

平成 19 年度
学士学位論文

サラウンディングキャンパスの構築

1080404 福田 将行

1080422 山崎 雄大

指導教員 妻鳥 貴彦

2008 年 3 月 7 日

高知工科大学 情報システム工学科

要 旨

サラウンディングキャンパスの構築

近年のコンピュータやネットワーク技術の発展や進化に伴って、いたるところにコンピュータが設置されるようになった。大学の学習環境においてもユビキタスコンピューティングを適用した学習環境の構築や学習支援が行われている。しかし、ユーザがコンピュータを利用するためにはユビキタスコンピューティング環境が整っている場所へ自ら移動する必要性やコンピュータ室の利用時間などの制約がある。また、ユーザは必要な情報を取得するために多くの情報の中から時間をかけて探す必要がある。

そこでサラウンディングコンピューティングに着目する。サラウンディングコンピューティング環境では、ユーザは状況に応じて必要な情報をコンピュータを意識することなく取得することができる。サラウンディングコンピューティングを大学に適用することにより、ユーザは大学内を移動することによってユーザの状況に応じた必要な情報をコンピュータを意識することなく取得することができる。これによりユーザの場所や時間によるコンピュータ利用の制約が無くなる。また、ユーザは必要な情報を得るための手間を省くことができる。さらに、サラウンディングコンピューティング環境では学生の能力に応じた学習支援を行うことができる。教職員においては資料配布の手間を省き、レポートや提出物はペーパーレス化によって収集、集計の簡略化ができる。

そこで、本研究ではサラウンディングコンピューティングを大学に適用させたサラウンディングキャンパスの構築を行う。

キーワード サラウンディングキャンパス, サラウンディングコンピューティング, ユビキタスコンピューティング, RFID

Abstract

In recent years, computer and network environments have been spreading all over. Nowadays, many universities are introducing Ubiquitous Computing environment. However, these universities have some problems. First, users are restricted in place and time when users utilize computers. Second, it is necessary for users to get necessary information from much information. Therefore, we focus on Surrounding Computing. Users can get necessary information which they correspond to situation naturally in Surrounding Computing environment.

We propose Surrounding Campus which Surrounding Computing environment applies to university. Surrounding Campus means that students and teachers can get necessary information which they correspond to situation naturally. For example, Surrounding Campus can support various student's learning ability. Teachers can collect reports from students easily.

In this study, we aim to develop Surrounding Campus which Surrounding Computing environment applies to university. We developed infrastructure system of Surrounding Campus.

key words Surrounding Campus, Surrounding Computing, Ubiquitous Computing, RFID

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	研究の背景	3
第 3 章	ユビキタスとサラウンディング	5
3.1	ユビキタス	6
3.1.1	ユビキタスコンピューティング	6
3.1.2	モバイルコンピューティング	7
3.1.3	ウェアラブルコンピューティング	7
3.1.4	ユビキタスネットワーク	7
3.1.5	u-Japan 戦略	8
3.1.6	大学におけるユビキタスコンピューティング	9
3.1.7	ユビキタスのまとめ	10
3.2	サラウンディング	10
3.2.1	サラウンディングコンピューティング	10
3.3	本研究の目的	11
第 4 章	サラウンディングキャンパスの提案	12
4.1	サラウンディングキャンパスの概要	12
4.2	サラウンディングキャンパスの設計	13
4.2.1	情報を構成する要因	13
4.2.2	サラウンディングキャンパスの構成	15
	サーバの構成	15
	クライアントの構成	16
	通信の構成	16

目次

第 5 章	サラウンディングキャンパスの構築	17
5.1	本システムに使用した機材	17
5.2	通信プロトコル	18
5.2.1	認証サーバ・クライアント間	18
5.2.2	問い合わせサーバ・クライアント間	18
5.2.3	問い合わせサーバ間	18
5.2.4	コンテンツサーバ・クライアント間	19
5.3	サーバシステム	19
5.3.1	認証サーバ	19
5.3.2	問い合わせサーバ	20
5.3.3	コンテンツサーバ	22
5.3.4	ログ管理サーバ	22
5.4	クライアントシステム	22
5.4.1	ユーザ認証ウィンドウ	23
5.4.2	基本インタフェースウィンドウ	24
5.4.3	教室ウィンドウ	25
5.4.4	研究室ウィンドウ	26
第 6 章	評価	29
6.1	評価の目的	29
6.2	評価方法	29
6.2.1	評価手順	29
6.2.2	疑似サラウンディングキャンパス環境の構築	30
6.2.3	疑似サラウンディングキャンパスの体験順路	31
6.3	評価アンケート	31
6.3.1	アンケートの内容	31

目次

6.3.2	アンケートの結果	32
6.4	評価の考察	33
第 7 章	課題と今後の研究展開	34
7.1	サラウンディングキャンパス構築における課題	34
7.1.1	パラメータの検討	34
7.1.2	クライアントサーバ間, サーバ間の通信プロトコル	34
7.1.3	RFID タグ情報の体系的記述方法	35
7.2	サラウンディングキャンパス上でのサービス提供	35
7.2.1	サラウンディングキャンパスにおけるユーザの支援	35
7.2.2	情報の蓄積, 更新処理	35
7.2.3	GPS, 無線 LAN などを利用した位置情報のマッピング	35
第 8 章	まとめ	37
	謝辞	38
	参考文献	39
	付録 A	40

目次

3.1 ユビキタスコンピューティングとサラウンディングコンピューティングの位置付け	5
4.1 サラウンディングキャンパスの概念図	13
4.2 情報の構成図	15
5.1 ユーザ認証ウィンドウ	23
5.2 認証の成功時の画面	23
5.3 基本インタフェースウィンドウ	24
5.4 UMPC のオブジェクトタグを読み込んだ場合	25
5.5 講義資料のオブジェクトタグを読み込んだ場合	25
5.6 A107 教室タグを読み込んだ場合	26
5.7 時間割	26
5.8 A307 研究室タグを読み込んだ場合	27
5.9 研究室スケジュール	27
5.10 研究室メンバー	28

表目次

5.1 ユーザデータベース	20
5.2 タグデータベース	21
5.3 ログデータベース	22
6.1 アンケート結果 1	32
6.2 アンケート結果 3	32

第 1 章

はじめに

近年のコンピュータやネットワーク技術の発展や進化に伴って、いたるところにコンピュータが設置されるようになった。そのような中でユビキタスコンピューティングという言葉が頻繁に使われるようになってきている。ユビキタスコンピューティングという言葉は利用者によって解釈が異なっており明確な定義はされていない。しかし、ユビキタスコンピューティングの提唱者である Mark Weiser はそのユビキタスコンピューティングを次の 4 つにまとめている [4]。 “コンピュータはどこにでもある”、 “装置ではなく環境”、 “コンピュータを意識させない”、 “TPO に合わせたサービスの提供”。ユビキタスコンピューティングの概念はモバイルコンピューティング、ウェアラブルコンピューティング、ユビキタスネットワークの概念にも適用されており、それぞれの概念からユビキタスコンピューティングの研究や開発が行われている。

