

推薦論文

グループ支援を目的とした協同作業空間の雰囲気伝達手法

江木 啓 訓[†] 西川 真由佳[†] 安西 悠[†]
重野 寛[†] 岡田 謙 一[†]

本論文は、オフィスや研究室といった作業空間の出入り口に接近したユーザに対し、空間内部の雰囲気およびその推移を伝達するシステム AS-Gate (AtmoSpheric-Gate) を提案する。AS-Gate は、RFID などのセンサを用いたアウェアネス情報の収集部分、集めた情報の蓄積・管理部分、透過型スクリーンなどの出力インタフェースによる情報提示部分から構成されており、空間内部の状況の推移を 3 次元表現や色表現を用いて直感的に提示する。AS-Gate を実装し評価実験を行った結果、ユーザが作業空間に入る前に内部の雰囲気を察知できるようになることで、グループの作業効率化やコミュニケーションの活発化を促進する可能性を見い出した。

Grasping Contextual Awareness inside a Workspace at the Entrance to Support Group Interaction

HIRONORI EGI,[†] MAYUKA NISHIKAWA,[†] HISASHI ANZAI,[†]
HIROSHI SHIGENO[†] and KEN-ICHI OKADA[†]

This research focuses on the entrance of a workspace, where two or more rooms are connected. In order to encourage group interaction, we propose AS-Gate (AtmoSphericGate), which conveys change of the state inside the workspace to the members who approach the entrance. This system gathers and stores awareness information from various sensors, and displays the information on the transmissive screen. AS-Gate expresses change of the state inside the workspace using colors and animation, and enables members to perform effective works and to facilitate communication. We implemented this system and evaluated effects on the group interaction.

1. はじめに

本研究は、協同作業空間の場におけるアウェアネス情報の収集・伝達手法を取り扱う。

ネットワークに接続されたコンピュータやモバイル端末を介して、購買、スケジュール管理、娯楽といった様々なコミュニケーションが電子化されている。従来のコンピューティング環境では、ユーザは能動的にコンピュータとインタラクションを行ってきた。しかし、ユビキタスコンピューティングの浸透により、コンピュータはユーザのいる物理的環境に埋め込まれ、日常生活とシームレスに統合されつつある¹⁾。

たとえば、i-LAND は、壁、机、椅子などにコンピュータを組み込んだ実世界指向性の高いインタフェース (roomware) を建物内に遍在させることで、人々がコンピュータの存在を意識することなく、共同作業を効率化することを可能としている²⁾。

さらに、こうしたユビキタスネットワークを利用して、コミュニケーションを円滑に行うためには「状況情報」へのアウェアネスが必要である。建物、家具、日用品に埋め込んだコンピュータ、ネットワーク、センサを利用して人の状況を認識し、種々のアプリケーションを提供する Aware Home プロジェクトは、その一環として、状況アウェアネスを備えた端末を利用し、遠隔から家の中で行われている活動レベルを認識することができる³⁾。

このようなアウェアネス支援はユビキタス社会の実

[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Keio University

現在、東京農工大学総合情報メディアセンター

Presently with General Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

本論文の内容は 2004 年 11 月のグループウェアとネットワークサービスワークショップにて報告され、GN 研究会前主査により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

現要素の1つであり、これまで多くのものはユーザが分散している環境を対象として研究されてきた。

これに対し我々は、物理的にユーザ間の距離が離れていなくても、他のユーザが自分の不可視範囲に存在する場合ならば、アウェアネス情報を取得する価値があると考えた⁴⁾。出入口空間において、これから移動する空間の内部がどのような状況にあるかを認識することは難しい。また、仮に内部を覗くことができたとしても、その場の現況を認識することはできても、現在までの空間内の状況推移を瞬時に把握することは不可能である。

そこで、本論文はユーザが空間内の状況を把握してスムーズに参加できるようにするため、内部の「雰囲気」に関わるアウェアネス情報を収集し、外部空間に直感的に伝達する手法を検討する。

以下、まず2章において本研究のゴールについて述べる。3章では関連する研究を概観し、本研究の位置づけを明確にする。4章において、本研究が対象とする空間と、その雰囲気を決定する要素について詳述する。5章で作業空間におけるアウェアネス情報の収集・提示方法のデザインを行い、その実装を6章で述べる。実施した評価実験の内容を7章で、その結果を8章でそれぞれ説明したうえで、実験から明らかになった事項の検討を9章において行う。10章でまとめと今後の課題を述べて結びとする。

2. 本研究の目的

本研究は、作業空間の出入口に接近したユーザが、内部の状況およびその推移を認識できることを目的とする。そのために、空間内外のセンサによってアウェアネス情報を収集・蓄積し、直感的表現を用いて出入口空間のユーザに提示する手法を検討する。

我々は、不可視範囲の情報獲得および獲得情報の解析の一部をコンピュータが担うことにより、ユーザの意思決定とそれに続く行為実行を支援できると考えた。たとえば、遅刻して会議室に入る際、外部からは認識できない室内のアウェアネス情報を獲得できれば、自分がこれまでに取得したことがある「情報」とそのときの「状況」の相関から、内部の「雰囲気」を予測できる。そういった情報の解析結果から、遅刻者はドアを開けるタイミング、会議室に入ってからの第一声などの意思を無意識的に決定し、よりスムーズに会議に参加することができる。

