

# 画像処理による褥瘡創評価の自動化の試み

清光 千恵 1) 竹村 匡正 2) 黒田 知宏 2) 吉原 博幸 2)

京都大学大学院 情報学研究科 1)

京都大学医学部附属病院 医療情報部 2)

概要: 近年その重要性が指摘されている褥瘡ケアにおいては, 褥瘡の状態を適切に評価し, 経過を記録することが重要である. 本研究では定量的かつ自動的な創評価を行うことを目的とし褥瘡写真を画像処理することで評価指標の自動抽出を目指す. 本稿では, 褥瘡写真から患部の識別に有効な特徴量を抽出して患部の範囲を特定し, 患部の長軸・短軸長を算出することで, 褥瘡評価で用いられる DESIGN 指標の内, 患部の大きさの算出を試みた. その結果, 褥瘡写真からの画像処理による創評価指標の自動抽出が可能な見通しを得た.

## Trial of Automatic Assessment of Pressure Ulcers using Image Processing

Chie Kiyomitsu1) Tadamasu Takemura2) Tomohiro Kuroda2) Hiroyuki Yoshihara2)

Graduate School of Informatics, Kyoto University1)

Department of Medical Informatics, Kyoto University Hospital2)

Abstract: For the care of pressure ulcers, to assess the condition of pressure ulcers and to record its progress are important. This paper proposes image-based automatic assessment of pressure ulcers giving objective yardstick. The method extracts essential features from photos to discriminate pressure ulcers, and specify the range of pressure ulcers. The paper worked out long and short axis of pressure ulcers, which is a part of DESIGN, widely used index for pressure ulcer assessment. The result shows that the proposed method is applicable for pressure ulcer assessment.

## 1 はじめに

現在の日本の医療は, 多くの検査機器による検査が行われ, これらの情報に基づいて診断・治療が行われる. これらの検査は主に, 検体検査, 生体検査, 画像検査などがあるが, これらはいわゆる検査値などの数値的な情報と, X線, MRIなどの画像の情報に大別出来る. 画像情報は, 画像そのもので把握可能な情報も多々あるが, 定量的に取得したい情報も多く存在する. 例えば, X線写真はX線が組織をどれだけ透過して記録板にたどり着くかで, 白と黒に分けてグレースケールにて表現している画像であり, この画像から医師は多くの情報を読み取りうる. しかし, その中でも定

量的に把握することに意義のある情報を抽出する場合もある. 具体的には, 心臓の大きさと胸郭の大きさの比である心胸郭比を抽出する場合は, 画像の拡大率などを把握した上で, 医療従事者は画像のフィルムに対して自ら定規を当てることによりスケールを測定している.

医療画像は, 昨今のIT化の流れによってデジタル化されつつあり, デジタル化によって動画処理など, 多角的な情報の取得・利用が可能になりつつある. 特に, デジタルカラー画像は, 実際の患部の色調を再現するために用いられるほか, 様々な情報を色分けして理解させやすくするために広く利用されている. いわゆる「見た目」のカラー画像は, 従来は記録が必要な画像を銀塩写真

などで撮り、カルテに挟み込むことで保存していたが、近年はデジタルカメラで撮像し、電子カルテにダイレクトに掲載される傾向にある。デジタルカメラ画像の簡便さは、電子的な「見た目」の画像情報の取り扱いを容易にすることにあるが、保存された多くの画像を再利用するためには、結局、定量的な評価が必要になる。よって、デジタルカメラ画像からの定量的情報の簡易な取得方法の確立が急務である。

