

センサデータに基づく看護業務記録・分析システムの構築に向けて

Towards a System for Recording and Analyzing Nursing Activities Based on Sensor Data

大村 廉*1 納谷 太*2 野間 春生*2 鳥山 朋二*2 小暮 潔*2
Ren Ohmura Futoshi Naya Haruo Noma Tomoji Toriyama Kiyoshi Kogure

*1 慶応義塾大学理工学部情報工学科

Dept. of Information and Computer Science, Faculty of Science and Technology, Keio University

*2 (株) 国際電気通信基礎技術研究所

Advanced Telecommunication Research Institute International

This paper presents our concept and design of an analysis system for nursing activities based on sensor data. The system visualizes sensor data obtained from a sensor network and provides four functions that facilitate the analysis process. First, the system gives an environment that we can confirm and compare some facts by replaying sensor data. Second, the system enables for a user to add annotations to sensor data for storing intermediate analysis results while visualizing sensor data. Third, the system can visualize and summarize added annotation data as well as sensor data. Finally, the system has flexibility to add additional visualization modules to be able to analyze data from several view points.

1. はじめに

様々な業務において、熟練者の業務遂行のノウハウや失敗の経験といった知識を共有することは、業務の効率化やミスの防止に大きく貢献する。特に、看護医療の現場においては、医療事故やその手前であるヒヤリ・ハットの防止のため、このような知識の共有が強く求められている。事故報告などの作成といった対策がとられているが、このような経験に基づく「知識」は、人々の立ち居振る舞いや作業の流れなどの特徴となって暗黙的に行動として現れると考えられる。そこで我々は、センサネットワークによって得られる物理的な情報を用いて人々の動きを観測し、その背後に潜む知識をユーザ間で共有するシステムの研究開発を行っている。そして、その一つのアプリケーションとして、看護師らの一日の業務を包括的に記録し、かつ業務効率化のための分析やヒヤリ・ハット要因の解析を行うことを可能とする、看護業務記録・分析システムの開発を行っている。

センサネットワークによって観測した物理的な情報を基にし、詳細な業務分析を行うためには、まず、センサデータから看護師の動きなど「その時起こった事実」を再現し、分析者が事実を正確に把握可能としなければならない。また、看護師の経験年数などの差による知識を把握するためには、個々の事実を比較し、その差異を抽出する必要がある。さらには、様々な視点によって個々の事実をまとめ、傾向として事実を分析する必要がある。一方で、事実の再現のみでは、業務における知識を把握することは困難である。事実の再現が重要であると同時に、業務分析は看護師の動きといった事実に対して解釈を行って意味づけしたデータ（アノテーションデータ）を元に分析を行う必要がある。例えば、業務の内容やその時の状況といった解釈をもとに、事実を抽象化し、この抽象化されたデータをもとに特徴を抽出するといったことが必要となる。このとき、事実の確認と解釈の付与は互いに密接に関連するため、相互に確認を行いながら分析を進めなければならない。つまり、業務分析システムには、事実を再現して比較する機能を有しつつ、事実を再現しながら解釈を付与することを可能とし、また、様々な

視点から事実や解釈を要約して提示する、機能が必要となる。

Begole ら [1] は、コンピュータの操作データを元に事実の再現と傾向の抽出、比較を行い、ユーザの日常行動リズムの分析を行った。時差が存在する遠隔地間でのコミュニケーションを円滑化を目的とし、ユーザの日常行動をモニタリングして可視化することによって、出勤時刻や退勤時刻、昼食の時間帯といった、ユーザ毎の特徴を明らかにしようとした先駆的な研究である。しかし、分析システムとしては開発されておらず、「解釈の付与」や「解釈の要約」を包括的に扱うシステムの開発はなされていない。

また、センサデータをもとにし、人の行動分析を目的として開発されたセンサデータ分析システムもいくつか存在する。Kooijmans らはロボットと人とのコミュニケーションの分析を目的として、ロボットにより得られる種々のセンサデータを可視化するツール、Interaction Debugger を開発している [2]。このシステムは、個々の事例における一連のセンサデータを時系列に沿って表示するシステムであり、後の解釈を基にした分析を行うため、センサデータに対してアノテーションを付与する機能を有している。しかし、アノテーションを基にした分析を行う機能は含まれていない。同様に、中村らはロボットと人のコミュニケーションを対象に、人の行動の分析には多数の標本から特徴を抽出すべきであることを指摘し、データベースと連携させて複数の試行から特定の状況下におけるセンサデータの標本抽出とその可視化を可能としたシステム、RSV を開発している [4]。しかし、標本抽出の軸となるのはロボットが内部的に選択した「行動」であり、センサデータを人が解釈したデータをもとに標本をまとめる、といった機能はサポートされていない。

