

令和 4 年度
修士学位論文

定量データを活用した聴診教育支援

Utilizing Quantitative Data for
the Auscultation Education Support

1255109 高田 知裕

指導教員 敷田 幹文

2023 年 2 月 28 日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻
情報学コース

要 旨

定量データを活用した聴診教育支援

高田 知裕

心音聴診は、様々な心疾患を判断するための重要な臨床手技である。しかしながら、臨床医の聴診スキルが十分ではないことが複数の研究で報告されている。また、COVID-19の影響で、学生がこれまで通りの臨床学習を受ける機会が減少し、十分なスキルを身につけることがさらに困難になっている。このような状況下で、学習への悪影響を少しでも軽減し、教育の質を維持するために、これまでとは違ったアプローチを生み出すことが求められている [1]。また、聴診実習では、指導者は学生の聴診器を当てる力加減や、聴診器から聴こえている心音などの視覚以外の情報を確認することができず、聴診器を当てる位置などの視覚情報のみで指導や評価を行う。

以上のことから、視覚情報以外のデータを確認でき、学生の自習や指導者による遠隔指導が可能な学習システムの確立が望ましいものと考えられた。

そこで本研究では、心音聴診において、聴診の圧力データを計測し、算出した特徴量と聴診スキルとの関係性を調査した。また、この特徴量を参考に、学生にブラウザベースでのフィードバックを行う仕組みを提案・構築し、臨床医や医学生に対し評価実験を実施した。

その結果、聴診時の圧力による特徴量の学習への有効性を確認することができた。また、本研究で提案したフィードバックシステムを用いることで、学生の自習と指導者による遠隔指導が可能にし、学習機会を増加させることにつながるものと期待された。さらに、圧力データより得られる特徴量が、学習の指針になり得るものと期待された。

キーワード 聴診, 医学教育, 臨床実習, 感圧センサー, フィードバック

Abstract

Utilizing Quantitative Data for the Auscultation Education Support

Chihiro TAKADA

Auscultation of heart sounds is an important clinical technique for determining various cardiac diseases. However, multiple studies have shown that clinicians have inadequate auscultation skills. In addition, COVID-19 has reduced the opportunities for students to receive conventional clinical learning, making it even more difficult for them to acquire adequate skills. Under these circumstances, there is a need to create a different approach to reduce any negative impact on learning and to maintain the quality of education. In auscultation practice, the instructor cannot confirm non-visual information such as the degree of force with which the student applies the stethoscope or the heart sound heard through the stethoscope, and instruction and evaluation are conducted only with visual information such as the position of the stethoscope.

Therefore, it is desirable to establish a learning system that enables students to confirm data other than visual information, and that enables self-study and remote guidance by instructors.

In this study, I investigated the relationship between auscultation skills and the feature values calculated by measuring auscultation pressure data in cardiac auscultation. I also proposed and constructed a system to provide browser-based feedback to students by referring to the feature values, and conducted evaluation experiments with clinicians and medical students.

As a result, I was able to confirm the effectiveness of the feature values for learning by pressure during auscultation. The feedback system proposed in this study is expected to increase learning opportunities by enabling self-study by students and remote instruction by instructors. Furthermore, it is expected that the feature values obtained from the pressure data can be used as a guideline for learning.

key words Auscultation, Medical education, Clinical practice, Pressure sensors, Feedback

目次

第 1 章	序論	1
第 2 章	関連研究	4
2.1	医療行為におけるスキル推定のためのセンサーデータの活用	4
2.2	聴診行為におけるスキル推定のためのセンサーデータの分析	4
第 3 章	聴診手技における圧力データの分析	6
3.1	心音聴診で聴き分ける音の特徴	6
3.2	圧力データの収集と特徴量の算出	6
3.3	聴診器：シングルタイプによる分析	8
3.4	聴診器：シングルタイプによる結果と考察	8
3.5	聴診器：ダブルタイプによる分析	12
3.6	聴診器：ダブルタイプによる結果と考察	13
3.7	議論	20
第 4 章	聴診実習フィードバックシステム	22
4.1	システムを用いた実習の流れ	22
4.2	実習後のフィードバック	25
4.2.1	動画によるフィードバック	25
4.2.2	課題結果と聴診位置評価によるフィードバック	26
4.2.3	圧力データから算出した特徴量によるフィードバック	26
4.3	評価実験	27
4.3.1	医学生視点の評価	28
4.3.2	指導者視点の評価	30

目次

第 5 章	結論	32
謝辭		33
参考文献		34

図目次

3.1	京都科学社製イチロー II	7
3.2	聴診位置	7
3.3	聴診器：TS フォネット	9
3.4	聴診器：教育共聴用聴診器	13
4.1	実習の流れと操作	23
4.2	操作画面：ID・課題登録	24
4.3	操作画面：ビデオ撮影	24
4.4	操作画面：聴診位置評価	24
4.5	フィードバック画面：全体図	25
4.6	フィードバック画面：課題・評価・特徴量の集計結果	27
4.7	実習の様子	28

表目次

3.1 各グループの統計推定量と検定結果 (学生間の比較)	9
3.2 AS の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)	10
3.3 AR の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)	10
3.4 MS の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)	11
3.5 MR の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)	11
3.6 TR の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)	11
3.7 被験者リスト：臨床医	14
3.8 被験者リスト：医学生	15
3.9 各グループの統計推定量と検定結果 (臨床医と医学生の比較)	16
3.10 AS の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	16
3.11 AR の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	16
3.12 MS の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	17
3.13 MR の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	17
3.14 TR の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	17
3.15 第二肋間胸骨右縁の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	18
3.16 第二肋間胸骨左縁の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	18
3.17 第三肋間胸骨左縁の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	19
3.18 第四肋間胸骨左縁の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	19
3.19 心尖部の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)	19
3.20 各グループの統計推定量と検定結果 (学生間の比較)	20
4.1 次の項目は学習の役に立ちますか？	29
4.2 力加減：比較データとしてどの項目の平均が見たいですか？	30

表目次

4.3 力の安定度合い：比較データとしてどの項目の平均が見たいですか？ . . .	30
---	----

第 1 章

序論

医学界では、教育分野の向上のために、医療スキルを身につけるための新しい仕組みが日々提案されている。その中でも特に、臨床実習やシミュレーションによる学習へのアプローチは重要視されている [2]。実際に、学生の臨床スキルの発達のためには、より多くの様々な臨床経験をすること、医療現場での学習、主体的な学び、臨床スキルを身につけるための環境の提供などが必要であることが確認されている [3]。

日本でも、臨床実習は、教育において重要なアプローチ方法として位置づけられている。近年の日本の医学教育は、座学中心のものから診療参加型臨床実習を中心としたものになりつつあり、教育の仕組みや環境をより充実させていくことが求められている [4]。

このように、近年の医学教育において臨床実習の重要性が高まっている中で、様々な課題も指摘されている。

その課題のひとつに、教育の質の維持や向上が挙げられている。これは、特に臨床の場において、今後も不変の課題であるといわれている。しかしながら、この課題を改善することは容易ではない。医療は教育に限らず、やるべきことが多く、教育に十分なりソースを割くことができないのが現状である。また、ベテランの医師であればあるほど、臨床医、指導者、研究者、管理職など複数の役割を持っており、これらの役割を同時にこなすことは非常に困難である [5]。結果として、指導者不足や、一人当たりの負担が大きいことなどが、臨床実習の課題となっている [6]。

