

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04497

研究課題名(和文) 高度な医療コミュニケーション教育に向けたアンドロイド型医療面接システム

研究課題名(英文) Android-type Medial Interview Training System toward Advanced Education for Medical Communication

研究代表者

橋本 卓弥 (Hashimoto, Takuya)

東京理科大学・工学部機械工学科・講師

研究者番号：60548163

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,200,000円

研究成果の概要(和文)：医学部生が行う医療面接演習における技能評価の自動化・標準化を目的に、人間に酷似したアンドロイド・ロボットを模擬患者(SP)として用いた医療面接システムを構築した。そして、面接者の言語・非言語行動から面接技能を定量化するために、まず、面接者との自律的な対話を実現するための面接用シナリオと音声対話システムを構築した。また、面接者の視線や相槌、表情などを解析する方法について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、医学部生に対して初期段階の基礎的な医療面接教育を提供することにつながり、これまで人間の模擬患者(SP)が担っていた役割の一部を負担することができる。そのため、限られた人的資源をより高度で本質的な医療コミュニケーション教育に充てることが可能になると期待される。また、面接者の視線や頷き、表情、発話タイミング、発話量などの非言語行動の数値化は、客観的臨床能力試験(OSCE)における評価の定量化・標準化につながると期待される。

研究成果の概要(英文)：This project aimed at developing a medical interview training system using an android robot as a simulated patient, SP, toward automatization and standardization in evaluating the interview skills of medical students. To quantify interviewing skills based on the interviewer's utterance, first, a dedicated interview scenario was created by specialists, and a spoken dialogue system was developed to realize an autonomous dialogue with the interviewer. Then, the methods for analyzing the interviewer's gaze, nodding, facial expressions, and so on were investigated to quantify the interviewer's non-verbal behaviors.

研究分野：知能機械学・機械システム

キーワード：患者ロボット 医療面接 医学教育 アンドロイド・ロボット

1. 研究開始当初の背景

医学教育においては、患者—医師間のコミュニケーションの重要性が叫ばれており、診察における医師の相応しい態度、面接技能、診断能力といったコミュニケーション能力を含めた基本的な臨床能力の重要性が高まっている。そのため、医学部では、臨床実習の前後に客観的臨床能力試験（Objective Structured Clinical Examination, 以下 OSCE）が行われ、学生が医師としての臨床能力を備えているかどうかの評価が行われている。OSCE での評価には、実際に患者に接するという観点から社会的な厳格性が求められるが、現状では、複数の人間の目を通した主観的评价に頼らざるを得ず、評価者間でバラツキも生じ得るため、評価の信頼性に課題がある。また、OSCE への対策として、模擬患者（Standardized/Simulated Patient, 以下 SP）による面接演習が行われるが、SP の養成やそのための準備に手間と時間がかかる、人によって応答に差がある、責任感や負担感が大きい、人材不足、といった問題も存在する。

2. 研究の目的

人間の SP の役割の一部を代替し、基本的な面接技能の演習が行えるものとして、姿形が人間に酷似したアンドロイド・ロボットを模擬患者（以下、アンドロイド SP）として用いた医療面接演習システムを構築する。また、システムに搭載したカメラやマイクといった各種センサにより、面接者の非言語情報を数値化する方法を開発し、OSCE における評価項目の一部を定量化することを目指す。

3. 研究の方法

まず、これまでに開発してきたアンドロイド・ロボットを応用し、医療面接演習システムのプラットフォームを構築する。また、専門医師によって作成された面接シナリオに沿って面接者との自律的な会話ができるように、医療面接に特化した音声対話システムを構築し、その性能を評価する。さらに、システムに搭載したカメラやマイクから取得される情報を基に、面接者の顔の動きや発話区間を抽出し、視線、傾き、表情、発話音量、発話タイミングなどの非言語動作を数値化できるようにする。そして、OSCE での評価指標に基づいて複数の専門医師が評価した結果と比較することにより、面接技能評価に有用と思われる非言語動作に基づく評価指標を抽出する。

