

推薦論文

Docoitter : 未来の在室情報を予報する 在室管理システム

田中 優斗^{1,a)} 福島 拓^{2,b)} 吉野 孝^{3,c)}

受付日 2012年11月23日, 採録日 2013年6月14日

概要: 現在, 様々な手法を用いて在室管理が行われている. 在室管理は「現在, 誰がどこにいるか」を提示する. これにより, コミュニケーションの円滑化や協調作業を支援できる. しかし, 提示する情報は, 現在の在室の有無や行き先である. そのため, 訪問者は目的の人物が不在の場合, 次回の都合の良い訪問日時を把握することが困難である. そこで, 我々は, 現在の在室情報だけでなく, 在室履歴と個人のスケジュールから未来の在室情報を予報する在室管理システム「Docoitter」を開発した. また, 大学の研究室での実験から, 従来から使用している紙の在室表との比較や, 未来の在室情報を提示することによる効果の検証をそれぞれ行った. 本研究の貢献は以下の4点にまとめられる. (1) 未来の在室情報を予報する在室管理システムの提案を行い, 実現した. (2) 未来の在室情報の精度向上には, 持ち込み計算機を利用する人や一時退席をする人を検出する必要があることを示した. (3) 未来の在室情報の提示により, 訪問者は研究室メンバの在室状況と訪問日時の手がかりとなる情報を得る可能性を示した. (4) 未来の在室情報を提示するシステムは, 至急のとき以外で利用される可能性を示した.

キーワード: 在室管理, 情報共有, パーソナルデータマイニング

Docoitter: A Presence Display System Capable of Predicting Future In-the-room Information

YUTO TANAKA^{1,a)} TAKU FUKUSHIMA^{2,b)} TAKASHI YOSHINO^{3,c)}

Received: November 23, 2012, Accepted: June 14, 2013

Abstract: Recently, a number of presence display systems have been fabricated by various techniques. A presence display system indicates the location of a person. Thus, such a system can facilitate communication and provide support for cooperative tasks. However, this system provides the presence and destination information of persons present. Therefore, if a person is absent, it is difficult to determine the date and time of that person's next visit. In this study, we have developed a system called Docoitter that can predict future in-the-room information about a person on the basis of that person's activity history and personal calendar. We compared the precision of our system with that of a paper-based destination bulletin board; moreover we conducted experiments in which we presented future in-the-room information at the laboratory of a university. The contributions of this study are as follows: (1) we proposed and developed a presence display system capable of predicting future in-the-room information; (2) we showed that to improve the accuracy of in-the-room information, it was necessary to detect persons using a carry-in personal computing device such as notebooks and those leaving momentarily; (3) the proposed system can provide hints regarding a person's in-the-room information, including the visit date and time, so that future in-the-room information on that person can be predicted; and (4) the system which predicts the future in-the-room information showed the possibility of being used in a case except emergency.

Keywords: presence display, information sharing, personal data mining

1. はじめに

研究室やオフィスのメンバや訪問者にとって、「誰が」「いつ」在室しているのかという情報を把握することは、コミュニケーションのきっかけとして重要である。Begoleらはユーザの行動には個人特有の時間的な傾向（以下「ワークリズム」と表記する）があるとしている [1]。このワークリズムをメンバ間で把握し合うことによって、連絡を取り合う際に、いつ相手の都合が良いかという手がかり情報を得ることができると述べている。しかし、メンバによって作業時間にはばらつきがある。そのため他のメンバや訪問者は、対象となるメンバがいつ作業を行い、いつ戻ってくるのか等の情報を把握することが難しい。

在室管理の研究には様々な手法が用いられている。従来は紙の在室表やICカードを用いて在室管理が行われてきた。しかし、ICカード等の利用者の自発的操作による手法は、操作忘れが問題点としてあげられている [2]。そこで、ライブカメラを用いて現在の在室状況を提示する研究が行われている [3]。しかし、ICカードやライブカメラを用いた在室管理は、現時点での在室情報しか提示しないことが多い。そのため、訪問者は目的の人物が不在のとき「次いつ戻ってくるのか」や、今日は不在だと分かれば「明日の在室時間帯はいつなのか」等を把握することは困難である。

そこで、現時点の在室情報の提示だけでなく、在室履歴と個人のスケジュールから未来の在室情報を予報する在室管理システム「Docoitter」を開発した。本論文では、まず2章で関連研究について述べ、3章で開発したシステム「Docoitter」の概要と構成について述べる。4章で実験の概要について述べ、5章で結果と考察について述べる。最後に、6章で本研究のまとめを述べる。

2. 関連研究

本章では、在室管理に関する研究について述べ、本研究の位置づけを明らかにする。在室管理は、相手の状況や状態を知らせるウェアネスに含まれる。そこで、2.1節ではウェアネスに関する研究について述べ、本研究の設計方針について触れる。また2.2節では、ウェアネス情報の共有によるコミュニケーションの円滑化に関する研究について述べ、本研究の目的を明らかにする。そして2.3節

では、現在の行き先推定に関する研究、2.4節では過去の在室状況の可視化に関する研究について述べ、本研究の対象としている範囲を明確にする。2.5節では、未来の在室状況に関する研究について述べ、本研究のねらいと手法について述べる。

2.1 アウェアネスに関する研究

現在の相手の状況や状態を知らせるウェアネスに関する研究は様々な手法が提案されている。まず、位置情報を利用する手法には以下がある。Barkhuusらは、携帯端末上で現在の活動状況と位置を共有するシステムを構築している [4]。位置は、GPS、無線LANのポジショニングシステム、ユーザの入力から判定する。またBrownらは、携帯端末のGPS情報から家族が家や学校、仕事場等、どこにいるのかを判定し、提示するシステムを構築している [5]。

次に、センサを利用する手法には以下がある。Addleseeらは、ActiveBadgeSystemという超音波を用いた3次元の室内用位置検出システムを構築している [6]。またHorritzらは、ベイジアンネットワークを用いて、ユーザのモデルを構築し、在室の有無を推測するシステムを構築している [7]。伊藤らは、位置検出システムEIRISから検出された位置情報と、過去の情報から構築した確率ネットワークや経験的ルールから、位置情報の推定と共有をするシステムを構築している [8]。Bianらは、家の中に設置した複数のマイクロホンに収集された音を分析することで、ユーザの位置推定を行っている [9]。高橋らは、ライブカメラ画像を用いて、現在の在室状況の表示手法を提案している [3]。

これらの研究で用いる位置情報の正確性は高いが、位置情報を取得するためのGPSやセンサを使用する等、利用機器が多いという問題点がある。本研究では、利用者の負担を下げるため、GPSやセンサを使用しない方法で情報を取得し、在室状況を判定する点が異なっている。