このような中で大学においても学習環境は大きく変化している。理系大学、文系大学に関わらず大学内のいたるところにコンピュータが設置され、教職員や学生は簡単にネットワークに接続し情報を取得することができる環境が整っている。ユビキタスコンピューティングを適用した学習環境では多くの学習支援が行われており、学生は多くの学習支援の中から自身の能力に応じた学習支援を選択する。自身の能力に応じた学習支援を選択することができれば、学習効率の向上が期待できる。

しかし、自身に適した学習支援を探すためには多くの時間を費やす必要がある。さらに、探し出した学習支援が必ずしも自身の能力に適しているとは限らない。このような問題を解決するために、ユーザの状況に応じて必要な情報を提供できるような環境が望まれる。この環境において、学生は自身の学習能力に応じた学習支援を探す手間を省くことができ、より

効果的な学習が可能となると推測する。

そこでサラウンディングコンピューティングに着目する。サラウンディングコンピューティングとは端末が互いに自律・分散的に協調しながら、局所的なネットワークを適用的に形成する環境である。また、環境に応じて利用可能なコンピューティング資源を選択的、透過的に協調利用する考え方である。この概念を大学へ適用することで、ユーザは大学内を移動することによって状況に応じた必要な情報をコンピュータを意識することなく取得することができる。そして、サラウンディングコンピューティング環境において、学生は自身の能力に適している学習支援を探す手間を省くことができ、自身の能力に適した学習支援が可能となる。

本研究では、このようなサラウンディングコンピューティングの概念を大学に適用したサラウンディングキャンパスの構築を行う。

第 2 章

研究の背景

1991 年ゼロックスの Mark Weiser が“21 世紀のコンピュータ”という論文を発表した。論文中には将来のコンピュータは一般生活のいたるところに遍在していると記述されており、これがユビキタスコンピューティングの概念の始まりと言われている。それから 20 年近くの時間が経過した現在、Mark Weiser の予測した通りコンピュータは社会のいたるところに遍在するようになった。

ユビキタスコンピューティングの概念は様々な解釈がなされており明確な定義はされていない。しかし、コンピュータを意識せずに利用できる環境という基本的な考えは同様に解釈されており、その考えをもとにしたモバイルコンピューティング、ウェアラブルコンピューティング、ユビキタスネットワークなどの概念が提唱されている。これらの概念は大学の学習支援の研究にも影響を与えており、ユビキタスコンピューティングを適用した学習環境の構築が行われている。

大学における学習環境の構築例として、徳島大学の取り組んでいる u-Campus がある [1][2]。u-Campus は「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代 GP）」に採択された u-Learning プロジェクトの構想となったものである。u-Campus 構想では無線 LAN や携帯電話、PDA、RFID などを導入して学生一人一人が「いつでも、どこでも、だれでも」講義を受けることができる環境の構築を目指している。このことからユビキタスコンピューティングを大学に適用した環境では多くの学習支援を行うことが可能となり、ユーザは多くの学習支援の中から自身に必要な学習支援を選択することが可能となる。自身に適した学習支援を選択することができれば学習効率の向上が期待できる。

しかし、ユビキタスコンピューティング環境で多くの情報の中から自身の状況に応じて必

要な情報を探し出すには時間がかかってしまう。これらを解決する方法としてサラウンディングコンピューティングを適用した環境が考えられる。サラウンディングコンピューティングを適用した環境ではユーザは状況に応じた必要な情報をコンピュータを意識することなく取得することが可能となる。

状況とは大学内に存在する全てのものがきっかけとなって引き起こされる物事であり、ユーザも状況を作り出すきっかけの一つである。ユーザは活動することにより、常に状況を作り出していることからユーザが必要としている情報も常に変化する。そこで状況に応じた情報の提供を行うことにより、ユーザが自ら必要な情報を探す手間を省く。さらに、サラウンディングコンピューティングを大学に適用することによって、ユーザは状況に応じた学習支援を受けることが可能となる。

そこで本研究ではサラウンディングコンピューティングの概念を大学に適用させたサラウンディングキャンパスの構築を行う。

第 3 章

ユビキタスとサラウンディング

近年，コンピュータはいたるところに設置されるようになってきている．その中でユビキタスコンピューティングという言葉が頻繁に使われるようになってきている．しかし，ユビキタスコンピューティングの定義は明確に示されておらず，ユビキタスコンピューティングは様々な解釈がなされている．本章ではユビキタスコンピューティングについて一般的な認識をまとめ，サラウンディングコンピューティングとの違いを明確にする．ユビキタスコンピューティングとサラウンディングコンピューティングの位置付けを図 3.1 に示す．

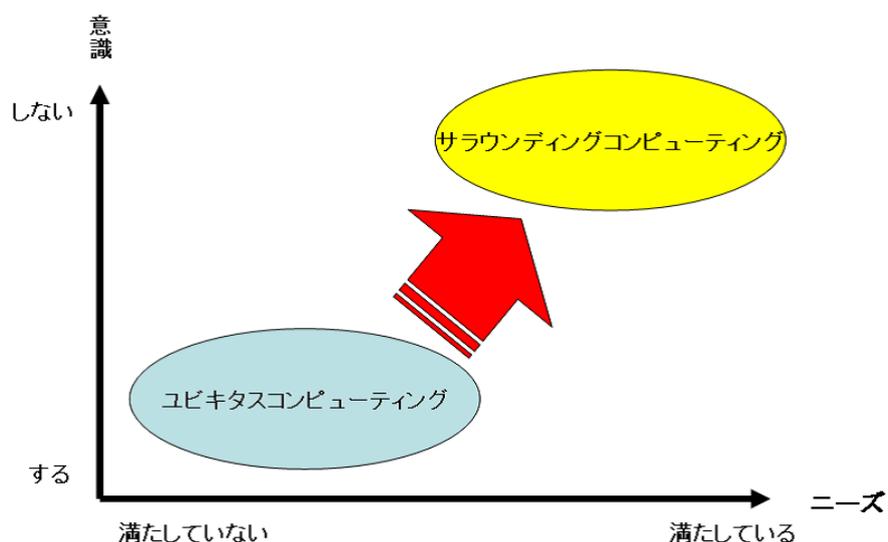


図 3.1 ユビキタスコンピューティングとサラウンディングコンピューティングの位置付け

3.1 ユビキタス

3.1 ユビキタス

3.1.1 ユビキタスコンピューティング

近年，いたるところにコンピュータが設置され，ユビキタスコンピューティング環境が整ってきている．ユビキタスコンピューティングは米ゼロックス研究所の Mark Weiser が提唱した概念である．ユビキタスコンピューティングはラテン語の「ubique」＝「いたるところに偏在する」を語源としており，大きく 4 つの理念から成っている．