4. 研究成果

(1) アンドロイド型模擬患者ロボットを用いた医療面接演習システムのプラットフォーム開発

独自に開発を行っているアンドロイド・ロボットをカスタマイズし、模擬患者ロボット（アンドロイド SP）を開発した（図 1 右）。アンドロイド・ロボットを用いる大きな利点として、人間のような見た目により、面接者に対して実際の患者と対話しているような臨場感を与える効果が期待できる。このロボットは、顔面上に 17 箇所の制御点を設けており、基本 6 表情（喜び、悲しみ、怒り、嫌悪、驚き、恐怖）を表出することができる。また、頭部に 3 自由度を設けており、傾き、かしげ、首振りの動きが可能である。眼球には 2 自由度を設けており、左右・上下方向を向くことができる。表情表出や頭部運動用のアクチュエータには McKibben 型人工筋肉を使用しており、眼球運動にはステップング・モータを用いている。

開発したアンドロイド SP を用いて、医療面接演習システムを構築した（図 1）。面接者の非言語動作を非接触で解析できるようにするために、環境中に面接者を撮影するためのカメラを設置している。また、面接者には、音声認識用のマイクを装着してもらうようにしている。



図 1 アンドロイド SP（右）と医学部生（左）による医療面接演習の様子。

(2) 医療面接用シナリオの作成と音声対話システムの構築

専門医師の協力の下、面接演習用のシナリオとして、メニエール病の 30 代女性を想定した面接シナリオ（面接者とアンドロイド SP の対話例）を作成した。また、そのシナリオに基づいて、面接者側の各質問に対するロボット側の返答を用意した。なお、実際の面接では、質問の内容や順番は面接者に委ねられるため、必ずしもシナリオ通りの質問や問いかけが行われるとは限らない。

作成した面接シナリオに基づいて面接者との会話を実現するために、本システム用の音声対話システムの構築を行った。医療面接の特性として、面接者からの質問に対して患者が答えるような一問一答形式の会話が多くなると考えられたため、面接者の発話文から質問内容を特定し、

その結果を基にアンドロイド SP の返答を選択できるようにしようと考えた。そこで、まず、医療面接実験で収録された発話文を解析し、質問文に見られる特徴を分析した。そして、文章間の類似度を求めることで質問の内容を特定できるようにした。以下に詳細を示す。

表 1 各質問場面における形態素の出現頻度と IDF 値の計算例（一例として、「めまい」と「か」の場合を示す）

質問場面	文数	めまい/名詞			か/助詞		
		出現文数	出現率	IDF	出現文数	出現率	IDF
オープニング	39	2	0.05	0.34	20	0.51	0.02
確認	9	0	0		9	1	
症状	55	27	0.49		54	0.98	
随伴症状	29	7	0.24		29	1	
症候	23	0	0		22	0.96	
既往歴	23	0	0		23	1	
家族歴	17	0	0		17	1	
嗜好	12	0	0		12	1	
環境	18	0	0		18	1	
クロージング	13	1	0.08		13	1	
合計	238	37		217			

①質問文の分析

予備実験において収集した発話文と面接シナリオに含まれている発話文を含めた251文を分析したところ、質問と思われる発話は238文あった。その内容を調べたところ、文末が「～か？」等の疑問形に加えて「お願いします」等の依頼表現が多いこと、複数の文に分けられるときには、主に最後の1文に質問したい内容が含まれていることが分かった。そこで、面接者の発話のうち、最後の1文を対象文とし、その文末が疑問形あるいは依頼表現の場合は質問と判定するようにした。

②質問場面の特定

質問文から質問内容を特定するために、面接シナリオに基づき、質問文を「オープニング」、「確認」、「症状」、「随伴症状」、「症候」、「既往歴」、「家族歴」、「嗜好」、「環境」、「クロージング」の10場面に分類した。そして、形態素解析を行ったところ、場面ごとに頻出する形態素があること、出現頻度が少ない形態素ほど質問のキーワードになり得ることが分かった。そこで、形態素の唯一性を表す指標である IDF (Inverse Document Frequency) を算出し(表1)、これを用いて質問文と質問場面ごとの形態素の重要度スコア(それぞれ A_i , B_i ($i=1, 2, 3, \dots, 10$)) を求めた。そして、これらの重要度スコアを用いてコサイン類似度を求めることにより、質問文と各質問場面に含まれる形態素の類似度を評価し、類似度が最大となる質問場면을特定するようにした(図2)。

