

令和 3 年 8 月 18 日現在

機関番号：23302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K12085

研究課題名（和文）目視困難な末梢深層静脈可視化のための近赤外光反射システムの改良と臨床応用

研究課題名（英文）Improvement of the invisible vein visualization system using the optimum near-infrared light wavelength

研究代表者

木森 佳子 (Kimori, Keiko)

石川県立看護大学・看護学部・准教授

研究者番号：30571476

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：在宅医療も実施している末梢静脈穿刺は対象静脈が目視困難な場合、静脈穿刺の成否だけでなく、合併症の発生、実施者と対象者の精神的ストレスに影響する。静脈を可視化する既存機器はあるが臨床に普及していない。これは臨床が求める「静脈可視化性能」と「操作性能」が不足しているためである。本研究では深さ5-7mmの深層静脈の可視化性能不足であることから、静脈の透視に使用する最適な近赤外線光波長域は950-1000nmであること、その光はナローバンドで使用する、偏光フィルターの最適角度は45°であることを明らかにした。また、カメラはステレオタイプで深度計測するためのキャリブレーションに成功していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は未だ臨床ニーズを満たしていない目視困難静脈可視化装置の「可視化性能不足」を解決するものである。特に可視化が難しい深度の静脈可視化を目指し静脈の透視原理である「近赤外光」の最適な波長の選択や適切な使い方を明らかにした。また受光するステレオカメラの使い方により深度計測のためのキャリブレーションに成功した。今後の試作機の製作、画像処理技術など臨床での性能評価に十分期待が持てる。

研究成果の概要（英文）：Detection of veins is a very important technique in the medical practice in home care too. When target veins are invisible, it affects failure access, complications and the mental stress of the practitioner and the patients. Recently, vein visualization devices using near-infrared (NIR) imaging have been developed to detect invisible veins. However, they are not widely used clinically. This is because the visibility and operability of the devices are insufficient. In this study, we found the optimal wavelength for the visualization of invisible veins was 950-1000nm, a narrow band of light in that range was effective for vein images, and the optimum angle of the polarizing filter was 45°. We succeeded the stereo type of CMOS camera for visualization and its calibration. We expect that these results will be useful for the visualization of invisible veins.

研究分野：基礎看護技術

キーワード：末梢静脈穿刺 目視困難静脈 近赤外光 ステレオカメラ

1. 研究開始当初の背景

在宅医療でも実施される機会の多くなった末梢静脈穿刺における対象静脈の可視性は、穿刺の成否、合併症の発生、対象者・実施者の精神的ストレスに影響する。このため目視困難静脈を可視化する機器が必要である。静脈を可視化する既存機器はいくつかあるが、臨床に普及しているものはない。静脈の透視原理には超音波と光がある。機器のコンセプトを目視困難静脈の可視化性能と、臨床技術を妨げない操作性と捉え、これらの性能を満たす装置はないことが臨床に普及しない理由と考える(表1)。申請者らは超音波のプローブを穿刺部位に接触させなければならず、超音波画像は臨床が使用する静脈像と異なることが避けられないため操作性を改善する余地は低いと考えた。そこで申請者らは、光を透視原理に選択し開発を進めた。近赤外光を使用した反射光システムに、静脈特性に応じた画像処理技術を搭載した試作機を作成し、有意に既存機器より静脈可視化率が高いことを明らかにした。しかし、臨床ニーズに応える静脈可視化率ではなく、可視化できなかった目視困難静脈こそ臨床が可視化を期待する性能であり課題として残った。

	光	超音波
可視化性能	△	○
操作性	○	△

表1. 各原理と性能
※△：十分でない

申請者らが試作した装置が可視化できなかった非可視化静脈に着目すると、課題は「深さ」であった。非可視化静脈は可視化静脈より深かった。可視化が困難な静脈の深さは5-7mmであることもわかった。この深度を持つ静脈の可視化が課題であった。また、可視化性能には静脈画像の画質にもニーズがあることがわかった。90%以上の可視化に成功した静脈像では、「見える」と評価していても「針を刺すのが不安である。」と答えたのである。



図2. 静脈画像(Kimori, 2015)