そこで我々は、1) 個々の事実の再現と比較できること、2) 事実を再現しながらアノテーションを行うことができること、3) 事実や分析者が付与したアノテーションデータを要約した情報を提示して分析が可能であること、4) 様々な角度からデータを分析する柔軟性を有すること、に着目し業務記録・分析システムの開発を行っている。

本稿では、以下、我々が開発している業務記録・分析システムの概要について述べる。

連絡先: ren@ayu.ics.keio.ac.jp, {naya, noma, toriyama, kogure}@atr.jp



図 1: 記録・分析システム全体画面

2. 看護業務記録・分析システム

図 1 に我々が開発している看護業務記録・分析システムの画面例を示す．本システムでは，環境に設置されたセンサ（環境設置型センサ）および看護師が装着したセンサ（ウェアラブル型センサ）を同時に可視化することで詳細な事実の再現を行う．また，アノテーションの可視化や統計データの表示を同時に行うことができる．

まず，本システムの主要なコンポーネントとして「表示データ選択ウィンドウ」がある．多数のセンサデータを扱う場合に情報が過多となり，ユーザが混乱する恐れがある．これ避けるため，このコンポーネントではデータベース上に蓄えられたセンサデータを，そのデータ取得日，場所（病院や病棟），データを取得した看護師に沿って木構造で表示し，また，この木構造上で現在表示すべきセンサデータを選択可能としている．以下，それぞれのコンポーネントについて，本システムが提供する機能とともに説明する．

2.1 個々の事例の可視化と比較

時系列で取得されたセンサデータについて，ある瞬間のみ観察することによってその時の行動や状況を把握することは困難である．このため，kooijman らのシステム [2] のように，本システムでもシステム各センサデータを時系列を追って再生する機能を提供し，状況の再現を行う．

時系列を追って再生されるセンサデータは，図 1 の「マスター・タイム・コントローラ」によって，現在注視している時刻がコントロールされる．例えばビデオ（「ビデオ表示ウィンドウ」）や音声（「音声再生ウィンドウ」）はこのマスタータイムコントローラの再生ボタンによって再生が開始される．また，看護師の体の各部位に装着した加速度センサデータ [3] や，病院内での看護師の位置情報を与える通過センサデータ [5] はグラフ表示され，この中に表示される赤線によってマスタータイムコントローラ上の注視時刻との対応が取られている．また，これらの可視化とマスタータイム・コントローラとは相互に連動しており，例えば，加速度センサで特徴的な波形が見られた



図 2: センサデータ比較画面

時など，この部分をマウスでクリックすることで，マスター・タイム・コントローラの時刻をクリックした時刻に移動させ，ビデオや音声を含めたセンサデータ全ての注視点をその時刻に移動させることが可能である．

さらに，看護師個人のみならず，全体的な看護師の配置やその動きをより直感的にわかり易く理解可能とするため，「マップ表示ウィンドウ」がある．このウィンドウでは，通過センサから得られる看護師の位置情報を基に，各看護師を表すアイコンが移動する．また，音声情報から書き起こされた発話情報もこのウィンドウ内の各アイコンの位置に応じて表示され，ビデオ画像や音声情報とあわせ，看護師間で「どのような状況において，どのようなインタラクションがあったか」ということを分析を可能としている．これにより，看護師間で引き継がれる業務の変遷や看護師間での引き継ぎにおけるコミュニケーションエラーなどの分析を容易にする．

また，例えば，看護手技における熟練者と新人の比較を行うためには，それぞれの看護師の動作を並行して再生し，比較



図 3: アノテーションデータ編集時の画面例

することが必要となる．このように、個々の行動や状況を比較し、効率的な個々の事例の差異の分析を可能とするため、本システムでは図 2 に示すように複数のタイムコントローラを持つことができる．それぞれのセンサデータの可視化は個別に付けられるタイムコントローラを選択することが可能となっており、それぞれのセンサデータはそれぞれのタイムコントローラに同期して再生される．図 2 は、図中右上半分のビデオおよび加速度データが「タイムコントローラ 1」、図中右下半分のビデオおよび加速度データが「タイムコントローラ 2」に同期した例である．それぞれ個別もしくは同時に再生することが可能となっており、個々の状況を再生しながら比較することができる．

