

# 離床予測システムの実用化研究

上 蘭 剛<sup>\*</sup>, 久保 敦<sup>\*\*</sup>, 中城親男<sup>\*\*</sup>, 上加世田晃一<sup>\*\*\*</sup>, 内田猛俊<sup>\*\*\*</sup>

## Practical Study on the Prediction System which Leaves from the Bed

Tsuyoshi UEZONO, Atsushi KUBO, Chikao NAKAJO, Koichi UEKASEDA and Taketoshi UCHIDA

鹿児島県の高齢化率は全国的にも高く、施設や自宅での老人介護は身近な関心事である。その介護の現場で、ベッド等から離れる（離床）時の転倒事故が大きな問題になっている。離床時の転倒を防止するためには、離床することを検知し、介護者が駆けつけることが必要である。当センターでは平成18年～19年度に「福祉用ベッド利用者の情報モニタリングシステムの開発」のテーマで体位モニタリングシステムを構築し、離床予測システムとして運用し、良好な結果を得ることができた。本研究では離床予測に特化したシステムとしてハードウェア、ソフトウェアを再構築し、介護福祉施設で実証試験を行い更に良好な結果を得たので報告する。

**Keyword:** 離床, 予測, 体位, 荷重, 重心

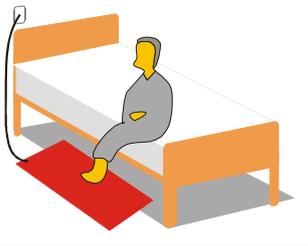
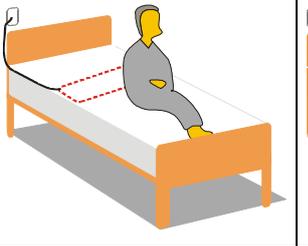
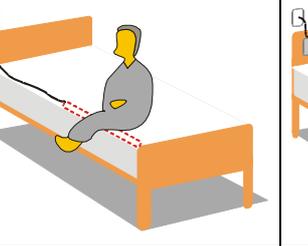
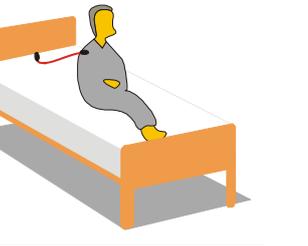
### 1. 緒 言

介護福祉施設等においては、離床時の転倒防止対策として、ベッドから離れるタイミングで警報を発する離床センサを導入し、対応しているケースがある。代表的な離床センサとその特徴を表1に示す。市販されている離床センサは、『警報を発するタイミングが遅い』とか、『誤作動が多い』などの問題点があり、対策として十分であるとはいえない。警報のタイミングが遅いと離床時に介護者が駆けつける余裕が無く転倒事故につながる。また誤作動が多いと介護者の負担が必要以上に増加することになる。この2つの問題点を解決することが、ベッド利用者および介護者から大いに望まれている。

筆者らは、平成18年～19年度に「福祉用ベッド利用者の情報モニタリングシステムの開発」のテーマで体位モニタリングシステム（荷重計を94個ベッド上に配置し体位を取得するシステム）を構築し、介護福祉施設で運用した結果、頭部、臀部、降り口の3カ所の荷重情報を用いることにより、高い確率で離床予測が可能であることを確認した。

そこで本研究では、より少ない荷重計で上記の3カ所を効率的にモニタし、離床予測が可能なシステムを構築するために、荷重計の開発、制御装置の開発、プログラムの開発、実証試験を行った。なお本研究は、(独)JSTイノベーションサテライト宮崎の平成21年度重点地域研究開発推進プログラムに採択され研究開発を行った。

表1 離床センサとその特徴

イメージ図				
名称	マットセンサ	ベッドセンサ	ベッドサイドセンサ	クリップセンサ
仕組み	マットを踏むことで警報が鳴るセンサ	起きあがることで警報が鳴るセンサ	ベッドサイドに座ることで警報が鳴るセンサ	クリップが外れることで警報が鳴るセンサ
問題点	警報のタイミングが遅い	寝返り等で誤作動する	寝返り等で誤作動する	寝返り等で誤作動する

\* 電子部

\*\* メイワ医科工業(株)

