

令和 3 年 6 月 20 日現在

機関番号：23601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10510

研究課題名（和文）最先端高分子技術と遠隔通信手段の融合による在宅における褥瘡早期診断法の開発

研究課題名（英文）Development of an early detection method for pressure injury at home care by fusing new polymer material rubber sensor and and remote communication means

研究代表者

喬 炎（Takashi, En）

長野県看護大学・看護学部・教授

研究者番号：70256931

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は我々独自に開発した動物早期褥瘡モデル（磁石圧迫）を用いて、「透明板圧診法」の適正圧力を精密機器で検証した上、高分子新素材ゴムセンサー（東京理科大学の共同研究者から提供）を活用して、さらに市販のダーモカメラ（DZ-D100、カシオ）との併用で一定の圧力（透明板圧診）の条件で早期褥瘡の撮影・観察法を確立した。また、Wifiルーター経由でダーモカメラの撮影した早期褥瘡の画像情報をサーバーに送信して、医師や看護師などの専門家による遠隔診断も可能となった。一方、ダーモカメラのUV撮影機能を利用して、早期褥瘡を撮影して、表面で見えない出血の動向が正確に評価でき、重症度の判定も可能とわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
いままですら臨床で不明の「透明板圧診法」の適正圧力を突き止め、ヒトによって検査のばらつきが避けることができた。さらに高分子新素材ゴムセンサーとダーモカメラとの併用で一定の圧力の条件で早期褥瘡の撮影・観察法を確立したことで適切な圧力で、直ちに臨床での正確な「透明板圧診法」を応用できる状況になった。また、ダーモカメラの通信機能とUV撮影の出血の判定は遠隔での早期褥瘡の新規診断法の開発に繋がる可能性を示唆した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we used our developed animal early pressure injury model (magnet compression) to verify the appropriate pressure of the "transparent disc method" with precision measuring equipment. Then, using a new polymer rubber sensor (Provided from collaborator, Tokyo University of Science), we have established a method for photographing and observing early pressure injury under constant pressure in combination with a commercially available damo-camera (DZ-D100). In addition, the image information of early pressure injury taken by the dermo-camera can be sent to the server via a Wifi router, enabling remote diagnosis by specialists such as doctors or nurses. On the other hand, using the UV function of the dermo-camera, it was found that early pressure injury could be photographed to accurately evaluate the hemorrhage, and the severity could be determined, that cannot be seen clearly through macroscopy from the surface of skin.

研究分野：病態病理学

キーワード：褥瘡 早期診断 透明板圧診法 診断法の開発 診断装置

## 1. 研究開始当初の背景

褥瘡は難治性の皮膚傷害で、特に看護などのケアが行き届きにくい在宅において増加している。褥瘡はいったん発生すると、患者の苦痛などの QOL の低下は言うまでもなく、治療にも莫大な医療費が必要であり、その早期治療には早期診断が必要不可欠となっている。早期褥瘡は皮膚の発赤が外見上の特徴で、褥瘡でない充血による発赤と見分ける最も簡易な方法として「透明板圧診法」が用いられている。しかし、圧迫の程度を決めるのは難しいため、診断のばらつきを引き起こし、その精度を妨げているのが現状で、臨床現場で簡便かつ正確にこの程度の圧力をかける手段は未解決のままである。最近、高分子新素材ゴムセンサーが開発され、それを応用することによって「透明板圧診法」において圧力をリアルタイムで表示し、直に定量可視化が実現可能となった。

本研究の目的は、従来の「透明板圧診法」に最先端高分子新素材ゴムセンサーと汎用性の高いスマートフォンによる遠隔通信テクノロジーを融合して、在宅における簡便・精確・安全安心・安価な褥瘡の早期遠隔診断を可能にすることである。

## 2. 研究の目的

褥瘡は難治性の皮膚傷害で、いったん発生すると、患者さんの苦痛は言うまでもなく、治療にも莫大な医療費が必要となっている。また、敗血症などの感染症が併発して、患者さんの命が脅かされる。褥瘡は特に看護などのケアが十分行き届かない在宅において増加し、一般病院の有病率 1.99%より高い 2.67%に上り（療養場所別褥瘡有病率、褥瘡の部位・重症度（深さ）17(1) 58-68 2015 日本褥瘡学会誌）、どのようにして在宅でも早期発見して早期治療につながるかが喫緊の課題である。

