でも，本論文で実装した InfoRod プロトタイプの認識は非常に高評価であったが，幅広い年齢層で実験を行った本実験でも非常に良い評価を得ることが出来た．よって，やはり振る動作を用いる情報アクセス手法は若い年代だけでなく，幅広い年代にも有効であると言える．同様に，「使うごとにコツが掴めたか」という設問 4 に対しても，被験者 125 人中 120 人の人が，良くコツが掴めた，または少しコツが掴めたと答えている．よって，振る動作のコツの掴みやすさ，学習のしやすさも，振る動作の認識の精度と同じく，若い年代だけでなく，幅広い年齢層に対しても同じことが言えると考えられる．

6.3 まとめ

本章では，端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod が，本論文で述べた実空間発見型情報アクセス手法の機能要件を満たしているかどうか評価した．本手法の評価として，複数の被験者による評価実験を実施した．本実験では，主に InfoRod を被験者に利用させた後に，評価用紙に記入されることで評価を取得した．次章では，本論文で提案した端末を振る動作を用いた情報アクセス手法である InfoRod の今後の展望を述べ，本論文の結論を述べる．

第7章

結論

本章では、本論文における今後の展望を説明し、最後に本論文のまとめを述べる。

7.1 今後の展望

実際に世の中で利用することを想定した場合、本論文での InfoRod の設計・実装は十分でない。本節では、InfoRod の設計・実装における問題点と解決策を述べ、今後の展望とする。以下に、InfoRod の実装における問題点を整理する。

認識精度の向上

第 6.1.6 節で述べたように、実際に本論文で提案する振る動作を用いた情報アクセス手法を実現するためには、極力アプリケーションが利用者の意図していない振る動作を認識することをなくす必要がある。第 6.1.5 節の評価結果から分かるように、本論文で実装した InfoRod のプロトタイプでは、InfoCode の通りに振ったとき、16.42% の確率でアプリケーションが利用者の意図しない方向を誤って解析する。被験者による認識精度の評価では良い結果が得られたが、16.42% の確率で誤認識するようでは、実際に情報アクセス手法として実現することは出来ない。誤認識の確率をより少なくするために、新たな解析アルゴリズムを実装する必要がある。また、個人ごとに振る動作をキャリブレーションすることでも認識精度を向上させることが出来る。

適切なフィードバックの設計

第 6.1.6 節で述べたように、本論文で述べた実空間発見型情報アクセス手法の機能要件の 1 つである、強制的な画面注視の排除が本論文で設計した InfoRod では完全に満たされていなかった。強制的な画面注視の排除を満たすためには、上記で述べた振る動作に対しての認識精度を向上させるとともに、画面を注視することなく的確に利用者に解析された方向が伝えられるフィードバックを設計する必要がある。本論文では、音と振動によるフィードバックを設計し、実装した。今後は、さらに新たなフィードバックを設計することで、強制的な画面注視の排除を完全に満たす実空間発見型情報アクセス手法を目指す。

7.2 本論文のまとめ

本論文では、公共空間のさまざまなシーンで利用することが出来る端末を振る動作を用いた実空間依存型情報アクセス手法である InfoRod を提案した。

利用者が実空間上で発見したポスターや看板などの情報媒体から関連したネットワーク上の情報にアクセスすることを、本論文では実空間発見型情報アクセスと呼び、実空間発見型情報アクセスの際に URL をブラウザに入力したり、QR コードを撮影したりする手法を本論文では実空間発見型情報アクセス手法と呼ぶ。実空間発見型情報アクセス手法では、実空間上における情報アクセス手法であることから利用者の周囲のさまざまな環境に対応する必要がある。しかし、既存の実空間発見型情報アクセス手法では、さまざまな環境に対応出来ていない。現在、最も利用されている QR コードを撮影する手法は、遠くに情報媒体がある場合、わざわざ近づかなくてはならない。また、カメラで撮影する必要があるため、人の流れがあるなど、立ち止まることが難しい場所では利用しにくい。特に、ポスターや看板が多いのは人が多く、建物や道などが複雑に入り組んでいる都市部の駅前や繁華街であるため、利用者と情報媒体との間の距離的制約を解消すること、立ち止まることを強制しないこと、画面を注視することの3点を本論文における実空間発見型情報アクセス手法の機能要件とした。

本論文で設計した InfoRod は、実空間上の情報媒体に記載された振る動作を行うことによって、情報媒体に近づくことのない情報アクセスを可能にし、情報利用者と実空間上の情報媒体との間に生じる距離的制約を解消した。また、利用者にとって認識しやすい4方向の矢印を組み合わせたコードを情報媒体に記載し、コード通りに端末を振ることで情報アクセスを可能にしたことで、利用者に立ち止まることを強制しない。さらに、端末を振る動作によって情報アクセスを可能にし、利用者の振る動作に音や振動などのフィードバックを用いることで、利用者に画面を注視することを強制しない。本論文で提案した InfoRod は、都市部の駅前や繁華街など、多くの人が存在し、道や建物などが複雑に入り組んだ環境での最適な情報アクセス手法になる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、御指導を頂きました慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝致します。また、慶應義塾大学環境情報学部准教授高汐一紀博士、慶應義塾大学政策・メディア研究科中澤仁博士、岩井将行博士、慶應義塾大学政策・メディア研究科後期博士課程由良淳一氏には、本論文の執筆にあたって、ご助言を賜りましたことを感謝致します。

