

場所ごとの重要行動の生起確率に基づく 状況考慮型協力依頼手法

岡田昌也^{†1,*1} 多田昌裕^{†1} 納谷 太^{†1}
鳥山朋二^{†1,†2} 小暮 潔^{†1,*2}

効率的な実世界作業のためには、作業者同士の連携が重要である。しかし、病院の医療従事者など、作業者が空間的に分散している現場では互いの状況を理解しにくい。そのため、協力確保が困難な場合がある。提案手法は、作業者が他者に協力できる程度を、彼らの位置情報と場所ごとの重要行動の生起確率から推定する。そして、その推定された結果をもとに、問題発生時における協力依頼を配信制御することで、作業者の協力確保を支援する。実際の病院での業務行動データを用いてシミュレーション実験を行ったところ、提案手法が、作業者への不適切な介入を抑制しつつ、確実・円滑・迅速な協力確保を支援できることが明らかとなった。

A Method of Context-aware Collaboration Request Based on Occurrence Probability of Important Activities at Each Place

MASAYA OKADA,^{†1,*1} MASAHIRO TADA,^{†1}
FUTOSHI NAYA,^{†1} TOMOJI TORIYAMA,^{†1,†2}
and KIYOSHI KOGURE^{†1,*2}

Although collaboration is essential for efficient work, distributed workers (e.g., workers in a hospital) are hard to know mutual situations, and have difficulties to cooperate. Our method estimates worker's availability based on position information and the occurrence probability of important activities at each place. The method distributes help requests according to estimated availability, and supports workers' collaboration. Simulation experiments with behavior data in a hospital showed that our method was able to support successful, smooth, and prompt collaboration in problematic situations without interrupting workers.

1. 緒 論

近年、情報通信やセンサの技術発展にともない、実世界で分散し移動する作業者が相互協力することを支援可能となった。たとえば、病院内の医療従事者が手術作業を円滑に行えるように、作業進捗状況を共有するなどである^{1),2)}。人々の安全・安心に資する意味で、医療分野を対象とした CSCW (Computer Supported Cooperative Work) 研究を推進する意義は大きい。

一般に医療現場では、突如、問題（患者の容体の急変、急患の到着など）が発生し、他の作業者の協力や知識を要することがある。よって、医療現場を支える看護師同士の連携を、日常的に強化する必要がある³⁾。しかし、看護師は医療現場で空間的に分散するため、他の作業者がどこにいるか、取り込み中でないかなどの状況を相互に理解しにくい⁴⁾。他の作業者の所在確認には時間や労力がかかり、かつ、相手の状況によっては協力を得られないことがある。協力確保を確実・円滑・迅速にできないことは、対応の遅れや事態の悪化につながる。また、新人看護師は状況判断に窮した際に、必要な協力を得られないまま問題に対応し、判断誤りを起こすこともある。

医療現場では、状況の共有不足が発生の一因となったと考えられるヒヤリ・ハットや医療過誤が報告され⁵⁾、深刻である。また、医療従事者のうち、看護師が最も多くヒヤリ・ハットの当事者になっている⁶⁾。しかし、従来、手術作業の円滑化^{1),2)}、カルテの所在管理支援⁷⁾、看護業務の分析^{8),9)}などが研究されているものの、看護師に状況を共有させて問題発生時の協力確保を支援することは主たる焦点とされていなかった。本研究の課題は、医療現場に分散する看護師の状況を工学的に自動推定・共有することで、彼らが問題に直面したときに、他の作業者の協力を確実・円滑・迅速に確保できるよう支援することである。

2章で本研究課題の難しさ、3章で課題解決のためのシステムの実装、4章で提案手法の性能評価を示す。5章で本研究の成果をまとめる。

†1 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
ATR

†2 富山県立大学工学部
Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University

*1 現在、静岡大学創造科学技術大学院
Presently with Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

*2 現在、金沢工業大学工学部
Presently with College of Engineering, Kanazawa Institute of Technology

2. 研究課題の難しさ

医療関係者 24 名への聞き取り調査によって、医療現場で他の作業者に協力依頼を行う従来手法としては、院内 PHS で通話する（以下、PHS）、ナースコールボタンを押す（以下、NC）、廊下に出て声を出す（以下、Voice）などが多いことが知られる⁴⁾（表 1）。ここで、表 1 中の利用可能性とは、「ある人が、他者の問題解決活動に協力できる程度」と定義し、看護師が他者に協力できるときに高く、そうでないときに低いとする。

従来手法（表 1）による協力依頼の通知対象となった人は、協力依頼がなされたことはほぼ確実に把握できる。しかし、従来手法は、相手の状況が見えない中で協力依頼を行う点に、共通の限界がある。そのため、(1) 相手の利用可能性が低いとき、たとえば、文献 10)、11) などにより定められる重要看護行動（表 2）を、相手が行っているときには、協力依頼

表 1 問題発生時における従来の協力依頼手法

Table 1 Conventional methods to collaborate at problematic situations.

手続き	長所	短所
院内 PHS で通話する (PHS)	1 名の看護師を協力依頼の通知対象として、その人がどこにいても依頼を行える。	1 対 1 の交渉のため手間がかかる。相手の利用可能性が低いと、協力が得られない。相手が遠くにいると、到着に時間を要し対応が遅れる。
ナースコールボタンを押す (NC)	ナースステーションにいる全作業者を協力依頼の通知対象として、いっせいに依頼できる。	ナースステーションに利用可能性の高い作業者がいないと、協力が得られない。ナースステーションの遠くで問題が起こると、作業者の到着に時間を要し対応が遅れる。
廊下に出て声を出す (Voice)	近傍の全作業者を協力依頼の通知対象として、いっせいに依頼できる。利用可能性の高い作業者が近傍にいれば、比較的迅速に協力を得られる。	近傍に利用可能性の高い作業者がいないと、協力が得られない。患者やその家族に現場の混乱が伝わり、不安感を煽ることがある。

表 2 看護行動の分類例（文献 10)、11) などによる）

Table 2 Classification of nursing activities (based on Refs. 10), 11)).

重要看護行動
手術補助, 診察補助, 医療電子機器操作, 与薬, 注射, 採血, 点滴準備, 点滴管理, 計測, 患者移送, 患者移送, 清拭, トイレ介助, 患者への連絡・指導, ナースコール対応
非重要看護行動
ベッドメイキング, 患者情報の管理, 作業情報の管理, 記録作業, パソコン操作, 入退院処理 (事務処理), 物品管理 (用意・準備), 物品管理 (整理片付け), 環境整備, 衛生, 電話連絡, 歩行, 雑談, 休憩, 何もしていない

が無視・拒否されることがある（協力確保の確実さの問題）、(2) 相手が協力依頼を受理できないようなタイミングでの協力依頼は、相手への不適切な介入であり、望ましくない（協力確保の円滑さの問題）。さらに、従来手法のうち PHS, NC には、協力依頼の相手が遠くにいる場合、到着に時間を要するという問題もある（協力確保の迅速さの問題）。よって、確実・円滑・迅速な協力確保の支援のためには、看護師の状況の中でも、位置情報や利用可能性を扱う必要がある。

業務の多い医療現場でのシステム運用を想定すると、看護師が自分の状況を逐一、手動入力することは現実的でなく、システムが自動で状況推定を行う必要がある。従来、医療従事者の位置情報は Bluetooth や無線 LAN 電波強度などで推定されたが、作業状況は手動入力の必要があった^{1),2),12)}。また、従来のコンテクストアウェア研究では、システム利用者の各自が、自分がいつどこにいればどのようにシステムが振る舞うべきかを、事前に詳細なルールとして手動で定義する必要があった¹³⁾。看護師の利用可能性の自動推定の難しさは、次である。

