

令和4年度 特別研究報告書

静脈注射における
穿刺援助システムの考察

龍谷大学 理工学部 情報メディア学科

T190522 西田 龍之介

指導教員 三好 力 教授

内容梗概

静脈注射とは、静脈内に直接、薬液を注入する注射である。すばやく体全体をめぐるため即効性が高い注射であり、そのため命にかかわる緊急事態にも用いられる。また体に及ぼす影響が大きいため責任が重い行為であり、確実な専門知識を必要である。この医療行為は頻繁に行われているが現状として皮下脂肪で血管が見えない人や血管が細い・深い人に対して苦手意識のある人やまだ技術的にも経験がない新人の方がいて、少ないながらも医療ミスが存在している。医療ミスの 1 つの原因として血管の位置が正確に把握できていないことがあげられる。

そこで体の内部を容易に見ることができる超音波(エコー)画像診断装置を応用して、より手軽で安価な静脈注射に向けた超音波画像診断装置を実現するためエコー画像の許容度を検討した。

目次

第1章	はじめに	4
1.1	研究背景.....	4
第2章	既存技術	5
2.1	血管可視化装置.....	5
2.2	超音波画像診断装置.....	6
2.3	CT 検査.....	6
2.4	MRI 検査.....	8
2.5	MRA 検査.....	9
2.6	既存技術の問題点.....	10
第3章	提案手法	11
第4章	実験	12
4.1	実験 1.....	12
4.1.1	実験梗概.....	12
4.1.2	実験環境.....	12
4.1.3	実験方法.....	12
4.1.4	実験結果.....	12
4.1.5	考察.....	19
4.2	実験 2.....	20
4.2.1	実験梗概.....	20
4.2.2	実験方法.....	20
4.2.3	実験結果.....	20
4.2.4	考察.....	21
第5章	まとめ	22
	謝辞.....	23
	参考文献.....	24

第1章 はじめに

1.1 研究背景

静脈注射ははじめ身体に与える影響が甚大であることや技術的に困難であるとの理由で医師しか行えなかった。しかし看護教育水準の向上や、医療用器材の進歩、医療現場における実態との乖離等の状況も踏まえ、医師の指示に基づく看護師等による静脈注射の実施は、診療の補助行為の範疇として取り扱われるべきであると考えられていた。そして平成14年9月30日付け厚生労働省医政局長通知により正式に看護師等が行う静脈注射は診療の補助行為の範疇として取り扱うという新たな行政解釈の変更がなされました[1]。

そのため今では看護師等による静脈注射が一般的になっているが、年齢・皮膚の厚さ・病気などにより血管は人それぞれであるため一回の穿刺で成功するのは簡単ではない。複数回の穿刺を行うと痛みを伴うだけでなく感染・穿刺事故の危険性や神経損傷といった合併症のリスクが高まる。静脈注射の手法が確立されてはいるものの経験や技術が必要である。特に血管を正確に探し出すことは静脈注射を成功させるのに重要な点である。現在では血管を正確に探し出す技術はあるものの検査に条件があるものや手順を多く踏むものであり実践する頻度が高い静脈注射には向いていない。そこで本研究では静脈注射の際に手軽で容易に血管の位置を認識することを実現するために超音波画像診断装置を用いて血管の位置を認識しようと考えた。

第2章 既存技術

2.1 血管可視化装置

赤外光と可視光を用いて静脈を可視化する医療機器である[2]。静脈をディスプレイに映し出すタイプやそのまま皮膚に投影するタイプがある。ディスプレイに映し出すタイプを図2-1に示し、皮膚に投影するタイプを図2-2に示す。

原理は赤外光が静脈血内に存在するデオキシヘモグロビン（脱酸素化ヘモグロビン）に吸収される特性を利用している。装置から皮膚に赤外光を照射することで静脈周辺の反射する赤外光と静脈血内のデオキシヘモグロビンにより吸収される赤外光の違いを検出・分析し、皮膚に可視光を照射することで可視化している。



図2-1 ディスプレイタイプ



図 2-2 投影するタイプ

2.2 超音波画像診断装置

超音波を用いて体内の状態を観察する医療機器である[3]。超音波画像診断装置から発する超音波を当て、音波のはね返る様子を画像にしている。従来の超音波画像診断装置では大きいものが主流である。一般的な超音波画像診断装置を図 2-3 に示す。他にも最近ではより小型のものもでてきている。しかし値段としては手軽ではなく容易に準備できるものではない。



図 2-3 超音波画像診断装置

2.3 CT 検査

CT とは Computed Tomography (コンピュータ断層撮影) の略である[4]。CT 検査装置を図 2-4 に示す。CT 検査で撮影した画像を図 2-5 に示す。

X 線を利用して身体の内部を画像化する検査である。原理は、CT の内部に X 線管が備わっており、ここから X 線が照射される。X 線管の向かい側には検出器があり、そこで身体を通り過ぎた信号を受け取り、コンピュータで処理を行うことで測定している。この作業を 360 度行うことで CT 画像を作成している。そのため様々な角度から画像をとり画像処理を行うことで身体の細かな情報を得ることができる。特に心臓、大動脈、気管支・肺などの胸部、肝臓、腎臓などの腹部の病変に関しては、優れた描出能力が知られている。使用時間は

部位により異なるが5分から15分程度である。

臓器の形の明瞭にすることや病変の有無や性質、拡がりや血管の走行などをよりわかりやすく確認するためには造影剤を使用する。しかし造影剤を使用する場合は、静脈注射で体内に注入する。また造影剤には副作用があり吐き気、嘔吐、頭痛、めまい、じん麻疹、発疹、かゆみなどや重いものとアナフィラキシーなどがあげられる。CT検査を受けるには、食事制限がある場合やお薬の制限などがあり行うには手間がかかる。したがって血管の検出は可能だが静脈注射のために用いるには不適である。