- どこにでもある

装置を持ち歩くのではなく，近くにあるものを利用できる．

- 装置ではなく環境

個々の装置が個別に実現するサービスではなく，総合的な環境としての価値を提供する．

- 装置を意識させない

道具のように意識して使うモノではなく，やりたいことに意識を集中させてくれる．

- TPO に合わせたサービス

使う人の状況，ニーズに合わせたサービスが提供される．

近年のコンピュータやネットワーク技術にはユビキタスコンピューティングの概念が用いられている場合が多い．しかし，一つ一つの技術ではユビキタスコンピューティングの 4 つの理念を完全に満たすことはできない．それぞれの技術が互いに連携することによって 4 つの理念を満たし，ユビキタスコンピューティング環境が構築される．

ユビキタスコンピューティングを構成する技術の中にはそれぞれの理念に特化した技術が存在する．それらの技術はモバイルコンピューティング，ウェアラブルコンピューティング，ユビキタスネットワークなどと呼ばれ，ユビキタスコンピューティングの理念を適用している．

3.1 ユビキタス

3.1.2 モバイルコンピューティング

モバイルコンピューティングは小型で持ち運びを重視したコンピュータの利用そのものを提唱した概念であり，ユビキタスコンピューティングの概念を適用している．モバイルコンピューティングの概念に適用した技術としては，ノートパソコン，携帯電話，PHSなどの携帯端末がある．ユーザは携帯端末を所持することにより移動中や外出先でコンピュータを利用することができる．

3.1.3 ウェアラブルコンピューティング

ウェアラブルコンピューティングとは 1990 年代，マサチューセッツ工科大学が提唱した概念であり，モバイルコンピューティングの概念を適用した概念である．ウェアラブルコンピューティングではコンピュータを携帯するではなく，服を着るようにコンピュータを身につけるという考え方である．ウェアラブルコンピューティングを適用した技術としてはヘッドマウントディスプレイやポケットサイズの超小型パソコン，各種センサ，無線通信を組み込んだものがあり，デジタルカメラを組み込んだ腕時計，PDA の機能を持った腕時計などが商品化されている．

ユビキタスコンピューティングの概念の中にはコンピュータを意識することなく使うことが提唱されている．ウェアラブルコンピューティングの概念はユビキタスコンピューティングの中でもコンピュータを意識させない理念を適用した概念として重要な位置づけにある．しかし，機器自体が高価であり，大型であるなどの問題がある．このため服を着るように気軽にコンピュータを着用することはまだ実現できていない．

3.1.4 ユビキタスネットワーク

ユビキタスネットワークとは，ネットワーク活用環境という観点から野村総合研究所が提唱した概念である [5]．デスクトップ型パソコンなど固定されている端末をネットワークに接続する考えとして使われていたが，近年のコンピュータの小型化や携帯化に伴いモバイル

3.1 ユビキタス

機器とネットワークをまとめて「どこでもつながる」、「いつでもつながる」、「何でもつながる」といったネットワーク環境の利活用という概念で使われている。野村総合研究所が提唱しているユビキタスネットワークの概念は5つのタイプのネットワークから成っている。

- ADSL（非対称デジタル加入者線）や FTTH（家庭向け光ファイバーによるデータ通信）のような有線ブロードバンドネットワーク
- 携帯インターネットや無線 LAN のような無線系ネットワーク
- デジタル化が着々と進む放送系ネットワーク
- ETC（自動料金収受システム）や ITS（高度道路交通システム）のような交通系ネットワーク
- RFID（無線電子タグおよびシステム）やセンサーネットワーク、ネットワークロボットのよう実物系ネットワーク

これらの5つのネットワークが可能な限りの相互接続性、相互運用性を保つことをユビキタスネットワークとして提唱している。また、この概念は総務省が取り組んでいる u-Japan 戦略の基本概念にも用いられている。

3.1.5 u-Japan 戦略

ユビキタスコンピューティングは国策においても大きな影響を与えている。総務省は平成16年に u-Japan 戦略を策定し、野村総合研究所のユビキタスネットワークを基に3つの取り組みを挙げている [6]。

取り組みの1つはユビキタスネットワークインフラの整備である。これはいつでも、どこでも、何でも、誰でも簡単に情報の取得を行えるように、これまでの有線ネットワークを中心としたブロードバンド化はもちろんのこと、有線ネットワークと無線ネットワークを意識することなくネットワークを利用できる環境の整備を行う。

次に社会経済的な諸問題を解決するための ICT の利活用である。日常生活や経済活動の中で、ICT が積極的に活用される時代がこれから予測できるため、ICT が利活用しやすい

3.1 ユビキタス

社会システムの改変，構築を行う．

そして，安全，安心な利用環境の整備である．ネットワークが社会の隅々にまで行き渡ると，プライバシーや情報セキュリティ，ネットワーク障害などへの不安が表面化することが予測できる．そこでこれらの情報セキュリティ，ネットワーク障害への対策を行う．

政府は e-Japan 戦略の取り組みによりコンピュータの普及や利用環境はある程度整っているという判断し，ネットワーク利用の促進，ネットワークインフラの整備，法律の見直しに向けて取り組みを転換している．このような政府としての動きは企業を始めとして大学などへも影響を与えている．

3.1.6 大学におけるユビキタスコンピューティング

大学の学習環境や支援にも変化を与えており，理系大学，文系大学に関わらずコンピュータ設置されている．そして，大学ではコンピュータを使った学習や予習復習は日常的に行われるようになってきている．

このような学習環境の変化に伴って，学習にコンピュータを積極的に取り入れた学習支援の試みが行われている．ユビキタスコンピューティングを適用した学習支援の取り組みの例として，徳島大学が教育理念の実現に向けて取り組んでいる u-Campus がある．u-Campus は「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代 GP）」に採択された u-Learning プロジェクトの構想となっているものである．u-Campus の構想では無線 LAN や携帯電話，PDA，RFIDなどを導入して学生一人一人が「いつでも，どこでも，だれでも」講義を受けることができる環境の構築を目指している．徳島大学は u-Campus は 3 つの理念より成っている．（1）キャンパスのデジタル化（2）効果的な教育実践（3）新しい教育の提案と開発である．

徳島大学は 3 つの理念をもとに「教育研究者情報データベース（EDB: Educator and Researcher Information Database）」を用いた「授業概要」，「学術研究要覧」の刊行，Web 上で公開などを行っている．

3.2 サラウンディング

3.1.7 ユビキタスのまとめ

ユビキタスコンピューティングは様々な解釈がなされており明確な定義はされていない。しかし、Mark Weiser が提唱した4つの理念に基づいた技術を組み合わせることにより、ユビキタスコンピューティング環境を構築することができる。その中でもユビキタスコンピューティングの理念に特化したモバイルコンピューティング、ウェアラブルコンピューティング、ユビキタスネットワークの概念はユビキタスコンピューティング環境の構築に用いられることが多い。これらを用いたユビキタスコンピューティング環境の中ではユーザはいたるところにあるコンピュータを利用することによって多くの情報を取得することが可能となる。