2.1 困難 1: 行動観測のためのセンサ技術の制約

医療現場では、看護師の行動（何をしているか）を工学的に観測するために使用できるセンサ技術が、大きく制約される。たとえば、患者のプライバシーを保護する観点から、環境設置型監視カメラなど¹⁴⁾は利用しにくい。また、歩き回ったり両手で作業したりする看護師に、動作に負荷や制約を与える形状・重量を持つセンサを装着させられない（有線の加速度センサなど¹⁵⁾）。

2.2 困難 2: 利用可能性の推定手法が未確立

看護師が雑談中ならば利用可能性は高いなど、看護師の行動と利用可能性の対応関係は、看護師への質問紙調査で求められるだろう。よって、看護師の行動を高精度・細粒度に実時間推定できれば、行動からそのときの利用可能性を推定できる。では、そのような高度な行動推定技術の実現可能性はどの程度だろうか。

もしも、「(1) 看護師の全業務の発生を事前予測し、細かな時間粒度と作業分類粒度でそのスケジュールを事前規定できる、かつ、(2) 看護師が、つねにそのスケジュールを厳密に遵守して業務を行える」と仮定できるならば、時間情報からある時点の行動を高精度に特定できる。しかし、従来、看護行動がどの程度スケジューリングできるか検討されているが⁸⁾、実際の業務では、患者の容体の急変時、急患の到着時などをはじめ予定外の業務が発生するため、上記の仮定の充足は難しい。

人の身体動作（体をどのように動かしたか）をセンサで観測し、パターン認識すること

で、行動推定を行う手法も知られる^{15)–17)}。簡単な行動(座る, 歩く, 立つなど)の推定はできるが^{15)–17)}, 看護師の行動は多様で複雑である(表2)。著者らは実際の業務行動を予備調査して、(1)状況によっては、同じ行動であっても、細かな身体動作が変更・省略・順序替えされる、(2)個人差によって、行動にともなう身体動作やその程度が変わる、(3)複数行動を同時に行ったり、ある行動を中断して別行動を開始したりするなど、現実の行動生起パターンは膨大である、ことを確かめている。(1)–(3)のような特徴を持つ行動が推定困難なことは従来研究でも知られ¹⁸⁾, 看護師の多様で複雑な行動を高精度に実時間推定することは難しい。

物に対する操作の結果(計算機作業におけるキーボード操作情報など)から人の忙しさを推定する研究もあるが¹⁹⁾, 看護師の業務では多くの物が使用され、かつ操作対象物と看護師の行動が一意に対応するわけではないため、このような方法にも多くの難しさがある。

すなわち、利用可能性の推定のためには、行動情報が手がかりになるだろうが、看護師の行動を高精度・細粒度に実時間推定することは難しい。このような困難の中で、看護師の利用可能性をいかに推定できるかという具体的指標を示し、それをシステムの機能として具現化することは、従来未解決の問題である。

3. 協力依頼支援システム

本研究は、看護師の確実・円滑・迅速な協力確保を支援するために、他の作業者との距離や相手の利用可能性を考慮して協力依頼を配信制御するシステムを開発した(図1)。困難1(2.1節)、困難2(2.2節)に対しては、それぞれ以下の方針とした。

- (1) 看護師の位置情報や利用可能性を扱うためのセンサ技術は、小型・軽量、かつ、患者のプライバシーを侵害しないものを用いる。
- (2) 看護師の位置情報と、病棟内の場所に関する知識から、看護師の利用可能性を工学的に推定する。

システムの内容の詳細を、以下に述べる。

3.1 センサネットワークによる位置情報の推定

看護師は後頭部に、自らのID情報を50Hzで発光する赤外線送信器(6g;ヘアクリップ型²⁰⁾)を装着する(図2)。赤外線送信器は小型・軽量なため、看護師の行動を妨げない。天井などに敷設した赤外線受信器群²⁰⁾は、その下を通過した看護師のID情報を、無線ネットワークを介して実時間でサーバに送信する。サーバは、各看護師の空間的配置状況(位置情報)を、その人の名前などとともに管理データベースに格納する(図1)。このセンサ

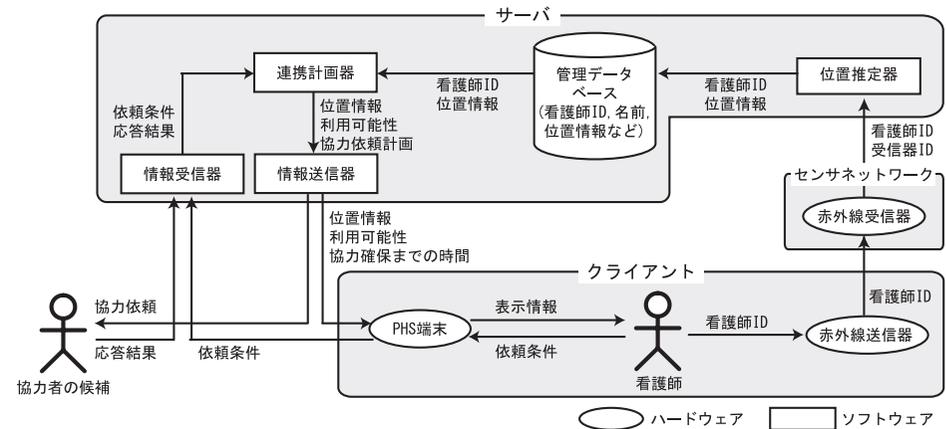


図1 提案システムの全体構成
Fig. 1 Composition of our system.

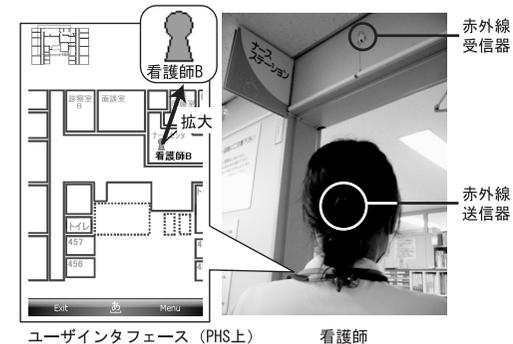


図2 モバイルユーザインタフェースによる状況共有
Fig. 2 Sharing context with a mobile interface.

ネットワークは、看護師の位置情報の計測に特化しており、患者のプライバシーを侵害しない仕組みである。

3.2 位置情報からの利用可能性の推定

3.2.1 看護師の位置と行動の関係

対象領域の特質を捉え問題解決のための仮説を導くには、実際の状況の中での人の振舞い

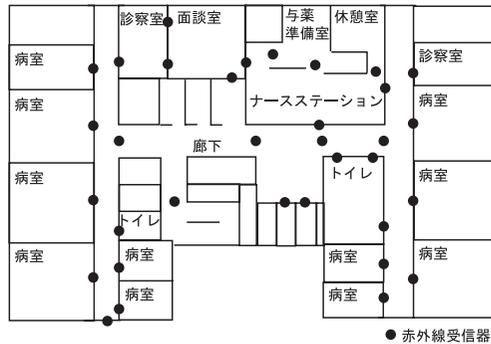


図3 データ取得病棟 (38 × 25 m; 病院の1フロア)

Fig. 3 Experimental ward (38 × 25 m; an entire floor of a hospital).