図 2-4 CT 検査装置

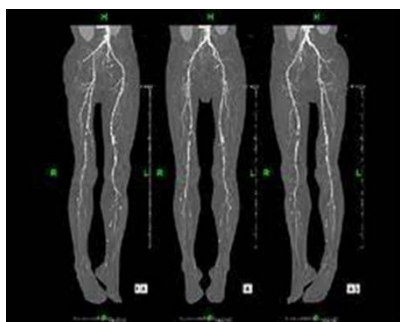


図 2-5 CT 検査画像

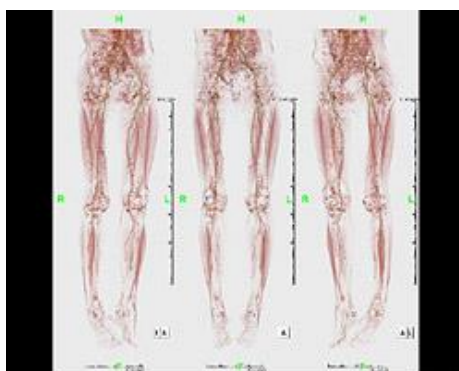


図 2-5 CT 検査画像

2.4 MRI 検査

MRI とは、Magnetic Resonance Imaging（磁気共鳴画像）の略です[5]。MRI 検査装置を図 2-6 に示す。

CT 検査での X 線を使用せず、強い磁石と電磁波を使って身体の内部の状態を断面像として描写する検査である。強力な磁場が発生しているトンネル状の装置の中で、外から電磁波を体を与える。そうすることで、体内の水素原子が共鳴し、振動した水素原子からは電磁波が発生する。この微弱な電磁波を受信して電気信号に変換して画像にしている。

特に脳や脊椎、四肢、子宮・卵巣・前立腺といった骨盤内の病変に関して優れた検出能力を持っている。使用時間は部位により異なるが 15 分から 60 分程度である。

磁場を発生させるときに、装置から工事現場のような大きな音がすることや使用時間が長く動いてしまうと画質が落ちてしまうことがある。CT 検査同様に造影剤を服用したり、静脈から注入することがある。しかし血管や胆管などの臓器では使用しない。危険性としては磁石や電波を使うため、金属類や磁石が体内に入っている人や入れ墨などは事故ややけどの危険がある。CT 同様に静脈注射のためには不適と言える。



図 2-6 MRI 検査装置

2.5 MRA 検査

MRA とは MRI 装置を使用した磁気共鳴血管(Magnetic Resonance Angiography) の略である[6]。MRI と同様に体に電磁波を与えて、血流の信号のみを処理して画像にしている。MRA 検査で撮影した画像を図 2-7 に示す。

MRI 同様に MRA は X 線の被ばくなく、造影剤も使わずに検査することが可能である。(検査の種類によっては少量の造影剤を使用する場合もある。)また MRA 検査は、数多くの MRI 検査メニューの一種である。



図 2-7 MRA 検査画像

2.6 既存技術の問題点

血管可視化装置では容易に位置が見られるという利点があるものの内部の深さがわからないという大きな問題がある。また血管を見る用途にだけ使用できるが検査機の値段が高いことがあげられる。CT 検査と MRI 検査では、検査にかかる時間が長い。頻繁に行われる静脈注射ごとに検査しては時間がかかり実用的でない。また副作用が起きた場合に嘔吐などを防ぐために食事制限があることや X 線を使用すると極めて低いものの被爆の可能性もある。そのことを考えると検査のための割く時間はより長くなる。より明確に見るためには造影剤を使用するのだがそれ自体にもアレルギー反応がでる人がいて誰でも気軽に検査できるものではない。静脈注射のために血管の位置を知るためにはそこまで取得データを必要としないが、汎用性を考えた時の機能が多くデータ量が多いことも問題としてあげられる。そのため検査費も検査機自体も高くなってしまっている。

第3章 提案手法

2.6の問題点を解決するために、従来の超音波（エコー）画像診断装置をより小型でコスト的にも削減した手軽に静脈注射の援助を行えるような新たな超音波画像診断装置を検討した。日頃から注射を行う看護師さんと臨床工学技士さんに注射を行う際にどんな情報を得ると血管の位置を理解することができるのか事前アンケートを取った。アンケート結果を表4-1に示す。その結果エコーを用いて表皮から血管までの距離、血管径がわかると位置は理解できることがわかった。本研究では身体の内部が容易に可視化できる超音波画像診断の技術を用いて血管の位置を認識し、静脈注射を援助するための超音波画像診断装置を提案する。

静脈注射は身近なものだと風邪をこじらして点滴を行う時や緊急で即効性が求められ血液に直接薬液を注入する時など幅広く行われている。静脈注射の頻度や行うときの状況を踏まえるとスピード感と正確性が求められる。そのため静脈位置が皮下脂肪で見えなかったり、元から細く見えにくい場合は大変である。そこで提案するシステムを用いて正確な血管の位置をより早く、手軽に把握して静脈注射を行うことで今よりも医療ミスを減らし、医療従事者の助けになると考える。また提案するシステムは静脈注射だけでなく静脈採血のような血管位置を素早く正確に知りたいときにも利用できる。よって利用頻度としてはさらに高くなる。そのため提案するシステムをたくさんつくる必要があり、補聴器を1人1つ持っているように提案するシステムも1人1台持つことが必要になると考える。1人1台持つためには小型でかつ安価である必要性がでてくる。この提案するシステムの中でコストダウンに重要なのは画像の解像度である。静脈注射のような血管の位置を確認する目的である場合、従来の超音波画像診断装置のスペックやエコー画像の鮮明性を必要としない。そのためピクセル数が少なく粗いエコー画像でも表皮から血管までの距離、血管径の情報を認識することで血管の位置を把握することが可能である。よって従来のものから鮮明性を落とし静脈注射を行うために必要な情報を最低限知ることができる超音波画像の許容度を検討した。