2.2 グループ内におけるコミュニケーションの円滑化や協調作業の支援に関する研究

中山らは、手動入力された行き先と現在の最適な連絡手段を提示するシステムを構築している [10]。また中西らは、屋外における位置とスケジュールの共有に加え、ユーザの状況に合わせた通信手段の選択を支援するシステムを構築している [11]。松田らは、共有スペースに設置されたディスプレイに、メンバが欲しい情報を共有するシステムを構築している [12]。敷田らは、携帯端末、位置センサ、スケジュール等の複数の資源から得られる情報を一元管理して提示するシステムを構築している [13]。これらの研究

¹ 和歌山大学大学院システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University, Wakayama 640-8510, Japan

² 静岡大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Shizuoka University, Hamamatsu, Shizuoka 432-8561, Japan

³ 和歌山大学システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, Wakayama 640-8510, Japan

a) tanaka@yoslab.net

b) fukushima@sys.eng.shizuoka.ac.jp

c) yoshino@sys.wakayama-u.ac.jp

本論文の内容は2012年7月のマルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム2012にて報告され、グループウェアとネットワークサービス研究会主催により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である。

では、現在の最適な連絡手段の提示や共有によるコミュニケーションの円滑化を目指している。本研究では、未来の在室情報の提示による訪問日時の検討の支援を目指す。

電子メールやメッセージを用いた手法には以下がある。上田らは、電子メールによって入力された位置や状況を共有するシステムを構築している [14]。また藤原らは、利用者が研究室メンバにメッセージを送ることができる在室管理システムを構築している [15]。しかし、電子メール等を用いたコミュニケーションの円滑化の実現には、双方のやりとりが必要である。本研究では、目的の人物を介さずに、訪問日時の検討の支援を目指す。

2.3 現在の行き先の推定に関する研究

Ashbrook らは、ユーザの位置する経度と緯度を記録し、記録したデータに対し k-means 法の変種を適用することで有意位置を抽出し、ユーザの次の行き先を推定している [16]。また篠原らは、利用者自身と利用者の身の回りの物品に付加した RFID から、行き先を推定するシステムを構築している [17]。中田は、画像を用いた行き先掲示板システムを構築している [18]。これは、現在いる場所で撮影した写真を自身の居室ドアに設置されたディスプレイに表示することで、行き先を知らせるシステムである。

これらの研究では、現在の行き先の推定や提示を研究対象としている。本研究では、未来の在室情報の予報を研究対象としており、その点が異なっている。

2.4 過去の在室状況の可視化に関する研究

過去に在室した履歴の可視化に関する研究は、様々な手法が提案されている。まず Huang らは、電子化された在室表に、メンバの集合写真を使用して、在室履歴から出席を可視化するシステムを構築している [19]。藤原らは、1 週間分の在室状況を 1 日ごとにスパイラル表示することで、在室履歴を可視化するシステムを構築している [2]。

これらの研究では、過去の在室状況を把握することができる。しかし、未来の在室状況については利用者自身が推測する必要がある。また、今後の予定によっては過去の在室状況と異なる動きをする場合がある。そのため、過去の在室状況の可視化は、訪問日時の検討の支援が不十分であると考えられる。

2.5 未来の在室状況に関する研究

本論文では、未来の在室情報の提示を「予報」と呼ぶこととする。山越らは、不在時間を言葉で予報する手法を提案している [20]。これは、ワークリズムから得られた推測に応じて「8 時くらいに来ると思います」等の言葉で予報するシステムである。実験では、在室している確率を数字による提示、グラフによる提示、言葉による提示の 3 種類の提示を行う。そして、予報が外れたと想定した場合、3

種類の提示による不快さをそれぞれ調査している。また享保らは、未来の在室している確率を影を用いて予報する手法を提案している [21]。実験では、実験協力者に「ある時間において著者に会いに来てもらう」というタスクを与え、システムを利用してもらう。その際、在室している確率による提示と影による提示を行う。そして、解釈のしやすさや実用性等の項目から得点化し、ユーザに与える印象の違いをそれぞれ調査している。

これらの研究では、予報の提示方法の違いによるユーザの印象調査が行われている。本研究では、予報により、訪問者が訪問日時を検討するための支援を目的としている。これは、目的の人物が不在の場合、訪問者は何度か訪問するといつか会うことができる。しかし、現在と過去の在室状況の提示だけでは、一番都合の良い訪問のタイミングを検討することが難しいと考えられる。また、未来の予定の提示だけでは、目的の人物がこれまでにとった行動が不明瞭である。そこで本研究は、過去の在室状況と未来の予定を組み合わせて、未来の在室状況を提示する。

Tullio らは、カレンダーから他のメンバと同じ予定を発見し、その予定に出席する可能性を推測するシステム Augur を構築している [22], [23]。このようなカレンダー共有システムは、グループ内のコミュニケーションの支援が目的である。本システムは、在室管理システムであり、グループ外も含めた訪問者に対する支援を目的としている点が異なっている。

また、過去のデータの収集において、享保らと Tullio らの研究では、あらかじめ手動で収集を行った過去の正確なデータを用いている。本研究は、過去の在室状況の収集を自動で行う。そのため、収集するために用いた情報源の妥当性についての検証も行う。

3. 在室管理システム「Docoitter」

本章では、開発したシステムについて述べる。

3.1 設計方針

本システムは、訪問者が訪問日時を検討するための支援を目的としたシステムである。以下に開発したシステムの設計方針を示す。

(1) 在室管理の自動化

関連研究から、利用者の自発的操作による在室管理は操作忘れが問題点としてあげられている [2]。また、特殊な機器の利用は導入にコストが発生する。そこで、本システムは、導入が容易かつ自動で在室を管理することが可能なシステムとする。また、在室判定に用いる情報に関してプライバシーを考慮する。

(2) 未来の在室情報の提示

未来の在室している確率（以下、「未来の在室確率」と表記する）を提示する。未来の在室確率をパーセンテージで表示することで、利用者は目的となる人物の

未来の在室状況を把握することができる考えた。未来の在室確率は在室履歴と未来のスケジュールを組み合わせて算出する。

なお、本システムは勤務時間の定まっている企業ではなく、各個人で時間の使い方が比較的自由的な大学の研究室での利用を対象としている。

3.2 在室判定に用いる情報

本研究では、導入が容易かつ自動的な在室管理が可能であることをシステムの設計方針とする。そこで、本研究は、利用者がすでに利用している機器やシステムから情報を収集し、行動を推測することが重要であると考えた。本システムは、以下の2つの情報源と、その2つから算出した「過去の在室割合」を用いる。判定の詳細は3.5節と3.6節で述べる。