褥瘡の多くは早期段階の発赤からさらに悪化して潰瘍を形成することが臨床ではよく経験される。この発赤レベルでの早期発見・治療により悪化の抑制が可能であると考えられる。臨床現場では超音波や CT などの精密電子機器等を画像診断に用いているが、高価格や操作の複雑さが課題である。その代わりに在宅でも簡易に実用できる方法として、「透明板圧診法」（ガラス圧診法とも呼ばれる）が褥瘡の早期判定に広く用いられている。この方法は透明板で皮膚の発赤部を軽く圧迫し、発赤が消えない場合はステージ 1（最も早期の褥瘡）であると定義されている。しかしながら、この「軽く圧迫」の程度を決める最良の方法を確立するのは非常に難しいため、診断のばらつきを引き起こし、褥瘡の早期診断の高精度化を妨げているのが現状である、

この問題を解決する第一歩として、我々はいままで独自に開発した動物褥瘡モデルを用いて「ガラス板（透明板）圧診法」による褥瘡の早期診断法の研究開発を進め、この「透明板圧診法」の「軽く圧迫」する圧力の程度を検証したところで、褥瘡の早期診断に用いる圧力はおおよそ 50mmHg（未発表データ）であることが明らかになったが、いかに臨床現場で簡便かつ高精度、安全安心、低コストでこの程度の圧力をかけられるかが課題になっている。

近年、東京理科大学の古海誓一准教授（本研究の研究分担者）は高分子新素材のゴムセンサーを開発した（出願番号：特願 2016-186266）。この高分子新素材ゴムセンサーは人体に優しく、かつ低コストのセルロースを用いて、独自の分子デザインによって全可視波長領域でブラッグ

反射を示し、しかもゴム弾性も兼ね備えた新しいセルローズ液晶エラストマーで、膜状ゴムセンサーに機械的な圧力を加えると、圧迫した部分だけブラッグ反射の反射色が可逆的に変化し、応力センシングが可能である。この高分子の最新技術を活用すれば、褥瘡の早期診断のための「透明板圧診法」において決まった圧力をリアルタイムで表示し、直に定量可視化が実現できるようになるものとする。

本研究はこの「透明板圧診法」と高分子新素材ゴムセンサーの併用技術によって、市販のデジタルカメラの送信機能を利用して、在宅等の現場で撮影された褥瘡の画像を通信手段で医療拠点に転送して、褥瘡の早期遠隔診断を可能にすることを目的としている。

本研究は、これまで蓄積した技術と知見を活用して、最先端の高分子技術と遠隔通信テクノロジーの融合によって早期褥瘡の在宅遠隔診断を可能にし、早期治療に道を開くことが研究のゴールである。なお、この方法は在宅だけではなく、医療施設にも適用できると考えている。

### 3. 研究の方法

#### 1. 早期褥瘡動物モデルの作成と皮膚発赤状態の確認

8週齢の雄性ヘアレスラット(HWY/S1c)を用いる。図のように動物は全麻の状態で、左右の背部皮膚を別々に持ち上げ、皮膚を上下両側から挟み込むようにしてネオジウム磁石(直径12mm、厚さ3mm)を設置した。左側の創傷は軽度圧迫による可逆発赤(充血群)と想定して、圧迫時間を45分と設定したが、右側の創傷は潰瘍への悪化(悪化群)を想定して、4.5時間の圧迫時間とした。圧迫の強度による発赤の変化を経時的に観察した。



なお、本研究は長野県看護大学動物実験倫理委員会の承認を受けて実施した(承認番号: 2017-3 と 2020-2)

#### 2. 「透明板圧診法」の至適圧力の検討

本来の「透明板圧診法」は経験的に「軽く発赤部を圧迫」とするが、軽い程の根拠が乏しいので、われわれは圧迫後、ビデオカメラで圧迫部を中心にリアルタイムで撮影し、発赤変化の推移を客観的に評価する。圧迫強度は1N(25mmHg相当)から10N(240mmHg相当)までデジタルフォースゲージ(DSTシリーズ、KKイマダ)と電動計測スタンド(MX500N、KKイマダ)にダーモカメラを固定して加圧しながら、撮影・観察した。

#### 3. 高分子新素材ゴムセンサーの作成と「透明板圧診法」への併用

最先端高分子新素材ゴムセンサーの作成は東京理科大学で行われた。そのゴムセンサーを2枚の透明板の間に挟み、上記の発赤部に上から定圧(約50mmHg)を加圧・除圧して、ゴムセンサーの変色と回復状態を確認した。この「透明板圧診法」において決まった圧力をリアルタイムで表示し、直に定量可視化が実現できるようになった。

