

ベッド上の人体挙動の検出

長野県工科短期大学校 制御技術科 手塚 佳夫・伝田 貢
校長 佐藤元太郎

1. はじめに

本校は、長野県産業界の強い要望と県民の期待に応えるため平成7年4月に開校し、県内の主要業種に関連する生産技術科、制御技術科、電子技術科および情報技術科の4学科を設置している。

本校には、「人材育成」と「技術研究開発」の2つの機能がある。前者は、高等学校卒業者や、事業主の推薦を受けて入学した技術者を、産業界の第一線で活躍できる人材として育成するための機能であり、後者には、教員が個々のテーマについて研究を行う独自研究、教員が企業の人達と一緒に、共同研究や技術研究会がある¹⁾。

人材の育成については、「実践力重視」「個別指導重視」「柔軟なカリキュラム」が特色としてあげられる。学生は2年間という短い期間のなかで、理論的な基礎知識と高度な実践力の習得に努めているが、その集大成として卒業研究がある。

ここに紹介するのは、制御技術科における卒業研究の1つとしてまとめられたものである。

2. 研究の背景

高齢者の増加に伴い、自宅で介護を行うケースが増えてきているが、介護者の高齢化も進み、介護負担の軽減が求められている。また、ベッド上に同じ姿勢で長時間寝ていることによって起こる褥瘡の発生は、介護を行ううえで深刻な問題となっている。こ

のため、ベッド上での生活を余儀なくされている人達には、異常が発生したときに検知し通報するシステムが不可欠であり、無侵襲・無拘束で違和感のないものが求められる。

ベッド上の体位を検出する方式としては、画像処理によるもの²⁾、圧力センサシートを用いたもの³⁾、温度計センサを用いたもの⁴⁾等の研究が報告されている。それらの方式は、検出精度も高く横臥姿勢を視覚的に確認できる等の優れた機能を有するものの、プライバシーにかかわる問題や、身体に近い部分でのセンシングが必要となるために使用者に違和感を与えること、シーツ交換時の取り扱いに注意が求められる等の課題もあるものと考えている。

本研究では、被介護者に身体的、精神的な負担が加わることなく、ベッド上での安否を検知する安価なシステムの構築を目指し、歪みゲージとワイヤロープを用いた検出機構を考案して、人体挙動の検出を試みた。

3. 実験装置

図1に実験装置の全景を示す。本装置は、人体の挙動を歪みゲージ出力として検出する検出部と、そのゲージ出力をA/D変換してパーソナルコンピュータ(PC)の画面上に表示し、データとして蓄えるデータ処理部からなる。本装置は検出部をベッドの架台とマット間に設置し、ベッド(マット)上に人が横臥したときの人体の挙動を検出しようとするものである。



図1 実験装置の全景

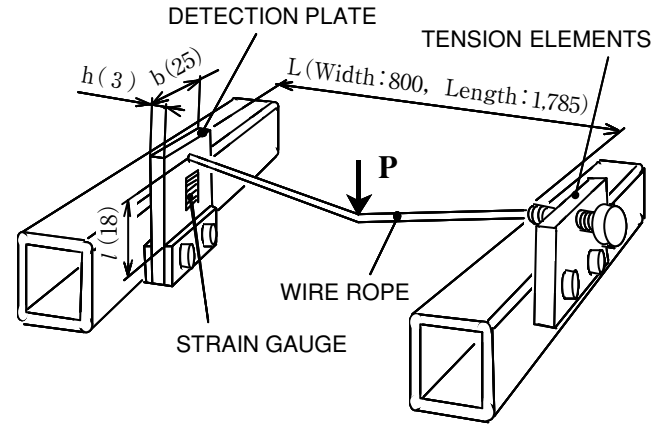


図2 検出部の詳細

3.1 検出部

検出部の詳細を図2に示す。検出部は表裏に2枚の歪みゲージ（NMB社製の箔歪みゲージ F-5N-12 T11）を取り付けた検出板、検出板に撓みを与えるワイヤロープ、ロープに張力を与えるテンション部からなり、これらをベッドの架台と同じ大きさで長方形（外形835mm×1820mm）に溶接された角パイプ（□19mm）のフレームに取り付けている。

