

ニューラルネットワークを採用した 院内起床検知システムの提案と改良

竹田史章* 佐藤公信**

*高知工科大学 工学部

**高知工科大学 総合研究所

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

E-mail : *takeda.fumiaki@kochi-tech.ac.jp, **satoh.hironobu@kochi-tech.ac.jp

要約: 一般に、高齢者の多くはその動作が緩慢である。病院内や福祉施設において快適な日常生活を送るため、常に高齢者を介護する必要が発生しつつある。しかし、介護者が長時間高齢者を介護することは難しい。そこで、画像識別システムを用いることで高齢者の行動をモニタするシステムを開発する必要性が要求されている。本研究では、人間の主な動作の1つである「寝る・起きる」という行為をニューラルネットワーク(NN)を用いて検知を行うシステムを構築する。また、検知能力向上に向け、NNの入力値作成方法および検知用画像の採取方法の検討を行う。最後に、検知実験を行い、改良の有効性を検討する。

1. はじめに

近年、高齢者が身体機能の低下によりベッドから転落し骨折や打撲などの身体を負傷する事故が発生している[1]。そこで、病院内や福祉施設においてベッドから転落する医療事故を未然に防ぐため24時間の介護が必要となる。しかしながら、介護者が高齢者に長時間の介護を行うことは介護者1人あたりの負担が大きくなるため難しい。そこで、本研究では、画像を用いて高齢者のベッドでの就床から落下に至る行動を危険度に応じて5段階に分類した5行動「就床」、「起床途中」、「起床」、「落下途中」、「落下」を検知し、検知対象者の行動を予測検知することにより転落事故を未然に防ぐことを目的とした院内起床検知システムを提案してきている。提案システムはWEBカメラによって撮像された画像を用いる。また、撮像された画像はNN[2-5]を用いて、分類した5行動に検知を行う。

本論文では、提案するシステムの検知能力をさらに高めるために、NNの入力値作成方法の改良を行う。改良したシステムにおいて個人毎に学習を行い、その学習ウェイトを用いてシミュレーション実験を行い、改良の有効性を示す。

2. システム構成

2.1 ハードウェア

実験装置を図1に示す。実験装置はカメラ部、台座部で構成される。カメラ部にはWEBカメラを装着する。WEBカメラの位置は、各医療現場のベッドの高さに対応するため、床からの高さが120cmから175cmの間で調節することが可能である。また、高齢者および介護者の行動の障害となることを避けるために、台座部は小型化、さらに実験装置単体で検知を行う必要がある。よって、台座部にはPersonal Computer(PC)を格納し、小型で装置単体での検知が可能なシステムとする。実験装置は図2に示すように、ベッドの足下近くに配置する。

2.2 ソフトウェア

本論文では、検知対象者の行動を「就床」、「起床途中」、「起床」、「落下途中」、「落下」と5つの行動に分類をする。図3に5つの行動の状態模式図を示す。図4に提案システムの検知フローを示す。はじめに、検知対象者を実験装置に取り付けられているWEBカメラで撮影を行う。その後、撮像した画像からNNに入力するために特徴抽出を行い、NNの入力値を作成する。作成された入力値をNNに入力し、出力値を算出する。

