

無線タグ機能を有した看護師のウェアラブル 自動行動計測法

Wearable Sensors with RF tag for Auto-Event-Recording on Medical Nursing

大村亜希^{1),3)}, 桑原教彰²⁾, 野間春生¹⁾, 鉄谷信二¹⁾

Aki OHMURA, Noriaki KUWAHARA, Haruo NOMA, Nobuji TETSUTANI

1) ATR メディア情報科学研究所

2) ATR 知能ロボティクス研究所

(〒612-0288 京都府精華町「けいはんな学研都市」光台2丁目2番地2, {ohmuraaa, kuwahara, noma, tetsutani}@atr.co.jp)

3) 京都工芸繊維大学 繊維学部 デザイン経営工学科

(〒612-0288 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町)

Abstract: It is important for analyzing the root cause of the medical accident to know the histories of the interactions between the nurses and the locations of the nurses until the accident occurs. We have already proposed the wearable sensors for Auto-Event-Recording on medical nursing, and we've added the RFID tag function to our sensors for the purpose of recording such histories. In this paper, we describe the overview of our RFID tag function, and present the experimental result that shows our sensors capability to record such information.

Key Words: RF tag, Medical Nursing, Wearable.

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。さらにその一日の最後には、心身とも疲労した状態で看護日誌を記録しなければならない。我々は、これらの看護師の行動記録を自動的にデジタルデータとして記録する手段を提供することで記録作業に費やされる時間を軽減し、さらに多忙な医療従事者間でそれら情報を共有しやすくすることで、医療過誤に結びつく可能性のある作業環境の改善に役立つと考えた。そして看護師の業務を自動的に追跡・記録するウェアラブルセンサを提案し試作した[1]。これは、マイクへの業務の音声入力、上体傾斜角の計測、歩数の計測をウェアラブルセンサで行い、記録されたデータを音声認識等により解析することで、看護師一人一日分の業務記録を自動生成するシステムである。

今回、複数の看護師の業務中における近接や所在情報を記録するために、本センサに無線タグ送受信機能(ANGEL: ATR NeiGhboring Encounter Link)を付加した。事故が発生するまでに看護師が他のどの看護師と近接したのか、また何処にいたのかという記録は、医療事故の要因分析に重要な情報である。そして新たに試作したウェアラブルセンサを用いた実験で、我々は目的とする所在情報と複数人の近接の記録が得られることを確認した。

2. 所在情報とインタラクション情報

医療事故で例えば「与薬ミス」を例にとると、「与薬準備中の薬剤ボトル取り違い」がその要因の一つに挙げられる[2]。この取り違いは、複数の看護師が別々の患者の与薬準備を同じ場所で行うことに起因することが多い。医療事故防止の観点からは、そういった作業が実施されていることをウェアラブル、およびユビキタスセンサで発見し、看護師に警告を与える必要がある。その発見には、「誰が何処で」どんな作業をしているか、そして「誰と一緒に」作業しているかの情報が重要である。またそれら情報を長期間にわたり蓄積し分析を加えることで、そのような危険な作業が実施されやすい場所や状況を特定し、看護師がより安全に作業ができる環境への改善につなげることができる。よって我々は、この看護師が作業している場所、および他の看護師との近接の情報を「所在情報」「インタラクション情報」としてデジタルで記録・蓄積することを目的に、このシステムを試作した。本論文で「インタラクション」とは、「ある人間に対し、他の人間が何らかの影響を及ぼすこと」とし、「インタラクション情報」とはその記録を指すこととする。

3. システム構成

我々は上述の「所在情報」と「インタラクション情報」

の2つを記録するために、RFID タグの機能を用いることを検討した。RFID タグが様々な場面で使用されていることは言うまでもない。椎尾、早坂は主に無電源 RFID タグの利用について幾つかを挙げている[3]。一方、雨宮らは、Active RFID タグを利用することで、精密な「位置情報検出」を実現している[4]。「位置情報検出」に関しては、Roy Want らが RF ではなく IR を用いて、オフィス内での位置検出システムを実現させている[5]。病院内でも既に、患者の本人確認や薬剤確認のシステム、呼び出しシステム等でこれらは利用されており、それらは医療事故、例えば与薬ミスや患者の取り違えを直前で阻止するのに有効なシステムであることは間違いない。しかし2章で述べたように、事故の根本原因の解析、およびそれに基づく看護師の作業環境の改善には、事故に関わる作業を実施した場所の情報や、他の看護師とのインタラクションの情報が重要な意味を持っている。よって我々は所在情報を得るという従来の RFID タグの利用に加えて、インタラクション情報も記録できることを目的としたシステム、ANGEL を構築した。