さらに、コロナウイルス (COVID-19) によるパンデミックが、教育にも大きな影響を

与えている。このパンデミックにより、ソーシャルディスタンス、マスクやフェイスガードの使用、ロックダウン、デジタル化やオンライン化など、人と人が直接的に関わるのが困難になった。これにより、対面での指導が実施できず、遠隔での教育に移行せざるを得ない状況に直面する可能性が大幅に増加した。特に臨床実習では、対面での指導がほとんどで、医師が患者に行う手技を観察することで学生は学びを得てきたため、パンデミックの影響で学生が臨床に関わる機会は減少した。このような状況下で、学習への悪影響を少しでも軽減し、教育の質を維持するために、これまでとは違ったアプローチを生み出すことが求められている [5][7]。

そこで、本研究では、臨床手技のひとつである心音聴診を対象に、教育への新たなアプローチ方法を提案する。

心音聴診は、様々な心疾患を判断するための重要な臨床手技である。そのため聴診が不十分だと、重大な疾患を見逃したり、過剰な診断を下してしまうことにつながりかねない。しかしながら、臨床医の聴診スキルが十分ではないことが複数の研究で報告されている [1]。この原因として、聴診技術に関する効果的な学習方法がないことが指摘されている [8]。

従来の心音聴診の学習方法は、講義形式で心疾患と心音に関する知識を学び、臨床実習で聴診器を用い、患者の心音を聴いて学ぶ2段階のフェーズで行われる。しかしながら、この教育システムは、講義から実習までの期間が空いており、知識と実践の結び付きが弱くなってしまうという課題が指摘されている。また、学生の数が多いため、患者の心音を聴く機会を確保することが非常に困難であることや、患者の疾患に左右されるため、学習にばらつきが出てしまうことなども課題として挙げられている。そこで、デジタル化された心音を用いた学習手法が効果的であることが確認されている [8][9][10]。

このような手法を用いることで、心雑音を聴き分けるトレーニングを繰り返し行うことができる。しかし、心音を聞き分けるスキルの修得のためには、正しく聴診器を扱えることが重要であるといわれている [11]。これを十分に学ぶためには、指導者による実践の場での直接の指導が不可欠であると考えられる。聴診の指導に際して指導者は、学

生が聴いている心音を聴くことはできない。また、診療参加型臨床実習に必要とされる技能と態度についての学修・評価項目(2023年度～)第1.0版では、心臓の聴診について、「しっかり押しつけて聴診する」、「かろうじて覆う程度に軽く圧着」などの曖昧な表現が使用されている[12]。以上のことから、聴診器の扱い方を含めた心音聴診の指導・評価には、指導医の臨床経験や力量を要する部分が大きく、客観的な視点での指導・評価が困難であると考えた。

また、臨床実習の課題でも述べたように、指導者を確保することは困難であり、直接の指導を受ける機会は限られてしまう。実際に、聴診スキルに関して研修医にヒアリングを実施したところ、卒前(学生時)の聴診に関する実践的な指導はほとんどなかったと回答している。

そこで本研究では、心音聴診において、客観的指標となる圧力値を計測し、算出した特徴量と聴診スキルとの関係性を調査する。また、この特徴量を参考に、学生にブラウザベースでのフィードバックを行う仕組みを提案する。この結果は指導者も閲覧することができ、学生にコメントを残すことも可能である。これにより、学生の自習と指導者による遠隔指導を可能にし、学習機会を増加させることにつながるものと期待される。また、これまでにはない視点での聴診教育へのアプローチを確立することができると考える。

第 2 章

関連研究

2.1 医療行為におけるスキル推定のためのセンサーデータの活用

医療行為におけるセンサーデータを活用した研究として、加速度センサーと屈曲センサーから得られる特徴量が、手術スキルの評価指標となり得ることを報告した研究がある [13]。同様に、磁気センサーの活用が、手術スキルの学習に寄与することを報告した研究もある [14]。

また、看護の分野でも、触診中の手の圧力変化に着目し、感圧センサーデータを使用して、その特徴と指導をするべき学生を推測できることを示した研究もある [15]。このような研究からも、臨床学習へのセンサーデータ活用可能性が窺える。

このように、動作の大きな動きにおいて、様々なセンサーデータが医療行為のスキル習得のために活用されている。

2.2 聴診行為におけるスキル推定のためのセンサーデータの分析

聴診行為においても、これまでにセンサーデータの教育への活用を検討した研究がある。本研究の先駆けとして、圧力データから聴診スキルの推定を検討した [16][17]。この研究では、特徴量として、安定度、平均聴診間隔、聴診器を離す瞬間の平均減圧速度を定義し、熟達者と初学者のデータ比較から、スキル推定への活用可能性が確認された。し

2.2 聴診行為におけるスキル推定のためのセンサーデータの分析

かしながら，この研究での初学者は医学を学んでいる学生ではないため，知識は持っているがスキルが未熟な学生での検討が必要であると考える．

第 3 章

聴診手技における圧力データの 分析

本章では，聴診スキルを表す定量化された指標として，聴診時の聴診器を患者に当てている部分の圧力に着目し，感圧センサーデータから算出した特徴量と聴診スキルとの関係性を調査する．聴診器は大きく分けてシングルタイプとダブルタイプの 2 種類があり，それぞれの聴診器について分析を行う．

3.1 心音聴診で聴き分ける音の特徴

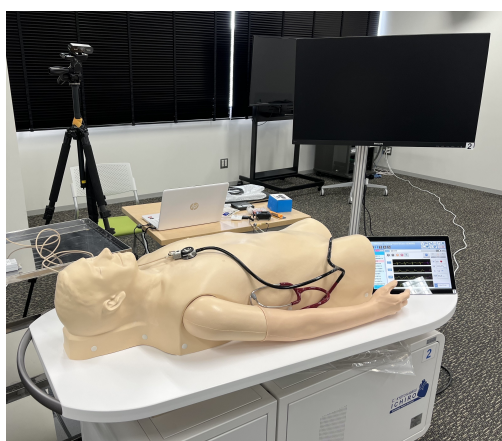
正常な心音は，第 I 音と第 II 音と呼ばれる 2 つの音から構成される．第 I 音は心室の収縮の始まりに生じ，第 II 音は収縮後，心室が拡張し始めるときに生じる．心音の擬音としてよく使われる「ドクン」という表現の「ドッ」の部分が第 I 音で，「クン」の部分が第 II 音にあたる．第 I 音は低音で，第 II 音は高音という違いがあり，医師が疾患を判断する際には，これらの音の中から雑音を聴き分ける [18]．

3.2 圧力データの収集と特徴量の算出

本分析ではデータ収集時，聴診対象となる患者役に心音シミュレーター (京都科学社製イチロー II) を使用する．図 3.1a に全体図を示す．イチローは，日本で開発された循環器診療シミュレーターで，医学教育の分野で最も使用されているシミュレーターのひ

3.2 圧力データの収集と特徴量の算出

とつである。人間の心音を再現するために、人型の人形 (図 3.1b) の中には、領域ごとに 5 つのスピーカーが内臓されている。聴診時は、患者相手に使用する聴診器をそのまま使用することができ、モニターには各聴診領域の心音図が表示される [19]。このシミュレーターを使用することで、患者に依存せず、より実践に近い聴診実習を行うことができる。実際に、その教育効果も報告されている [20]。