2. 研究の目的

本研究の目的は、深さ5-7mmの深層静脈の透視技術向上のために、

- 1) 最適な近赤外線光波長域を特定する。
- 2) 1)の結果を基に、5nm毎の静脈画像分析により近赤外線光波長帯のナローバンドとワイドバンドを比較し、その効果を検証する。
- 3) 偏光フィルターの最適角度の特定を行う。
- 4) 上記基本情報をもとに材料を選定、構築した試作機を作成し静脈の可視化、操作性を評価する。

3. 研究の方法

目的 1) 最適な近赤外線光波長域を特定する。

この調査は研究期間に2回実施している。1回目は撮像条件が適切でないことが画像解析で分かった。データの信頼性確保のため2回目を計画、実施した。尚、申請者らが深部静脈を可視化するのに期待している近赤外線光波長域は凡そ700-1100nmである。対象：健康成人女性の左右各上肢を走行する1cm長の目視困難静脈58本。目視困難静脈の判断は臨床の看護師が駆血をして視診、触診で判断した。また超音波診断装置で静脈の血管径と深さの距離を計測した(図3)。

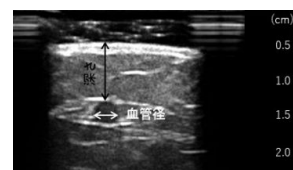


図3 超音波画像(木森, 2021)

静脈の径と深さを計測

方法：400-1700nmの光波長帯を同等の強度で照射するハロゲンランプ「PCS-UHX-AIR(500Wタイプ)：日本ピーアイ株式会社」を使用し、対象の目視困難静脈に照射させ、反射光をハイパースペクトルカメラ「NH-7：エバ・ジャパン株式会社」で撮影した。ハイパースペクトルカメラは、700-1100nmの光波長域にほぼ同等の感度を持ち、5nm毎の画像をほぼ同時に撮影する(図4)。つまり対象静脈1本に対し1度の撮影で150枚の5nm毎の光波長画像を獲得した。解析対象：対象を撮影し獲得した画像は4,640枚であった。獲得画像のなかで、静脈部分と周囲皮膚部分を含んだ関心領域を特定し、関心領域の輝度から静脈波形があるかを観察した。静脈波形が観察できた画像は静脈と周囲皮膚の輝度コントラスト比を算出した(図5)。

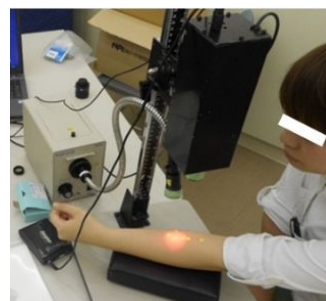


図4 目視困難静脈の撮影

結果：すべての獲得画像から、主観的に静脈が「見える」と評価した画像は無かった。画像解析では、輝度で静脈波形の見られた可視化静脈は58本中44本、非可視化静脈は14本であった。可視化静脈44本の最大コントラスト比を持つ光波長帯の

最頻値は 925-965nm、970-1010nm の順に多く、950-1000nm が目視困難静脈を可視化するために最適な光波長帯と判断した。

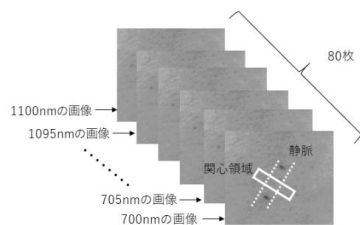


図 5 静脈画像と関心領域

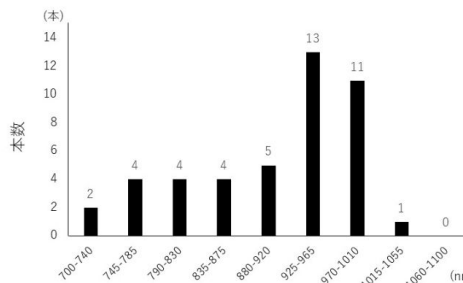


図 6 最大輝度コントラスト比を算出した光波長帯

目的 2) 1)の結果を基に、5nm 毎の静脈画像分析により近赤外線光波長帯のナローバンドとワイドバンドを比較し、その効果を検証する。

方法と結果：目的 1)で獲得した 24 本の可視化静脈の 925-1010nm の 5nm 毎の静脈画像で 30nm バンド、50nm バンド、100nm バンドの帯域幅で静脈部分と周囲皮膚部分の平均輝度コントラスト比を比較した。30nm の帯域幅の平均輝度コントラスト比が大きかった。特に 970-1010nm の波長帯が 925-965nm より大きかった。