情報源 1 計算機起動の有無

研究室やオフィスにおいて、計算機を用いて研究活動や仕事を進める場合が多い。近年では省エネが注目されており、席を外す際は計算機の電源を切る場合や、スリープにする場合がある。そこで、個人に割り当てられている計算機起動の有無の確認を行っている。起動している場合、在室の可能性が高いと考えられる。起動の有無は ping を送ることで確認する。

情報源 2 Google Calendar に登録されている予定

利用者自身が予定を登録する Google Calendar を用いる。Google Calendar を用いることで現在や未来の予定を取得することができる。学外で予定が進行中の場合、その時間帯は不在の可能性が高いと考えられる。また、プライバシーを配慮するため、登録されている予定名は抽象化して表示する。

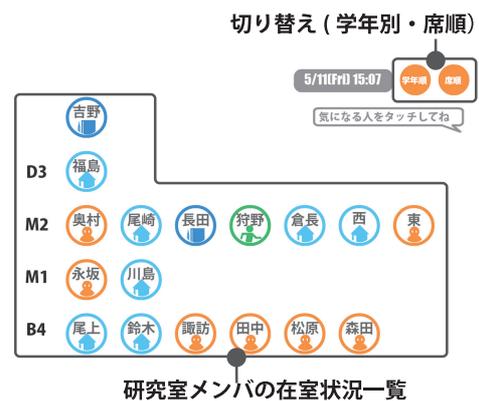
過去の在室割合

情報源 1 と情報源 2 から、過去に「在室」と判定された割合^{*1}である。曜日別に行い、四捨五入によって10%単位で算出する。なお、月曜日から金曜日の祝日は、行動パターンが変わると考えられるため、確率の算出に祝日の情報は使用していない。

情報源 1 および 2 が有効となるためには、計算機が各メンバーに割り当てられ、かつ ping が有効となるためにファイアウォールの設定の変更^{*2}と、共有可能なカレンダーが利用されている環境が必要である。なお、在室管理の自動化のために、GPS を用いる方法がある。しかし、高橋らは、位置情報の利用において、「個人が、自分または使用許可がある他の人の位置情報を、故意または誤って公開してしまう」等のプライバシーの問題が発生する可能性をあげてい

*1 過去の在室割合=(過去の「在室」と判定した回数/過去の判定回数)

*2 ping は Windows7 において初期設定では利用することができない。そのため実験開始時に、各計算機のファイアウォールの設定変更を行った。



研究室メンバの在室状況一覧

図 1 現在の在室状況一覧画面例

Fig. 1 Screenshot of in-the-room information list.



図 2 アイコン一覧

Fig. 2 List of icons.

る [24]. このように、GPS の利用は、利用者による GPS 情報の十分な制御が難しいという問題がある。そのため、本システムは GPS を利用しないこととする。

3.3 システムの構成

本システムは以下の3つの機能から構成されている。

(1) 情報の収集

計算機起動の有無、Google Calendar をそれぞれ15分ごと^{*3}に収集する。

(2) 現在の在室状況の判定と未来の在室確率の算出

収集した情報から現在の在室判定を行い、判定結果をサーバ上のデータベースに登録する。また、サーバ上のデータベースに登録された過去の在室判定結果とスケジュールから、未来の在室確率を算出する。

(3) 情報の提示

現在の在室状況、予定の種類と時間、未来の在室確率を研究室外側に設置している据え置き型タッチパネルディスプレイに提示する。

3.4 システムの画面

本システムは現在の在室状況一覧画面と予報画面の2つの画面がある。図 1 に現在の在室状況一覧画面例を示す。利用者はメンバーの在室状況を一目で確認することができる。表示は学年別と席順で切り替えることができる。図 2 にアイコン一覧を示す。研究室メンバーの在室状況は、「不

*3 設計段階で、短時間の入退室は考慮しないことにしたため、本システムでは15分ごとに情報の収集を行う。今後、この時間について検討が必要である。

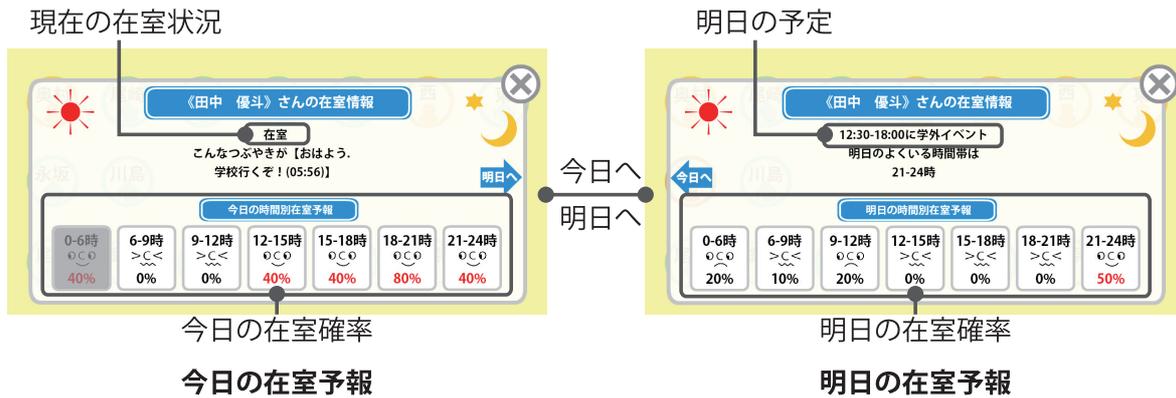


図 3 予報画面例

Fig. 3 Screenshots of a prediction screen.

