

## 患者の動向監視支援システムの開発 -ベッド柵の取り外し検出-

○篠崎優希 ◎藤尾三紀夫 (沼津高専 制御情報工学科)

### 要 旨

近年、高齢者の入院患者の増大と共に認知症患者の不用意な行動による事故が多発している。このため離床センサが利用されているが、誤作動が多く、検知が事後になるなど正確に患者の状態を把握できていない。また近年はベッド柵を乗り越える、柵を取り外して転落する、柵に挟まるなどの事故が多発している。そこで本報告では、深度差に基づいてベッド柵の取り外しを検出して報知するシステムを開発したので報告する。

### 1. 結論

近年、少子高齢化の影響により、病院における高齢者の入院患者の割合が増えている。それに伴い、認知症を患う入院患者の数も増加傾向にある。認知症を患う患者は夜間に院内を徘徊するなど予想できない行動を起こす可能性があり、歩行中の転倒や、ベッド柵を外しての転落は高齢者の場合、大怪我に繋がる可能性がある。現在は、看護師による巡回の他に離床センサによる患者の状態検出を併用しているが、この方法では事故を未然に防ぐことは難しい。

そこで本研究では、常にリアルタイムで患者の状態を認識することで従来の離床センサよりも報知が早く、患者に対して安全で、より低コストで導入できる患者の動向監視支援システムの開発を行っている。本報ではそのひとつの要素として、患者が柵を外さないように監視するためのベッド柵検出法とベッド柵の取り外し検出法の開発を目的とする。

### 2. システムの構成と状態判定アルゴリズム

#### 2.1. システムの概要

本研究では、夜間の暗い部屋での監視や導入コストなどを考慮して、Kinect for Windows v2 (以下 Kinect v2 とする) をセンシングデバイスとして用いた<sup>[1]</sup>。Kinect v2 が持つ深度センサは、本体からの距離を赤外線により測定することが可能である。

これまでの研究で構築されたシステムでは、Kinect v2 により病室のベッド上から監視し、患者の状態を把握すると共に、離床が検知された際には報知を行う。患者の状態は、図 1 に示すようにベッド周辺にいない「None」、ベッド周辺に立っている「Standing」、ベッド端に座っている「Sitting on Edge」、ベッド上に座っている「Sitting」、ベッド上に仰向けかうつ伏せで寝ている「Lying」、ベッド上に横向きで寝ている「Lying on Side」の計 6 状態である。図 1 の各画像の左上の上段のテキスト表示が患者の状態に対応している。

#### 2.2. 患者の状態判別

患者の状態判別は、患者がベッド周辺にいない時の深度情報を基準に、患者がいる場合の深度情報との深度差分を求め行っている。図 1(a) は患者がベッド上にいない、基準となる深度データであり、緑の枠はベッド中心付近の法線ベクトルを基準に求めたベッドの領域を示している。図 1(b) の黄色の枠は、深度差分によって得られた患者の領域を示しており、ベッド領域から離れているためベッド周辺に立っていると判定している。図 1(c) は 2 つの領域が重なっており、ベッド端に座っていると判定している。図 1(d) (e) (f) はベッド領域内に患者が入っているため、患者領域内の高さの情報より頭 (大きい赤色の丸)、肩 (小さい赤色の丸) を抽出し、これらの関係から状態を判定する。頭の位置が高い場合はベッド上に座っている状態、低い場合はベッド上に寝ている状態とし、肩の高さからベッド上に仰向けかうつ伏せで寝ている状態と横向きで寝ている状態を判別している。また、Lying から Lying on Side、Lying on Side から Lying の状態遷移を検出することで、寝返り検出を行っている。

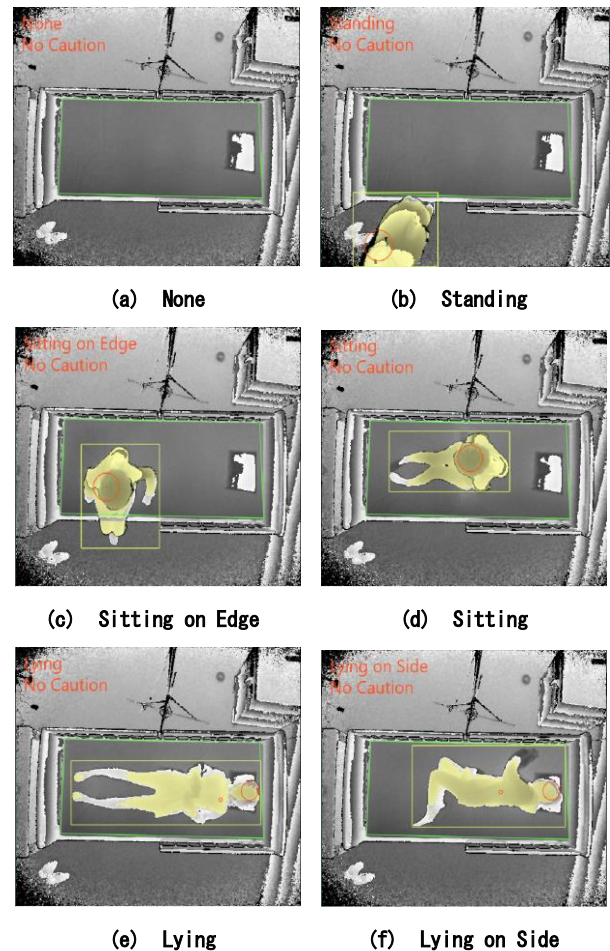


図 1 認識できる患者の 6 状態

### 3. ベッド柵の検出

#### 3.1. Kinect 深度センサ解像度の計算

Kinect v2 が持つ深度センサが細い柵を認識できるかについて確認するため、解像度の計算を行った。Kinect v2 は 512×424 の画素に対して深度データを測定でき、画角は水平 70 度、垂直 60 度である。この Kinect v2 をベッド上に設置し、下方向のベッド柵までの最大距離を 2.5m とした場合、Kinect v2 の分解能は 7mm となり、柵の径である 20 mm より細かい精度で深度情報を検出可能であることがわかった。

