

ロボットアームを用いた計測機器操作

Control of measurement device by Robotic arm

花之内 健仁 (Hananouchi Takehito)

1. 背景

本研究は、“ロボットアームを用いた計測機器操作”に関するものであるが、主として医療で用いる超音波診断装置の操作支援を目指したロボットアームの初期動作評価を行った。超音波検査装置は、超音波を発生・送信するとともに、生体内から反射した超音波を受信する役割を持つプローブ（探触子）と、受信した信号やデータにさまざまな処理をする部分、そして画像を表示するディスプレイ部で構成される。超音波画像による診断は、パルスエコー法による組織の散乱強度の分布を反映した臓器の断面表示によって行われる。

超音波画像の対象となる臓器は、肝臓・腎臓・膵臓といった内部臓器だけでなく、四肢の筋肉、血管など多岐にわたる。血管対象の中の1つに中心静脈穿刺がある。これは、中心静脈ライン確保法といって、上大静脈、下大静脈などに対してカテーテルを挿入する医師にとって必須の手技と言われている。必須と言える手技である一方、十分な訓練を積んでいても、穿刺時に動脈や肺を穿孔してしまうような合併症を引き起こしてしまう可能性があるため、穿刺自体を支援するために超音波を用いる。超音波によって血管を描出しながら穿刺できれば、合併症の減少が期待される。しかしながら、超音波を用いた支援の方法は、医師が超音波画像を参照しながらの施術であるため、手振れ等で正確に画面を描出できないことがある。そこで、ロボットアームによって超音波診断装置を操作することで、的確に画像を描出できれば医師の負担が抑えられ、さらに合併症の発症率を抑えられると考えた。これまでに超音波診断装置をロボットや別の方法で操作を代替できた報告はない。

そこで本研究では、中心静脈穿刺を支援する超音波画像を、多軸軽作業用ロボットアームで正確にコントロールできるかどうか、またどの程度の圧迫で静脈の径がどのように変形するかを評価することにした。本研究では人体ではなく静脈、動脈を模倣した管が埋没されているトレーニングキット（CVセンシ）（Fig.1）を用いて試行した。

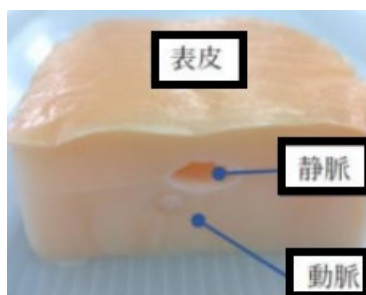


Fig.1 トレーニングキット

このトレーニングキットは、人体と比較すると柔らかい素材であるため、超音波診断装置を押し込む強さが大きいと血管が人体と比較して大きく変形してしまうため、より細かい圧迫の程度の把握が求められる、すなわち、このトレーニングキットをロボットアームに取り付けた超音波診断装置で、圧迫の深さを細かく調節することができれば、対象が人になった場合でも調節が可能であると考える。

2. 方法

使用したロボットアームは、DOBOT Magician という中国の Shenzhen Yuejiang Technology 社で開発されたものである。また、今回の実験で使用した超音波診断装置 (Sonostar Technologies Co., Limited, China) は、Wi-Fi による接続でき、専用のアプリケーションからスマートフォンにて超音波診断画面を確認できる、ハンディタイプのものである。そのアプリケーション上でエコー画面上の対象物の長さや角度を計測できる。

超音波診断装置を独自のブラケットを用いてロボットアーム先端に装着させ、ダイレクトティーチング手法で CV センシに超音波診断装置を接近させ超音波画像が描出されるところまで近づけ、その高さをゼロ点として、そこから 1mm ずつ鉛直方向に降下させ (Fig.2), 押し込み量とその際に描出される血管の縦径の関係について計測・評価した。

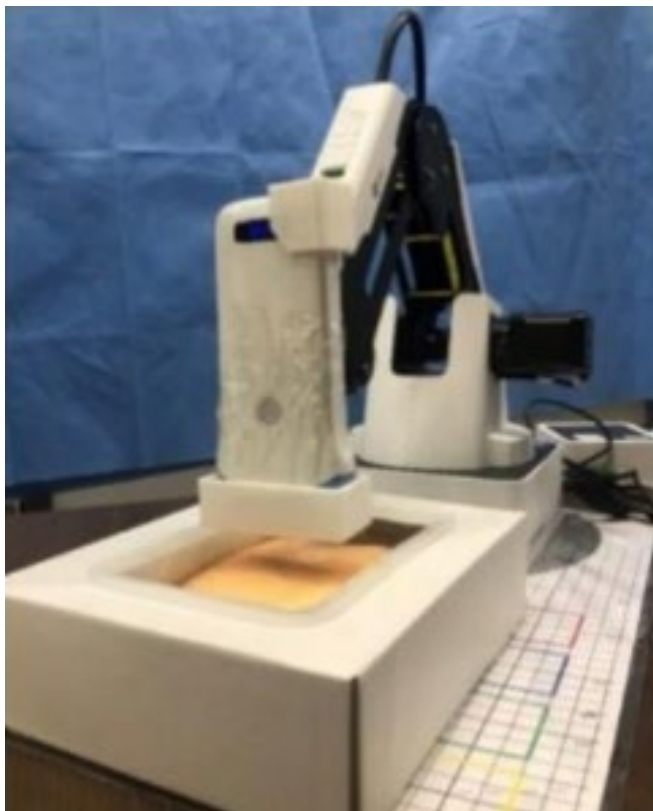


Fig.2 ロボットアームによる実験の様子

3. 結果

ロボットアームの深さとその際の血管径の関係は次に示す通りであった (Table 1).

Table 1 ロボットアームの深さとその際の血管径の関係

深さ(mm)	1回目	2回目	3回目	平均
1	7.96	7.84	7.91	7.9
2	7.64	7.52	7.33	7.5
3	7.05	6.78	6.83	6.89
4	6.09	6.18	6.16	6.14
5	5.37	5.42	5.25	5.35
6	4.71	4.73	4.58	4.67
7	4.02	3.94	3.8	3.92
8	3.18	3.11	3.23	3.17
9	2.34	2.46	2.62	2.47
10	1.28	1.36	1.48	1.37

4. 考察

ロボットアームを活用した超音波診断装置によって得られた超音波画像は、施術可能な状態まで描出可能であると考えられた。押し込み深さが 0mm の、0 点の場合は、血管が不鮮明で正確な穿刺は難しく不適であるが、押し込み深さ 1mm 以上の画像では鮮明な画像を得ることができた。そして、1mm 押し込んだ時の径の平均が 7.9mm で、押し込み深さが増加するほど描出される血管径が小さくなり、11mm 押し込んだところで、血管が閉塞し計測不能なところまで小さくなることがわかった。よって、実際の皮膚とは異なるものの、超音波診断装置を皮膚にあてる程度によって、血管径が変化することは注意すべき点であると考えた。

5. 結語

中心静脈穿刺など超音波診断装置を使用する状況下において、ロボットアームによる支援が可能かの検討を行った。結果から、上記穿刺のトレーニングキットについては、埋没された疑似血管の画像描出が施術可能な状態まで達成できることが確認でき、ロボットアームによる支援が可能であると考えられた。