を詳細に観察し、現象を把握することが有効である²¹⁾。本研究は、大阪府にある総合病院の一般病棟の1フロア(以下、データ取得病棟; 病室11室43床; 図3)での実際の業務時の行動(4名, 計16.39時間)を、秒精度で観察した。その際、以下のデータを用いた。行動記録データ 看護師の業務行動を肉眼で観察しながら、また、患者が映らない範囲でビデオ撮影しながら、正確な時刻情報とともに記録し、文献10), 11)に基づく業務行動ラベル(データ取得病棟では、47種類)を用いて時系列の行動生起を書き記した正解データ。

移動記録データ データ取得病棟に敷設した34個の赤外線受信器群²⁰⁾で、看護師の移動行動を観測し、記録した時系列データ。無作為抽出した2名の看護師(計4.17時間)の位置の推定・補正結果を、行動記録データと照合したところ、良好な測位精度だった(適合率95.8%, 再現率96.2%)。

普段使われない空き部屋などを除き、データ取得病棟は用途によって、診察室、病室、トイレ、与薬準備室、面談室、休憩室、廊下、ナースステーションに分かれている。本研究は、データ取得病棟で独立した役割を持つ場所ごとに、看護師がどのような行動(表2)を、どの程度の時間量行ったか調査した。場所ごとに支配的な行動は異なったが、いずれの場所でも、少ない種類の行動(全47種類のうち多くても6種類)が、各場所における総滞在時間の80.0%以上の時間を占めた。以下、各場所での主要行動を概説する。

看護師4名が診察室に滞在した総時間のうち60.5%の時間は、医師の診療を補佐する診療補助が行われていた。一方、彼らが病室に滞在中に大きな時間割合を占めた主要行動は、

血圧、血糖値、心拍などの計測(33.5%), 点滴(17.1%), 患者への連絡・指導(6.3%), 点滴管理(5.0%)などだった。トイレ滞在時は、患者に付き添って、患者への対応(42.2%), 医療電子機器操作(32.2%)をするなどの行動が大きな時間を占めた。与薬準備室では薬剤の混注などの点滴準備(42.4%), 面談室では診療補助(39.1%)などが大きな時間割合を占めた。

一方、休憩室に滞在中は、何もしていない時間が92.2%を占めた。廊下にいるときも、看護行動以外の行動が大きな時間割合を占めた(歩行: 57.3%, 何もしていない: 24.8%)。ナースステーション滞在時は、雑務(たとえば、作業記録入力などのパソコン操作: 10.4%, 計測機器の片付け: 8.2%, カルテなどの管理: 6.9%)や、何もしていないとき(38.1%)が、大きな時間割合を占めた。

すなわち、以下が、得られた重要な知見である。

知見1 病院では用途によって空間が分割されており、場所ごとに、ある程度なされる行動が限定される(ある場所では、少ない種類の、ある程度決まった行動がなされる)。

知見2 看護師の行動は、病棟で独立した役割を持つ場所ごとに、ある程度独立する(場所Xと場所Yでの行動は、ある程度異なる)。

知見3 病棟には、重要看護行動(表2)が多く生起する場所とそうでない場所がある。

3.2.2 重要看護行動と利用可能性の関係

従来、実務経験のある看護師38名に対する実験で、「重要看護行動の中断は看護師にとって心理的に許容しにくく、かつ、重要看護行動以外の行動時は中断が許容される」ことが示唆されている²²⁾。また、重要看護行動の中断は、医療事故の危険を増幅させる状況要因となる²³⁾。看護師行動の高精度・細粒度な実時間推定は難しいが(2.2節)、上記および3.2.1項の知見をもとに、本研究は、「看護師の存在する場所が、どの程度重要看護行動が生起する場所であるか」という知識から、看護師の利用可能性を推定する。

3.2.3 ある場所にいる看護師の利用可能性の推定

本研究では、看護師がある場所に存在している時間のうち、重要看護行動に従事している時間は他者の問題解決に協力しにくいと考える。そして、場所 $place$ に存在する看護師の利用可能性 A_{place} ($0 \leq A_{place} \leq 1$) を、次式で定義した。

$$A_{place} = 1 - \frac{\sum_k N_{k,place}}{\sum_k S_{k,place}}$$

ただし、 $place$ は、病棟で独立した役割を持つ場所(病室、診察室、ナースステーション、廊下、休憩室など)である。 $S_{k,place}$ は、看護師 k が場所 $place$ にいた総時間量(秒)であ

表 3 A_{place} : 場所 $place$ に存在する看護師の利用可能性
 Table 3 A_{place} : availability of nurses at each place.

場所 $place$	A_{place}
休憩室	1.00
ナースステーション	0.96
廊下	0.92
面談室	0.51
与薬準備室	0.50
病室	0.38
診察室	0.37
トイレ	0.11

る. $N_{k,place}$ は, 看護師 k が, 場所 $place$ において, 重要看護行動に分類される行動をなした時間量の総和 (秒) である. ここで, ある行動が重要看護行動に該当するか否かの判断は, 文献 10), 11) などにに基づき, 各行動が重要か否かを分類した 2 値の分類情報 (表 2) を用いている. 看護師が各行動時に他者の協力依頼を受理できる確率は, A_{place} の算出に用いられていない.

場所 $place$ が重要看護行動の生起しにくい場所であるほど A_{place} は 1 に近づくため, 本研究は, A_{place} が 1 に近い場所にいる看護師ほど利用可能性が高いと見なす. 表 3 は, データ取得病棟での実際の業務 (4 名, 計 16.39 時間) 時に得られた移動記録データと行動記録データ, および, 重要看護行動の分類情報 (表 2) から算出した結果である. A_{place} は, その定義のとおり, 一般にあまり看護行動がなされない場所 (休憩室, ナースステーション, 廊下) で大きく, 看護活動の現場 (トイレ, 診察室, 病室など) で小さくなった. サーバの連携計画器 (図 1) は, 看護師の現在の居場所を管理データベースから特定し, その場所の A_{place} を参照することで, 看護師の利用可能性を実時間推定する.

3.3 状況を考慮した協力依頼の支援

従来, 小型通信端末として PHS が医療現場に一般導入され, 看護師はそれを常時負担なく携帯している. システムでは, 看護師は, プログラム実行環境 (.NET Compact Framework 2.0), タッチパネルディスプレイ (800 × 480 dot), 無線 LAN 機能を備える PHS 端末 (157 g) を首にさげる.

PHS 端末は, サーバの情報送信器から, 他の看護師の ID 情報, 位置情報, 利用可能性などを実時間に受信する (図 1). 同端末上には, 現場の全体地図 (左上) と現在の居場所周辺の詳細地図が表示され, その上で各看護師が人型のアバタ (名前がテキストで併記) として表現される (図 2). アバタの色は, その作業者の現在の利用可能性を示す. 小さな

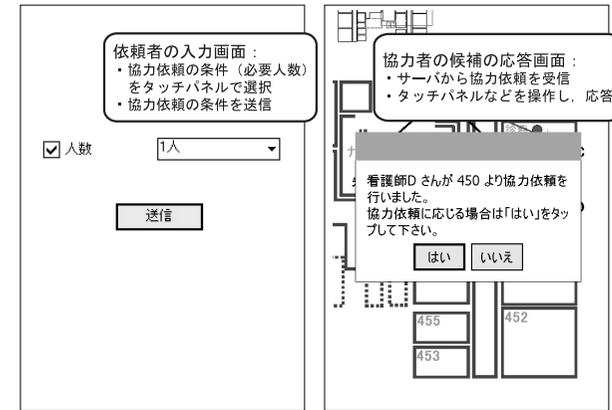


図 4 依頼者の入力画面 (左) と協力者の候補の応答画面 (右)
 Fig. 4 Input form of requester (left) and response window of potential collaborator (right).

端末での閲覧性を考慮して, 青 ($0.66 < A_{place} \leq 1.00$), 黄 ($0.33 < A_{place} \leq 0.66$), 赤 ($0 \leq A_{place} \leq 0.33$) と, 一意に識別しやすい粒度でアバタを塗り分ける.

問題発生時に協力依頼を行う看護師を, 依頼者とよぶ. 依頼者は, (1) PHS 端末の特定ボタン (今回, 左下の * ボタン) を押下するなどして, 協力依頼の条件の入力テンプレート (図 4 左) をタッチパネル上に呼び出す, (2) 入力テンプレートから, 必要な看護師の人数 (プルダウンリストメニュー) を指やペンで選択する, (3) 送信ボタン (図 4 左) を指などで押して, 必要な看護師の人数を協力依頼の条件としてサーバへ送信する.