第4章 実験

4.1. 実験1

4.1.1 実験梗概

静脈注射で一般的に行われる血管である橈側皮静脈、前腕正中皮静脈、尺側皮静脈のあたりを超音波画像診断装置で撮影した。撮影した画像を用いて徐々に画像を粗くしていき、皮膚から血管までの距離・血管径を把握できるのか調べた。

4.1.2 実験環境

超音波画像の撮影には汎用超音波画像診断装置 LOGIQ eV2VA を使用し、画像処理に関しては Python での Pillow を使用した[7]。

4.1.3 実験方法

まず汎用超音波画像診断装置 LOGIQ eV2VA で身長 176cm・体重 60 kgの男性(a)と身長 163cm・体重 93 kgの男性(b)の右腕の肘の前面から前腕にかけて 5 枚ずつ撮影し、計 10 枚を実験に使用した。撮影箇所に関しては、基本的に大きな血管が流れている部位を撮影した。それらの超音波画像を RaspberryPi の環境下で Python 言語を用いて行った。具体的には、元の超音波画像のピクセル数 3500×2333 からそれぞれ 10 分の 1、20 分の 1、30 分の 1、40 分の 1、45 分の 1、50 分の 1、55 分の 1、60 分の 1 の順に減少させて元の超音波画像サイズに戻すことで解像度を落とし許容度を試した[8][9]。

4.1.4 実験結果

男性(a)の各 5 枚の超音波画像の実験結果を図 4-1、図 4-2、図 4-3、図 4-4、図 4-5 に示す。男性(b)の各 5 枚の超音波画像の実験結果を図 4-6、図 4-7、図 4-8、図 4-9、図 4-10 に示す。図には計 10 枚の超音波画像をそれぞれ 1 枚ずつ表にして、左上の欄に元画像や縮尺を記入してまとめた。画像の上部にある黒い円形が血管である。基本的にはこの位置に 2 つ走行しており橈側皮静脈と尺側皮静脈である。また画像の上側が皮膚の表面となっている。このことから皮膚から血管までの距離・血管径を確認できるのか見ていく。

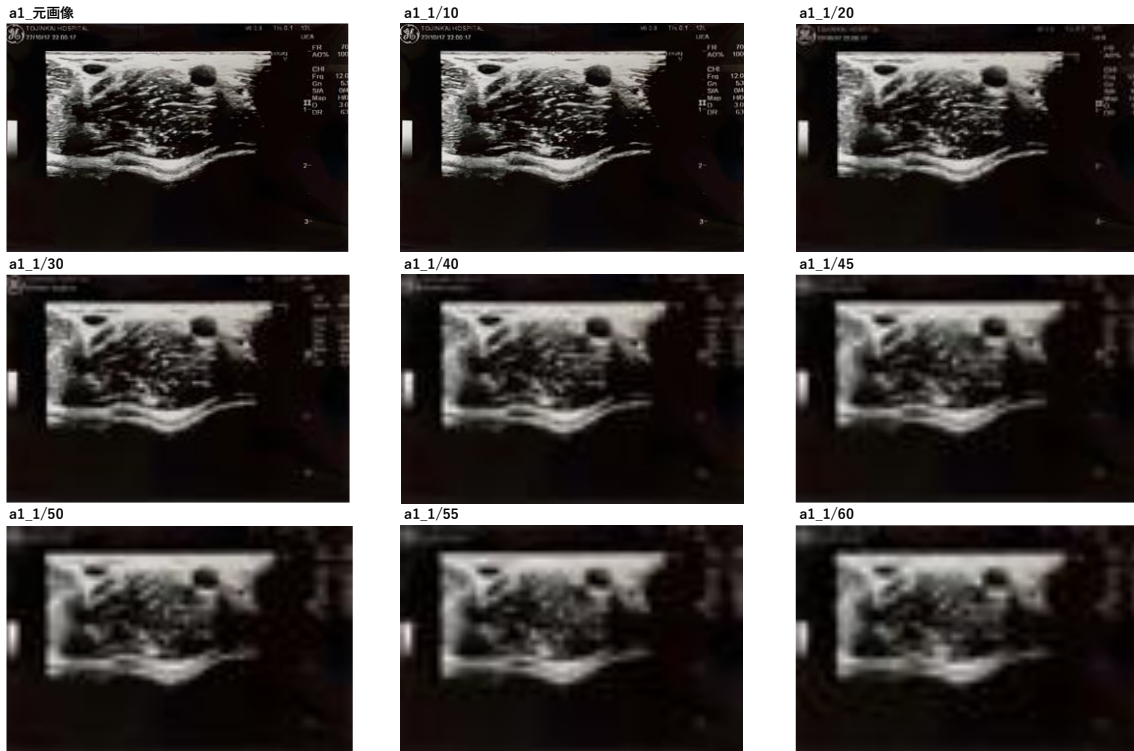


図 4-1 男性(a)の超音波画像 1

図 4-1 を見ると、血管径から見ていくと 60 分の 1 まで上部に 2 つ存在する血管の形が確認できる。表皮から血管までの距離ではピクセル数を減らすと正確性がなくなってしまう。60 分の 1 では元画像と比べ距離が短く変化したように見える。

