

ウェアラブルセンサによる看護業務の自動行動計測手法

桑原教彰 野間春生 鉄谷信二
萩田紀博 小暮 潔 伊関 洋

ウェアラブルセンサによる看護業務の自動行動計測手法

桑原 教彰[†] 野間 春生^{††} 鉄谷 信二^{††}
萩田 紀博[†] 小暮 潔[†] 伊関 洋^{†††}

医療事故に結び付く可能性のある看護業務の作業環境を改善していくことが求められている。医療事故の原因分析には、事故に関係した医療従事者の行動履歴の情報が重要である。本論文は、看護行為を妨げないウェアラブルセンサにより、看護師の1日の行動を自動計測して、看護履歴を作成するために必要なデータを自動的に収集する手法を提案する。まず看護行動の自動計測方法の基本方針を述べる。次にこの方針に基づいて、音声入力、歩数、姿勢の傾斜角、に着目したウェアラブルセンサを試作し、実際の医療現場で本手法の有効性を示す。具体的には、歩数、上半身の傾斜角だけから日常的に頻繁に実施される看護業務がいくつか大きく分類できることを示し、その結果と音声認識を組み合わせることで、実際の医療現場で収集したサンプルデータに対して、音声認識単独の場合より高い識別率で看護業務を識別できたこと、および、記録されたデータを看護師の実際の看護記録と比較して、この自動計測法では従来の看護記録には記録されない予定外の行動を含む履歴が残されたことを示す。

Auto-event-recording for Nursing Operations by Using Wearable Sensors

NORIAKI KUWAHARA,[†] HARUO NOMA,^{††} NOBUJI TETSUTANI,^{††}
NORHIRO HAGITA,[†] KIYOSHI KOGURE[†] and HIROSHI ISEKI^{†††}

In order to improve the quality of medical service, we propose a method for auto-event-recording of nursing operations with little disturbance of their moves. We've developed the wearable sensors to allow recording the type of job units by recognizing their voices, the number of foot steps and their physical postures. Several experiments are made by using these sensors at a hospital. Experimental results show that we can categorize the nursing jobs most frequently operated by the nurses, by analyzing data of their foot steps and physical postures. Then, by utilizing this result with the speech recognition, the nursing record is reconstructed, better than that by using only the speech recognition. Finally, by comparing the reconstructed nursing records with the actual ones, we show that our sensors can record the nurse's jobs that are missed on the actual nursing records.

1. はじめに

看護師は患者の状態を定期的に観察し、食事や身の回りの世話をし、昼夜を問わず予期せぬ緊急事態に対処している。さらにその1日の最後に、心身とも疲労した状態で看護業務のサマリを記録する。今まさに社会的な関心となっている医療安全の観点からは、いわゆるヒヤリハットと呼ばれているインシデント、アクシデント事例に関する記録の分析を通じ、医療事故に

結び付く可能性のある作業環境を改善していく必要がある。医療の最前線において、医療スタッフの中で患者に接する時間が最も長い看護師の記録は、ますます重要性を増している。ところが医師、看護師ともに忙しく、正確な記録を残すこと、そして記録された情報を共有することが難しいのが実態である。このような看護師の5W1H (When, ..., How) の体験を自動的に記録、分析し、医療スタッフ間で共有することを可能にすることは、たとえば新人がベテランの段取りを速やかに吸収して業務の能率が向上し、結果、患者に対するよりきめ細かな対応が可能になる、また事故原因となった危険な作業手順を全員が周知することでの危険予測等、医療の質の向上に寄与することが期待される。

現在、ほとんどの病院では、看護師はチャート、フ

[†] ATR 知能ロボティクス研究所
ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories

^{††} ATR メディア情報科学研究所
ATR Media Information Science Laboratories

^{†††} 東京女子医科大学
Tokyo Women's Medical University

ローシートと呼ばれる文書に患者の観察結果や処置内容を記録している。一般的には、患者のベッドサイドで処置を実施した後、ナースセンタに帰ってからこれらを記入する。また1日の看護のサマリについてはこの記録を頼りに、1日の患者の状態を想起しながら記録する。看護記録などの院内記録の情報化は、医事会計システムから始まってオーダリングシステムがようやく普及した段階であり、今後、徐々に電子カルテの導入が進んでいくと予想される^{1),2)}。電子カルテにおける取り組みとして、携帯端末に検査、投薬、点滴などの医師の指示を表示し、また患者の体温、脈拍などの観察結果や投薬、注射などの処置を指やペンで入力して、データは院内通信網で送信する方法が知られている^{3)~6)}。これによって、看護行為の発生とその記録までのタイムラグが短縮されて記録事項の漏れなどが減少し、記録の正確性が増すことが期待される。しかし、携帯端末の携行やその入力操作が看護業務を妨げる可能性がある。また汚染をとまなう作業環境の下で、携帯端末を操作して入力を実施することは、依然として困難である。さらに今回の実験で示されたように、看護師は当日の自分の担当患者以外への看護を、担当患者に対するのと同程度の頻度で実施しながら、このような予定外の看護の記録を残していない。予定外の情報を携帯端末のインタフェースから逐一入力するのは、やはり簡単ではない。このように看護の現場への適用を考えると、従来のインタラクション技術の単なる延長では解決できない問題が存在しており、それらを克服するブレイクスルーが求められる。そこで我々は従来の紙への記録、あるいは上述の電子カルテによる記録を補完するために、看護師の動作を妨げずに看護行為を音声で記録し、さらに看護師の歩数と、襟首に装着したセンサで上半身の傾斜角データを計測するウェアラブルセンサを提案し、試作した^{7)~9)}。これにより音声入力でもどんな状況でも、実際に看護が行われている現場での入力を可能とし、さらに音声認識によって看護師の行為を自動的に識別する。しかし実環境下で入力された音声データから、音声認識によって看護行為を100%の精度で自動識別することは困難である。そこで歩数や上半身の傾斜角を記録し、観測データから看護行為の身体的な振舞いの特徴を分析し、それを利用して看護行為の識別率を向上させることが期待される。