#### 3.2. 柵検出プログラム

柵の検出には、基準となるベッド領域の上下領域の深度を調べ、その中で最も高くなっている部分を柵と認識する手法を用いた。具体的には、Kinect v2 本体をベッド面から約 200cm の高さに置き、ベッドを真上から見下ろすように配置し、深度情報を取得した。柵探索範囲はベッド領域の上辺と下辺からそれぞれ 40 ピクセル

ル外までの範囲である。図2にプログラムの実行結果を示す。図2の緑色の枠がベッド領域、黄色の部分が発出した柵、青色の四角が自動選択した柵領域の外形を示している。柵領域とは、柵として認識された点を包括する領域を柵毎に自動的に選択した矩形領域である。取得手順として、まず柵として検出された点の間の距離を調べ、近いもの同士をひとつのグループとしてまとめ、作られたグループの数を深度カメラの画像内に存在する柵の本数としている。そしてグループごとに点群を包括するような四角形を求め、その四角形の領域を柵領域とする。図3は、図2の青線で示す左から350ピクセルめの位置における断面高さを表している。図3のオレンジの矢印はベッド領域の周囲を示しており、柵を探索する範囲である。この範囲内で最も高くなっている領域を求め柵と判定する。図2より、3つの柵が正しく検出できていることがわかる。

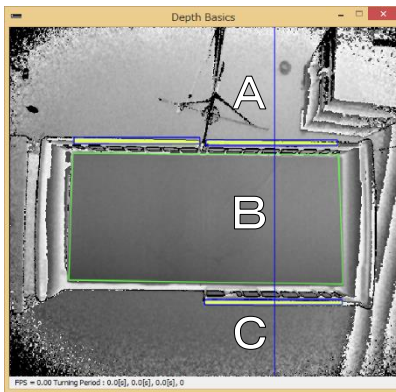


図2 柵検出プログラムの実行結果

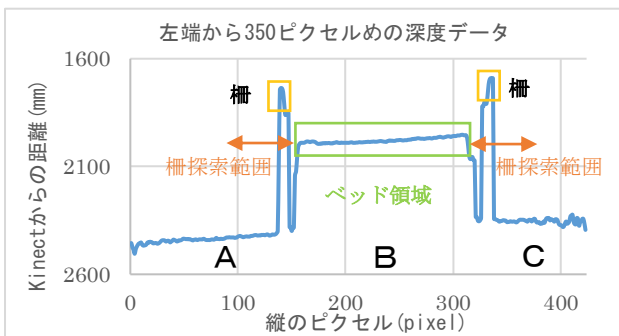


図3 プログラムの出力データ

### 3.3. 柵取り外し検出プログラム

柵取り外し検出は、柵領域内の深度情報の平均値を監視し、値に大きな変動があれば柵が取り外されたと認識する手法を用いた。柵の位置が正常な初期状態の時に、柵領域内の深度情報の平均値をそれぞれ計算しておき、保存しておく。その後はリアルタイムで柵領域内の深度情報の平均値を計算し、保存しておいた初期状態の平均値と比較し、大きな変動がないかを繰り返しチェックする。今回は初期状態とリアルタイムの平均値の差の絶対値が80mmを超えると柵が取り外されたとして警告を画面に表示している。

図4は柵の位置が正常であると検出された時の実行結果、図5は柵が取り外されたときの実行結果である。正常な時は柵領域を示す四角形の色が青色であり、左下の警告文は「No Caution」となっている。一方、柵が取り外されたときは四角形の色が赤色になり、左下の警告文が「Fence Caution」となり、柵の取り外しを検出し報知できていることがわかる。しかし、深度情報の平均値のみを判断材料にしているため、図6のように柵領域内に腕などがに入った場合その高さによっては、柵が取り外されているのに正常であると誤判定することが確認できた。

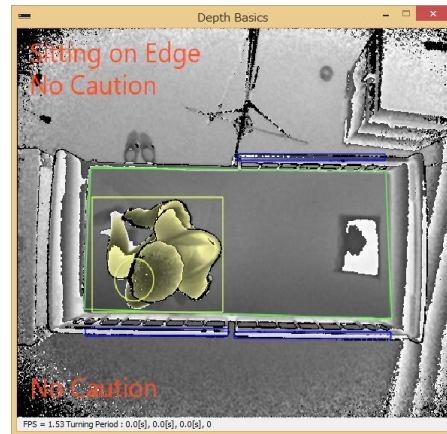


図4 柵取り外し検出プログラムの実行結果（正常な時）



図5 柵取り外し検出プログラムの実行結果（取り外した時）



図6 柵取り外し検出プログラムの実行結果（誤判定時）

## 4. 結論

柵を検出する手法として、ベッド領域を基準としてベッド領域上下の深度情報を用いることで、ベッド柵を検出することがわかった。また、柵領域内の深度情報を監視することで柵取り外し検出が可能であることがわかった。今後は柵の高さだけでなく左右の位置や平均の取り方を検討して誤判定を減らすことと、事故を未然に防ぐために柵が外れる前に報知する機能を開発する必要がある。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、様々なご協力を頂いた(独)国立病院機構静岡医療センターの梅本院長をはじめ皆様に感謝致します。

### 参考文献

[1]中村薫ほか：KINECT for Windows SDK プログラミング、秀和システム、2015、pp.2-79