卒業論文 2006年度(平成18年度)

占有状態を基にしたテリトリー抽出機構の構築

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

湧川 隆次

慶應義塾大学 環境情報学部 津田 恵理子

eriko@ht.sfc.keio.ac.jp

卒業論文要旨 2006年度(平成18年度)

近年の情報科学の進歩により、計算機器が人々の生活を支援するユビキタスコンピューティング環境が実現しつつある。ユビキタスコンピューティング環境では、温度情報や明るさ情報などの実空間の物理現象を、センサを用いることで計算機器が取得し、サービスの挙動を変化させることで、ユーザの生活を支援している。特に位置情報は実空間を把握する際に不可欠なセンサ情報のため、位置情報を利用するサービスが多数提案されている。

既存の位置情報を利用するサービスは,ナビゲーションサービスに代表されるように,センサから取得する座標情報などの位置情報をユーザに提示することを目的とする.しかし,ユビキタスコンピューティング環境におけるサービスに対しては,座標情報などの位置情報だけでは不十分である.たとえば,紛失防止サービスの場合,所有物が一定距離以上離れたらユーザに通知するという手法が一般的であるが,ユーザの机に所有物を置いている場合は,通知すべきではない.このようなサービスの場合,座標値としての位置情報以外に,誰の空間であるかという空間に対する意味づけをサービスは取得する必要がある.このような,空間に対する意味づけを位置情報の抽象化と呼ぶ.

本論文では、空間に対するユーザの占有状態に基づいて抽出した領域(テリトリー)を取得することで、位置情報を抽象化する機構を提案する.ユーザの実空間に対する占有状態を観察することで、動的に実空間上のテリトリーを抽出し、テリトリーの占有状態を、自分の部屋のような永続的な占有である1次テリトリー、オフィスの机といったようなある程度公共性を持った2次テリトリー、図書館で一時的に占有するといった公共テリトリーに分類・抽出することで、占有状態の特性に沿ったサービスの構築を支援する.本機構により、紛失防止サービスの場合、その空間を占有していれば紛失と判断しないなどの、柔軟なサービスをユーザに提供できる.

本論文では,まず位置情報の取得技術と,それを利用したサービスについて述べ,位置情報の抽象化手法を分類する.次に,環境心理学的見地から本研究で用いる占有状態とテリトリーの抽出手法を説明する.その後,テリトリーの抽出を実現する GIN の設計と実装を述べ,最後に GIN システムを評価する.

キーワード: 位置情報,抽象化,占有,テリトリー,ロケーションアウェア

慶應義塾大学 環境情報学部 津田 恵理子

Abstract of Bachelor's Thesis

GIN: Personalized Territory for Intelligent Space

The ubiquitous computing environment to which the computer machine supports people's lives is being achieved because of the advancement of the information science in recent years. In the ubiquitous computing environment, the user's life is supported by the computer machine's acquiring physical phenomena of real spaces of temperature information and brightness information, etc. with a sensor, and changing the behavior of service. Especially, when the location information understands a real space, a lot of service that uses the location information is proposed because of indispensable sensor information.

Service that uses an existing location information is coordinates informational etc. acquired from the sensor, for example, the navigation service. It aims to present the user the location information. However, it is insufficient for service in the ubiquitous computing environment only in the location information of coordinates information etc. For instance, when the ownership thing parts more than a constant distance at the loss prevention service Though the technique of notifying the user is general It should not notify when the ownership thing is put on user's desk. Service should acquire the definition in the space whose it is space besides the location information as the coordinate value at such service. Such a definition in the space is called abstract of the location information.

In this thesis, it proposes the mechanism that abstracts the location information by acquiring the area (territory) extracted based on user's state of the occupation to the space. The construction of the service along the occupied characteristic is supported by classifying and extracting it to a third-order territory of dynamically extracting the territory on a real space by observing the occupation to user's real space, and occupying the occupation of the territory temporarily at the second territory and the library, that is, the desk in a territory and a temporary office that is lasted occupation like my room with public to some degree. If the space is occupied with this mechanism at the loss prevention service, flexible service not to judge the loss can be provided for the user.

Keywords: Location Information , Abstraction , Occupation , Territory , Location Aware Service

Keio University Faculty of Environmental Information Eriko Tsuda

目次

第1章	序論	1
1.1	はじめに	2
1.2	人の認識を考慮した空間の領域化	2
1.3	本論文の構成	3
第2章	知的空間における位置情報の活用	4
2.1	知的空間における位置情報の利用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
	2.1.1 知的空間	5
	2.1.2 室内空間における位置情報取得技術	5
	2.1.3 知的空間における位置情報利用の例	7
2.2	位置情報の抽象化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
	2.2.1 位置情報の抽象化の必要性	8
	2.2.2 位置情報の抽象化手法	8
2.3	認識領域	9
	2.3.1 認識領域の他分野での活用	10
	2.3.2 認識領域のシナリオ	
	2.3.3 認識領域の知的空間への応用	
2.4	認識領域の分類とその特性	
	2.4.1 認識領域の分類	
	2.4.2 認識領域のアプリケーション適用時の特性比較	
	2.4.3 日常行動による認識領域の特性	
2.5	本章のまとめ	
2.0		
第3章	占有状態を基にしたテリトリー抽出機構	16
3.1	占有による空間の領域化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
	3.1.1 テリトリーの定義	17
	3.1.2 テリトリーの特徴	17
	3.1.3 テリトリーの分類	18
	3.1.4 テリトリーにおけるユーザの行動	19
3.2	占有状態を基にしたテリトリー抽出機構	19
	3.2.1 アプリケーションシナリオ	
	3.2.2 アプリケーションシナリオにおける機能要件	
3 3		 つつ

	3.3.1 テリトリー生成の検出手法	23
	3.3.2 テリトリーの範囲決定手法	24
	3.3.3 テリトリーの分類手法	24
3.4	既存研究との比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
	3.4.1 Activity Zone	26
	3.4.2 A Quantitative Method for Revealing and Comparing Places in the Home	26
3.5		27
第4章	GIN の設計	28
4.1	全体概要	29
	4.1.1 GIN の概要	29
	4.1.2 想定環境	29
	4.1.3 ハードウェア構成	29
	4.1.4 ソフトウェア構成	30
	4.1.5 GIN の基本動作	32
4.2	各部の設計	32
	4.2.1 占有状態監視モジュール	33
	4.2.2 テリトリー学習モジュール	33
		35
	4.2.4 イベント登録・通知モジュール	36
4.3	本章のまとめ	37
第5章	GIN の実装	38
5.1	実装方針....................................	39
5.2	実装環境	39
5.3	各部の実装	39
	5.3.1 占有状態監視モジュール	41
		41
	5.3.3 アプリケーションインタフェース	44
5.4	アプリケーションの利用法....................................	45
5.5	本章のまとめ	
第6章	GIN の評価	48
6.1	測定環境	49
6.2	退席時間データによるテリトリー分類手法の正当性の評価	49
	6.2.1 テリトリー学習モジュールの応答性の評価	
6.3	アプリケーションインタフェースの応答性の評価	
6.1	木音のまとめ	50

第7章	結論	54
7.1	今後の課題	55
	7.1.1 点在する空間での統一的なサービス提供	55
	7.1.2 テリトリーの範囲抽出手法の改善	55
	7.1.3 位置情報提供方法の見直し	55
7.2	本論文のまとめ	55

図目次

2.1	Active Bats の超音波センサ	6
2.2	NaviGeta(左) と ID カーペット (右)	
2.3	SmartFloor の圧力センサ	
2.4	認識領域における階層構造の概念図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
2.5	個人空間のイメージ図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
2.3		11
3.1	テリトリーの分類	18
3.2	1次テリトリー	20
3.3	2次テリトリー	20
3.4	公共テリトリー	20
3.5	明示的占有状態	23
3.6	非明示的占有状態....................................	23
3.7	占有の状態遷移図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
3.8	テリトリーの範囲決定手法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
3.9	Activity Zone	26
3.10	A Quantitative Method for Revealing and Comparing Places in the Home	27
4 1	ᄔᅟᅝᄼᅩᇹᄀᄲᅷᄧ	20
4.1	ハードウェア構成図	
4.2	システム構成図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
4.3	占有監視モジュールにおけるシーケンス図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
4.4	テリトリー検出部におけるシーケンス図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
4.5	イベント登録・通知モジュールシーケンス図	37
5.1	センサノード MICA2dot	39
5.2	センサ基盤 MTS510	39
5.3	環境把握パケット通信時のパケット形式	41
5.4	占有状態データ	41
5.5	電波強度測定実験風景	42
5.6	電波強度測定結果散布図	43
5.7	累積度数分布	44
6.1	1 次 , 2 次 , 公共テリトリーにおける退席時間の t 検定結果	50
	FDF 作成時間の測定結果	

表目次

3.1	占有の状態遷移におけるユーザと物の組み合わせ	23
5.1	実装環境	40
6.1	測定環境	49
6.2	退席時間の等分散性の検定結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	49
6.3	退席時間の Welch の t 検定結果	50

第1章 序論

1.1 はじめに

近年,計算機の小型化が進み,計算処理能力とネットワーク接続性をもった家電や家具,センサなどが登場した.これにより情報機器を利用するユーザの生活空間は,Mark Weiserの提唱したユビキタスコンピューティング環境[1]へと変化しつつある.ユビキタスコンピューティング環境では,多様なセンサによって取得された情報を用いて,複数の情報機器が協調動作することにより人々の生活の利便性や安全性を向上できる.

センサによって取得される情報の中で,位置情報は特に頻繁に利用される.現在,人や物の位置情報を取得するセンサが数多く開発され,屋外においては GPS が実用化されている.また,室内空間においては Active Bats [2] や Cricket [3],RADAR [4] など,様々なセンサを用いた位置情報の取得が行われている.このような位置情報取得技術の発展に伴い,カーナビゲーションや安全管理アプリケーションなど,位置情報をユーザに提示するサービスが多数実用化されている.さらに,ユビキタスコンピューティング環境では,位置情報をユーザに提示するサービスだけでなく,人や物の位置情報に応じて,動的に動作を変化させるサービスが多数提案されている.たとえば,ユーザの移動に合わせ最も近くのプリンタから印刷物を出力するサービスや,ユーザが公共空間にいる場合には自動的に携帯電話をマナーモードにするサービスが考えられる.このような人や物の位置情報に応じて挙動を変化させるサービスをロケーションアウェアサービスと呼ぶ.

位置情報取得システムによって得られる位置情報は,経緯度などの座標情報や,定点からの距離情報である.しかし座標情報や定点からの距離情報では,ロケーションアウェアサービスを構築できない.例えば上述のプリンタサービスの場合,ユーザとプリンタの座標情報を取得しても,部屋同士の空間構造がわからなければユーザの現在位置に最適なプリンタを選択できない.ユビキタスコンピューティング環境において,多様化するロケーションアウェアサービスの要求に応えるためには,位置情報を抽象化するミドルウェアが必要とされ,現在様々な位置情報抽象化手法が研究されている.本研究では,人の占有状態により領域化された空間を取得することで位置情報を抽象化し,アプリケーションに提供するミドルウェアを設計,実装する.

1.2 人の認識を考慮した空間の領域化

ユーザや物の位置情報は,知的空間において重要な役割を果たす.しかし位置情報取得システムから得られる情報は,経緯度などの座標系や定点からの距離で示される[5].これらの座標値や距離情報として表される位置情報は既存のナビゲーションサービスなどには有用だが,ユーザの実空間での活動や,ユーザの空間に対する認識を無視したものであり,ユーザが知的空間に求める多くのサービスには不十分である.例えば,ユーザが持ち物を置き忘れた場合に通知するサービスを想定する.このサービスにおいては,持ち物が置かれた場所が物を置いたままにしてよい場所か,そうでない場所かという情報が必要であり,ユーザと持ち物の位置を取得するだけでは不十分である.物を置いたままにしてよい場所か,そうでない場所かは,物が置いてある場所の占有状態に依存している.そのため,占有状態をサービスに通知することが必要となる.