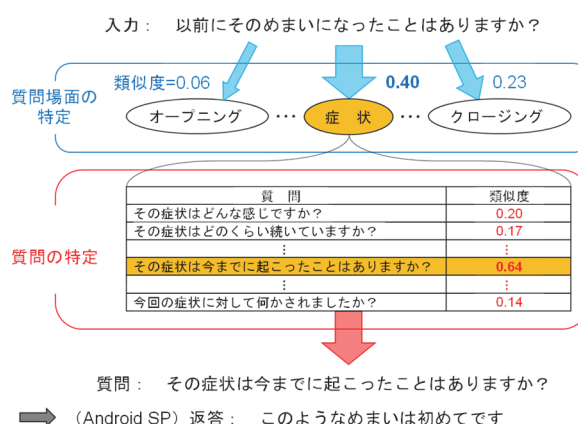


図 2 質問内容の特定の例。入力された文に含まれる形態素から質問場면을特定したあと、質問内容の特定を行う。

③質問内容の特定

次に、②と同様の方法を用いて、特定された質問場面に含まれる質問の例文と入力された質問文との類似度を求めることにより、最も類似度が高い質問文を特定するようにした(図2)。

④精度検証

上記の結果を基に、図3に示す音声対話システムを構築した。そして、予備実験で得られた251文を用いて質問内容を特定する際の精度検証も行った。その結果、質問として正しく判定できたものは238文中236文となった。また、正しい返答を導き出したものは226文で、返答精度は95.0%となった(表2)。

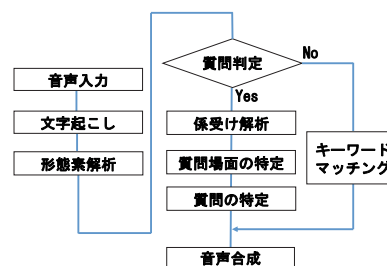


図 3 構築した音声対話システム

表 2 質問の特定精度の検証結果

質問数	質問判定	質問特定	成功率[%]
238	236	226	95.0

(3)面接者の非言語動作の定量化

OSCEの採点項目には、主にコミュニケーション能力を評価する項目があるが、主観評価が中心であり、定量的ではない。そこで本研究では、評価項目となっている、(a)適切なアイコンタクトを保つ、(b)傾きを適切に使う、(c)適切な声の大きさを保つ、(d)患者の話を遮らない、の4項目のうち、特に、傾きの動作を数値化する方法について検討した。以下に詳細を示す。

①頭の上下動の検出

予備実験で得られたカメラの映像を OpenFace を用いて解析し(図4)、面接者の顔の角度(pitch, yaw)を測定した。そして、それぞれの軸回りの角速度の分散値 D_p , D_y を算出した。

この際、手元を見る動きを傾きとして誤検出しないように $D=Dp-Dy$ とし、10フレーム毎の最大値をその区間の代表値とした。

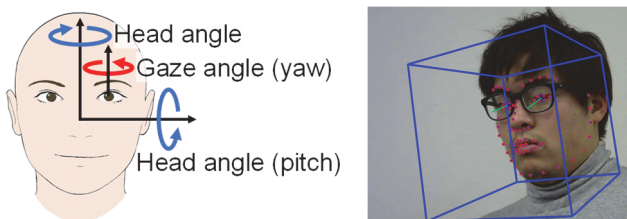


図4 OpenFace を用いた顔の向きと視線方向の解析

②相槌としての傾きの検出

頭の上下動からだけで傾きを判定すると、発話中に生じる頭の上下動も傾きと識別され、実際に傾いた数よりも多くカウントされることになる。そこで、発話中に起きる傾きを除外するために、まず、マイクによって取得された音声波形の振幅（電圧）の絶対値の平均を求め（図5(a)）、振幅が0.05V以上の信号を面接者の発話音声とした。そして、一連の発話を捉えるために、振幅0.05V以上のフレームとそれ以前の20フレーム（約1秒）を発話フレームとし（図5(b)）、発話フレーム中のD値を0とするマスク処理を施した（図6(b)）。

