

ベッド上の人起き上がり動作の検知を目的とした センサ情報処理の検討

(Study of sensorized bed to prevent bed-related falls)

松村成宗[†] 茂木学[†] 山田智広[†] 武藤伸洋[†] 阿部匡伸[†]
大久保由美子[‡] 森田佳子[‡] 葛西圭子[‡] 山元友子[‡] 落合慈之[‡]
NTT サイバーソリューション研究所[†] NTT 東日本関東病院[‡]

1. まえがき

近年、病院や施設内の高齢者の転倒・転落事故が問題になっている。転倒・転落事故を予防するために、入院患者のベッドからの離床を検知する離床センサが利用されているが、さらに確実に転倒・転落事故を予防するために、離床の見逃しや誤報が少なく、より早いタイミングで離床を検知できる離床センサが求められている。

本研究では、複数のセンサと人の動作モデルを用いて人の動作を推定することにより、事故の危険を看護師に通知し、事故を未然に防止する機能を持つ、「みまもりベッド」について検討を行っている。本稿では、みまもりベッドで行っている、複数のセンサと動作モデルを用いた人の動作推定方法およびプロトタイプシステムの評価結果について報告する。

2. 予備実験

みまもりベッドの開発に先立って我々は転倒・転落事故の予防方法を検討するために、NTT 東日本関東病院の協力を得て夜間の患者のベッド上での行動を調べる実験を行った。

実験では、患者一人用の個室を利用し、病室内に小型の赤外線カメラと赤外線投光器を設置、夜 9 時から朝 8 時まで、一日 11 時間の患者のベッド上での動作を映像データとして取得した。

実験は 2006 年の 5 月から 8 月の 4 ヶ月間を行い、転倒・転落事故の危険があると判断された患者 5 名、計 26 日分の映像データを取得、起き上がり動作を分析した。

分析の結果、計 299 回の起き上がり動作を確認した。また、患者の起き上がりは、大きく分けて 5 パターンに分類できる事が分かった。

3. みまもりベッドの概要

予備実験の結果を元に我々は、みまもりベッドのプロトタイプシステムの設計・実装を行った。Fig. 1 にプロトタイプシステムの全体を示す。

プロトタイプシステムは、患者の離床を検知すると、ナースコールを自動的にコールし看護師を呼び出す。また、音声案内等を用いて、患者に直接働きかける事で事故を予防する。

プロトタイプシステムでは、実験で得られた患者の起き上がりパターンと、看護師へのヒアリングから、我々は、患者の離床の検知と誤報の抑制を目的として、5 種類のセンサを用いた。

4. 課題

みまもりベッドを実現するためには、離床検知性能の向

上以外に、病院内での実際の運用を考えると、次のような課題を解決する必要がある。

- (1) 患者の容態、病状によりナースコールを発呼すべき動作が異なる。
- (2) 医療用ベッドの種別、ベッドの設置環境により、センサの配置、反応特性が異なる。
- (3) 低コストで安定したシステムが求められる。

5. ソフトウェアの検討

プロトタイプシステムでは、複数のセンサの出力から患者の動作やベッド周辺の状態を推定し、ナースコールをコールすべきか判断する必要があるが、これらは小型 PC 上で実行されるソフトウェアにより実現する事とした。

ソフトウェアの設計・実装にあたり、前節の課題を解決するために、我々は次のような機能と特徴の実現を目指した。

- (1) 患者の動作をモデル化し、モデルを用いて動作の推定を行う
- (2) 動作モデルの追加や変更を容易に行える
- (3) 将来、組込み環境に無理なく移植できる

予備実験より患者の起き上がり動作は大きく分けて 5 パターンに分類できる事が分かっている。この 5 パターンを元に患者の動作モデルを作成し、このモデルを用いて患者の動作の推定を行い、離床を検知する事とした。また、予備実験で得られた 5 パターン以外にも、患者の起き上がり動作パターンが存在する可能性があるため、動作モデルの追加や変更を容易に行える必要がある。

現状のみまもりベッドは小型の PC を用いているが、病院内でのみまもりベッドの運用を考えると、将来的には、組込み機器向け等、より小型で安価なコンピュータを利用する必要がある。

6. マルチセンサ情報処理エンジン

我々は、前節の機能と特徴を実現するソフトウェア「マルチセンサ情報処理エンジン」の設計と実装を行った。

マルチセンサ情報処理エンジンの特徴は下記の通りである。

- (1) 状態推定部、動作推定部、制御部の 3 個のブロックに分離
- (2) 動作モデルを複数の状態遷移図で記述
- (3) 状態遷移図はスクリプトで記述
- (4) 状態遷移図は自由に追加・削除が可能

マルチセンサ情報処理エンジンは、3個のブロックに分けられる(Fig. 2)。状態推定部では、現在の人の状態をセンサの出力から推定する。動作推定部では、状態推定の結果を元に、状態の時間的な変化から、人がどのような動作を行っているか推定する。制御部では、動作推定の結果を元に、ナースコール等を制御する。