\*\*\* (株)省力化技研

2. 離床予測システムの開発

2.1 離床予測システム全体構成

ベッドは、(株)メイワ医科工業製の4分割式電動リクライニングベッドを使用した。4分割されたベッド上に、荷重を面で受けるための新たなパネルを4枚設置した。新たに設置したパネルはその4隅で荷重計により保持される構造とした。これにより各面(エリアA~D)の荷重と重心

位置を得ることが可能となる。荷重計より得られる信号は、マイコンで処理を行い、得られた4面の荷重と重心位置を基に、離床予測プログラムでベッド利用者の状態を推察し、離床すると判断した場合にナースコールへ出力を行う(図1)。更に、システムの動作状況を把握するために、時間管理とログの保存機能を付加した。

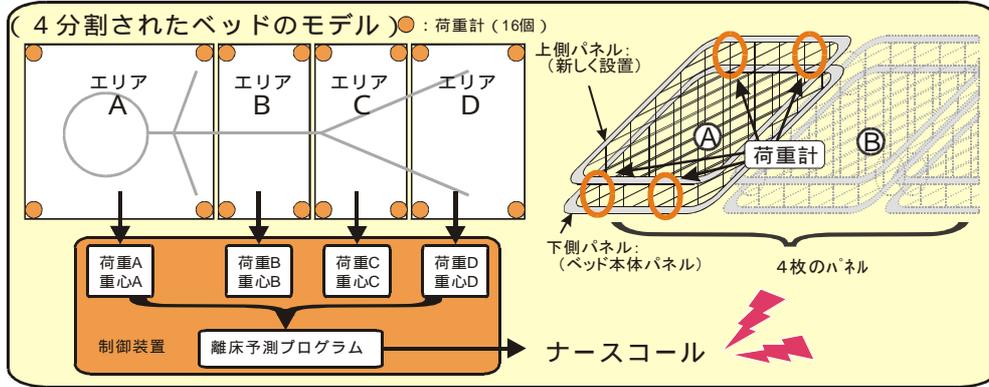


図1 体位モニタリングシステムのイメージ図

2.2 新しい荷重測定方法の開発

開発した荷重計の要求仕様を表2に示す。これを満足する図2に示す形状を考案した。また、荷重計の寸法については図3のように定め、材厚tと寸法dをパラメータとして検討した。材質は加工が容易な鉄(SS41)を用いた。試作した荷重計を図4に示す島津オートグラフ(AGS-5KNB形)を用いて限界荷重と単位荷重あたりの変位量を評価した。結果を図5に示す。限界荷重が1200N以上で、単位荷重あたりの変位量ができるだけ大きいものはサンプルDとJであった。加工が容易であることを考慮して材厚の小さいサンプルJ(材厚t=4.5mm,寸法d=15mm)を採用した。空隙xは限界荷重前に接触して、それ以上応力がかからないように2.2mmとした。この荷重計の構造体に、120のひずみゲージを表裏1枚ずつ合計2枚貼付したものを16個作成した。開発した荷重計を図6に示す。

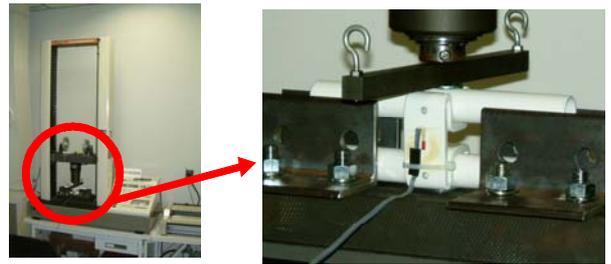


図4 オートグラフ

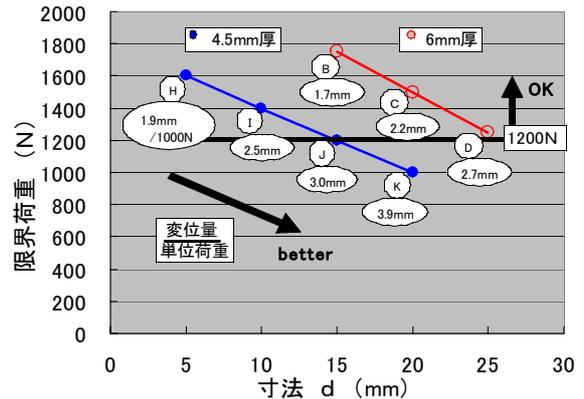


図5 荷重限界と変位量

表2 荷重計の要求仕様

・上下2枚のパネルを保持する
・寝床面ができるだけ高くないようにする
・測定範囲 0~400N(約40kgf)
・耐荷重 1200N(約120kgf)
・曲げ応力を効率的に計測する形状