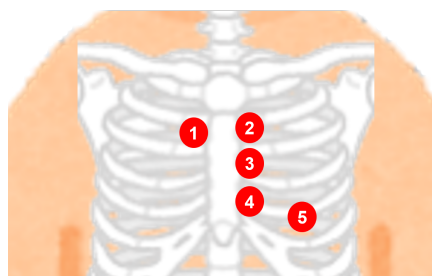
(a) 全体図



(b) 人形部分

図 3.1: 京都科学社製イチロー II

被験者に聴き分けてもらう心音の疾患は、大動脈弁狭窄症 (以下 AS)、大動脈弁閉鎖不全症 (以下 AR)、僧帽弁狭窄症 (以下 MS)、僧帽弁閉鎖不全症 (以下 MR)、三尖弁閉鎖不全症 (以下 TR) の、代表的な心臓弁膜症 5 種である。また、聴診位置として 5 箇所を指定する。図 3.2 に聴診位置を示す。



1. 第二肋間胸骨右縁
2. 第二肋間胸骨左縁
3. 第三肋間胸骨左縁
4. 第四肋間胸骨左縁
5. 心尖部

図 3.2: 聴診位置

3.3 聴診器：シングルタイプによる分析

聴診圧のデータを収集するために、感圧センサーとその値を計測するための制御装置を聴診器に配置する。センサー値は 10 ミリ秒ごとに計測され、無線でクラウド上で稼働しているデータ収集サーバへと送信される。本研究で使用したデータ収集の仕組みは、先行研究である [16] にて開発されたものである。

収集した圧力データより、患者に聴診器を当てている間の感圧センサー値の平均を聴診時の力加減、患者に聴診器を当てている間の感圧センサー値の変動係数を聴診時の力の安定度合いを表すものとして、特徴量を定義する。

3.3 聴診器：シングルタイプによる分析

シングルタイプの聴診器は、チェストピースがダイアフラム面のみで構成されている。そのため、1つの面で低音と高音を聴くことができ、当て方によって聴こえやすい音が変わ化する。軽く当てると低音から高音までバランスよく聴くことができ、強く押し当てることで低音を大きく聴くことができる。

本分析で採用したシングルタイプの聴診器は、ケンツメディコの TS フォネットである。図 3.3a に聴診器の全体図を示す。ダイアフラム面の中心 (図 3.3b) に感圧センサーを配置する。センサー制御装置として、M5Stack 社の M5StickC PLUS を使用し、チューブ部分に取り付ける。

データの収集対象は、医学生 21 名 (5 年生) である。聴診は 1 人当たり 5 回行った。課題として、心音の疾患名は伝えず、聴診後にどの疾患であったか回答をもらった。また、聴診時の手元の様子も撮影した。

3.4 聴診器：シングルタイプによる結果と考察

データの欠損により分析対象は 19 名となった。

本分析では、聴診スキルの指標となる特徴量とその傾向を確認するために、課題に正解していることをスキルが高いと定義し、課題の正解時のデータと不正解時のデータを

3.4 聴診器：シングルタイプによる結果と考察

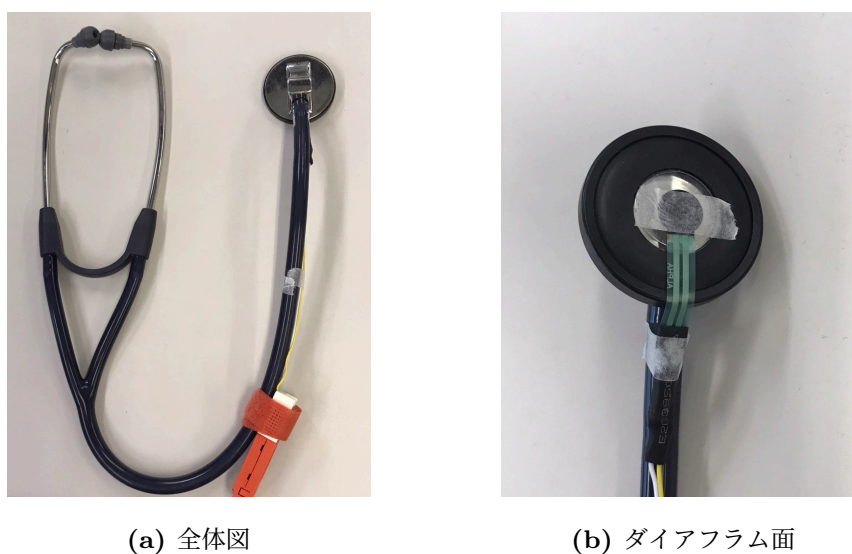


図 3.3: 聴診器：TS フォネット

比較する．3.2 項で定義した特徴量の差について，有意水準 5%でマン・ホイットニーの U 検定を行った．結果を表 3.1 に示す．この結果より，力加減と安定度合いのどちらにも有意差が確認でき，圧力データの教育への活用可能性が窺えた．

表 3.1: 各グループの統計推定量と検定結果 (学生間の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
正解データ	348	455.1	219.9	0.0877	0.0733
不正解データ	199	417.2	208.0	0.0963	0.0886
p 値		0.046*		0.041*	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

また，課題の疾患別でも，各特徴量について同様の検定を行った．AS の結果を表 3.2，AR の結果を表 3.3，MS の結果を表 3.4，MR の結果を表 3.5，TR の結果を表 3.6 に示す．各疾患ごとに心雑音が発生している場所は異なり，場合によっては聴診を開始してすぐに疾患が判断できることから，疾患ごとに異なる傾向が見られるのではないかと考えていた．しかしながらこの結果から，いずれの疾患でも各特徴量には，学生の正誤間

3.4 聴診器：シングルタイプによる結果と考察

で有意差がないことがわかった。これは、学生は疾患をわからない状態で聴診をしており、正解不正解に関わらず、いずれの疾患でも同じような聴診を行っていることが示唆された。実際に学生は、5箇所聴診位置を1回ずつではなく、複数回当てて何度も聴いているような様子が多かった。したがって、学生間では、疾患別でスキルを評価することは難しいのではないかと考える。

表 3.2: AS の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
正解データ	95	452.9	217.9	0.0829	0.0681
不正解データ	22	404.9	185.9	0.0814	0.0604
p 値		0.408		0.964	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.3: AR の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
正解データ	34	433.7	206.3	0.0950	0.0900
不正解データ	58	382.1	188.8	0.1023	0.0911
p 値		0.273		0.306	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

本分析に関して、多くの知見が得られたが、課題も見えてきた。

本分析で使用した聴診器は、シングルタイプである。これによるデータ収集の利点として、聴診器に配置する感圧センサーが1つで済んだため、配線が少なく聴診の邪魔になりづらい点が挙げられる。しかしながら、本章の冒頭で紹介したように、シングルタイプは当て方により高音と低音を聴き分ける。そのため、1回の聴診器を当てる中で、

3.4 聴診器：シングルタイプによる結果と考察

表 3.4: MS の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
正解データ	58	461.5	252.5	0.0958	0.0794
不正解データ	39	378.2	122.2	0.1103	0.0852
p 値		0.221		0.110	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.5: MR の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
正解データ	82	443.1	195.6	0.0868	0.0633
不正解データ	55	477.3	235.1	0.0839	0.0719
p 値		0.500		0.618	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.6: TR の統計推定量と検定結果 (学生間の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
正解データ	79	474.9	229.9	0.0851	0.0775
不正解データ	22	456.6	294.2	0.1019	0.0653
p 値		0.492		0.113	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3.5 聴診器：ダブルタイプによる分析