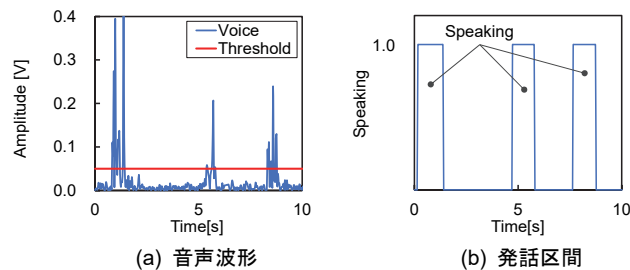


図5 発話区間の認識の例

③傾きの判定

②で求めたD値の中央値 m と標準偏差 σ を用いて、傾きを検出する際の閾値を $th=m+f\sigma$ とした。なお、 f は予備実験において実際の傾き回数との差が最も小さくなるように定め、 $f=1.15$ とした。そして、 $D>th$ となった回数を傾き回数として算出した。

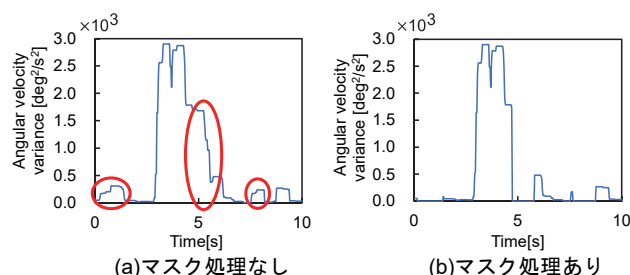


図6 角速度の分散値（D値）の例

④傾き判定の精度評価実験

傾きの判定精度を検証するために、大学生5名に面接者（医師）役になってもらい、SPロボットとの模擬医療面接をそれぞれ2回ずつ実施した。傾きの判定精度の評価結果を表3に示す。目視で確認した際の値を基準としたとき、発話区間を除くことによって、誤差は70.9%から52.0%に減少した。全ての面接者が発話中に頭が動いていたが、特に、Bは発話中に頭が上下に動く場面が多く見受けられた。そのため、音量マスクによる傾き回数の変化が大きくなる結果となった。Eは、他と比べて傾きの回数が多くなっている。これは、Eの頭の動きが全体的に小さいため、傾き判定の閾値が小さくなっていること、また、発話中・発話中以外を問わず小刻みに首を動かすことが多かったことが原因と考えられる。

表3 傾き判定の精度検証結果

面接者	目視	マスク処理あり		マスク処理なし	
		回数	誤差 (%)	回数	誤差 (%)
A1	81	73	9.9	90	11.1
A2	73	59	19.2	78	6.8
B1	74	76	2.7	105	41.9
B2	58	66	13.8	104	79.3
C1	65	87	33.8	92	41.5
C2	70	108	54.3	117	67.1
D1	62	71	14.5	80	29.0
D2	59	83	40.7	97	64.4
E1	67	155	131.3	164	144.8
E2	74	222	200.0	239	223.0
Avg.	-	-	52.0	-	70.9

以上で述べた傾き動作の判定に加え、カメラ画像から面接者の視線の方向を数値化する方法やマイクで取得される音声波形から面接者の発話区間や発話音量を数値化できるようにした。