このように、作業空間の出入口に接近したユーザに対し、内部のアウェアネス情報を提供することで、グループの作業効率化やコミュニケーションの活発化

を促進することができると思われる。

3. 関連研究

本章では、アウェアネス情報の収集や接近ユーザへの情報提供といった点で関連する研究について概観する。

3.1 Peripheral Display

OutCast⁵⁾は、情報を提示するディスプレイを別に用意し、オフィスのサイドテーブルに置く Peripheral Display による情報提供を発展させた研究である。個人のブースの外側にモニタを設置し、プロフィールや予定、居場所や研究のデモを表示し、所有者とのインタラクションを可能にしたサービスである。OutCastは所有者のスケジュールなどの具体的な情報は提示されるが、雰囲気情報とその推移といった情報については考慮されていない。

3.2 戸口通信システム

実空間における戸を介したコミュニケーションのモデルに基づいて支援を行う、戸口通信の研究がある⁶⁾。WWWにおける手書き伝言板を実装し、部屋の居住者とのチャット機能を提案している。戸口通信システムも本研究と同じく出入口の場において支援を行っているが、実際には戸口のメタファを用いてすべてWWW上で実現している。

3.3 ワークリズムに基づくアウェアネスの提示

人が出勤して作業を行ったり、休憩や打ち合わせなどで退席したりするといった行動パターンから規則性を見出すことによって、将来の行動を予測する試みがある。この規則性をワークリズムと呼ぶ。

コンピュータの使用や電子メールのやりとり、予定表などをもとに分散環境にあるグループの支援を目的とした研究がある⁷⁾。Begoleらは、あわせてプライバシーの観点からワークリズムの提示手法を検討しており、ワークリズムを折れ線グラフを用いて提示するほかに、色の濃淡やアクトグラムで表現するなどの試みをしている⁸⁾。

一方、実空間においてカメラやセンサを用いたサービスを提供する研究として、個人居室を対象とした訪問者の支援システムがある。山越らは、大学の研究室前に見られる所在表を電子化し、行動パターンの予測結果を入口に設置したディスプレイに提示する手法を提案している⁹⁾。プライバシーに配慮した提示手法として、言葉を用いた場合の「あいまいさ」の効果について検討している。

いずれも個人のワークリズムに基づいた行動予測に焦点を当てているのに対し、本研究はグループにおけ

る作業空間の雰囲気の推移を示すことによる、コミュニケーションの活発化を目的としている。

3.4 Optical Stain とセンサシステム

Optical Stain¹⁰⁾ は、実環境において人の存在や状態といったウェアネス情報を非同期にやりとりすることを実現する。ウェアネス情報は実環境に直接提示され、発信場所や時間順序を直感的かつ瞬間的に読み取れるよう設計されている。具体的には、掲示板環境において、最近の利用状況や掲示物の時間変化を、環境に付加する光学的なシミや、掲示物の明るさ・色の変化によって伝達する。システムは、人々の活動を取得するセンサであるカメラと、取得情報を提示情報に変換する検算装置、出力装置であるプロジェクタで構成されている。実際の環境に過去の状態を想起させるウェアネス情報を表示することで、環境の特徴への理解促進を狙っている。

Optical Stain は本研究と目的を同じくしているが、掲示板環境で収集したウェアネス情報を同一空間に提示している。これに対し、本研究はウェアネス情報を収集する場が情報を提示する場（出入り口空間）を介して別空間であるという点で異なっている。

4. AS-Gate の提案

本研究は、作業空間の出入り口に接近したユーザに対し、空間内部の「雰囲気」およびその推移を直感的に提示するシステム AS-Gate (AtmoSpheric-Gate) を提案する。AS-Gate は、ユーザが「雰囲気」を把握するために必要な空間内部のウェアネス情報を収集・蓄積し、出入り口に接近したユーザを検知すると、必要なウェアネス情報にアクセスし、直感的な表現を用いた雰囲気情報の提示を行う。

本章では、まず AS-Gate が対象とする空間を明確にする。次に、「雰囲気」を決定する要素について整理したうえで、AS-Gate が「雰囲気」を伝達するために収集する情報を示す。

4.1 対象とする空間

本研究は対面同期環境における協調作業の支援を前提とし、会議室やオフィス、研究室といった作業空間を対象としている。これらの空間は他の空間から仕切られることにより、ユーザが一定時間あるいは日常的にとどまり活動する、特定の活動目的を持つ作業空間として意味づけられる。このような空間においては、空間環境や滞在者の活動状況などから「場の空気」が醸し出される。そのため、訪れる者はまず「場の空気を読む」ことによって雰囲気を察知し、協調作業に参加したり、他者とコミュニケーションを図ろうとした

りする。

従来の「場の空気を読む」という行為は、作業空間内に移動した後に周囲のウェアネス情報を収集し、場のコンテキストを推測することで無意識的に行われている。本研究は、作業空間の出入り口に接近した段階で、内部のセンサ群によって収集された過去から現在に至るウェアネス情報の推移を提示することで、ユーザが場のコンテキストを認識し、よりスムーズに協調作業に参加できるよう支援する。

4.2 雰囲気を決定する要素

雰囲気は多元的情報から構成されており、人間は様々な感覚的情報をもとに場の雰囲気を判断している。我々は、ユーザに提示する情報を考えるにあたり、雰囲気を決定する要素を以下のように分類した。

定量的要素 センサによって収集された数値情報がそのまま「雰囲気」に結び付くもの

時間的要素 ある状況が継続する時間や、一度状況が変わってから同じ状況に戻るまでの時間といった時間的推移に影響されたりするもの

心理的要素 数値のみでは表せず、人間関係を考慮したり、ユーザ自身の解釈が必要とされるもの

「雰囲気」をより正確に、かつ直感的に伝達するためには、これらの定量的要素、心理的要素、時間的要素を網羅するように情報を収集する必要がある。

4.3 収集する情報

我々はすでに空間内部の動きおよび発話の活発さから雰囲気を推測するため、活発度の算出手法に関する検討を行った¹¹⁾。その結果、動きや発話の活発さといった要素のみでは「雰囲気」を十分伝達できないという課題が明らかになった。そこで、前節で示した時間的要素や心理的要素として、作業空間における動きや発話の経時変化、ならびに成員の属性などに着目した。AS-Gate においては、これらを雰囲気を決めるものとして考慮し、1つの作業空間に関して以下の情報を収集・提示する。