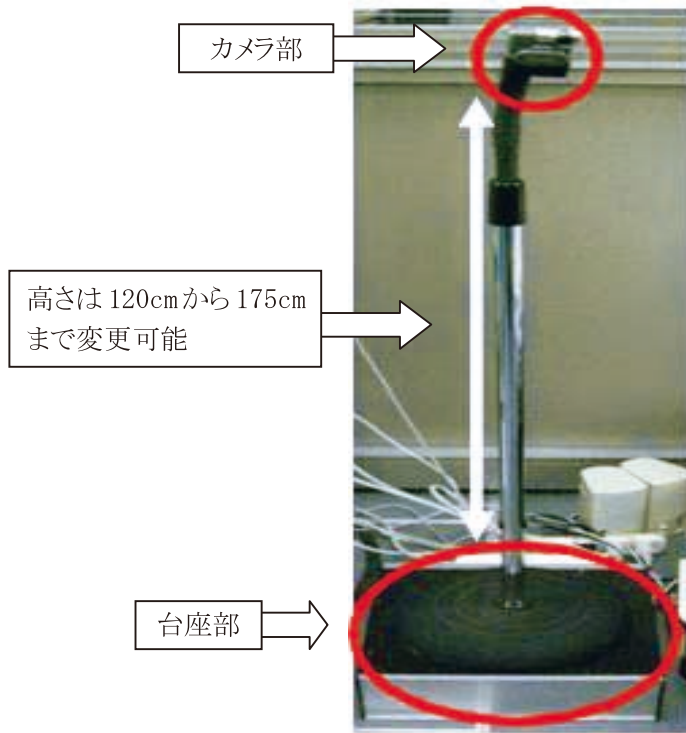


図1 実験装置



図2 実験装置設置例

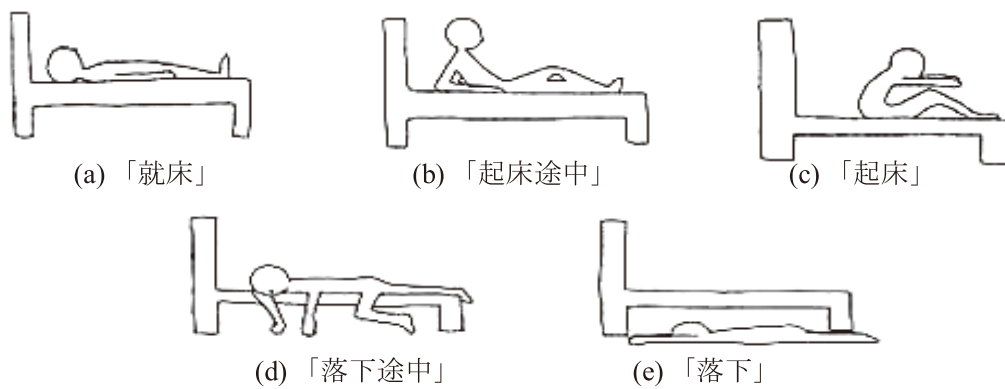


図3 「就床」および「落下」までの模式図

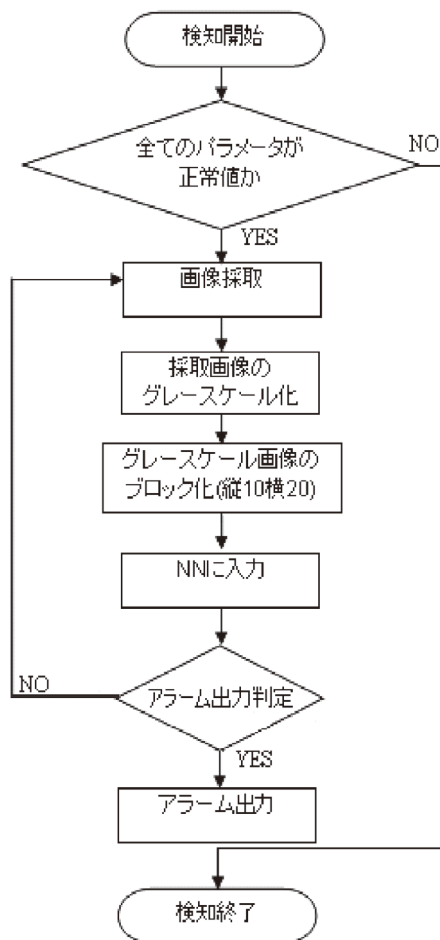


図4 提案システムの検知フロー

NNの構成は入力細胞数を200、中間層細胞数を30、出力細胞数を5とする。ここで、出力層の各細胞は5つの行動のそれぞれ1つに対応する。学習には式(1)に示すバックプロパゲーションアルゴリズム[2][5]を用いてNNウェイトを作成する。ここで ΔW はNNウェイト修正量、 δ は一般化誤差、 α は学習定数、 β は慣性定数、 η は振動定数、 O はNN出力値を示す。

$$\Delta W_{jk}(t) = -\eta \delta_k O_j + \alpha \Delta W_{jk}(t-1) + \beta \Delta W_{jk}(t-2) \quad (1)$$

算出された出力値から、最大出力値を示す動作パターンを検知結果とする。最後に、規定回数内で検知された動作パターンがアラームを発生するに値するか否かを判定する。発生するに値すると判定された場合はアラームを鳴らす。規定の回数を満たしていない場合は再度画像の撮像および検知を行う。