本研究では、占有によって空間を抽象化した認識領域を取得するミドルウェアを構築する.占有による領域化を位置情報ミドルウェアが取得することで、空間とその空間を占有するユーザとを関連付けられる.空間と、占有するユーザとの関連は短期的に変化する場合が多い.そのため、ミドルウェアからアプリケーション側に占有するユーザとその空間の情報を提供できれば、アプリケーション開発者の負担を軽減できる.また、空間の占有の仕方の特徴や、周辺環境の特徴を比較することで、ユーザが空間に対して認識している支配力の違いを取得できる.たとえば長い自宅の自分の部屋は、周囲に他者の占有する空間は少なく、自分の占有率は高い.そのため支配力が強くなり、その場所に存在する物や環境の管理は自分の意思で行うことができる.したがって占有に特化した認識領域をミドルウェアが抽出することで、支配力の強弱に適応したアプリケーションの細かな動作の記述を支援できる.

1.3 本論文の構成

本論分は全7章からなる.第2章では,まず知的空間における位置情報の利用と,その抽象化手法について分類する.さらに抽象化手法の1つである領域化についてまとめ,それを知的空間に応用する際の問題点について述べる.続く第3章では領域化手法について整理し,本研究で対象とする占有による領域化手法を環境心理学の見地から詳説する.さらに占有状態を基にした空間領域化機構の機能用件についても明らかにする.第4章では占有状態を基にした空間領域化機構 GIN の設計について述べる.第5章では GIN の実装について述べる.第6章では GIN の評価を行い,最後に第7章で結論・今後の課題を述べ本論文を締めくくる.

第2章 知的空間における位置情報の活用

本章では知的空間における位置情報の利用と,その抽象化についてのべる.次に位置情報の抽象化手法について分類する.さらに人の空間に対する意味づけについてまとめ,それを知的空間に適用する際の問題点について述べる.

2.1 知的空間における位置情報の利用

近年,室内空間における位置情報取得技術が発展し,知的空間における位置情報を利用したサービスが多く提案されている.本節では,室内空間における位置情報の取得技術について述べる.また本研究が想定する知的空間と,知的空間に関する既存研究について述べる.

2.1.1 知的空間

近年では計算機の小型化,ネットワーク接続機能の向上により,環境にさまざまなセンサや機器を埋め込むことが可能となった.それらの環境に埋め込まれたセンサや機器から,その空間内でのユーザや物の動きを観察し,人や機器の動作,また温度,照度など環境の変化を情報世界に通知し,情報世界において処理することが可能となる.また,それらの情報世界での処理結果に基づいて人や物に対しさまざまなサービスを提供できる.

このように実世界を観察し、その結果を処理することにより、実世界での現象に沿った動的なサービスを提供可能な空間を知的空間と呼ぶ、室内空間における位置情報取得技術の向上により、知的空間において人や物の物理的な位置を情報世界で把握できるようになった、これによりユーザや物に対する、より細やかな動作が可能となった、

2.1.2 室内空間における位置情報取得技術

室内空間における位置情報取得技術の発展とともに,いろいろな位置情報取得に用いるデバイスが提案されている.本項では室内空間における位置情報取得技術について分類する.

超音波センサ

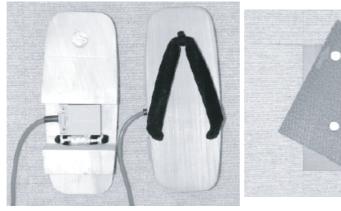
超音波は1万6千ヘルツ以上で,人の耳に感じない音波である.超音波センサは,超音波が障害物に反射し返ってくるまでの時間を測定することで,その障害物までの距離を特定し,位置測定を行う.超音波による位置取得技術のメリットとしては,誤差が数ミリメートルの高精度な位置情報を取得できることがあげられる.またデメリットとしては,ユーザと環境側双方にタグ,又は受信機を設置する必要があること,また風,温度,遮蔽物による影響が大きいことが挙げられる.センサの例として,Active Bats[2]を挙げる.Active Bats は,ケンブリッジ大学及びオリベッティ研究所が開発した位置情報管理システムである.図 2.1 に Active Bats で利用される超音波センサを示す.数十 cm 単位の粒度で位置情報を取得可能で,座標表現のセンサ位置データを取得し,空間を 3 次元の座標で表現する.また,傾きや方向の計測も可能である.位置情報を取得されるユーザには超音波発信機を装着し,環境側の天井には複数の超音波受信機が設置される.



図 2.1: Active Bats の超音波センサ

RFID

RFID は, Radio Frequency Identification の略で,電波を利用した認証技術である.RFIDを利用した位置測定は,電波強度を用いてリーダとタグの接近度を測ることにより行う. RFID を利用した位置測定技術のメリットとしては,タグの値段が安価であること,センサ自体の耐久性が優れていることが挙げられる.関連研究として NaviGeta を挙げる. NaviGeta は玉川大学が開発した位置情報管理システムである[6]. Navi Geta はユーザの位置を計るため,床の15cm ごとに RFID タグを埋め込み,さらに,ユーザは履物に RFID リーダを装着し位置を検出する.図2.2に NaviGeta と NaviGeta で使用するカーペットを示す.



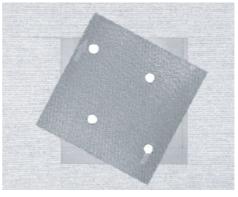


図 2.2: NaviGeta(左) と ID カーペット(右)

無線

無線を利用した位置測定は,室内に無線基地局を設置し,無線通信の電波強度により各基 地局までの距離を測定することにより行う.現在の無線通信技術はIEEE 802.11a,802.11b, 802.11g 規格が用いられることが多い.無線を利用した位置測定のメリットとしては,これまでに広く使用されている無線 LAN 技術を基盤とするため,短期間での導入が可能であることが挙げられる.またデメリットとしては,座標位置情報に数メートルの誤差が生じること,また遮蔽物による電波妨害の影響が大きいことが挙げられる.関連研究として, $\mathbf{RADAR}[4]$ を挙げる. \mathbf{RADAR} は,マイクロソフトが開発し,ラップトップ PC から無線 LAN の電波強度を基地局で計測することで,基地局からラップトップ PC までの距離を算出している. \mathbf{RADAR} では,建物内の $\mathbf{1}$ フロア, $\mathbf{43.5m} \times \mathbf{22.5m}$,に無線 LAN の基地局を $\mathbf{3}$ 台設置することにより,ラップトップ PC の位置を $\mathbf{2m}$ から $\mathbf{3m}$ の精度で計測可能にした.

画像解析

画像を利用した位置測定は、ユーザや物を上方から撮影し、画像解析により位置を特定する。画像解析による位置測定のメリットとしては、ユーザ自身が何も身につける必要がないこと、数十センチメートルの誤差で人の位置情報を取得できることが挙げられる。またデメリットとしては、環境側にカメラを設置する必要があること、カメラの設置に手間がかかること、カメラにより取得した画像を利用するため、太陽などの光による逆光の影響や、背景と人が同一色になると解析が困難になることが挙げられる。環境側にカメラを設置する画像解析の利用例として、EasyLiving[7]、が挙げられる。EasyLivingは、マイクロソフトリサーチにより知的生活環境実現のために利用するアーキテクチャとして提案された技術である。EasyLivingでは部屋のリビングに設置されたカメラ2台を元に、カメラ画像を色のヒストグラムに分解して解析する。これにより、背景との差分から人の位置を判別し、10cm程度の粒度で位置情報を取得可能にした。

床センサ

圧力センサを部屋の床に埋め込むことにより,人の位置を特定する技術である.圧力センサを利用した位置測定のメリットとしては,屋外・屋内を問わず設置できること,人が歩くときの圧力を測定することで個人を識別できることが挙げられる.またデメリットとしては,人の3次元位置が取得できないことや,圧力センサを埋め込む際に設置コストがかかることが挙げられる.関連研究として,Smart Floor[8]が挙げられる.図2.3では,部屋一面の床にに圧力センサを設置しユーザの位置特定を行っている.また,個人識別を93パーセント可能とした.

2.1.3 知的空間における位置情報利用の例

2.1.1 項で述べた知的空間において,ユーザや物の位置は環境情報として重要な役割を果たす.室内空間における位置情報取得技術が発達したことにより,知的空間において提供できるサービスも多様化した.知的空間における位置情報を利用したアプリケーションとして,空港で乗客をゲートまで案内したり,絵画や美術館などで美術品を案内するナ

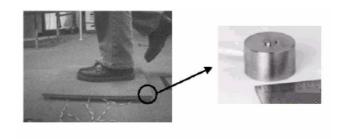


図 2.3: SmartFloor の圧力センサ

ビゲーションシステムや,ユーザの移動にともなって最寄のデバイスで情報を提供する Follow Me Service [9] などが挙げられる. Follow Me Service に関連する研究として人の移動に追従するディスプレイ表示を可能にする Desktop Teleporting System [10] がある.さらに,ユーザの現在位置に対してアプリケーションを送信する Migratory Apprications [11] や,また子供やお年寄りの安全管理サービスなどが挙げられる.

2.2 位置情報の抽象化

これまで,子供やお年寄りの位置情報を提供する安全管理システムのように,座標系として得られた位置情報を抽象化せずに利用するサービスが一般的であった.しかし最近では室内空間での位置情報取得技術の向上により,位置情報を活用したサービスが多様化し,得られた位置情報を抽象化をして利用するアプリケーションが増加している.本節では位置情報の抽象化の必要性とその手法の分類を述べる.

2.2.1 位置情報の抽象化の必要性

位置情報取得システムによって得られる位置情報は,経緯度などの座標系や,定点からの距離によって与えられる.しかし座標や定点からの距離などの情報のみでは多様なアプリケーションの要求に対応できない.たとえばユーザに最も近いプリンタを選択して出力先を変更するアプリケーションを考える.ユーザに最も近いプリンタを検索するためには,利用可能なプリンタの場所と,ユーザの現在位置からプリンタまでの距離と経路の情報が必要であり,位置情報取得システムから得られた位置情報のみでは対応できない.この例で述べた,ユーザに最も近いプリンタを検索するというようなアプリケーションからの要求に応えるためには,位置情報に経路情報を付加して抽象化する必要がある.

2.2.2 位置情報の抽象化手法

近年行われている位置情報の抽象化にはさまざまな手法が提案されている.本項では, 現在行われている抽象化手法を挙げる.

ユーザや中心とする同心円による抽象化

位置情報を取得した点から指定の距離を半径とする円によって抽象化するものである. ユーザの現在位置から300メートル以内にあるお店の広告を配信する,というサービスの場合,同心円状に空間を指定し抽象化を行っている「どこよ!ローカル」はユーザの位置情報と連動し,ユーザから指定の範囲内にある店舗やイベント情報などの広告をユーザの持つ携帯端末に配信する[12].

ロケーションモデルによる抽象化

ロケーションモデルは実世界の空間構造を記述した情報であり,実空間上での空間同士の位置関係や,経路情報を示すものである.例えば部屋を表す場合,S 棟 2 階 213 号室のように階層化された空間同士の位置関係を示している.ユーザの移動にあわせ,ユーザに最も近いデバイスから情報を提供する Follow Me Service などはロケーションモデルを用いて抽象化された位置情報を利用する例である.

行動履歴による抽象化

行動履歴とはユーザの行動を時刻とともに記録し時系列に並べたものである.最近では GPS やIC カードの普及により,日常的な買い物,食事などの行動における位置情報を取得することが容易となった.これにともない取得した位置情報を蓄積し,ユーザの行動履歴として活用するサービスが提案されている.自動改札と連動したコンテンツ配信サービスであるグーパス[13]などがこの例である.

人の空間に対する認識を用いた抽象化

実空間に対してユーザが考える,特定の空間においての役割,規範,慣習などの認識を用いて位置情報を抽象化するものである.例えば,空間を public space, semi-public space, private space に種別し,その種別に応じて映像によるコミュニケーションの形態を変化させる Video Media Communication [14] などがこれにあたる.