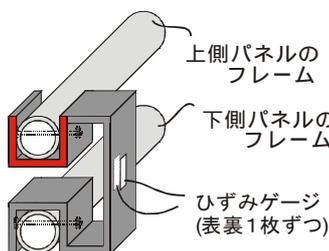


図2 荷重計の形状

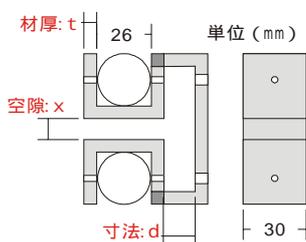


図3 荷重計の寸法



図6 開発した荷重計

オートグラフを用いて100N毎の変位量を測定した結果、測定範囲内において、すべての荷重計がほぼ線形に近い変化を示した(図7)。また、16個の荷重計の単位荷重あたりの変位量も、平均値から±2.2%程度の範囲に収まっており、バラツキも小さい(表3)。

表3 荷重計のばらつき

荷重計番号	変位量 (mm/1000N)
1	2.759
2	2.727
3	2.750
4	2.697
5	2.703
6	2.683
7	2.667
8	2.766
9	2.667
10	2.680
11	2.697
12	2.697
13	2.650
14	2.667
15	2.697
16	2.667
ばらつき	平均±2.15%

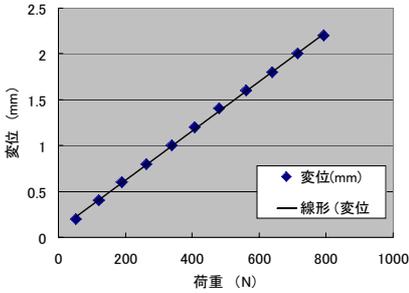


図7 荷重 - 変位曲線の一部

2.3 組み込み技術による制御部の開発

荷重計に貼付した2枚のひずみゲージの抵抗値変化は、平衡ブリッジにより電圧に変換され、増幅した後マイコン内蔵の12bit A/D変換機へ入力した<sup>1)~3)</sup>。操作ボタン、動作確認のLEDなどを配した操作BOXは、FPGAを介してマイコンへ入出力を行った<sup>4)</sup>。また、システムの動作状況を把握するために、時計モジュールとSDカードモジュールを用いてログの保存を可能とした<sup>5), 6)</sup>。更に、部品実装のためのプリント基板を設計、開発した。

使用した各種モジュールの主な仕様を表4に、開発したプリント基板を図8に、制御部全体のイメージ図とそれぞれのブロックに対応する写真を図9に示す。

表4 使用したモジュールの仕様

a) マイコン

メーカー	(株)アルファプロジェクト
製品名	AP-SH2F-12A
搭載CPU	SH7137 (SH-2)
クロック	80.0MHz
メモリ	ROM 256Kbyte RAM 16Kbyte
シリアルI/F	3ch
A/Dコンバータ	16ch (分解能 12bit)

b) FPGA

メーカー	(有)ヒューマンデータ
製品名	XCM-301-200
搭載FPGA	XC3S200-4VQG100C
クロック	オンボード 48MHz
ゲート数	200k
コンフィグレーションROM	XCF01SV0G20C
ユーザI/O	56本