圧力に変動がある则认为るのが自然である．そのため，1 回の当てる動作の圧力を一様に扱ってよいものかという疑問も残る．また，多くの大学の医学部で使用されている聴診器はダブルタイプであるため，こちらのデータ分析も教育支援という観点では必要不可欠であるとする．さらに，学生の正解不正解をスキル判断の指標としてよいものか，という課題もある．実際に，今回の分析に参加した学生のうち，正答率にばらつきを持たせた 9 名を抽出し，臨床医 (卒後 32 年) に 3 段階 (数字が大きいほど良評価) で評価をしてもらった．その結果と正答率の相関を調べたところ，相関係数が -0.44 と，やや負の相関となった．これは，正答率が高いことが指導者から見て良い聴診ではないと言える．そのため，正解不正解間以外での比較を検討する必要がある．

そこで，次の 3.5 節では，ダブルタイプの聴診器を使用し，学生間だけでなく，臨床医との特徴量の違いも分析する．

3.5 聴診器：ダブルタイプによる分析

本分析で採用したダブルタイプの聴診器は，リットマンの教育共聴用聴診器である．図 3.4a に聴診器の全体図を示す．チェストピースにダイアフラム面とベル面の 2 つを持ち，心音聴診では，どちらの面も使用する．ダイアフラム面は高音を聴くのに適しており，ベル面は低音を聴くのに適している．聴診器のシャフト部分を回すことで，ダイアフラム面とベル面の切り替えができる．大学の学習では，ダブルタイプの聴診器が使われることがほとんどである．また，図 3.4a の聴診器は，2 人が同時に同じ生体音を聴くことができるように設計された特殊な聴診器で，チューブが二股に分かれている．

聴診器のダイアフラム面とベル面にかかる圧力データを収集するために，それぞれの面に感圧センサーを配置する．ダイアフラム面では上部 (図 3.4b)，ベル面では下部 (図 3.4c) にセンサーを取り付ける．センサー制御装置として，M5Stack 社の ATOM Matrix を使用する．これはチェストピースの上部に取り付けてある．これを利用してセンサーデータを 10 ミリ秒ごとに計測する．このデータは，無線でクラウド上で稼働している

3.6 聴診器：ダブルタイプによる結果と考察

データ収集サーバへと送信される。

また，チューブが二股に分かれた聴診器の一方のイヤープース部分にはマイクを取り付け，被験者が聴いている心音も収集した。



(a) 全体図



(b) ダイアフラム面



(c) ベル面

図 3.4: 聴診器：教育共聴用聴診器

データの収集対象は，臨床医 6 名 (卒後 4 ～ 34 年) と医学生 20 名 (1 ～ 6 年生) である．聴診は 1 人当たり 5 回行った．学生には疾患名を伝えず，聴診後にどの疾患であったか回答してもらった．被験者の経験年数にかなり幅があるため，臨床医の内訳を表 3.7，医学生の内訳を表 3.8 に示す．

3.6 聴診器：ダブルタイプによる結果と考察

ダイアフラム面での聴診において，臨床医 6 名と医学生 10 名 (4 ～ 6 年生) 間の特徴量の違いを分析し，スキル判別に有効な指標が得られるか確認した．3.2 項で定義した特

3.6 聴診器：ダブルタイプによる結果と考察

表 3.7: 被験者リスト：臨床医

被験者	年数
A	卒後 34 年
B	卒後 32 年
C	卒後 30 年
D	卒後 7 年
E	卒後 5 年
F	卒後 4 年

微量の差について、有意水準 5%でマン・ホイットニーの U 検定を行った。医学生 10 名 (1 ~ 2 年生) は 80%が聴診器を扱うのが初めてであったため、スキルの成熟度合いと特微量の関係性を確認する本分析では除外した。結果を表 3.1 に示す。この結果より、変動係数に有意差があり、一定の力で聴診器を当てていることが聴診スキルに関係していることが示唆された。

また、聴診時の力加減に関して、聴診対象となる疾患ごとに前述と同様の検定を行った。AS の結果を表 3.10, AR の結果を表 3.11, MS の結果を表 3.12, MR の結果を表 3.13, TR の結果を表 3.14 に示す。各疾患ごとに心雑音が発生している場所は異なり、場合によっては聴診を開始してすぐに疾患が判断できることから、疾患ごとに異なる傾向が見られるのではないかと考えていた。しかしながら、聴診時の力加減ではいずれも有意差は見られなかった。しかしながら、聴診時の力の安定度合いでは、MS と TR に有意差が見られた。

MS と TR はどちらも心尖部という部位で雑音が聴こえやすいと言われている。そこで、聴診位置ごとに特微量の比較を行った。聴診位置は、図 3.2 の 5 箇所である。第二肋間胸骨右縁の結果を表 3.15, 第二肋間胸骨左縁の結果を表 3.16, 第三肋間胸骨左縁の結果を表 3.17, 第四肋間胸骨左縁の結果を表 3.18, 心尖部の結果を表 3.19 に示す。

その結果、心尖部のみに、どちらの特微量でも有意差があった。心尖部は、心音の第 I

3.6 聴診器：ダブルタイプによる結果と考察

表 3.8: 被験者リスト：医学生

被験者	学年	聴診器の使用経験	心音シミュレーターの使用経験
G	6 年生	あり	あり
H	5 年生	あり	あり
I	5 年生	あり	あり
J	5 年生	あり	あり
K	5 年生	あり	あり
L	4 年生	あり	あり
M	4 年生	あり	あり
N	4 年生	あり	あり
O	4 年生	あり	あり
P	4 年生	あり	あり
Q	2 年生	あり	なし
R	2 年生	あり	なし
S	2 年生	なし	なし
T	2 年生	なし	なし
U	2 年生	なし	なし
V	1 年生	なし	なし
W	1 年生	なし	なし
X	1 年生	なし	なし
Y	1 年生	なし	なし
Z	1 年生	なし	なし

3.6 聴診器：ダブルタイプによる結果と考察

表 3.9: 各グループの統計推定量と検定結果 (臨床医と医学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	116	1255.4	426.9	0.0432	0.0520
医学生	209	1208.7	347.3	0.0886	0.1333
p 値		0.110		0.001**	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.10: AS の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	18	1092.9	533.1	0.0625	0.0553
医学生	34	1155.0	385.0	0.0829	0.1212
p 値		0.753		0.812	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.11: AR の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	24	1255.2	489.7	0.0388	0.0319
医学生	42	1236.5	355.8	0.0732	0.1191
p 値		0.446		0.177	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3.6 聴診器：ダブルタイプによる結果と考察

表 3.12: MS の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	24	1215.4	425.6	0.0620	0.0913
医学生	37	1099.2	377.4	0.1299	0.1621
p 値		0.336		0.018*	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.13: MR の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	27	1348.2	310.8	0.0280	0.0164
医学生	47	1335.6	274.8	0.0683	0.1113
p 値		0.920		0.136	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.14: TR の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	23	1315.6	375.7	0.0311	0.0229
医学生	49	1183.0	342.0	0.0939	0.1461
p 値		0.920		0.034*	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3.6 聴診器：ダブルタイプによる結果と考察

音を最もよく聴き取ることができる部位である。臨床医のデータでは心尖部の聴診圧が最も高く、この部位を聴診する際に、胸部にしっかりと密着させて聴くことができていることがわかる。対して学生の聴診圧は高くはなく、この部位を重要と捉え、圧を加えて聴けているかどうか、スキル判断の指標となり得ることが示された。

また、聴診時の力の安定度では、第二肋間胸骨右縁と第二肋間胸骨左縁も有意差があった。対して、第三肋間胸骨左縁と第四肋間胸骨左縁は、有意差がなかった。この学生の値を聴診位置ごとに見比べると、第三肋間胸骨左縁と第四肋間胸骨左縁は他に比べ、比較的力が安定していることが窺える。これは、心音シミュレーターの第三肋間胸骨左縁と第四肋間胸骨左縁の部分はなだらかであり、聴診器の扱いに慣れていなくても力を安定させることができたのではないかと考えられる。