2.3 認識領域

本研究では、人の認識によって区切られ、抽象化された空間の範囲を認識領域と呼ぶ、位置情報取得システムから得られる情報は、経緯度などの座標系や定点からの距離で示される[5].これらの経緯度や座標値として表される位置情報は既存のナビゲーションサービスなどには有用だが、ユーザの実空間での活動や、ユーザの空間に対する認識を無視したものであり、ユーザが知的空間に求める多くのサービスには不十分である。例えば、ユーザが持ち物を置き忘れた場合に通知するサービスを想定する。このサービスにおいては、持ち物が置かれた場所が物を置いたままにしてよい場所か、そうでない場所かと

いう情報が必要であり,ユーザと持ち物の位置を取得するだけでは不十分である.そのため,人の認識による空間の抽象化である認識領域の取得が必要となる.

本節では認識領域をシナリオを用いて説明し,次にその知的空間への応用についてまとめる.

2.3.1 認識領域の他分野での活用

実空間は人の活動によって領域化できる [15] [16] . 文化人類学者である Hall は隠れた次元として人の距離感覚についてまとめた [17] . 人を中心とした実空間を,個人空間として領域化し,密接距離,個体距離,社会距離,公衆距離の 4 段階に分類している.また,Green は「Communication, Technology and Society」の中ですべての実空間は公共空間,社交空間,私的空間に分類できると述べている [18] . また建築学の分野では人の活動を考慮し,実空間を食べる場所,休む場所,集う場所,などと分割した建築デザインが考えられている [19] . またオフィスデザイナである Duffy は仕事場を,静かに一人の作業をする場所,インフォーマルなミーティングを行う場所,フォーマルなミーティングを行う場所というように分類できるとし,机や椅子,ホワイトボードなど,空間に置かれるものと人の行動の関係について述べている [20] . たとえば机と椅子が向かいあって集めると,その場所は人がミーティングを行う場所となる [21] .

このように人の行動により実空間が分割されるという考え方を研究に取り入れている分野は多岐にわたる.

2.3.2 認識領域のシナリオ

Tuan は人の行動によって分割され,意味づけられた空間の範囲が場所であると述べている[22]. Tuan によれば,人は空間に場所を作り出すことで空間,環境を秩序付けている.以下に人の実空間に対する意味づけの具体例を述べる.

シナリオ A: 家庭

ある日,4歳になる太郎が寝室のベッドでお菓子を食べていた.それに気がついた 太郎の母は太郎を叱り付け,食卓で食べるよう促した.またある日,太郎がリビン グのソファで眠っていると,母は太郎を起こし寝室で眠るよう促した.

シナリオB: 研究室

一郎は朝研究室に来ると,自分がいつも使っている机に荷物を置いて授業へ出かけた.その後同じ研究室のメンバである次郎が研究室へやって来たが,次郎がよく使用している共有の机は他の人に使用されていたために座れなかった.一郎がいつも使用している机は空いていたが,次郎は研究室で作業することをあきらめ,図書室へ移動した.また,次の日一郎が研究室に入ると,後輩である三郎が一郎の席に座り,本を読んでいた.それを見た一郎は不快感を覚え,三郎に他の席に座るよう促した.

シナリオ A は人が空間を食べる,寝るなどの日常の行動に合わせて分割し,認識している例である.まだ慣習や規範の理解できない子供に対して大人がそれら空間のもつ慣習や規範を示している.寝室は寝るという役割を持った場所であり,物を食べるという行為はその空間には適切ではない.また,リビングのソファはテレビを見る,団欒を楽しむなどくつろぐ場所であり,眠るという行為は適切ではない.

またシナリオ B は特定の人が占有する空間を他の空間とは区別して認識している例である. 一郎にとっての自分の机は,他の空間とは区別された重要な,他者に侵入されたくない固有の空間である. 日常的に一郎が特定の机周辺を占有することで周囲の人にもそのように認識されている.

2.3.3 認識領域の知的空間への応用

前述のように,人は実空間を場所として意味づけることで認識し,その認識に基づいた行動をとる.O'Neil らは知的空間において,人とシステムのインタラクション空間と,物理的な空間両方のデザインを考慮したシステムを作成しなければならないと述べている [23].また Junestrand らは家という空間における private space と public space を考慮したシステムのデザインを提唱した [24].

既存のシステムでは,ロケーションシステムで取得した座標系,もしくは定点からの相対距離などによる位置情報から,さらにその位置での特定のセマンティクスに基づいた規範の設定を静的に行っている[7].これらの人間の生活のなかで空間につけられた規範や意味をシステムが自動的に理解することは難しく,現状ではシステムの設計者が静的にそれぞれの規範,意味に沿ったサービスを設計している.また人の空間に対する認識は一定ではなく,人の行動に伴って変化する.その変化に対応するためには,ロケーションシステム上のサービスの設定を変更しなければならない.現状では設計者が手動で設定を変更するか,もしくは再設計する必要があり,困難が生じる.

このようにユーザの行動と協調した動作を要求される知的空間では,人の空間認識を考慮したシステムをデザインする必要がある.

2.4 認識領域の分類とその特性

本節では実空間を人の認識により領域化する認識領域について詳しく述べる.まず領域化における階層構造について述べ,その後,認識領域の分類を示す.

2.4.1 認識領域の分類

実空間は人の空間認識により領域化される.領域化された空間には階層構造が見られる.図2.4に認識領域における階層構造の概念図を示す.2.3.1項で述べた, Green らによる実空間を公共空間, 社交空間, 私的空間とする分割は, 社会性による認識に基づいた認識領域である.この社会性による領域を第一層目とし, その上位の層に Hall の述べた

「個人空間」による領域や,建築学の分野で述べられている食べる場所,休む場所,集う場所などと「日常行動」による領域,またそのほかに本研究で取り扱う「占有」による領域が存在する.次節に各空間領域化手法の特性を述べる.

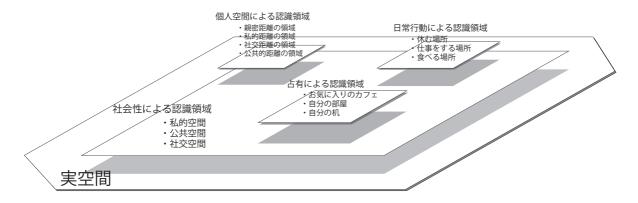


図 2.4: 認識領域における階層構造の概念図

社会性による認識領域

Green らは,空間を領域化し,公共空間,社交空間,私的空間の3つに分類している[23].彼らによると,3つの領域の定義は以下のようである.

公共空間

誰にでも開かれた空間であり、コミュニティに属した場所である.都市や公園、建造物の場合は学校、病院、図書館、劇場、また電車や船舶、航空機などの乗り物も公共空間にあたり、不特定多数の人が利用する.

• 私的空間

一人の人だけが使用し,管理する空間である.家における個人の部屋などがこれにあたり,私的空間に入ることを許される人は限られる.

社交空間

公共空間にも私的空間にも属さず,多くの人が利用しているが,物理的,社会的,またはそのほかの制約によって使用する人が限定されいる.研究室やオフィスなどがこれにあたる.

対人行動による認識領域

Sommer は人間の空間利用について「人は身体の周囲にある目に見えない境界線を持った領域を持ち,その領域は他者が進入できないものである」と述べ,個人空間と呼んでいる [25]. また Gifford は,個人空間は「個人的な」ものではなく「対人的な」ものであり,

人が他者と関わる場合にのみ存在すると述べている [26].この個人空間が他の認識領域と大きく異なる点は,個人空間はその個人によって常に持ち運ばれるということである.つまり個人空間は,実空間上の位置にかかわらず常に人の周りに存在している.

日常行動による認識領域

日常行動によってできる認識領域は,人が空間の範囲に割り当てている役割といえる.例えばベッドの上は寝る場所,ダイニングは食事をする場所というように,空間に役割を割り当てている.それぞれの空間での活動によって規範が設けられ,ダイニングでは食事,ベッドルームでは睡眠といったように,そこで決められた行動以外の行動は基本的に行われない.この日常行動によって生まれる場所を抽出した既存研究として Koile らが行った Activity Zone [27] や,Aipperspach らが行った A Quantitative Method for Revealing and Comparing Places in the Home [28] がある.

占有による認識領域

最後に挙げる認識領域は,1人もしくは複数の人の占有によってできる領域である.一時的か永続的かにかかわらず,ある空間を占有することで特定の空間と,その空間を占有する人とを結びつけた認識が生まれる.例えば,学生は座席を確保するために自分の本や鞄を椅子や机の上に置くことにより,その空間を領域化する.周囲の人は学生が荷物を置いた周辺の空間を学生と結びつけて認識するため,その座席には座らない.

2.4.2 認識領域のアプリケーション適用時の特性比較

本研究では,占有による領域化を取得する位置情報ミドルウェアを構築する.本項では前項で述べたの4つの認識領域を,アプリケーションに適用する際の特性について比較し,占有による認識領域を取得することの有意性を導く.

社会性による認識領域の特性

前章で述べた3つの認識領域の基盤となっているものが社会性による領域である.この認識領域をアプリケーションに適応する例としては,ユーザが公共空間にいる場合にはユーザの持つ携帯電話を自動的にマナーモードにするなど,その場の社会性に合わせて携帯端末の挙動を変更する例が挙げられる.また,Video Mediated Communicationでは,家の中を public space, semi-public space, private space の3種類の空間に領域化し,その領域に応じてコミュニケーションの形態を変化させている.

しかしこの社会性による領域化は前述の個人空間による領域化,日常行動による領域化,占有による領域化の3つに比べて領域が広範囲にわたる.たとえば病院や図書館などの建造物単位,また狭くてもオフィス,個人の部屋など部屋単位で領域化される.さら

に,社会性によって領域化された範囲は変動が少ない.そのためアプリケーションに静的 に領域を記述しておくことが可能であり,システム設計者の負担は少ない.

個人空間による認識領域の特性

個人空間は2.4.1 で述べた通り,必ず人を中心として周囲に円状に作られる.さらに個人空間の範囲は Hall の研究により明らかにされている.既存の位置情報取得システムによって人の位置を取得できれば,個人空間の取得は容易であり,システム設計者の負担は少ない.図2.5に個人空間のイメージ図を示す.

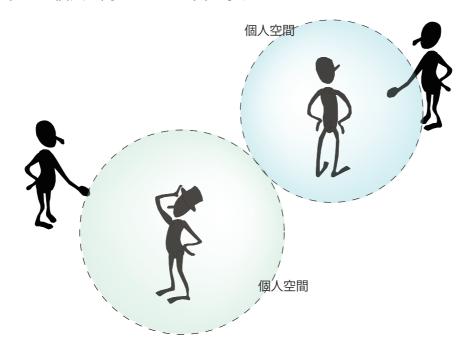


図 2.5: 個人空間のイメージ図

2.4.3 日常行動による認識領域の特性

日常行動による領域化をアプリケーションに適用する例としては,打ち合わせをする場所に2人のユーザが入ると自動的にプロジェクタの電源を入れ,スライドを表示するアプリケーションなどが考えられる.日常行動による領域化を行った既存研究としてはActivity Zone を挙げた. Activity Zone では,領域をアプリケーション動作のトリガとして利用している.打ち合わせをするという役割を持つ領域では,2人のユーザが座ると自動的にプロジェクタの電源を入れ,スライドを表示するといったアプリケーションが提案されていた.

日常行動による領域化は社会性による領域化に比べると空間の範囲も狭く,空間の役割が明らかであるため,社会性による領域化を利用した場合よりも細かい粒度でアプリケー

ションの動作を記述できる. Activity Zone など, 日常行動による領域化ではその空間を利用する個人の特定はされない. そのため個人を特定する必要のあるアプリケーションに対して提供する情報としては不向きである. また, これらの空間の範囲は, 空間に置かれる家具や機器などに大きく影響される. そのため引越しや模様替えなどの特別なイベントが発生しない限り, 変化することは少ない.