本論文は、看護行為を妨げないウェアラブルセンサを用いて看護師の1日の行動を自動計測することで、看護履歴を作成するために必要なデータを自動収集する手法を提案する。まず看護行動の自動計測方法の基

本方針を述べ、この方針に基づいて音声入力、歩数、上半身の傾斜角に着目したウェアラブルセンサを試作し、実際の医療現場で本手法の有効性を示す。具体的には、歩数、上半身の傾斜角だけから日常的に頻繁に実施される看護業務をいくつか大きく分類できることを示し、その結果と音声認識を組み合わせることで、実際の医療現場で収集したデータに対して、音声認識単独の場合より高い識別率で看護業務を識別できたこと、および、記録されたデータを看護師の実際の看護記録と比較して、本手法では従来の看護記録には記録されない予定外の行動の履歴を残すことを示す。

2. 基本方針

前述のように、医療のインシデント、アクシデント事例の分析には、看護師の行動を正確に記録することが重要である。電子カルテ、携帯端末の導入で記録の正確性の向上が期待される反面、依然として記録に困難さとともなう状況は存在する。こういった状況では、自動行動計測により看護師の業務を記録する方式が有効である。そこで、看護師が装着したウェアラブルセンサと、マイク、カメラ、センサ類を病院内に張り巡らしたユビキタス環境（インフラ）を連動させて、看護業務を自動行動計測することを検討している。ウェアラブルセンサについては、すでに様々な研究が行われている^{10)~12)}。前述のように携帯端末の使用が困難な状況では、音声入力したデータを音声認識させる方法が有効である。しかし、一般に実環境下での音声認識は、環境音の影響などで認識率を上げるのが難しい。また、識別対象の語彙が増えるにともなって認識率は低くなる。そこでウェアラブルセンサのデータから看護師の行為を分析し、実施している可能性の高い行為を表す語彙に絞り込んだ辞書を作成する。それを用いて音声認識することで看護行為の識別率を向上させる。音声以外のデータとして、たとえば皮膚電気活動や心拍を観測し、看護師の覚醒状態やストレスを推測することが可能であり、これらはインシデント、アクシデントの分析に重要と考えられる。しかしこれらの収集には指先にセンサを装着する必要がある。看護の現場には適さない。またそれ以外の現場での制約を看護師にヒヤリングした結果、本装置では計測対象を音声入力に加えて、看護師の動作の観測量を歩数、上半身の傾斜角にとどめた。

3. システム構成

今回開発したシステムは2章の基本方針に基づき、看護師の音声入力、歩数、上半身の傾斜角データを収



図 1 センサの構成
Fig. 1 Our wearable sensors.

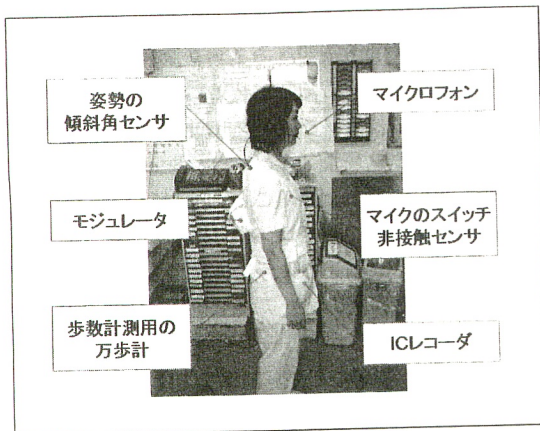


図 2 看護師がセンサを装着したところ
Fig. 2 Nurse wearing our sensors.

集、蓄積するためのウェアラブルセンサ部分と、蓄積されたデータを PC に取り込んで分析するソフトウェアから構成される。以下でそれぞれについて述べる。

3.1 ウェアラブルセンサの構成

上述のデータを計測するための、本装置の構成を図 1 に示す。また図 2 は、看護師が本装置を装着したときの写真である。本装置は音声入力用「マイク」と、看護師のプライバシー保護のために後述する方法でマイクのオンオフを行う「非接触磁気センサ (MR センサ)」、歩数計測用「万歩計」、上半身の傾斜角 (姿勢) の計測用「傾斜角センサ」、それらからの信号を表 1 に示すように周波数別に分けて、音データとして IC レコーダに記録するため周波数変調する「モジュレータ」からなる。

表 1 モジュレータの仕様
Table 1 Specification of modulator.

| | |
|--------|---|
| マイクのオン | 3,900 Hzを100 msec 記録する |
| マイクのオフ | 1,700 Hzを100 msec 記録する |
| 音声入力 | マイクオンからオフの間、他のデータをマスクして音声データだけをそのまま記録する |
| 傾斜角データ | -90度~90度を、600 Hz~1,300 Hzにマッピングして記録する |
| 歩数データ | 2,160 Hzを100 msec 記録する |

今回の試作で、センサからの各種データを音に変換したうえで IC レコーダを記録媒体としたのは、IC レコーダが実音声データを含めた長時間のデータ記録が可能でかつ小型軽量であるため、PDA で装置を構成した場合に比べ看護師が装着する装置の構成が容易かつコンパクトになるからである。また IC レコーダの操作が看護師にとって簡単であり、記録媒体を交換する際、看護師の誤操作の可能性が低いと考えた。IC レコーダは、MPEG-2.0 Layer3 16 KHz サンプリングの形式で約 5 時間の録音が可能である。また USB インタフェースを有し、PC に接続するだけで記録されたデータを容易に PC にアップロードできる。

また感染防止の理由で、看護業務中にスイッチに触れることを避けるため、磁気に反応する「非接触磁気センサ」をマイクのスイッチとし、看護師は手首に貼った磁石を近づけてマイクのオンオフを切り替える。マイクはオフを忘れても、オンから 10 秒後には音声入力終了していると判断し、自動的にオフされる。