表 3.15: 第二肋間胸骨右縁の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	25	1166.5	483.4	0.0449	0.0406
医学生	45	1164.7	399.1	0.1227	0.1504
p 値		0.990		0.008**	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.16: 第二肋間胸骨左縁の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	24	1193.5	433.6	0.0369	0.0316
医学生	45	1099.3	367.0	0.0927	0.1391
p 値		0.212		0.033*	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3.6 聴診器：ダブルタイプによる結果と考察

表 3.17: 第三肋間胸骨左縁の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	24	1235.5	407.9	0.0468	0.0468
医学生	43	1287.0	250.3	0.0744	0.0744
p 値		0.933		0.731	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.18: 第四肋間胸骨左縁の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	23	1269.8	465.6	0.0555	0.0924
医学生	37	1353.5	252.3	0.0421	0.0414
p 値		0.868		0.928	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表 3.19: 心尖部の統計推定量と検定結果 (臨床医と学生の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
臨床医	20	1448.3	269.7	0.0304	0.0171
医学生	36	1130.4	379.5	0.1114	0.1707
p 値		0.002**		0.011*	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3.7 議論

また、3.3 節での分析と同様に、学生のデータを、課題に正解したときのデータと不正解だったときのデータに分け、同様の検定を行い、この群間での特徴量の違いも検討した。結果を表 3.20 に示す。この結果より、学生の正解不正解間で、圧力データによる特徴量の有意差はなかった。3.3 節での学生間の正解データと不正解データでは有意差があった (表 3.1) が、本節の分析では有意差が確認できなかったことから、心音を聴き分けることができても、学生の聴診の経験数を考えると、手技としては未熟であることが考えられる。

表 3.20: 各グループの統計推定量と検定結果 (学生間の比較)

	データ数	力加減		力の安定度合い	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
正解データ	119	1211.2	370.2	0.0920	0.1276
不正解データ	90	1205.4	316.6	0.0841	0.1413
p 値		0.531		0.838	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

ベル面は強く当てすぎると聴き取りたい低音部が弱くなってしまうため、力を入れずに聴診をするよう指導されている [11]。実際に多くの被験者が力を入れずに聴診をしており、感圧センサーで検知可能な範囲でのデータを十分に得ることができなかった。対して、聴診器をほとんど扱ったことがない 1, 2 年生はベル面の圧力データがダイアフラム面と同じように取れていた。そのため本手法では、ダイアフラム面のみの分析にとどまった。

3.7 議論

本章での分析により、聴診時の力の安定度合いが教育に有効な指標であることが示唆された。また、聴診位置ごとの分析により、スキルを判断することができることも示唆

3.7 議論

された．特に心尖部に注目することで，よりよい知見が得られると考えられる．

しかしながら，分析を進める中で課題も存在していることもわかった．本分析に参加した臨床医から，聴診時の力加減について，聴診器によって圧が変わってくるのではないかという意見が挙げられた．実際に，表 3.1 と表 3.9 の聴診時の力加減の平均を比較すると，2 倍以上値が異なることがわかる．また，聴診時の力加減という特徴量においては，同じ条件内での実験でもばらつきが非常に大きく，今回の検定結果がどこまで有効であると考えることができるのか，再検討が必要である．また，データ数の少なさも影響していると考えられる．今後の方針として，センサー値そのものではなく，正規化された特徴量を算出することや，データ数増やしていくことが必要であると考えられる．

第 4 章

聴診実習フィードバックシステム

本章では，聴診行為から得られる圧力データを基にフィードバックを行うシステムを提案・構築する．

4.1 システムを用いた実習の流れ

このシステムが想定している利用場面は，心音シミュレーター (京都科学社製イチロー II) を用いた実習である．ユーザーは指導者と被指導者 (学生) に分けられ，被指導者は出題者，回答者，評価者の 3 つの役割に分けられる．実習では，回答者は課題として異常のある心音の聴診を行う．課題とした疾患は，3 章で扱ったものと同様の，AS，AR，MS，MR，TR の計 5 種である．出題は，出題者が 5 つの中からランダムで選択する．回答者は図 3.2 で示した 5 箇所を聴診し，聴いている心音の疾患を判断する．この課題を 5 回繰り返す．また，聴診中の手元の様子を撮影する．本システムは，学生個人が持つデバイスからアクセスして利用することが可能である．システムを利用した場合の実習の流れと各ユーザーの操作を次に示す．

4.1 システムを用いた実習の流れ

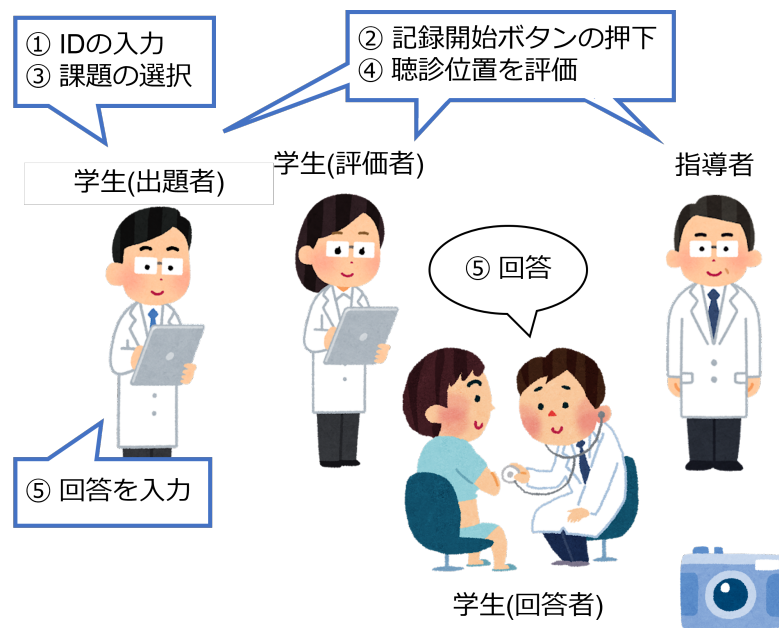


図 4.1: 実習の流れと操作

1. 出題者が回答者の ID を入力する (図 4.2).
2. 回答者以外のユーザーがビデオおよびセンサーデータの記録開始ボタンを押す (図 4.3).
3. 出題者が課題として出題する疾患を選択する (図 4.2).
4. 回答者が聴診を行う。この間、出題者、評価者、指導者は各聴診位置の評価 (正しい位置を聴診できているかどうか) を行う。○と×の2択で評価する (図 4.4).
5. 回答者が課題の疾患を回答する。出題者がその回答を選択する (図 4.2).
6. 3～5 を最大 5 回繰り返す (途中で終了することも可能).
7. 回答者以外のユーザーがビデオの終了ボタンを押す (図 4.3).