占有による認識領域の特性

占有による領域化は個人の空間に対する占有を取得して空間を領域化する.この占有によって領域化された空間を本研究ではテリトリーと呼ぶ.占有による領域化を取得することで,ユーザと空間の範囲との関連性を取得できる.そのため,アプリケーション動作のトリガとしてだけでなく,空間の範囲と個人の関連付けや,個人とその空間内に存在する物との関連付けが可能となり,アプリケーションに対する応用の幅が広い.また,占有によって発生する領域化された空間は,短期的に位置が変化し,頻繁に発生と消滅を繰り返す場合が多くある.この場合,占有によって発生する領域が消滅するタイミングは個人によって異なる.このためアプリケーションの設計者が静的に記述しておくことが困難である.また,個人や場所によって占有の仕方は異なり,それにともなって個人が空間に対して思う支配力も異なる.支配力の強弱によってユーザのとる行動は異なる.たとえば,支配力の強い場所では日記を書くなどプライベートに深く関わる行動を取りやすい.また自分の持ち物を置きっぱなしにするなど周囲を気に留めない行動をとる.しかし支配力の弱い場所ではそのような行動は少なく,読書や課題などプライベートにはあまり関わらない行動に限られる.さらにその空間の範囲に広げる自分の持ち物も,ノートや本,PC などに限定されている.

2.5 本章のまとめ

本章ではまず,知的空間において位置情報を利用するアプリケーションについて述べ, その後位置情報を抽象化する手法について分類した.次に,人の空間に対する意味づけに よる実空間の領域化と,その具体的なシナリオについて述べた.さらに知的空間へ人の空間に対する意味づけを応用する際の問題点についてまとめた.

次章では,それぞれの認識領域の特性についてまとめ,本研究の目的と知的空間におけるテリトリーの抽出について述べる.

第3章 占有状態を基にしたテリトリー抽 出機構

本章では占有により領域化された空間 (テリトリー)を抽出する ミドルウェアについて提案する.はじめに,2章で述べた空間の 領域化について分類し,各領域化手法について比較し,占有によ る領域化を取得する優位性を示す.次に本研究で用いる占有によ る領域化手法を環境心理学の見地から説明する.その後,本研究 におけるアプリケーションシナリオを示し,機能要件を導く.

3.1 占有による空間の領域化

本研究では,占有によって領域化された空間(テリトリー)を取得するミドルウェアを構築する.テリトリーを位置情報ミドルウェアが取得することで,空間とその空間を占有するユーザとを関連付けられる.空間と,占有するユーザとの関連は短期的に変化する場合が多い.そのため,ミドルウェアからアプリケーション側に占有するユーザとその空間の情報を提供できれば,アプリケーション開発者の負担を軽減できる.また,空間の占有の仕方の特徴や,周辺環境の特徴を比較することで,ユーザが空間に対して認識している支配力の違いを取得できるため,支配力の強弱に適応したアプリケーションの細かな動作の記述を支援できる.

本節では,環境心理学的側面から見た人のテリトリー行動について述べ,そこから空間の中に存在する人のテリトリーの概念を知的空間へ応用する優位性を導く.

3.1.1 テリトリーの定義

Edney は物や実空間を占拠したり,マーキングなどを行ってその場所の所有者や占有者の存在を示す行動をテリトリアリティと呼んでいる[29].このテリトリアリティによって特定の人,もしくは集団によって所有,または支配されている物や空間をテリトリーと呼ぶ.Edneyによればテリトリアリティは「物や空間を支配する際に個人や集団が示す,占有や個人化,マーキングなどの行動」と定義される.このテリトリアリティによって作られる場所がテリトリーである.

本研究では,この定義により示されるテリトリーの中でも,個人が空間を占有することにより領域化される認識領域をテリトリーとして扱う.

3.1.2 テリトリーの特徴

Altman は人間のテリトリーの特徴について以下のように述べた [30].

- 一時的あるいは永久的に場所や物の支配と所有がある
- 1人の人が所有したり集団が所有したりする
- テリトリーはしばしば,私有化されたり(パーソナライズ),印がつけられる(マーキング)
- 場所や物は小さい場合と大きい場合がある
- 地位の誇示や安全性の確保などいろいろな機能を果たす

本研究では上記の3つ目に述べた「私有化されたり(パーソナライズ),印がつけられる(マーキング)」という特徴に注目する.占有者は自分が占有する空間において,その空間が自分のテリトリーであるという強い意志を示すために,その空間に自分の物を配置す

るという行動を取る.この特徴から,テリトリー内に置かれている物と,そのテリトリーの占有者との関連付けを行うことができる.

3.1.3 テリトリーの分類

Altman は実空間におけるテリトリーの分類体系を示した [31]. テリトリーはその環境とユーザの占有のしかたによって 3 つの形態に分類できる. それぞれ 1 次テリトリー, 2 次テリトリー, 公共テリトリーと呼ぶ. また, Altman の考えを元に, 槙が改変したテリトリーの分類表を図 3.1 に示す [32]. 本項ではテリトリーの機能的特質を述べる.

	活動領域				
	1次テリトリー 2次テリトリー 公共テリトリー				
	Primary		Secondary		Public
個人	自分の場所		自分のための場所		たまたま占めてい る場所
	(個室、自分の 席)		(自席、いつも利 用している席)		(座席)
	m		m		m
集団	自分たちの場所		自分たちのための 場所		たまたま占めてい る場所
認知度大	(自分の家)	(近隣)	(部署、研究室)	(ホテル の一室)	(新幹線、映画館)
認知度小			(会社、学校)		
	恒常的 所属変更不可 支配感 大 所有		中間的 所属変更可 支配感 中 占有 地位による支配感		一時的 所属なし 支配感 小 一次占有
			の違い		

図 3.1: 槙によるテリトリーの分類

1次テリトリー

特定の個人によって独占的に使用されている空間を1次テリトリーと呼ぶ.他者から見た場合に,その場所がその個人のものだと認識できる.1次テリトリーの例としては,自分の部屋の自分の机周辺など,永続性があり,その場所を使用する個人の生活にとって中

心となる場所である.また,その場所の占有者がほぼ完全にその場所を統制する権利を持っており,排他的である度合いが高い.図3.2に1次テリトリーのイメージ図を示す.

2次テリトリー

一人だけが占有する空間であり、他者が占有するということはほとんど起こらない.しかしある程度他者の侵入が許される空間であり、2次テリトリーは1次テリトリーに比べ排他的ではないため、その空間に対する支配力も弱くなる.心理的にも1次テリトリーがユーザの生活において1番の中心となる空間であるのに対し、2次テリトリーは占有者の生活において2番目となる空間である.例えば、研究室やオフィスの自分の机周辺などの場所が2次テリトリーとなる.プライベートでの利用のされ方がありながら、比較的公共性も持ち合わせた空間の範囲である.図3.3に2次テリトリーのイメージ図を示す.

公共テリトリー

公共空間の一部を,個人が一時的,もしくは短期的に占有することで作り出す場所である.誰でも一時的,または短期的に公共テリトリーを持つことができる.例えば,図書館で一時的に荷物を置いて陣取っている場合や,カフェなどで本を読みながら居座っている場合,新幹線で席に座っている場合などに個人の公共テリトリーが作り出される.公共テリトリーでは占有者が短期的に入れ替わる.図3.4に公共テリトリーのイメージ図を示す.

3.1.4 テリトリーにおけるユーザの行動

3.1.3 項で述べた 1 次テリトリー , 2 次テリトリー , 公共テリトリーでは , それぞれユーザの行動に違いが現れる .

例えば、1次テリトリーは占有者の生活において中心となる場所であり、他者に侵入されることはほとんどない、そのため、他者に見られたくないようなもの、たとえば日記などを開く、しかし、2次テリトリー、公共テリトリーにおいては、占有者が他者に見られたくないようなものを広げることはめずらしい、このように、その場所に対するユーザの信頼感や安心感に違いが表れる、また、1次テリトリー、2次テリトリーではユーザは1回の占有状態の中で複数の仕事をこなす、しかし公共テリトリーにおいては1回の占有状態が1つの仕事に値する場合が多い、

このように各テリトリーにおいてはユーザの行動は異なる.そのため知的空間において このユーザの行動の違いをシステムが理解しておくことは,ユーザの生活を支援する上で 重要である.

3.2 占有状態を基にしたテリトリー抽出機構

本研究の目的は,室内空間においてユーザの作り出すテリトリーを抽出するミドルウェアの構築である.人と実空間が結びついたユーザの認識に基づき,動的な位置情報のフィ





図 3.2: 1 次テリトリー

図 3.3: 2 次テリトリー



図 3.4: 公共テリトリー

ルタリングを行うことで,知的空間でのアプリケーション作成者の負担を軽減する.また,アプリケーションのトリガとなるだけでなく,テリトリーの分類を行うことでそのテリトリー内に存在する物とテリトリーの占有者に結びつきをあたえるなど,提供できるサービスの可能性を広げる.

3.2.1 アプリケーションシナリオ

本節では想定シナリオを元に,本研究で構築するシステムの利用例を述べる.

紛失防止アプリケーション

ユーザの持ち物につけたセンサノードをもとに,ユーザが持ち物を置き忘れて紛失しそうになった場合に通知するアプリケーションを想定する.既存の紛失防止アプリケーションの場合,ユーザとユーザの持ち物が物理的に離れたかということで判断するが,持ち物が置かれている場所によっては,あえて置いていったものであり,置きっぱなしにしていても紛失には当たらないという場合がある.たとえば,図書館で作業をしていた後,財布を置いたままその場からユーザが立ち去ってしまった場合にはユーザに財布を置き忘れたことを通知する必要があるが,それが研究室の自分の机だった場合にはユーザに通知する必要はない.このように物が置かれたテリトリーの分類に応じて挙動を変更しなければならない.

前述のようなその場所に適応して挙動を変更しなければならないアプリケーションは多く存在する.既存の位置情報取得システム上のアプリケーションでは,このようなユーザとその場所との関係を考慮せずに,一定の挙動で対応しなければならない.テリトリーと連動したユーザの要求をアプリケーションが満たすことができなければ,新たなシステムの導入が必要となる.

持ち物の安全管理アプリケーション

ユーザの所有物において,盗難防止,覗き防止などの安全管理を行うアプリケーションを想定する.例えばユーザが所有物から離れている間,ユーザの持ち物を他人が触れるなどの行為があった場合にユーザに知らせるといったものである.従来のアプリケーションでは,物に動きがあったかどうかのみを直接物につけてあるセンサノードのデータから判断していた[33].この場合ユーザが物から離れる前に安全管理を開始する設定を行わなければならない.また,ユーザが戻ってきた際に安全管理アプリケーションの解除をしなければならず,手間がかかる.また,物が自分の物であるという設定をアプリケーションに対して行わなければならない.この2つの問題において,前者は既存の位置情報取得システムを適用することで解決する.しかし後者の問題では,物と人を動的に結びつける機構が必要とされ,既存の位置情報取得システムでは解決することができない.物が自分の物であるという設定することはシステムの開発者ではなくユーザ自身で行わなくてはな

らない.このような設定は,システムの扱いになれないユーザにとってはかなりの負担となるものである.しかし本システムが導入されることにより,テリトリーの占有者とテリトリー内に存在する物の関連付けを行える.そのため安全管理アプリケーションにおいてユーザが物に対して自分のものであるという設定を行う煩わしさを解消できる.

3.2.2 アプリケーションシナリオにおける機能要件

本節では、知的空間において,ユーザのテリトリーを抽出するミドルウェアの機能要件を整理する.

• ユーザの占有状態監視機能

ユーザが特定の空間における占有状態を監視する.ユーザの着席,退席のイベントをアプリケーションに通知する必要がある.

● テリトリーの位置・範囲の抽出機能

一時的,もしくは永続的に特定のユーザによって占有された実空間の位置とその範囲を決定する.テリトリー内に置かれる物とテリトリーの占有者との関連付けを可能とするためには,アプリケーションに対してテリトリーの位置と範囲を通知する必要がある.

• テリトリーの特性抽出機能

個々のテリトリーにおけるユーザの着席時間,退席時間の特性を抽出する.これにより占有された空間の開放のタイミングなどをアプリケーションに通知できる.

• テリトリーの分類機能

抽出した個々のテリトリーの特性から1次テリトリー,2次テリトリー,公共テリトリーに分類する.先に述べた紛失防止アプリケーションや,安全管理アプリケーションなどのシナリオのように,Altmanの示した人のテリトリーの分類に応じて挙動を変更すべきアプリケーションは多数存在する.そのため,抽出したテリトリーを分類し,アプリケーションに提供できる必要がある.