政府としてもユビキタスネットワークを適用した u-Japan 戦略を提唱しており、積極的にユビキタスコンピューティング環境を構築するための取り組みが行われている。政府の取り組みは学習環境にも影響を与えており、コンピュータ設備が整っている大学などではコンピュータを使った学習支援が積極的に取り入れられている。

ユビキタスコンピューティングを大学に適用した環境が構築されると大学内で多くの情報を取得することが可能となる。ユーザは多くの学習支援の中から自身に必要な学習支援を選択することが可能となる。自身に適した情報支援を選択することができれば学習効率の向上が期待できる。

3.2 サラウンディング

3.2.1 サラウンディングコンピューティング

サラウンディングコンピューティングとは JGN2 (Japan Gigabit Network : 研究開発用ギガビットネットワーク) の四国リサーチセンターが提唱している概念であり、サラウンディングコンピューティングの概念を適用した環境の研究が行われている [3]。サラウンディングコンピューティングでは以下のことを明記している。

3.3 本研究の目的

- 端末が互いに自律，分散的に協調しながら，局所的なネットワークを適用的に形成
- 環境に応じて利用可能なコンピューティング資源を選択的，透過的に協調利用

現在，サラウンディングコンピューティングの概念を基にした環境構築の手法の提案は行われているが，具体的な環境構築や環境を適用したサービスの提供は行われていない．

3.3 本研究の目的

ユビキタスコンピューティングを適用した環境の中では多くの情報のやり取りが行われる．ユーザは多くの情報から必要な情報を選択することが可能となる．ユビキタスコンピューティングを大学に適用することにより，ユーザは多くの学習支援の中から自身に適した学習支援を選択することが可能となり，自身に適した学習支援を選択することにより学習効果の向上が期待できる．

しかし，ユビキタスコンピューティング環境で，ユーザは多くの情報の中から状況に応じた必要な情報を探し出すには多くの時間が必要となってしまう．これらを解決する方法としてサラウンディングコンピューティングを適用した環境が考えられる．サラウンディングコンピューティングを適用することにより，ユーザは状況に応じた必要な情報を意識することなく取得することが可能となる．さらに，ユーザは状況に応じた必要な学習支援を受けることができる．

そこで本研究ではサラウンディングコンピューティングを大学に適用したサラウンディングキャンパスの構築を行う．

第 4 章

サラウンディングキャンパスの提案

4.1 サラウンディングキャンパスの概要

サラウンディングキャンパスはユーザにとってあたかも情報が常に身の回りに存在しているような環境であり，ユーザのおかれている状況に応じて必要な情報を取得することができるようなキャンパスである．

大学内にあるものは全てなんらかの情報を持っており，情報は常に追加，削除，更新が行われている．サラウンディングキャンパスではそのような膨大な情報の中でユーザが必要としている情報を状況に応じてユーザがコンピュータを意識することなく取得できる環境である．情報を分散的に管理し，管理している端末が常に自律して稼働している状態にすることで，常に新しい情報を保持することができる．そして，ユーザの状況に応じてそれぞれの情報を呼び出すことにより，ユーザの必要な情報を構築し提供する．

ユーザは大学内を移動することによりコンピュータを意識せずに情報を取得することができる．取得した情報はユーザが保持することが可能であり，情報はいつでも取り出すことができる．また，ユーザはユーザ同士での情報の交換，共有などにおいて，情報の発信者になる場合もある．つまり，ユーザはサラウンディングキャンパス環境下では常に情報の発信者や受信者になる．

サラウンディングキャンパスにおける情報を受信する例を示す．ユーザは教室へ移動することによってその時開講されている講義情報や講義資料などの情報を取得することができる．しかし，教室では常に同じ講義が行われているわけではない．時間によって行われる講義は変わるため，ユーザが取得できる情報は常に変化する．また，講義資料は教室では必

4.2 サラウンディングキャンパスの設計

要となるが，研究室では必要がないため，研究室では講義資料を取得できないなど状況に応じて必要な情報提供が行われる．

また，サラウンディングキャンパスでは学生に対する学習支援もユーザの状況に応じて行われる．これにより学生ごとの学習能力に応じた学習支援を行うことができる．また，教職員においては資料配布の手間の削減，レポートや提出物のペーパーレス化による収集，集計の簡略化ができる．サラウンディングキャンパスの概念図を 4.1 に示す．



図 4.1 サラウンディングキャンパスの概念図

4.2 サラウンディングキャンパスの設計

4.2.1 情報を構成する要因

サラウンディングキャンパスを構築することによって，ユーザは状況に応じて必要な情報を取得することができる．大学に存在する情報は場所に依存する情報や依存しない情報，時間が経てば意味を持つ情報，イベントによって発生する情報などがある．しかし，大学に存

4.2 サラウンディングキャンパスの設計

在する情報全てが必ずしもユーザにとって必要であるとは限らない．そこでユーザにとって必要な情報を提供するために，状況を構成する4つの要因に着目する．

- 場所
教室，研究室，図書館，大学本部...
- オブジェクト
端末，蔵書，講義資料...
- 人
学生，教職員，来客者...
- 時間
年，学期，クォータ，月，日，曜日...

これらの要因を組み合わせることにより，状況に応じた必要な情報が構築できると推測する．本研究では4つの要因の中でも場所の要因に重点をおき，オブジェクト，人，時間の要因を関連づけることによって必要な情報をユーザへ提供する．これは大学の場所によって構成されており，追加，削除などの情報の変化が最も少ない要因である．情報の構成図を4.2に示す．

4.2 サラウンディングキャンパスの設計

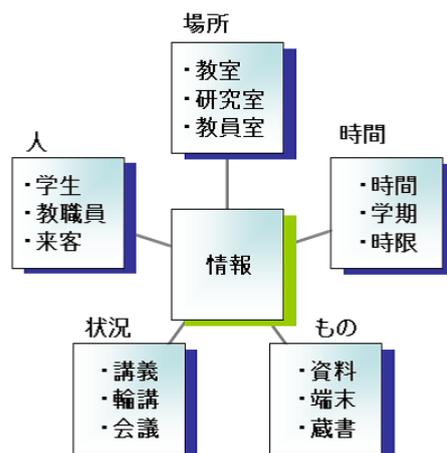


図 4.2 情報の構成図

4.2.2 サラウンディングキャンパスの構成

前節で述べた情報を提供するために、ユーザの状況を判断する場所、オブジェクト、人、時間の情報を組み合わせるシステムとそれらによって構築した情報をユーザに対して瞬時に提供するシステムが必要となる。

サーバの構成

サーバでは大学内の全ての情報を格納しておき、必要に応じて情報を取り出せるようにしておく必要がある。しかし、全ての情報を一つのサーバによって管理を行った場合、アクセスの集中による処理速度の低下を招く恐れがある。そこでサーバは複数用意しておき、ユーザからの問い合わせに対してユーザの状況を管理しているサーバが処理を行えるような仕組みが必要となる。ユーザからの要求に対してサーバに該当する情報がなければ、別のサーバへ問い合わせを行うようにする。これにより、一つのサーバへ処理が集中することを防ぐことができる。