検出板（軟鋼，幅b，厚さh）の固定部からロープ取付部までの高さをl，ロープ長さをLとすれば，ロープ中央を荷重Pによりlだけ変位させた

ときの，検出板に作用する最大応力 σ_{max} は

$$\sigma_{max} \doteq \frac{3LP}{2bh^2} \dots\dots\dots(1)$$

ここで，軟鋼の曲げ・片振り繰り返し荷重作用時の許容応力は60～100MPaであり，式（1）および図2に示す値より，ロープ中央にかけられる最大荷重Pmaxはロープ長さ800mmのとき11 N，1,785mmのとき5Nとなる。

ロープ（長さ800mm）中央荷重Pを10 N（変位18 mm）に設定したときの変位と歪みゲージ出力の関係を図3に示す。これより，変位が5 mmを超

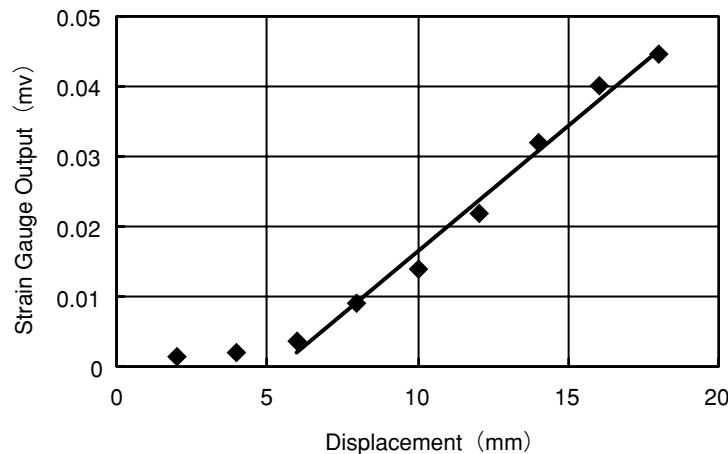


図3 歪みゲージ出力

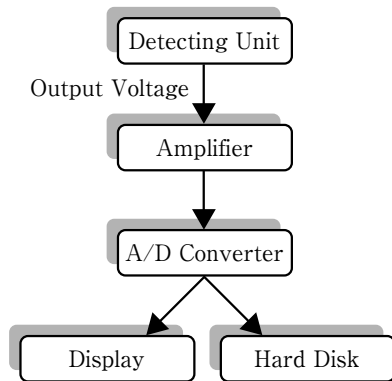


図4 データ処理の流れ

えるあたりから、ロープに加えられた荷重とほぼ比例したゲージ出力が得られることがわかる。

3.2 データ処理部

本システムのデータ処理の流れを図4に示す。歪みゲージからの出力は、自製した増幅回路によって増幅（4000倍）し、これをA/D変換ボード（ナショナルインスツルメンツ社製PCI-6024E）によってA/D変換して、PCの画面上に表示する。同時に、表示されたデータはPC内蔵のハードディスクに記録する。画面表示およびデータを記録するプログラムは、ナショナルインスツルメンツ社製の計測・アプリケーション開発システムLabVIEW6iによって自作した。

4. 実験方法および結果

本実験装置を用いて、ベッド上の人体挙動の検出を試みた。本装置では、ワイヤロープは横8本、縦5本、計13本まで取り付けられる構造となっているが、図5に示すように、今回は横5本（ピッチ300mm）、縦2本（左右のフレームから120mm）で行った。ロープテンションはロープ中央部変位18mm時に①～⑤は10N、⑥と⑦は4Nになるよう調整し、この検出部の上に厚さ80mmのマットレス、

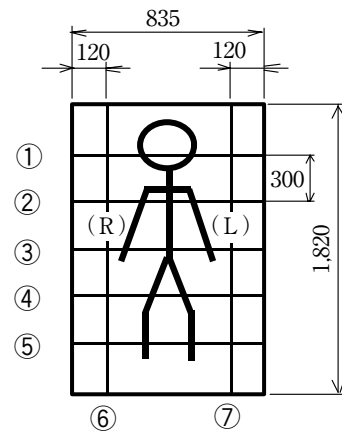


図5 検出ユニットの配置

敷布団、枕を置いた。ここで、横5本のロープは人の体位（横臥姿勢）を、縦2本のロープはベッド上の人の位置を検知することを目的としている。

4.1 ベッド上の体位の判別

これらの上に男子7名（表1）が横臥し、その体位を、図6のように(a)仰臥位、(b)右側臥位、(c)左側臥位、(d)腹臥位に変化させたときのゲージ出力を図7に示す。ここで、検出部位置①（頭部）、②（胸部）、③（腰部）では出力値に変化が見られなかったが、④（膝部）および⑤（足部）では差が表れている。つまり、④においては左・右側臥位に比べて仰臥位の値は低く、腹臥位の値は高くなっている。また、⑤においてはその逆で、仰臥位の値は高く、腹臥位の値は低い。これは、体位によって膝部と足部のベッドにかかる荷重が変化することによるものと考えられる。