4.1 システムを用いた実習の流れ

id 0000000 実習者登録

	問題	回答				
1	AS ▼	AS	AR	MS	MR	TR
2	未選択 ▼	AS	AR	MS	MR	TR
3	未選択 ▼	AS	AR	MS	MR	TR
4	未選択 ▼	AS	AR	MS	MR	TR
5	未選択 ▼	AS	AR	MS	MR	TR

次の問題を開始

図 4.2: 操作画面：ID・課題登録

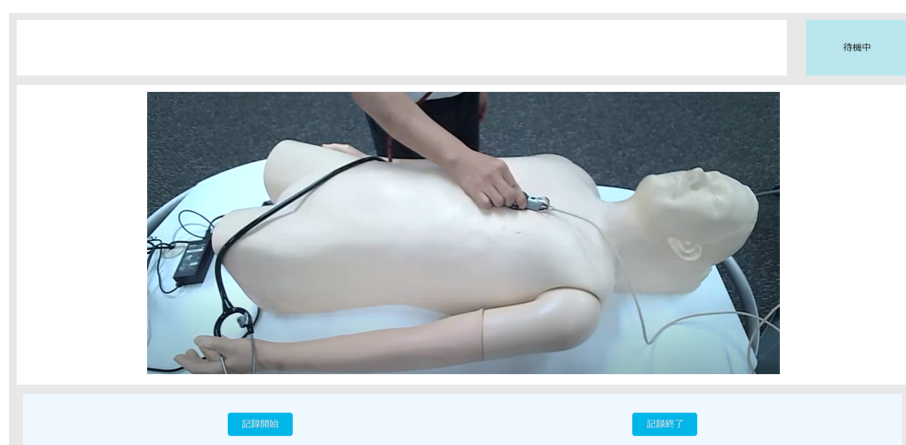


図 4.3: 操作画面：ビデオ撮影

番号	聴診位置名	聴診位置評価ボタン	
①	第二肋間胸骨右縁	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
②	第二肋間胸骨左縁	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
③	第三肋間胸骨左縁	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
④	第四肋間胸骨左縁	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
⑤	心尖部	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

図 4.4: 操作画面：聴診位置評価

4.2 実習後のフィードバック

実習後のフィードバックとして、課題の結果、感圧センサーデータの集計結果、聴診中の手元を映した動画を回答者と指導者に提示する。図 4.5 は実習後に提示する画面の全体図である。図 4.5 の左上が聴診中の手元の動画、左下が指導者や医学生が書き込めるコメント欄、右上が直前に行った実習の、各課題の正誤の結果と聴診位置ごとの指導者の評価、右下がこれまでの実習の正答率の集計結果と聴診位置の評価で指導者から。もらった割合、圧力データによる各特徴量の集計結果の画面である。

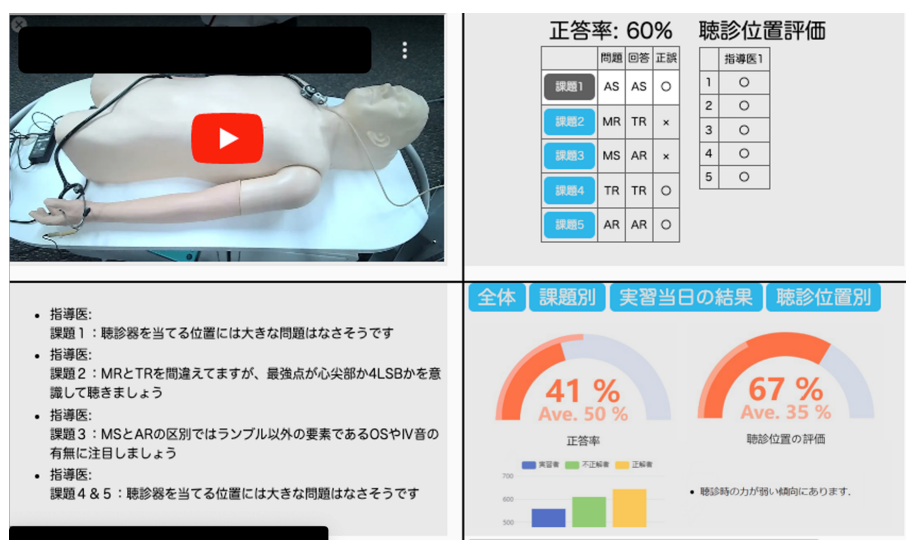


図 4.5: フィードバック画面：全体図

4.2.1 動画によるフィードバック

動画によるフィードバックでは、実習時に撮影した手元の動画を、YouTube を用いてシステム上で閲覧可能にしたものである (図 4.5: 左上)。このビデオの音声は、聴診時に聴診器から聴こえていた心音を録音したものである (図 3.4a の聴診器を使用)。動画には指導者、学生ともに YouTube 上でコメントが可能であり、そのコメントがシステム上で閲覧できる (図 4.5: 左下)。この機能により、指導者と学生が直接対面できずとも、アドバイスや質問を送りあうことが可能である。また、図 4.5 の右上にある課題番号のアイコンを押すことで、課題ごとに動画の頭出し再生が可能である。

4.2 実習後のフィードバック

4.2.2 課題結果と聴診位置評価によるフィードバック

課題結果と聴診位置評価によるフィードバックでは、これまでの課題の正答率と聴診位置の評価で指導者から○をもらった割合を、半円のドーナツグラフで示している(図 4.5: 右下)。学生個人のデータだけでなく、学生全体の平均も一緒に提示される。また、このウィンドウ上部のタブで、全体だけでなく、課題の疾患ごとや実習を受けた日のみ、聴診位置ごとにデータを絞り込んで表示することもできる。

4.2.3 圧力データから算出した特徴量によるフィードバック

センサーデータによるフィードバックでは、特徴量として、3.2 項で定義した聴診時の力加減と力の安定度合いを使用する。力加減は感圧センサー値の平均、力の安定度合いは感圧センサー値の分散を表す。図 4.6 は図 4.5 の右下を拡大したものである。学生個人のデータだけでなく、学生全体の正解時のデータと不正解時のデータをそれぞれ平均したものも一緒に提示される。図 4.6 の棒グラフ部分が特徴量の集計結果にあたる。青が学生個人のデータ、緑が学生全体の不正解時のデータ、黄色が学生全体の正解時のデータである。学生個人のデータが学生の正解時のデータと乖離していると、棒グラフの右側に、改善点としてデータの傾向を示すコメントが表示される。また、このウィンドウ上部のタブで、全体だけでなく、課題の疾患ごとや実習を受けた日のみ、聴診位置ごとにデータを絞り込んで表示することもできる。

4.3 評価実験

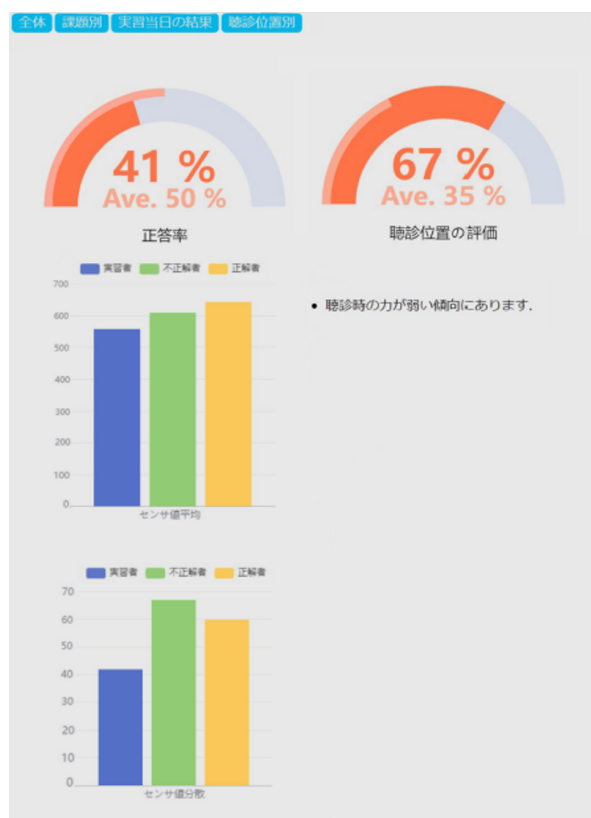


図 4.6: フィードバック画面：課題・評価・特徴量の集計結果

4.3 評価実験

本システムの評価実験を、3.5 項のデータ収集と同時に実施した。

表 3.7 の臨床医 6 名と表 3.8 の医学生 20 名を対象に、本提案システムを用いて実習をしてもらった。この被験者のうち、学生 19 名 (1 ～ 5 年生) に対し、本システムに関するアンケート調査を実施した。また、臨床医 6 名と医学生 1 名 (6 年生) に対し、本システムに関するヒアリングを行った。図 4.7 に評価実験のための実習の様子を紹介する。