筆者らは、デジタルカメラなどでデジタル画像を多く保存しているにも関わらず、デジタル画像の定量的な計測・評価がほとんど行われていない褥瘡画像情報に注目した。褥瘡とは、いわゆる「床ずれ」のことで、寝たきりやそれに近い状態で体位変換が不十分な場合や、栄養不良状態によって起こる組織の壊死である。褥瘡の診療においては、予防が第一であり、万が一発生した場合は管理が重要となる。また、褥瘡管理は近年医療点数制度の改革などに義務化され、褥瘡を予防するマット管理などが進められ、日本褥瘡学会が提案している褥瘡創評価スケール「DESIGN」などのスケール評価が進められている。DESIGNでは、褥瘡の「見た目」を評価する項目がいくつもあり、褥瘡管理を合理的に行うことが可能である。褥瘡画像はデジタルカメラによる記録が多く行われているが、長径、短径、褥瘡の大きさなどは医療従事者自身による人手で測定され、褥瘡の治癒の度合いの尺度となる肉芽組織の形成判断に至っては、おおよその面積を目視により評価するなど、定量的な測定にデジタルカメラ画像が有効利用されているとは言い難い。

褥瘡写真から状態を画像処理によって自動評価することが出来れば、定量的な評価が可能となり、看護師の負担の軽減と褥瘡予防・管理の定量化に大きく貢献できるものと考えられる。

本稿では、デジタルカメラによって取得された褥

瘡画像に対して、創評価項目のうち、大きさの自動評価を試みた。

## 2 大きさの自動評価の方法

### 2.1 大きさの定義

DESIGNにおいて、褥瘡の大きさは、  
皮膚損傷範囲の長径 (cm) × 短径 (cm)  
(短径 = 長径と直交する最大径)

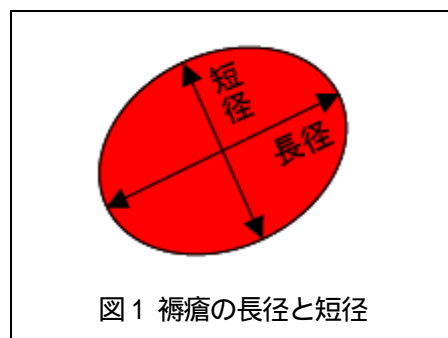


図1 褥瘡の長径と短径

で定義されており、表1の区分で点数化を行う[1]。DESIGNは、臨床現場で簡易に使用できることを前提として作られている。人手で多様な形をした褥瘡の大きさ(面積)を厳密に求めることは不可能なので、(長径×短径)の値を皮膚損傷範囲の面積に近似している。

### 2.2 画像のセグメンテーション手法と色情報

褥瘡領域を抽出するには、画像のセグメンテーション(画像分割)を行う必要がある。一般的に使われている画像のセグメンテーション手法は次の(1)、(2)に大別される。

- (1)対象物の輪郭に相当するエッジを線として抽出する方法(エッジ抽出法)。
- (2)画像を対象物に対応した部分領域に分割する方法(領域分割法)。

表1 大きさの評価 (s:軽度, S:重度)

点	皮膚損傷範囲の長径 (cm) × 短径 (cm)	重傷度
0	皮膚損傷なし	s
1	4 cm <sup>2</sup> 未満	s
2	4 cm <sup>2</sup> 以上 16 cm <sup>2</sup> 未満	s
3	16 cm <sup>2</sup> 以上 36 cm <sup>2</sup> 未満	s
4	36 cm <sup>2</sup> 以上 64 cm <sup>2</sup> 未満	s
5	64 cm <sup>2</sup> 以上 100 cm <sup>2</sup> 未満	s
6	100 cm <sup>2</sup> 以上	S

エッジ抽出法では、局所処理を用いて特徴の急変性を強調することによって領域の境界を得る。一方、領域分割法では、注目している領域内での特徴の均一性を評価して対象に対応すると思われる領域を直接抽出する[2]。

褥瘡画像の特徴として、褥瘡とその周辺の皮膚では表面組織が異なるため色の差が大きいことが多いことが挙げられる。また、褥瘡とその周辺の皮膚はそれぞれ均一でないことも挙げられる。したがって、エッジ抽出を用いると、褥瘡の創縁が強いエッジとして検出されることが期待される一方、領域分割法を用いると、褥瘡の輪郭とは無関係の小さな領域だけを抽出してしまう可能性が高い。よって、褥瘡の抽出には、エッジ抽出法を適用することとした。