サーバの情報受信器は, 依頼者から送信された協力依頼の条件を受信し, それを連携計画器に伝える (図 1). 連携計画器は, 「協力依頼を確実に円滑に受理できる, 利用可能性が高い看護師」(条件 1) の中から, 「短い移動時間量で迅速に駆けつけられる人」(条件 2) を選び出し, 協力者の候補 (優先順位付き) とする. 協力者の候補を選ぶための評価関数としては, 確実に円滑な協力確保の重要性に鑑みて, 条件 1 を条件 2 より優先している. 依頼者から協力依頼の条件を受信した後のサーバの挙動を示す.

S1 サーバの連携計画器は, 「協力確保人数」(協力依頼を受理したとサーバに通知した, 協力者の候補の人数), 「不足人数」(依頼者が求める必要人数から, 協力確保人数を引いた数) を, つねに管理・更新する.

S2 連携計画器は, A_{place} (表 3) をもとに, 高確率で協力依頼が受理されると期待される

看護師（本研究では、休憩室、ナースステーション、廊下にいる看護師）を探索する。該当者がいれば、次の手続きを行う。

1. 連携計画器は、該当者を、依頼者との距離が近い順に優先順位を付け、協力者の候補とする。優先順位の高い順から、不足人数分の協力者の候補^{*1}を選択し、それらの人に対して協力依頼を同時送信する。
 2. PHS 端末で協力依頼を受信した協力者の候補は、タッチパネルを指などで操作し、協力依頼を受理するか、あるいは拒否するかを、サーバへ通知できる（図 4 右）。
 3. サーバは、協力者の候補から受信した受理通知に基づき、協力確保人数を更新する。協力確保人数が、依頼者の求める必要人数に達した場合、サーバによる協力依頼は成功となる。一方、一定時間以内に必要人数分に足る受理通知を受け取らず、かつ、まだ協力依頼を行っていない協力者の候補がいる場合、連携計画器は、優先順位が次点の協力者の候補のうち不足人数分の人に対して、協力依頼を再送する。
- S3 S2 で協力者の候補が見つからない、あるいは、見つかっても必要人数分の協力が確保できなかった場合、連携計画器は、 A_{place} （表 3）をもとに、中程度の確率で協力依頼が受理されると期待される看護師（本研究では、面談室、与薬準備室、病室、診察室にいる看護師）を探索する。該当者がいれば、これを新たな協力依頼の候補として、S2 の 1~3 と同じ処理を行う。
- S4 S2, S3 で協力者の候補が見つからない、あるいは、見つかっても必要人数分の協力が確保できなかった場合、連携計画器は、 A_{place} （表 3）をもとに、低確率で協力依頼が受理されると期待される看護師（本研究では、トイレにいる看護師）を探索する。該当者がいれば、これを新たな協力依頼の候補として、S2 の 1~3 と同じ処理を行う。
- S5 連携計画器は、協力を約束した人の到着時間を、移動距離・経路などから推定し、依頼者に通知する。S2, S3, S4 をすべて実行し全看護師に協力依頼を行ったが、必要人数分の協力確保ができなかった場合、連携計画器は、その旨も依頼者に通知する。

3.4 システム性能テスト

看護師の位置情報の計測のためのセンサネットワーク²⁰⁾は、データ取得病棟で計 13 日 282 時間以上の運用実績（2006 年）があり、測位精度も良好だった（3.2.1 項）。また、PHS 端末 4 台、サーバ 1 台、無線 LAN 環境で提案システムを動作させ、協力依頼を 400 回送信するテストを行った。PHS 端末から得た協力依頼に基づきサーバの連携計画器が協力者の候

補を選定し、協力者の候補へ協力依頼を通知するための時間は、平均 103 msec. だった。すなわち、センサネットワークの信頼性、測位精度、システムの応答・処理速度は良好だった。

4. 評価

一般に、CSCW システムは、人々の協調作業の改善のために開発されるが、開発したシステムを実際に現場に導入するには様々な困難がともなう²⁴⁾。現場への導入を促進するには現場のコンセンサスが必要になるため²⁴⁾、開発したシステムがどのような効果をもたらすのか、その予測や洞察を事前に明らかにすることが大切である。特に、社会性や公共性の高い分野においては、新しいシステムの導入前に、シミュレーション実験などで入念な評価を行い、システムの有効性を定量的に検証することが求められる²⁵⁾。よって、本研究では、医療現場へのシステム導入前における、提案手法の有効性の検証を主眼とした定量評価を行う。以下、その詳細について述べる。

4.1 目的

本研究の課題は、看護師の状況を推定・共有し、彼らの確実・円滑・迅速な協力確保を支援することである。そこで、提案手法が、問題発生時の協力確保を確実かつ迅速とすることを評価する（目的 1）。また、提案手法が、他の作業者の利用可能性を推定することで、作業員へ不適切に介入せず円滑な協力依頼を支援することを評価する（目的 2）。

4.2 マルチエージェントシミュレータの開発

人命を問わず実際の医療現場で、様々な実験パラメータを用いた厳密な統制実験や長時間の実験の実施は、現実的には難しい。したがって、協力依頼支援システム（3 章）の問題発生時における挙動や作用を、実際の医療現場での運用実験により厳密に測定することは難しい。一方、従来、実際には測定困難な問題発生時の人の挙動の分析手法として、調査対象となる場所や人の挙動をモデル化して行うマルチエージェントシミュレーション実験が知られる^{26),27)}。このようなシミュレーション実験は、工学システムの挙動や作用についても予測や洞察を定量的に与える。

よって、本研究では、提案システムを実際の医療現場で運用し評価する代わりに、医療現場の問題発生時の連携を模擬したマルチエージェントシミュレーション実験を行い、提案システムの挙動や作用に関して定量的な予測や洞察を得る方針とする。シミュレーションのシナリオは、依頼者エージェント（worker）が他者の協力が必要な問題に直面し、決められた方法で作業員エージェント（collaborator）に協力依頼を行うこととする。従来の協力依頼手法（PHS, NC, Voice）は、医療従事者への聞き取り調査（表 1）⁴⁾をもとに、その振舞

*1 協力者の候補の数が不足人数より少なければ、協力者の候補全員。

表 4 協力依頼手法の設定
Table 4 Setting of collaboration methods.

手法	内容
PHS (従来手法)	無作為に選ばれた 1 名の collaborator を対象として、協力依頼を行う。必要な人数の協力を得るか、全員に協力依頼するまで、協力依頼を繰り返す。
NC (従来手法)	ナースステーションにいるすべての collaborator を対象として、いっせいに協力依頼を行う。
Voice (従来手法)	近傍 (声かけの範囲; 表 6) のすべての collaborator を対象として、いっせいに協力依頼を行う。
Awareness (提案手法)	場所 <i>place</i> の collaborator の利用可能性を A_{place} と推定する。利用可能性が高い人の中から、短い移動時間量で来られる人を協力者の候補として選び出し、協力依頼を行う (3.3 節)。必要な協力を得るか全員に協力依頼するまで、協力依頼を繰り返す。

いをモデル化した (表 4)。提案手法による協力依頼は、提案システムの挙動をもとに、その振舞いをモデル化した (Awareness, 表 4)。

4.2.1 看護師の実際の業務行動の再現

シミュレータは、現実を反映することが大切である。今回、worker 1 名と collaborator 4 名の計 5 名が、3.15 時間の間、同時に通常勤務している状態を仮想空間 hospital 上に構成した (図 5)。hospital は、データ取得病棟の実際の構造 (部屋の大きさや配置、部屋と廊下のつながり、移動の制約など; 図 3) を再現した。collaborator は、実在の看護師が実際の業務時にとった行動を、秒精度で再現する。行動再現には、データ取得病棟に勤務する看護師の中から無作為抽出された 4 名が、無作為抽出された業務時間にとった行動の記録 (移動記録データと行動記録データ) を用いた。つまり、実際の病院の 1 フロア (データ取得病棟) に、勤務している看護師 (すなわち、協力を依頼できる看護師) が 4 名である状況を、シミュレータで表現した。