慶應義塾大学徳田研究室の諸先輩方には、折に触れ貴重な示唆や御指導を頂きました。特に、政策メディア研究科前期博士課程米澤拓郎氏には、本研究の草稿時から多くの助言と励ましを頂きました。KMSF グループの山崎俊作氏には、卒業後も関わらず多くの励ましと御指導を頂きました。ここに深い感謝の意を表します。

そして、研究の日々を共に過ごした KMSF グループの徳田英隼氏、生天目直哉氏、伊藤友隆氏、HORN グループの橋爪克弥氏、角田龍二氏に深く感謝します。また、論文執筆時に多くの差し入れと、多大な協力をしてくださった徳田義幸氏、山本純平氏、鳥津忠慶氏をはじめとした 208 の皆様に深く感謝します。

最後に、大学 4 年間に渡る生活を常に支え続けてくれた家族と、山内美樹氏に深く感謝します。

2008 年 2 月 7 日

河田 恭兵

参考文献

- [1] Thinkpad t23. <http://www-06.ibm.com/jp/pc/thinkpad/pdf/tpt2317.pdf>.
- [2] Yuji Ayatsuka. Fractal codes: Layered 2d codes with a self-similar layout. *Pervasive 2007 Advances in Pervasive Computing*, pp. 83–86, 5 2007.
- [3] Nigel Davies, Elizabeth D. Mynatt, and Itiro Siio, editors. *UbiComp 2004: Ubiquitous Computing: 6th International Conference, Nottingham, UK, September 7-10, 2004. Proceedings*, Vol. 3205 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2004.
- [4] Inc. Google. Google. <http://www.google.com/>.
- [5] Object Management Group. Unified model language. <http://www.uml.org>.
- [6] M. Hachet, J. Pouderoux, and P. Guitton. A camera-based interface for interaction with mobile handheld computers, 2005.
- [7] Yahoo! Inc. Yahoo! <http://www.yahoo.com/>.
- [8] Mozilla Japan. Firefox. <http://www.mozilla-japan.org/>.
- [9] Yasuaki KANATSUGU, Noriyoshi URATANI, and Kazuteru KOMINE. Development of the finger pointer and its experiment for performance. *IEICE technical report. Electronic information displays*, Vol. 104, No. 329, pp. 9–12, 20040928.
- [10] Haruhisa Kato, Akio Yoneyama, and Yasuhiro Takishima. An intuitive interface based on camera parameters for portable devices. In *SIGGRAPH '06: ACM SIGGRAPH 2006 Research posters*, p. 142, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [11] MicroSoft. Internet explorer. <http://www.microsoft.com/>.
- [12] Ltd. Nintendo Co. Wii. <http://www.nintendo.co.jp/wii/index.html>.
- [13] Inc. NTT DoCoMo. 音のバーコード. <http://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/advertisement/ofdm/technologies/index.html>.
- [14] Inc. NTT DoCoMo. *FOMA D904i*, December 2007. <http://www.nttdocomo.co.jp/>.
- [15] Jun Rekimoto. Pick-and-drop: A direct manipulation technique for multiple computer environments. In *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 31–39, 1997.
- [16] Y. Sato, Y. Kobayashi, and H. Koike. Fast tracking of hands and fingertips in infrared images for augmented desk interface, 2000.
- [17] Jun'ichi Yura, Jin Nakazawa, and Hideyuki Tokuda. obj_sampler: A ubiquitous logging tool for recording encounters with real world objects. In *Proceedings of IEEE The 12th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing System and Applications*, pp. ppNA–ppNA, 8 2006.

- [18] インターネットコム株式会社. japan.internet.com. <http://japan.internet.com/>.
- [19] 誠悟伊藤, 廣志吉田, 信夫河口. locky.jp: 無線 lan を用いた位置情報・測位ポータル (テーマ: モバイルコンピューティング・一般). 情報処理学会研究報告. MBL, [モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会研究報告], Vol. 2005, No. 90, pp. 25-31, 20050915.
- [20] 株式会社デンソーウェーブ. *QR Code.com*, November 2007. <http://www.denso-wave.com/qrcode/>.
- [21] 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス. *SFC Open Research Forum 2007*, November 2007. <http://orf.sfc.keio.ac.jp/>.
- [22] 高康山口, 実高畑, 節之本郷. 位置情報を利用した情報ハンドリング技術に関する考察. 電子情報通信学会技術研究報告. MoMuC, モバイルマルチメディア通信, Vol. 102, No. 87, pp. 101-106, 20020517.
- [23] 高康山口, 博青野, 節之本郷. モバイルカメラで撮影した看板画像の学習・判別手法に関する考察 (顔・ジェスチャ認識のためのパターン認識メディア理解, 一般). 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, Vol. 104, No. 450, pp. 7-12, 20041112.
- [24] 総務省. 平成 18 年度版 情報通信白書. 平成 18 年, Vol. 7, .
- [25] 悠輔中島, 保静松岡, 健吉村. 音響 ofdm の空中伝送特性 (有線/無線シームレスネットワーク, ネットワーク制御, 無線通信一般). 電子情報通信学会技術研究報告. RCS, 無線通信システム, Vol. 106, No. 168, pp. 139-144, 20060712.
- [26] 暦本純一. Inforoom:実世界に拡張された直線操作環境. インタラクション 2000 論文集, pp. 9-16, 2000.
- [27] 暦本純一, 塩野崎敦, 末吉隆彦, 味八木崇. PlaceEngine: 実世界集合知に基づく WiFi 位置情報基盤. インターネットコンファレンス 2006, pp. 95-104, 2006.