

看護手順習得支援システムのための 加速度センサとRFIDを用いた看護行動の識別

○武部 芳弘¹, 金井 Pak 雅子², 前田 樹海², 平田 美和², 北島 泰子²,
中村 充浩², 相田 京子², 高島 有理子², 桑原 教彰³, 太田 順¹

¹ 東京大学 ² 東京有明医療大学 ³ 京都工芸繊維大学

Nursing-task Recognition with accelerometers and RFID for the Support System in Nursing Activity Order

○Yoshihiro TAKEBE¹, Masako KANAI-PAK², Jukai MAEDA², Miwa HIRATA²,
Yasuko KITAJIMA², Mitsuhiro NAKAMURA², Kyoko AIDA², Yuriko TAKABATAKE²,
Noriaki KUWAHARA³, and Jun OTA¹

¹The Univ. of Tokyo ²Tokyo Ariake Univ. of Medical and Health Sciences

³Kyoto Institute of Technology

Abstract: The order of activities of a nurse is important for an efficiency of nursing, and the support system in nursing activity order is expected. In this paper, we used accelerometers and RFID to calculate the order of activities, and describe the experimental results of recognizing typical activities in laboratory settings.

Keywords: accelerometer, RFID, activity recognition, nursing

1. はじめに

病院における看護業務は、医療の進歩とともに複雑化、多様化しており看護師の業務量は増大している。看護師はこれらの業務を24時間365日絶え間なく行っており、医療の安全を保つことは当然のことながら、患者のQuality of Lifeを向上させるために、質が高く、効率のよい看護を行うことが求められている。

一方、入院病棟での看護業務の効率化は行動順序に大きく左右される。看護師は、ワークシートに従って看護業務を行っているが、業務時間の短縮のためにはワークシートに書かれている順番に看護を行うのではなく、ある場所で行う看護の準備はある程度まとめて行う、などの工夫をしなければならない。しかし、現在の看護師養成課程において複数の業務をこなすための適切な行動順序を学習する機会はほとんどなく、経験を積んでいく過程で習得している。このため、個々の看護師の力量に大きく左右される。そこで、看護教育で使用可能な、効率のよい行動順序を学ぶためのシステムの構築が望まれている。

このシステムでは、Fig. 1のように、まず看護学生や新人看護師の行動をセンサで計測することによって行動の順序を可視化し、これを他の看護師や自動的に求

めた適切な行動順序と比較することにより、自己の行動順序を見直し、学習することを支援するものである。そのため、このシステムには

- (i) センサ情報から行動を識別し、行動順序を求める機能
- (ii) (i)で求めた行動順序を他の看護師や効率のよい行動順序と比較する機能

の2つの機能が必要とされる。さらに(i)の機能に対しては、

- (a) 看護師が1勤務で行う約30種類の行動を識別できる
- (b) 同じ看護ケアでも患者や状態により看護動作が異なることへ対応して行動識別できる

ことが要求される。また(ii)の機能では、ワークシートによって与えられた業務から効率のよい行動順序を求めて、これを実際の看護師の作業順序と比較できることが重要である。

特に(i)の機能は、行動順序の可視化だけでも、看護学生がディスカッションする材料となるため、学習支援には重要である。

このような2つの機能に対して、多くの従来研究が行われてきた。行動識別に関しては、多くの研究がなされており、カメラ映像などの光学センサを用いて行

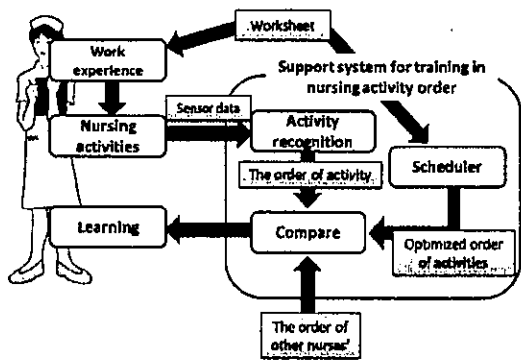


Fig. 1. The support system for training in nursing activity

動を識別する手法[1]やマイクを用いて周囲の音から行動を識別する手法[2], RFID タグを看護師の使う物品に貼って, 看護師が扱っている物体から行動を識別する手法[3][4]など, さまざまなセンサを用いた方法が提案され, また識別率が 8~9 割と高い割合で識別できている研究もある。また, 適切な行動順序生成に関しては, Cheng らが, ベテラン看護師の行動順序を解析し, その結果をもとに自動スケジューラを作成している[5]。