3.2 看護業務計測データ分析ソフトの構成

本ソフトウェアは、ウェアラブルセンサからアップロードした MP3 ファイルをデコードし、それをまず FFT (高速フーリエ展開) によって、マイクのスイッチオンオフの信号、歩数、上半身の傾斜角の各データに分離する。歩数、上半身の傾斜角の各データは、時系列のグラフ形式で GUI を用いて表示される。これらデータから後述する特徴ベクトルが算出され、これを汎用データ解析パッケージの MATLAB が提供する MANOVA (Multivariate Analysis of Variance¹³⁾、および主成分分析の機能により、各看護業務で歩数、上半身の傾斜角のデータの特徴や、その有意差を分析する。

またマイクのスイッチオン、オフの間にあるデータは看護師の音声入力として切り出され、音声認識処理が実行される。音声認識には SAPI 版 Julius (Windows 版) を用いた¹⁴⁾。これによって看護師がどの患者に対し何の看護行為を実施したか自動的に抽出し、看護師の 1 日の業務のタイムチャートを作成、表示できる。このためには音声入力データに、看護行為を識別する情報が画一的に記録される必要がある。よって看護師

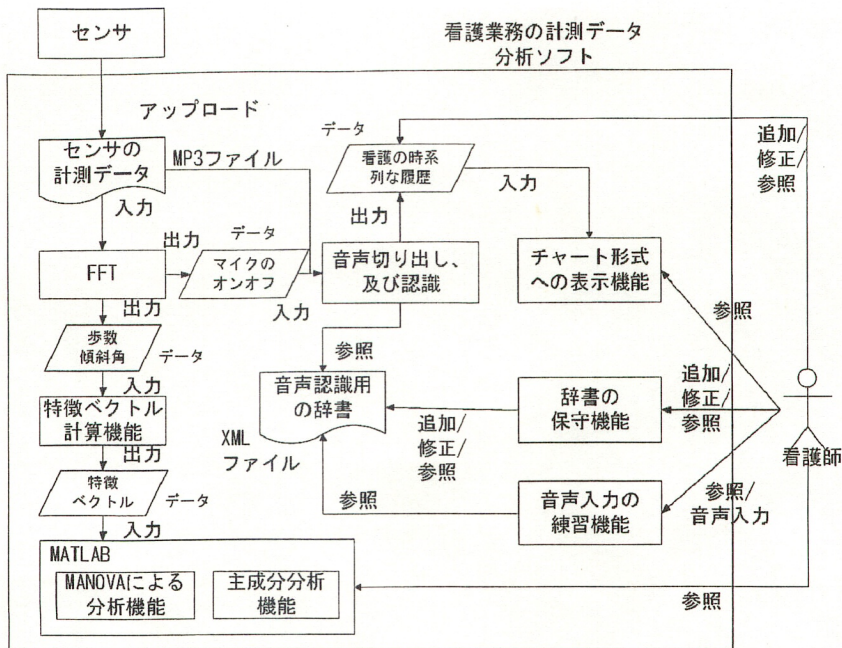


図 3 看護業務の計測データ分析ソフトの構成
 Fig. 3 Software for analyzing data from our sensors.

には事前に、看護作業の開始、終了時に「どの患者」に「何の看護行為」を実施する/したと発話するように指示した。また、SAPI 版 Julius を使って音声認識を実施するためには、看護師が発話する可能性のある語彙、および文法を XML 形式であらかじめ辞書として記述しておく必要がある。そこで日本看護協会から出されている看護業務基準に示されている看護業務分類¹⁵⁾などを参考に、脳神経センターの実態に即した辞書を作成した。一般的な略称なども考慮すると、看護行為に関する語彙数は 278 個となった。一方、患者名などの固有名词も辞書に登録しておく必要がある。また看護行為の呼び方は、前述で定義した一般的な呼び方以外に、各医療現場、あるいは各看護師で独特の呼び方、言い回しが存在する。よってそれらに応じて辞書を容易にメンテナンスする機能を用意した。さらに、看護師が辞書に沿った発話をあらかじめ確認、練習できるように、辞書から適当な発話の例文を生成し、看護師がそれを発話して正しく音声認識されるかを確認できる音声入力練習用のツールも提供した。以上をまとめて図 3 に示す。

4. 計測データの分析について

東京女子医科大学病院、脳神経センターの一般病棟 (39 床)、ICU 病棟 (9 床) で実験した。まず予備実験として、看護師にセンサを 1 時間程度装着したまま、

看護作業を実施してもらい、装着感に問題はないか、看護業務の最中に音声入力できるか、また歩数や上半身の傾斜角のデータが収集できるか検討した^{7),8)}。その結果、終日のセンサの装着、データ計測が可能と判断し、本実験として 6 名の看護師 (一般病棟 (4F) が 5 名、ICU 病棟が 1 名) を被験者として日勤の終日 (8 時間)、データ計測を実施した。IC レコーダの録音時間が最大で 5 時間であるため、各看護師は昼の休憩の間に IC レコーダを交換した。

4.1 歩数、上半身の傾斜角データの分析

予備実験^{7),8)}では看護行為を 3 つに大分類し、それぞれの分類に属する看護業務中に計測された歩数、傾斜角データ (以下、行為データ) から計算される特徴ベクトルに対して、各分類のグループ平均に有意差があることを確認した。特徴ベクトルは、時間軸方向にフレーム長を定め、フレーム内の歩数累積、傾斜角平均、傾斜角分散、そしてフレーム間の歩数差分、傾斜角分散の差分を計算した組を用いた。フレーム長は予備実験時の最短の作業時間であった 40 秒に設定した。本実験でも特徴ベクトルを同様に定義した。