ユーザは常に移動していると考えられるため、ユーザの場所を特定する仕組みが必要となる。また、サラウンディングキャンパスを利用しているユーザが正規のユーザであることを

4.2 サラウンディングキャンパスの設計

確認するためユーザ情報をあらかじめ登録しておく必要がある。さらに、ユーザによっては公開したくない情報があると考えられるため、登録しておいた個人情報を基にアクセス制限を行う必要がある。

クライアントの構成

ユーザは提供された情報やサービスを蓄積するための端末を持つ必要がある。ユーザはできるだけコンピュータを意識しないようにすることが望ましいが、現在の技術では実現が難しいためモバイル端末などを所持する必要がある。端末ではユーザの状況に応じた必要な情報を取得するための機能と情報を表示させるための機能が必要になる。

通信の構成

サーバとクライアント間の通信では情報を取得するためのきっかけを作る仕組みが必要である。そのため IC タグなどをあらかじめ場所やオブジェクトに付与しておき、そのタグを読み込んだ瞬間に情報をユーザに提供するシステムが必要となる。IC タグ自体に情報を組み込めば情報の取得は容易であると考えられるが、IC タグの情報保存容量は小さいため、要因の情報を全て記録しておくことは難しい。そこで、別に情報を蓄えておけるようなサーバを用意しておき、ユーザがタグの情報を読み取った瞬時にサーバからユーザへ情報を送信できるようにする必要がある。

第 5 章

サラウンディングキャンパスの構築

5.1 本システムに使用した機材

サラウンディングキャンパスの構築には RFID (Radio Frequency IDentification) リーダライタ, RFID タグ, UMPC (Ultra Mobile PC) を用いた.

サラウンディングキャンパスの構築には情報を蓄積するためにモバイル端末が必要となる. 本研究ではモバイル端末として PDA (Personal Digital Assistant) の使用も視野に検討を行った. その結果, 端末のスペックや将来的に UMPC の開発が活発的に行われると考えられることから本研究では富士通株式会社製 FMV-BIBLO LOOX U50WN を使用する.

ユーザ個人の情報とユーザの位置情報を取得するためのきっかけを作るために本研究では RFID を利用する. RFID リーダライタは UMPC に取り付けが可能な CF (Compact Flash) インタフェースの OMRON 社製 V720S-HMF01 を使用する. RFID タグはオムロン社製とブラザー工業株式会社製を使用する. ブラザー製品は IC タグラベルプリンタを利用して RFID タグの印刷を行う. 両製品とも I-CODE SLI, 周波数帯は 13.56MHz であり ISO/IEC15693, ISO/IEC18000-3 に準拠している. また, 本研究で使用する前に両製品ともオムロン社製 RFID リーダライタで読み取り, 書き込みが可能であることを確認した. これにより仕様さえ同じであればメーカーを問わず利用できることを確認した.

クライアントシステムの開発言語には RFID リーダライタの開発仕様に従って Visual C#を使用した. サーバシステムは Java を用いて構築を行った.

5.2 通信プロトコル

5.2 通信プロトコル

本節では、サーバ間、クライアントサーバ間で情報をやり取りするプロトコルを述べる。しかし、現段階では暫定的なプロトコルであるため、今後変更する場合がある。本研究で用いるプロトコルはあらかじめ情報内容の順番を決めておき、それらの情報を送信側で“::”で区切って送信することによって受信側で情報を区別できるようにする。

5.2.1 認証サーバ・クライアント間

認証サーバはクライアントからユーザ ID とパスワードを受信する。認証が成功するとクライアントに成功を示す“succeeded”という文字列を送信する。失敗の場合は“failed”という文字列を送信する。

5.2.2 問い合わせサーバ・クライアント間

問い合わせサーバはクライアントからユーザ ID とタグから読み取った UID を受信する。受信した UID をもとにデータベースよりタグの意味を示す“意味情報”を参照し、参照した意味情報をクライアントへ送信する。

オブジェクトに貼付けるタグを読み込んだ場合は、“オブジェクト名::関連 URI ”をクライアントへ送信する。また、教室の場合は“教室番号::現在開講されている講義::教員名::講義内容::開講時間::時間割”を、研究室の場合は“教室番号::研究室名::教員名::研究内容::スケジュール::研究室メンバー”を送信する。オブジェクトタグの意味情報は、オブジェクトタグが読み込まれた場所によって異なる。関連 URI はユーザの状況によって付与するかしないかを判断する。

5.2.3 問い合わせサーバ間

下位の問い合わせサーバのデータベースを参照したときに UID が存在しなかった場合、上位の問い合わせサーバに問い合わせする。この場合は、上位サーバに UID を送信する。

5.3 サーバシステム

上位サーバは UID を受信後，上位サーバのデータベースを参照し UID があれば関連する意味情報を下位の問い合わせサーバへ送信する．

5.2.4 コンテンツサーバ・クライアント間

コンテンツサーバはクライアントからの要求に対して URI で示されたコンテンツをクライアントに送信する．クライアントに送信するコンテンツはテキストファイルだけでなく音声や動画ファイルも扱う．また，コンテンツ配信としてストリーミング配信も視野に入れているため，コンテンツデータの転送には HTTP を用いる．

5.3 サーバシステム

本研究で構築したサーバは，ユーザを認証する機能を持つ認証サーバ，タグ情報の UID に対して意味情報を提供する機能を持つ問い合わせサーバ，要求があったクライアントに対してコンテンツを配信する機能を持つコンテンツサーバ，ユーザの行動を記録する機能を持つログ管理サーバで構成されている．また，データベースはユーザの個人情報が格納されているユーザデータベース，オブジェクトや場所の情報が格納されているタグデータベース，ユーザの行動を格納するログデータベースから構成されている．

5.3.1 認証サーバ

クライアントからユーザ ID とパスワードを受信し，ユーザデータベースを参照する．ユーザデータベースには学籍番号，学科，学年，所属，氏名，パスワード情報が格納されている．受信したユーザ ID とパスワードの比較を行い，それが一致するとクライアントに“succeeded”と文字列を送信し，認証完了とする．また，同時にそのユーザとログインした日時をログとして記録する．ユーザデータベースの構造を表 5.1 に示す．

5.3 サーバシステム

表 5.1 ユーザデータベース

変数名	データ型	内容
student_num	int	学籍番号
dept	char	学科
grade	char	学年
affiliate	char	所属研究室
name	char	氏名
password	char	ログイン時のパスワード

5.3.2 問い合わせサーバ

クライアントから RFID タグの UID を受信し、タグデータベースを参照する。タグデータベースには、UID、区分が格納されており、まず受信した UID がオブジェクトタグか場所タグかを判断する。

オブジェクトタグならオブジェクトデータベース、場所ならロケーションデータベースを参照する。オブジェクトデータベースには UID、オブジェクトの種類、オブジェクト名、関連 URI 情報が格納されている。また、ロケーションデータベースには UID、場所の種類、教室番号、関連 URI 情報が格納されている。