2.2 アノテーションデータの付与

前述のように、業務分析を行うためには、業務内容やその時の状況など、事実を基にして解釈を与え、この解釈を基にして分析を行う必要がある．例えば、業務内容や、業務において対象となった患者をセンサのみで正確に検出することは難しい．また、例えば、物品の配置の分析において、看護師が無言で探し物をしている場合などをセンサで捉え、その対象物まで特定することは極めて困難である．このような場合には、後の発話などから解釈し、そのときに対象となっていたものをアノテーションとして付与する必要性が生じてくる．本システムはこのような解釈をセンサデータに対するアノテーションとして付与する機能をサポートする．

図 3 にアノテーション編集時の様子を示す．図中中央のアノテーションウィンドウでは、アノテーションとして、ある看護師が行っている「業務」に対して業務ラベルを付加している様子を表している．図 3 では、「ビデオ表示ウィンドウ」や「マップ表示ウィンドウ」が同時に表示されているように、センサデータを同時に表示しながら根拠となる事実を確認し、正確なアノテーションの付与を行うことができるようになっていく．また、付与されたアノテーションデータは、アノテーションデータが持つ時刻をもとにマスター・タイム・コントローラと連動する．対応するアノテーションデータの行をクリックす

ることによって、その時刻にマスター・タイム・コントローラの注視時刻を移動させ、他のセンサデータもその時刻に注視点移動する．

また、様々な視点からのアノテーションの付与およびその分析を可能とするため、本システムでは同一のセンサデータに対して複数のアノテーションデータを付加することが可能となっている．アノテーションデータは、作成者、並びにアノテーション対象となった看護師やセンサなどの情報とともにデータベースに保存される．そして、複数の分析でアノテーションを互いに参照できるよう、表示データ選択ウィンドウでは、アノテーションデータに対して、上記付加されたデータをもとにツリー構造で表示し、表示対象とするアノテーションを選択可能となっている．

2.3 事実と解釈の要約

事実を再現するためのセンサデータを可視化や解釈を付与するためのアノテーションの付加に加え、本システムでは、センサデータを要約して可視化する機能、及び解釈として付与されたアノテーションデータを要約して可視化し、分析を行うための機能を有する．

例えば、看護業務におけるヒヤリ・ハットと看護師の移動量との間の相関を示唆した報告がある．このような分析を行うためには、センサデータとして得られる看護師の移動を単位時間当たりの移動量に変換し提示する必要がある．図 3 中、「単位時間当たりの移動回数表示ウィンドウ」は通過センサで検出した看護師の位置を元に、この変換を行ったものである．図 3 では、1 分間に部屋単位での移動が行われた回数をグラフ化している．この可視化と同時に、滞在場所フロー表示ウィンドウに示すように、前後関係を含めた看護師の位置を可視化することによって、移動量とその移動の前後関係を容易に把握することが可能となる．

また、図 3 中、「看護対象患者比率表示ウィンドウ」や「業務フロー表示ウィンドウ」は、アノテーションデータを要約し可視化を行った例である．看護師らは各患者の看護必要度を考慮し、1 日の看護計画を立てる場合がある．図 3 に示すように、

表 1: 関連研究との比較

	Interaction Debugger	RSV	本システム
センサデータ再生機能			
センサデータ比較機能	×	×	
センサデータ要約機能	×		
アノテーションデータ付加機能		×	
アノテーションデータ要約機能	×	×	
可視化の柔軟性		?	