在」の人だけでなく、「在室」している人を含めた6種類のアイコンで表示される。なお、本研究の目的である「訪問者が訪問日時を検討するための支援」の達成には、不在の人物の提示のみで、達成できる可能性がある。しかし、本システムは在室管理システムであるため、目的の人物に会いに来た訪問者に対して、在室と不在の人を表示することは必要であると考えられる。そのため、本システムでは、不在の人だけでなく、在室の人も表示することとする。

現在の在室状況一覧からメンバをタッチすると「今日の在室予報」を確認することができる。図3に予報画面例を示す。予報画面では、現在の在室状況、予定の種類と時間、未来の在室確率が表示される。また、「今日の在室予報」にある「明日へ」をタッチすると「明日の在室予報」を確認することができる。

山越らの実験から、数字による提示は、グラフや言葉による提示と比べて「ぱっと見で理解できる」「はっきりしている」との結果が得られている[20]。また、享保らの実験から「影(による提示)は数字(による提示)に比べて、提示された在室確率の解釈が難しい印象をもたれることから、ユーザに考えさせることができるインタフェースになっていると考えられる」との結果が得られている[21]。そのため、本システムでは、利用者の推測を必要とする言葉や影による提示ではなく、数字による提示を行う。

3.5 現在の在室状況の判定

図4に現在の在室状況の判定の流れを示す。本システムは在室状況を7種類に判定する。スケジュールによる判定が4種類*4、それ以外による判定が3種類である。

まず、現在進行中のスケジュールがあれば、そのスケジュールのタイトルに含まれているキーワードで判定す

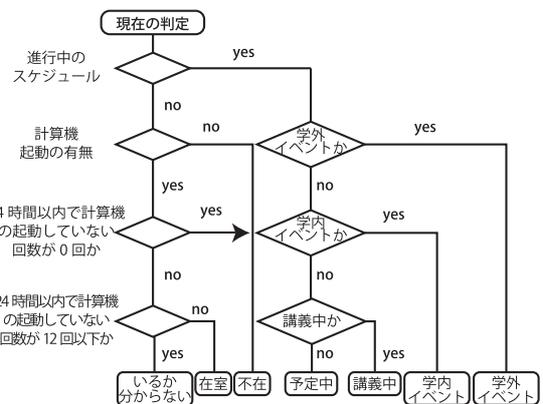


図 4 現在の在室状況判定の流れ

Fig. 4 Flow of current in-the-room situation judgment.

る。「学会」「研究会」「インタラクション」「検診」「試験」「委員会」「打ち合わせ」「出張」「面接」「説明会」のキーワードが含まれていれば「学外イベント中」、 「オープンラボ」「ゼミ」のキーワードが含まれていれば「学内イベント中」、講義名*5が含まれていれば「講義中」、上記の条件に含まれない場合は「予定中」と判定する。なお、判定に用いるキーワードは、実験前に利用者が登録していた予定から抽出している。また、利用者にキーワードを伝えておらず、スケジュールの記述方法の制約も設けていない。

進行中のスケジュールがない場合はコンピュータ起動の有無から判定する。コンピュータが起動していれば、24時間以内でコンピュータが起動していないと判定した回数をカウントする。起動していないと判定した回数が0回であれば、「不在」と判定する。これは24時間研究室に在室しているとは考えにくいためである。起動していないと判定した回数が12回*6以下であれば「いるか分からない」と判定する。それ

*5 講義名のキーワード数は、手動で取得した27個である。

*6 1日中研究室に在室する場合でも、食事や入浴のために一時帰宅する時間が必要であると考えられる。今回、そのために必要な時間は3時間にすることとした。そこで、コンピュータが起動していないと判定した時間が3時間に満たない場合を「いるか分からない」と判定することとした。本システムは、15分ごとに情報の収集を行っているため、12回を判定基準とした。

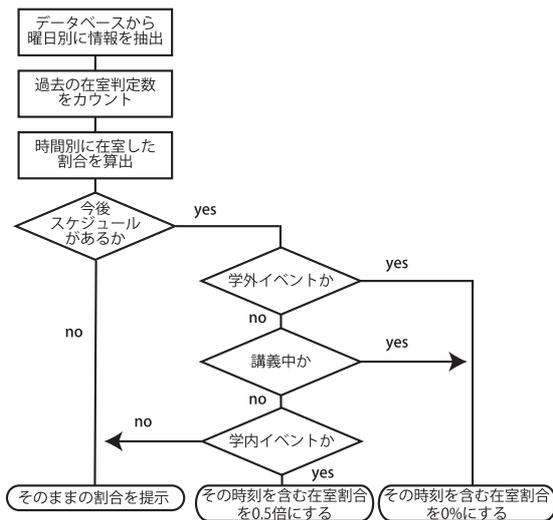


図 5 未来の在室確率の算出の流れ

Fig. 5 Flow of in-the-room forecast judgment.

以外は「在室」と判定する。計算機が起動してない場合は「不在」と判定する。

2.3 節で述べた関連研究の現在の在室判定は、GPS や RFID を用いた正確なデータに基づいている。本システムは、情報源に計算機起動の有無と Google Calendar に登録されている予定を用いる。しかし、情報源の妥当性についても調査する必要がある。そのため、次章で述べる実験では、日常から使用している紙の在室表との比較を行う。

3.6 未来の在室確率の算出

図 5 に未来の在室している確率の算出の流れを示す。まず、データベースに登録された過去の在室判定結果から、曜日別に過去の在室割合を求める。これは、Begole らの調査で、曜日による行動傾向パターンの存在が示されているためである [1]。また、本システムでは、1 日を 7 つの時間帯に分けて判定している。次に、今日あるいは明日の予定があれば、予定に応じて在室確率の変更を行う。このとき学外での予定があれば、その時間帯には学外で活動していると考え、在室確率を 0% にする。学内での予定があれば、確率を 0.5 倍にする*7。講義があれば、確率を 0% にする。これは講義に出席し、研究室にはいないと考えたためである。上記以外の予定があればそのままの確率となる。これは趣味や課題の締切りの予定を含むことが多く、在室確率に影響しないと考えたためである。

4. 実験

4.1 検証項目

本実験では以下の項目について検証を行う。

- (1) 本システムと既存の紙の在室表との比較検証
- (2) 未来の在室情報の精度の検証

*7 学内で活動しているため、研究室に在室していたり、戻ったりする可能性も考えられるので、今回は 0.5 倍という基準を用いた。

表 1 予報と実際の在室有無の対比表

Table 1 Comparison between predicted and actual presence in a room.

		実際	
		在室していた	不在だった
予報	在室	α	β
	不在	γ	δ

- ・ α : 予報が「在室」で、実際も「在室していた」回数
- ・ β : 予報が「在室」で、実際は「不在だった」回数
- ・ γ : 予報が「不在」で、実際は「在室していた」回数
- ・ δ : 予報が「不在」で、実際も「不在だった」回数

(3) 未来の在室情報の提示効果の検証

各検証項目の方法について述べる。

(1) 本システムと既存の紙の在室表との比較では、「本システムと紙の在室表との在室判定の精度」と「アンケート結果」から検証する。

(2) 未来の在室情報の精度の検証において、予報は、未来の在室確率 50%以上が「在室」、50%未満が「不在」と仮定する。なお、未来の在室確率は四捨五入を行っていないデータを用いた。表 1 に予報と実際の在室有無の対比表を示す。また、全予報の回数を N^{*8} とする。精度の評価に用いる検証指数*9の定義と算出の式は以下である。なお、今日・明日の各時間帯の在室確率は、1 日 1 回、深夜 0 時に算出される。本実験では、0 時に算出された在室確率と実際の在室有無との比較をシステムの判定間隔である 15 分ごとに行い、未来の在室情報の精度を求める。