しかし, この看護学習支援システムで求められているように, 看護という身体全体を使わない動きや, 物体を扱う行動や扱わない行動が混在する状況はほとんど想定されていない。そこで本報では, センサ情報をもとにした行動識別を行う。従来研究においてはさまざまなセンサが用いられてきたが, 看護では患者のプライバシーが重視されるために, 加速度センサと RFID を用いた。

本報では, 加速度センサと RFID を用いて看護業務のモデル環境で実験を行い, それぞれのセンサ情報をもとに, 行動識別の精度を検証した。

2. 問題設定

2.1 識別対象とする行動

病棟において, 看護師は 1 日 2 交代もしくは 3 交代で勤務しており, 1 人あたり日勤では 5~7 人の入院患者を受け持っている。看護師は勤務が始まる際に, 患者ごとにそれぞれの時間帯で行われるべき処置が書かれたワークシートを与えられ, その指示に従って行動を行う。ワークシートには, 体温や脈拍などのバイタルサインのチェック (VS check) や血糖値のチェック (BS check), 点滴の交換, 薬の投与, 経管栄養など実施すべき看護内容と実施時間が書かれているが, 清拭や入浴介助など時間が決められていない業務もある。本報では, これらすべての業務を識別の対象とする。

2.2 看護手順学習支援システムの概要

本報では, 看護師が行動順序の学習を行うために,

看護師の行動を計測し, 個々の看護業務に費やしている時間やその順序を可視化して, 他の看護師との比較や, 適切な順序で行った場合との比較をすることができるシステムの構築を目指している。このシステムは, 看護教育での統合実習や新人の看護師が勤務している現場などで活用することを想定している。そのため, 識別しなければならない行動の種類は, 看護師が 1 業務で扱う 30 種類程度でよいが, 本研究では, その中でも基本的な 10 種類程度の行動について扱う。このシステムでは, (a) 看護師の行動を識別する機能と (b) 識別された行動と他の看護師の行動や適切な順序との比較の機能が必要となる。(a) の識別機能は, 行動順序の計測・記録を行う際は, 作業環境や看護師自身に設置したセンサからデータを取得し, 行動終了後, システムがあらかじめ保持している各行動の教師データをもとに, 得られたセンサデータから各時刻における行動を識別するものである。このとき, 識別結果が大きく間違っていると修正作業に時間がとられてしまい, 行動順序の学習の効果が薄れてしまうので, 7 割程度以上の精度で識別できる必要がある。

2.3 センサの検討

看護師に限らず, センサによって人の行動を識別する研究は近年, 多種多様なセンサを用いて行われており, カメラやマイク, RFID などを用いた手法, 加速度センサを用いる方法などがある。しかし, 本報では看護現場を対象とするため, 患者のプライバシーの確保に留意するとともに看護師自身の行動の障害とならないように, また装着が容易なセンサを選定しなければならない。

カメラ映像を用いた行動識別では, 看護師がセンサを身につけなくてもよいから, 看護師の動きの障害にはならないが, 病室やスタッフステーションをはじめとして看護師の広い行動範囲すべてにカメラを設置する必要があり設置コストが膨大になる。また, 患者のプライバシー確保の点から, ビデオカメラによる撮影自体が困難である。音声による識別も同様に, 患者のプライバシーの点から困難であるほか, 看護師自身がマイクを装着しなければならないため看護師の負担も大きくなる。RFID による行動識別では, RFID タグを物品に取り付け, 手に装着した RFID アンテナを用いて物体との接触情報をもとに行動識別を行っている[3]。しかし, RFID では物体を扱わない看護行動を識別することはできない。一方で, 行動識別のセンサとして加速度センサを用いる方法がある。このセンサは小型のため看護師の行動の邪魔にならず, 簡便に取り付けられる。また患者を認識可能な情報を取得しないため,

患者のプライバシー保護の点からも問題ない。しかし、加速度センサを用いた行動識別の研究の多くはスポーツなどを対象としており[6]、これは1つの行動が10分以上の長時間にわたって継続し、さらにスポーツでは特異的な動きが連続して行われるために、看護のように1つの行動にかかる時間が数秒から数十秒、長くても3分程度と短い行動が多く、また10種類以上の行動を識別しなければならない状況とは異なる。