4.3 評価実験



図 4.7: 実習の様子

4.3.1 医学生視点の評価

アンケートでは、本システムでフィードバックとして提示した情報について、学習の役に立つかどうかを、各項目ごとにリッカート尺度を用いて5段階で回答してもらった。フィードバックとして提示した情報は、聴診中の手元の動画、指導者からのコメント、実習中の課題の正答率、聴診位置の指導者による評価、特徴量として定義した聴診時の力加減と力の安定度合いの6種類である。それぞれの項目の回答結果の平均を算出しスコアとしたものと、回答のばらつき(標準偏差)を表4.1に示す。5に近いほど肯定的な回答である。各項目間に有意差は見られなかったものの、指導医からのコメントと課題の正答率のスコアがやや高い傾向にあり、ばらつきも比較的小さいことがわかった。したがって、学生は、学習方針として最もわかりやすく信頼度の高い指導者のコメントや、そのまま聴診スキルのスコアとして受け取ることができる正答率を、学習の指標とする傾向にあることが示唆された。

また、圧力データから算出した聴診時の力加減と力の安定度合いについて、フィードバックで提示された際に、自分のデータと比較するデータはどの項目が見たいかを、各項目ごとにリッカート尺度を用いて5段階で回答してもらった。比較データの項目は、学生全体の正解時の平均、学生全体の不正解時の平均、同じ日に実習を受けた学生の平

4.3 評価実験

表 4.1: 次の項目は学習の役に立ちますか？

項目	スコア	標準偏差
動画	4.4	0.838
コメント	4.6	0.607
正答率	4.6	0.607
聴診位置の評価	4.4	0.769
力加減	4.4	0.831
力の安定度合い	4.4	0.684

均，課題の疾患ごとの学生の平均，聴診位置ごとの学生の平均の 5 種類である．それぞれの項目の回答結果の平均を算出しスコアとしたものと，回答のばらつき（標準偏差）を，力加減に関しては表 4.2，力の安定度合いに関しては表 4.3 に示す．5 に近いほど肯定的な回答である．どちらの特徴量も各項目間に有意差は見られなかった．しかしながら，どちらも，正解時のデータと課題の疾患ごとのデータのスコアがやや高い傾向にあり，回答のばらつきも比較的小さかった．対して，不正解時のデータや同じ日に実習を受けた学生のデータのスコアはあまり高くなく、ばらつきも比較的大きかった．このことから学生は，どの疾患について，正解しているかどうかへの関心が高いことがわかった．前述と同様に，課題に正解しているかどうかは，学生の中で，学習における主要な指標となっていることがわかる．

しかしながら，臨床医（卒後 32 年）による学生（医学部所属の 9 名）への評価と，その学生の正答率の相関係数を算出したところ， -0.44 と，やや負の相関になった．この結果は，正答率が高いことが聴診スキルが高いとはいえないことを示しているのではないかと考える．したがって，本研究で提案したようなシステムによるフィードバックを実現するためには，本研究で提案した圧力データのような指標が必要ではないかと考える．また，学生の評価を行った臨床医に，映像での学生の評価についてヒアリングをしたところ，映像だけでは，聴診位置が適切かどうかという部分でしか判断を行うことができない

4.3 評価実験

表 4.2: 力加減：比較データとしてどの項目の平均が見たいですか？

項目	スコア	標準偏差
正解	4.7	0.562
不正解	4.3	0.946
同日の実習	4.2	1.015
疾患ごと	4.5	0.697
聴診位置ごと	4.3	0.933

表 4.3: 力の安定度合い：比較データとしてどの項目の平均が見たいですか？

項目	スコア	標準偏差
正解	4.5	0.697
不正解	4.2	0.898
同日の実習	4.1	0.970
疾患ごと	4.5	0.697
聴診位置ごと	4.4	0.831

いという意見が挙がった。実際に評価のコメントも、「正しい位置に当てていない」や「当てている位置が全体的に下」などの聴診位置に関するものがほとんどであった。このことから、動画だけでは得られる情報が少なく、これのみで十分な遠隔指導は行えないと考えた。したがって、動画だけでなく、圧力データ等の目に見えない情報を可視化することで、指導者がその場にいらなくても学生の様子をより鮮明に確認でき、コメント機能を活用することで遠隔指導の支援にも寄与すると考える。

4.3.2 指導者視点の評価

臨床医 6 名に聴診教育と本システムに関するヒアリングを実施した。

まず、学生時代の聴診教育について、学生時代に満足のいくレベルまで聴診スキルを

4.3 評価実験

身につけることができたかどうかという質問に関しては、いずれの臨床医も全く足りないとの意見であった。具体的な問題点として、ダブルタイプの聴診器で聴診を際に、ダイアフラム面とベル面を切り替えるためにシャフト部分を回す必要があることを、臨床医になってから知ったとのことであった。これは本実験に参加した医学部6年生の学生も同様で、卒業を間近に控えているにも関わらず、シャフト部分を回すことを知らなかった。また、実際に受けた聴診の指導についても、他と比較できる材料が見た目のみなので、見栄えを整えることが主になってしまうとのことであった。すなわち、現状の教育では、聴診の本質を理解するための学習ができていないのではないかと考える。

次に、本システムに関するヒアリングを実施した。その結果、良い点として、圧力のような見えない部分が可視化されている点や、どの疾患が判別できなかったのか振り返りができる点が挙げられた。また、今回フィードバックとして提示した、聴診時の力加減や力の安定度合いなどに関しては、今よりスキルを伸ばしていくにはどうしていくべきか検討することができるとの意見も得られた。さらに、現実の問題として、聴診実習での学生は、心音を聴けていなくても聴けていると回答してしまうようで、フィードバックがあることでそのような学生を見逃す可能性が減るのではないかという意見も得られた。フィードバックを活用することで、学生自身の振り返りだけでなく、指導者の指導の参考としての活用可能性も示唆された。心音聴診だけでなく、呼吸音の確認でも活躍するのではないかとの意見も挙げられた。

検討が必要な部分として、動画の音声として録音した聴診器から聴こえる心音を、波形としてシステム上で確認できる機能があるとよいとの意見が得られた。今後は、音に関して分析した情報も、フィードバックに活用できるように検討していく必要がある。

第5章

結論

本研究では、聴診教育の新たなアプローチの確立を目指して、聴診時の圧力データより得られる特徴量がスキルの判別に活用可能であるかを検討した。また、この特徴量を利用して、実際の聴診実習で使用可能な、ブラウザベースのフィードバックシステムを提案・構築した。そして、臨床医や医学生を対象に、このシステムの評価実験を実施した。

その結果、聴診時の力の安定度合いが教育に有効な指標であることが示唆された。また、聴診位置ごとの分析により、スキルを判断することができることも示唆された。特に心尖部に注目することで、よりよい知見が得られると考えられた。また、提案したフィードバックシステムを用いることで、これまでにはなかった視点から聴診行為を見直すことができ、学習や指導の際の参考となることも確認できた。