#### 4. 市販のダーモカメラの活用

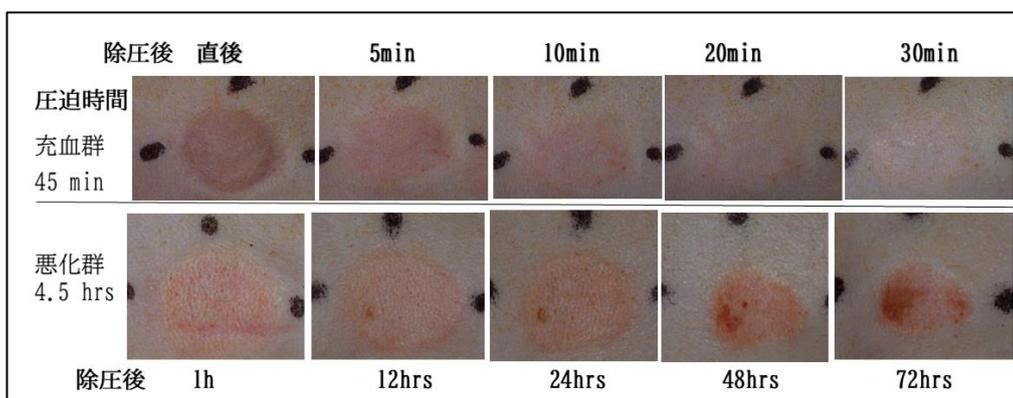
市販のダーモカメラ『DZ-D100』(カシオ)透明板とゴムセンサーのセットされた構造に先述の両群の発赤部を観察・撮影し、臨床現場で使用可能なシステムを開発した。また、ヘモグロビン

の吸光原理に基づいて、ダーモカメラの UV 撮影機能を利用して、両群の圧迫創の出血の動向を観察した。

#### 4. 研究成果

##### 1) 早期褥瘡動物モデルの作成と皮膚発赤状態の確認

下図の示したように、上段の充血群の圧迫創は除圧直後と 5 分の時点で最も発赤が強く、その後、徐々に赤色が減退して、30 分でほぼ消失した。しかし、下段の悪化群の圧迫創は除圧後、発赤が持続して、浮腫も強く、12 時間で皮膚の小びらんが出現し、48 時間で潰瘍に悪化、72 時間でさらに潰瘍が拡大した。

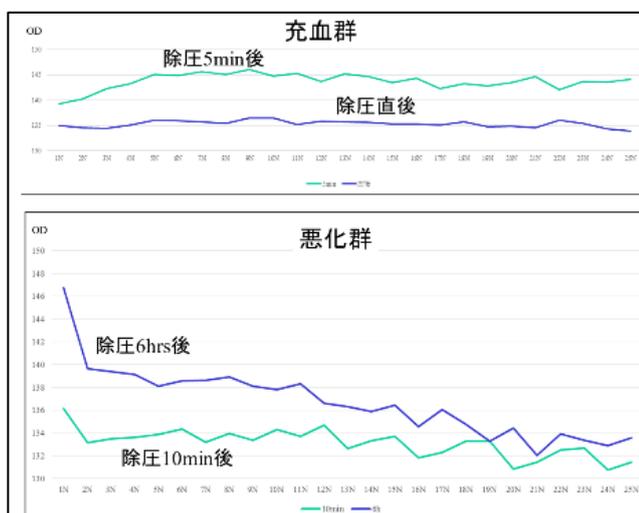


##### 2) 「透明板圧診法」の至適圧力の検討

充血群では除圧直後の圧力負荷は発赤の変化が見られず、除圧後 5 分の時点では 5 N (約 120mmHg) の圧力で最小の発赤までに減少した。

悪化群では除圧後 10 分の圧力負荷が 1 N (約 25mmHg) から 2 N (約 50mmHg) までに発赤の軽度の減弱にとどまっていた。除圧後 6 時間の時点では 10 N (約 240mmHg) 以上の圧力になると逆に発赤程度が増加していた。

以上の結果で「透明板圧診法」の至適圧力は 5 N (約 120mmHg) であることが証明できた。

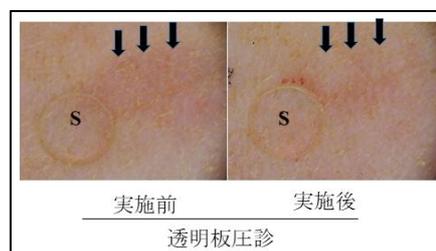


##### 3) 高分子新素材ゴムセンサーの作成と「透明板圧診法」への併用

左図は高分子新素材ゴムセンサー（S）を用いて、「透明板圧診法」実施前後の画像であるが、5 N（約 120mmHg）相当の圧力負荷でセンサーの変色と圧迫創の発赤（矢印）の消褪が一致して確認できた。