4.2 ベッド上の位置の検知

検出部⑥、⑦のゲージ出力結果を図8に示す。被験者のベッド上の位置（右側、中央、左側）により、出力結果に差が表れている。これにより被験者のベッド上の位置を検知することが可能である。

表1 被験者の身体特性 (男子7名)

	Maximum	Minimum	Average
Height (cm)	178.5	160	170.5
Weight (kgf)	95	54	65.4
Age (yrs)	20	19	19.6

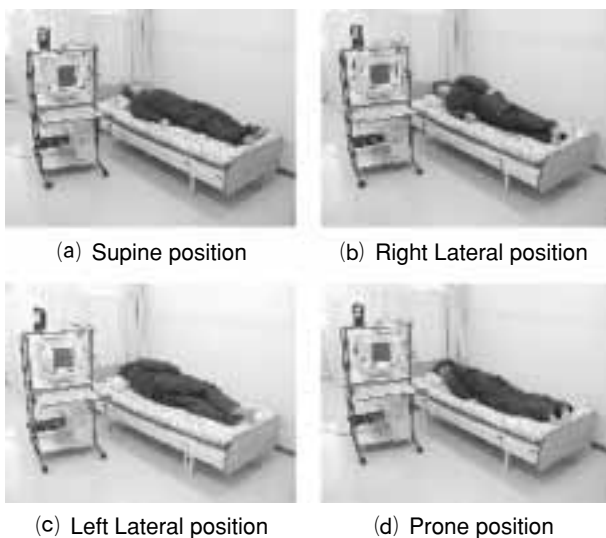


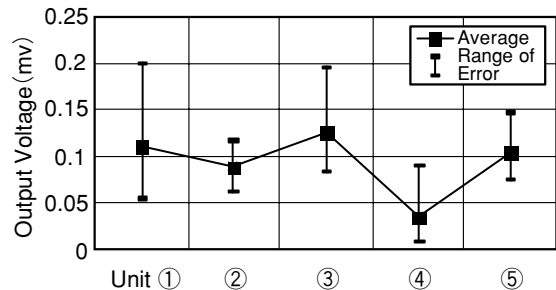
図6 ベッド上の体位

また、以上の実験を通じて被験者が、本装置を設置したことによる違和感を覚えることはなかった。

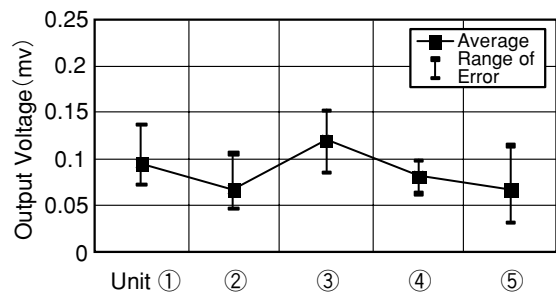
4.3 表示・警報機能の付加

上記の実験結果に基づき、本システムに以下のような機能を付加した。画面の表示を図9に示す。

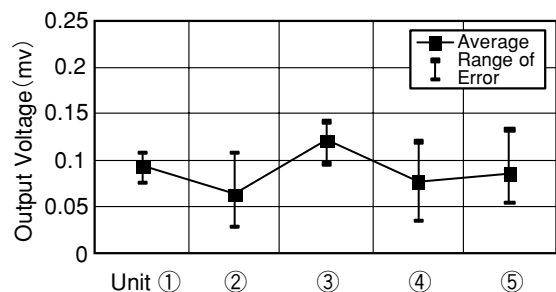
- (1) ベッド上の人是否存在(有無)を表示する機能：(A)
- (2) 体位(仰臥位, 腹臥位)を表示する機能：(B)(C)
- (3) ベッド上の位置を表示する機能：(D)
- (4) ベッドからの落下を警告表示する機能：(E)
- (5) ベッドからの落下または離れた場合に警報する機能