3.3 テリトリーの検出と分類

前節では,占有状態を基にした空間領域化機構ではテリトリーの抽出が必要であることを述べた.

本節では、テリトリーの生成を検出し、1次テリトリー、2次テリトリー、公共テリトリーに分類するためのアプローチについて述べる.はじめに、ユーザの空間に対する占有状態の特徴についてまとめ、明示的占有状態と非明示的占有状態について述べる.次に、テリトリーの分類ごとに異なる占有状態のパターンと、占有時の周辺状況の特徴についてまとめ、テリトリーの分類手法を導く.さらに、3.1.1 項で述べたテリトリーの特徴から、占有範囲の決定方法を導く.

3.3.1 テリトリー生成の検出手法

本研究ではユーザが占有する空間をテリトリーとして抽出する.以下に占有状態について述べる.

占有状態の定義

本研究において,ユーザがいすに座り,荷物を広げて PC に向かう,本を読むなど作業を行い,その空間を占有している状態を占有状態と定義する.

占有状態の分類と状態遷移

占有の状態遷移における各状態を,非占有,明示的占有,非明示的占有の3つに定義する.3.1.1 項において,占有者は占有する空間に対してマーキングを行うことを述べた.マーキングとは,占有者が自分の持ち物をその空間内に置くことで自分の領域を示す行為である.占有者は上着や本,かばんなどさまざまな物を用いてマーキングする.占有者が占有する空間にいない場合もマーキングすることで空間を占有できる.明示的占有は,占有者がその空間に陣取っている状態を表す.非明示的占有は占有者が空間に対しマーキングを行い,占有者自身はその空間に居合わせない状態を表す.図 3.5 , 3.6 にそれぞれの状態における例を示す.



図 3.5: 明示的占有状態



図 3.6: 非明示的占有状態

それぞれテリトリー内に存在するユーザ,物の組み合わせが異なる.それぞれの状態において存在するユーザと物の組み合わせをを表 3.1 にまとめる.また,占有の状態遷移図を図 3.7 に示す.

表 3.1: 占有の状態遷移におけるユーザと物の組み合わせ

	ユーザ	物
非占有	×	×
明示的占有		
非明示的占有	×	

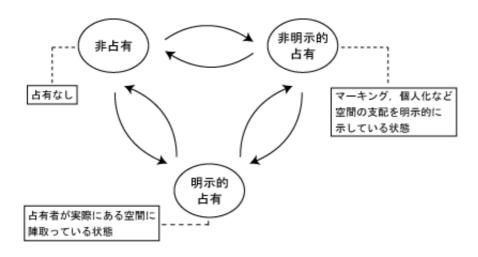


図 3.7: 占有の状態遷移図

本研究では明示的占有状態, または非明示的占有状態が発生している空間をテリトリーとして検出する. 次にテリトリーの範囲決定手法について述べる.

3.3.2 テリトリーの範囲決定手法

3.1.1 項でテリトリーについて「一時的あるいは永続的に場所や物の支配と所有がある」という特徴を述べた。この特徴から、占有している間、テリトリーは他者のテリトリーと交差してはならないということがいえる。本研究では、ユーザのテリトリーが他者のテリトリーと隣接する場合にはテリトリーが重複しない範囲を隣接する他者のテリトリーとの距離から決定する。隣接する他者のテリトリーが存在しない場合には一定の決められた範囲と定める。図 3.8 にテリトリーの範囲決定手法のイメージ図を示す。

3.3.3 テリトリーの分類手法

本システムでは,検出したテリトリーを,退席時間と周辺状況の特徴から,1次テリトリー,2次テリトリー,公共テリトリーの3つに分類する.以下に退席時間と周辺状況の特徴を述べる.

退席時間における特徴

本研究では,先に述べた非明示的占有状態となる時間を退席時間と呼ぶ.1次テリトリー,2次テリトリーと,公共テリトリーの間には1回の占有状態の中に存在する退席時間に明確な差がある.1次テリトリー,2次テリトリーは実空間に対する占有者の支配力が強いため,長時間の退席が発生する.しかし公共テリトリーでは占有者の支配力が弱く,占有者が退席したままテリトリーを長時間維持することは難しい.

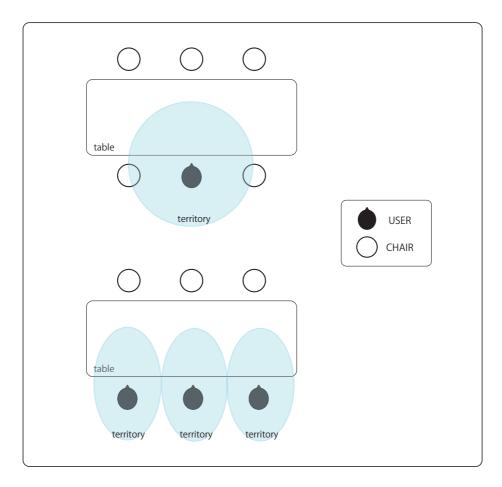


図 3.8: テリトリーの範囲決定手法

周辺状況における特徴

周辺状況とは,テリトリーが作られた空間の周辺空間での,他のテリトリーの存在, 自分以外のユーザの存在を示す.

1次テリトリーは占有者の生活の主体となる場所である.そのため周辺に他者の 1次テリトリーが存在することは少ない.それに比べ 2次テリトリーはある程度公共性のあるオフィスや研究室,学校などの空間に発生するため,周辺に他者のテリトリーが複数存在する.

3.4 既存研究との比較

本節では,本研究と既存研究との比較として, Activity Zone と A Quantitative Method for Revealing and Comparing Places in the Home の 2 つを挙げる.

3.4.1 Activity Zone

Activity Zone は,ユーザの活動の特徴によって室内空間を Activity Zone という領域に 区切るものである.Activity Zone では室内にいるユーザの活動をカメラでトラッキング し,画像解析によりユーザの活動の特徴を取得する.これにより,ユーザの活動の特徴に応じて空間を領域化することを可能にした.空間を活動の特徴に応じて領域化することで,その空間でのユーザの活動に適したサービスを提供できる.

しかし, Activity Zone は,位置情報取得技術として画像解析のみを用いているため,個人の判別ができない.そのため持ち物の安全管理アプリケーションのような,個人の識別を必要とするアプリケーションには対応できない.



図 3.9: Activity Zone

3.4.2 A Quantitative Method for Revealing and Comparing Places in the Home

A Quantitative Method for Revealing and Comparing Places in the Home citequanmethod は,ユーザにとって重要な場所を見つけ出すものである.たとえば,この研究では,重要な場所を見つけ出すための問題として,場所の選択と,場所に対する意味づけの2点を挙げている.この2点を解決する手法として,センサを用いてユーザの活動のトラッキングを行っている.センサによる位置取得システムからユーザの位置と活動の特徴を取得し,さらに取得した特徴が近い,空間に対する意味づけが既知の場所を選択し,その場所と同じ属性を与える.

システムがユーザにとって重要な場所を見つけ出し,さらにその場所の持つ意味を取得できる.これによりアプリケーションは場所のもつ一般的な分類,たとえば台所,寝室な

どの情報を得ることができ,さらに,それぞれの場所におけるユーザの特徴的な活動を知ることができる.



☑ 3.10: A Quantitative Method for Revealing and Comparing Places in the Home

3.5 本章のまとめ

本章では空間の領域化について様々な手法を分類した.さらにユーザの空間に対する占有によって生まれるテリトリーの定義とその知的空間への応用について述べた.次に本システムにおけるアプリケーションシナリオを示し,そこからシステムの機能要件を明らかにした.

次章では本章で示した機能要件を満たす本システムの設計について述べる.

第4章 GINの設計

本章では位置情報取得システム上に構築するテリトリー抽出ミドルウェアとしてGINを設計する.

4.1 全体概要

本節では本研究の概要,想定する環境について述べる.また,ハードウェア構成,ソフトウェア構成について述べ,その後 GIN の基本動作について述べる.

4.1.1 GINの概要

GIN は人の認識による位置情報の抽象化(空間の領域化)を行い,テリトリーとして抽出するミドルウェアであり,テリトリーの学習・分類・管理とイベントの管理を行う.その際,本システムが対象とするイベントは,各テリトリーにおいてユーザが「占有する」「開放する」というイベントに集約できる.Altman の定義したテリトリーの分類にしたがって,本システムで抽出するテリトリーを分類することで,公共空間におけるテリトリーのように短期間に動的に発生,消滅が起こるような場合にも動的に対応できる.また個人のテリトリーの特性を記述するとともに,テリトリーを含むフィールドの特性を取得し,記述することで学習データのない空間においてもユーザのテリトリー特性を推測できる.

4.1.2 想定環境

本システムは家やオフィス,大学の研究室などの私的な室内空間,カフェ,図書館などの室内公共空間を想定する.また,ユーザはIDを持つセンサノードを持ち,各部屋,フロアなどに置かれる椅子にもセンサノードが取り付け可能な環境を想定する.

4.1.3 ハードウェア構成

図 4.1 に本システムのハードウェア構成を示し,以下で説明する.

テリトリー管理センサノード

各部屋,フロアなどに置かれている椅子にセンサノードを取り付ける.占有状態を判別し,ベースステーションに送信する.また,周辺のセンサノードと通信することで周辺のテリトリー状態を取得する.センサノードはMICA2dotを使用する.

ベースステーション

各部屋, またはフロア単位で一つのベースステーションを設ける. 占有監視センサによって取得した占有状態データはベースステーションに集められる. ベースステーションは管轄範囲内の取得データをデータベースに格納する. ベースステーションは PC, MIB510, MICA2dot を使用する.

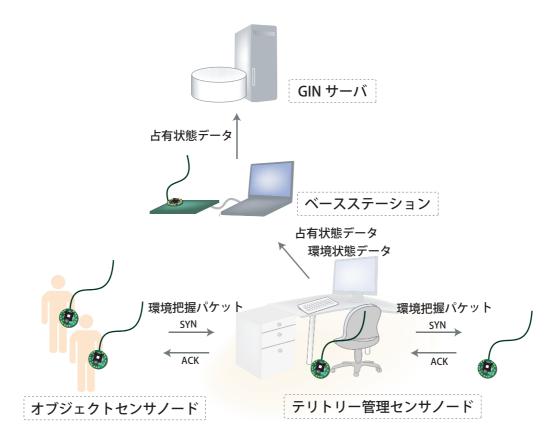


図 4.1: ハードウェア構成図

GIN サーバ

データベースに格納されたセンサデータを学習し、テリトリー定義文書、フィールド定義文書を作成する。また、アプリケーションに対してテリトリー内でのイベントの通知を行う、GIN サーバにはワークステーションを使用する。

オブジェクトセンサノード

ユーザの持つセンサノード. センサノードは自身の ID を持つ. オブジェクトセンサノードはテリトリー管理センサノードと同様に MICA2dot を用いる.

4.1.4 ソフトウェア構成

GIN は占有状態監視モジュール,テリトリー学習モジュール,アプリケーションインタフェースから構成される.図 4.2 にシステム構成図を示す.また各モジュールについては 4.2 節で述べる.

センシングモジュールインタフェース

センシングモジュールインタフェースは,センサノード上で動作する.学習フェーズでは占有状態の判別,また占有状態データ,環境情報データをベースステーショ

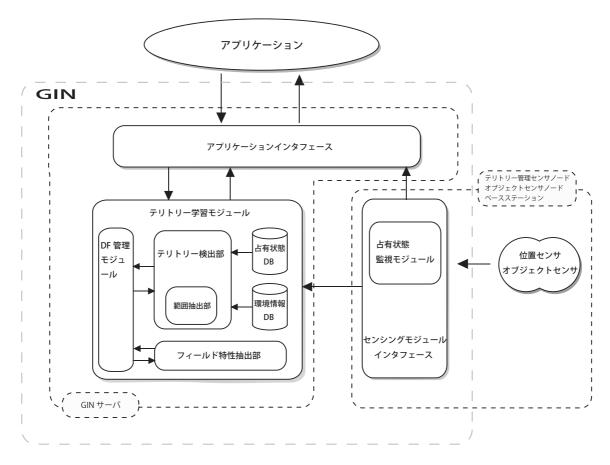


図 4.2: システム構成図

ンに送信する.ベースステーションは受け取った占有状態データ,環境情報データをそれぞれのデータベースに格納する.また,アプリケーション適応フェーズではアプリケーションインタフェースに対してイベントを通知する.

