

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17427

研究課題名（和文）深度判定困難な褥瘡のためのポイントオブケア超音波によるアセスメント方法の開発

研究課題名（英文）Development of an assessment method using point-of-care ultrasound for pressure injuries with an undetermined depth

研究代表者

松本 勝（Matsumoto, Masaru）

東京大学・大学院医学系研究科（医学部）・特任講師

研究者番号：40751904

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では深部判定困難な褥瘡部をアセスメントするための超音波診断装置（エコー）を用いた方法を開発することを目的とした。褥瘡部および周囲皮膚をエコーで観察しアセスメント・ケアの選択を行うためのアルゴリズムを作成し、それに基づく看護師向けのエコー教育プログラムを開発し看護師を対象にフィジビリティを検証した。さらに、深層学習に基づく褥瘡部のエコー画像自動分類システムを開発し、高い精度で褥瘡エコー画像から深部組織の状態を判別できることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

褥瘡状態評価スケールとして広く普及しているDESIGN-Rが2020年に改定され、褥瘡の深さの評価に深部損傷褥瘡（DTI: Deep Tissue Injury）疑いが追加された。DTI疑いを同定する手法としては視診、触診、血液検査などが挙げられるが、これらでは皮膚内部を非侵襲・リアルタイムに可視化することができないため、エコーを用いたアセスメントが注目されている。本研究で開発したエコー教育プログラム及びエコー画像自動分類システムは、これまで基礎教育でエコーを学習してこなかった看護師が短時間で効率よくDTI疑いのアセスメント技術を習得することに役立つものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop a method using an ultrasound system for assessing pressure injuries with an undetermined depth. First, we developed an algorithm for selecting care based on ultrasound observation of the wound and surrounding skin, as well as an ultrasound education program for nurses based on the algorithm. Next, we verified its feasibility for nurses. Finally, we developed an automatic classification system for ultrasound images of pressure injuries based on deep learning. We found that the system can discriminate the state of deep tissue from ultrasound images of pressure injuries with high accuracy.

研究分野：看護理工学

キーワード：超音波診断装置 褥瘡 ポイントオブケア

1. 研究開始当初の背景

近年、患者の病室や外来、災害・救急などの現場において、患者のそばで直接アセスメント・処置を行う「ポイントオブケア」のニーズがますます高まっており、今後特に在宅看護の現場におけるニーズが高まると考えられる。ポイントオブケアは現場での看護師自身の意思決定に基づいて実施する必要があり、他の看護技術と同様に、どこで誰が行っても同様に実施できる、標準化された技術である必要がある。在宅では看護師自身によるアセスメントと迅速な意思決定が強く求められるが、その中でも判断が難しいとされているものの一つが皮膚障害である。皮膚障害の中でも深度判定が困難な褥瘡は、外観からその後の治癒経過を予測することが難しく、意思疎通のとりにくい認知症高齢患者では痛みなどの主観を評価できないためアセスメントが極めて困難な状況にある。深度判定が困難な褥瘡は、深部損傷褥瘡（Deep tissue injury; DTI）と呼ばれ、外観上は Stage I または Stage II の褥瘡であるが、正しくアセスメントと早期介入ができないことで、急激な皮膚障害の悪化や強い痛みを引き起こす。特に高齢者に発症する DTI が問題となっており、身体の内부를可視化する技術をフィジカルアセスメントの根拠として在宅看護に導入することが強く求められている。

肉眼でのアセスメントが困難な DTI には深部組織を観察できる超音波検査装置（エコー）が有用とされており、エコーは非侵襲でリアルタイムにベッドサイドで使用できることから、在宅看護でのポイントオブケアに最適なツールである。褥瘡は「身体に加わった外力は骨と皮膚表層の間の軟部組織の血流を低下、あるいは停止させる。この状況が一定時間持続されると組織は不可逆的な阻血性障害に陥り褥瘡となる。」と定義されており（日本褥瘡学会）、DTI は表皮剥離のない褥瘡（stage I、外観上は皮膚発赤のみ）のうち、皮下組織より深部の組織の損傷が疑われる所見がある褥瘡をいう（National Pressure Ulcer Advisory Panel）。エコーにより表皮剥離のない褥瘡が生じた際にそれが浅い褥瘡にとどまるのか、DTI により重症化する褥瘡なのかを見極め、迅速に予防的介入を行うことができる。先行研究より、エコー画像所見による DTI の悪化の予測可能性が報告されている（Aoi, 2009）。