以下で、本実験でも同様な傾向が得られることをまず確認する。次に、看護業務の新たな分類カテゴリについての検討を行う。

4.1.1 一般病棟 (4F) の看護師のデータ分析

図 4 で、一般病棟 (4F) の 5 名の看護師の行為デー

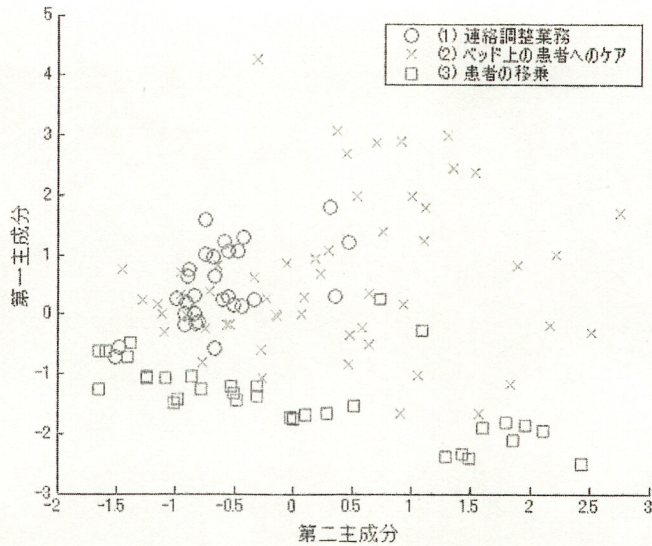


図4 一般病棟(4F)の看護師のデータの分析結果

Fig. 4 Result of principle component analysis for data of 4F nurses.

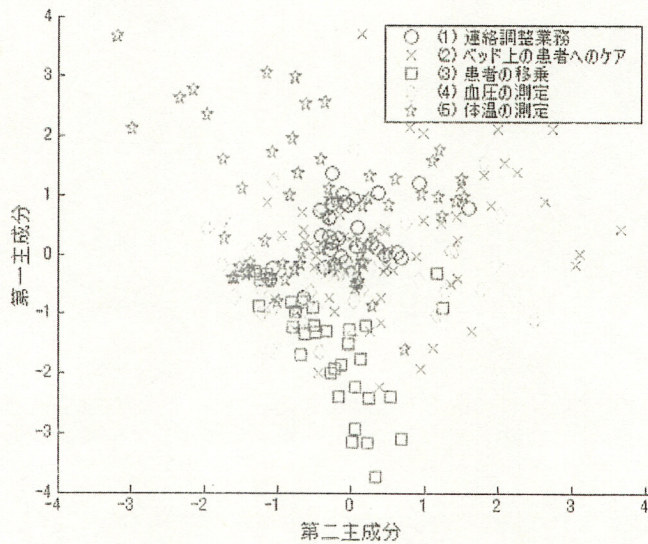


図5 予備実験の3カテゴリにバイタル測定を加えた分析

Fig. 5 Result of principle component analysis adding data of vital-sign observation.

タが予備実験^{7),8)}の結果と同様に,以下の3つのカテゴリに分類できることを示す.

- (1) 連絡調整業務
- (2) ベッド上への患者のケア(ベッドバス, 体交, インセン[☆]など)
- (3) 患者の移乗(車椅子からベッド, ベッドから車

椅子など)

予備実験と同様に,各グループ平均の間に有意差を検出した.一方,4Fのデータには上記のカテゴリ以外にバイタル測定^{☆☆}の業務が多く入力されている.そこで以下の看護業務を上記に新たに加えて分析した.結果を図5に示す.

- (4) 血圧の測定

☆ ベッドバスとは,ベッド上で患者の全身を清拭するケア.体交とは体位交換の略.体位交換とは,褥創対策のため患者のベッド上での体位を定期的に変化させるケア.インセンとは陰部洗浄の略.

☆☆ バイタル測定とは,血圧や体温などの患者の基礎的な状態の測定,医療分野における総称.

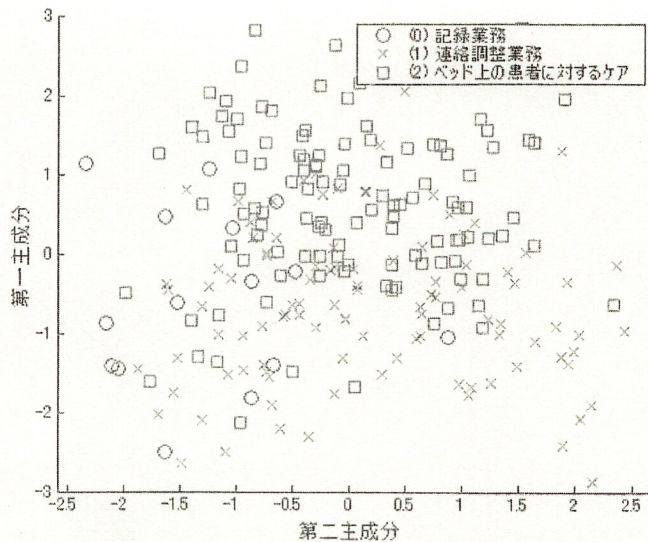


図 6 ICU の看護師のデータの分析結果

Fig. 6 Result of principle component analysis for data of ICU nurse.

(5) 体温の測定

結果, 4つのカテゴリに関して, 各グループ平均の間に有意差を検出した。グループ間のマハラノビス距離(10通りの組合せ)が最も小さいのは, 上記のカテゴリ(1)と(4)であった。この2つに対してMANOVAを適用し, 連絡調整業務と血圧測定に関して有意差が得られないことも分かった。

4.1.2 ICU の看護師のデータ分析

ICU の看護師の行為データからは, 予備実験^{7),8)} の3つのカテゴリのうち, 患者の移乗に関する業務が現れなかったため, これは分類対象から除いた。その代わりに記録業務が多く残されていたので, これを新たに加えて以下の3つのカテゴリで特徴ベクトルを分析した。図6に結果を示す。

- (0) 記録業務
- (1) 連絡調整業務
- (2) ベッド上への患者のケア (ベッドバス, 体交, インセンなど)