次に、図5にNNの入力値作成フローを示す。特徴抽出方法は、まず、撮像画像を式(2)を用いてグレースケール画像に変換する。ここで、式中 V は変換後の輝度値を、 R 、 G 、 B はそれぞれ赤色、緑色、青色の輝度値を示す。

$$V = (R \times 30 + G \times 59 + B \times 11) / 100 \quad (2)$$

その後、グレースケール画像を縦10、横20の計200ブロックにブロック化する。次に、各ブロックに対して加算平均を行う。閾値は127とし算出された値が127未満なら「0」、以上であるならば「1」とする。最後に各ブロックから算出される値「0」または「1」をNNの入力値とする。

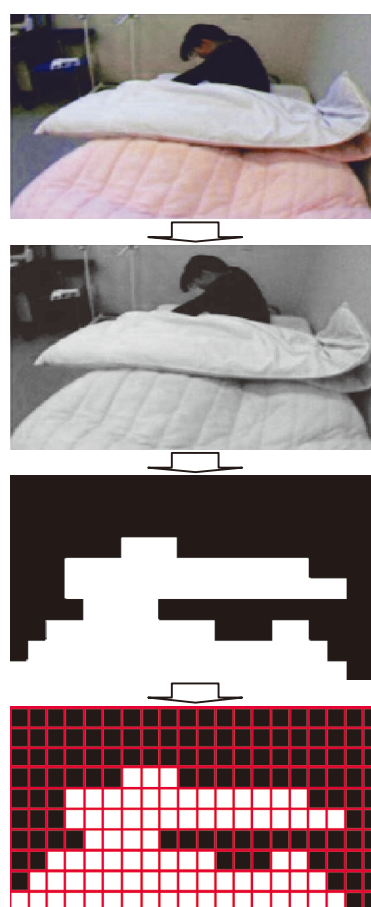


図5 NNの入力値作成フロー

3. これまでのシステムの問題点

3.1 静止情報のみの問題点

提案システムでは、1枚の静止画像から1回の行動検知を行っている。現手法では、行動検知には静止情報しか用いていない。そのため、各検知対象者の多様な動きに対し正確な検知は不十分である。そこで、連続した撮像画像を検知対象者の動き(動的情報)をNNの

入力値に追加する。「就床」から「落下」に至る動的情報の特徴抽出を行い、NN に入力することにより、性能が現状以上に向上すると考える。

3.2 外乱の影響の問題点

現状の提案システムでは、NN の入力値作成に用いる撮像画像は検知対象者だけではなくベッド周辺の壁や床などの外乱も撮像されている。そこで、検知対象者の 5 行動の特徴量を含まない情報を除去することにより、さらに性能が向上すると考える。

4. システムの改良

4.1 動的情報の考慮

3.1 で述べた問題点を解決するために、NN の入力値作成方法に新たに動的情報を加えた手法に改良を行う。

新たな NN の入力値作成方法として、1 回の検知には、1 秒間隔で撮像した画像を 5 枚用いる。5 枚のうち 4 枚を動的情報、1 枚を静止情報とする。図 6 に示すように撮像画像を順に tmp0、tmp1、tmp2、tmp3、tmp4 とする。

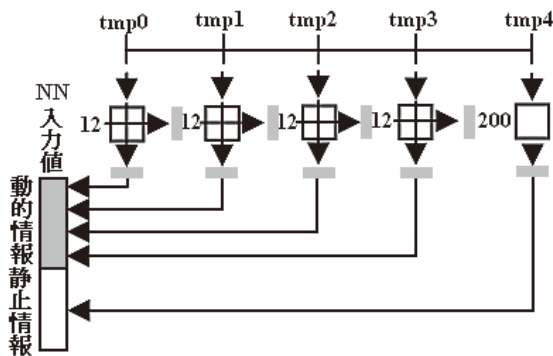


図 6 動的情報の追加方法

そのうち、tmp0、tmp1、tmp2、tmp3からは動的情報の特徴量を抽出する。これらの画像は式 2 を用いて 256 階調でグレースケール化を行う。図 7 に示すようにグレースケール化した画像を縦を 6 に、横を 6 に分割する。

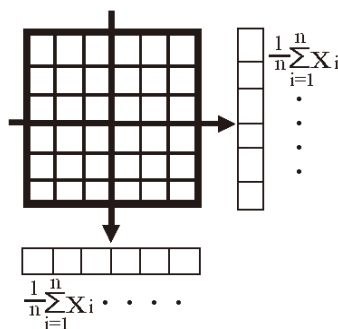


図 7 動的情報における入力データのモデル

次に、各ブロックの各行と各列において加算平均する。閾値は 127 とし算出された値が 127 未満なら「0」、以上であるならば「1」とし、その値を動的情報とする。したがって、画像 1 枚あたりの NN の入力値は、縦 6 列と横 6 行、計 12 個となる。tmp4からはこれまでの静止情報の特徴量[2]を抽出する。静止情報は 2.2 で述べた方法で NN の入力値作成を行う。