的中率 「在室」と予報して、実際も「在室していた」場合と、「不在」と予報して、実際も「不在だった」場合の割合

$$\text{的中率 (\%)} = \frac{\alpha + \delta}{N} \times 100$$

見逃し率 「不在」と予報したが、実際は「在室していた」場合の割合

$$\text{見逃し率 (\%)} = \frac{\gamma}{N} \times 100$$

空振り率 「在室」と予報したが、実際は「不在だった」場合の割合

$$\text{空振り率 (\%)} = \frac{\beta}{N} \times 100$$

(3) 未来の在室情報の提示効果は「システムの利用回数」と「アンケート結果」から検証する。「システムの利用回数」から、システムの利用状況を検証する。「アンケート結果」から、利用者の行動や意識の変化を検証する。

4.2 実験の概要

和歌山大学システム工学部 A 棟 8 階コミュニケーションデザイン研究室 (著者らの所属する研究室) の入り口付近

*8 N : 全予報の回数 ($N = \alpha + \beta + \gamma + \delta$)

*9 気象庁が定義している天気予報の精度の検証項目を参考にした。



図 6 システム外観と紙の在室表

Fig. 6 Outside appearance of system and paper-based destination bulletin board.

にシステムを設置した。図 6 にシステムの外観と紙の在室表を示す。実験対象者は本研究室に所属する 13 名（著者らを除く）である。システムの利用状況を確認するために、2012 年 4 月 16 日から 29 日の 14 日間、ビデオで利用者の行動を撮影した。実験終了後、本研究室の学生 12 名（以下「内部メンバ」と表記する）と、システムを利用したことがある本研究室以外の学生 7 名、教員 1 名（以下「外部メンバ」と表記する）にそれぞれアンケートを行った。なお本実験に入る前に在室履歴として、2012 年 3 月 27 日から在室状況の収集を行った。

5. 実験結果と考察

14 日間の実験のうち、システムの操作ログの分析を、システムが安定して稼働した 2 日目以降の 13 日間行った。また、利用状況の分析と精度の算出は、ゼミ^{*10}がある 3 日間とゼミがない 3 日間の合計 6 日間（いずれも平日）行った。アンケートには 5 段階リッカートスケール（以下「5 段階評価」と表記する）を用いた。5 段階評価項目は「1：強く同意しない」「2：同意しない」「3：どちらでもない」「4：同意する」「5：強く同意する」である。

5.1 本システムと紙の在室表との比較検証

5.1.1 本システムと紙の在室表との在室判定の精度

本システムと紙の在室表との精度の比較を行った。現在の在室判定の項目は、紙の在室表が 4 種類、システムが 7 種類ある。しかし、研究室メンバの位置を正確に判定することは困難である。そこで、在室判定の精度を算出するため、紙の在室表の「在室中」は在室、「講義中」「退席中」「帰宅」は不在、システムの「在室中」は在室、それ以外は不在と見なし、実際の在室・不在との比較を行っている。精度の比較はシステムの判定の間隔である 15 分ごとに行った。

表 2 に研究室メンバ 13 名の精度と、アンケートから得られたコンピュータの利用状況の結果を示す。研究室メンバ 13 名

^{*10} ゼミとは、研究室メンバ全員で研究の進捗報告や英語輪講を行う。時間は 14:50 から 16:30 から 18:00 である。週 1, 2 回行われる。講義や就職活動等の用事以外は全員出席する。

表 2 システムと紙の在室表との比較結果とコンピュータの利用状況
Table 2 Results of comparison between system and paper-based destination bulletin board, and use state of each user's computer.

	紙の在室表	システム	コンピュータの利用状況
メンバ A	94.5%	86.1%	リ・電
メンバ B	94.0%	57.1%	持
メンバ C	91.9%	84.6%	ス
メンバ D	98.9%	87.2%	リ
メンバ E	89.8%	81.7%	併・リ・ス
メンバ F	85.9%	54.2%	電
メンバ G	95.0%	88.5%	×
メンバ H	83.8%	89.3%	×
メンバ I	89.0%	91.9%	×
メンバ J	86.9%	95.0%	×
メンバ K	83.2%	88.7%	併
メンバ L	67.5%	96.9%	×
メンバ M	97.6%	92.1%	×
平均	89.0%	84.1%	

- ・持：持ち込みコンピュータのみ利用
- ・併：持ち込みコンピュータと研究室のコンピュータとを併用
- ・リ：リモートによる作業をすることがある
- ・電：ときどき電源を落とさずに帰宅することがある
- ・ス：スリーブにして帰宅することがある

の精度の平均は、紙の在室表が 89.0%、システムが 84.1%であった。実験中の様子を撮影したビデオから「コンピュータの電源を切っても、すぐには帰宅をしない」や「研究室に来て、コンピュータをすぐには起動しない」といった行動が見られると、システムの精度が下がっていることが分かった。しかし紙の在室表に関して、外部メンバから「紙の在室表はリアルタイムな情報が反映されているか分からないイメージがある」というコメントや、内部メンバから「紙の在室表は操作忘れがある」というコメントがあった。このことから、紙の在室表の情報に信頼性が欠けていることが分かる。ビデオから、内部メンバはゼミ終了後や入室する際、紙の在室表を動かし忘れることが観察された。そのため紙の在室表では正しく判定することができなかったが、システムでは正しく判定することができた事例があった。

また、表 2 からメンバ B, F, L はシステムと紙の在室表の間で大きな精度差があったことが分かる。

メンバ B は、実験期間中、自身で持ち込んだコンピュータで作業を行っていた。そのため、判定情報がスケジュール情報のみとなり、在室判定を正しく行うことができなかった。また、本研究室には、個人に与えられたコンピュータと持ち込みのコンピュータとを併用している学生が 2 名いることが分かった。

メンバ F は、コンピュータを起動したまま帰宅する機会が多かった。コンピュータが起動していたため、スケジュールが入っていない間は「在室」か「いるか分からない」の判定になっており、このことが精度低下の要因となっていた。また、

表 3 現在の在室状況に関するアンケート結果 (5 段階評価)

Table 3 Results of questionnaire survey on in-the-room information (5-point Likert scale).