入退出履歴 室内で作業をする個々のメンバの入室および退室の履歴を管理する。「だれが何時から何時までいた」という情報は時間的要素に含まれるといえる。一方で、「だれがいる/いた」という時間の流れの中の1点に着目した情報に対しては、そのときの雰囲気を推測するうえで人間関係や各ユーザの解釈が加わることとなり、心理的要素に含まれるといえる。

会話の活発度 過去から現在にかけて室内で交わされる会話や物音を検知し、その音量情報を収集・蓄積する。時間的要素に含まれると同時に、音量情

報はそのまま活発度として雰囲気に関与するので定量的要素と考えられる。

各メンバとの空間共有度 室内のメンバと自分がどの程度の時間を作業空間内で共有しているか、すなわち各メンバが室内にいたことがどれくらい自分にとって「珍しい」または「日常的な」ことかを「空間共有度」と定義した。空間共有度そのものは、作業空間における滞在時間の重複している割合を計算することにより数値的に示すことのできる値であり、定量的要素といえる。一方で、空間共有度の高い（一緒にいることが多い）人が在室しているか、低い（あまり顔を合わせることがない）人が在室しているのかによって、雰囲気に対する心理的影響があると考えられる。さらに、空間共有度は時間経過とともに更新される値であり、時間的要素も備えている。

メンバの属性情報 メンバを属性によってグループ分けする。グループの性格や規模にもよるが、上司や部下といった地位、学年、性別、所属研究グループなどがあげられる。短期的に変遷するパラメータではなく半固定的な値であるが、在室メンバにどのグループに属する人が多くいるかによって、心理的な影響を及ぼすと考えられる。

AS-Gate はこれらの情報を収集し、サーバに蓄積・管理する。そして、作業空間の出入りにユーザが接近したことを検知すると、サーバからそのユーザに必要な情報を取り出し、出入りに設置されたディスプレイに提示する。

5. AS-Gate の設計

本章では、今まで述べてきた要件をふまえて、アウェアネス情報の収集と蓄積・管理、およびユーザへの効果的な情報提示手法について検討する。

AS-Gate のデザインの議論に先立ち、我々はすでに出入り口の特性をふまえたグループ支援環境である CollaboGate を提案している¹²⁾。出入り口空間は、オフィスや会議室といった従来の空間とは異なる特性を持ち、そこで行われる行為は、伝言、立ち話、覗き見など短時間で済ませることのできる軽微なものが多い。

本研究では、出入りに接近したユーザに内部の雰囲気や状況を伝えるシステムである AS-Gate を提供するにあたり、出入り口空間に滞在・通過して行われる活動を支援する環境 CollaboGate を用いた。

AS-Gate は、センサによる作業空間内外の情報収集部分、集めた情報の蓄積・管理部分（CollaboGate Server）、出力インタフェースによる情報提示部分が

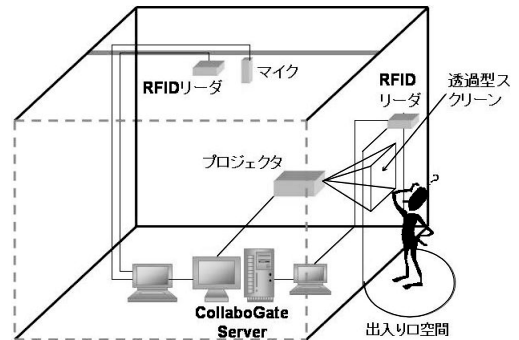


図 1 AS-Gate の全体構成

Fig. 1 System layout of AS-Gate.

らなる。CollaboGate Server ではメンバ情報などを含むデータベースが管理されており、CollaboGate 上の他のアプリケーションと共有することができる。以下、各部の設計について述べる。また、AS-Gate の全体構成を図 1 に示す。

5.1 情報収集部分

AS-Gate では複数のセンサを用いて、ユーザと場の状況に関する様々な情報を収集する。ここで用いるセンサは、室内のアウェアネス情報を収集するセンサ群と出入り口空間に接近したユーザを識別するセンサの 2 つに分けられる。前者のセンサ群によって収集される情報とその収集方法は以下のとおりである。

会話の活発度 室内に設置されたマイクで作業空間内の音声の振幅値をモニタする。一定時間内における振幅の最大値を計測し、在室者が会話や物音を生じるような作業を行っているかどうかを判断する。

メンバの入退出履歴および属性 作業空間内に設置された RFID リーダによって、在室者を識別する。ユーザはタグをつねに携帯しているものとする。各メンバの属性情報はあらかじめ入力しておき、CollaboGate Server のデータベースで管理する。必要に応じて属性情報を検索して取り出す。

各メンバとの空間共有度 空間共有度とは、「室内のメンバと自分がどのくらいの時間を作業空間内で共有しているか」という割合であり、RFID リーダがタグの出入りのイベントを検知した際にその時刻を CollaboGate Server に通知するとともに、親密度の算出と更新を行う。

また、出入り口空間に接近したユーザを識別するために、在室者の識別用とは別の RFID リーダを用意する。RFID のタグ ID を CollaboGate Server 中のメンバ情報テーブルから検索し、メンバを特定する。

5.2 情報蓄積・管理部分

CollaboGate Server で管理されるデータベースは様々なデータテーブルを保持し、AS-Gate 以外の CollaboGate 上で提供されるアプリケーションからも利用可能である。AS-Gate に関するデータテーブルを以下にあげる。