4.2 切り出し画像の採用

3.2 で述べた問題を解決するために、撮像した画像は検知対象者が画像の中心となるように画像を切り出す。図 8 に撮像画像および切り出し画像を示す。切り出しを行うことで、図 8 の(b)に示すように外乱の少ない撮像画像が確認できる。



(a) 撮像画像 (b) 切り出し画像

図 8 撮像画像および切り出し画像

5. 検知実験

改良システムの検知能力を検証するためシミュレーション実験を行う。実験方法は、WEB カメラを用いて検知対象者の「就床」、「起床途中」、「起床」、「落下途中」、「落下」までの 5 行動を撮像する。次に、撮像した画像から検知対象者が画像の中心となるよう手動で切り出しを行い、切り出し画像を用いて検知を行う。検知対象者は男性 2 名(A、B)とする。また、検知対象者の服装状態は黒服、白服着用の 2 種類、計 4 状態とする。図 9 に検知対象者の状態の実画像を示す。ここでは、NN の入力値作成に用いる撮像画像 5 枚を 1 セットと定義する。検知対象者 1 人に対して、学習には各状態それぞれ 15 セット、各行動それぞれ 30 セットの撮像画像を用い、未学習には各状態それぞれ 30 セット、各行動それぞれ 60 セットの撮像画像を用いる。NN の構成は、入力細胞数を 248、中間細胞数を 30、出力層細胞数を 5 とし、個人ごとの学習を行い NN ウェイトを作成する。つまり男性 A の NN ウェイトを用いて男性 A の検知を行う。また、男性 B の場合も同様とする。表 1 に男性 A におけるシミュレーション実験の結果を示す。また、表 2 に男性 B におけるシミュレーション実験の結果を示す。

表 1 の結果より、男性 A では学習済において 100.0%、

未学習において平均 96.7%の検知成功率を示した。表 2 の結果より、男性 B では学習済において 100.0%、未学習において平均 94.0%の検知成功率を示した。実験結果より、検知対象者 2 人の未学習における検知成功率が高いことから、改良システムは学習した個人に対して有効であることが確認された。

また、本実験に用いた動的情報に加え、撮像画像から検知対象者を切り出す方法が有効であるか確認するため、静止情報のみの手法を用いた切り出し画像におけるシミュレーション実験および切り出しを行わない手法から撮像画像を用いて本実験と同様のシミュレーション実験を行い、性能の比較を行った。表 3 に、各手法における比較結果を示す。

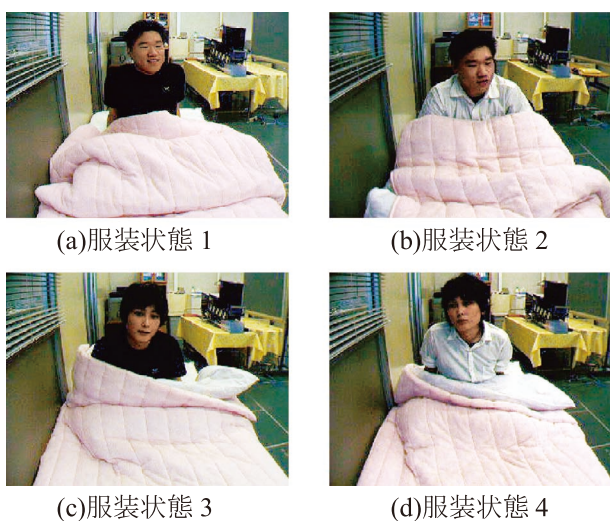


図 9 検知対象者の状態の実画像

表 1 シミュレーション実験結果(男性 A)

	学習済 検知成功率 (検知成功数/ 母数)	未学習 検知成功率 (検知成功数/ 母数)
就床	100.0% (30/30)	100.0% (60/60)
起床途中	100.0% (30/30)	100.0% (60/60)
起床	100.0% (30/30)	85.0% (51/60)
落下途中	100.0% (30/30)	100.0% (60/60)
落下	100.0% (30/30)	98.3% (59/60)
平均	100.0% (150/150)	96.7% (290/300)