3.1 全体の構成

ANGEL は、看護師が身に付けるウェアラブルセンサ、定位置に設置される位置計測用センサ（ステーション）、看護師用端末、所在管理ソフトウェアの入った PC で構成される（図 1）。ウェアラブルセンサとステーションは無線の圏内では常に自身の識別子（以後 ID）を交換する。これで近接を判定する。ステーションで得られたデータは、シリアル接続された PC により、LAN を通じて所在管理ソフトへ常時送られている。所在管理ソフト上では、ステーションの設置された場所（部屋など）毎に、看護師をリアルタイムでアイコン表示することができる。そして、全ステーションから送られてくるデータを随時記録している。この記録により、ステーションの設置されている場所に関しては、1日の全看護師の所在が時系列に沿って再現できるようになる。ウェアラブルセンサでも同時に記録された各看護師の行動データは、マルチメディアカード（MMC）を看護師用端末に接続されているカードリーダーに挿入し、

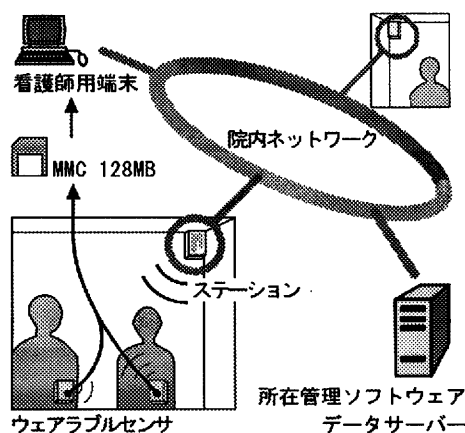


図1 システム構成

その端末にインストールされている行動解析ソフトによってデータの読込、音声認識を行うことで、各看護師1日分の業務記録が生成される。

3.2 ウェアラブルセンサ

ウェアラブルセンサは、本体とそれにケーブルで繋がるマイク、マイク ON/OFF 用スイッチ、上体傾斜角センサ、歩数計で構成される（図 2）。

3.2.1 外部センサ類

看護師はマイク入力を ON にすることで業務内容を入力する。スイッチは看護師が明示的に OFF することが出来る。またスイッチを切り忘れても自動的に OFF になる仕様となっている。OFF になるまでの時間は、MMC 内にある設定ファイルによって変更することができる。デフォルトは 10 秒である。マイクは指向性の高さや録音データの明瞭さ、軽量であることから、DPA 社製のヘッドセットマイク 4066-F を使用した。指向性の高いマイクを使用することで患者の声が録音されにくいため、患者のプライバシーに配慮できる。また周囲の環境音の影響で音声認識精度が落ちることを防ぐ。次にマイクの ON/OFF 用のスイッチは看護師が汚染物を処理中にも操作可能なよう、非接触の焦電センサを使用した。手をセンサの前で、2回上下させることによってマイクの ON/OFF を操作できる。上体傾斜角センサは、汎用の2軸加速度計を用いている。この上体傾斜角センサと上記の焦電センサは、ペン型のケースに収められ、胸ポケットに取り付ける。歩数計は、一般的な万歩計を使用している。いずれも電源は本体から供給される。

3.2.2 本体内部

本体内部には、マイク入力を MP3 に変換する音声エンコーダ、本体 ID を決定する DIP スイッチ、無線送受信ユニット、これらを制御する CPU、記録メディア MMC、外部接続用 RS232C インタフェースが備わっている（図 2）。マイク入力された看護師の発話は音声エンコーダを通して MP3 ファイルに録音される。発話がない場合でも MP3 ファイルへの記録は実施されており、生成されるファイル

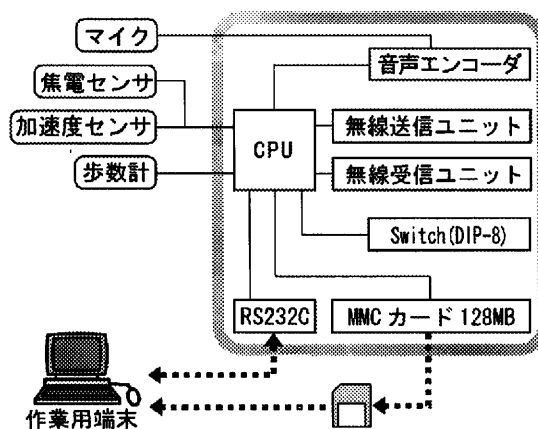


図2 ウェアラブルセンサ

は記録開始時から記録停止時までの録音時間となる。現状では、音声認識に利用されるのはマイク入力が入った時点から OFF になった時点までである。

他センサ等からの信号のうち上体傾斜角は 500msec 毎に、また歩数、マイクの ON/OFF、無線受信した他のセンサの ID はイベントが発生時に随時、バイナリ形式の DAT ファイルに記録される。記録データは、時刻 4 バイト、傾斜角や ID、歩数などのデータ種別明示のために 1 バイト、データ 2 バイトという構成である。これらの記録は、すべて MMC に書き込まれる。ID 送受信の仕組みの詳細に関しては、3.3 節で述べる。ウェアラブルセンサは単 3 乾電池 2 本で 8 時間の連続運用ができる。また MMC は 128MB の容量を持ち、音声、データ共に 8 時間の連続記録（音声は MP3 ファイルで約 100MB、データは約 2MB）を可能とした。

