

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：24303

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K15557

研究課題名（和文）空間把握能力を持ったCTガイド下穿刺補助デバイスの開発

研究課題名（英文）Development of CT-guided puncture assisted device with spatial awareness

研究代表者

増井 浩二（Masui, Koji）

京都府立医科大学・医学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：20783830

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）：CTガイド下穿刺補助デバイスの開発を試みた。3つの開発パート（1. 穿刺位置のセンサデバイス、2. 穿刺経路の選択プログラム、3. 穿刺位置情報・穿刺経路を表示する穿刺情報の可視プログラム）に分割しそれぞれに開発を進めることとした。1については位置情報をリアルタイムかつミリ単位で検出可能なセンサを選択し、その位置情報精度を検証、要件定義を満たすことを確認した。2についてはCT画像上の標的に対して標的を指定すると、標的までの最短経路・安全経路をCT値を元に割り出し最適経路を選出するプログラムを開発した。3については必要な機能を実装した操作性のよいユーザーインターフェースを開発し表示することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CTガイド下穿刺技術は医療現場においてがんの生検や局所治療など様々な面で利用されている。しかしこの技術の習得にはある程度の修練を要することや、手技時間が長くなると術者の被曝が増加するという問題がある。今回、この技術を補助するために補助デバイスの開発を試みて、ある程度のシステムの開発に至った。しかし、今後も開発を続ける必要性があり、今後は研究代表者が新たに取得した若手研究（23K14624）「画像誘導穿刺技術用ARトレーニングデバイスの開発」にて引き続き開発を進める予定である。

研究成果の概要（英文）：We attempted to develop a CT-guided puncture assist device by dividing the development into three parts (1. a sensor device for puncture position, 2. a program for selecting the puncture route, and 3. a program for visualizing the puncture information that displays the puncture position information and the puncture route) and proceeding with development for each. For Program 1, we selected a sensor capable of detecting position information in real time and in millimeters, verified its position information accuracy, and confirmed that it satisfied the requirement definition. For Program 2, we developed a program that, when a target is specified for a target on a CT image, determines the shortest and safest path to the target based on the CT values and selects the optimal path. For program 3, we developed a user interface with necessary functions and easy operation.

研究分野：放射線治療

キーワード：穿刺ガイド CTガイド下穿刺

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

US(Ultrasonography)や CT(Computed Tomography)といった画像をガイドとして穿刺を行う画像誘導穿刺を用いれば、体外から見えない病巣を正確に穿刺することが可能である。この技術は、医療現場で生検・膿瘍ドレナージ・癌の局所治療(ラジオ波凝固療法:RFA、凍結療法など)などに用いられている。CT画像は、全身どの部位であっても範囲にほぼ制限なく画像を取得することができる。そのため、CTガイド下穿刺は、体内のどの部位にある標的に対しても、理論的には穿刺可能である。しかしながら、現状では以下の問題点がある。

[問題点1] 穿刺可能な範囲が限定される。

CTガイド下穿刺は、取得CT断面に沿って平行に穿刺することが基本となる。そのため、穿刺できる範囲には限界があり、穿刺ルートに重要臓器が重なる場合には、適応外となることも多い。

[問題点2] 技術の獲得に修練が必要である。

CT断面に沿って確実に穿刺出来るようになるためには、針先とターゲットの位置関係を正確に把握しながらCT断面にあわせて針を進める必要があり、これらの複数のパラメーターを瞬時に一致させるためには、ある程度以上の修練期間を要する。また、熟練医師であっても、穿刺が複雑・困難な場合は、手技時間が長くなり、被曝線量が増加するという問題もある。

2. 研究の目的

空間位置を認識する機能を持つ3Dポジションセンサを穿刺針に装着可能な形で作成し、ターゲットと穿刺針の位置を把握し、最適ルートをガイドするCTガイド下穿刺補助システムを開発することを目的とする。

3. 研究の方法

3つのパートに分けて開発を進める。1.穿刺位置のセンサデバイス,2.穿刺経路の選択プログラム,3.穿刺位置情報・穿刺経路を表示する穿刺情報の可視プログラムである。まず1については位置情報をリアルタイムかつミリ単位で検出可能なセンサを選択し、その位置情報精度をファントムを用いて検証する。2についてはCT画像上の標的に対して、最短経路・安全経路を割り出し、最適経路を選出するプログラムを開発する。3については

最終的に1と2のパートがそれぞれ3の可視プログラムに統合されることを目指す。

4. 研究成果

1.穿刺位置のセンサデバイスについて

センサデバイスとして赤外線センサが適すると判断し、Leap Motion という手のモーションセンサデバイスを用いることとした。まず10cm立法のプラスチックケースにアガーという海藻を原料としたゼリーを充填し、その中に穿刺標的としてゴムボールや画鋸を真移入させたファントムを作成した。そのファントムのCT画像を撮像し、CT画像上で刺入開始位置となる始点および穿刺標的の中心位置を終点と設定し、その間のユークリッド距離を計算により算出した。その後実際に上記で設定した始点から終点までの刺入を行い(図1)、その際の穿刺による手の位置情報の変化をLeap Motionを用いて検出し、その距離がCT画像から算出される距離との誤差を算出した。結果は以下(表1)となり誤差の最大値は2.451mm、最小値は0.670mm、平均値は1.813mmであった。要件定義で設定した±5mm以内を満たす結果となった。