撮影機器は市販のダーモカメラを用いた。

この結果、高分子新素材ゴムセンサーの視覚上の定圧効果が確認できた。



### 3) 褥瘡の早期遠隔診断システムの開発・活用

上述のダーモカメラを用いて撮影された画像を保存して、在宅現場で実用化している「最先端の遠隔ケアシステム」（研究分担者 北山開発）を活用して、在宅に向けた褥瘡の早期遠隔診断システムの確立を目指して。

また、ダーモカメラのUV撮影機能を利用して、早期褥瘡を撮影して、表面で見えない出血の動向が正確に評価でき、重症度の判定も可能とわかった。ダーモカメラの通信機能とUV撮影の出血の判定は遠隔での早期褥瘡の新規診断法の開発に繋がる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 三浦大志, 篠原由紀菜, 島袋梢, 喬炎	4. 巻 21
2. 論文標題 圧迫性皮膚傷害に対する温浴効果の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 長野県看護大学紀要	6. 最初と最後の頁 19-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 王艶薇, 徐慧文, 上條明生, 近藤恵子, 北山秋雄, 喬炎	4. 巻 23(4)
2. 論文標題 圧力程度の差による実験的早期褥瘡の発赤と転帰への影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本褥瘡学会誌	6. 最初と最後の頁 10月掲載予定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 En Takashi, Yanwei Wang, Huiwen Xu, Daiji Miura, Akio Kitayama
2. 発表標題 Fluctuations in Physical Properties in Deterioration of Stage 1 Pressure Injury and its Significance for Early Detection in Rat Model
3. 学会等名 NPUAP 2020 Annual Conference USA (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 喬炎, 張嵐, 魯健, 王艶薇, 三浦大志, 北山秋雄, 範江林
2. 発表標題 早期圧迫性皮膚傷害に対するブルーライト診断装置の開発と検証
3. 学会等名 第21回日本褥瘡学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 王艶薇, 侯苹, 薛慧萍, 三浦大志, 北山秋雄, 柄澤邦江, 森上幸恵, 喬 炎:
2. 発表標題 分光測定法による圧迫性皮膚傷害の解析と褥瘡の早期診断に対する意義
3. 学会等名 第21回日本褥瘡学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 喬 炎
2. 発表標題 褥瘡の早期診断と早期治療の新動向
3. 学会等名 中国医科大学特別講演会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 王艶薇, 山岸定智, 三浦大志, 柄澤邦江, 北山秋雄, 喬 炎
2. 発表標題 褥瘡早期診断に用いるガラス板圧診法の適正圧力の検証
3. 学会等名 第20回日本褥瘡学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 En Takashi, Yanwei Wang, Daiji Miura, Ping Hou, HuiPing Xue, Akio Kitayama
2. 発表標題 Verification of optimal pressure of transparent interface used to distinguish stage 1 pressure injury from blanchable erythema
3. 学会等名 NPUAP 2019 Annual Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 浴缸(特殊浴槽)	発明者 侯 幸, 北山秋雄, 喬 炎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 実用新案、201922362668.1	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 皮膚内損傷検測装置及皮膚内損傷検測系統	発明者 喬 炎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、202010318048.2	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

長野県看護大学ホームページ 長野県看護大学ホームページ <a href="http://www.nagano-nurs.ac.jp/usr-bin/nagano-nurs/search/searchTable.cgi">http://www.nagano-nurs.ac.jp/usr-bin/nagano-nurs/search/searchTable.cgi</a>
---

#### 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
研究分担者	古海 誓一  (Furumi Seiichi)  (30391220)	東京理科大学・理学部第一部応用化学科・准教授   (32660)	
研究分担者	北山 秋雄  (Kitayama Akio)  (70214822)	長野県看護大学・看護学部・教授   (23601)	
研究分担者	柄澤 邦江  (Karasawa Kunie)  (80531748)	長野県看護大学・看護学部・准教授   (23601)	

#### 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3件

国際研究集会 NPUAP 2018 Annual Conference	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 NPUAP 2019 Annual Conference	開催年 2020年～2020年
国際研究集会 NPUAP 2020 Annual Conference	開催年 2021年～2021年

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
---------	---------