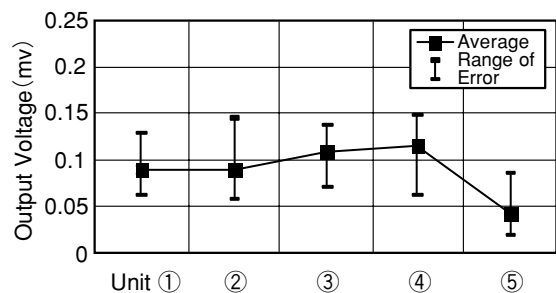
(a) Supine position



(b) Right Lateral position



(c) Left Lateral position



(d) Prone position

図7 体位変化におけるゲージ出力

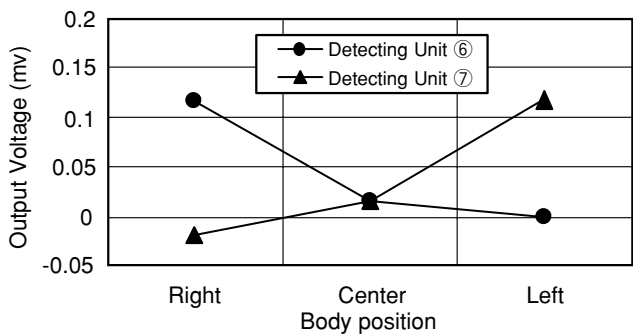


図8 身体位置の変化に対するゲージ出力

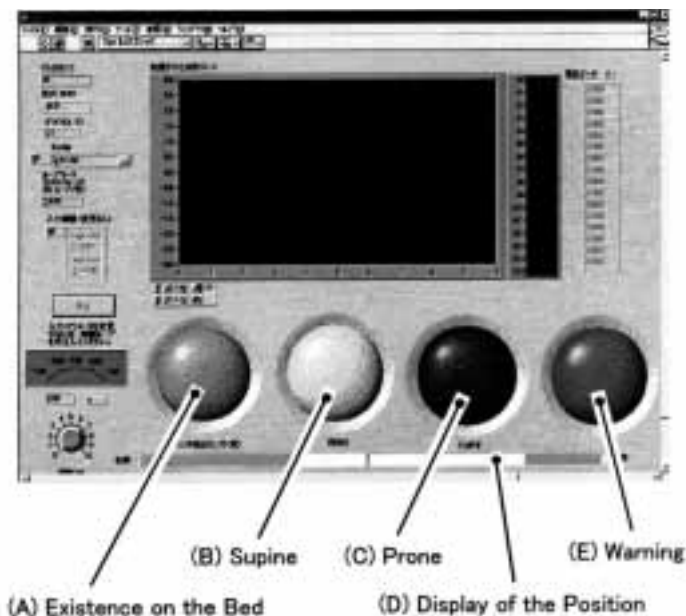


図9 画面表示 (LabVIEWフロントパネルウィンドウ)

5. まとめ

以上の研究成果をまとめると以下のようなものである。

- (1) ベッド上における人の安否を検知する安価なシステムの構築を目指し、歪みゲージとワイヤロープを用いた検出機構を考案した。
- (2) 横5本のロープを張った実験において、人の横臥姿勢（体位）に対し、歪みゲージの出力に特徴ある結果を見いだすことができた。



- (3) 縦2本のロープにより、ベッド上の人々の位置検出が可能となった。
- (4) ベッド上における人の状態（位置および体位）を検知し、警告・警報機能を有するシステムを構築した。
- (5) 本システムは人に違和感を与えないことを確認した。

<参考文献>

- 1) 西岡良晃, 手塚佳夫, 大竹勉, 傳田精一: 「企業との連携による実践教育へのアプローチ」, 実践教育訓練研究協会2001年実践教育研究発表会講演予稿集, p.71~72, 2001.
- 2) 西田佳史, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正: 「視覚情報による睡眠時無呼吸症候群診断手法」, 日本ロボット学会誌, Vol.16, No.2, p.274~281, 1998.
- 3) 西田佳史, 武田正資, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正: 「圧力センサによる睡眠中の呼吸・体位の無侵襲・無拘束な計測」, 日本ロボット学会誌, Vol.16, No.5, p.705~711, 1998.
- 4) 長谷川浩, 岩本和久, 水谷将文, 山口隆美: 「コンピュータネットワークを利用した在宅医療システムのための生体機能測定のための基礎的実験」, 日本機械学会2000年度年次大会講演論文集 (I), p.395~396, 2000.