本研究での結果は、医学生の聴診スキルの向上へ向けた取り組みに寄与すると考える。また、提案したフィードバックシステムを活用することで、学生の自習と指導者による遠隔指導を可能にし、学習機会を増加させることにつながるものと期待される。以上のことから、これまでにはない視点での聴診教育へのアプローチを確立することができたと結論付けた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々に協力をいただきました。指導教員である敷田幹文教授には、学士を含む4年間に渡り、大変熱心なご指導、ご鞭撻を賜りました。医学および看護の分野で情報技術による支援に取り組む中で、研究を進めるための支援だけでなく、数多くの学会発表や海外留学の機会もいただくことができました。人として成長できた2年間で過ごすことができました。心より御礼申し上げます。共同研究者である八木邦公教授(金沢医科大学医学部)には研究を進める上で、内容への助言や実験環境の手配など、欠かせないご支援を賜りました。副査の繁榎博昭教授と妻鳥貴彦准教授には、異なる視点で研究をより発展させていくためのご助言をいただきました。同研究室学部4年の松本太陽君には、提案システムを実装部分の大半を担っていただき、医学部での実験の際もご支援をいただきました。同研究室学部4年の松坂宜伸君と学部3年の小川歩華さんにも、実験や分析を進める上でご支援をいただきました。その他の研究室メンバーにも研究に関する意見等多くのご支援をいただきました。また、海外で研究活動を行うにあたり、Dr. Konlakorn Wongpatikaseree (Mahidol University) には多大なるご支援をいただきました。同大学で知り合った友人たちも含め、海外での活動を滞りなく進めることができ、大変お世話になりました。大学院での活動を進める中で関わったすべての方々に、心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Craig Osborne, Craig Brown, and Alyaa Mostafa. Effectiveness of high- and low-fidelity simulation-based medical education in teaching cardiac auscultation: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Healthcare Simulation*, Vol. 1, No. 3, pp. 75–84, 2022.
- [2] Alessio Bottrighi, Gianpaolo Molino, Luca Piovesan, and Paolo Terenziani. Simulating clinical guidelines for medical education. In *Proceedings of the 4th International Conference on Information and Education Innovations*, ICIEI '19, pp. 66–72, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [3] Ali I. AlHaqwi and Wael S. Taha. Promoting excellence in teaching and learning in clinical education. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, Vol. 10, No. 1, pp. 97–101, 2015. Special issue: Innovations in Medical Education.
- [4] 辻美隆. 理想的な臨床教育・臨床実習とは. 理学療法 - 臨床・研究・教育, Vol. 27, No. 1, pp. 17–22, 2020.
- [5] Stewart Mennin. Ten global challenges in medical education: Wicked issues and options for action. *Medical Science Educator*, Vol. 31, No. 1, pp. 17–20, December 2021.
- [6] 江頭正人. 臨床教育の現状と展望. 日本医科大学医学会雑誌, Vol. 18, No. 2, pp. 142–145, 2022.
- [7] Jesus Alfonso Beltran-Sanchez, Irma Marcela González-Treviño, and Angeles Dominguez. Digital education in times of covid-19: The experience of medical educators. In *Proceedings of the 4th International Conference on Digital Technology in Education*, ICDTE '20, pp. 26–31, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.

参考文献

- [8] Fred-Cyrille Goethe Doualla, Georges Bediang, and Chris Nganou-Gnindjio. Evaluation of a digitally enhanced cardiac auscultation learning method: a controlled study. *BMC medical education*, Vol. 21, No. 1, p. 380, July 2021.
- [9] John P Finley, Rachel Caissie, Pam Nicol, and Brian Hoyt. International trial of online auditory training programme for distinguishing innocent and pathological murmurs. *Journal of paediatrics and child health*, Vol. 51, No. 8, pp. 815–819, August 2015.
- [10] Yasuharu Tokuda, Tetsutaro Matayoshi, Yasunori Nakama, Masaru Kurihara, Tomoharu Suzuki, Yusuke Kitahara, Yuya Kitai, Takashi Nakamura, David Itokazu, and Tatsuya Miyazato. Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson. *Int J Med Educ*, Vol. 11, pp. 107–110, May 2020.
- [11] 上嶋健治. 聴診実習の指導経験. 医学教育, Vol. 37, No. 4, pp. 211–213, 2006.
- [12] 医療系大学間共用試験実施評価機構. 診療参加型臨床実習に必要なとされる技能と態度についての学修・評価項目 (2023 年度 ~) 第 1.0 版. https://www.cato.or.jp/pdf/hyouka_1.pdf, 2023. Accessed: 2023-02-01.
- [13] Rachel C. King, Louis Atallah, Benny P. L. Lo, and Guang-Zhong Yang. Development of a wireless sensor glove for surgical skills assessment. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 13, No. 5, pp. 673–679, 2009.
- [14] Xiao-Hu Zhou, Xiao-Liang Xie, Shi-Qi Liu, Zhen-Qiu Feng, Mei-Jiang Gui, Jin-Li Wang, Hao Li, Tian-Yu Xiang, Gui-Bin Bian, and Zeng-Guang Hou. Surgical skill assessment based on dynamic warping manipulations. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, Vol. 4, No. 1, pp. 50–61, 2022.
- [15] 井上舜也. 看護演習における手の圧力変化データを用いた触診技術分析. Master’s thesis, 高知工科大学大学院, 2019.
- [16] 小寺祐生. 臨床実習支援を目的としたセンサデータに基づくスキルの特徴分析. Master’s thesis, 高知工科大学大学院, 2020.

参考文献

- [17] 高橋優也. 感圧センサを用いた聴診における特徴量分析. Bachelor's thesis, 高知工科大学, 2020.
- [18] 吉村正蔵. 心音・心雑音とその測定. 日本音響学会誌, Vol. 27, No. 12, pp. 636–642, 1971.
- [19] 奥村耕一郎, 大屋祐輔. 心音心雑音. 心臓, Vol. 48, No. 8, pp. 894–899, 2016.
- [20] Hiroyuki Komatsu, Yasuji Arimura, Takuroh Imamura, Kazuo Kitamura, Akihiko Okayama, and Katsuhiro Hayashi. Training in physical examination using a cardiac patient simulator for medical students during bedside learning. *Igaku Kyoiku / Medical Education (Japan)*, Vol. 42, No. 2, pp. 55–63, 2011.

研究業績

- [1] 小松眞子, 高田知裕, 根子稚絢, 卯木輝彦, 敷田幹文. グループディスカッション遠隔指導支援のための SHAP 値による特徴量重要度の分析. 教育システム情報学会, Vol. 36, No. 1, pp. 63-67, 2021.
- [2] 高田知裕, 小寺祐生, 高橋優也, 八木邦公, 敷田幹文. 聴診教育支援を目指した感圧センサーデータの特徴量分析. 第 41 回日本医療情報学連合大会論文集, pp. 742-745, 2021. (査読あり)
- [3] 高田知裕, 八木邦公, 敷田幹文. 聴診教育支援を目指した感圧センサーデータと聴診スキルの比較分析. 第 26 回日本医療情報学会春季学術大会抄録集, Vol. 41, pp. 92-93, 2022. (査読あり)
- [4] 高田知裕, 松本太陽, 八木邦公, 敷田幹文. 聴診学習におけるセンサーデータを基にしたフィードバックシステムの提案と評価. 第 42 回日本医療情報学連合大会論文集, Vol. 42, pp. 969-972, 2022. (査読あり)