蓄積音声データテーブル 作業空間内の音声の振幅値が蓄積されており、一定時間ごとに更新される。

メンバ情報テーブル メンバのタグ ID, 名前, 属性情報が管理されている。

入室メンバテーブル 室内にいるメンバのタグ ID が管理され、作業空間への出入りのイベントごとに更新される。

入室・退室履歴テーブル 各メンバの入室時間および退室時間の履歴を蓄積する。

空間共有度テーブル 各メンバの作業空間内での累計滞在時間と、他のメンバと共有している時間が管理されており、出入りのイベントごとに更新される。出入りに近づいたユーザ A と特定メンバ B との空間共有度は、 $(\text{ユーザ A とメンバ B が作業空間内で共有している時間}) / (\text{ユーザ A の作業空間内での累計滞在時間})$ で算出される。

5.3 情報提示部分

出入り口空間にユーザが接近したことを検知すると、CollaboGate Server のデータベースから必要な情報を検索し、ユーザに提示する。出力インターフェースにはドアにはめ込んだ透過型スクリーンを採用し、空間内部からプロジェクトで投影した。

AS-Gate では、ユーザが直感的に雰囲気を把握できるように、メンバの入退出履歴、会話の活発度の推移、各メンバとの空間共有度、ならびにメンバの属性情報を 3 次元座標空間内にマッピングする。

6. AS-Gate の実装

前章の設計に基づき、作業空間の出入り口に設置し接近するユーザを支援する AS-Gate システムを実装した。実装には Java 言語 (JDK Version 1.4 ならびに Java3D Version 1.3) を使用した。また、CollaboGate Server で管理するデータベースの作成には MySQL Version 4.0 を使用した。

6.1 センサ

入室メンバおよび接近するユーザを認識するために、米国 RF Code 社の Spider Reader と Spider Tag を用いた。発信周期 0.2 秒のアクティブ型の RFID タグを用い、ユーザにタグを携帯してもらう。作業空間内に設置したリーダは空間全域を検出範囲とし、入室メ



図 2 AS-Gate を設置したドアの様子

Fig. 2 Appearance of the door with AS-Gate.

ンバを検知する。出入り口に設置したリーダは半径約 2 メートルを検出範囲となるように調節し、ユーザの接近を検知する。

室内中央の天井に設置したマイクを用いて会話の活発度を計測した。作業空間内で発生した音声を 8 ビット量子化、サンプリングレート 8,000 Hz でキャプチャし、1 秒間の最大振幅値を隣接 5 秒間で平均して用いた。

6.2 ユーザへの表示

AS-Gate を設置したドアの様子を図 2 に示す。作業空間の出入り口のドアに透過型スクリーンを設置し、室内からプロジェクトで投影することにより、接近するユーザに空間内部のウェアナス情報を提示する。

AS-Gate の表示画面を図 3 に示す。3 次元空間内に横臥させた円柱を描き、メンバの写真を円周上に等間隔でマッピングしている。

奥行き方向に時間軸をとり、手前側の面を現在として過去 5 時間前までの状況を提示した。最も手前に表示され、赤枠がつけられているのが現在在室中のメンバである。退出しているメンバは、最終退出時刻に配置される。このため、メンバの写真のサイズは、退出してから経過した時間に比例して小さく表示される。過去 5 時間に 1 度も室内に現れなかったメンバは、円柱の底面よりも奥にマッピングされる。各メンバの入退出履歴は、円柱側面に赤線で投影される。

また、円柱の側面を、会話の活発な時間帯ほど赤く、静寂な時間帯ほど青く描くことで、室内の活発度の推移を表現している。会話の活発度の推移を直感的に表現するために、本システムでは色の共感覚効果を利用した¹³⁾。人間が受け取る視覚情報のうち、特に色彩に

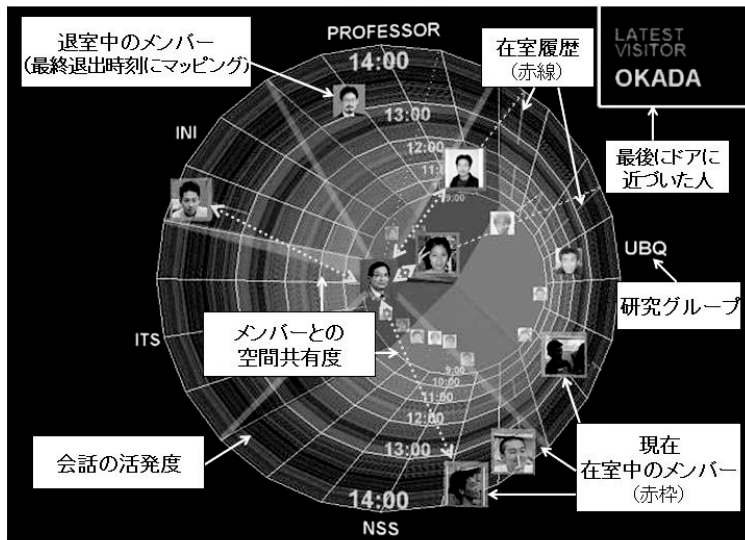


図 3 AS-Gate の表示画面

Fig. 3 A screen image of AS-Gate.