各グループ平均の間には有意差が確認された。第1主成分は傾斜角の分散が主に寄与しており(正方向), 第2主成分は歩数が主に寄与している(正方向)。記録業務の特徴ベクトルが, 傾斜角分散, 歩数ともに小さいところに分布しているのは直感的に理解しやすい。

4.2 観測データからの看護行為の識別

予備実験^{7),8)}の際には音声認識用の辞書が完成しておらず, 看護師に発話に用いる語彙についての指示ができなかったため, 音声認識可能な品質のデータが得られなかった。そこで今回は, 実験に先立っての音声

入力方法の周知, および前述の音声入力練習用のツールで各自が30分程度の練習を実施したのち実験に臨んだ。事前の練習の効果で, ある程度, 辞書に登録された語彙による音声入力が行われた。

しかし,

- (1) 複数の看護行為をまとめて入力するがあった。たとえば, 「体温と血圧の測定」, 「体交とおむつ交換」など(辞書ではそれぞれ別個に定義),
- (2) 辞書がカバーしていない看護行為が存在した。たとえば, 「チャート記入」, 「呼吸器確認」など, といった理由で, やはり辞書を看護師の発話に応じてカスタマイズすることが必要であった。

ある看護師の午前中の音声入力データを例にして, 得られた発話データを音声認識し看護行為の時系列なチャートを生成した結果を図7に示す。横軸は計測開始からの時間, 縦軸には看護作業が表示されている。実際の画面上ではチャートにプロットされている丸い点の色で患者などを表している。このサンプルでは43の発話の確認され, 音声認識単独では32例を正しく認識した(74%)。

次に, 前節までに示した行為データの分析結果を利用して, 看護行為の識別率が向上するか確認した。基本方針で述べたように, 識別対象の語彙が増えるにともない認識率が低くなるので, 観測された行為データが属する可能性が高いカテゴリの語彙に絞り込んだ辞書を用いて音声認識させる。行為データとあるカテゴリが同一と判定する確率を, カイ二乗検定を用いて求め, 確率が上位のものをその行為データから認識され

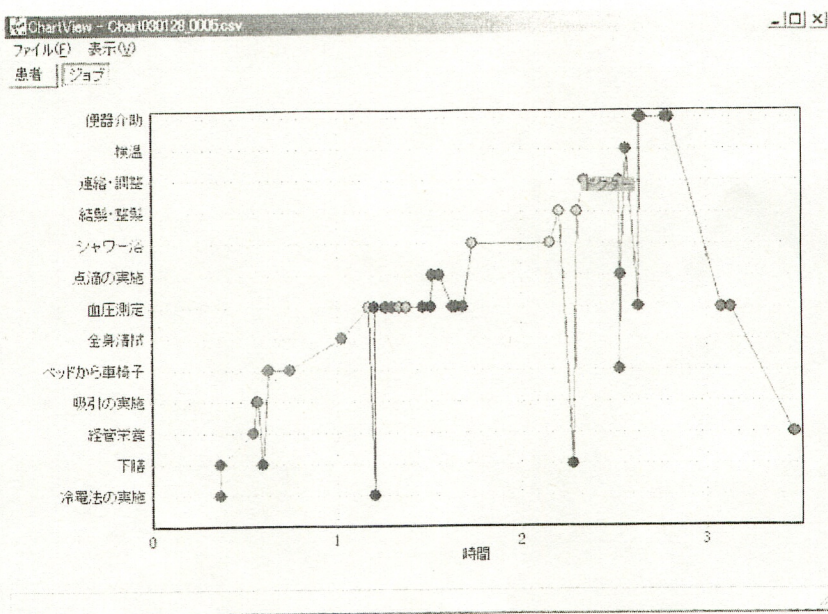


図 7 音声入力から再現された看護履歴のチャート
 Fig. 7 Nursing chart reconstructed from voice inputs.

たカテゴリとした。音声認識が正解の発話 32 例のうち、正解カテゴリがあらかじめ分かっている 24 例に対し、行為データから認識されたカテゴリは正解であった。残りの 8 例は正解カテゴリが不明のため、今回の確認対象外とした。音声認識が成功した発話に対し、確認した範囲ではカテゴリの誤認識はなかった。次に音声認識を誤った 11 例のうち 5 例について、上述の方法で音声認識が成功するかを確認した。他 6 例は看護師の言い誤りに起因する誤認識のため対象外とした。今回は、語彙を絞り込んだ辞書を用意する代わりに、誤認識語彙が行為データから認識されたカテゴリに含まれない場合、その語彙を辞書から削除して音声認識させる単純な評価を実施した。たとえば「ベッドバス」と誤認識した場合、これはベッド上の患者へのケアのカテゴリに属する語彙であるが、観測された行為データから認識されたカテゴリとそのカテゴリが異なる場合、音声認識の際には「ベッドバス」を辞書から削除する。結果、前述の 5 例の誤りのうち、4 例については誤認識語彙が認識時に削除されることで、最終的には 36 例について正しく認識された (84%)。残り 1 例は、誤認識語彙と正解語彙が属するカテゴリが同じであったので、誤認識語彙を辞書から削除できなかった。

4.3 実際の看護記録との比較

音声入力されたデータを用いて生成した看護行為のチャートと、実際に看護師が記録する文書との比較を

表 2 実際の看護記録に記録された項目
 Table 2 Items in actual nursing records.

| | | 観察 | ケア | 連絡調整、その他 |
|---------------|------|----|----|----------|
| 看護師A (4F) | 患者A1 | 4 | 1 | 0 |
| | 患者A2 | 2 | 1 | 0 |
| | 患者A3 | 7 | 2 | 0 |
| | 患者A4 | 6 | 3 | 0 |
| | 患者A5 | 5 | 1 | 0 |
| | 患者A6 | 2 | 0 | 0 |
| | 小計 | 26 | 8 | 0 |
| 看護師B (ICU) | 患者B1 | 9 | 10 | 1 |
| | 患者B2 | 7 | 5 | 0 |
| | 小計 | 16 | 15 | 1 |
| 大計 | | 42 | 23 | 1 |