さらに、デジタルカラー画像を処理するにあたっては、どの色情報を使うか決定する必要がある。色は、電子的には、3つの「色の性質の表れ具合」のセット{色相(H:Hue),彩度(S:Saturation),明度(B:Brightness)}で表現するHSBカラーモデルや、3つの「色成分の濃度」のセット{赤色成分(R:Red),緑色成分(G:Green),青色成分



図2 褥瘡の例 (写真出典[5][6])

(B:Blue)}で表現するRGBカラーモデルで保存されており、これらのデータモデルの色情報は、互いにもう一方の表現形式に変換することができる。画像処理に用いる色情報によって画像から得られる情報は全く違うものになるため、どのような色情報を画像処理に使用するかは大変重要である。しかし、褥瘡画像の画像処理の場合、褥瘡の創底は、壊死組織や良性肉芽組織、不良肉芽組織など、全く異なる色(白色,黄色,ピンク色,赤色,黒色など)の組織である場合があり(図2),褥瘡周辺の皮膚も、色素沈着や感染による腫れなどで多様な色をとり得るため、どの色情報を用いるべきであるか、一見して明らかではない。そこで、エッジとして検出すべき創縁部分での色の組み合わせパターンの分析を行った。その結果、創縁の内側と外側の色の各組み合わせにおいて、一方の色は、鮮度の高い色(赤色,ピンク色,黄色)

で、もう一方は彩度の低い色（白色，黒色，肌色）をしていることが多いということがわかった．よって，褥瘡のエッジ抽出には彩度を用いることとした．

## 2.3 画像処理手順

褥瘡領域を抽出するための前処理として，次の手順で画像処理を行う．

(1) 彩度成分の抽出 (2) メディアンフィルタによる雑音除去 (3) Prewitt の方法による輪郭抽出 (4) 二値化 (5) 膨張・収縮処理による雑音除去 (6) 連結成分のラベリング (7) 特徴量の計算

(2) でメディアンフィルタを雑音除去に用いた理由は目的画像のエッジを保存したままで雑音を除くことができる[3]ためであり，(3) で Prewitt の方法を輪郭抽出に用いた理由は，輪郭の強さに応じた濃淡画像を出力し，比較的雑音にも強い[4]ためである．特徴量の計算では，各ラベル付けされた領域それぞれに対し，大きさ，重心の座標，円形度の計算を行う．褥瘡の画像上での特徴（画像の中心付近にあること，ある程度の大きさをもっていること，円形度が高いこと）を特徴量による抽出に利用し，褥瘡と推定される連結成分を抽出する．

## 2.4 大きさの評価

褥瘡領域の周（創縁）として検出された画素の位置情報から長径と短径を求める．まず，創縁の全て画素の中から，最も離れた2つを選び，長径の端点とする．長径に直交し，創縁内部を通る線分の中から最大のものを求め，短径とする．長径×短径を求め，褥瘡の画像上の大きさとする．

## 3 実験

デジタルカメラで撮影した褥瘡写真について，大きさの自動評価を試行した．画像処理を行い褥瘡領域を抽出していった過程を，図3.1 - 図3.3の1から6に示す．また，自動評価で得られた値{長径，短径，大きさ}の，人手による評価で得られた値を基準とした場合の誤差を表2に示す．