質問項目	回答者	評価段階					中央値	最頻値
		1	2	3	4	5		
在室に関する情報はシステムと紙の在室表どちらを参考にしますか。	外部メンバ	0	1	1	4	2	4	4
	内部メンバ	0	3	3	5	1	3.5	4

・評価段階：1：紙の在室表，2：どちらかという紙の在室表，3：どちらともいえない，4：どちらかというシステム，5：システム
 ・表中の評価段階の数字は人数を表す。

本研究室には、リモートで計算機を操作するため、計算機を起動したまま帰宅する学生が3名いることが分かった。実験期間14日間のうち、リモートによる作業をした回数は「1回」が1名、「2~5回」が2名であった。

メンバLは、本人不在にもかかわらず、紙の在室表では在室となっていた状況が1日あり、そのため紙の在室表の精度が下がった。しかし、システムの判定結果は不在となり、正しく判定することができた。

今回、計算機起動の有無を情報源として用いた。しかし、学外からリモートで計算機を操作するため、意図的に計算機の電源を落とさず帰宅する場面があることが明らかになった。そこで、精度を向上させるために、情報源として利用者から入力された情報の活用を検討している。これは、利用者に在室している研究室メンバを入力してもらい、得られた情報に応じて、現在の在室判定を変更する方法である。また、利用者からの入力を継続的に得るために、システムへの貢献度を表示する機能を検討している。

なお、判定に用いたキーワードの網羅率は、学外イベントが59.3%、学内イベントが78.3%であった。また、「××懇親会」「△△株式会社」「○○講演会」等の1回きりの予定は、正確に判定することができなかつたため、自動的に判定に用いるキーワードを増やす機能が必要である。また、実験では、紙の在室表とシステムとを併用して行った。このため精度に関して互いに影響している可能性がある。たとえば、普段より紙の在室表を意識して操作するようになった可能性が考えられる。実験中の様子を撮影したビデオから、入室の際にシステムを確認してから、研究室入口に設置している紙の在室表を操作する行動が観察された。

5.1.2 アンケート結果

表3に「在室に関する情報はシステムと紙の在室表のどちらを参考にしますか」のアンケート結果を示す。表3から、外部メンバは中央値、最頻値ともに4、内部メンバは中央値3.5、最頻値4という結果が得られた。外部メンバのアンケート自由記述から「紙の在室表はいつも動いていない人がある。そのためシステムを参考にしていた」というコメントが得られた。したがって、外部メンバは、紙の在室表よりシステムを在室状況の確認に使用する可能性が考えられる。また、内部メンバのアンケート自由記述から「パソコンを起動したまま帰る人を知っていたので、その

表 4 未来の在室情報の精度結果と在室割合

Table 4 Accuracy of future in-the-room information and in-the-room rate.

	的中率	見逃し率	空振り率	在室割合
メンバ A	53.0%	18.6%	28.4%	26.6%
メンバ B	50.4%	49.6%	0.0%	44.4%
メンバ C	56.1%	29.9%	14.0%	68.6%
メンバ D	67.4%	8.0%	24.6%	29.0%
メンバ E	53.8%	41.3%	4.9%	32.2%
メンバ F	68.2%	25.8%	6.1%	20.6%
メンバ G	65.5%	30.7%	3.8%	29.0%
メンバ H	51.9%	35.2%	12.9%	42.0%
メンバ I	73.1%	22.3%	4.5%	19.2%
メンバ J	79.5%	18.6%	1.9%	13.6%
メンバ K	66.7%	22.0%	11.4%	25.7%
メンバ L	91.3%	8.7%	0.0%	6.2%
メンバ M	75.4%	24.6%	0.0%	17.6%
平均	65.6%	25.8%	8.7%	28.8%

人に関しては（現在の在室状況については参考にせず）予報を見るのにシステムを使った」というコメントが得られた。このことから、今後は一時退席を検出し、精度向上を目指す。

5.2 未来の在室情報の精度

表4にビデオで撮影した6日間における未来の在室情報の精度と在室割合を示す。在室割合とは、実験期間中において実際に在室していた割合である。表4から研究室メンバ13名の平均的中率が65.6%、見逃し率が25.8%、空振り率が8.7%であった。なお、在室と予報した割合は17.7%で、不在と予報した割合は82.7%であった。的中率は、在室と不在の的中率を合算している。そこで、的中率を在室の的中率（「在室」と予報して、実際に「在室していた」場合の割合）と不在の的中率（「不在」と予報して、実際に「不在だった」場合の割合）に分けて検証する。検証の結果、在室の的中率の精度が51.0%、不在の的中率の精度が68.7%であった。不在の的中率が在室の的中率に比べて高いのは、学外の予定があれば、予報と実際のどちらも不在となるためであると考えられる。

また、見逃し率（「不在」と予報したが、実際は「在室していた」場合の割合）は空振り率（「在室」と予報したが、

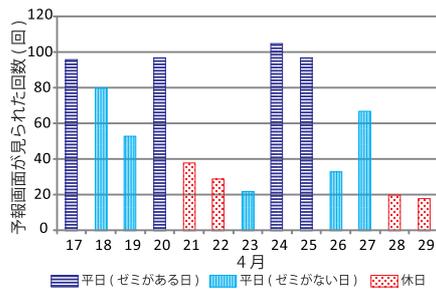


図 7 システムの利用回数

Fig. 7 Number of times that the system was used.

実際は「不在だった」場合の割合)に比べて、高い割合であった。見逃し率が高い理由の1つに以下が考えられる。外部メンバのアンケート自由記述から「(メンバMの)行動パターンが変わったため、予報は当たっていると思えなかった」とのコメントがあった。このメンバは、就職活動のため研究室に来ることが少なく、過去の在室判定に「不在」が多かった。そのため、予報は「不在」となったが、就職活動が終わり「在室していた」ため、見逃し率が高くなったと考えられる。

また、メンバBの的中率は低かった。これは、メンバBは持ち込み計算機のみを使用しており、在室判定ができなかったためである。この結果から、pingによる計算機起動の有無の確認は、持ち込み計算機を使用している研究室メンバにおいては困難であったことが分かる。しかし、そのメンバは、研究室内の無線LANに接続していた。また、近年では携帯端末を無線LANに接続して利用する場合も多い。このため、今後は、ネットワークハブや無線LANのARPテーブルを参照し、接続している計算機や携帯端末の物理アドレスを取得することで、在室判定を行う機能を検討している。

なお、関連研究において、未来の在室確率の算出方法は、過去の在室状況の自己相関 [21]、ベイジアンネットワーク [8] を利用するものがある。本システムは、曜日別の過去の在室の平均と Google Calendar に登録されている予定を用いた。今後、提案手法とこれらの手法との比較を行う必要があると考えられる。

5.3 未来の在室情報の提示効果

5.3.1 システムの利用回数

本項では、実験期間中の13日間におけるシステムの操作ログを分析する。現在の在室状況一覧からメンバをタッチして、「今日の在室予報」と「明日の在室予報」が見られた回数を利用回数とする。

図 7 にシステムの利用回数を示す。平日が平均 72 回、休日が平均 26 回利用された。図 8 にメンバがタッチされたときの状態別の割合を示す。なお、「今日の在室予報」が見られた回数は 755 回、「明日の在室予報」が 267 回であっ

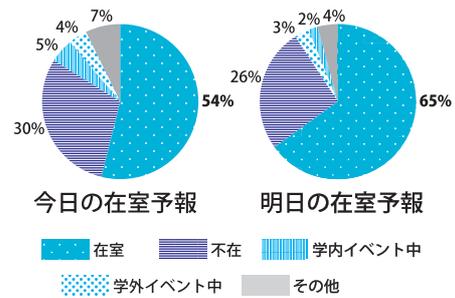


図 8 閲覧されたメンバの状態別利用割合

Fig. 8 Ratio of state of a browsed member.