関する情報は感性と深く関わっている。

時間経過の表現には、3章で取り上げた戸口通信システムも着目している¹⁴⁾。これは、書かれてからの経過時間に基づいて、伝言板に書かれたメッセージそのものの彩度を調節して表示している。クライアント側で指定することにより、彩度を相対的あるいは絶対的時間経過に基づいて変化させることを可能としている。一方、AS-Gate は色相を用いて過去の活動度の推移を可視化している。

あるメンバが出入り口に接近すると、そのメンバの写真が中心に移動する。また、接近したメンバとの空間共有度に基づいて、全員の写真が円柱の断面上を移動する。円の中心近くにマッピングされているメンバほど、出入り口で表示を見ているユーザにとって空間共有度が高いメンバであることを示している。逆に中心から遠く、側面近くにマッピングされているメンバは、空間共有度が低く室内で会うことが珍しいことを表している。図 3 の表示画面上に点線と矢印を加筆して、中心のメンバとの空間共有度に基づいた配置距離を示している。

最後に、円柱の断面を扇形に分割している板は、メンバの属性情報の仕切りを示している。本実装においては所属する研究グループを属性情報として用いた。

7. 評価実験

AS-Gate の評価実験を行うにあたり、本システムを筆者らの所属する研究室の一居室に設置し、その部屋にデスクを持つ 20 名の学生と指導教員 2 名に RFID

タグを 2 週間携帯してもらい、継続して運用を行った。なお、今回の実験においては、AS-Gate を設置した部屋にデスクを持たない 12 名の学生には RFID タグを配布しなかった。

この運用期間を利用して、AS-Gate における空間内部の状況情報の可視化手法および、AS-Gate 運用によるグループメンバのインタラクションや行動の変化を評価するために以下の 3 つの実験を行った。

7.1 可視化手法の比較

これまで述べたように、AS-Gate では 3 次元の情報提示手法を用いている。AS-Gate と共通の情報を 2 次元で表現したものを用意し、ユーザの状況把握の速さや正確さを比較した。

研究室の学生 16 名に、室内の状況やメンバに関する質問をし、ディスプレイに映し出される 2 次元または 3 次元の表現を見たらうで回答してもらった。その際、表示を見てから回答にかかった時間と、回答の正誤を記録した。被験者への質問内容を表 1、2 次元表現の画面を図 4 にそれぞれ示す。

7.2 AS-Gate によるインタラクションの変化

AS-Gate がグループメンバ間のインタラクションにもたらす影響を調べるため、AS-Gate 設置時と非設置時それぞれにおいて、のべ 12 時間ずつ入室直後の発話の有無と内容を記録した。そして、発話の内容を図 5 に示す分類 1~9 に大別した。

7.3 出入り口空間における行動の観察

出入り口空間にカメラを設置し、AS-Gate 設置時と非設置時における人々の入退室や通過の様子を各 4 時

表 2 回答時間と正答率
Table 2 Response times and percentages of correct answers.

| 設問 | 必要とする情報 | | | 3次元表現 | | 2次元表現 | | |
|------|---------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------|---------------|--------|
| | 入退出履歴 | 会話 活発度 | 空間 共有度 | メンバ 属性 | 回答時間 [sec] | 正答率 | 回答時間 [sec] | 正答率 |
| 問 1 | (現在) | | | | 10.2 | 100.0% | 17.7 | 100.0% |
| 問 2 | (過去) | | | | 15.6 | 100.0% | 14.2 | 93.8% |
| 問 3 | (現在) | | | | 10.7 | 81.3% | 16.8 | 100.0% |
| 問 4 | | | | | 9.8 | 75.0% | 14.9 | 87.5% |
| 問 5 | | | | | 10.7 | 100.0% | 20.8 | 100.0% |
| 問 6 | | | | | 10.4 | 93.8% | 13.5 | 100.0% |
| 問 7 | | | | | 14.2 | 100.0% | 36.7 | 62.5% |
| 問 8 | | | | | 13.8 | 93.8% | 13.6 | 87.5% |
| 問 9 | | | | | 10.9 | 100.0% | 17.3 | 100.0% |
| 問 10 | | | | | 73.4 | 43.8% | 72.7 | 68.8% |

表 1 被験者に対する質問の内訳
Table 1 List of the questionnaire.

| 設問 | 質問内容 | 必要とする情報 |
|------|-------------------------------------|----------------|
| 問 1 | あるメンバが現在在室しているかを問う | 入退出履歴 |
| 問 2 | あるメンバが過去 5 時間の間に研究室を訪れたかを問う | 入退出履歴 |
| 問 3 | あるメンバが研究室にいた時間帯を問う | 入退出履歴 |
| 問 4 | 研究室内の会話が最も活発(静か)だった時間帯を問う | 会話の活発度 |
| 問 5 | 研究室内で最も顔を合わせる機会が多い(少ない)メンバを問う | 空間共有度 |
| 問 6 | 研究室内の会話が最も活発(静か)だった時間帯に在室していたメンバを問う | 入退出履歴 |
| 問 7 | 在室中のメンバのうち最も顔を合わせる機会が多い(少ない)メンバを問う | 空間共有度 |
| 問 8 | ある時間帯に最も多くのメンバが在室していた研究グループを問う | 入退出履歴 メンバ属性 |
| 問 9 | 最も空間共有度の高い研究グループを問う | 空間共有度 メンバ属性 |
| 問 10 | 表示内容を手がかりにして 4 つの状況を時系列順に並べ替える | すべて |

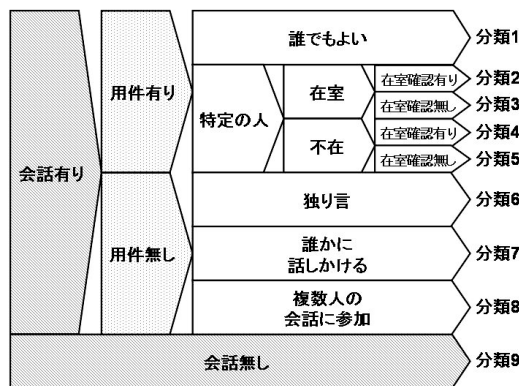


図 5 発話内容のクラスタリング
Fig. 5 List of classified conversations.