実際の病院では、勤務シフト、時間帯、現場の体制などにより、1 フロアに勤務する看護師が数名程度になることが多々ある (医療関係者 24 名への聞き取り調査による)。データ取得病棟は大阪府の総合病院の 1 フロアであるが、この病院でも、1 フロアにおける 1 つの標準的勤務シフトは、24 時間中、8 時間 (33.3%) は 10 名程度での勤務態勢になっているものの、残り 16 時間 (66.7%) は 4 名以下での勤務態勢になっている。文献 5) でも、実際の病院では、状況により現場に勤務する看護師が手薄になること、また看護師の配置が手薄なときに他者の協力が必要となることが多いことが、報告されている。すなわち、今回のシミュレーションは、(1) 医療現場で実際に起こりうる状況、かつ、(2) 提案手法が前提とする協力依頼が必要な現場の状況、における協力依頼手法の振舞いを確かめるものである。

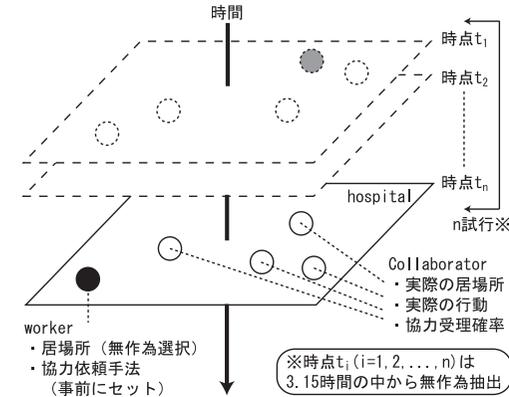


図 5 シミュレータの挙動
Fig. 5 Behavior of our simulator.

4.2.2 パラメータの設定

各協力依頼手法 (表 4) による協力依頼は、通知対象者に確実に伝達されるものとする。本シミュレータでは、ある行動 *behavior* 中の collaborator が、worker の協力依頼を受理する確率を、 $A_{behavior}$ ($0 \leq A_{behavior} \leq 1$) で与える。 $A_{behavior}$ は、看護師が行動 *behavior* の最中にどの程度利用可能性があるかを定量化した値である。今回、データ取得病棟に勤務する現役看護師 23 名を対象に質問紙調査を行い、データ中の 47 種類の行動のそれぞれの最中に他者の作業に協力できる程度を、不可能・やや不可能・どちらでもない・やや可能・可能の 5 段階で回答していただいた。そして、その回答を順に 0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 として、行動ごとに平均をとり、 $A_{behavior}$ を求めた (表 5)。回答に大きければつきはなかった。 $A_{behavior}$ は何もしていないときや雑務的な行動時 (物品管理、記録作業など) に高く、重要看護行動時 (点滴、トイレ介助、与薬など) に低かった。

collaborator や worker の行動コストなど (表 6) は、次のように定めた。(1) 既知の標準時間からなる要素動作 (歩行、手を伸ばす、ものをつかむ、ボタン押下、視線移動など²⁸⁾) に分割できる行動 (歩行、依頼操作) は、要素動作の標準時間を積算して値を定めた。ここで標準時間とは、平均的な熟練度を持つ作業者が、標準作業条件下において、通常の作業速度で 1 単位の作業を遂行するのに必要な時間量²⁸⁾ である。(2) 要素動作に分割困難な行動 (交渉、応答など) は、著者らの模擬行動を計測し、実験的に値を定めた。

表 5 $A_{behavior}$: 各行動時の利用可能性
Table 5 $A_{behavior}$: availability at each activity.

行動 $behavior$	$A_{behavior}$	標準偏差
何もしていない	1.00	0.00
物品管理	0.92	0.15
記録作業	0.86	0.21
歩行	0.81	0.22
計測	0.53	0.35
患者移送	0.30	0.28
与薬	0.28	0.32
トイレ介助	0.26	0.23
点滴	0.14	0.25
:	:	:

$A_{behavior}$ は, A_{place} の算出や提案システムでは用いず, シミュレータでのみ用いる. その標準偏差は, 質問紙回答のばらつき具合を示すための参考情報であり, A_{place} 算出, 提案システム, シミュレータのいずれでも使用しない.

表 6 シミュレーションパラメータの値
Table 6 Values of simulation parameters.

パラメータ	手法	値
歩行速度*	共通	1.60 m/s
依頼操作時間*	PHS	3.99 sec.
	NC	5.12 sec.
	Voice	3.13 sec.
	Awareness	3.16 sec.
応答待ち時間**	共通	10.00 sec.
交渉時間**	共通	30.00 sec.
声かけの範囲**	Voice	10.00 m

*: 既知の標準時間²⁸⁾をもとに設定. **: 実測結果から設定.

4.2.3 試行の手続き

1 試行のシミュレーションは, 次のステップからなる (図 5).

- S1 振舞いを調べたい協力依頼手法をセットする.
- S2 データから 1 時点 t を無作為に抽出する. 時点 t における各看護師の実際の居場所を, 各 collaborator の位置として hospital 上に再現する. また, 時点 t における各看護師の実際の行動を, 各 collaborator の行動として設定する.
- S3 worker を, 無作為に選ばれた場所に配置する. worker は, ある問題状況に直面し, そ

の問題解決に必要な人数 (今回, 1 人^{*1}) の collaborator を確保するために, S1 でセットされた協力依頼手法によって collaborator に協力を依頼する.

- S4 協力を依頼された collaborator は, そのときの行動に固有の $A_{behavior}$ をもって, 協力依頼を受理か拒否する. たとえば, collaborator が与薬を行っているときは, $A_{behavior} = 0.28$ (表 5) であるから, 28.0%の確率で協力依頼を受理する.
- S5 協力を受理した collaborator は, worker の居場所までの最短経路を A*アルゴリズム²⁹⁾ で求め, 移動距離に応じた移動時間コストを支払い移動する.
- S6 問題発生時刻から, 必要人数分の collaborator が到着するまでの時刻の差を, worker の待ち時間とする. 協力を確保できなかったとき, worker は永遠に待ち続ける.

統計的評価のために, 1 試行を n 回繰り返し, n 個の独立した時点に対しシミュレーションを行う. ここで, モデルの評価では, モデルの構築用のデータ (教師データ) と, モデルの評価用のデータ (テストデータ) を分けることが一般的である³⁰⁾. そして, ある教師データを用いて構築したモデルを, その教師データ以外のテストデータ (構築したモデルから見て, 未知のテストデータ) に適用し, モデルの予測性能を確かめることが重要である³⁰⁾. 本研究の場合, 提案手法 (Awareness; 表 4) の適切な評価のためには, A_{place} 算出に用いるデータ (モデル構築用の教師データ) と, 人の行動再現に用いるデータ (テストデータ) を分離してシミュレーションを行う必要がある. そこで, 交差確認法 (cross-validation 法)³⁰⁾ によって, データセット (3.15 時間) をほぼ均等の分量のデータ群 1, 2 に二分し, 一方の群を A_{place} の算出データ (教師データ), 他方の群を人の行動再現用のテストデータとする. そして, データ群 1 をテストデータとして評価するときは, データ群 2 から算出した A_{place} を用いる ($n/2$ 試行). データ群 2 をテストデータとして評価するときは, データ群 1 から算出した A_{place} を用いる ($n/2$ 試行). なお, 当然ながら, この措置は, A_{place} を用いない試行 (従来手法) では, その結果にいったい影響はない.