場所タグの場合、教室か研究室かを判断し、教室の場合は講義データベース、研究室の場合は研究室データベースを参照する。その後、スケジュールデータベースを参照し、教室なら時間割、研究室なら予定表情報を参照する。講義データベースには科目名、教員名、講義内容、教室、開講時間、曜日・時限、開講学期、開講クォータ情報が格納されている。研究室データベースには教室番号、研究室名、教員名、研究内容情報が格納されている。スケジュールデータベースには、月曜日から日曜日までの 1 限から 5 限の予定情報が格納されている。

これらの情報を参照後、クライアントに意味情報として送信する。その時ユーザが読み込

5.3 サーバシステム

んだタグの UID とその日時をログとして記録する。

また，問い合わせサーバは階層的に構成されており，もし問い合わせたサーバに参照できる情報がなければ，上位の問い合わせサーバに問い合わせし，クライアントに参照した情報を意味情報として送信する．オブジェクトデータベースの構造を表 5.2 に示す．

表 5.2 タグデータベース

変数名	データ型	内容
uid_code	char	UID
class	char	タグの種類区分
obj_class	char	オブジェクト区分
obj_name	char	オブジェクト名
obj_uri	char	オブジェクトに関連する URI
obj_loc	char	オブジェクトが存在する場所
loc_class	char	場所区分
loc_name	char	場所名
loc_uri	char	場所に関する URI
semester	int	学期
quarter	int	クォータ
lec_name	char	科目名
teachar	char	担当教員名
lec_contents	char	講義内容
course_time	char	開講時間
day_of_week	char	開講される曜日と時限
lab_name	char	研究室名
lab_contents	char	研究室概要
schedule	char	時間割

5.4 クライアントシステム

5.3.3 コンテンツサーバ

コンテンツサーバは Web サーバである Apache で構築している．問い合わせサーバによってタグの意味情報に関連 URI が含まれる場合，クライアントはその URI に接続を行う．その後，コンテンツサーバは要求があったクライアントに対して，コンテンツを配信する．

5.3.4 ログ管理サーバ

認証サーバ，問い合わせサーバでそれぞれユーザのログイン時間とタグをかざした時間を記録する．記録する内容は，ログインデータベースにはユーザ ID，日時，ユーザの状態情報を格納し，タグログデータベースにはユーザ ID，教室番号，オブジェクト名，日時情報を格納する．ログデータベースの構造を表 5.3 に示す．

5.3 に示す．

表 5.3 ログデータベース

変数名	データ型	内容
student_num	int	学籍番号
time	daytime	ログイン時及びタグを読み込んだ時間
status	char	ログイン状態
location	char	場所
object	char	オブジェクト

5.4 クライアントシステム

クライアントシステムでは RFID タグの UID を RFID リーダライタによって読み取り，読み取った UID を問い合わせサーバへ送信する．そしてサーバ側から取得したタグの意味情報の表示を行う．

問い合わせサーバからのタグの意味情報内には必ず場所，オブジェクトの判断を行うため

5.4 クライアントシステム

の情報があり，それをクライアントシステム側で判断することによって表示ウィンドウの切り替えを行う．本研究では，教室と研究室に対してシステムの実装を行った．このシステムは，場所に応じて教室ウィンドウか研究室ウィンドウを表示する．またオブジェクトであった場合は基本インタフェースウィンドウを表示する．さらに，サラウンディングキャンパスシステムへのログインを行うために，クライアントシステムを起動したときに必ずユーザ認証ウィンドウの表示を行う．

5.4.1 ユーザ認証ウィンドウ

ユーザ認証ウィンドウはユーザが第 3 者でないことの確認を行い，サーバ側でユーザのログの取得を開始するためのウィンドウである．

このウィンドウではユーザ ID とパスワードの入力を行う．ウィンドウの OK ボタンをクリックすることによって入力した情報を認証サーバへ送信する．認証サーバによって正規ユーザの確認が行われるとメッセージボックスにより”succeeded”と表示する．もしユーザ ID やパスワードに入力ミスがあった場合はもう一度ユーザ認証ウィンドウを表示する．ウィンドウ内のキャンセルボタンをクリックするとクライアントシステムを終了する．ユーザ認証ウィンドウと認証の成功時の画面を図 5.1，図 5.2 に示す．

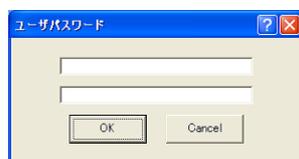


図 5.1 ユーザ認証ウィンドウ



図 5.2 認証の成功時の画面

5.4 クライアントシステム

5.4.2 基本インタフェースウィンドウ

基本インタフェースウィンドウではオブジェクト情報の表示を行う。RFID リーダライタを使って RFID タグから読み取った UID を問い合わせサーバへ送信し、オブジェクト情報を取得する。

オブジェクト情報にはオブジェクト名、オブジェクト情報が含まれており、それらの情報を基本インタフェースウィンドウ上に表示する。取得した情報内に URI がある場合はブラウザを起動し URI へ接続を行う。ウィンドウ右下にある終了ボタンをクリックするとクライアントシステムを終了する。基本インタフェースウィンドウを図 5.3、UMPC のオブジェクトタグを読み込んだ場合、講義資料のオブジェクトタグを読み込んだ場合のウィンドウを図 5.4、図 5.5 に示す。

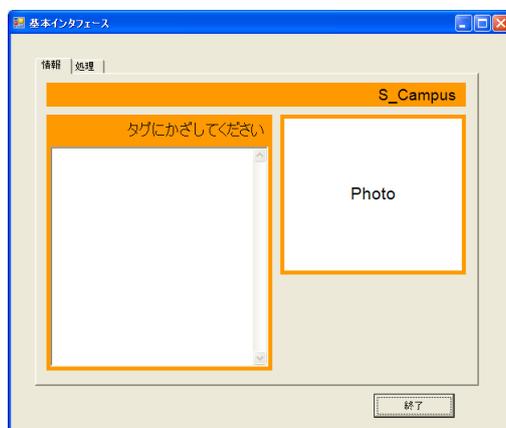


図 5.3 基本インタフェースウィンドウ

5.4 クライアントシステム



図 5.4 UMPC のオブジェクトタグを読み込んだ場合



図 5.5 講義資料のオブジェクトタグを読み込んだ場合

5.4.3 教室ウィンドウ

教室ウィンドウでは教室の場所情報の表示を行う。RFID リーダライタを使って RFID タグから読み取った UID 情報を問い合わせサーバへ送信し、情報参照データベースより参照した教室の場所情報を取得する。教室の場所情報には教室番号、講義名、教員名、講義内容、開講時間、教室の利用予定情報が含まれており、それらの情報を教室ウィンドウ上に表示する。

教室ウィンドウはタブによる切り替えが行えるようになっており、科目タブと教室利用予定タブを用意している。科目タブでは教室番号、講義内容情報、科目名、開講時間、教員名

5.4 クライアントシステム

の情報を表示する．教室利用予定タブではその教室の一週間の利用予定表を表示する．ウィンドウ右下にある終了ボタンをクリックするとクライアントシステムを終了する．A107 教室タグを読み込んだ場合，時間割のウィンドウを図 5.6，図 5.7 に示す．