2.2 章で述べた業務ラベルやその業務の対象となった患者をもとに対象患者の割合や業務の流れを可視化することで、各患者の看護必要度を考察し、効率的な業務配分などの分析が可能となる。

また、これらのアノテーションデータの可視化部分は、アノテーションの動的な変更に対応し、アノテーションデータの変更に伴い、その可視化の内容が変更される。本システムでは、これにより、インタラクティブな分析を可能としている。

2.4 可視化の柔軟性

業務分析における視点は、その業務転換量や業務が行われた場所によるもの、また、業務内容によるものなど様々である。また、分析の視点に応じて、その分析に適切な可視化の方法は異なる。様々な可視化手法を追加可能な構成とするため、本システムはその構成を大きく基本部分とアドオンモジュール部分に分けている。

基本部分では、主にデータベース上のセンサデータやアノテーションデータの管理、ならびに、注視時刻の管理を行う。そして、各アドオンモジュールでは、基本部分から可視化のためのデータを受け取り、実際の可視化を行う。より具体的には、アドオンモジュールは、主にデータを受け取るための API、注視時刻情報を受け取るための API を実装する。このアドオンモジュールが呼び出されたとき、基本部分からはそれぞれの API が呼び出され、アドオンモジュールでは、渡されたデータの注視時刻に即した可視化を行う。このようにすることで、本システムでは様々な可視化の方法を追加可能とし、柔軟な業務分析を可能としている。

3. 関連研究との比較

本稿で述べた業務分析システムに対する要求の視点から、1. 章で述べた各関連研究と本システムの機能比較をまとめたものを表 1 に示す。

Interaction Debugger[2] では、センサデータ再生機能のほか、センサデータに対してアノテーションデータを付与する機能を有する。また、様々なセンサデータの可視化を可能とするため、各センサデータはアドオンモジュールとして追加が可能な構成となっているが、アノテーションデータを分析するための機能は他のツールに任されている。

RSV[4] では、センサデータの再生機能を有すると同時に、複数の標本からセンサデータを可視化・分析する機能が有用で

あることを指摘し、この機能を有している。しかし、可視化方法としては、センサデータの重ね合わせに留まっており、統計的な処理を用いた可視化は行われていない。また、センサデータに対するアノテーション付加および分析機能はサポートされておらず、標本として取り上げられるデータについても、システム側で一意に決まるロボットの行動を軸とした標本抽出に留まっている。また、機能の追加などについては言及されていない。

4. おわりに

本稿では、我々が開発を行っている、センサネットワークから得られた情報の可視化に基づく看護業務・記録分析システムについて述べた。本稿で述べたシステムは、その特徴として、1) センサデータによって事実再現し、個々の事例を細かく観察や比較を行う機能、2) 根拠としてのセンサデータを提示しつつアノテーションデータを付与する機能、3) センサデータとともにアノテーションデータを要約する機能、4) 様々な角度からデータを分析する柔軟性、を提供する。

本文中で述べた可視化手法はまだ簡易なものであるが、今後、想定しているユーザである看護師らへのヒアリングをもとに要求の多い可視化方法を随時検討及びアドオンモジュールとしての追加を行い、看護業務記録・分析システムとしての完成度を高めて行く予定である。

謝辞

本研究は独立行政法人 情報通信研究機構 (NICT) の研究委託により実施したものである。

参考文献

- [1] J. “Bo” Begole, J. C. Tang, R. B. Smith, and N. Yankelovich. Work Rhythms: Analyzing Visualizations of Awareness Histories of Distributed Groups. In *Proc. of the 2002 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '02)*, pp. 334–343, 2002.
- [2] T. Kooijmans, T. Kanda, C. Bartneck, H. Ishiguro, and N. Hagita. Interaction Debugging: an Integral Approach to Analyze Human-Robot Interaction. In *Proc. of the ACM 1st Annual Conference on Human-Robot Interaction (HRI2006)*, pp. 64–71, Mar. 2006.
- [3] Ren Ohmura, Futoshi Naya, Haruo Noma, and Kiyoshi Kogure. B-Pack: A Bluetooth-based Wearable Sensing Device for Nursing Activity Recognition. In *Proc. of International Symposium on Wireless Pervasive Computing 2006 (ISWPC2006)*, Jan. 2006.
- [4] 中村学, 川島英之, 佐竹聡, 今井倫太, 安西祐一郎. RSV: コミュニケーションロボットのためのセンサデータ解析支援システム. 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 47, No. 8, pp. 105–120, 6月 2006.
- [5] 高柳英沙子, 大村廉, 納谷太, 野間春生, 小暮潔. 人の行動分析のための赤外線通過センサの開発. 第 4 回 情報科学技術フォーラム予稿集 (FIT2005), M-021, pp. 259–260, 9月 2005.