シリアルポートで本体と PC を接続すると、MMC に書き込むデータをシリアルポートから PC にリアルタイムで転送することができる。また PC から様々な制御コマンドを送ることができる。この機能により、ウェアラブルセンサをステーションとしてそのまま転用することができる。この状態（ステーションモード）では、DAT ファイルに記録されるデータは全てリアルタイムで接続された PC に送られて記録されると同時に、LAN を通じて所在管理ソフトへと送られる。

3.3 無線タグ送受信システム

ウェアラブルセンサとステーションは、それぞれが本体固有の ID を持ち、無線送信機能、および無線受信機能を有する。ウェアラブルセンサがステーション ID を記録することで、看護師一人一日の業務日誌の中に自身の所在情報を盛り込むことができる。一方他のウェアラブルセンサの ID を記録することで、その日に近接した他の看護師とその時刻を業務日誌に盛り込むことができる。これらの記録により、ある看護師の 1 日の動線と他の看護師とのコンタクトを追跡したように再現することができる。

各センサは、それぞれ自ら ID を発信し、且つ他の ID を

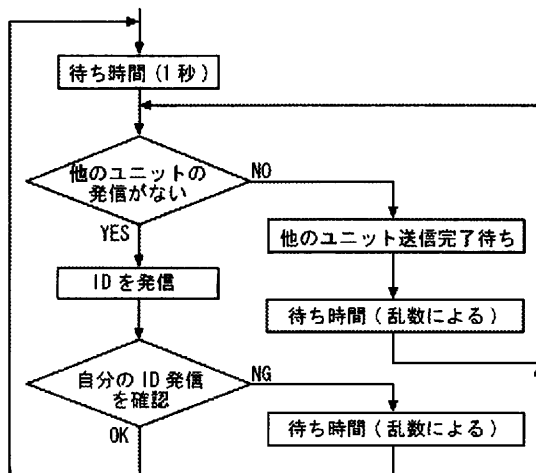


図 3 輻輳回避のためのアルゴリズム

受信する。輻輳を避けるため、図 3 に示すアルゴリズムで送受信を制御している。送受信ユニットは周波数 315MHz の微弱電波を使用している。ウェアラブルセンサ、ステーション共にタグ送信可能距離が 4m 程度になるよう調節されている。

実際に送受信されるデータは、バイナリ形式でデータ種別 (ID であることの明示) 1 バイトとデータ本体である。データ部分は、コマンド 4bit と ID 8bit の合計 12bit である。本体固有 ID は本体内部の DIP スイッチにより決定される。コマンドは現在、ステーションの存在を 30 秒間検出しない場所では基本的に無音状態を録音し、看護師のマイク ON の操作があったときのみ音声を録音するという「録音ミュートコマンド」として利用している。これは看護師のプライバシーに配慮したものである。将来的には、例えば「手術室ではマイクからの音声は常時録音される」といった、看護師の業務中の発話はプライバシーに関わる部分以外は全て録音するような利用法も検討している。

4. センサの性能確認

今回試作したセンサが目的とする看護師の行動情報、所在情報、インタラクション情報を記録できることを確認するため、以下の実験を行った。

- 前バージョンのセンサで実現されていた基本機能の動作確認
- 追加した RF タグ送受信機能の性能確認

前者では、上体傾斜角センサと歩数計の記録の正常性、マイク入力による行動情報の音声認識精度を確認した。後者では、第一に所在情報が記録できることを確認するため、ステーションエリアにおけるウェアラブルセンサ入室の検出確認の実験を行った。第二に、ウェアラブルセンサ間でインタラクション情報が記録できることを確認するため、複数台が近隣にある状態の検出、複数台のすれ違い検出の実験を行った。

4.1 基本機能の動作確認

上体傾斜角センサの記録は 500msec 毎に正常に行われており、また記録された角度も実際の傾斜に沿った値であった。歩数計の記録は、実際の歩行動作発生時に正常に行われていた。マイク入力の ON/OFF 切り替え用の焦電センサの操作は 50 回の試行中 45 回、90% 程度成功した。マイク入力も、正常・明瞭に録音されており、音声認識の正解率は約 85% であった。音声入力のサンプルは、実際の看護業務で頻繁に現れた 27 個を用い、そのうち 23 個が認識に成功した。