c) SDモジュール

メーカー	(株)アルファプロジェクト
製品名	PC-SDRW-01
対応メモ리카ード	SD, SDHC, MMC
インターフェイス	調歩同期シリアル, SPI

d) 時計モジュール

メーカー	マイクロテクニカ
製品名	RTC-10
時間精度	1分/年
インターフェイス	非同期式シリアル
バックアップ電源	バッテリー

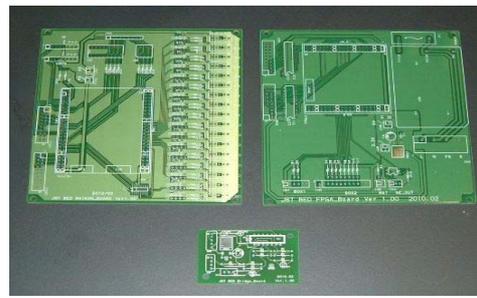


図8 開発したプリント基板

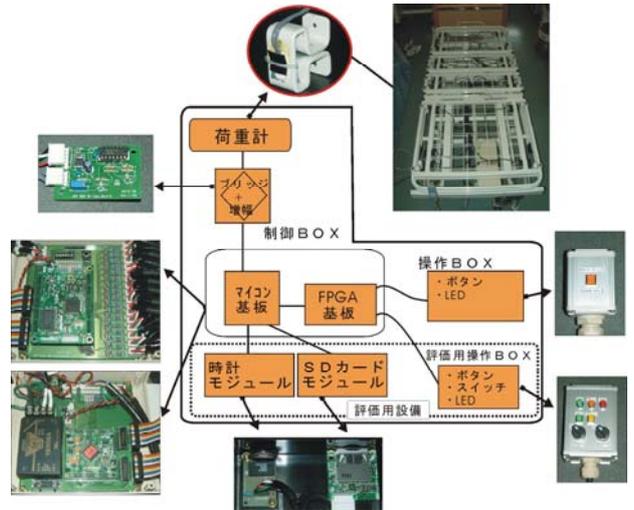


図9 制御部のイメージ図

2.4 新離床予測プログラムの開発

離床予測は図10に示すとおり、16個の荷重計の値から得られる3つの項目(総荷重, 荷重割合, 重心位置)それぞれで判断した値(離床レベルa, b, c)を合算して離床レベルとした。この離床レベルが設定した値(1~16)を超えた時、ナースコールへ信号を出力する。3つの項目のうち 2つに離床レベルの50%(最大値8)ずつを割り当てた。 1つは+ の値として加算することとした。

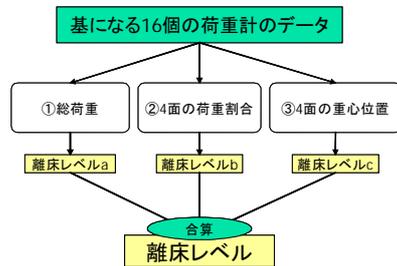


図10 離床レベルの概要

の荷重割合は、エリアAの荷重割合が小さくなると、離床レベルが大きくなるように設定した。離床レベルbの計算式を表5に示す。

の重心位置は、エリアB, C, Dの重心位置がベッドの中心から左右方向に離れるに従い大きくなるように設定した。重心位置に当てられた離床レベル50%は、エリアB, C, Dの荷重割合の比に応じて割り当て、計算後に合算し、

離床レベルcとした。計算式を図11に示す。

の総荷重は、上記の合算値が設定レベルに達しない場合を想定し、一定荷重より小さくなった場合に離床レベルを大きくするように設定した。計算式を表6に示す。

表5 離床レベルbの計算式

荷重割合	エリアA	エリアB	エリアC	エリアD
0 ~40%未満	$8 \times \frac{40\% - \text{荷重割合}}{40\%}$	-	-	-
40%以上	0	-	-	-

表6 離床レベルaの計算式

総荷重	離床レベルa
0 ~15kg未満	$\frac{15\text{kg} - \text{総荷重}}{1000\text{g}}$
15kg以上	0

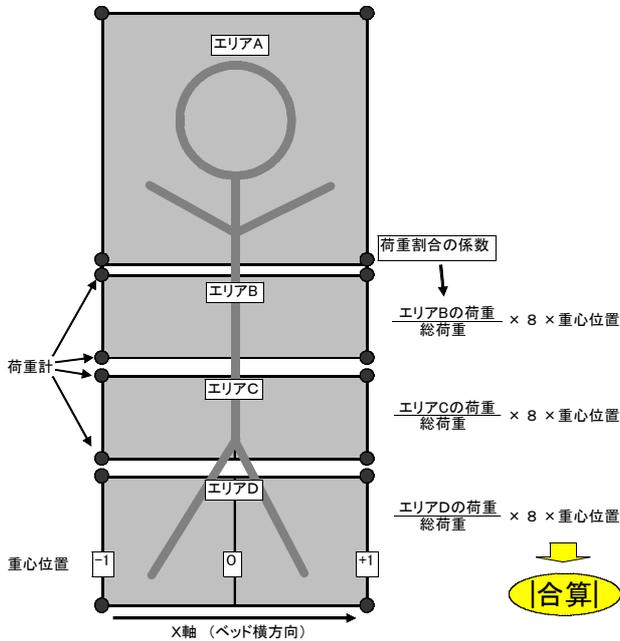


図11 離床レベルcの計算式

表7 被験者情報

被験者	性別	年齢	身長	体重	介護レベル
A	女	96	152	43	2
B	女	91	143	49	1
C	女	88	154	34	4
D	女	76	155	41	3
E	女	95	140	39	2
F	女	67	146	43	3
G	男	73	158	42	3
H	男	80	160	40	4
I	女	93	154	47	3