ピーク波長帯(nm)	平均コントラスト比 狭帯域30nm	平均コントラスト比 狭帯域50nm	平均コントラスト比 狭帯域100nm
925 - 965	0.019 (±0.008)	0.018 (±0.006)	0.017 (±0.006)
970 - 1010	0.022 (±0.006)	0.021 (±0.006)	0.020 (±0.006)

図 7 30nm、50nm、100nm のバンドの平均コントラスト比

目的 3) 偏光フィルターの最適角度の特定

方法と結果：

ハロゲンランプとハイパースペクトルカメラで「はさみ」と「対象静脈」を撮影し、過剰反射がないことを目視で確認した。その結果、偏光角度 45 度だと強い光量であっても過剰反射が消失し、静脈の可視化に最適であることを確認した。だが、獲得した静脈画像に理由は特定できないが対象静脈上に黒い影のアーチファクトが出現した。過剰反射によるものか不明だが、画像処理をした静脈画像の構成が難しく、可視化が十分にない可能性がある。今後過剰反射を含め光のコントロールについて検討を重ねる必要がある。

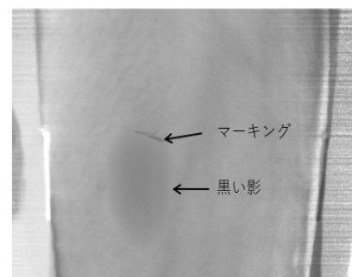


図 8 アーチファクト

目的 4) 上記基本情報をもとに材料を選定、構築した試作機を作成し静脈の可視化、操作性能を評価

材料、特に光源の光波長域の特定、それを 30nm 程度のナローバンドとすること、偏光フィルターの角度について使い方は明らかになった。しかし、この基礎データを実装した試作機の作成は臨床での性能評価を目指し、安全性とデータの獲得を考慮し業者に試作機作成を呼び掛けた。しかし、協力してくれる業者はみつからなかった。目的 1-3)における調査で 2 回行ったこともあり予算も不足した。コロナ禍で臨床評価も難しい状況になったことから、目的 4)の試作機を作成し性能評価をすることはかなわなかった。