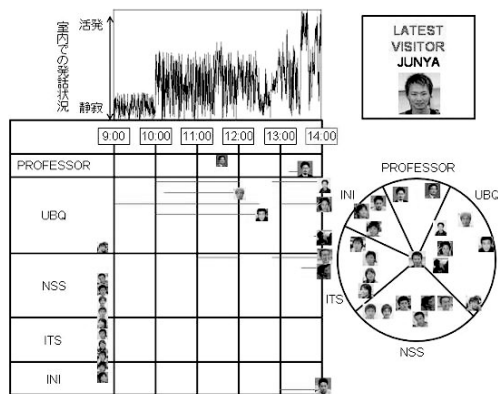


図 4 2次元表現による提示
Fig. 4 Awareness information in two dimensional expression.

間ずつ録画した。ビデオの映像をもとに、AS-Gate 設置による出入り口空間での入室者の滞在時間の変化、入室者が AS-Gate の表示を見ているかどうか、RFID タグを持っている学生と持っていない学生、指導教員、他の研究室の学生など、属性による挙動の違いを分析

した。

8. 実験結果

8.1 2次元表現との比較結果

7.1 節の実験においては、順序による影響を避けるために、先に 2次元表現を用いて質問に答えるグループと、3次元表現から始めるグループとに分けて行った。また問題の出題パターンも 4 通り用意した。表 2 は、実験から得られた各質問に対する被験者の回答時間と正答率の平均データである。

8.2 入室後の発話のクラスタリング

7.2 節の実験において、入室直後の会話の有無のみに着目すると、のべ 12 時間の間で発生した入室イベント中、会話が行われたのは、AS-Gate 非設置時において 50.0%、設置時において 67.2%という結果になった。

また、図 5 の分類 1~9 に基づいて、発話内容をクラスタリングした結果を表 3 に示す。

8.3 出入り口空間における行動の観察結果

7.3 節の実験で、AS-Gate 設置前と設置後の出入り口空間における入室者の滞在時間を測定した。結果を

表 3 発話内容の分類結果
Table 3 List of classified conversations.

| | 用件の有無 | 発話対象 | AS-Gate なし | AS-Gate あり |
|------|-------|--------------------|------------|------------|
| 分類 1 | あり | だれでもよい | 6.7% | 5.9% |
| 分類 2 | あり | 特定の人(在室) 在室確認あり | 13.3% | 0.0% |
| 分類 3 | あり | 特定の人(在室) 在室確認なし | 3.3% | 15.7% |
| 分類 4 | あり | 特定の人(不在) 在室確認あり | 3.3% | 2.0% |
| 分類 5 | あり | 特定の人(不在) 在室確認なし | 0.0% | 2.0% |
| 分類 6 | なし | 独り言 | 13.3% | 3.9% |
| 分類 7 | なし | だれかに話しかける | 13.3% | 3.9% |
| 分類 8 | なし | 複数人の会話に参加 | 13.3% | 3.9% |
| 分類 9 | | (発話なし) | 13.3% | 3.9% |

表 4 入室者の滞在時間
Table 4 Staying time of visitors.

| | AS-Gate 設置前 | AS-Gate 設置後 |
|------|-------------|-------------|
| 滞在時間 | 2.33[sec] | 7.35[sec] |

表 5 出入り口空間において AS-Gate の表示を見た割合
Table 5 Percentage of visitors who glance AS-Gate.

| | 指導教員 | 研究室の学生 (タグあり) | 研究室の学生 (タグなし) | その他 |
|-------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| 見た | 76.2% (16 回) | 69.7% (23 回) | 68.4% (13 回) | 40.0% (76 回) |
| 見なかった | 23.8% (5 回) | 30.3% (10 回) | 31.6% (6 回) | 60.0% (114 回) |

表 4 に示す。

また、AS-Gate 設置時に、入室者が AS-Gate の表示を見ているかどうかに着目したところ「立ち止まって表示を見ていた」が 34.2%、「ノブに手をかけつつ表示を見ていた」が 34.2%、「見ていなかった」が 31.6%であった。

さらに、AS-Gate 設置後に出入り口空間に滞在または通過する人々を指導教員、RFID タグを所持している研究室の学生、RFID タグを所持していない研究室の学生、その他(他研究室の学生など)の 4 つの属性に分け、それぞれについて AS-Gate の表示を見た割合を算出した。結果は表 5 のとおりである。

9. 考 察

9.1 可視化手法について

8.1 節に示した、AS-Gate で採用した 3 次元表示と評価実験用に作成した 2 次元表示を比較した。被験者の回答時間に着目すると、表 1 の 10 題中 7 題において 3 次元表示の方が短時間で回答できている。

表 1 の質問のうち、単体の情報のみを必要とする質問においては、特に 1 番の「現在の在室/不在メンバを問うもの」、5 番の「空間共有度の高い(低い)メン

バを問うもの」で 2 次元表示との差が顕著に現れた。

また、複数の情報を必要とする質問においては、特に 7 番と 9 番のように空間共有度を含む情報の組合せの際に、3 次元表示の方が 2 次元表示より短い時間で回答できている。7 番の入退出履歴と空間共有度を組み合わせた質問に対しては、3 次元表示によって、回答時間が 2 次元表示の 1/2 以下に短縮されている。

一方で、正答率を比較すると、3 次元表現では、10 題中 6 題で正答率 100%または 2 次元表示より高い正答率を記録しているが、3, 4, 6, 10 番では 2 次元表現よりも正答率が低い。これらに共通しているのは、入退出履歴の情報を用いて過去の状況を参照する必要があるという点であり、そういった場合、3 次元表示では奥行き方向の情報を正確に読み取りにくいといえる。