図 5.6 A107 教室タグを読み込んだ場合

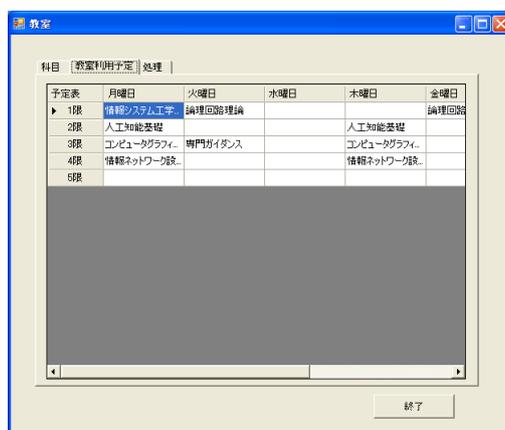


図 5.7 時間割

5.4.4 研究室ウィンドウ

研究室ウィンドウは研究室の場所情報の表示を行う．RFID リーダライタを使って RFID タグから読み取った UID 情報を問い合わせサーバへ送信し，研究室の場所情報を取得する．

研究室の場所情報には教室番号，研究室名，教員名，研究内容，研究室の予定表，研究室

5.4 クライアントシステム

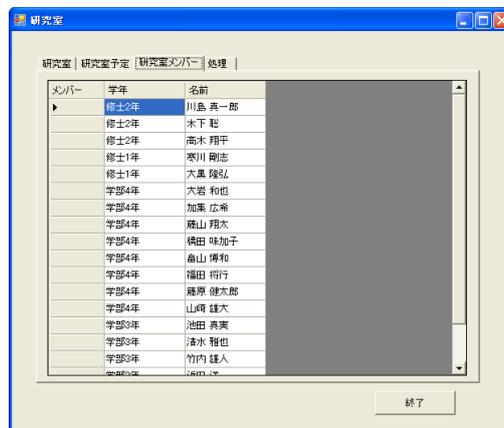


図 5.10 研究室メンバー

第 6 章

評価

6.1 評価の目的

本研究ではサラウンディングコンピューティングを大学に適用したサラウンディングキャンパスの基盤システムの構築を行った。構築したサラウンディングキャンパスの基盤システムをもとに、サラウンディングキャンパスの必要性に関する評価、サラウンディングキャンパスのシステムの実現性に関する評価を行う。さらにサラウンディングキャンパスが構築されたと仮定したときに起こりうる障害や問題点について調査し、今後のシステム開発の参考とする。

6.2 評価方法

6.2.1 評価手順

評価手順としてまず被験者に対して本研究の説明を行う。ここでは研究の背景、目的、アプリケーションの説明のみを行い、事前に用意しておいた疑似サラウンディングキャンパスを体験してもらう。体験後、アンケートによる評価を行う。アンケート評価後にシステムの説明を行い、それらをふまえた上で口頭による質疑応答を行う。評価対象と評価手順を示す。

- 評価対象

学部 4 年生 5 名

- 評価手順

6.2 評価方法

1. 評価手順の説明
2. 本研究の背景，目的，アプリケーションの説明
3. サラウンディングキャンパスの疑似体験
4. 評価アンケートの記入
5. サラウンディングキャンパスのシステムの説明
6. 質疑応答

6.2.2 疑似サラウンディングキャンパス環境の構築

被験者にサラウンディングキャンパスのイメージを持ってもらうために疑似的なサラウンディングキャンパス環境を用意する．研究室内に教室と仮定した場所を 2 つ用意し，それぞれを移動してもらうことによって教室が変わっていることを意識できるようにする．そして教室用タグを用意しておき，それらのタグを読むことによって教室ごとの情報を取得していることを意識できるようにする．またオブジェクトタグを複数用意しておき，場所とオブジェクトがあることを意識できるようにする．

本研究では場所として A107，A307 教室を仮定し，オブジェクトとして UMPC，蔵書，講義配布資料，プラズマディスプレイを用意する．場所におけるオブジェクトの配置の内訳を示す．

- A107

講義配布資料

- A307

プラズマディスプレイ

UMPC

蔵書

6.3 評価アンケート

6.2.3 疑似サラウンディングキャンパスの体験順路

取得できる情報が場所や時間によって変わることを意識してもらえるようにあらかじめ順路を決めておき，被験者にはその順番通り行動してもらおう．順路を以下に示す．

A107 資料 A307 UMPC プラズマディスプレイ 蔵書 資料

6.3 評価アンケート

6.3.1 アンケートの内容

疑似サラウンディングキャンパスを体験してもらった後に評価アンケートを行う．アンケート項目を示す．

1. 今後サラウンディングキャンパスが構築された場合，その時その場所であなたにとって必要な情報（例：教室なら配布資料など）が取得できると思うか（4段階評価）
2. 1で選択した理由を記入する（記述形式）
3. 今後サラウンディングキャンパスが整備された場合，大学生活に有効であると思うか．（4段階評価）
4. 3で選択した理由を記入する（記述形式）
5. その他サラウンディングキャンパスに対してのご意見，ご感想があれば記入する（記述形式）

6.3 評価アンケート

6.3.2 アンケートの結果

アンケート1の結果を表6.1で示す。

表 6.1 アンケート結果 1

できない	0
どちらかと言えればできない	2
どちらかと言えればできる	2
できる	1

アンケート2の結果を示す。

- 時や場所といったパラメータを使うことで適当な情報が得られると感じた。
- 必要な情報が取得できると考えるが、データベースの更新が困難であると思われる。
- 学生が例外的な行動（他学科履修など）を行ったときの処理が不安。
- 必要な情報の判断方法次第では情報が溢れる場合や足りない場合が出てくるのではないかな。
- 必要な情報の入力、管理は誰がやるのか。
- 保持しておきたい情報ができないのではないかな。

アンケート3の結果を表6.2で示す

表 6.2 アンケート結果 3

有効でない	0
どちらかと言えれば有効でない	0
どちらかと言えれば有効である	3
有効である	2

アンケート4の結果を以下に示す。

6.4 評価の考察

- LiveCampus などよりもリアルタイムな情報を取得できると期待できるから。
- 有効と考えるが整備や動作の面が大変になると考えられる
- 紙媒体の物が全てデジタル化され、必要なときに必要な情報が得られれば情報の整理整頓が楽そうだから。

アンケート5の結果を以下に示す。

- 既存システム（学生証システムなど）との差をはっきり示すべき。
- 情報を保持したい場合はどのようにするのか。
- LiveCampus と組み合わせてリアルタイムにモバイル端末上で学内情報の管理ができるようになることを期待する。
- 仮想的な個人スペースが実現できるとすばらしい。
- 情報の更新は誰がやるのか。
- 現状では情報を無意識に取得できていないのではないかと。タグを読み込みやすくする改善が必要。