我々は、患者の動作モデルを状態遷移図を用いて記述する事とした。これは、患者の動作パターンを患者の状態の列として考える事ができるためである。状態遷移図はスクリプトを用いて記述し、いくつかの状態遷移図を組み合わせて一つの動作モデルを記述する事ができる。

状態遷移図は遷移条件として予め定められた患者の状態のみを受け付け、遷移条件として数値の比較などは持たない。これは、将来的に組込み環境において、センサデータのフィルタ処理や特微量抽出など計算量は多いが処理内容の変更の可能性の少ない状態推定部を固定されたハードウェアで実装し、処理内容の変更される可能性の高い動作推定部をソフトウェアで実装する事を考慮し、動作推定部で必要となる計算量を最小にするためである。

Fig. 3 に、プロトタイプシステムで利用しているマルチセンサ情報処理エンジンの実行画面を示す。プロトタイプシステムでは、状態遷移図を記述するスクリプトに独自の言語を用いている。

7. 評価

みまもりベッドの現場への導入を考えると、リーズナブルな価格でかつ安定動作することが求められる。そのため、プロトタイプシステムで利用しているマルチセンサ情報処理エンジンについて、将来的な組込み環境への移植を考慮して、動作推定部の性能評価を行った。

表1は、状態遷移回数を変化させたときの処理時間である。PC1 の CPU は AMD Geode 500MHz メモリは 256M バイト、PC2 の CPU は Intel Atom N270 1.6GHz メモリは 1024M バイトである。OS はそれぞれ Windows XP SP3 を利用した。

表1. 遷移回数と処理時間

PC	遷移回数 [回]	処理時間 [ms]	1 遷移の処理 時間 [ms]
PC1	50	100	2.00
	100	291	2.91
	500	2223	4.45
PC2	50	25	0.50
	100	88	0.88
	500	775	1.55

PC1、PC2 共に遷移回数が多くなるほど一遷移辺りの処理時間が長くなっているが、これは CPU のキャッシュメモリの影響と考えられる。

別に行った健常者実験で 5 人の健常者が 300 回の起き上がりを行った結果、一回の起き上がりで最大 47 回の遷移が発生した。起き上がり検知には、PC1 で約 94ms、PC2 で約 24ms の処理時間が必要と考えられる。予備実験での患者の離床までの平均時間が約 50 秒であった事を考慮すると、PC1、PC2 共に動作推定部の処理時間は十分に短いと考えられる。

AMD Geode は組込み環境向けの CPU であるため、評価の結果から、組込み環境への移植が可能であると言える。

ただし、AMD Geode は組込み環境向けとしては高価で高速である事を考慮する必要がある。

8.まとめ

本稿では、みまもりベッドで行っている、複数のセンサと動作モデルを用いた人の動作推定方法について報告した。

2009 年 1 月現在、みまもりベッドのプロトタイプシステムを用いた運用試験を NTT 東日本関東病院で行っている。今後は、運用試験の結果を元に、みまもりベッドを、より実用性の高いものとしていきたい。

9.参考文献

- (1) ヒヤリハット 11000 事例によるエラーマップ完全本、川村春子著、伊学書院、2003
- (2) Tideiksaar R, Feiner CF, Maby J, "Falls prevention: the efficacy of a bed alarm system in an acute-care setting", The Mount Sinai journal of medicine, New York, 1993
- (3) 転倒転落事故の予防を目的とした、みまもりベッドの研究、松村成宗、平澤桂一、竹野内紋子、金丸直義、下倉健一朗、第 13 回ロボティクス・シンポジア、2007

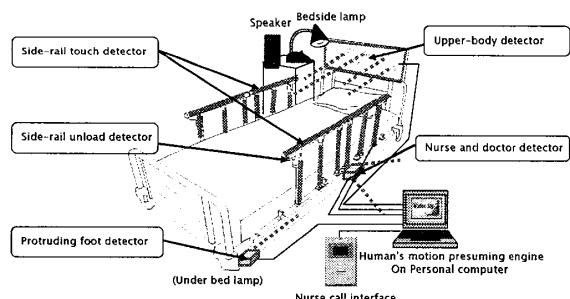


Fig. 1 Sensors and actuators

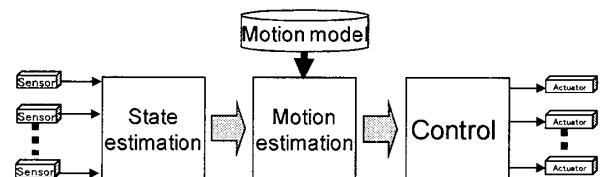


Fig. 2 Over view of human's motion estimation engine

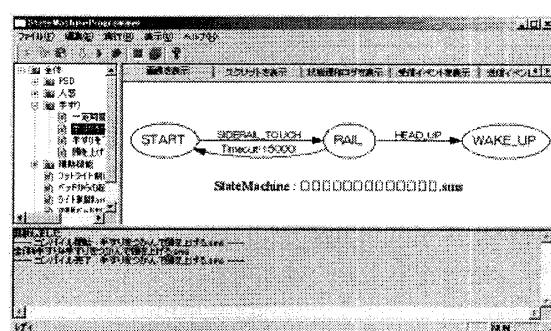


Fig. 3 Prototype software