テリトリー学習モジュール

テリトリー学習モジュールは占有状態分析部,範囲抽出部,フィールド特性抽出部, FDF (Field Defintion File) 管理部からなる. 占有状態監視モジュールによって得られ た占有状態データを解析し,FDFを作成する.

センシングモジュールインタフェース

アプリケーションから GIN を利用する際,観察対象ユーザを登録する. GIN はイベント登録・通知機構によってテリトリー生成,退席,着席,テリトリー解放のイベントを通知する.

4.1.5 GIN の基本動作

GIN の動作は学習フェーズとアプリケーション適用フェーズにわかれる.学習フェーズで作成した FDF を元に,アプリケーション適用フェーズでは登録された観察対象に関するイベントを通知する.以下に学習フェーズ,アプリケーション適用フェーズでの GIN の動作概要を述べる.

学習フェーズ

学習フェーズでは,ユーザの空間占有状態を観察し,ユーザのテリトリーとなる実空間の範囲と,そのテリトリーの特性を学習する.テリトリーの特性については,前章で述べたテリトリーの分類と,退席のイベントが発生してからテリトリーが開放されるまでの時間を取得する.

- 1. センシングモジュールインタフェースが検出した占有状態データ,環境情報データをデータベースに蓄積する.
- 2. テリトリー学習モジュールにおいてデータの分析を行い,テリトリーオブジェクト を作成し,FDF に登録する.

アプリケーション適用フェーズ

アプリケーション適用フェーズでは,学習フェーズで作成した FDF を基に,ユーザの動きからテリトリー発生や解放,また発生したテリトリーの分類などをアプリケーションに対して通知する.以下にアプリケーション適用フェーズでの動作の流れを示す.

- 1. アプリケーションから監視対象ユーザを登録し, GinEventListener を ServiceEvent に対して登録する.
- 2. FDF を基に監視対象ユーザのテリトリーデータを取得する.
- 3. 占有状態監視モジュールから得られたデータを基に,テリトリー生成,消滅のイベント,また生成されたテリトリーの分類をアプリケーションに通知する.

4.2 各部の設計

本節では前節で述べた各モジュールの詳細な設計について述べる.

4.2.1 占有状態監視モジュール

占有監視モジュールはセンサノード上で動作する.センサノードは照度,2軸加速度のデータを基に着席と退席のイベントを取得する.また,センサノードの電波強度を利用し,持ち物の存在情報を取得する.占有状態監視モジュールにおける処理の流れを図4.3に示す.

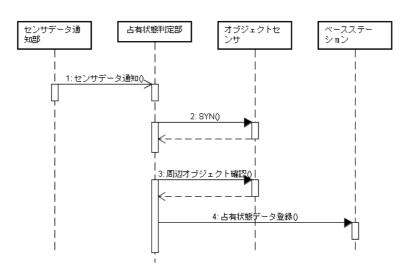


図 4.3: 占有監視モジュールにおけるシーケンス図

4.2.2 テリトリー学習モジュール

テリトリー学習モジュールはテリトリー検出部,範囲抽出部,フィールド特性抽出部から構成される.また,テリトリー学習モジュールはGINサーバ上で動作し,FDFを作成,管理する.以下に各部の設計を述べる.

テリトリー検出部

占有データ分析部における処理の流れを図 4.4 に示す. 占有データ分析部では占有状態 データベースに蓄積されたユーザの占有状態データから退席時間データセットを作成する.

テリトリー検出アルゴリズム

以下に占有データ学習アルゴリズムについて述べる.データの学習は1回の占有状態が終了するごとに行われる.

1. 位置情報センサから取得した無線電波強度から、テリトリーの範囲を抽出する

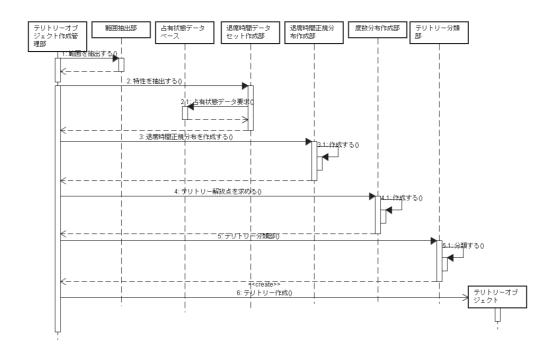


図 4.4: テリトリー検出部におけるシーケンス図

- 2. 占有状態 DB に蓄積したイベントデータから退席時間のデータセットを作成する
- 3. 十分なデータ数が認められた場合は退席時間のデータセットから正規分布への当て はめを行う
- 4. 度数分布表を作成し、テリトリーの解放点を求める
- 5. Altman の定義に基づき,センサデータと正規分布の特徴からテリトリーを1次テリトリー,2次テリトリー,公共テリトリーの3つに分類する.
- 6. 上記の作業により得られたデータからテリトリーオブジェクトを作成する

範囲抽出部

範囲抽出部は個人のテリトリーとなる空間の範囲を求める.範囲の取得方法はテリトリーの分類によって異なる.以下にそれぞれの分類による範囲抽出方法について述べる.

1次テリトリー テリトリー範囲は占有者を中心とする半径 120 センチメートルの円と静的に定める.

2次テリトリー,公共テリトリー 周辺に存在するテリトリーの中で,一番近くに存在すると考えられるものをセンサノードの発する電波の強さから判断し,そのテリトリーとの 距離の半分の距離を半径とする円を抽出する.具体的な処理の流れを以下に述べる.

- 1. 位置センサが周辺の位置センサの電波から受信電波強度を取得し,周辺位置センサのIDと共に周辺環境データベースに蓄積する.このデータ定期的に更新される.
- 2. 登録された受信電波強度の値の中で一番大きい値 (距離が一番近いもの) を選択する.
- 3. その値に電波強度と距離の変換式に当てはめ,距離を求める.
- 4. 占有者を中心とし,変換式より求めた距離の2分の1の距離を半径とする円をテリトリーの範囲とする.

フィールド特性抽出モジュール

本システムでは,学習データのないユーザに対しても対応するため,周辺の同じ分類を持つテリトリーの集合をフィールドとして記述する.フィールドごとにそのフィールドにおける特性を抽出し,学習データのないユーザにはそのフィールドの特徴からテリトリーの形成を推測する.

4.2.3 FDF 管理モジュール

TDF 管理部は,テリトリー学習モジュールによって作成されたテリトリーオブジェクトから TDF (Territory Definition File) を作成し, FDF (Field Definition File) に追加する.また,フィールド特性抽出モジュール,イベント登録・通知モジュールに対してフィールド情報の提供を行う.

TDF (Territory Definition File)

TDF は , テリトリー一つを記述する XML である . テリトリーノードは属性として , テリトリーの ID を持つ . また個要素として以下の 5 つを持つ .

occupant 占有者の ID を示す.

limit 退席が発生してから,テリトリー解放するまでの時間(秒)を示す.

- average 占有状態データベースに蓄積されたデータから求められた退席時間の平均値(秒)を示す.
- sd 占有状態データベースに蓄積されたデータから求められた退席時間の標準偏差 (秒)を示す.

chair-id テリトリーが作成された椅子の ID を示す.

FDF (Field Definition File)

FDF は,実空間上で近くに存在するテリトリーの中で同じ分類を持つテリトリーの集合であるフィールドを記述する XML である.フィールドノードの属性としてフィールドの ID を持ち,要素として以下の3つを持つ.

f-limit 各フィールドにおける,テリトリー解放までの時間(秒)を示す.

t-class 各フィールドの分類 (1次テリトリーの場合は "first", 2次テリトリーの場合 は "second", 公共テリトリーの場合は "public") を示す.

territory 各フィールドが持つテリトリーを示す.

4.2.4 イベント登録・通知モジュール

イベント登録・通知モジュールはアプリケーションとのインタフェースとなる.以下にイベントの登録から通知までの流れを示す.また,図4.5にイベント登録・通知モジュールのシーケンス図を示す.

- 1. アプリケーションが監視対象ユーザを登録する
- 2. 学習フェーズで作成した FDF から対象ユーザのテリトリーデータを取得する

- 3. 占有状態監視モジュールによって対象ユーザの状態を観察する.
- 4. 対象ユーザのテリトリーの作成,解放,退席,着席のイベントを検知し,アプリケーションに対して通知する.

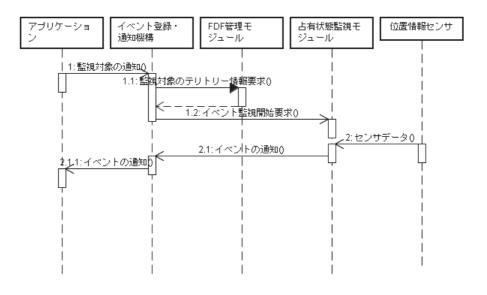


図 4.5: イベント登録・通知モジュールシーケンス図

4.3 本章のまとめ

本章ではGINの概要と構成を示し、各モジュールについての詳細について述べた、 次章ではGINの実装について述べる。

第5章 GINの実装

前章ではユーザの実空間に対する占有状態を取得しテリトリーを抽出する GIN の設計について述べた.本章では GIN の実装について述べる.

5.1 実装方針

本システムの実装はJava 言語 [34] を用いて行った.本システムはさまざまなコンピュータが偏在する知的空間での動作を想定しているため,さまざまな OS や CPU を想定する必要がある. Java 言語は Java VM が動作する環境で動作可能であり,本システムの想定環境において最適である.またデータの解析は R 言語 [35] を用いて行った.R 言語はATT ベル研究所で開発されていた S 言語を, GNU プロジェクトが再実装したプログラミング言語であり,統計計算に特化した環境を提供するものである.R 言語はさまざまなUNIX プラットフォームや, FreeBSD, Linux を含む類似のプラットフォーム,またWindows 9x/NT/2000/XP や, MacOS でも稼動する. Java 言語と同様本システムの想定環境において最適である.

5.2 実装環境

GIN の実装環境を表 5.1 に示す . 本システムはサーバ部分を Java 言語を用いて実装した . また , 本研究ではセンサノードとして UC Berkeley で研究 , 開発が行われている MICA2dot (図 5.1) を利用した . MICA2dot 上のプログラムは nesC を用いて実装した . nesC は TinyOS Project で開発されている , MICA2dot 上で動作するソフトウェアを記述するオブジェクト指向言語である . また , 照度 , 加速度のデータを取得するセンサボードとして MTS510 (図 5.2) を用いた .



図 5.1: センサノード MICA2dot



図 5.2: センサ基盤 MTS510

5.3 各部の実装

本節では各モジュールでの実装について述べる.

表 5.1: 実装環境

MICA2dot 実装環境					
実装ハードウェア	MICA2dot				
センサボード	MTS500				
OS	TinyOS 1.0				
開発言語	nesC 1.1				
 GIN サーバ実装環境					
実装ハードウェア	hp workstation xw3100				
OS	Debian GNU/Linux 2.4.27-2-386				
開発言語	Java 1.5.06				
データベース	PostgreSQL				
統計解析ソフトウェア	R-2.4.1				
 BaseStation 実装環境					
実装ハードウェア	MIB510, Thinkpad X41T				
OS	Windows XP				
開発言語	Java 1.5.09				

5.3.1 占有状態監視モジュール

占有監視モジュールはセンサノード上で動作する.センサノードは照度,2軸加速度のデータをトリガに着席と退席のイベントデータを取得した.イベントデータは占有者のID,パケットを送信したセンサノードのID,取得

ベースステーションは占有状態データベースに対し,占有者の ID,占有者のパケットを送信したセンサノードの ID,受信日時,イベント内容を登録した。

送信メッセージ

環境把握パケットが使用するパケット形式を図 5.3 に示す.