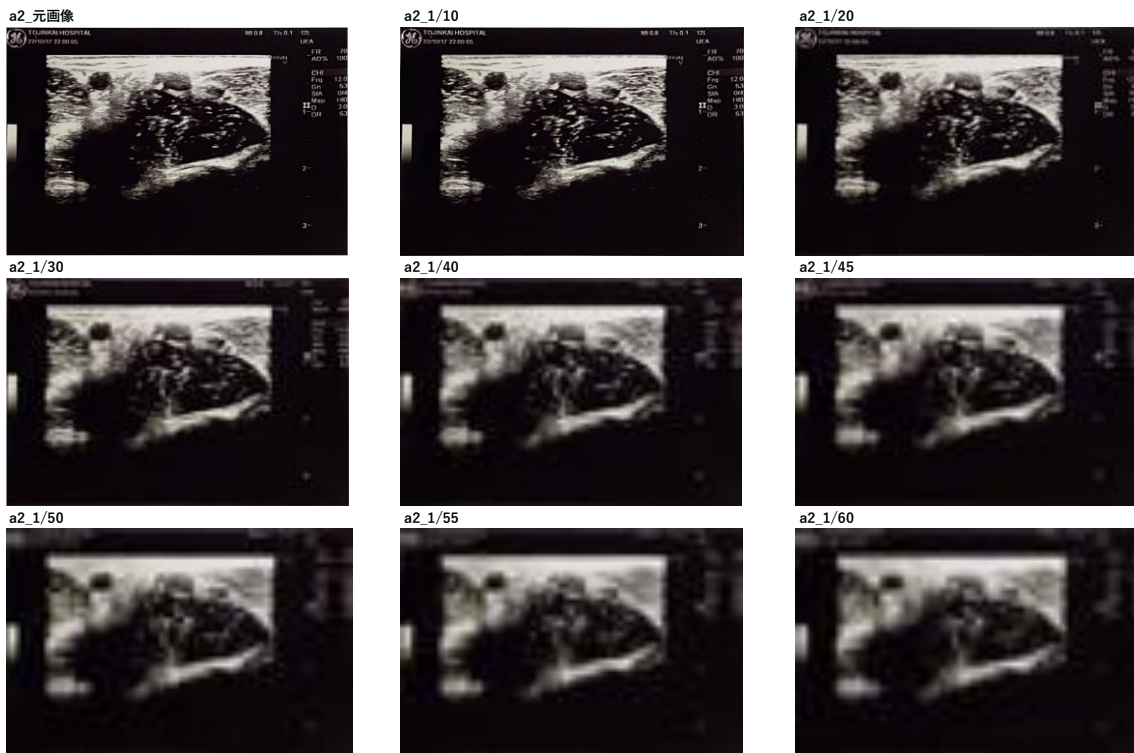


図 4-2 男性(a)の超音波画像 2

図 4-2 を見ると、元画像の時点で上部の右側の血管が見えにくいため左側の血管のみで評価した。血管径は元画像と比べると 60 分の 1 では形が楕円に変化したように見える。表皮から血管までの距離は同じく 60 分の 1 で元画像と比べ短くなったように見える。

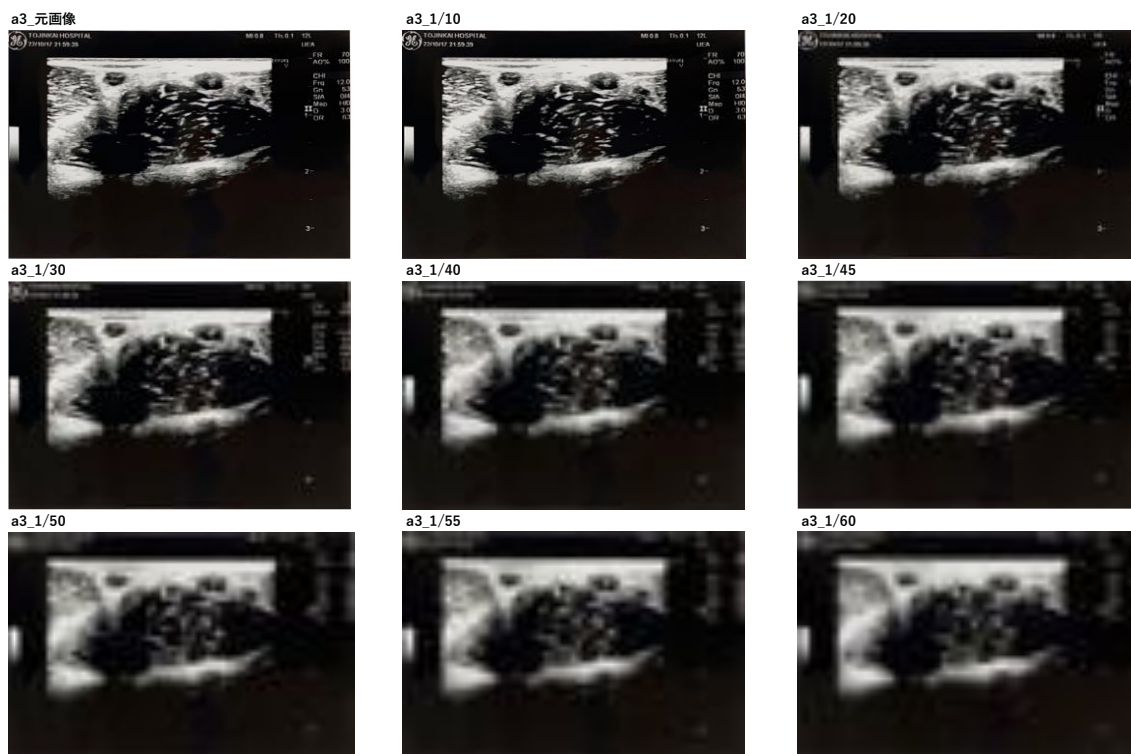


図 4-3 男性(a)の超音波画像 3

図 4-3 を見ると、血管径から見ていくと上部左側の血管径が 55 分の 1 の時に形が横長に大きく変化しているように見える。またそのことで表皮から血管までの距離も変化しているように見える。上部右側の血管は 60 分の 1 でも血管径、表皮から血管までの距離の大きな変化は見られないが細かく見ていくと徐々にぼやけて見えにくくなっている。