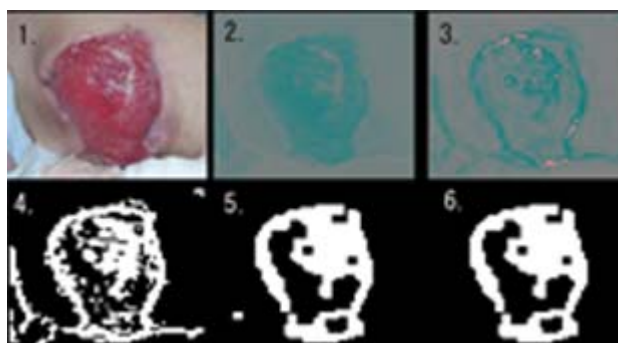


図 3.1 画像処理結果 1（元画像の写真出典[5]）

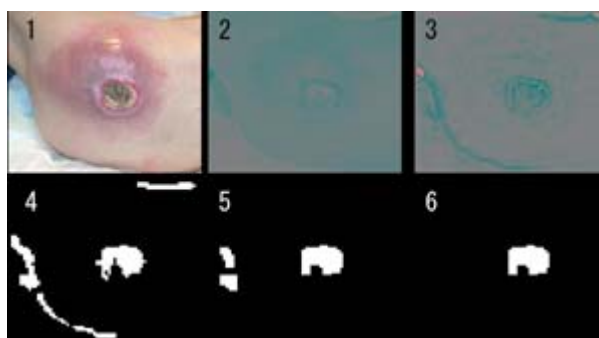


図 3.2 画像処理結果 2（元画像の写真出典[5]）

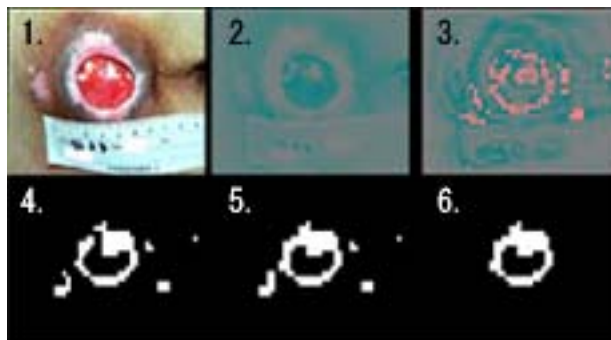


図 3.3 画像処理結果 3（元画像の写真出典[6]）

- (1)原画像
- (2)彩度成分抽出画像 (H:0.5, V:0.5 に固定)  
色によらず, 褥瘡の創縁で比較的大きな彩度の差が出た.
- (3)輪郭抽出(Prewitt Filter)  
褥瘡の創縁以外にも多くエッジとして検出されたが, 創縁のエッジが比較的強いエッジとして検出された.
- (4)二値化  
褥瘡の輪郭を残して二値化できた. 弱いエッジが消え, 雑音が減ったが, 褥瘡の輪郭で消えてしまった部分もある (図 3.2). また, 逆に, 周辺の皮膚をエッジとして検出した部分もある.  
(図 3.2, 図 3.3)
- (5)雑音除去 (膨張・収縮)  
創縁にぼけが発生したが, かなり多くの雑音を除去できた.
- (6)残っている雑音が少なかったこともあり, (5)の画像中で褥瘡領域と考えられる領域を抽出できた.

表 2 自動評価結果の誤差 (自動÷人手 - 人手)

	長径	短径	大きさ
画像 1	0.106	0.0770	0.191
画像 2	0.133	-0.101	0.0178
画像 3	0.128	0.0902	0.232

大きさの自動評価の誤差は, 最大 0.232 となった. 褥瘡の大きさが直径 5 センチ程度であったことから, 誤差は 0.545 センチ程度である. 現行の褥瘡の点数化が表 1 の区分で行われていることを考えると, 今回の試行の結果は, 褥瘡の大きさの評価に求められている精度を満たしていると考えられる.

#### 4. 考察と今後の課題

今回の実験では, (1)創底全体に鮮紅色の良性肉

芽が形成された褥瘡の写真, (2)感染のため創底が複雑な色をしている褥瘡の写真, (3)創底, 周辺の皮膚それぞれの領域の色が一様でない褥瘡の写真をサンプルとして用いた. その結果, 全てのサンプルについて, ほぼ褥瘡領域と考えられる領域を写真上で特定することができた. 実際, 今回用いたサンプルについては, 画像処理により求められた長径, 短径, 大きさが, 人手により求めたときに比べて 1 スケール以内に収まっているという結果が得られた. よって, 褥瘡の大きさの評価に求められている評価の精度を十分満たしていると考えられる (表 1).