一方で、エコーを用いた DTI のアセスメントには、エコー画像の撮影および判読に高度な技術が必要となるため経験やトレーニングを要し、現在は限られた専門家しか行えないという問題がある。近年 DTI をはじめとする褥瘡のエコーでは、正確なデータを蓄積するため、限られた施設で専門家 1 名による観察が行われており、法律上看護師はエコーを使用できるものの、看護師が習得し実施できる技術となっていない。看護師が実施できるためには、エコーで DTI を撮影するための技術の標準化と、それをできる限り短時間で習得できるための教育プログラム、画像を正確に判読できるための支援ツールが必要である。つまり、ポイントオブ超音波として、誰でも簡単に、標準化した技術として DTI のアセスメントを実施することが必要である。また、看護師が在宅で手軽かつ正確にアセスメントし、ケアにも活用できる、設置場所を選ばない携帯型エコーの導入が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、1) エコーを用いて DTI をアセスメントするための看護師用教育プログラム、2) DTI のエコー所見判読支援ツールの開発と評価を行うことを目的とした。DTI に対するエコーの技術の標準化、画像の判読支援ツール開発により、これまで一部の専門家しかできなかった技術が看護師に普及し、DTI の正確なアセスメントと早期治癒という患者側のメリットに繋がる。エコーは看護師が身体の中のリアルな様子をイメージするための重要な教育ツールにもなり、医療機器のない在宅ではフィジカルアセスメントの際の根拠となる。患者の主観的な身体の訴えと画像を総合的に合わせて、患者の苦痛を正確に安全に侵襲なく把握することに繋がる。

3. 研究の方法

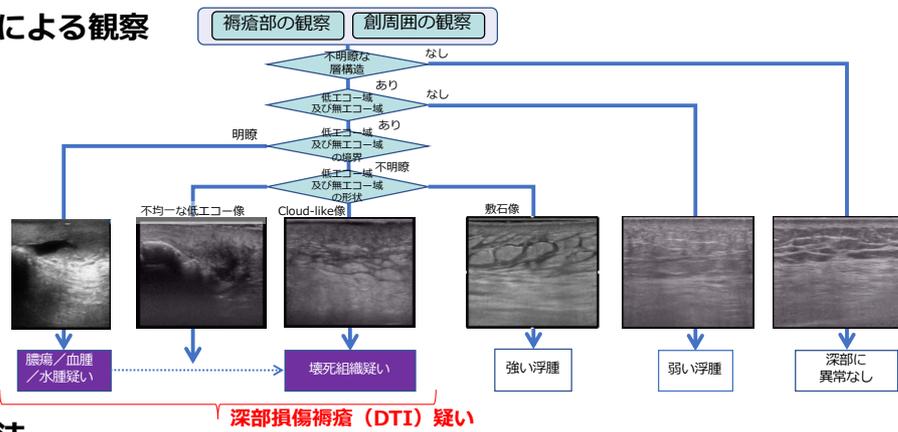
看護師によるエコーを用いた DTI のアセスメントを可能とするため、以下の研究に取り組んだ。

1) エコーを用いて DTI をアセスメントするための看護師用教育プログラムの開発と評価

(1) 教育プログラムの開発

まず、エコー所見から深部組織の状態をアセスメントし、適切なケアを選択するためのアルゴリズムの作成を行った（図 1）。作成の際には医師、皮膚・排泄ケア認定看護師、超音波検査士、看護学研究者によるディスカッションを行い、コンセンサスを得た。次に、作成したアルゴリズムを活用し臨床で DTI のアセスメントとケアが実施できるよう、e ラーニング、技術講習会、自己学習、OSCE（Objective Structured Clinical Examination; 客観的臨床能力試験）からなる一連の教育プログラムを開発した。e ラーニングは超音波検査の基礎知識、エコーによる褥瘡の観察手順、エコー画像の見方の 3 パートで構成し、エコーによる褥瘡の観察手順、エコー画像の見方の視聴後にシステム上で小テストを受験する流れとした。