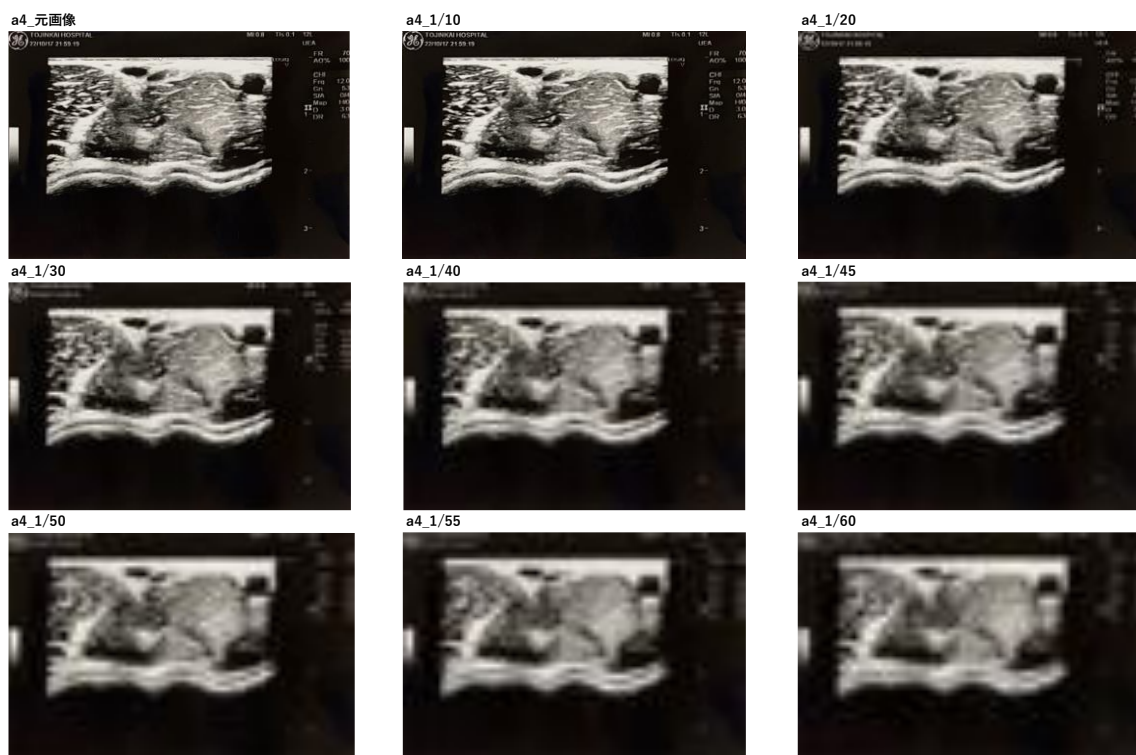


図 4-4 男性(a)の超音波画像 4

図 4-4 を見ると、元画像の時点で上部左側の血管は細く形がしっかりしていないため右側の血管で評価する。血管径はすべてで確認できるが表皮から血管までの距離は 60 分の 1 で短く変化したように見える。



図 4-5 男性(a)の超音波画像 5

図 4-5 を見ると、図 4-4 と同様に上部左側の血管はすでに見えにくいため右側の血管で評価していく。右側の血管は 60 分の 1 では血管径は確認できるもののぼやけていることで表皮から血管までの距離が短くなっているように見える。

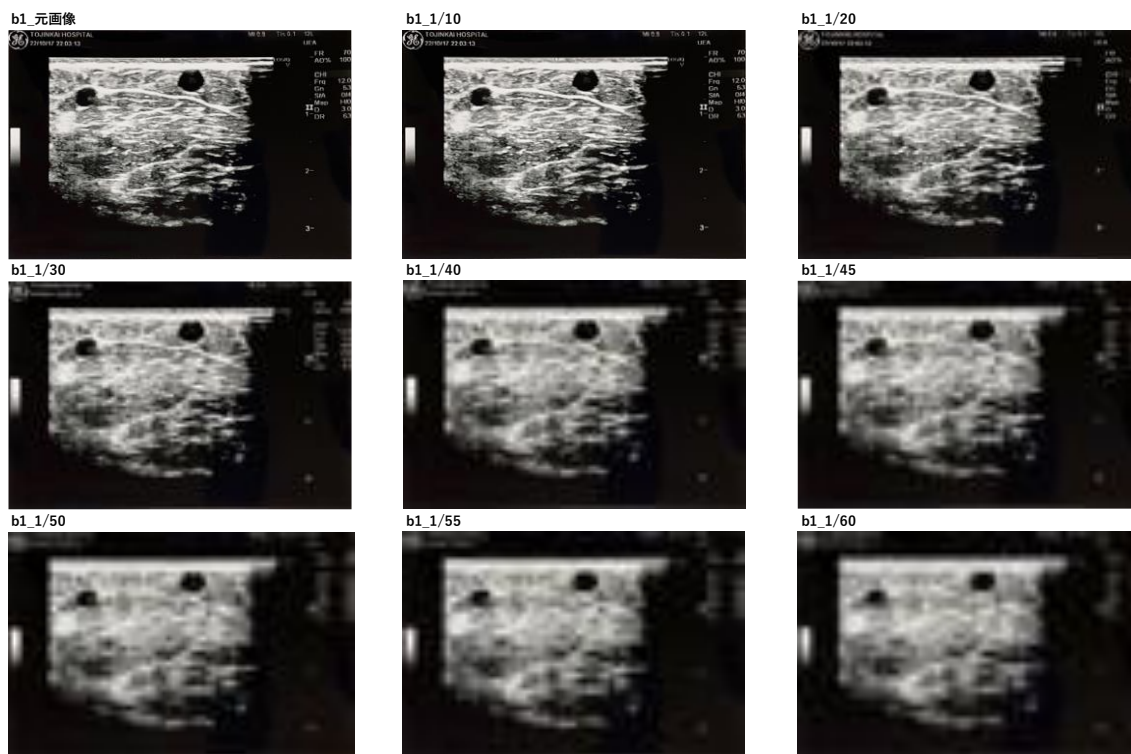


図 4-6 男性(b)の超音波画像 1

図 4-6 を見ると、他の超音波画像と見比べてもわかるように元画像の血管がかなりくっきりと見やすくわかりやすい画像である。そのため上部の血管両方とも 60 分の 1 でも血管径、表皮から血管までの距離どちらも確認でき、大きな変化が見られない。