画像 2 の短径が人手による評価よりも短く自動評価された原因としては, 褥瘡領域の輪郭の一部が消えてしまったことが考えられる. これは, 創縁の彩度の差があまり強くない褥瘡 (図 3.2) では, エッジが強く検出されず, 二値化の段階で消えてしまうためである. 創縁での彩度の差が少ない写真から人が褥瘡領域を認識する場合, 色相の違いや, 周りの輪郭の様子から輪郭を認識していると考えられる. 従って, 彩度に大きな差がないときは, 色相のような他の色情報も利用したり, また, 褥瘡領域と推定される輪郭の途切れた部分を補間したりといった処理も必要であると考えられる. また, エッジ抽出の際, 褥瘡の創縁以外の部分を創縁の輪郭と一緒に検出している場合もある. 従って, 多様な形態をとる褥瘡に対して輪郭抽出を行うためには, エッジ抽出で使った局所的で相対的な画像情報だけでなく, 一つの画像が持つ絶対的な色情報や画像全体の色情報の分布などの大局的情報を利用していくことで自動評価が適用可能な範囲を広げていく必要があると考えられる.

また, 現在までのところ抽出された褥瘡領域については画像上の大きさしかわからないので, 今後, 実際の大きさに変換する機能を付け加える必要がある. その方法として, 写真撮影の際, 適当

な指標を褥瘡の近くに写し込み，指標が画像上で示す大きさと指標の実際の大きさの比を割り出すことによって，自動評価結果を実際の値に換算することを考えている．指標は，容易に画像上から抽出できるような色の正方形などから構成し，さらに，カラー指標の機能も持たせると有用であると考え．指標の色が，どのような色で写っているかを調べることで，実際の指標の色とのズレを算出し，画像全体の色の補正に利用する．褥瘡画像の色の再現性が上げば，絶対的色情報を用いた肉芽組織の評価なども可能となることが期待される．

さらに，画像処理による創評価では，従来の，人手による評価では不可能であった，長径，短径によらない面積そのものを算出することも可能になると考えられるので，より実態に即した定量的創評価が可能になると考えられる．

## 5. まとめ

本研究では，デジタルデータとして画像が保存されているにも関わらず，人手によるアナログ計測が行われている褥瘡ケアに注目し，褥瘡の状態を画像処理によって定量的，自動的に評価することを目的として，褥瘡の大きさの自動評価を試みた．その結果，褥瘡写真からの画像処理による創評価指標の自動抽出が可能な見通しを得た．

画像からの定量的な情報抽出が可能となれば，人手という制限を越え，より実態に即した情報が得られるようになるので，診断，治療の改善にも寄与するものと考えられる．

## 参考文献

- [1] 真田弘美，“褥瘡対策のすべてがわかる本”，照林社 2002.
- [2] 江浩，鈴木秀智，鳥脇純一郎，“領域情報と工

ツジ情報を併用したセグメンテーションの一手法”，電子情報通信学会論文誌 D- Vol. J74-D- No.12，pp.1651-1660，1991

[3] 井上誠喜，八木伸行，林正樹，中須英輔，三谷公示，奥井誠人，“C 言語で学ぶ実践画像処理”，オーム社 2001.

[4] 森俊二，坂倉梅子，“画像認識の基礎[ ]”，オーム社，1990

## 写真出典

[5] 新しい創傷治療

<http://www.asahi-net.or.jp/~kr2m-nti/wound/>

[6] 大浦武彦，宮地良樹，真田弘美，森口隆彦，福井基成，“褥瘡状態評価法 DESIGN のつけ方，使い方”，照林社，2003.