①エコーによる観察



②管理方法

経過観察し、他の症状と照らし合わせドレナージを検討
振動、感染対策の追加を検討
振動の追加を検討
ガイドライン*に沿った管理を実施
*褥瘡予防・管理ガイドライン (第4版)

注意点：本アルゴリズムは触診と併用して使用する。
触診で硬結や泥のような浮遊感がある場合は、特に異常がみられた箇所を中心にエコーを行う

図1. エコーを用いたDTIを評価し管理方法を選択するためのアルゴリズム

(2) 教育プログラムの評価

教育プログラムの受講者を募集し、2021年3月までにeラーニングを受講完了し、その後の技術講習会に参加した看護師を対象とした。eラーニングの小テストのスコア(正解率)、技術講習会終了後のアンケートにより評価を行った。アンケートでは、1:非常にそう思う、2:まあまあそう思う、3:あまりそう思わない、4:全くそう思わない、の4段階リッカート尺度での回答とした。

2) エコー所見判読支援ツール

国内大学病院と長期療養型病院それぞれ1施設の褥瘡回診で収集されたエコー画像787枚を学習データとして使用した。エコー画像は超音波画像診断装置 Noblus (Hitachi Aloka Medical, Ltd., Japan) により収集した。領域抽出にはU-Netを用い、褥瘡部のエコー画像に対し、不明瞭な層構造(軽度の浮腫)、敷石像(重度の浮腫)、Cloud-like像(壊死組織疑い)、境界明瞭な無エコー像(血腫、水腫、膿瘍等の疑い)のラベル付を行った(図2)。

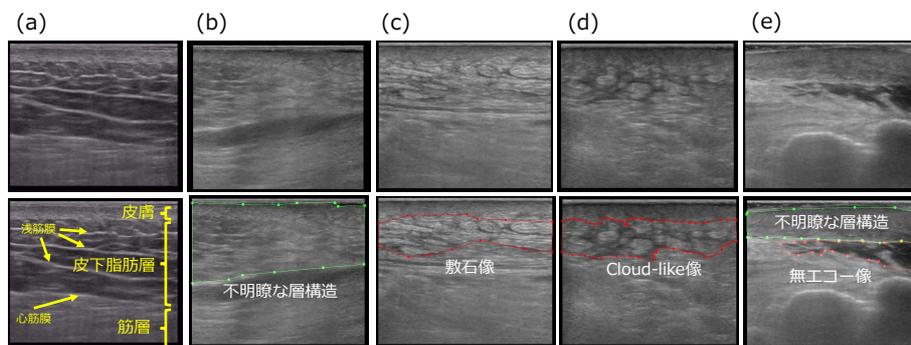


図2. トレーニングデータにおけるアノテーションと正解付の例

自動分類システムの精度は Detection performance (%) と IoU (intersection over union) の2つパラメータを用いて評価した。本研究は倫理委員会により承認を得て行った。

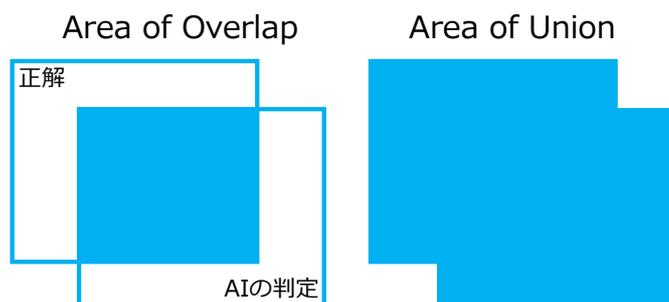


図3. 正解とAIの判定の間のArea of Overlap とArea of Union

4. 研究成果

(1) 教育プログラム

合計 19 名の看護師が e ラーニングおよび技術講習会を受講した。19 名の受講者のうち 14 名が認定看護師 (73.7%)、6 名が特定行為研修修了者 (31.6%)、1 名が診療看護師 (5.3%)、1 名が専門看護師 (5.3%) であった。病院や施設に所属するものが 12 名 (63.2%)、大学等の教育機関に所属するものが 5 名 (26.3%)、訪問看護ステーションに所属する者が 2 名 (10.5%) であった。エコーの使用経験がない者が 13 名 (68.4%)、1 年以上のエコー使用経験がある者が 6 名 (31.6%) であった。