表 2 シミュレーション実験結果(男性 B)

	学習済 検知成功率 (検知成功数/ 母数)	未学習 検知成功率 (検知成功数/ 母数)
就床	100.0% (30/30)	93.3% (56/60)
起床途中	100.0% (30/30)	81.7% (49/60)
起床	100.0% (30/30)	95.0% (57/60)
落下途中	100.0% (30/30)	100.0% (60/60)
落下	100.0% (30/30)	100.0% (60/60)
平均	100.0% (150/150)	94.0% (282/300)

表 3 男性 A における比較結果

	男性 A	男性 B
静止情報のみ (切り出し画像)	73.6%	81.6%
静止情報 + 動的情報 (撮像画像)	96.3%	93.6%
静止情報 + 動的情報 (切り出し画像)	96.7%	94.0%

表 3 の結果より、動的情報を加えた入力値作成方法における手法が静止情報のみよりも検知成功率がわずかであるが高いことが示された。また、切り出しの手法が、切り出しを行わない手法よりも検知成功率がわずかであるが高いことが示された。

これにより、入力値作成方法に動的情報に加え、撮像画像から検知対象者を切り出す方法が有効であると判断する。

しかしながら、学習した個人の学習ウェイトを用いて他人の検知が有効であるかは確認されていない。よって、今後は学習した個人の学習ウェイトを用いて他人の検知を行い、改良システムの汎化性についての検証も実施予定である。

6. まとめ

本論文では、NN を採用した院内起床検知システムの提案を行った。また、提案システムの検知能力を高めるためにNNの入力値作成において動的情報の追加および撮像画像からの対象切り出しによる外乱の縮小のアルゴリズムの追加も行った。これにより改良システムの検知能力の検証のためシミュレーション実験を行った。その結果、検知対象者2人における未学習の検知成功率の全体平均が95.3%であったことから、改良システムは個人検知において有効であると思われる。今後は撮像画像から検知対象者の顔の位置を特定し、自動で検知対象者を切り出すアルゴリズムに展開予定である。さらに、学習した個人の学習ウェイトを用いて他人の検知を行い、改良システムの汎化性についての検証を行う。

7. 文献

- [1]T.Yamazaki, Y.Sugawara, M.Hoshino, and F.Ozaki, “Risk Factors Related to Falls from Beds and a Study on Preventing Patient’s Fall”, Ozaki Journal of the Japan Society of Nursing, 12(1), pp.2-12, 2003
- [2]R.Ikeda, “Development of Awakening Behavior Detection System Nursing Inside The House”, International Conference on Intelligent Technology 2006, pp.65-70, 2006
- [3]S.Haykin, “Neural Networks a comprehensive foundation”, Prentice Hall International,Inc. , pp.161-173, 1998
- [4]L.Mi, F.Takeda, “Research on Individual Recognition System With Writing Pressure Based on Customized Neurotemplate With Gaussian Function”, 9th Knowledge Intelligent Information and Engineering System 2005, Part2, pp.263-269, 2005
- [5]F.Takeda, “Dish Extraction Method with Neural Network for Food Intake Measuring System on Medical Use”, 2003 IEEE International Symposium on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications, pp. 56-59, 2003

Proposal of an Awakening Detection System Adopting Neural Network and Its Improvement

Fumiaki Takeda* and Hironobu Satoh**

* Faculty of Engineering, Kochi University of Technology

** Research Institute of KUT, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami-city, Kochi 782-8502 JAPAN

E-mail : *takeda.fumiaki@kochi-tech.ac.jp, **satoh.hironobu@kochi-tech.ac.jp

Abstract: The number of the elderly in Japan is increasing year by year. It is increased that accidents are caused by falling down from the bed. To prevent these accidents, caregivers have to always observe them. However, it is sometimes difficult for caregivers to keep observing them all time. To solve the problem, we propose an awakening detection system adopting Neural Network(NN). The proposed system detects when they almost fall from the bed. The proposed system makes it possible to lessen the burden of caregivers. The system uses pictures captured with the WEB camera for detection without trespassing person's privacy. In this paper, first, we introduce configuration of awakening detection system. Then, the detection capability of the proposed system is evaluated in experiments. After that, to increase detection capability of the proposed system, the making method for input value of the NN is improved. Finally, the detection capability of improvement system is evaluated in experiments. We show its effectiveness using real data came from the real apparatus.

key word: Neural Network, Nursing, Wakening, Image, Dynamic Information