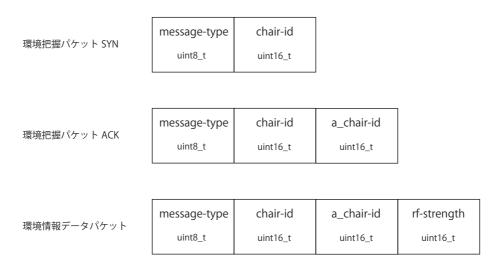


図 5.3: 環境把握パケット通信時のパケット形式

テリトリー管理センサノードとベースステーション間において,占有状態データを登録する場合のパケット形式を図 5.4 に示す.



図 5.4: 占有状態データ

5.3.2 テリトリー学習モジュール

テリトリー学習モジュールは GIN サーバ上で動作する.データの解析には R 言語を用いた.R 言語を使用し,DB に蓄積した着席イベントと退席イベントのデータから,退席

時間のデータセットを作成し,正規分布への適合度の検定を行う.データが正規分布へ適合すると認められた場合は,データの平均と標準偏差を求める.正規分布への適合度の検定はJRI (Java R Interface) を利用し,R言語を用いて行った.

テリトリー学習モジュールは GIN サーバ上で動作する. データの解析には R 言語を用いた. テリトリー学習モジュールでは蓄積したセンサデータと占有状態データから, テリトリー範囲, テリトリー解放時間, テリトリーの分類を求めテリトリーオブジェクトを作成する. 以下にそれぞれの要素取得における実装を示す.

テリトリー範囲

テリトリー範囲は MICA2dot の電波強度を用いて判断した. MICA2dot の電波強度を利用するにあたり, 予備実験を行った. その結果を以下に示す.

予備実験環境

予備実験は,慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス 館の屋上で行った.実験風景を図5.5に示す.





図 5.5: 電波強度測定実験風景

電波強度測定結果

30 センチメートルから 720 センチメートルまで 30 センチメートル単位で測定し,その後 1080 センチメートルの距離まで 90 センチメートルごとに測定した.図 5.6 に測定結果の散布図を示す.y 軸を MICA2dot の受信電波強度とし,x 軸を距離 (cm) とした.

得られた散布図に対し,指数関数曲線による近似を行った結果, $y=28.088e^{0.0023x}$ となる近似曲線が得られた.

実験により得られた近時曲線の式 $(y=28.088e^{0.0023x})$ を電波強度と距離の変換式とした.

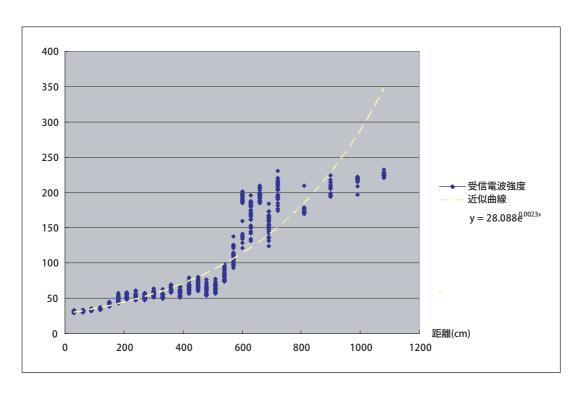


図 5.6: 電波強度測定結果散布図

テリトリー解放時間

本システムではテリトリー解放時間を累積度数分布を用いて算出した.退席時間のデータから度数分布を作成し,98パーセントを超える値をテリトリー解放時間とする.度数分布の作成はJRI (Java R interface)を利用し,R言語を用いて行った.以下に慶應大学湘南藤沢キャンパス 208 教室にて計測したデータから作成した度数分布を生起確率紙にプロットしたものを図 5.7 に示す.

テリトリーの分類

Altman の分類に従い,作成したテリトリーを1次,2次,公共の3つに分類するため,3段階の分析を行った.1段回目ではテリトリーの中心となる椅子においての分析対象者の使用率を求め,1次,2次と公共の分類を行った.2段回目の分類では退席時間データの平均と分散を用いて1段階目の分類で分類仕切れなかったデータを再度1次,2次,または公共の2つに分類した.3段階目の分析ではテリトリーの周辺環境データを用いた分析を行い,1次または2次に分類した.周辺環境データは,特定のテリトリーの周辺に存在する他のテリトリーの存在情報と,周辺に出入りするユーザの存在情報によって構成される.これらのデータは常にオブジェクトセンサノードが相互に通信しあうことで更新される.

Normal Probability Paper

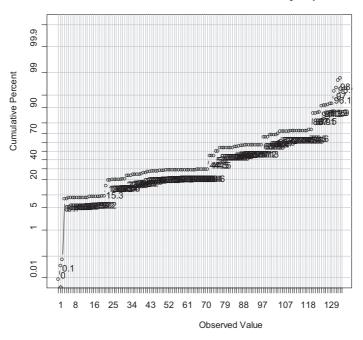


図 5.7: 累積度数分布

5.3.3 アプリケーションインタフェース

アプリケーションは本システムが提供する API を利用することで,容易に実装することが可能となる.アプリケーションは,本システムを利用する際,GinEventListenerを TerritoryEvent オブジェクトに対して登録し,GinEventListener のもつメソッドを実装することにより,イベントの通知やテリトリーの位置などを受け取ることができる.

以下に本システムが提供する API のメソッドを示す。また,以下に Java 言語を用いたアプリケーションの実装例を示す.

GinEventListener の持つメソッド

- territoryCreated(Territory territory)テリトリーが作成された場合に呼び出される.
- territoryReleased(Territory territory)テリトリーが解放された場合に呼び出される.
- objectExited(Territory territory)
 テリトリー内から,ユーザが退席した場合に呼び出される.
- objectEntered(Territory terriotry)
 テリトリーにユーザが着席した場合に呼び出される。

Territory の持つメソッド

- getOccupantID()テリトリーの占有者の名前を取得する
- getTerritoryClass()テリトリーの分類を取得する。
- getTerritoryRange()テリトリーの範囲を取得する。
- getChairID()テリトリーが作成された椅子の ID を取得する.

上記の GinEventListener の持つメソッドによりイベントを取得する.また,それらのメソッドはそれぞれ引数に Territory インスタンスを持つ. Territory インスタンスの持つメソッドにより,テリトリーの詳細情報を取得する.これにより,複数のイベントを監視したいアプリケーションにおいても,どのイベントが発生したかを判別できる.

5.4 アプリケーションの利用法

アプリケーションは本システムが提供する API を利用することで,容易に実装することが可能となる.アプリケーションの実装として,安全管理アプリケーションの実装例を以下に示す.

アプリケーション実装例・

```
import gin.application.event.*;
public class SaftyManager implements GinEventListener{
   public SaftyManager() throws Exception{
      ServiceEvent se = new ServiceEvent();
      se.addGinEventListener(this);
   }
   public void territoryCreated(Territory territory) {
      //ユーザによってテリトリーが形成されたときの処理
      System.out.println("Territory Created");
      //占有者の ID を取得
      int uid = territory.getOccupantID();
      //テリトリーの中心となる椅子の ID を取得
      int cid= territory.getChairID();
      //テリトリーの分類を取得
      int tclass = territory.getTerritoryClass();
      //テリトリーの半径を取得
      int tRange = territory.getTerritoyRange();
   }
   public void objectEntered(Territory territory) {
      //ユーザがテリトリーに着席したときの処理
      System.out.println("Usr enterd his Territory");
   }
   public void objectExited(Territory territory) {
      //ユーザがテリトリーから退席したときの処理
      System.out.println("Usr exited from his Territory");
   }
   public void territoryReleased(Territory territory) {
      //テリトリーが解放されたときの処理
      System.out.println("Territory is released");
   }
}
```

5.5 本章のまとめ

本章では,GIN システムの実装について述べ,実装環境,実装手法についてまとめた.また,API の使用について示し,アプリケーションの実装例を示した.次章では,GIN の評価を行う.

第6章 GINの評価

本章では,GINの評価を行う.まず実装手法の正当性について評価し,次に基本性能について評価する.

6.1 測定環境

測定を行ったハードウェアおよびソフトウェア環境を表 6.1 に示す.

表 6.1: 測定環境

CPU	Intel Pentium4 2.8GHz		
主記憶	1GB		
OS	Windows XP Professional Version 2002		
JavaVM	J2SDK 1.5.0_09		

6.2 退席時間データによるテリトリー分類手法の正当性の評価

本システムでは,テリトリーの分類アルゴリズムの中でユーザの退席時間を観測した データの平均と標準偏差の値を利用し,分類している.本項では,この分類手法の正当性 を評価する.

テリトリー分類が 1 次テリトリー, 2 次テリトリー, 公共テリトリーとなる場所での退席時間のデータにおいて, まず等分散性の検定を行い, その後ウェルチの t 検定を行った. その結果を以下に示す. データの測定は, 1 次テリトリーとして自宅の個人の部屋, 2 次テリトリーとして慶應義塾大学 i 208 教室, 公共テリトリーとして SSLab で行った.

2次テリトリーと公共テリトリーで取得したデータの検定結果を図 6.1, また, それぞれの組み合わせにおいて等分散性の検定を5つの手法を用いて行った結果の有意確立を表 6.2 に示す.

表 6.2: 退席時間の等分散性の検定結果

	O'Brien[.5]	Brown-Forsythe	Levene	Bartlett	両側F検定
i208 - sslab	0.23272328	0.17747356	0.00639247	4.74E-24	6.27E-24
sslab - 個人部屋	1.99E-05	7.86E-07	1.34E-15	6.21E-49	2.76E-49
i208 - 個人部屋	1.25E-14	1.57E-16	5.89E-35	1.30E-49	3.22E-50

等分散性の検定の結果,i208 教室の個人机とsslab との分散ではLevene 法とBartlett 法において有意水準を満たさなかった.また,sslab と自宅の個人部屋,i208 教室の個人机と自宅の個人部屋の間の分散ではすべての手法において有意水準を満たさなかった.このことからこれらの3箇所の空間において,ユーザの退席時間の分散には差があるといえる.この結果を受け,分散が異なる場合に平均値の差を検定する,Welchのt検定を行っ

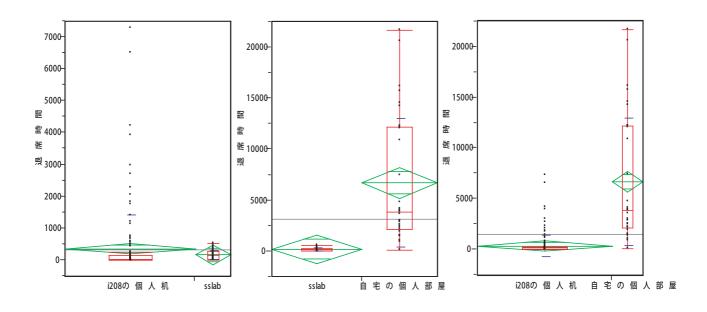


図 6.1: 1 次 , 2 次 , 公共テリトリーにおける退席時間の t 検定結果

た.帰無仮説を「2つの退席時間の平均値に差はない」とし,対立仮説を「2つの退席時間の平均値には差がある」とした.その結果の有意水準を表 6.3 に示す.

表 6.3: 退席時間の Welch の t 検定結果

	有意確立 (p 値)
i208 - sslab	0.03943604
sslab - 個人部屋	0.00000264
i208 - 個人部屋	0.0000043

検定の結果,すべてのp値は0.05未満となり,信頼率95パーセントにおいて帰無仮説が棄却できる.よって検定を行ったすべての場所において退席時間の平均値には差があるといえる.

以上の結果から,ユーザの退席時間データの平均値と標準偏差の値を用いたテリトリーの分類手法の正当性が認められるといえる.

6.2.1 テリトリー学習モジュールの応答性の評価

本項では,テリトリー学習モジュールの応答性について評価を行った結果を示す. 占有状態 DB に蓄積したデータから FDF を作成するまでに要する時間を,蓄積したデータ個数を1個から10000個まで増加させてそれぞれ測定した.その結果を図6.2に示す.