e ラーニングの確認テストの正解率の中央値は、エコーによる褥瘡の観察手順で 100.% (レンジ: 76.9-100%)、エコー画像の見方で 100.% (レンジ: 66.7-100%) であった。アンケートでは 100%の受講者が「医療現場で活用する上で必要な内容を網羅している。」、「e ラーニングは、看護師が使いやすい教材である。」に対し「非常にそう思う」または「そう思う」と回答した。一方で 26.3%の受講者が「e ラーニングの内容は、時間的に負担が多い。」に対し「非常にそう思う」または「そう思う」と回答した。また、89.4%が「技術講習会の内容は十分である。」、94.7%が「技術講習会の中で、十分技術を習得できた。」に対し「非常にそう思う」または「そう思う」と回答した。



図.4 アンケートでの教材に対する評価

e ラーニングでの確認テストのスコアおよびアンケートの回答結果より、看護師へエコーを用いた褥瘡部の観察に関する知識・技術を教授できる教育プログラムの開発ができたと考えられる。ただし今回は受講者の OSCE 受験までは評価できていないため、今後は OSCE により技術の習得度を評価する必要がある。また、26.3%と比較的高い割合の受講者が e ラーニングの時間的負担が多いと回答しており、今後はより短時間で知識を得られるシステムの利用が必要と考えられる。

(2) エコー所見判読支援ツール

合計 73 枚の画像をテストデータとして解析した。73 枚すべてに層構造不明瞭のエコー所見がみられ、そのうち 7 枚が敷石像、14 枚が Cloud-like 像、15 枚が境界明瞭な無エコー像であった。4 つのエコー所見は 71.4-100%の Detection performance を示し、平均 IoU 値は 0.38-0.80 であった (表 2)。 図 3 に自動分類に成功した例を示す。

表1. 各エコー所見ごとの判定結果

エコー所見	テストデータの症例数	テストデータの画像枚数	Detection performance	IoUの平均値
不明瞭な層構造	2	37	100.0%	0.80
敷石像	1	7	85.7%	0.56
Cloud-like像	1	14	71.4%	0.38
境界明瞭な無エコー像	1	15	100.0%	0.62

Detection performance: テストデータの全画像に対する、検出成功とされた画像の割合。
 Detection rate (=Area of Overlap/Area of Ground truth) が0.5以上の場合に検出成功とした。
 IoU (intersection over union) =Area of Overlap/Area of Union