た。「明日の在室予報」を見るためには、「今日の在室予報」を見る必要がある。このことから、3回に1回程度、明日の在室予報まで見られていることが分かる。また、「今日の在室予報」が見られた回数のうち「在室」が54%、「明日の在室予報」が見られた回数のうち「在室」が65%であった。これらの操作者は、内部メンバによるものが多い可能性がある。これは、実験中の様子を撮影したビデオから、ゼミが終わり研究室に戻る際に、複数人の内部メンバがお互いの明日の在室予報を確認する行動が観察されたためである。内部メンバにその行動をとる理由を訪ねた結果、「在室が予報される点に興味があった」等のコメントが得られた。このことから、研究室メンバが在室予報に興味があったため、「不在」より「在室」している人の予報が多く見られたと考えられる。

5.3.2 アンケート結果

表 5 に未来の在室確率に関するアンケート結果を示す。表 5-1 「未来の在室確率を利用することで不在の人と会えそうだと思う」のアンケートから、外部メンバは中央値、最頻値ともに4、内部メンバは中央値3、最頻値4となった。また表 5-2 「自身の在室確率は当たっていると思う」のアンケートから、内部メンバは中央値3.5、最頻値4となった。自由記述から、外部メンバからの「目星がつくので、その時間帯に合わせていけば会えそうな気がする」というコメントや、内部メンバからの「いわれてみるとこの時間帯にいそぐだと感じた」というコメントが得られた。この結果から、未来の在室確率の提示によって、外部メンバがいつ行けばいいか手がかりとなる情報を得る可能性が考えられる。なお、外部メンバから、本システムを利用することで目的の人物と会えた、というコメントを得ることはできなかった。今後は、訪問者と目的の人物が実際に会うまでの仕組みを検討する。

次に、システムの導入前後における連絡手段について検証する。表 6 に外部メンバの「普段 (システム導入前)、研究室を訪れたときに友人が不在の場合、どのように連絡をとりますか」のアンケート結果を示す。また、表 7 に「(システム導入後) 研究室を訪れたときに友人が不在の場合、未来の在室情報を見ることで、どのように連絡をとり

表 5 未来の在室確率に関するアンケート結果 (5段階評価)

Table 5 Results of questionnaire survey on in-the-room forecast (5-point Likert scale).

	質問項目	回答者	評価段階					中央値	最頻値
			1	2	3	4	5		
1	未来の在室確率を利用することで不在の人と会えそうだと思う。	外部メンバ	0	1	2	4	1	4	4
		内部メンバ	0	3	4	5	0	3	4
2	自身の在室確率は当たっていると思う。	内部メンバ	1	3	2	6	0	3.5	4

・評価段階：1：強く同意しない，2：同意しない，3：どちらともいえない，4：同意する，5：強く同意する
 ・表中の評価段階の数字は人数を表す。

表 6 普段の連絡手段に関するアンケート結果

Table 6 Results of questionnaire survey on a usual communication means.

	N	O	P	Q	R	S	T	U
メールをする	○	○		○	○	○	○	○
電話をする		○				○		○
研究室の知り合いに伝言する	○			○				
後日いつか来てみる	○		○	○				

・N から U は外部メンバを示す。

表 7 システム導入後の連絡手段に関するアンケート結果

Table 7 Results of questionnaire survey on a communication means after the introduction of a system.

	N	O	P	Q	R	S	T	U
メールをする		○		○	○	○	○	
電話をする		○						
研究室の知り合いに伝言する	○							
後日いつか来てみる			○	○				○
割合が高い時間にもう1度来てみる	○			○	○		○	

・N から U は外部メンバを示す。

ますか」のアンケート結果を示す。外部メンバOとSの連絡手段は、システム導入後でも「メールをする」「電話をする」のみであった。自由記述から「てっとり早く連絡するため」「メールをする方が確実に会えそうだから」というコメントが得られた。この結果から、早く確実に会いたい場合は、メールや電話が利用されることが分かった。他の外部メンバは、システムの導入によって連絡手段の変化の可能性がみられた。自由記述から「研究室に知り合いがいれば伝言を頼むが、それ以外はシステムを使ってみようと思う」「急いでいるときはメールやTwitterで返事を待つ。急いでいないときは、(システムを見ると)会えそうな時間が分かるので、そのころにもう1度行けばいいと思う」というコメントが得られた。この結果から、メールや電話で連絡するほどでもない場合に、システムを参考にする可能性があることが分かった。

また、内部メンバに「自身あるいは他のメンバの未来の在室確率を見て、感じたこと意識が変わったことを教えて

ください」という質問を行った。この結果、「未来の在室が予報されたり、来る確率が変動したりするのは面白い」や「話の話題になった」というコメントがあり、システムに対して興味があることが分かる。また「確率が高い人を見て、研究室にもっと行こうと思った」や「朝型になろうと意識をした」というコメントもあり、モチベーションや生活習慣の意識に影響を与えていたことも分かる。

未来の在室情報の提示により、外部メンバが内部メンバの在室状況と、不在の場合にいつ行けばよいかといった手がかりを得る可能性が考えられる。また、本システムは、急ぎでなく、気軽に訪れる際に利用されることが分かった。そして副次効果として、内部メンバには日々の在室状況を確認でき、モチベーションや生活習慣の意識の変化に影響を与えることができた。

6. おわりに

本論文では、現在と未来の在室情報を予報する在室管理システム「Docoitter」の開発について述べた。本システムの有用性を示すために、未来の在室情報の精度と提示効果の検証を行った。

本論文の貢献は以下4点にまとめられる。

- (1) 未来の在室情報を予報する在室管理システム「Docoitter」の提案を行い、実現した。
- (2) 未来の在室情報の精度向上には、持ち込み計算機を利用する人や一時退席をする人を検出する必要があることを示した。
- (3) 未来の在室している確率の提示によって、訪問者に訪問日時の手がかりとなる情報を与えることができる可能性を示した。
- (4) 未来の在室情報を提示するシステムは、至急のとき以外で利用される可能性を示した。

今後は、訪問者と目的の人物が実際に会うまでを支援する仕組みを実装する。

参考文献

[1] Begole, J., Tang, J., Smith, R. and Yankelovich, N.: Work rhythms: analyzing visualizations of awareness histories of distributed groups, *Proc. CSCW2002*, pp.334-343, ACM (2002).