目的 5) 静脈可視化のためのステレオカメラによる深度計測とキャリブレーション

目視困難静脈の可視化で、既存機器では実現していなかった静脈の深さ表現を把握するため

ステレオカメラを用いた深度計測とキャリブレーションを目的にシステムを構成、評価した。

方法：

20cmの距離をとった2台のCMOSカメラに870nm、または950nmのLEDを付け、斜め方向に対象に入射させて、高さは30cmとした。

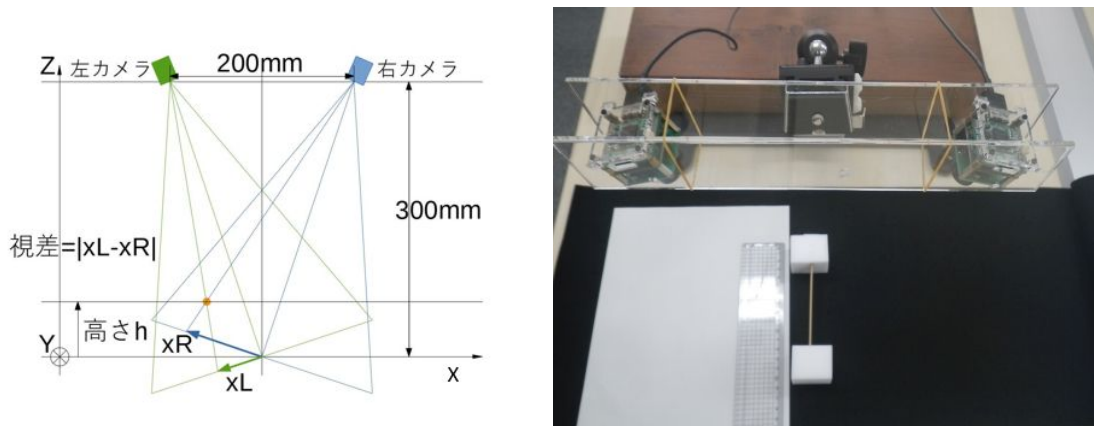


図9 ステレオカメラ

カメラのレンズゆがみなどの内部パラメータのキャリブレーション

左右のカメラでチェスボードを撮影し、カメラの内部パラメータをそれぞれ算出し、関数で補正した。

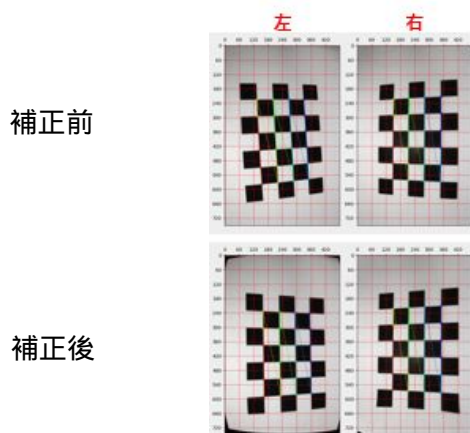


図10 内部パラメータのキャリブレーション

外部パラメータのキャリブレーション

④ブロックマッチングによる視差算出

ステレオカメラの位置関係(回転、移動など)による外部パラメータによる画像の修正はアナグリフ画像、ブロックマッチングで求めた視差は概ね0とすることができ、適切に深度計測とキャリブレーションを行うことができたと考える(未発表)。

4. 研究成果

本研究で既存機器では臨床ニーズを満たしていない、深度5-7mm程度の目視困難静脈の可視化を目指し、1.最適な近赤外線光波長域は950-1100nmであること、2.その光はナローバンドにコントロールして入射させること、3.偏光フィルターは偏光角度45度程度が適切であること、4.静脈可視化装置のためのステレオカメラによる深度計測とキャリブレーションにより、視差から深度を推定できる可能性があること、がわかった。

申請者は、静脈可視化装置の臨床ニーズは、可視化性能だけでなく、操作性にもあることを知っている。操作性は、装置と穿刺部位が非接触性であること、穿刺部位と静脈画像のディスプレイが離れないことが静脈穿刺に関連する手技を妨げないために重要である。この性能についてはほぼ確立している。つまりこの操作性に、可視化性能が向上すれば、2つの性能が同時に満たされる装置が開発できるのである。

今回の研究で実施に至ることはかなわなかったが、今後、試作機の製作に、今回の基礎データを活用した材料とその最適な使い方、光源とステレオカメラの使用方法が明らかとなり、可視化性能の向上が期待できる状況に至ることができた。以下、試作機の構成を記述する。



2つの光源とカメラ
光源は 950-1000nm の波長を選択し、その感度を持つカメラを使用する。光のコントロールはロングパス、ショートパスの光学フィルターを活用しナローバンドにする。また偏光フィルターを使用し過剰反射を除去する。

画像処理
静脈の深度を表現するため視差を利用した画像処理技術を進展させる。

図 11 次回製作する試作機の構成と必要な技術

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 1件）

1. 著者名 木森佳子、山下大揮、小嶋菊乃、中嶋知世	4. 巻 8
2. 論文標題 目視困難な末梢静脈可視化のための最適な近赤外光波長と狭帯域光法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 看護理工学会誌	6. 最初と最後の頁 203-210
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24462/jnse.8.0_203	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木森佳子、山下大揮、小嶋菊乃、中嶋知世
2. 発表標題 目視困難な末梢静脈可視化のための最適な光波長
3. 学会等名 第8回看護理工学会学術集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	丸岡 直子 (Maruoka Naoko) (10336597)	石川県立看護大学・看護学部・特任教授 (23302)	
研究 分担者	中山 和也 (Nakayama Kazuya) (80242543)	金沢大学・保健学系・准教授 (13301)	

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