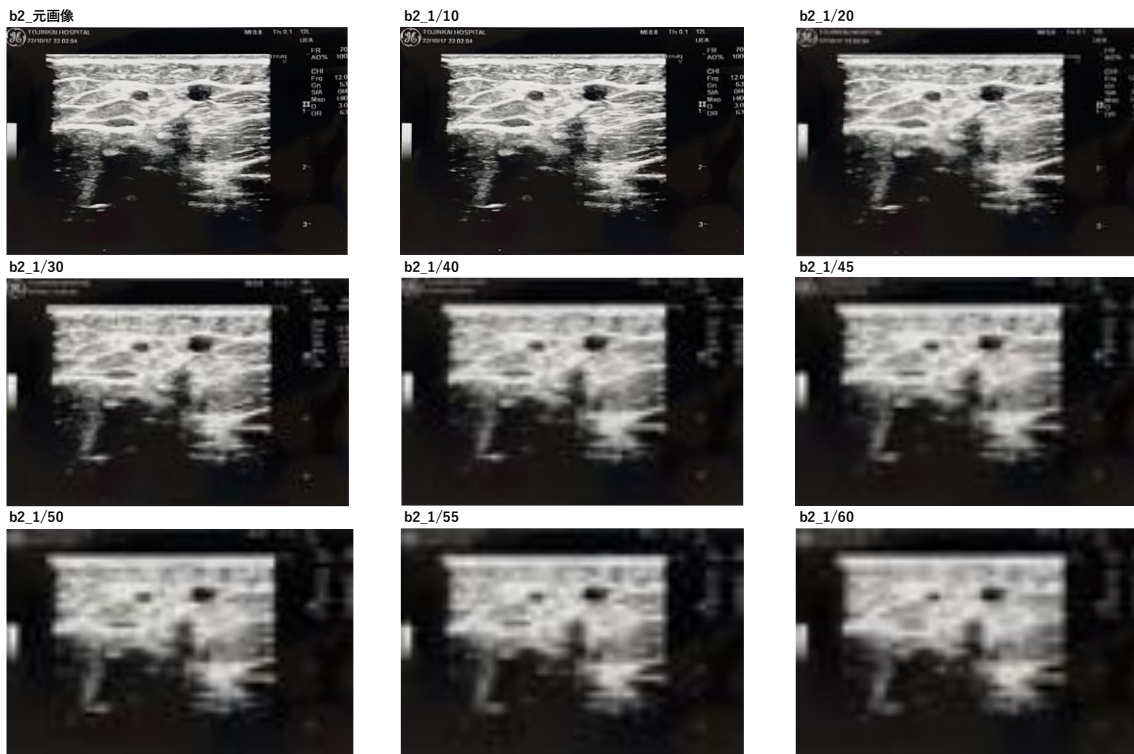


図 4-7 男性(b)の超音波画像 2

図 4-7 を見ると、元画像の時点で上部左側の血管は小さく見えにくくなっているため右側の血管で評価する。図 4-6 と同様に周りが白く血管がはっきり見えるため 60 分の 1 でも血管径と表皮から血管までの距離が大きく変化していないように見える。

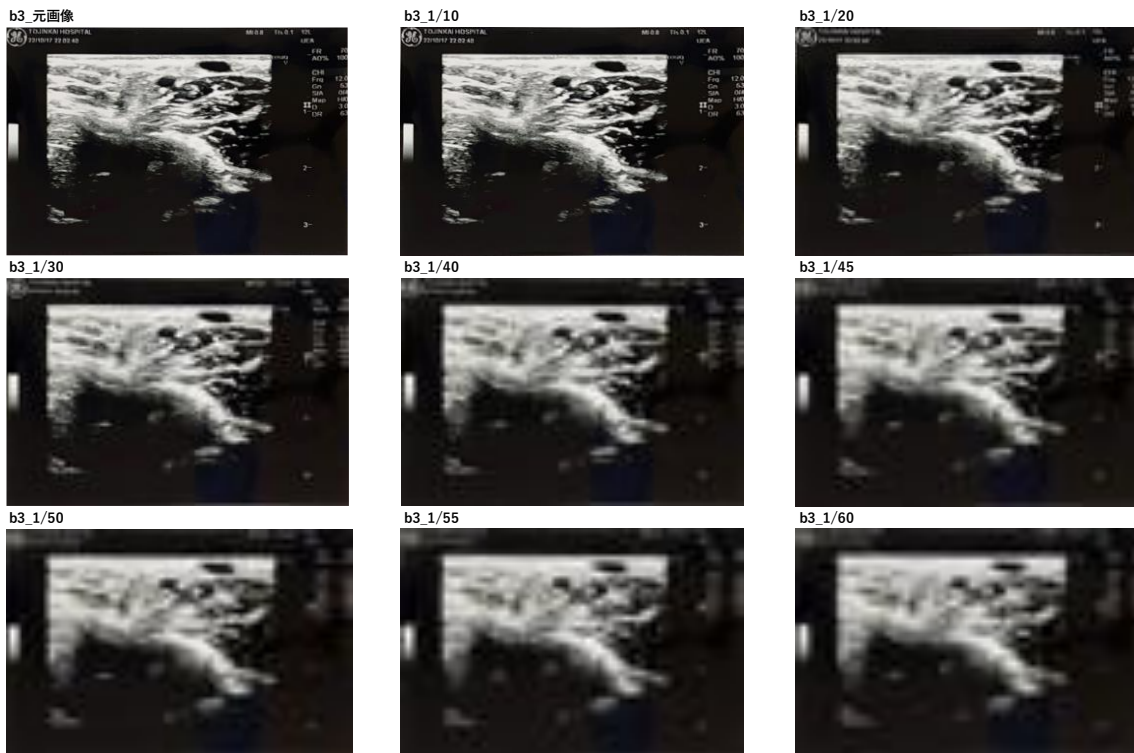


図 4-8 男性(b)の超音波画像 3

図 4-8 を見ると、元画像の時点で上部の血管両方とも形が悪く見えにくい画像になっている。そのため元から血管が確認するのが難しいためあまり適した画像とは言えない。しかし 60 分の 1 で上部の右側の血管の表皮から血管までの距離が短く変化したように見える。