4.3 目的 1 に対する試行

4.3.1 方 法

目的 1 に対し, 提案手法が問題発生時に確実かつ迅速な協力確保を支援できるかを, 従来手法と比較しながら評価する. そこで, 表 4 の協力依頼手法ごとに各 200 回試行した. どの手法も協力依頼前に人の行動を特定できないため, collaborator の $A_{behavior}$ は未知情報

*1 患者の状態にもよるが, 1 人の協力が必要な問題状況には, 検査・受診移送, 波形モニタのチェック, 吸引, トイレ介助, 採血, 清拭, オムツ交換, 内服整理, 分からない処置の確認などがある. 患者や現場の状態にもよるが, このような問題状況は 1 日に何度も起こるとされる (現役看護師, 看護師経験者 27 名への質問紙調査による).

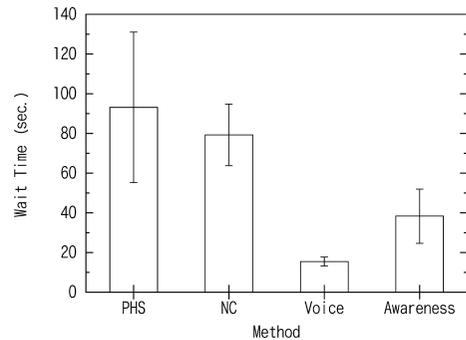
表 7 協力確保率

Table 7 Rate of achievement of collaboration.

	PHS	NC	Voice	Awareness
協力確保率	97.5%	46.0%	20.5%	99.5%

Awareness と PHS 以外のすべての 2 群間で有意差 ($p < 0.01$).

Awareness と PHS には有意差が認められない ($p < 0.05$).



すべての 2 群間で有意差 ($p < 0.01$). 誤差棒は標準偏差

図 6 協力確保できたときの平均待ち時間

Fig. 6 Average wait time at successful collaboration.

として協力依頼を行う。位置情報から利用可能性を推定する Awareness のみ、 A_{place} を参照する。

4.3.2 結 果

「worker が必要人数分の collaborator を確保できた (必要な人数分の collaborator が協力依頼を受理した) 試行の数」が、総試行数 (今回、200 回) に占めた割合を、協力確保率 (%) とよぶ。各協力依頼手法の協力確保率を表 7 に示す。worker が協力確保できたときの平均待ち時間 (秒) を図 6 に示す。

Voice による協力依頼は、周辺に利用可能性の高い collaborator がいれば小さな待ち時間で協力を得られた。しかし、周辺に collaborator がいないときに問題が発生すると協力を得られないため、協力確保率が非常に低かった。病院内で大声で助けを求めると患者やその家族の不安感を煽るため (表 1)、遠方の collaborator にまで Voice による協力依頼を通知することは現実的でなく、今回の結果は、Voice による協力依頼の限界を示している。NC

では協力依頼の通知範囲がナースステーションに限定されるため、ナースステーションに利用可能性の高い collaborator がいないときは協力を得られず、協力確保率が低かった。これらの結果は、実際の病院での各協力依頼手法の振舞い (表 1) と整合する。

PHS と Awareness は、協力依頼の通知範囲に距離的制約がなく、ある collaborator に協力依頼を拒否されても、まだ協力依頼を行っていない collaborator がいる限り、協力依頼を繰り返す (最大で、全 collaborator が 1 回ずつ協力依頼を通知される)。いずれも協力確保率が非常に高いことから、今回の分析対象時間 (3.15 時間) の多くは、誰の助けも得られない異常状況ではなく、少なくとも 1 人は利用可能性の高い人がいる状況だったと考えられる。確率的には、協力依頼を繰り返せば協力確保率は上げられるが、Awareness と比べ、PHS での協力確保は平均待ち時間とその標準偏差が大きかった。すなわち、協力確保までの時間という観点からは、PHS の協力確保性能は悪く、かつ不安定だった。これは、PHS では、(1) worker は collaborator との距離が見えないため、遠くの collaborator に協力依頼を行うことがある、(2) worker は collaborator の状況が見えないため、場合によっては何人も collaborator に協力依頼を拒否されて交渉時間が増加することがある、ためである。

一方、Awareness は、collaborator の位置情報から利用可能性 A_{place} を推定し、かつ、相手との距離を考慮して協力依頼を行う。Awareness は、協力確保までの平均待ち時間やその標準偏差を小さく保ちながら、高い協力確保率を実現した点が優れる。

以上、Awareness は安定した協力依頼性能を実現しており、従来手法 (PHS, NC, Voice) と比較して、確実かつ迅速な協力確保を支援できることが示された。

4.4 目的 2 に対する試行

4.4.1 方 法

「ある行動の最中の collaborator が、ある協力依頼手法による協力依頼を拒否した」場合を、「その協力依頼手法が、協力依頼が拒否されるタイミングで collaborator へ不適切に介入した」と考える。目的 2 に対して、位置情報から利用可能性 A_{place} を推定することで、看護師への不適切な介入を抑制し、状況を考慮した円滑な協力確保を支援できるかを評価する。また、不適切な介入の抑制のためには、場所という粒度 (A_{place}) で利用可能性を推定すれば十分なのか、それとも、行動というより細かな粒度 ($A_{behavior}$) で利用可能性を推定すべきなのかを評価する。

ここで、目的 2 に対する試行としては、Awareness と従来手法 (表 4) の比較は行わない。なぜなら、Awareness は、病棟に存在する全看護師、すなわち、データ取得病棟の全場所で全行動をなす人を対象とする。一方、(1) NC や Voice は、手法の特性上、協力依頼の

通知範囲が限定される (NC はナースステーションにいる人, Voice は主に廊下を歩いている人). すなわち, NC や Voice は, 病棟に存在する全看護師 (全体集合) から, 無作為とはいえない方法で抽出された部分集合を対象とする. (2) 病院では, 場所ごとになされる行動がある程度限定され, かつ, ある場所での行動は他の場所での行動とある程度独立する (3.2.1 項). よって, たとえば, ナースステーションでは, その場所に特有の行動の生起確率が大きくなる. (1), (2) より, Awareness が対象とする全看護師 (全体集合) と, NC や Voice が対象とする一部の看護師 (無作為抽出ではない部分集合) においては, 看護師がとる, 各行動の生起確率の分布が異なる.

協力依頼手法が対象とする相手の行動が同一条件でないため, 提案手法の状況推定能力を検証する目的では, Awareness を NC や Voice と比較することはできない. この目的のためには, Awareness の基本動作は共通として, 利用可能性を提案手法で推定する場合, 利用可能性をいっさい推定しない場合, 利用可能性をより詳細に推定する場合, に状況推定能力がどう変化するかを調査することが大切である.

よって, 本研究では, Awareness の基本動作 (表 4) で, 協力者の候補の選定方法のみを次の Random と Ideal のように変更し, 各 200 回試行して, その結果を比較する. 交渉のコストや手続き, A_{place} を推定する場合に未知のテストデータに適用するなど, 他の条件は同じである.

Awareness 場所 $place$ の collaborator の利用可能性を A_{place} であると推定し, その値をもとに協力者の候補を決定する提案手法.

Random A_{place} をいっさい推定せず, 無作為に協力者の候補を決定する手法.

Ideal 全 collaborator がそれぞれ何をしているか, すなわち, 全 collaborator の行動を正しく推定できる理想の行動識別器を仮定する手法. A_{place} ではなく, 全 collaborator の $A_{behavior}$ を参照して協力者の候補を決定する.

4.4.2 結 果

ある協力依頼手法が, collaborator への不適切な介入を回避できた程度を, 介入回避率 (%) として求めた (表 8). ただし, 介入回避率は, 「1 回も不適切な介入が行わなかった (1 人の collaborator から協力依頼が拒否されなかった) 試行の数」が, 総試行数 (今回, 200 回) に占めた割合である.

Random は, 状況を推定せずに無作為な協力依頼を行う手法であるから, Random 時の値は, 状況推定技術の有用性を検証するうえでの基準となる. 2 群の比率の差の検定³¹⁾の結果, Awareness の介入回避率は, Random のそれよりも大きく優れ, 有意差が認められ

表 8 介入回避率

Table 8 Rate of avoiding interruption.