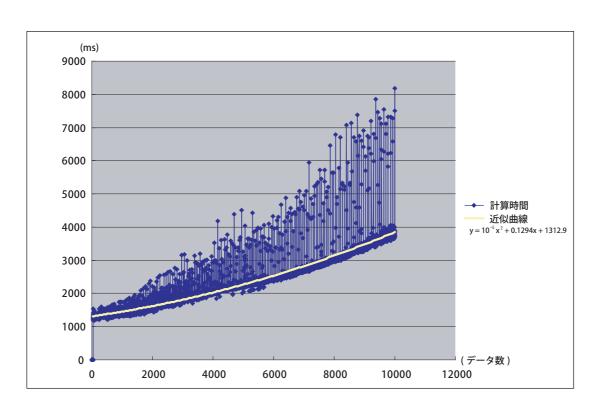


図 6.2: FDF 作成時間の測定結果

測定の結果, $y=10^{-05}x^2+0.1294x+1312.9$ という 2 次関数に近似できた.この結果から,位置センサから得たデータが増加するにつれてテリトリー学習モジュールの処理時間が増加することがわかる.学習フェーズにおいて一人のユーザの値を 1 ヶ月間蓄積した場合を想定する.1 日に蓄積される占有状態データを 100 個と想定すると,1 ヶ月に蓄積されるデータは 3000 個となる.この値を先ほどの近似式に当てはめると,計算時間は 1791.1 ミリ秒となる.仮にデータ数が 10000 個まで増加しても処理時間は 4 秒未満であり,学習フェーズにおける計算時間として十分実用に耐え得る.

6.3 アプリケーションインタフェースの応答性の評価

本項では,アプリケーションインタフェースの応答性について評価した結果を示す.アプリケーション適応フェーズにおいて,テリトリー管理センサがユーザを検知してから,学習フェーズで作成された FDF を基にアプリケーションにテリトリーを通知するまでの時間を計測した.実験では,ランダムに 1 次,2 次,公共の分類を与えたテリトリーを記述した TDF を個から 5000 個まで増加させ,それぞれユーザが着席してからアプリケーションに通知するまでの時間を計測した.ユーザの ID は作成されている TDF の個数の 1.05 倍の数でランダムに生成し,学習データのないユーザが着席した場合も含むように設定した.結果を図 6.3 に示す.

測定の結果,y=0.0462x+17.80という1次関数に近似できた.この結果から,学習

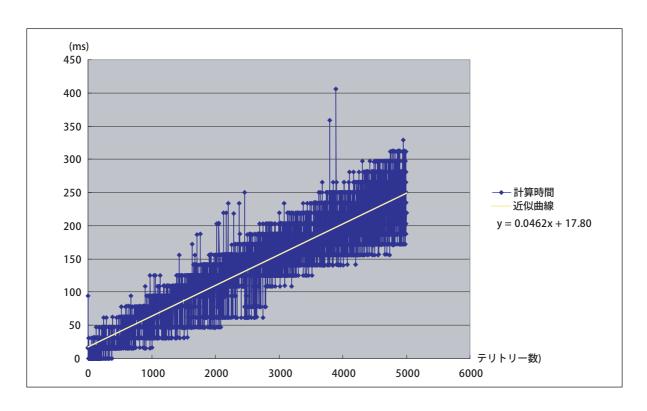


図 6.3: アプリケーションインタフェース応答時間の測定結果

フェーズにおいて作成されたテリトリーの数が増加するにつれてアプリケーションインタフェースの応答時間が1次関数的に増加することがわかる.FDF内に作成されているテリトリーの数が一番多くなると考えられる場所は,図書館など不特定多数の人が利用する公共テリトリーとなる空間である.このような空間ではテリトリーはその空間を利用するユーザの数が同等の数だけ作成されると考えられる.比較的多くのユーザが利用し,かつ公共テリトリーを形成すると考えられる大学図書館での利用を想定する.慶應義塾大学では2004年度の通信教育課程等の特別な学生を除いた学生数は約32000人である.この学生全員が大学図書館を利用した場合,FDF内に作成されるテリトリーの数も約32000個と考えられる.テリトリー数32000個を測定結果の近似式に当てはめると,1496.2ミリ秒で応答可能であることがわかる.アプリケーションインタフェースに求められる応答性は,アプリケーションの種類によっても異なるが,約2秒程度の遅延であればおおよそ要求を満たしていると考えられる.したがって本論文で実装したアプリケーションインタフェースは要求される応答性を満たしていると考えられる.

6.4 本章のまとめ

本章では,GINの基本性能を評価した.評価内容としては,範囲抽出モジュール,退席時間データを用いたテリトリー分類手法の妥当性について評価し,また,テリトリー学習モジュール,アプリケーションインタフェースそれぞれの処理時間を計測し,応答性を評

価した.これにより本システムが知的空間におけるミドルウェアとしての機能を果たし, 実用に耐え得ることを示した.次章において本研究の結論を述べる.

第7章 結論

本章では,本研究の今後の課題を示し,最後に本論文のまとめを 行う.

7.1 今後の課題

本節では,GINシステムの今後の課題として今後の拡張すべき点について述べる.

7.1.1 点在する空間での統一的なサービス提供

本システムの課題として,複数の場所に点在する空間への統一的なサービス提供の実現を挙げる.GIN システムは部屋,フロアなどの閉鎖的な空間での利用を想定し,その空間内で発生するテリトリーの把握,イベントの提供を行うものである.今後,ユビキタス環境の普及に伴い,複数の点在する空間において統一的にサービスを提供することが必要となる.たとえば,ユーザが利用する複数の空間において,ユーザの ID を統一的に管理,点在する空間でのイベント発生の通知などの動作が望まれる.

7.1.2 テリトリーの範囲抽出手法の改善

本研究ではテリトリーの範囲を抽出する際,センサノードの電波強度を利用し,得られた値を半径とする円を範囲として定めている.しかし実際には,テリトリーは机やパーティションなど物理空間の形状に大きく影響を受けるため,正確な円形になるとは限らない.今後は画像解析など詳細な位置情報を提供する位置情報取得技術を用いてテリトリー範囲を決定する事が望まれる.

7.1.3 位置情報提供方法の見直し

本研究では,ユーザの位置情報として,センサノードの電波強度を用いた相対的距離のみを利用している.しかし,アプリケーションによっては絶対座標による位置情報を必要とするものがある.現時点では絶対座標での位置情報の提供は行っておらず,絶対座標による位置情報はアプリケーションが本システムとは別に取得する必要がある.今後は赤外線センサや画像解析などを利用して絶対座標によるテリトリーの位置や範囲を提供することが望まれる.

7.2 本論文のまとめ

本論文では,ユビキタス環境における位置情報ミドルウェアである GIN システムを提案し,設計と実装,評価を行った.本システムを利用することにより,占有によって領域化された空間である認識領域を抽出できる.これにより,人の空間に対する認識を考慮したアプリケーションの記述を支援する.

近年,室内空間での位置情報取得技術の向上により,さまざまなロケーションアウェアサービスが提案されている.多様化するロケーションアウェアサービスからのさまざまな要求に応えるためには,経緯度などの座標情報や,定点からの距離情報ではなく,アプリ

ケーションからの要求に応じて抽象化した位置情報を提供する必要がある.本研究では人の認識により領域化された空間であるテリトリーを抽出することで,アプリケーションに対し抽象化した位置情報を提供した.

謝辞

本研究の機会を与えてくださり,ご指導を賜り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いたします.また,貴重なご助言を頂きました慶應義塾大学政策・メディア研究か助教授高汐一紀博士に深く感謝いたします.

慶應義塾大学徳田・高汐研究会の先輩方には折りにふれ貴重な指導と助言を頂きました.とくに,政策・メディア研究科後期博士課程由良淳一氏,青木俊氏,門田昌也氏には耐えざる励ましや丁寧なご指導を賜りました.そして, 208 教室にて共に研究生活を過ごし,サポートしてくださった KMSF・HORN 両研究グループの皆様には深く感謝致します.最後に,研究生活を支えてくれた家族,友人の皆様に深く感謝し,謝辞と致します.

平成 19 年 1 月 25 日 津田 恵理子

参考文献

- [1] M. Weiser. The computer for the 21st century, 1991.
- [2] A. Ward, A. Jones, and A. Hopper. A new location technique for the active office. In *IEEE Personnel Communications*, 4(5):42–47, October 1997., 1997.
- [3] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, and Hari Balakrishnan. The cricket location-support system. In *Mobile Computing and Networking*, pp. 32–43, 2000.
- [4] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan. Radar: An in-building rf-based user location and tracking system. *Proceedings of IEEE Infocom*, 2000.
- [5] Michael Beigl. Special issue on location modeling in ubiquitous computing, 2002.
- [6] 椎尾一郎. Rfid を利用したユーザ位置検出システム. 情報処理学会研究会報告 00-HI-88, 2000.
- [7] John Krumm. Multi-camera multi-person tracking for easyliving. *Third IEEE International Workshop on Visual Surveillance*, 2000.
- [8] Robert J. Orr and Gregory D. Abowd. The smart floor: A mechanism for natural user. *ACM*, 2000.
- [9] Gaetano Borriello James A. Landay. Design patterns for ubiquitous computing. *IEEE*, 2003.
- [10] P. Steggeles A. Ward A. Harter, A. Hopper and P. Webster. Theanatomy of a context-aware. *Proceedings of Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 59–68, 1999.
- [11] K. A. Bharat and L. Cardelli. Migratory Applications. In Jan Vitek and Christian Tschudin, editors, *Mobile Object Systems: Towards the Programmable Internet*, Vol. 1222, pp. 131–148. Springer-Verlag: Heidelberg, Germany, 1995.
- [12] Community Sequare .Inc. どこよ!ローカル. http://docoyo.jp/local/.
- [13] 小田急電鉄. goopath. http://www.goopas.jp/.
- [14] Stefan Junestrand, Konrad Tollmar, oSren Lenman, and Bjorn Thuresson. Private and public spaces the use of video mediated communication in a future home environment.

- [15] Grant Hildebrand. Wright Space: Pattern and Meaning in Frank Lloyd Wright's Houses. University of Washington Press, 1991.
- [16] Bill Hillier and Julienne Hanson. *The Social Logic of Space*. Cambridge University Press, 1984.
- [17] E.T. Hall. *The Hidden Dimension: Man's Use of Space in Public and Private*. The Bodley Head Ltd, 1969.
- [18] Lelia Green. Communication, Technology and Society. Sage Publications Inc, 2002.
- [19] Christopher Alexander. *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. Oxford University Press, 1977.
- [20] Francis Duffy and Kenneth Powel. The New Office. Conran Octopus, 1997.
- [21] Marilyn Zelinsky. New Workplaces for New Workstyles. Mcgraw-Hill, 1998.
- [22] Yi-Fu Tuan. *Topophilia: A Study of Environmental Perception, Attitudes, and Values.* Prentice-Hall Englewood Cliffs, 1974.
- [23] V. Kostakos and E. O'Neill. A space oriented approach to designing pervasive systems, 2005.
- [24] JUNESTRAND S, KEIJER U., and TOLLMAR K. Private and public digital domestic spaces. *International Journal of Human-Computer Studies*, pp. 753–778, 2001.
- [25] R. Sommer. *Persinal space*. Englewood Cliffs, 1969.
- [26] Robert Gifford. Environmental Psychology (3rd edition). Optimal Books, 2002.
- [27] Kimmberle Koele. Activity zones for context-aware computing. *Ubicomp*, 2003.
- [28] Ryan Aipperspach, Tye Rattenbury, Allison Woodruff, and John Canny. *A Quantitative Method for Revealing and Comparing Places in the Home*. 2006.
- [29] J.J. Edney. Human territoriality. *Psychological Bulletin*, pp. 959–975, 1974.
- [30] I Altman. Culture and Environment. Cambridge University Press; Reprint edition, 1984.
- [31] I Altman. The Environment and Social Behavior. Prentice-Hall Englewood Cliffs, 1974.
- [32] 槙究. 環境心理学-環境デザインへのパースペクティブ-. 春風社. 2004.
- [33] Takuro Yonezawa, Hiroshi Sakakibara, Jin Nakazawa, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda. Spot snap: A bootstrap interaction for diy smart object services. *The 8th International Conference on Ubiquitous Computing (UBICOMP2006) Video Session*, 2006.

- [34] Sun Microsystems Inc. Java technology. http://java.sun.com/.
- [35] Lucent Technologys Bell Labs Innovations. The r project for statistical computing. http://www.r-project.org/index.html.