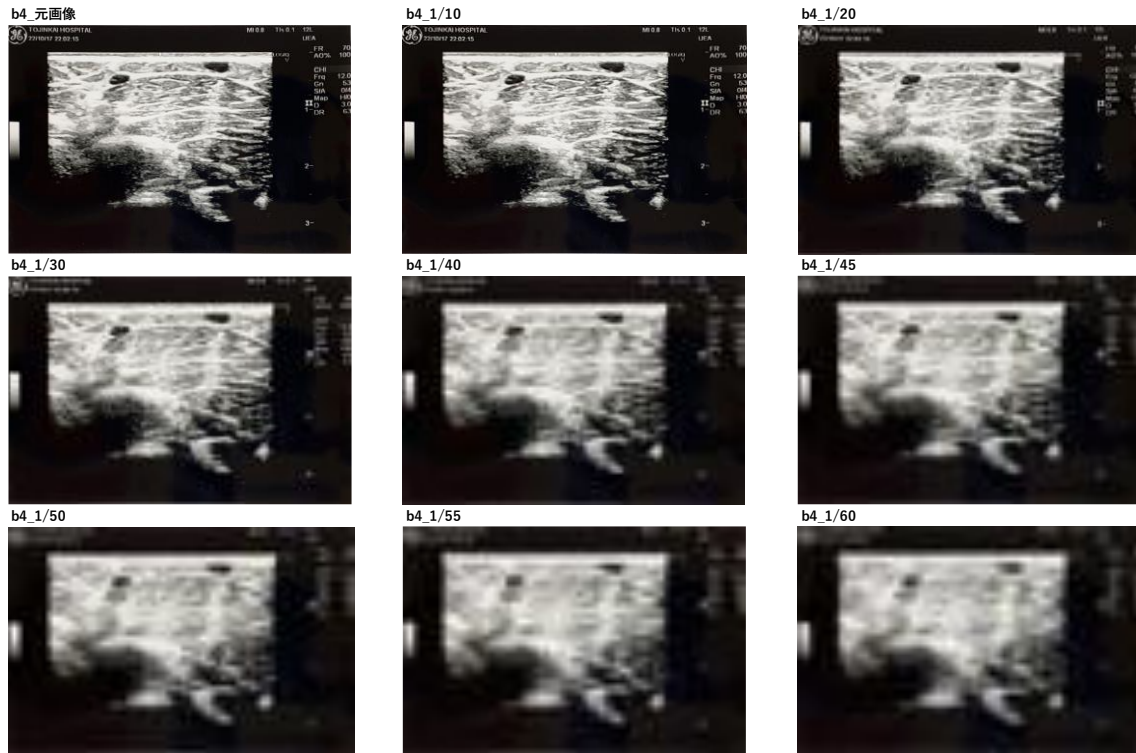


図 4-9 男性(b)の超音波画像 4

図 4-9 を見ると、図 4-6、4-7 と同様に周りが白くなっていて血管がはっきりと見えやすくなっているため 60 分の 1 の場合でも血管径と表皮から血管までの距離が確認することができ、大きな変化は見られない。

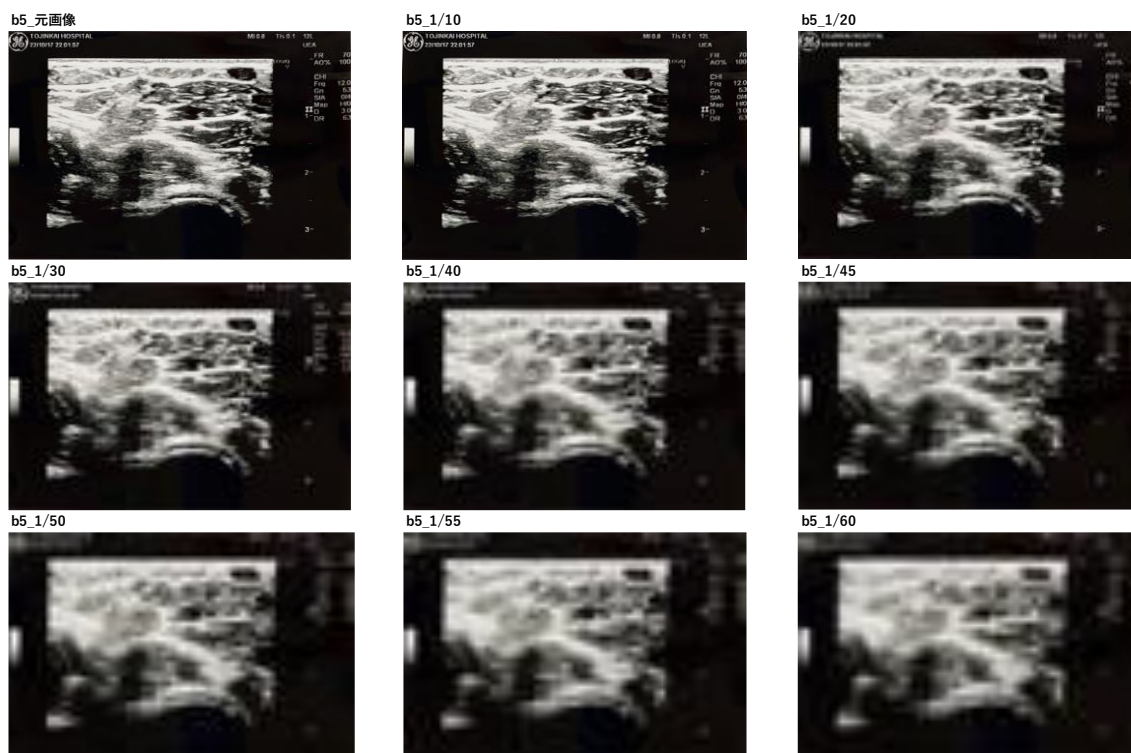


図 4-10 男性(b)の超音波画像 5

図 4-10 を見ると、元画像から右側の血管しか確認できないため右側の血管のみで評価する。60 分の 1 で血管径が元画像に比べて小さく変化しているように見え、その影響で表皮から血管までの距離も変化しているように見える。