	Awareness	Random	Ideal
介入回避率	80.5%	64.5%	84.0%

Awareness と Random に有意差 ($p < 0.01$).

Awareness と Ideal には有意差が認められない ($p < 0.05$).

た ($Z = 3.58, p < 0.01$). Ideal の介入回避率は, Awareness のそれよりも若干優れるが, 2 群の比率の差の検定³¹⁾の結果, 統計的有意差は認められなかった ($Z = 0.92, p < 0.05$).

今回のドメインでは高精度・細粒度な実時間行動推定が難しいため, 実際には, 理想の行動識別器を実現することは難しい (2.2 節). しかし, 提案手法 (Awareness) が看護師の利用可能性を推定する精度は, 無作為な協力依頼を行う (Random) よりも高く, かつ, 理想の識別器 (Ideal) とも統計的に同等 (有意に性能が劣ることはない) だった. すなわち, 場所ごとの重要看護行動の生起確率から求めた A_{place} を, 利用可能性の推定値として用いて協力依頼を行うことで, 他の作業への不適切な介入を大きく抑制し, 状況を考慮した円滑なシステム動作を実現できることが明らかとなった.

4.5 考 察

4.5.1 成 果

今回の評価は比較的少人数・短時間の状況での分析によるが, 医療現場における実際の医療業務時の行動データを取得して, より現実的に即したシミュレーションを行い, システムの振舞いについての知見を得た点が, 特徴的である. 現役看護師を対象とした質問紙調査によって, データ取得病棟での各行動時における利用可能性を定量化し, collaborator の振舞いに実装した点も, シミュレーションの信頼性を高めるための工夫である.

看護師の行動は多様かつ複雑であるため, 現状では, 看護師のとらうるすべての行動を十分な精度で実時間推定することは困難である (2.2 節). 本研究の重要な成果は, 人の行動を推定しなくても, 空間領域という比較的粗い粒度で人の利用可能性を推定することで, 問題発生時における確実・円滑・迅速な協力確保を支援できることが示されたことである.

ここで, 利用可能性のモデル化におけるパラメータには, 看護師のスキル, 個別の患者に対し必要な介助の程度 (看護度, 看護必要度³²⁾), 患者との人間関係なども考えられる. しかし, これらをどのように工学的に扱い自動取得・処理するか, また, これらをどのように利用可能性の定量化に用いるかは, 従来明らかでなかった. 加えて, 一般に, パラメータ数を増やせばモデルのあてはまりは良くなるものの, パラメータ数を増やしすぎた場合, 有

限個の学習用パターンにのみ特化したモデルが生成され(過学習),モデルの汎化性能がかって悪化するおそれがある³⁰⁾。パラメータ数が多くなると学習用データも膨大に必要なという観点からも,モデル記述のパラメータ数の抑制には利点がある。パラメータ数の抑制は,実際の医療現場でシステムを用いる際に,パラメータ情報の取得作業(事前調査・設定・調整など)を削減する利点にもつながり,システム運用の利便性を高める。本研究は,場所ごとの重要行動の生起時間割合という少ないパラメータのみを用いても,良好な精度で利用可能性を推定できることを示した点が重要である。

人の移動情報は多くの実世界活動で観測でき,かつ比較的簡単に精度良く扱えるため,工学的応用の幅が広い^{33),34)}。本研究は,病院で活動する看護師を扱う範囲においては,「ある場所では,人はどの程度重要な行動をなすか」という知識を定量化することが,人の状況理解に有用であるという知見を示した。すなわち,看護師を扱う範囲では,多くの情報モダリティ(行動情報,スケジュール情報など)の使用を前提にせず,位置情報という単一モダリティの情報だけでも十分に人の利用可能性を推定できるという知見である。工場や会社をはじめ,実世界には場所ごとにある程度の役割を与えられている環境は多く,病院を対象にした本研究の成果は,広範なコンテキストウェア研究の分野において,知見を積み重ねる意味でも,一定の価値があると考えられる。

4.5.2 今後の課題

シミュレーション対象としたデータ取得病棟は,特殊な医療行為(たとえば,終末医療や,災害・救急時の急性期医療)を主軸にする現場ではなく,総合病院の一般病棟であるため,他の一般的な医療現場でも今回の知見を活用できる可能性が高いと考える。紙面の制約もあり,特殊な医療現場での分析は本論文の扱う範囲としていないが,著者らのセンサネットワークの仕組みは複数の病院での運用実績があり,現場の看護師の移動行動を安定的に計測・記録できるものである。より豊富なデータ,多様な医療現場を対象とした分析で,提案手法の汎用性をさらに示すことは,今後の意義ある取り組みとなるだろう。

また,実際の医療現場では,様々な実験パラメータを用いた厳密な統制実験や長時間の実験が難しいという観点から,本研究では,評価手法としてシミュレーション実験を採用し,提案システムの挙動や作用に関して定量的な予測や洞察を得た。開発した協力依頼支援システムを,実際の医療現場に導入し,実証的,あるいは定性的な視点から,その効果や使用性を確かめることは,今後の課題である。今後,本研究で得られた定量的な知見をもとにして,医療現場でのコンセンサスを得るなどの調整を進め,協力依頼支援システムに関する実証実験を行うことを検討している。

5. ま と め

現状の医療現場では,現場を支える看護師同士の状況共有が不十分なため,業務連携の無駄や医療過誤につながる芽が潜む。従来,医療現場では使用可能なセンサ技術が制約され,かつ,看護師の状況の推定技術が確立されていなかった。本研究は,実際の病院での行動を観察することで,場所ごとに重要行動の生起傾向が異なるという知見を得て,位置情報からの利用可能性の推定をシステム設計のいしずえとした。そして,患者のプライバシーや病院での運用にも配慮した小型・軽量機器を用いて,看護師の利用可能性を自動推定し,協力依頼の配信制御を行うシステムを開発した。

テストの結果,システムの応答・処理速度,測位精度などは良好だった。また,現場の問題発生を模擬したシミュレーション実験を行ったところ,場所ごとの重要行動の生起確率から,他の看護師が作業協力できる程度を推定することで,作業者に不適切に介入せず,确实・円滑・迅速な協力確保を支援できることが明らかになった。精度の確保が技術的に難しい行動推定を前提とせず,比較的簡単かつ頑健に計測できる位置情報を用いた状況推定によって,提案手法が適切に動作することが示されたことが,顕著な成果である。

謝辞 調査にご協力いただいた東京女子医科大学金井 Pak 雅子先生,国際電気通信基礎技術研究所小作浩美氏,医療関係者の皆様に感謝します。行動所用時間の定量化についてご指導いただいた中央大学河原巖先生に感謝します。本研究は情報通信研究機構委託研究「日常行動・状況理解に基づく知識共有システムの研究開発」による。