そこで、本研究では加速度センサに加えて、RFIDを用いて看護師が扱っているオブジェクトから行動を識別する。

3. 実験設定

3.1 加速度センサ

看護師の行動を計測するために、3軸の加速度をそれぞれ独立に測定することができるセンサ(ATR-promotions製 WAA-001)を用いる。この加速度センサは最小10msecごと(最高サンプリング周波数100Hz)に加速度データを得ることができ、時刻情報とともにBlue Toothによってノートパソコンにデータが送信、記録ができる。腕を中心とした看護師の全体の動きをとらえるために、加速度センサを被験者の両腕上腕、腰、胸ポケットの4か所に取り付けた(Fig. 2)。両腕上腕のセンサは主に腕を中心として行われる看護動作を取得し、腰と胸ポケットのセンサは体全体の傾きをとらえるために取り付けた。上腕のセンサは、腕全体の動きがとらえられるように、また看護師の行動の邪魔にならないように肘の直上につける。腰と胸ポケットのセンサも行動の障害とならないように、それぞれ腰の背中側中央部、胸ポケットの中に設置する。

3.2 加速度データからの特徴量抽出

ここでは、加速度データからの行動識別を行うための特徴量を取得する方法について述べる。

得られた加速度データに、まずスライディングウィンドウを適用し、特徴量を取得する。スライディングウィンドウでは、加速度データ列からNサンプルを取

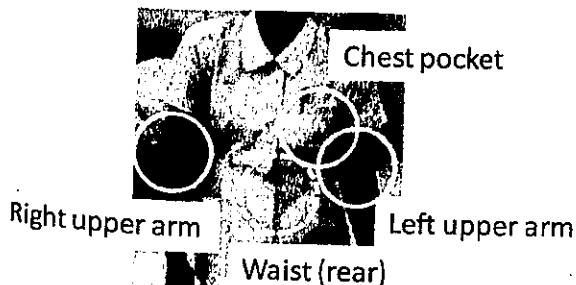


Fig. 2. 4 accelerometers attached to the nurse

り出し1つのウィンドウとする。これをMサンプルずつ動かしながら逐次、特徴量を計算していく方法である。

特徴量としては、各加速度センサの各軸における平均、標準偏差、エネルギー、および異なるセンサ間の総当たりの軸間における相関係数を用いる。1つのセンサにおいて、3軸それぞれに3特徴量が求まるので計36特徴量、2つの異なるセンサ間において、軸間の組み合わせが9通りあり、センサの組み合わせが6通りなので計54特徴量が求まる、したがって各ウィンドウにおいて特徴量は90個取得できる。

ここで、 $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$ をウィンドウサイズNで切り出された加速度センサの1軸のデータとすると、平均、標準偏差、エネルギーは以下の式で計算される。

$$\text{Average } \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\text{Standard Deviation } \sigma = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Energy} = \frac{|s_i|^2}{\sum_{i=2}^{w/2} |s_i|^2}$$

ここで、 s_i は高速フーリエ変換(FFT)によるパワースペクトル成分である。

3.3 RFID

看護師が扱っている物品情報を得るためにRFIDタグとそれを読み取るRFIDリーダ(Welcat社製 WIT-150)を利用する。看護師が看護を行う中で扱う物品にRFIDタグを取り付け、看護師の指のアンテナと腕のRFIDリーダ(Fig. 3)で読み取ることにより、看護師が使用している物体の接触情報を取得する。1つの看護動作を行う際に、扱う物品が決まっているため、接触情報を獲得することで看護動作を特定することが可能である。

RFIDタグは点滴の薬瓶、血圧計のゴム球、ペンライト、聴診器などに取り付け、それぞれ抗生剤準備、血

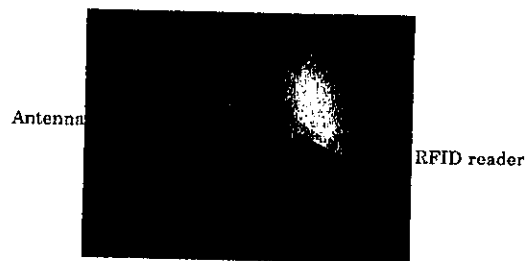


Fig. 3. RFID reader and antenna

圧測定, 瞳孔光反射, 呼吸音などの看護動作と対応している。

RFID タグは, 小型で感知領域が狭いため, 各物品の中で長い時間触れる場所に取り付けたり, 大きな物品の場合は1つの物品に複数のタグを取り付けるなどした。RFID リーダは Bluetooth でパソコンにデータを送信し, 時刻情報とともに記録した。RFID タグの読み取りは約1秒おきに実施した。