4.1.5 考察

以上の結果から図 4-1、図 4-2、図 4-4、図 4-5、図 4-10 では縮尺 60 分の 1 で 58×38 pixel の場合、血管径は確認できるものの血管から皮膚の距離が元画像と明らかに変化しており確認が不十分である。図 4-8 でも縮尺 60 分の 1 の場合に血管とその下の筋肉との違いがわかりにくく血管を確認することが難しい。また図 4-3 では縮尺 55 分の 1 で 63×42 pixel の場合、左側の小さい血管の形が元画像と変わっていて確認が不十分であった。他の図 4-6、図 4-7、図 4-9 では縮尺 60 分の 1 でも血管径と血管からの皮膚の距離が確認できた。このことから血管径と血管からの皮膚の距離を確認できたのは縮尺 50 分の 1 で 70×46 pixel であった。

今回の実験では体形の違う男性 2 人のエコー画像だけで行ったがもっと筋肉質な人や高齢の方、女性の方など違う特徴の画像を用いることができればより最適な解像度が求められると考えられる。また用いたエコー画像は超音波画像診断装置を使い慣れていない私自身が撮影したものである。医療現場での実用性をふまえると医療を学んできた人達では少なからず私よりも超音波画像診断装置の仕様技術が高いと考えるときさらにピクセル数を減

らしても血管径と血管から皮膚の距離を確認できる可能性が高いと言える。

4.2 実験 2

4.2.1 実験梗概

実際に医療現場で働く看護師さんと臨床工学技士さんに静脈注射についての事前アンケートを行った。

4.2.2 実験方法

看護師さん 2 名・臨床工学技士さん 2 名を対象にアンケートを行った。アンケートの項目としては穿刺の際どんな事があるとやりやすいと感じるのか、どのような情報を得ると血管の位置を理解できるのかの 2 つである。この項目に対する回答を用紙に書いてもらった。

4.2.3 実験結果

看護師さんと臨床工学技士さんに行ったアンケート結果を表 4-1 に示す。

表 4-1

	穿刺の際どんな事があるとやりやすいと感じるのか？	どのような情報を得ると血管の位置を理解できるのか？
臨床工学技士 A	・針先の 1 mm から 2 mm 先の血管がイメージできているとき	・エコーで血管を知ること（血管距離） ・模型を用いて血管をイメージすること
臨床工学技士 B	・血管の張りはしっかりあり血管が動かないこと ・血管の走行（深さや場所）がはっきりわかること	・表皮から血管までの距離 ・血管径
看護師 A	・血管が太い	・エコーを施行する
看護師 B	・血管の深さ、場所、穿刺位置、挿入角度をしる、硬さ	・血管エコーで形態を把握 ・薬剤で拡張を促す

4.2.4 考察

以上の結果から血管の位置を把握することで穿刺が行いやすく、表皮から血管までの距離と血管径がわかると血管の位置は理解できることがわかった。

第5章 まとめ

本研究では、身体の内臓が容易に可視化できる超音波画像診断の技術を用いて血管の位置を認識し、静脈注射を援助するための超音波画像診断装置を提案した。静脈注射の穿刺には血管位置の把握が重要であり、そのために超音波画像診断装置を用いて血管位置を把握する。現在の超音波画像診断装置では、機能や画質が良く高価なものが多い。静脈注射の穿刺支援のみの検討で、小型で安価なお手軽なものとしてなのでエコー画像をスマホに写し出せるようにするために超音波画像診断装置で血管位置を知るために必要な血管径と血管から皮膚までの距離を確認できる解像度の許容度を検討した。その結果 70×46 pixel まででは確認できることがわかった。 70×46 pixel まで確認できることがわかったもののこの解像度の機器で従来のものからどのくらい安価になるのか算出することが今後の課題である。将来的には血管位置だけを把握するだけでなく把握して穿刺して止血まで静脈注射すべての工程を自動で一括に行えるシステムを目指していきたい。

謝辞

本論文を作成するにあたり、ご指導頂きました三好力教授に感謝いたします。多忙の中、日頃の議論にご協力くださった同三好研究室の皆様や、学友の皆様、に心より感謝いたします。また超音波画像診断装置の使用、エコー画像の提供、医療面からのご意見をくださった桃仁会病院附属診療所の皆様に心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 看護師等による静脈注射の実施について
<https://www.bdj.co.jp/ms/articles/1f3pro0000027qtz.html>
- [2] 静脈可視化装置で見えなかった静脈を見える静脈に
<https://axel.as-1.co.jp/contents/oc/vvd>
- [3] 超音波画像診断装置
https://www.jstage.jst.go.jp/article/dds/29/3/29_236/_pdf
- [4] X線 CT 検査
<http://www.takamatsu-municipal-hospital.jp/archives/1541>
- [5] 画像診断・放射線治療について
https://www.aichi-med-u.ac.jp/hospital/sh15/sh1503/sh150301/sh15030101/sh15030101_05.html
- [6] 画像診断センター
https://www.teramoto.or.jp/teramoto_hp/kousin/sinryou/gazoushindan/guide/index.html
- [7] LOGIQeV2
<https://medical-space.co.jp/wp-content/uploads/2017/08/GE-LOGIQ-eV2.pdf>
- [8] よちよち Python
<https://chayarokurokuro.hatenablog.com/entry/2019/09/14/013746>
- [9] Python の Pillow の使い方を現役エンジニアが解説【初心者向け】
<https://magazine.techacademy.jp/magazine/28096>