参 考 文 献

- 1) Bardram, J.E., Hansen, T.R. and Soegaard, M.: AwareMedia: A Shared Interactive Display Supporting Social, Temporal, and Spatial Awareness in Surgery, *Proc. CSCW '06*, New York, ACM, pp.109–118 (2006).
- 2) Hansen, T.R., Bardram, J.E. and Soegaard, M.: Moving Out of the Lab: Deploying Pervasive Technologies in a Hospital, *Pervasive Computing*, IEEE, pp.24–31 (2006).
- 3) 内川洋子, 吉田道雄: 病院における看護経験 4~5 年目の看護婦の行動分析(2): 上司や部下に対する行動の収集と分析, 熊本大学教育学部紀要, 人文科学, Vol.49, pp.11–23 (2000).
- 4) 岡田昌也, 多田昌裕, 奥北和希, 鳥山朋二, 小暮 潔: 医療現場における作業状況の推定・共有による相互連携支援手法の提案, 情報処理学会研究報告, Vol.2008, No.31, pp.31–36 (2008).
- 5) (財)日本医療機能評価機構: ヒヤリ・ハット事例(重要事例)情報データベース。

http://www.hiyari-hatto.jp

- 6) (財) 日本医療機能評価機構医療事故防止センター：医療事故情報収集等事業平成 18 年年報 (2007).
- 7) 根岸正史, 銭谷幹男, 川村 昇, 能勢安彦, 梅沢千章, 木下雅善, 水野圭子, 綱川ルリ子, 安田信彦：無線 IC タグ (RFID) を用いたカルテ所在管理システムの構築, 医療情報学, Vol.24, No.6, pp.599-604 (2004).
- 8) 横内光子, 大野ゆう子, 笠原聡子, 沼崎穂高, 石井豊恵：業務スケジュールリングからみた看護業務属性の検討, 生体医工学, Vol.43, No.4, pp.762-768 (2005).
- 9) 原田悦子, 重森雅嘉, 渡辺はま, 南部美砂子, 赤津裕子：医療の情報化は看護現場に何をもたらすか：「横の糸」分析・無駄作業分析による事例研究, 看護研究, Vol.37, No.2, pp.28-38 (2004).
- 10) 日本看護協会 (編)：日本看護協会看護業務基準集, 日本看護協会出版会, 東京 (2004).
- 11) 日本看護科学学会看護学術用語検討委員会 (編)：看護行為用語分類 看護行為の言語化と用語体系の構築, 日本看護協会出版会, 東京 (2005).
- 12) Muñoz, M.A., Rodríguez, M., Favela, J., Martinez-Garcia, A.I. and González, V.M.: Context-Aware Mobile Communication in Hospitals, *Computer*, Vol.36, No.9, pp.38-46 (2003).
- 13) 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).
- 14) 小清水隆, 鳥山朋二, 西尾修一, 馬場口登, 萩田紀博：映像サーベイランスにおけるプライバシー保護のための視覚的抽象化の提案, 情報処理学会研究報告 2006-CVIM-153, Vol.2006, No.25, pp.247-252 (2006).
- 15) Kern, N., Antifakos, S., Schiele, B. and Schwaninger, A.: A Model for Human Interruptability: Experimental Evaluation and Automatic Estimation from Wearable Sensors, *Proc. ISWC'04*, IEEE, pp.158-165 (2004).
- 16) Bao, L. and Intille, S.S.: Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data, *Pervasive Computing*, LNCS 3001, pp.1-17 (2004).
- 17) Lester, J., Choudhury, T. and Borriello, G.: A Practical Approach to Recognizing Physical Activities, *Pervasive Computing*, pp.1-16 (2006).
- 18) Choudhury, T., Borriello, G., Consolvo, S., Haehnel, D., Harrison, B., Hemingway, B., Hightower, J., Klasnja, P.P., Koscher, K., LaMarca, A., Landay, J.A., LeGrand, L., Lester, J., Rahimi, A., Rea, A. and Wyatt, D.: The Mobile Sensing Platform: An Embedded Activity Recognition System, *IEEE Pervasive Computing*, Vol.7, No.2, pp.32-41 (2008).
- 19) 水口 充, 竹内友則, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野嘉宏：デスクワークにおける忙しさの自動判定, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.6, No.1, pp.69-74 (2004).
- 20) 坂本龍哉, 大村 廉, 納谷 太, 野間春生, 鳥山朋二, 小暮 潔, 佐野睦夫：複数人物移動軌跡を観測するセンサネットワークにおける時刻同期精度の評価, 情報処理学会研究報告 2007-UBI-15, Vol.2007, No.74, pp.35-40 (2007).
- 21) 中沢 潤, 大野木裕明, 南 博文：心理学マニュアル 観察法, 北大路書房, 京都 (1997).
- 22) 宮前雅一, 納谷 太, 鳥山朋二, 金井 Pak 雅子, 小暮 潔：看護師向け情報提示システム構築に向けた予備的考察, 情報処理学会研究報告 2007-MBL-42, Vol.2007, No.98, pp.89-96 (2007).
- 23) 川村治子：医療安全, 医学書院, 東京 (2005).
- 24) 垂水浩幸：グループウェアとその応用, 共立出版, 東京 (2000).
- 25) 伊川雅彦, 後藤幸夫, 熊澤宏之, 古澤春樹：異種分散シミュレーションによる ITS 開発環境の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.12, pp.2805-2814 (2004).
- 26) Okazaki, S. and Matsushita, S.: A Study of Simulation Model for Pedestrian Movement with Evacuation and Queuing, *Proc. International Conference on Engineering for Crowd Safety*, pp.271-280 (1993).
- 27) 村木雄二, 狩野 均：地域性を考慮した広域災害避難シミュレーションのためのマルチエージェントモデル, 人工知能学会論文誌, Vol.22, No.4, pp.416-424 (2007).
- 28) Karger, D.W. and Bayha, F.H.: *Engineered Work Measurement*, Industrial Press, New York (1966).
- 29) Hart, P.E., Nilsson, N.J. and Raphael, B.: A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths, *IEEE Trans. Systems Science and Cybernetics*, Vol.SSC-4, No.2, pp.100-107 (1968).
- 30) Duda, R.O., Hart, P.E. and Stork, D.G.: *Pattern Classification*, Wiley-Interscience, New York (2000).
- 31) Fleiss, J.L., Levin, B. and Paik, M.C.: *Statistical Methods for Rates and Proportions*, John Wiley & Sons, New Jersey (2003).
- 32) 岩澤和子, 筒井孝子 (監修)：看護必要度—看護サービスの新たな評価基準, 日本看護協会出版会, 東京 (2008).
- 33) 岡田昌也, 鳥山朋二, 多田昌裕, 角 康之, 間瀬健二, 小暮 潔, 萩田紀博：実世界重要体験の抽出・再現に基づく事後学習支援手法の提案, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J91-D, No.1, pp.65-77 (2008).
- 34) 神田崇行, 塩見昌裕, 野村竜也, 石黒 浩, 萩田紀博：RFID タグを用いた科学館来館者の移動軌跡の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.5, pp.1727-1742 (2008).

(平成 21 年 1 月 15 日受付)

(平成 21 年 7 月 2 日採録)



岡田 昌也 (正会員)

2004年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士後期課程修了, 博士(情報学)。(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)等を経て, 現在, 静岡大学創造科学技術大学院助教。同大学情報学部兼務。実世界指向コンピューティング, CSCL, グループウェアの研究に従事。電子情報通信学会, 人工知能学会, ACM 各会員。



多田 昌裕 (正会員)

2005年中央大学大学院理工学研究科経営システム工学専攻博士後期課程修了, 博士(工学)。同年(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)入所, 現在に至る。感性情報処理, 画像検索, 身体動作解析等の研究に従事。電子情報通信学会, 映像情報メディア学会等各会員。



納谷 太

1994年慶應義塾大学大学院理工学研究科計算機科学専攻修士課程修了。同年日本電信電話株式会社コミュニケーション科学研究所入所。現在, ATR 知識科学研究所主任研究員。慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程在学中。人とロボットの触覚コミュニケーション, 知的環境における文脈理解の研究開発に従事。電子情報通信学会, IEEE, 日本ロボット学会等各会員。



鳥山 朋二

1987年富山大学大学院工学研究科修士課程修了。同年NTT厚木電気通信研究所入所。以来, インタラクティブメディア, 画像処理等の研究に従事。2005年富山県立大学大学院工学研究科社会人博士後期課程修了。2005年ATRに出向。2008年より富山県立大学教授。博士(工学)。電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学会, 画像電子学会各会員。



小暮 潔 (正会員)

1981年慶應義塾大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年日本電信電話公社に入社。ATR 知識科学研究所所長等を経て, 現在, 金沢工業大学教授。博士(工学)。電子情報通信学会, 日本音響学会, 日本認知科学会, 人工知能学会, 言語処理学会各会員。