6.4 評価の考察

評価は被験者に疑似サラウンディングキャンパスの体験してもらった後にアンケートによる評価を行った。評価アンケートから将来的にサラウンディングキャンパスの構築は有用性があると考えられるが、実装や実現性は難しいのではないかとといった評価結果が得られた。実現性が難しいといった意見の中でもデータベースの情報はいつ、誰が、どのように管理するのかといった情報の管理に対する疑問が多く寄せられた。今回、構築したシステムではデータベースの管理方法については検討を行っていない。そのため、今後の課題としてデータベース同士の情報の受け渡しの仕方やデータベース情報の管理方法について検討を行う必要がある。また、本システムに実装できなかったサラウンディングキャンパス上でのサービスの検討、実装を行う必要がある。

第 7 章

課題と今後の研究展開

7.1 サラウンディングキャンパス構築における課題

7.1.1 パラメータの検討

本研究ではユーザへ必要な情報を提供するために場所に着目し，大学の構成から教室，研究室，コモンスペース，教員室に対してサラウンディングコンピューティングを適用した．しかし，4.2.1 で述べたように本研究では場所以外の要因のパラメータ化の検討を行っていない．そこで人，時間，オブジェクトやそれ以外の要因のパラメータ化の検討を行う必要がある．そして，それぞれのパラメータを組み合わせることにより，ユーザが必要としている情報を提供することが可能となると考えられる．また本研究では場所の要因として物理的に存在する固定物に対して重点を置いたサラウンディングコンピューティングの適用を行ったが，今後は組織的な大学構成の観点から検討する必要がある．

7.1.2 クライアントサーバ間，サーバ間の通信プロトコル

本システムのクライアントサーバ間，サーバ間の通信プロトコルは TCP による相手のソケット指定によって通信を行っている．しかし，本システムで利用しているプロトコルではサラウンディングキャンパス上での協調分散的な処理には適さない．そこで自律，分散的に協調処理が行えるプロトコルの適用を検討する必要がある．

7.2 サラウンディングキャンパス上でのサービス提供

7.1.3 RFID タグ情報の体系的記述方法

本システムでは UID を取得することにより情報提供の判断を行っている。サラウンディングキャンパスの実用化を考えると UID による情報管理は RFID タグの追加，削除が行われることを考えると難しいいえる。そのため，RFID タグに用意されている自由に情報の書き換えが行える data 記述部に情報を体系的に記述する方法を検討する必要がある。

7.2 サラウンディングキャンパス上でのサービス提供

7.2.1 サラウンディングキャンパスにおけるユーザの支援

サラウンディングキャンパスでは学生，教職員を対象とした支援が考えられる。本システムでは検討していない，状況構築の要因である人のパラメータ化を行い，それに基づいた情報提供を行うことにより個々のユーザに対する情報支援が期待できる。

7.2.2 情報の蓄積，更新処理

サラウンディングキャンパスは学生に対する学習支援のみならず，教員や職員など学校に関係のある全ての人を対象にした支援を行う。そのため，これまで以上に多くの情報がやり取りされることが考えられ，情報を格納しているデータベースの管理が重要となってくる。大学内のユーザが移動するごとに情報が更新されることが予測できることからユーザに対する情報の矛盾が生じないようなデータベースシステムの検討が必要となる。また，サラウンディングキャンパス上の情報には個人情報や機密情報が含まれた情報のやり取りを行うことが予測できる。これらの情報の取り扱いや蓄積場所，蓄積方法を検討する必要がある。

7.2.3 GPS，無線 LAN などを利用した位置情報のマッピング

今後サラウンディングキャンパス上で行われる新しいサービスとして，位置情報のマッピングを提案する。本システムではサーバ側で場所タグの位置を事前に把握しており，それに

7.2 サラウンディングキャンパス上でのサービス提供

よってユーザの位置の確認を行っている．これを GPS と無線 LAN などを利用して位置情報を取得することにより，ユーザの位置情報や移動状況の情報をリアルタイムに取得することが可能となる．これを用いてユーザの現在位置の表示やユーザが求めている情報を場所を示すような機能の追加を検討している．

第 8 章

まとめ

本研究ではサラウンディングコンピューティングを大学に適用したサラウンディングキャンパスの基盤の構築を行った。

ユーザの状況に応じて必要な情報の提供を行うために、大学の構成要素やユーザの状況を作り出す要因に着目しそれらを基にシステムの構築を行った。構築したシステムが将来的に有効性があるかを判断するために、疑似的なサラウンディングキャンパスを用意し、体験後にアンケートによる評価を行った。アンケート結果からサラウンディングキャンパスの構築は将来的に概ね有用性があることが分かったが、実現性に関しては難しいと考える意見が多く得られた。その根源として最も多く挙げられていた意見としてデータベースに格納されている情報の追加、削除、更新方法に関することであった。サラウンディングキャンパス内では多くの情報がやり取りされるため、情報の追加、削除、更新を誰が、いつ、どのように行うのかを検討する必要がある。

これらの評価や検討を含めた上で、今後の課題として、本研究において実装を行うことができなかったパラメータ、通信プロトコル、RFID タグ情報の体系的記述方法の検討を行う必要がある。また、サラウンディングキャンパス上で行うサービスの検討を行い、評価で得られたサラウンディングキャンパスの有用性を明らかにして行く必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり，ご指導を賜りました主指導教員である情報システム工学科，妻鳥貴彦講師に心より深く感謝いたします。また，副査としてご助言をいただきました情報システム工学科，福本昌弘准教授及び篠森敬三教授に心より感謝いたします。そして，本研究室修士 2 回生川島真一郎，木下聡氏，高木翔平氏，同研究室修士 1 回生寒川剛志氏，大黒隆弘氏には本研究において有益なご指摘，ご助言を頂いたことを心から感謝いたします。さらに，同研究室 4 回生大岩和也氏，加集広希氏，藤山翔太氏，橋田味加子氏，畠山博和氏，藤原健太郎氏，同研究室 3 回生池田真実氏，清水雅也氏，竹内雄人氏，浜田洋氏，別府瞳氏，森拓也氏には本研究に対し，ご助言を賜り心から感謝いたします。

参考文献

- [1] 金西計英・松浦健二・光原弘幸・緒方広明・三好康夫・森川富昭・矢野米雄，“徳島大学における u-Learning の実践”，北海道大学 現代 GP フォーラム，2006 年 6 月 2，3 日
- [2] 緒方広明・矢野米雄，“CLUE: 語学学習を対象としたユビキタスラーニング環境の試作と実験”，情報処理学会論文誌，Vol.37，No.3，1996.
- [3] JGN2 四国リサーチセンター，“サラウンディング・コンピューティング技術の研究開発”，JGN2+AKARI シンポジウム 2008，2008
- [4] Mark Weiser，<http://sandbox.parc.com/hypertext/weiser/>
- [5] 野村総合研究所，“ユビキタス・ネットワークと市場創造”，2002 年 1 月 1 日
- [6] 総務省，“u-Japan 戦略”，<http://www.soumu.go.jp/>

付録 A