これらから、3 次元表現は 2 次元表現と比べ正確性の面では劣る部分があるが、短時間で直感的に状況情報を伝えることができるため、人が空間から空間へ移動するという出入り口の特性を考えると、2 次元表示よりも今回採用した 3 次元表示の方が適しているといえる。

9.2 インタラクションの変化について

8.2 節の実験結果から得られた表 3 より、インタラクションの変化について考察する。AS-Gate 設置前は、用件があって入室した際、その場に相手が在室していても「西川さんはいますか?」というように在室確認を行うケースが 1 割強だったのに対し、設置後はそのような行動は見られなかった。代わりに、AS-Gate 設置前にほとんど見られなかった、在室確認なしに直接第一声で用件を述べるケースが 1.5 割となった。ここから用件伝達の効率が上がったことがいえるが、これは「現在の在室状況」のみが分かればよいので、既存のコルクボードやマグネットなどを用いた所在表⁹⁾でも同様の機能を実現できる。

一方、用件がなく入室した場合には、AS-Gate 設置後は設置前に比べて、独り言が減り、だれかに話しかける、あるいは複数人の会話に参加するケースが増えている。これは入室後の会話の対象に変化が見られたことを意味するが、AS-Gate の影響によるものとは断言できない。

以上のように、この実験のデータからはまとまった考察が得られていないが、会話ログの個々に注目すると、AS-Gate が表示する過去の履歴や、空間共有度、会話活発度に関する会話が含まれていることが分かった。インタラクションの変化は、さらに運用を継続することでより明確になると考えており、スムーズな作業空間への出入りやコミュニケーションの活発化の促

進につながると考えられる。

9.3 出入口空間における行動の変化について

出入口空間の通過の際に、ユーザがどの程度提示情報に注目し、どのくらいの時間を割くのかを本実験によって検証した。

表 4 より、AS-Gate 設置後は設置前に比べて、入室にかかる時間が約 5 秒長くなっており、この 5 秒という数値はユーザが「ドアを開けて部屋に入る」という行為の中で AS-Gate に割くことができる許容範囲の平均といえる。

しかしながら、5 秒では表 2 にある行為を完了できないため、表 3 の設置後の行動結果から、所用のある特定の人物が在室しているかどうかを読み取るのに用いていると考えられる。被験者へのヒアリングの結果から、入室時には赤の枠がついて最も手前側に映ったメンバの写真群の中に、目的とする人がいるかどうかを確認するといった行為が行われていることが明らかになった。

しかし一方で、表 4 の数値は「立ち止まって表示を見ていた人」「ノブに手をかけつつ表示を見ていた人」「見ていなかった人」の平均である。その内訳は 8.3 節で述べたとおりであり、「見ていなかった人」が約 3 割にも及んでいる。ユーザが AS-Gate の表示を見るかどうか、あるいはどのような情報を提供すれば表示を見るかは、表 5 のようにユーザの属性によって変化する。また、出入口空間に近づくタイミングが出勤時か、昼食から戻った後か、それとも数分間部屋を離れた後かによっても変わると考えられる。「見ていなかった人」の割合を減らし、AS-Gate のシステムとしての効果を高めるには、接近ユーザの属性やコンテキストを検知して、動的に表示情報や提示手法を変える必要があると考えられる。

10. おわりに

本研究は、出入口空間に接近したユーザが、作業空間内の雰囲気およびその推移を把握できることを目的とした。センサを用いて作業空間内の発話の活発度、在室メンバの属性および空間共有度、在室/不在の履歴などの情報を収集し、出入口空間にユーザが接近したことを検知すると空間内部の雰囲気を 3 次元表現を用いてユーザに提示するアプリケーション AS-Gate (AtmoSpheric-Gate) を実装した。

評価実験の結果、AS-Gate の情報提示手法は従来手法と比較して、短時間で直感的に状況情報を伝達できることが示された。また、AS-Gate 設置によるインタラクションの変化については、本論文の実験結果から

AS-Gate による効果と断定できないものの、実験期間中 AS-Gate が会話のきっかけとなったり、独り言が減ったりといった場面が見られた。今後の継続的な運用による検証とあわせて、AS-Gate の設置を通じて「出入り」という従来の行為の中に「提示情報を見る」という行為をもっと自然に埋め込むためには、ユーザの属性やコンテキストに応じたフィルタリング・カスタマイズ可能な情報提示が求められると考える。

本論文では単一の作業空間を対象としたが、作業空間が複数存在することが一般的であるため、複数の空間における空間共有度算出手法についても今後の議論が必要である。また、AS-Gate はタグを持ったグループのメンバを対象としたアプリケーションであるが、タグを持っていない人の注意を引きつけた場合の提示内容についても今後検討していく。また、副次的な効果としての使用方法が考えられる一方、收拾した情報に関する在室者のプライバシー、防犯上の問題にも配慮する必要がある。

謝辞 本研究の一部は、21 世紀 COE プログラム研究拠点形成費補助金のもとに行われた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Banavar, G. and Bernstein, A.: Software infrastructure and design challenges for ubiquitous computing applications, *Comm. ACM*, Vol.45, No.12, pp.92-96 (2002).
- 2) Streit, N.A., Geisler, J., Holmer, T., Konomi, S., Muller-Tomfelde, C., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P. and Steinmetz, R.: i-LAND: an interactive landscape for creativity and innovation, *Proc. SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI'99)*, pp.120-127 (1999).
- 3) Kidd, C.D., Orr, R.J., Abowd, G.D., Atkeson, C.G., Essa, I.A., MacIntyre, B., Mynatt, E., Starner, T.E. and Newstetter, W.: The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research, *Proc. 2nd International Workshop on Cooperative Buildings (CoBuild'99)*, pp.191-198 (1999).
- 4) 西川真由佳, 江木啓訓, 宇木等以香, 安西 悠, 重野 寛, 岡田謙一: グループ支援を目的とした作業空間の雰囲気伝達手法, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2004 予稿集, pp.51-56 (2004).
- 5) McCarthy, J.F., Costa, T.J. and Liongosari, E.S.: UniCast, OutCast & GroupCast: Three Steps Toward Ubiquitous, Peripheral Displays, *Proc. Ubicomp 2001*, pp.332-345 (2001).