[2] 藤原仁貴, 村田雄一, 堀 竜慈, 鈴木俊吾, 志築文太郎, 田中二郎: メンバーの習慣を可視化する電子行方表とその評価, *インタラクション 2010 論文集*, SB18, pp.1-4 (2010).

[3] 高橋 伸, 岩淵志学, ジャッキーノヤン, 山田 徹, 久松孝臣, 中村 卓, 土持幸久, 金 春明, 田中二郎: ライブカメラ画像を用いたプレゼンス情報の表示手法, *WISS2005 論文集*, pp.15-18 (2005).

[4] Barkhuus, L., Brown, B., Bell, M., Hall, M., Sherwood, S. and Chalmers, M.: From awareness to repartee: Sharing location within social groups, *CHI 2008*, pp.497-506 (2008).

[5] Brown, B., Taylor, A., Izadi, S., Sellen, A., Kaye, J. and Eardley, R.: Locating family values: A field trial of the whereabouts clock, *UbiComp'07*, pp.354-371 (2007).

[6] Addelee, M., Curwen, R., Hodges, S., Newman, J., Steggles, P., Ward, A. and Hopper, A.: Implementing a Sentient Computing System, *IEEE Computer Magazine*, Vol.34, No.8, pp.50-56 (2001).

[7] Horvitz, E., Koch, P., Kadie, C.M. and Jacobs, A.: Coordinate: Probabilistic forecasting of presence and availability, *Proc. 18th Conference on Uncertainty and Artificial Intelligence (UAI02)*, pp.224-233 (2002).

[8] 伊藤孝行, 大栗和久: 確率推論に基づく位置情報推定システムの実現, *情報処理学会論文誌*, Vol.45, No.12, pp.2792-2804 (2004).

[9] Bian, X., Abowd, G.D. and Rehg, J.M.: Using Sound Source Localization in a Home Environment, *Proc. Pervasive 2005*, LNCS3468, pp.19-36, Springer (2005).

[10] 中山良幸, 野中尚道, 星 徹: WWW上に公開された“行先ボード”から最適な通信メディアを直接選択できるコンタクト支援システム, *情報処理学会論文誌*, Vol.39, No.10, pp.2811-2819 (1998).

[11] 中西泰人, 辻 貴孝, 大山 実, 箱崎勝也: Context Aware Messaging Service: 位置情報とスケジュール情報を用いたコミュニケーションシステムの構築および運用実験, *情報処理学会論文誌*, Vol.42, No.7, pp.1847-1857 (2001).

[12] 松田 完, 西本一志: HuNeAS: 大規模組織内での偶発的な出会いを利用した情報共有の促進とヒューマンネットワーク活性化支援の試み, *情報処理学会論文誌*, Vol.43, No.12, pp.3571-3581 (2002).

[13] 敷田幹文, 大西健治: 複数情報の一元管理による状況ウェアネス提供機構の提案と評価, *情報処理学会論文誌*, Vol.46, No.1, pp.80-88 (2005).

[14] 上田宏高, WANG Wooi Ghee, 塚本昌彦, 西尾章治郎: Devora: 電子メールを用いたユーザ位置管理システム, *情報処理学会論文誌*, Vol.41, No.12, pp.3295-3306 (2000).

[15] 藤原仁貴志, 築文太郎, 田中二郎: メンバーへのメッセージ送信機能を有する電子行方表, *ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告*, 2010-HCI-139(3), pp.1-6 (2010).

[16] Ashbrook, D. and Starner, T.: Learning significant locations and predicting user movement with GPS, *Proc. IEEE 6th International Symposium on Wearable Computing*, pp.101-108 (2002).

[17] 篠原義隆, 石山 慎, 高橋 修: RFID タグを用いた行き先推定システムの提案, *情報処理学会研究報告*, MBL, 2006(120), pp.75-80 (2006).

[18] 中田豊久: 画像による行き先掲示板システム, *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 2009*, pp.75-80 (2009).

[19] Huang, E. and Mynatt, E.: Sharable displays: Semi-public displays for small, co-located groups, *CHI 2003*, pp.49-56, ACM Press (2003).

[20] 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).

[21] 享保良平, 山本景子, 倉本 到, 辻野嘉宏: 影インタフェースを用いた在室確率の提示方法がユーザに与える印象の調査, *ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告*, 2011-HCI-142(9), pp.1-8 (2011).

[22] Tullio, J., Goecks, J., Mynatt, E.D., and Nguyen, D.H.: Augmenting shared personal calendars, *Proc. UIST'02*, pp.11-20 (2002).

[23] Tullio, J. and Mynatt, E.D.: Use and Implications of a Shared, Forecasting Calendar, *Proc. INTERACT'07*, pp.269-282 (2007).

[24] 高橋幸雄, 辻井重男: 位置認証と情報セキュリティに関する考察, *情報処理学会研究報告*, 2007-CSEC-38 (1), pp.1-6 (2007).

推薦文

過去の活動履歴と未来のスケジュールから「現在の在室状況」と「未来の在室している確率」を提示する着想は興味深く、実装および評価を行い対象者自身の行動にも影響を与えるところまで観察をしており、推薦論文に値する。

(グループウェアとネットワークサービス研究会主査
小林 稔)



田中 優斗 (学生会員)

1991年生。2013年和歌山大学システム工学部デザイン情報学科卒業。現在、同大学大学院システム工学研究科システム工学専攻博士前期課程在学中。協調作業支援の研究に従事。



福島 拓 (正会員)

1986年生。2008年和歌山大学システム工学部デザイン情報学科中退。2010年同大学大学院システム工学研究科システム工学専攻博士前期課程修了。2013年同専攻博士後期課程修了。博士(工学)。現在、静岡大学大学院工学研究科数理システム工学専攻助教。CSCWの研究に従事。



吉野 孝 (正会員)

1969年生。1992年鹿児島大学工学部電子工学科卒業。1994年同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。現在、和歌山大学システム工学部デザイン情報学科教授。博士(情報科学)。CSCW, HCIの研究に従事。