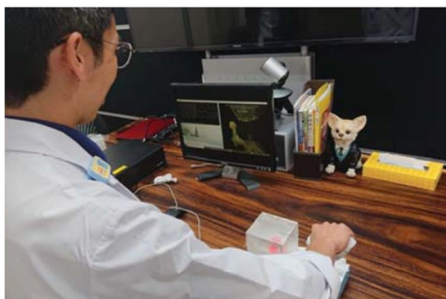


図1. 穿刺風景

穿刺回数	CT 画像上の直線距離	Leap Motion の直線距離	誤差 (絶対値表記)
1 回目	91.013	88.687	2.326
2 回目	92.561	95.012	2.451
3 回目	92.561	90.757	1.804
4 回目	91.013	90.343	0.670

表1. 実験結果

2. 穿刺経路の選択プログラムについて

穿刺経路探索としてCT画像上に穿刺可能域・不可能域、体外領域、およびターゲット領域をCT値を用いて設定し、ターゲットから一定の長さに設定した穿刺経路の線分について、以下の式で示す媒介変数表示に基づいて、媒介変数を1度ずつ回転させて、試行を繰り返した。

$$\begin{cases} x = R \cos \alpha \cos \beta \\ y = R \cos \alpha \sin \beta \\ z = R \sin \beta \end{cases}$$

試行では、線分に接する各ボクセルに対して、以下の(a)および(b)の場合に分けて判断した。
 (a) 線分に接するボクセルが穿刺不可能領域の内部である場合、現在の角度における試行を終了する。

(b) 上記以外の場合、現在の角度でターゲットからの線分を延長して、試行を繰り返す。延長した線分が体外のボクセルに接した場合、の線分を穿刺経路の候補とし穿刺経路の長さを穿刺距離として算出する。

ターゲットを中心として 0 ~ 359 度のすべての角度 について試行を行い、ターゲットから体外までの間で穿刺不可能領域と交わらなかった安全経路のうち、穿刺距離がもっとも短い経路を最短経路として求めた (図 2a.b)

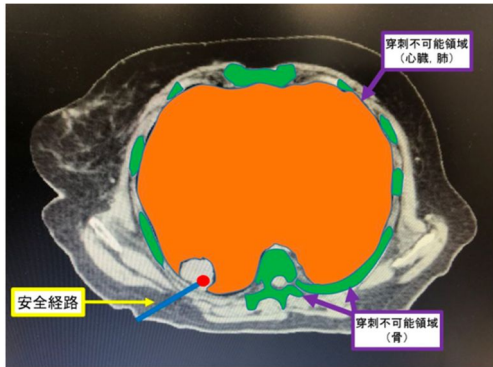
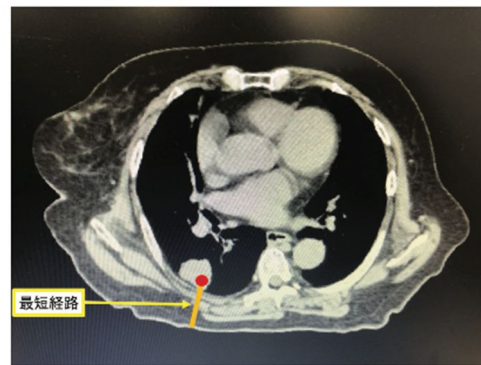


図 2a. 安全経路



2b. 最短経路

3. 穿刺位置情報・穿刺経路を表示する穿刺情報の可視プログラムについて

表示機能やメニューバーなどユーザーインターフェース (図 3) を設計するとともに、途中操作感などのヒアリングを繰り返しつつ、開発・改良を重ねた。また MR デバイスに表示させ操作感などを確認した。

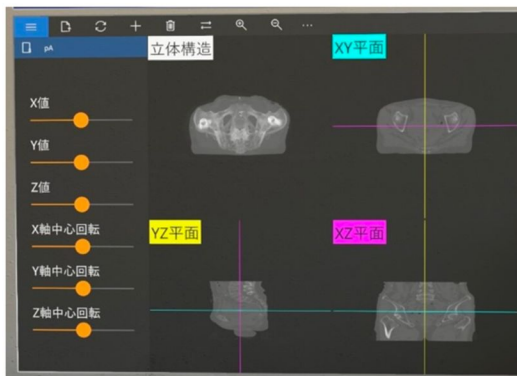


図 3. ユーザーインターフェース

1 と 2 のパートがそれぞれ 3 の可視プログラムに統合されるころまでは到達しなかったが、今後の研究については新たに取得した若手研究 (23K14624) 「画像誘導穿刺技術用 AR トレーニングデバイスの開発」にて引き続き開発を進める予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 森下 恵理 ¹ 後藤 佑介 ² 増井 浩二 ³ 酒井 晃二 ³ 藤本 まなと ⁴
2. 発表標題 MRデバイスを用いた CTガイド下穿刺画面表示手法の提案
3. 学会等名 第195回 マルチメディア通信と分散処理研究会(DPS)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yusuke Gotoh, Kenta Fukuma, Koji Sakai, Koji Masui
2. 発表標題 Puncture Localization Method Utilizing Motion Sensor to Support CT-Guided Percutaneous Puncture
3. 学会等名 The 19th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Gotoh, Manoka Yamashita, Koji Sakai, Koji Masui
2. 発表標題 A Method for Displaying Puncture Information in CT-guided Puncture Assistance System
3. 学会等名 DEMoC-2020 The 9th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福間 健太
2. 発表標題 CT ガイド下穿刺補助システムにおける 位置情報推定手法の提案
3. 学会等名 第181回マルチメディア通信と分散処理研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤 祐介
2. 発表標題 CTガイド下穿刺補助システムの提案
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会
4. 発表年 2019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
研究協力者	酒井 晃二 (Sakai Koji)		
研究協力者	後藤 祐介 (Goto Yusuke)		

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