3.4 実験環境

看護業務のモデル環境として下記の環境を想定した。

- ・1フロア 40床の消化器外科病棟
- ・準夜帯 (16:30~0:30) の申し送り直後の 17:15~17:45 の約30分間
- ・3人の看護師と1人の看護助手を1チームとするチームナッシングであり, 被験者は看護師のうち1名を担当する
- ・評価する看護師は, 評価時間の中に, 2人の患者に対して, ワークシートをもとに看護を実施する

上記のモデル環境に対して, 臨床経験年数3年から16年の看護師5名を被験者としてワークシートをもとに, 1)バイタルサインチェック (血圧, 脈拍, 呼吸音, 瞳孔対光反射), 2)おむつ交換, 3)体位変換, 4)気管内吸引, 5)抗生剤投与, 6)血糖値(BS)チェック, 7)インスリン投与, 8)車いす移乗の行動を各被験者3回試行し, 加速度データとRFID データを収集した。試行の際には, 行動の順序を指定せず, ワークシートの情報からそれぞれの看護師のルールで行動を行ってもらった。したがって看護師ごと, 試行ごとに行動の順序は異なった。

4. 実験

4.1 加速度センサとRFIDを用いた行動識別

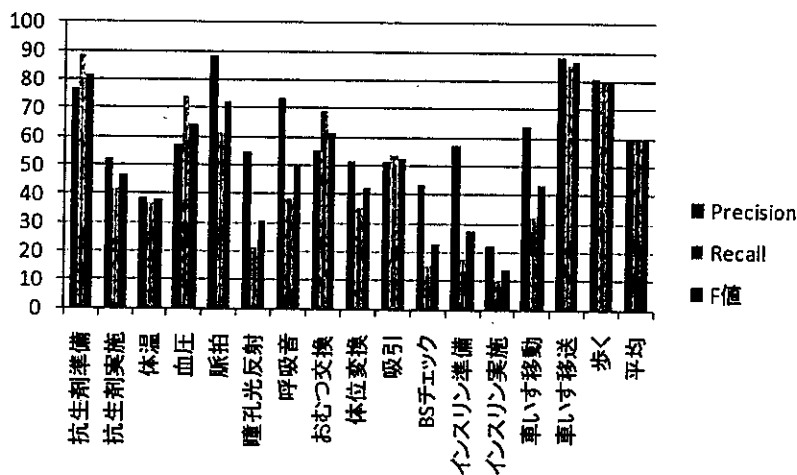


Fig. 4. Accuracy of activity recognition with accelerometers

実験により, 身体の4か所に取り付けた3軸加速度センサからのデータを得た。また, 指にRFIDの小型アンテナを取り付け, 看護で扱う物品にRFIDタグを貼り付けることにより, 看護師が扱っている物品の接触情報を取得した。

加速度データにはウインドウサイズ(N=)256, スライド幅(M=)128のスライディングウインドウを適用し, 特徴量を計算した。次に各ウインドウについて, ビデオカメラの映像をもとに実際の行動を付与し, 教師データとした。このとき, ウインドウが2つの行動にまたがる場合には, そのウインドウにおける行動データを付与しない。また, 識別方法は, C4.5, 1-NN, SVMを比較し, [7]で有効性が明らかになっているSVM (Support Vector Machine)を用いた。評価にはWEKA[8]を用いた。

また, RFIDでは, BSチェックでは血糖値の測定器, 抗生剤準備では注射器や薬瓶, 瞳孔対光反射ではペンライト, とそれぞれの行動に固有の物に看護師が触れるため, RFIDによって物品への接触情報が取得できた時刻には, 物品に対応したそれぞれの行動を行っていると判断し, 加速度データによる行動識別の結果を修正した。

これらのデータ群に対して, 被験者ごとに, 3試行のデータを学習データとして用い, 残りの1試行分のデータで検定する1試行抜き交差検定法により評価を行った。

4.2 加速度センサを用いた行動識別の実験結果と考察

加速度センサのみを用い, 同一被験者の1試行抜き交差検定法で識別した結果は Fig. 4 のようになった。識別率F値($F = \text{Recall} * \text{Precision} / (\text{Recall} + \text{Precision})$)は59.7%と, 加速度センサのみでは目標とする7割の識別