行った。日々の看護師の看護行為を記録したチャート (体温、血圧など一般的な記録)、およびフローシート (褥創管理など各問題に特化した経過の記録)¹⁶⁾を比較対象とした。そこで一般病棟 (4F) の看護師 A、および ICU 病棟の看護師 B についての当日の担当患者に対するそれらの文書を、東京女子医科大学病院の脳神経センターの協力のもと分析した。看護師 A の担当患者は 6 名、看護師 B の担当患者は 2 名であった。担当の各患者に対する文書に記録された項目を、整理して表 2 に示す。各項目を、「観察」、「ケア」、「連絡調整、その他」の 3 つのカテゴリ分けてまとめた。以下では、血圧、体温などは医療分野でこれらを総称するバイタルサインとしてまとめて扱った。一方、表 3 には本装置への音声入力から認識された看護行為の項目を、表 2 と同様にまとめた結果を示す。

表 3 音声入力から識別された項目

Table 3 Items identified from voice inputs.

| | | 観察 | ケア | 連絡調整、 その他 |
|---------------|------|----|----|--------------|
| 看護師A (4F) | 患者A1 | 0 | 0 | 0 |
| | 患者A2 | 2 | 0 | 0 |
| | 患者A3 | 3 | 1 | 3 |
| | 患者A4 | 3 | 5 | 0 |
| | 患者A5 | 1 | 0 | 0 |
| | 患者A6 | 1 | 0 | 0 |
| | 小計 | 10 | 6 | 3 |
| 看護師B (ICU) | 患者B1 | 3 | 12 | 3 |
| | 患者B2 | 3 | 3 | 4 |
| | 小計 | 6 | 15 | 7 |
| 大計 | | 16 | 21 | 10 |

表 4 観察の項目の内訳

Table 4 Details of observation items.

| | | バイタル サイン | 意識レベル その他の 患者の状態 | その他の 患者データ | 機器類の 確認 |
|---------------|-----------|-------------|------------------------|---------------|------------|
| 看護師A (4F) | 実際の 記録 | 6 | 15 | 5 | 0 |
| | 音声 入力 | 5 | 0 | 4 | 1 |
| 看護師B (ICU) | 実際の 記録 | 2 | 10 | 4 | 0 |
| | 音声 入力 | 2 | 0 | 4 | 0 |

表 2, および表 3 から, 音声入力では観察カテゴリの項目の記録が不十分であることがうかがえる. 次に表 4 に, 観察の項目についての内訳を示す. 表 4 から, 意識レベル, その他の患者の状態に関する記録は音声入力ではまったく残せていない. これら観察は患者のケアや患者との何気ない会話を通じて, 看護師が無意識に実施する行為であり, 明示的に行為の記録を残すのが困難なためである.

また音声入力では, 自分の担当以外の患者に対する看護の記録が多く残っている. 看護師 A (4F) は担当の 6 名の患者以外に, 6 名に対する看護を実施している. また看護師 B (ICU) は担当の 2 名の患者以外に, 1 名に対する看護を実施している. 担当患者の訪室時に他の患者の排泄や清拭などに遭遇しその介助に入った, 予定外の割込み業務である. 表 5 に, 各看護師が音声入力で記録した, それらの患者に対して実施した看護行為の内訳を示す. ケア, 連絡調整に関して, 自分の担当患者以外への看護を, 担当患者以上に実施している. しかし実際の記録上, これらの看護の実施者についての記録は残されていなかった.

5. 考 察

5.1 歩数, 上半身の傾斜角データの分析について

図 4 に示したように, 予備実験^{7),8)} で分類した 3 つのカテゴリについて, 今回の一般病棟 (4F) の看護師

表 5 担当患者以外への看護行為の記録数 (音声入力)

Table 5 Number of cares for patients who is not assigned to nurses explicitly (identified from voice inputs).

| | | 観察 | ケア | 連絡調整、 その他 |
|---------------|--|----|----|--------------|
| 看護師A (4F) | | 1 | 12 | 10 |
| 看護師B (ICU) | | 0 | 12 | 1 |
| 計 | | 1 | 24 | 11 |

に対する計測でもグループ平均の間に有意差があることを確認した. 一方, 図 5 で示したように, 新たに加えた 2 つのカテゴリである, 血圧の測定, 体温の測定については, 血圧の測定と連絡調整業務のグループ平均の間に有意差を見出せなかった. しかし上記の 2 つの業務は, 実施される場所が異なる. 前者は病室であり後者はナースセンタである. よって何らかの手段で所在情報を取得できるようにインフラを整備することで, それらの業務が特徴量と所在情報で区別できるようになると期待できる. また図 6 では, ICU の看護師のデータに対して, 前回の実験にはない新たなカテゴリである記録業務の特徴ベクトルのグループ平均が, 他の業務のそれと有意差があることを示した.

5.2 観測データからの看護行為の識別について

4.1 節で得られた行為データのカテゴリ分類の結果を用い, 4.2 節で述べたように行為データと音声データを組み合わせて, 音声認識単独の場合よりも高い識別率で看護業務を識別できた. よって, ウェアラブルセンサで音声, 歩数, 上半身の傾斜角のデータを収集してそれを統合することで, より正確な看護履歴を自動生成できる可能性が示された.

また 4.3 節では, まず実際の看護の記録の内訳が以下であることを示した.

- (1) 6 割以上を観察と呼ばれる行為にあてている. 観察行為とは, 患者の体温, 血圧などの測定, あるいは問いかけに対する反応などを見ること.
- (2) 残りが実際に行ったケア, すなわち口腔ケア, ベッドパス, 車椅子移乗などの記録である.

それに対して本システムへの音声入力では観察記録が十分に残せていないため, これらについては従来の紙ベースの記録方法, あるいは電子カルテをベースとしたシステムとのインテグレーションを検討していく必要がある.