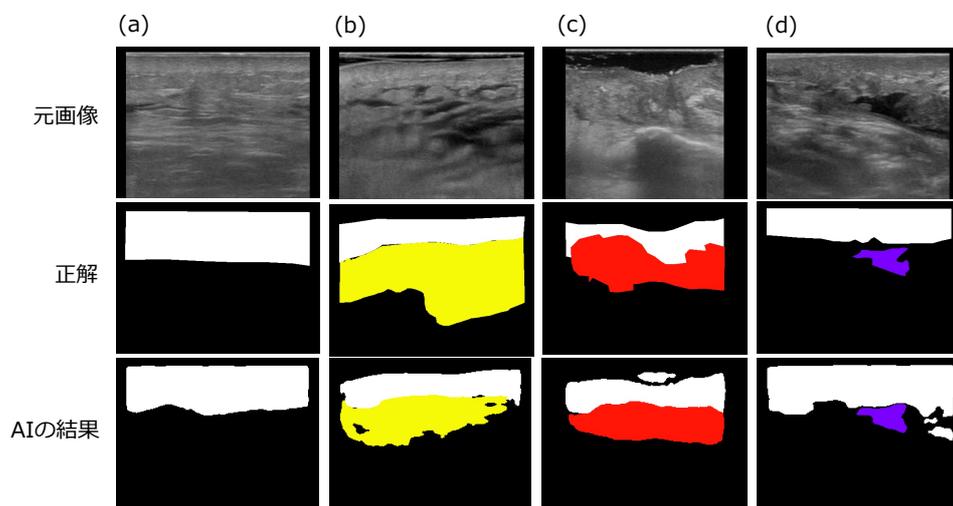


図5. 深層学習に基づく自動分類が成功した例

本研究で開発した自動分類システムは、先行研究と比較しやや低い IoU 値を示したものの、高い **Detection performance** を示しており、深部損傷褥瘡の有無を判定しケアを選択するために利用できる可能性がある。深層学習に基づく分類システムにより、褥瘡エコー画像から深部組織の状態を判別できることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Matsumoto Masaru, Nakagami Gojiro, Kitamura Aya, Kurita Masakazu, Suga Hiraku, Miyake Tomomi, Kawamoto Atsuo, Sanada Hiromi	4. 巻 30
2. 論文標題 Ultrasound assessment of deep tissue on the wound bed and periwound skin: A classification system using ultrasound images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Tissue Viability	6. 最初と最後の頁 28 ~ 35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jtv.2020.08.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 3件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松本勝, 仲上豪二郎, 北村言, 玉井奈緒, 真田弘美
2. 発表標題 エコーを用いた褥瘡の深部組織の損傷評価：ケースシリーズ
3. 学会等名 第22回日本褥瘡学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本勝, 仲上豪二郎, 北村言, 玉井奈緒, 真田弘美
2. 発表標題 エコーを用いた褥瘡部のアセスメント
3. 学会等名 第50回日本創傷治癒学会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 滝沢知大, 北村言, 仲上豪二郎, 松本勝, 林千恵子, 河崎明子, 真田弘美
2. 発表標題 サーモグラフィで捉えた褥瘡の温度分布と深部組織の損傷の関係
3. 学会等名 第22回日本褥瘡学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本勝
2. 発表標題 最先端ワイヤレスエコーによる排泄・褥瘡アセスメント
3. 学会等名 第30回日本創傷・オストミー・失禁管理学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 玉井奈緒, 前田智徳, 峰松健夫, 松本勝, 真田弘美
2. 発表標題 車いすバスケットボール選手における深部組織損傷の非侵襲的アセスメント方法の検討
3. 学会等名 第7回看護理工学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上茂名保美, 北村言, 松本勝, 真田弘美
2. 発表標題 ICTを活用した遠隔コンサルテーションでエコーを用いた早期褥瘡評価により敗血症回避につながった1例
3. 学会等名 第30回日本創傷・オストミー・失禁管理学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 真田弘美, 松本勝
2. 発表標題 DESIGN-R 2020に見る新しい褥瘡アセスメント - エコーによる可視化.
3. 学会等名 第58回日本リハビリテーション医学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本勝, 仲上豪二郎, 北村言, 玉井奈緒, 栗田昌和, 三宅知美, 林千恵子, 河崎明子, 真田弘美
2. 発表標題 深層学習を用いた褥瘡部の超音波画像自動分類システムの開発
3. 学会等名 第23回日本褥瘡学会学術集会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 松本勝, 北村言, 真田弘美	4. 発行年 2021年
2. 出版社 メヂカルフレンド社	5. 総ページ数 6
3. 書名 看護技術	

1. 著者名 松本勝	4. 発行年 2021年
2. 出版社 医歯薬出版	5. 総ページ数 4
3. 書名 臨床栄養・臨時増刊号 褥瘡UPDATE エキスパートのための最新情報と栄養療法	

1. 著者名 松本勝, 真田弘美	4. 発行年 2021年
2. 出版社 日本看護協会出版会	5. 総ページ数 6
3. 書名 コミュニティケア	

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学大学院医学系研究科 老年看護学/創傷看護学分野 ホームページ
<http://www.rounenkango.m.u-tokyo.ac.jp/>

東京大学大学院医学系研究科 社会連携講座イメージング看護学 ホームページ
<http://www.imagingnursing.m.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	真田 弘美 (Sanada Hiromi)		
研究協力者	仲上 豪二郎 (Nakagami Gojiro)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------