表8 実験条件

- ・被験者は基本的に介助なしで離床が出来る方を選抜
- ・ベッドの柵は4カ所の内、降り口以外の3カ所に設置した
- ・ナースコールへの出力は行わない(介護者の影響排除)
- ・離床の時間は荷重10kg以下とした

表9 実験結果

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	のべ
実験日数	3日	4日	2日	4日	3日	3日	4日	4日	3日	30日
予測回数	24	32	4	22	10	3	30	10	12	147
予測成功回数	23	26	4	21	9	3	12	9	10	117
再度寝た回数	1	6	0	1	1	0	18	1	2	30
誤作動回数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
未作動回数	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
成功率	96%	100%	100%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	平均99%
平均予測時間	28秒	32秒	49秒	37秒	33秒	28秒	-	60秒	21秒	平均33秒



図12 設置の様子

3. 実証試験

実際の利用者である高齢者を対象に、特別養護老人ホーム三船園で実証試験を行った。被験者情報を表7、実験条件を表8に、実験結果を表9に、現場での設置の様子を図12に示す。

離床の33秒前に99%の確率で離床を予測しており、十分早いタイミングで警報を発することが可能となった。また誤作動の回数も0回(未作動は2回)であり、『警報を発するタイミングが遅い』や、『誤作動が多い』などの問題点を改善できる新しい手法の離床予測の実証ができた。未作動は、ベッド柵を取り外していたことにより、想定外の場所から離床したために発生した。

ここで、表9の再度寝た回数は、システムは離床すると予測したが、離床せずにまた寝姿勢になった回数である。

回数が頻繁であった被験者Gの取得データによると、すべての場合で上体を起こしており、また重心位置が実際離床する際の値と大きく変わらないということが確認できた。介護者への聞き取り調査によると、端座位(ベッドの縁に腰掛ける体勢で、まさに離床直前の状態)へ向けて上体を起こすことが多く、また起きあがった後も離床せずに再度ベッドに横になることも多いことが判明した。この端座位の姿勢は、人間の目で見ても離床するか、再度横になるか判断するのは困難であり明確に切り分けることはできないと考える。従来手法での集計結果も上記を踏まえて誤作動とせず予測成功としたことから、本実験においても予測成功とした。

#### 4. 結 言

本研究により次の成果を得た。

- (1)面で荷重を測定することに対応した、最適な形状と寸法をもつ荷重計を開発した。
- (2)専用のプリント基板を開発し、16個の荷重計の出力を収集し、24時間データを収集可能な制御部を開発した。
- (3)荷重測定方式に適応した離床予測プログラムを開発した。
- (4)実証試験において、離床予測成功率は平均99%、誤作動0回、未作動2回と良好な結果を得て、『警報を発するタイミングが遅い』や、『誤作動が多い』などの問題を改善できる新しい離床予測手法を実証した。

本研究で開発した離床予測システム等の事故防止に寄与する機器は、介護施設等において必要性の声が依然として高く、積極的に取り組むべきと考える。本研究においてシステムの機能性が実証されたことから、今後は明らかになった改善点について検討を進める。また試作機を複数の介護施設で継続運用することにより実証データを積み上げ、

信頼性を向上させるとともに、本システムの周知を進めていく予定である。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、ご助言とご協力を頂いた特別養護老人ホーム三船園に謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) SH7137ハードウェアマニュアル, (株)ルネサステクノロジ
- 2) AP-SH2F-12Aデータシート, (株)アルファプロジェクト
- 3) 高橋賞, 河合正安: ひずみゲージによるひずみ測定入門 (2005)
- 4) XC3S200 ハードウェアマニュアル, ザイリンクス(株)
- 5) PC-SDRW-01データシート, (株)アルファプロジェクト
- 6) RTC-10 ユーザーズガイド, マイクロテクニカ