次に音声入力データから, 各看護師は自分の担当患者以外にも, 同程度の頻度でケアを施していることが分かった. これは 4.3 節で述べたように, 介助が必要な患者に遭遇したために発生した予定外の割込み業務

であり、従来はそれら看護の実施者は記録されない。今回の調査で、この種の予定外の行為は、1日の看護師の業務量を把握するうえで無視できないほどの頻度で発生することが分かった。看護師の業務量を把握するためには、被験者の看護師に調査員が業務中付き添って記録を行うような方法が一般的であるが、本装置ではそういった必要なしに実際の記録に現れない業務量についても把握が可能となる。

一方、医療事故の1つの原因として、個々の作業の遅れから時間が押してパニックになる、あるいは作業に割込みが入ったため、通常では考えられないようなミスを犯す、といったことが報告されている¹⁷⁾。こういったケースの分析には、看護師がどんな順序で患者に接し、各患者にどういったシーケンスで看護を実施したのか、また各看護にどの程度の時間を要したのか、経時的な記録が必要である。しかし最近の看護記録では、POS (Problem Oriented System) やフォーカスチャート¹⁶⁾といった、患者の問題点を中心に据えた記録方式が一般的となっており、時系列に看護行為を並べるような経時的な記録ではなくなっている。さらに、記録は患者別に残されるものである関係上、看護師が1日を通してどのような段取りで看護業務を遂行したかは容易に把握できない。これに対して本システムでは、図7に示すような各看護師の実施した看護業務の時系列のチャートが容易に得られる。また前述のような従来の看護記録には残らない看護業務の割込みについても記録される。従来、看護師の記憶に頼る以外になかったこれらの記録は、医療現場でのヒヤリハット事例の分析において、事故を起こしやすい業務シーケンス、あるいは割込み業務などを発見するうえで必要な情報である。

6. 今後の課題

今回開発したシステムでは、音声、歩数、上半身の傾斜角のデータを統合することで、音声認識の単独での看護行為の誤認識に対応した。今後、看護師の言い誤りに起因する誤認識に対応するため、看護師がより発話しやすい音声認識用の語彙を用意することを検討する。

次に、従来の看護記録で残すことが困難である、担当外の患者への予定外の看護の割込みや、その時系列の情報が、看護師の通常の看護業務を通して自動的に記録できることを示した。一方、患者の状態の観察結果といった従来の紙ベースの記録、あるいは電子カルテが得意とする部分に関しては十分な記録が可能とはいえない。これは本システムと電子カルテが相補う関

係であり、今後その組合せで初めて看護師の行為を漏れなく記録した看護記録の完全な自動化が可能になることを意味している。今後は、電子カルテなどの院内情報システムとの有効な連携方法について検討を進めていく。

また患者の意識レベルの確認、あるいは患者の麻痺の状態、痛みなどの訴えからの状態の把握などについては、たとえば、本システムで計測したデータからリアルタイムに看護師のアテンションを検出し、これと患者のベッドサイドに配置した固定カメラ、マイクを連動させて患者の反応を記録する。そして、それをサマライズして看護履歴の一部として看護師に情報提示することが考えられる。我々はすでに、展示会を対象として展示会参加者や説明員のアテンションに応じて、会場の固定マイク、カメラ、あるいは参加者のウェアラブルなそれらで収集したデータを自動的にサマライズし情報提示する手法¹⁸⁾を開発している。今後、ウェアラブルセンサの記録データのデジタル化、無線化によるリアルタイムでの看護師のアテンションの検出方法、および画像処理によるプライバシー保護技術を組み合わせての適用を検討する。

このような枠組みを構築して、看護師が従来の紙への記録では得られない正確で臨場感のある情報の共有が可能になることで、看護師の患者の観察技術の向上に寄与すると期待される。

7. まとめ

音声入力、歩数、上半身の傾斜角を看護行為を妨げずに計測するウェアラブルセンサにより、看護師の1日の看護履歴を作成するためのデータを自動的に収集する手法を提案した。実際の医療現場で収集した歩数、上半身の傾斜角データだけから、日常的に頻繁に実施される記録業務、連絡調整業務、ベッド上の患者へのケア、患者の移乗、体温の測定の5種類の業務で有意差が得られることを示した。そして、その結果と音声認識を組み合わせることで、実際の医療現場で収集したサンプルデータに対して、音声認識単独の場合の識別率(74%)より高い識別率(84%)で看護業務を識別できたことを示した。次に、計測結果と看護師の実際の記録文書との比較から、看護師は自分の担当以外の患者への予定外の看護を、担当患者への看護以上に実施していることを明らかにした。そのような予定外の看護の記録は、これまで従来の看護記録には残されてこなかった。また現実的にそれらをすべて看護師が文書として記録することは困難である。我々の手法によって、従来の看護記録には残らない看護の割込みを

含む業務シーケンスという、インシデント、アクシデントの分析に必要な情報が記録できることを示した。

謝辞 実験にご協力いただいた東京女子医科大学病院、脳神経センターの看護師の皆様、および、音声認識技術に関してのご助言をいただいた京都大学大学院情報学研究科の河原達也教授、ATR 音声言語コミュニケーション研究所の中村哲室長に感謝します。データの解析にご協力いただいた(株)SCCの片山展行様、京都工芸繊維大学の学生、大村亜希様に感謝します。本研究は通信・放送機構の研究委託“超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラクション・メディアの研究開発”により実施したものである。