4.2 無線タグ送受信機能の性能確認

4.2.1 所在情報の検出記録の確認

ステーションエリアへの入室、および退室の際に記録されたデータを表 1、表 2 に示す。表に示すように、入室の際にステーションがウェアラブルセンサの ID を検出し、退室に伴いそれが検出されなくなる。各表での経過時間は、入室、退室のそれぞれが始まってからの相対的な時間であ

る。表2でID-2が受信できていない時間帯があるのは、ステーションのカバーするエリアの端で受信が不安定であることが原因と考える。

表1 ステーションエリアへの入室

経過(秒)	Station (ID-2)	Wearable Sensor (ID-1)
+0		
+1		
+2	ID-1	ID-2
+3	ID-1	ID-2
+4	ID-1	ID-2

表2 ステーションエリアからの退室

経過(秒)	Station (ID-2)	Wearable Sensor (ID-3)
+0	ID-3	ID-2
+1	ID-3	
+2	ID-3	ID-2
+3	ID-3	
+4		
+5		

表3 2台が近接している状態

経過(秒)	Wearable (ID-3)定位置	Wearable(ID-4) 定位置
+0	ID-4	ID-3
+1	ID-4	ID-3
+2	ID-4	ID-3
+3	ID-4	ID-3
+4	ID-4	ID-3

4.2.2 インタラクション情報の記録確認

複数台のウェアラブルセンサが、一定時間近隣にありつづける状態を検出する実験を行った。まず2台のウェアラブルセンサを向い合わせに置いた場合、表3のように互いのIDを1秒毎に記録しつづけ、お互いがする近隣に存在することが容易に判別できる。次に、複数台のウェアラブルセンサによるすれ違いを検出する実験を行った。1対1のすれ違いの際に得られた記録を表4に示す。互いを認識するのに若干のずれはあるが、それぞれのIDが記録されていることから、すれ違いを識別できる。また、1対2のすれ違いの際にどのようにデータが記録されるかを確認した。表5に、移動する1台が定位置にある2台をすれ違う場合に記録されたデータを示す。定位置の2台は常にお互いのIDを記録しており、移動中のセンサがすれ違った時点で定位置のセンサにそのIDが記録されている。また移動中のセンサはその時点で低位置にある2台のセンサのIDを記録している。このことから1対2のすれ違いであることが識別できる。各表での経過時間は、すれ違い開始からの相対的な時間である。また表4におけるウェアラブルセンサ間の受信頻度の違いは、各センサの個体差によるものと考えられる。

表4 1対1のすれ違い

経過(秒)	Wearable (ID-3)定位置	Wearable (ID-4)移動
+0		
+1	ID-4	
+2	ID-4	
+3	ID-4	
+4	ID-4	
+5	ID-4	
+6	ID-4	ID-3
+7		ID-3
+8		

表5 2対1のすれ違い

経過(秒)	Wearable (ID-1)移動	Wearable (ID-3)定位置	Wearable (ID-4)定位置
+0		ID-4	ID-3
+1		ID-4	ID-3
+2		ID-4	
+3		ID-1	ID-1
	ID-4	ID-4	ID-3
+4	ID-4	ID-1	ID-1
	ID-3	ID-4	ID-3
+5		ID-4	ID-3

5. まとめ

本稿では、RFIDタグ送受信機能を用いて看護師の所在情報、インタラクション情報を記録するシステム:ANGELの概要について述べた。また、複数のウェアラブルセンサとステーションを用いた実験により、これらの情報がANGELによって記録可能であることを確認した。

今後は、送信アンテナの指向性と送信可能距離について、各装置が均一な性能を持つよう厳密に調整した上で、より実際の看護の環境に近い状況設定を行い、今回実験したすれ違いや共同作業時における各センサのIDの認識が、今回の実験で得られたパターンと同様であるかを確認し、また同じエリアに、より多数のセンサが存在する場合にも本機能が正しく機能するかの確認を行う予定である。また、実際の医療現場で実験を行うことも検討していく。

謝辞

本研究は通信・放送機構の研究委託“超高速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] 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.
- [2] 川村治子：看護のヒヤリ・ハット事例の分析—与薬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
- [3] 椎尾一郎，早坂 達：モノに情報を貼り付ける—RFIDタグとその応用，「情報処理」Vol.40, No.8, pp.846-850, August 1999.
- [4] 雨宮，小林，山下，檜山，広田，廣瀬：ユビキタス・バリアフリー実験空間における盲聾者ナビゲーションの研究，日本バーチャルリアリティ学会第7回大会論文集，pp.523-526, 2002.
- [5] Roy Want ほか：The active badge location system, ACM Transactions on Information Systems, Vol.10, No.1, pp.91-102, 1992.