- 6) Segawa, N., Murayama, Y., Nakamoto, Y., Gondo, H. and Miyazaki, M.: A Message Board on WWW for On-Door Communication, *Proc. ACM Multimedia 99 (Part.2)*, pp.187-190 (1999).
- 7) Begole, J., Tang, J.C., Smith, R.B. and Yankelovich, N.: Work Rhythms: Analyzing Visualizations of Awareness Histories of Distributed Groups, *Proc. 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW'02)*, pp.334-343 (2002).
- 8) Begole, J., Tang, J.C. and Hill, R.: Rhythm Modeling, Visualizations and Applications, *Proc. 16th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST'03)*, pp.11-20 (2003).
- 9) 山越恭子, 葛岡英明: 言葉を使用したワークリズム提示手法の提案, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.121-130 (2005).
- 10) 白井良成, 大和田龍夫, 亀井剛次, 桑原和弘: 実環境指向のウェアネス情報とその提示手法, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3653-3663 (2002).
- 11) 西川真由佳, 宇木等以香, 大菅直人, 江木啓訓, 重野 寛, 岡田謙一: 「空気を読む」: 作業空間情報の収集・提示手法の提案, 情報処理学会研究報告 2003-GN-51, pp.109-114 (2003).
- 12) 江木啓訓, 西川真由佳, 宇木等以香, 大菅直人, 重野 寛, 岡田謙一: 出入口空間におけるグループ支援環境: CollaboGate の提案, 情報処理学会研究報告 2003-GN-49, pp.13-18 (2003).
- 13) 色のはなし編集委員会: 色のはなし II, 技報堂出版 (1986).
- 14) Murayama, Y., Gondo, H., Nakamoto, Y., Segawa, N. and Miyazaki, M.: A Message Board System on WWW with a Visualizing Time Function for On-Door Communication, *IEEE Proc. 34th Hawaii International Conference on System Sciences*, Vol.1, pp.1036-1045 (2001).

(平成 17 年 5 月 6 日受付)

(平成 18 年 1 月 6 日採録)

推 薦 文

本研究は、共同作業空間内の状況情報を入室前のメンバに提示することで、入室時の「場のコンテキストを察知する」行為を支援することを目的としている。共同作業空間と公共空間を結合する「出入口」に埋め込まれた透過型ディスプレイを情報の出力インタフェースとし、入室行為を妨げない直感的な情報提示手法を検討している点が特徴である。提案システムの継続運用と多側面からの評価実験を行うことでその有

用性を示しており、グループのインタラクションや作業効率に変化が見られることを示唆している。実空間環境における非同期のグループ支援に関して、新たな知見をもたらすものと考えられる。本論文では、これらのシステムの開発と利用実験について述べており、その有効性を示している。読者にとって有益な知見を与える研究成果を得ており、ここに推薦するものである。

(グループウェアとネットワークサービス研究会

前主査 星 徹)



江木 啓訓 (正会員)

2000 年慶應義塾大学環境情報学部卒業。2002 年同大学大学院政策・メディア研究科修士課程修了。2005 年同大学院理工学研究科後期博士課程所定単位取得退学。同年より東京農工大学総合情報メディアセンター助手。修士(政策・メディア)。協調作業支援、e-Learning システム、ユビキタスコンピューティング等の研究に従事。電子情報通信学会、日本教育工学会各会員。



西川真由佳 (学生会員)

2004 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。2006 年同大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻修士課程修了。対面協調作業支援の研究に従事。



安西 悠 (学生会員)

2005 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻修士課程在学中。協調作業と Multitasking 支援の研究に従事。



重野 寛 (正会員)

1990年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。1997年同大学大学院理工学研究科博士課程修了。1998年同大学理工学部情報工学科助手(有期)。現在、同大学理工学部情報工学科助教授。博士(工学)。計算機ネットワーク・プロトコル、モバイル・コンピューティング、マルチメディア・アプリケーション等の研究に従事。情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会幹事。著書『～ネットワーク・ユーザのための～無線LAN技術講座』(ソフト・リサーチ・センター)、『コンピュータネットワーク』(オーム社)等。電子情報通信学会、IEEE、ACM各会員。



岡田 謙一 (フェロー)

慶應義塾大学理工学部情報工学科教授、工学博士。専門は、CSCW、グループウェア、ヒューマン・コンピュータ・インタラクション。『ヒューマンコンピュータインタラクション』(オーム社)、『コラボレーションとコミュニケーション』(共立出版)をはじめ著書多数。情報処理学会誌編集主査、論文誌編集主査、GW研究会主査等を歴任。現在、情報処理学会MBL研究会運営委員、BCC研究グループ幹事、日本VR学会CS研究会副委員長。情報処理学会論文賞(1996年、2001年)、情報処理学会40周年記念論文賞、日本VR学会サイバースペース研究賞、IEEE SAINT'04最優秀論文賞を受賞。情報処理学会フェロー、IEEE、ACM、電子情報通信学会、人工知能学会各会員。