参考文献

- 1) 松山幸弘：医療介護分野の効率化と満足度向上，*FRI Review*, Vol.4, No.3, pp.33-51 (2000).
- 2) 今西陽一郎ほか：病院におけるトータル・ソリューション，三菱総合研究所所報，No.40, pp.62-110 (2002).
- 3) 秋山昌範：医療行為発生時点情報管理 (POAS: Point of Act System) による統合化病院情報システム，*医療情報学*, Vol.21(Suppl.), pp.32-33 (2001).
- 4) 秋山昌範：医療過誤対策のための病院情報システム，*医療情報学*, Vol.21(Suppl.), pp.106-108 (2001).
- 5) 大森真一ほか：携帯端末による医療行為発生時点管理 (POAS: Point of Act System) の実現，*医療情報学*, Vol.22(Suppl.), pp.328-329 (2002).
- 6) 平塚智文ほか：病棟部門システムでの医療行為発生源管理 (POAS: Point of Act System) の実現，*医療情報学*, Vol.22(Suppl.), pp.330-331 (2002).
- 7) 桑原教彰ほか：ウェアラブルセンサによる看護業務の自動計測の提案，*SICE SI2002 講演論文集 (III)*, pp.33-34 (2002).
- 8) 桑原教彰ほか：ウェアラブルセンサによる看護業務の自動計測の提案，*インタラクション 2003 論文集*, pp.201-202 (2003).
- 9) 伊関洋ほか：E-ナイチンゲール (医療のトレーサビリティ)，*医学の歩み*, Vol.204, No.8, pp.568-569 (2002).
- 10) Naemura, K., et al.: Development of a new wearable multi-channel sensing unit, *EMBS 2001, Proc. 23rd Annual Int. Conf. of the IEEE*, Vol.4, pp.3874-3877 (2001).
- 11) 大内一成ほか：LifeMinder TM：状況認識を用いたウェアラブル健康管理システム，*SICE SI2002 講演論文集 (I)*, pp.409-410 (2002).
- 12) 灘吉隆也ほか：ウェアラブル端末を用いた看護支援システムの開発，第 65 回情報処理学会全国大会講演論文集 (5)，pp.215-218 (2003).
- 13) Anderson, T.W.: *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*, p.675, John Wiley & Sons, Inc., (1984).
- 14) 住吉貴志ほか：音声認識エンジン Julius/Julian の API 実装，*情報処理学会研究報告*, 2001-SLP-37-16 (2001).
- 15) 日本看護協会 (編)：日本看護協会看護業務基準集，p.180, 日本看護協会出版会 (2002).
- 16) 岩井郁子：看護記録，*アイアンドアイ*, p.70 (2000).
- 17) 川村治子：看護のヒヤリ・ハット事例の分析—与薬 (注射) エラー発生要因の分析を中心として，医療のリスクマネジメントシステム構築に関する研究，平成 11 年度厚生科学研究費。
- 18) 角康之ほか：複数センサ群による協調的なインタラクションの記録，*インタラクション 2003 論文集*, pp.255-262 (2003).

(平成 15 年 4 月 10 日受付)

(平成 15 年 9 月 5 日採録)



桑原 教彰 (正会員)

1987 年東京大学工学部精密機械工学科卒業。同年住友電気工業株式会社に入社。2002 年 9 月 ATR メディア情報科学研究所に外向。以来、五感メディア、協調メディアの研究に従事。博士 (工学)。現在、ATR 知能ロボティクス研究所主任研究員。



野間 春生

1989 年筑波大学第 3 学群基礎工学類卒業。1994 年筑波大学大学院博士課程工学研究科修了。同年 ATR 通信システム研究所入所。2001 年 ATR メディア情報科学研究所主任研究員に着任。人工現実感、臨場感通信、力覚インタフェース、体性感覚インタフェース等の研究に従事。博士 (工学)。1998 年電子情報通信学会学術奨励賞受賞。1999 年日本バーチャルリアリティ学会学術奨励賞受賞。2000 年日本バーチャルリアリティ学会論文賞受賞。2001 年電気通信普及財団第 16 回電気通信普及財団賞、テレコムシステム技術賞各受賞。日本 VR 学会、ヒューマンインタフェース学会、計測自動制御学会、電子情報通信学会、日本ロボット学会、IEEE、ACM 各会員。



鉄谷 信二

1980年北海道大学大学院修士課程修了。同年電電公社（現NTT）入社以来、ファクシミリにおける画像信号処理、電子写真記録および立体表示技術等の研究・実用化に従事。1991年ATR通信システム研究所に出向、臨場感表示技術に従事。1994年NTTヒューマンインタフェース研究所に復帰、高速ネットワーク用アプリケーションの開発に従事。2000年ATR知能映像通信研究所に出向、コミュニケーション環境生成技術に関する研究に従事。現在、ATRメディア情報科学研究所第三研究室室長。工学博士。IST1991年H.M.CHARLES E. IVES賞、テレビジョン学会1994年丹羽高柳賞論文賞受賞。電子情報通信学会、映像メディア学会、画像電子学会、VR学会各会員。



萩田 紀博（正会員）

1978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（現NTT）入社。以来、文字・文書・画像認識、コミュニケーション科学、インタラクション・メディア、コミュニケーション・ロボットの研究に従事。工学博士。現在、ATR知能ロボティクス研究所長。IEEE、電子情報通信学会、人工知能学会各会員。



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。現在はATR知能ロボティクス研究所第一研究室室長。博士（工学）。自然言語処理、エージェント、ロボット等の研究に従事。人工知能学会、電子情報通信学会、日本音響学会、日本認知科学会、言語処理学会各会員。



伊関 洋

1979年9月東京大学医学部卒業。同年10月東京女子医科大学脳神経センター脳神経外科研修医・医療錬士。1976年4月脳神経外科助手、1978年4月都立荏原病院医員、1979年10月飯山赤十字病院脳神経外科部長、1984年4月下館市民病院脳神経外科医長を経て、1996年12月東京女子医科大学脳神経外科講師。2001年4月東京女子医科大学大学院医学研究科先端生命医科学研究科先端工学外科学助教授（脳神経外科助教授を兼任）となる。1982年医学博士（東京女子医科大学）。コンピュータ外科、バーチャルリアリティの医療応用を通じて、先端工学外科学、ロボティクスサージェリー、医療安全工学研究を主体に活動。1983年日本医師会医学研究助成費、1997年第3回COMPUTER VISUALIZATION CONTEST「ニューフロンティア特別賞」受賞。