(4)まとめと今後の展望

再現性があり、客観的に面接技能を評価できる医療面接演習システムの実現を目指し、アンドロイドSP用の音声対話システムと面接者の非言語動作（主に傾き）を解析するための基礎を構築できた。一方、医学部生を対象とした医療面接実験を十分に行うことができなかつたため、非言語動作と面接技能との関連性を調べるには至っておらず、面接技能の定量化については検討の余地がある。また、面接シナリオを充実させ、実用性を高めていく必要がある。その他、教育的観点から、本システムの受容性や教育効果についても調べていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamamoto Masataka, Shimatani Koji, Hasegawa Masaki, Kurita Yuichi, Ishige Yuto, Takemura Hiroshi	4. 巻 29
2. 論文標題 Accuracy of Temporo-Spatial and Lower Limb Joint Kinematics Parameters Using OpenPose for Various Gait Patterns With Orthosis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering	6. 最初と最後の頁 2666 ~ 2675
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TNSRE.2021.3135879	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yuto Ishige, Masataka Yamamoto, Koji Shimatani, Yuya Oishi, Hiroshi Takemura	4. 巻 7
2. 論文標題 Evaluation of Markerless Gait Analysis Method Including Out of Camera Plane Rotate Motion During Gait	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Bioinformatics and Neuroscience	6. 最初と最後の頁 345 ~ 351
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 藤倉輝道, 内藤知佐子, 羽場政法, 高橋優三	4. 巻 9
2. 論文標題 人工知能（AI）をいかにしてシミュレーション医療教育に活かすか？	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本シミュレーション医療教育学会雑誌	6. 最初と最後の頁 89-92
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 藤倉輝道	4. 巻 8
2. 論文標題 第7回日本シミュレーション医療教育学会 学術大会 大会長報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本シミュレーション医療教育学会雑誌	6. 最初と最後の頁 99-102
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Takuya Hashimoto, Satoshi Honma, Terumichi Fujikura, Yoshiaki Hayasaka, Toshiyuki, Takeshita, Yasuhiko Ito, Kimihiro Okubo, Hiroshi Takemura
2. 発表標題 Voice Dialog System for Simulated Patient Robot and Detection of Interviewer Nodding
3. 学会等名 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (IEEE SSCI 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuto Ishige, Hiroshi Takemura, Yuya Oishi, Masataka Yamamoto, Koji Shimatani
2. 発表標題 Sensor Fusion Approach for Simple Marker-less Gait Analysis System Based on Single RGB camera and Inertial Measurement Unit
3. 学会等名 6th International Conference on Intelligent Informatics and BioMedical Sciences(ICIIBMS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Ishige, M. Yamamoto, and H.Takemura
2. 発表標題 Investigation of single-camera 2D pose estimation of lower limb angle during abnormal gait
3. 学会等名 The 16th International Symposium of 3D-Analysis of Human Movement (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kanzaki T., Sawatome A., Tsuichihara S., Takemura H., Tada M.
2. 発表標題 Initial Contact detection using heel-attached Inertial Measurement Units
3. 学会等名 The 16th International Symposium of 3D-Analysis of Human Movement (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本卓弥
2. 発表標題 医学教育における医工連携の可能性について
3. 学会等名 第53回日本医学教育学会大会 シンポジウム3「どのようにしてシミュレーション教育の裾野を広げるか；post-corona時代も見据えて」 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本間悟史, 橋本卓弥, 藤倉輝道, 早坂明哲, 竹下俊行, 伊藤保彦, 大久保公裕, 竹村裕
2. 発表標題 模擬患者ロボットの音声対話システムの構築と面接者の顔きの抽出
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会2021 (ROBOMECH2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤倉輝道, 早坂明哲, 竹下俊行, 伊藤保彦, 大久保公裕, 橋本卓弥, 竹村裕
2. 発表標題 アンドロイド型模擬患者ロボットの開発
3. 学会等名 第52回日本医学教育学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤倉輝道, 早坂明哲, 竹下俊行, 伊藤保彦, 大久保公裕, 橋本卓弥, 竹村裕
2. 発表標題 客観的臨床能力評価に向けたアンドロイド型模擬患者
3. 学会等名 第121回日本耳鼻咽喉科学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤倉輝道
2. 発表標題 パネルディスカッション；医療面接シミュレーションにおける人工知能の可能性
3. 学会等名 第8回日本シミュレーション医療教育学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本卓弥
2. 発表標題 医療コミュニケーション教育に向けたアンドロイド型模擬患者ロボットの開発
3. 学会等名 第7回日本シミュレーション医療教育学会学術大会（招待講演）
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
研究分担者	藤倉 輝道 (Fujikura Terumichi) (00238552)	日本医科大学・医学部・教授 (32666)	
研究分担者	榎村 正美 (Kashimura Masami) (00550550)	常磐大学・人間科学部・准教授 (32103)	
研究分担者	大久保 公裕 (Okubo Kimihiro) (10213654)	日本医科大学・大学院医学研究科・大学院教授 (32666)	

6. 研究組織（つづき）

	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	伊藤 保彦 (Itoh Yasuhiko) (40203179)	日本医科大学・大学院医学研究科・大学院教授 (32666)	
研究分担者	早坂 明哲 (Hayasaka Yoshiaki) (50516094)	日本医科大学・医学部・助教 (32666)	
研究分担者	竹村 裕 (Takemura Hiroshi) (60408713)	東京理科大学・理工学部機械工学科・教授 (32660)	
研究分担者	竹下 俊行 (Takeshita Toshiyuki) (60188175)	日本医科大学・大学院医学研究科・大学院教授 (32666)	

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