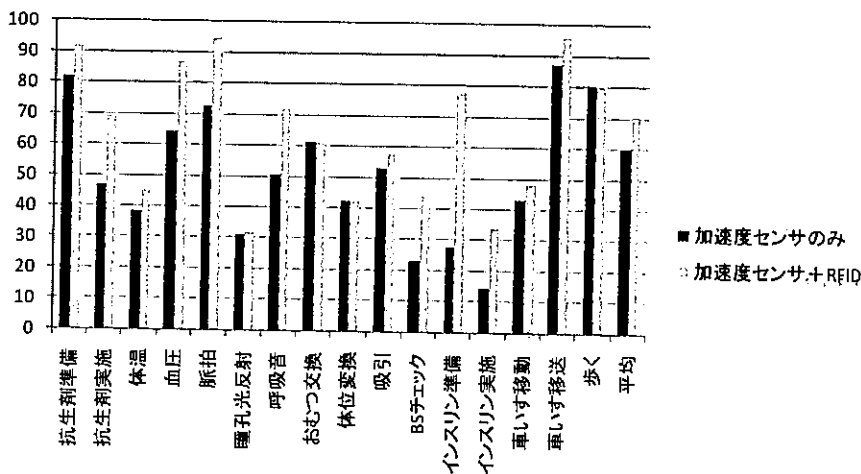


Fig. 5. Accuracy of activity recognition with accelerometers and RFID

率には達していないことがわかった。

識別結果の混合表によると、再現率が低い看護業務は、他の1, 2つの看護業務と誤識別されていることが多いことがわかった。例えばBSチェックは脈拍計測と誤識別されている割合が大きいが、これは、BSチェックと脈拍計測を行う看護師の姿勢がほぼ同じで、またどちらもチェックや計測のために静止する状態が含まれているために識別が困難であったと考えられる。また、トイレ介助や瞳孔対光反射は、短時間でその業務が行われるために他の行動と混同され、誤識別が生じていた。

4.3 RFID を併用した行動識別の実験結果と考察

加速度センサを単独で用いた場合には、識別率F値は59.7%であったが、RFIDを併用することにより識別率F値は70.6%まで向上し、目標とする識別率7割を超えた(Fig. 5)。特に、脈拍測定や血圧測定では、計測中は常に時計などの物品に触れているので、それぞれ93%、84%と大幅に識別率が向上し、RFIDが有効であることがわかった。一方で、今回用いた小型のRFIDアンテナとタグでは感知領域が非常に狭く、また金属製の物品では感知率が著しく低下するため、ペンライトを用いる瞳孔光反射ではほとんど物品が探知できず、識別率を上げることはできなかった。インスリン投与準備は大きく改善されているにも関わらずインスリン投与実施はほとんど改善されていない。これは、実施時には針のそばやプランジャーの部分に主に触れるが、この部分にはRFIDタグの大きさの制限で、RFIDタグが設置できていないためである。体位変換、おむつ交換などの扱う物品がない行動やRFIDタグの貼り付けが困難な行動ではRFIDを利用することはできないものの、加速度センサ単独では識別率が低い行動に対し

て、RFIDを併用することによって識別率の向上が期待できる。

5. おわりに

本報では、加速度センサとRFIDにより看護師の動きを計測し、その情報から行動識別を行った。識別の結果、実行時間の短い業務や他と姿勢が似ている業務は誤識別が生じやすくなることがわかった。加速度センサ単独では識別率は59.7%にとどまるが、RFIDを併用することで識別率が70.6%まで上げることができ、看護師の行動識別に有効であることもわかった。

今後の課題として、誤識別に対処する必要があるが、あるウィンドウにおいてその前後のウィンドウの識別結果とその遷移確率を用いることで、識別結果を修正し、識別率を向上させることが可能であると考えられる。

参考文献

- [1] Krahnstoever, N., Rittscher, J. Tu, P. Chean, K. Tomlinson, T.: Activity Recognition using Visual Tracking and RFID, Application of Computer Vision, 2005. WACV/MOTIONS '05 Vol.1. Seventh IEEE Workshops on Vol. 1, pp.494-500, 2005.
- [2] 大村廉, 納谷太, 野間春生, 小暮潔: "ENVis: センサデータに基づく看護業務分析支援システム", Transactions of the Virtual Reality Society of Japan, Vol.14, No.1 pp.67-78, 2009.
- [3] 猪俣知仁, 納谷太, 桑原教彰, 服部文夫, 小暮潔: RFIDによる接触情報からのDBNを用いた行動識別, Technical report of IECE, PRMU, 108(363), pp.93-98, 2008.
- [4] William Pentney, Ana-Maria Popescu, Shiaokai Wang, Henry Kautz, and Matthai Philipose: