

非言語情報を伴う学習支援ロボットが創発する安心感と学習意欲に関する実験的検討

An Experimental Study on Anshin-Kan and Learning Motivation Elicited by Non-Verbal Behaviors of a Learning-Assisting Robot

志村 友^{1*} 田和辻 可昌² 松居 辰則³

Yu SHIMURA¹

Yoshimasa TAWATSUJI²

Tatsunori MATSUI³

¹ 早稲田大学大学院 人間科学研究科

¹ Graduate School of Human Sciences, Waseda University

² 早稲田大学 グローバルエデュケーションセンター

² Global Education Center, Waseda University

³ 早稲田大学 人間科学学術院

³ Faculty of Human Sciences, Waseda University

Abstract: 安心感をもって学習することは学習者の学習に対する意欲や満足度の向上を考える上で重要である。また、学習者が能動的に解釈を試みる必要性のある非言語情報を用いることで、学習者に自律的・継続的な学習を促進することができると考えられる。そこで、本研究では、学習支援ロボットの表情や身体動作に着目し、それらを組み合わせることで学習者に安心感を創発し学習意欲を向上できるかについて実験的に検討した。

1 はじめに

近年様々な情報通信技術が発展し、学習環境に導入されている。学習支援ロボットもその一つである。学習支援ロボットが介在することの意義は多面的に議論されている。そもそも異質な存在であるロボットは存在するだけで人々の注目や興味を引くため、学習環境においても存在するだけで学習者の好奇心を刺激することが考えられる。また、学習支援ロボットは擬人化されている一方で、人工物や機械としての側面も強くもつ。その支援の設計によっては安定して学習者に適切な情報を提供することが可能であり、ロボットによる学習支援を受ける多くの学習者もそれを期待することが予想される。したがって、ロボットを使用した学習支援を行う場合、学習支援ロボットと人との関係構築方法や支援における観点が非常に重要であると考えられる。

学習支援ロボットと英語で関わり合うことが英単語の学習に有効であり、語彙の獲得に繋がる知見 [1] などがある。このように学習支援ロボットは、様々な学習効果の向上やスキル獲得を目指して研究されており、多くは成績向上や具体的なスキル獲得を目指したもので

ある。しかしながら、学習者が自発的・能動的に学習に参加することや学習意欲を向上させる学習支援も重要だと考えられる。

非言語情報は言語情報と比較し、その意味が明示されていないため、受け取る側で能動的に情報の意味を解釈をする必要がある。そこで、非言語情報コミュニケーションを行うロボットによる学習支援においても学習者が能動的にその解釈を試みることが予測され、それが自発的・能動的な意識を促進しているのではないかと考えた。したがって、本研究の目的は、能動的な解釈が求められる非言語情報を用いることで、安心感を創発する学習支援ロボットによって学習者に自発的・能動的な学習を促進することを明らかにすることである。

2 実験 1 表情を組み合わせた身体動作の解釈性に関する実験

2.1 目的

意味が曖昧である非言語情報は受け取る側によってその解釈が変わる。非言語情報を伴うロボットの学習支援において、学習者が非言語情報に対しての統一的な解釈を整理することが求められる。谷寄らは身体動作と表情変化を組み合わせることによって感情を表出

*連絡先: 早稲田大学大学院 人間科学研究科
〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2 丁目 579-15
E-mail: simura-yu@fuji.waseda.jp

が行われ共感性が高まると述べており [2], 身体動作と表情を組み合わせることの有効性が示されている。そこで, 実験 1 では, ロボットの身体動作と表情に着目し, 身体動作に表情を適切に組み合わせることで, ロボットの意図を人に伝達しやすくすることができるかを実験的に検討した。

2.2 刺激

2.2.1 身体動作

本研究では学習支援ロボットとしてソフトバンクロボティクス社の NAO を使用した。NAO の身体動作は, 対人コミュニケーションにおける身体動作の参考文献 [3] から顔のパーツを動かすものや NAO の指では表現できないなど NAO が行うことが出来ないものや重複しているものを除き, 基本動作として 30 種類を選定した。表 1 にロボットが特定の状況に依存せず日常的に用いることが考えられる基本動作として選定したものを示す。選定した身体動作のうち No.12 は感情が指定されているため, 組み合わせる表情・感情を喜びと無感情のみとした。Choregraphe 上で実装し, NAO の基本姿勢から 2 秒かけて各身体動作の初期位置に動き, 5 秒間身体動作を行い, 2 秒かけて基本姿勢に戻るまでの 9 秒を 1 試行とし, 動作速度による影響を排除するために全ての身体動作で統制を行った。

表 1: 身体動作一覧

No.	身体動作名	No.	身体動作名
1	腕組み	16	払い手
2	後ろ手	17	頭に手をやる
3	額に手をやる	18	頭を掻く
4	額を掻く	19	頭を抱え込む
5	胸の前で手を合わせる	20	お辞儀(丁寧)
6	あごに手をやる	21	腰に手を当てる
7	あごを上げる	22	直立姿勢
8	人差し指を相手に向ける	23	直立不動
9	指差す(近く)	24	胸に手
10	指差す(遠く)	25	こぶし振り
11	両手を広げる	26	手招き
12	両手を広げる(+笑顔)	27	片手振り
13	両手で空中を押す	28	首振り
14	片手を上げる	29	頭かしげ
15	止め手	30	うなずき

2.2.2 表情

NAO の表情は, 物理的に可動するパーツは頭部についていないため, 目の LED の発光によって感情表出を表現する。NAO の目の LED と表情に関しては, 勅使らの先行研究 [4] の知見により, Plutchik の提案する基本 8 感情(怒り, 期待, 喜び, 信頼, 恐れ, 驚き, 悲しみ, 嫌悪)と無感情を NAO の目の動的色発光により感情表出させた。感情表現に対応した目の色に変化させた NAO

の頭部の一覧を図 1 に示す。先行研究の知見では, 色相, 点滅周期 (ms), 明滅速度 (輝度値の変化の滑らかさ) がパラメータとして設定されており, Choregraphe 上で実装し対応した。

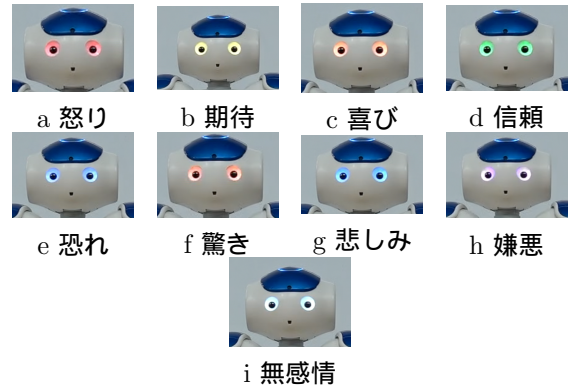


図 1: NAO の目の動的色発色による感情表現

2.3 手順

選定した身体動作のうち No.12 は感情が指定されているため感情を喜びと無感情のみとし, 他 29 種類の身体動作は基本 8 感情・無感情と組み合わせることで刺激は計 263 パターンとした。刺激は 1 パターンにつき 9 秒で設定し, 各パターン 3 回ずつ実験協力者に提示した。各パターンを実験協力者に提示した後, 参考文献 [3] に記述されている身体動作の説明を与え, 質問項目に対する回答を求めた。実験協力者に回答を求めた質問項目は以下の通りである。

Q1: 説明と実際の動きの一致度を教えてください。

Q2: このロボットはどんな意図をもってその動作をしたと思いますか?

Q3: Q2 についての確信度を教えてください。

Q1 は身体動作の説明と実際の動きの一致度を調べるもので 5 段階で回答を求めた。Q2 は実験者が解釈の候補を参考文献 [3] に沿って 3 つ設定し, 実験協力者に選択してもらい, 候補に一致するものがない場合は自由記述で回答を求め, ロボットの非言語情報に対する解釈を調べた。Q3 は Q2 における解釈についてどのくらい自信があるか確信度を 5 段階で回答を求めた。

263 パターンをランダムに 8 つに分割した約 33 パターンを 1 群とし, 一人の実験協力者に対して 2 群を提示した。1 パターンごとに動画を撮影し Google フォームを通して質問項目の回答を求めた。各群約 4 名計 34 名(早稲田大学の大学生または大学院生)で実験を行った。この実験では性別や年齢は収集しなかった。

2.4 結果

「一致度」は Q1、「確信度」は Q3 での回答に対応している。「最頻解釈」は Q2 での回答における最も頻度が高かった解釈で「解釈統一度」はその解釈の割合を示している。最頻解釈が複数あった場合は該当なしとして扱った。基準として、「解釈統一度」が 50%を超えるもので「確信度」が 3.00 以上のものとし、同じ身体動作と「解釈」の組み合わせの場合は「解釈統一度」が最も高いもののみを抽出した。「解釈統一度」が同じ場合はより「確信度」が高いものを、「確信度」が同じ場合はより「一致度」が高いものを抽出した。上記の基準に沿って最も解釈性が高いものを抽出した。

解釈が統一されておりその解釈に対して一定の確信度があったものを合計 40 パターン抽出し表 2 に示す。

表 2: 抽出された基本動作の一覧

No.	表情	一致度	解釈	解釈統一度	確信度
1	悲しみ	2.75	考えごとをしている	75%	4.00
2	怒り	3.75	相手を威嚇している	75%	3.25
2	無感情	4.67	責務を示そうとしている	100%	4.00
3	期待	4.50	考えごとをしている	75%	4.00
3	驚き	4.33	困惑している	100%	4.33
4	期待	4.75	照れ隠しをしている	75%	4.50
4	恐れ	4.67	気まずさを示している	66.67%	4.33
5	驚き	3.25	感謝の気持ちを伝えようとしている	75%	3.75
6	無感情	3.00	考えごとをしている	100%	3.50
7	驚き	4.00	反抗的な態度を示している	66.67%	3.50
7	嫌悪	4.50	相手を見下している	75%	3.50
8	恐れ	3.00	相手を念を押している	75%	3.50
9	期待	3.50	目の前の人や物を指し示している	75%	3.50
10	悲しみ	3.00	物のある場所を示している	75%	3.00
11	無感情	4.75	お手上げの態度を示している	100%	4.75
12	無感情	4.00	驚きを示している	75%	3.00
13	期待	4.33	相手の怒りをなだめようとしている	66.67%	3.67
14	期待	4.50	挨拶している	100%	4.25
15	期待	3.25	相手を制止しようとしている	100%	3.00
15	信頼	3.25	いらいらして中断を求めている	75%	3.50
16	怒り	3.75	嫌がっている	75%	3.25
17	驚き	3.50	困惑している	75%	3.75
17	怒り	4.00	照れ隠しをしている	75%	4.00
18	喜び	4.33	照れ隠しをしている	100%	4.00
19	恐れ	4.75	悩んでいる	100%	4.50
20	信頼	4.33	相手へ敬意を示している	66.67%	4.00
21	信頼	5.00	相手を威圧しようとしている	75%	4.50
22	嫌悪	3.00	かじこまっている	75%	3.50
23	喜び	2.75	緊張している	75%	3.75
23	嫌悪	3.67	礼儀正しさをアピールしている	66.67%	3.00
24	喜び	4.50	安堵している	75%	3.50
24	無感情	4.50	自分の気持ちを静めようとしている	75%	3.50
25	喜び	4.00	恥づけている	100%	3.75
25	怒り	3.00	怒り示している	75%	3.50
26	喜び	4.75	挨拶している	100%	4.50
27	期待	5.00	挨拶している	100%	4.75
28	期待	4.33	あきれている	66.67%	3.67
28	恐れ	5.00	否定している	100%	4.75
30	恐れ	5.00	同意を示している	100%	4.75
30	驚き	4.75	強く確信している	75%	4.50

2.5 考察

一定以上の解釈性と確信度を伴う動作と表情の組み合わせとして計 40 パターンが挙げられ、「挨拶している」や「照れ隠しをしている」など重複しているものを除き 34 種類の解釈が確認できた。表 2 にある抽出された組み合わせの中で表情が喜びや期待などポジティブなものの場合にポジティブな解釈をされる傾向にあり、怒りや恐れなどネガティブなもの場合はネガティブな解釈がされる傾向にあると考えられる。また、多くの場合無感情と比較し解釈性や確信度が優れていた。これらの結果は「ロボットの身体動作と表情を適切に組み合わせることで、身体動作の解釈性が高まり、その解釈の確信度を高めることできる」とした仮説を支持する結果であり、身体動作に表情を組み合わせること

で解釈がしやすくなることが示唆された。また、単回帰分析の結果より身体動作とその説明の「一致度」と「確信度」が関連していることが確認でき、人の身体動作を基準にした精度が「解釈」の「確信度」に影響を与えることより、ロボットの身体動作を実装する際により丁寧に身体動作を設定し実際の人の身体動作に近似させることの重要性が示唆された。「一致度」が低いものが一定数あったことの原因として、身体動作の設計が人の身体動作に十分近似できていないことや動画による奥行き情報の喪失による見づらさが考えられる。

2.6 実験 1 まとめ

実験 1 では、ロボットの身体動作と表情に着目し、身体動作に表情を適切に組み合わせることで、ロボットの意図が人に伝達しやすくすることを明らかにするために実験的に検討を行い基本動作を抽出した。抽出された基本動作のうち 90%近いである 35 パターンにおいて無感情よりも表情（感情）を組み合わせることで解釈性が高まるという結果から「ロボットの身体動作と表情を適切に組み合わせることで、身体動作の解釈性が高まり、その解釈の確信度を高めることできる。」という仮説が支持されたと考えられる。

実験 1 で抽出された基本動作は特定の文脈に依存するものではないため幅広い用途で使用することが可能であり高い一般性があると考えられる。

3 学習環境における安心感の調査

3.1 目的

実験 1 では、人-人間でのジェスチャーの先行研究 [3] から人-ロボット間のインタラクションにおいて使用される基本動作の抽出を行った。抽出した基本動作は特定のドメインに依存しない高い一般性をのもつ一方、特定のドメインで自然な人-ロボット間のインタラクションを考える上でそのドメインに依存した身体動作も求められる。学習・教育環境における安心感に対し検討を行い、安心感を創発し得る学習支援ロボットの振る舞いや身体動作について調査することは重要であると考えられる。そこで、この調査の目的は学習・教育環境における安心感について自由記述式のアンケートを実施し、学習環境における安心感の構造を明らかにすることである。

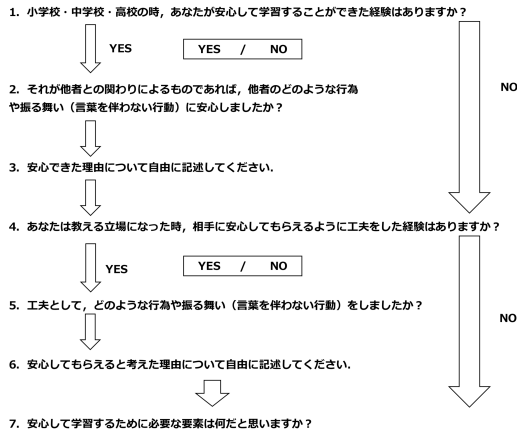
3.2 調査対象

早稲田大学人間科学部の学生 95 名を調査対象とした。この調査では質問項目のみ回答を求めて性別や年

年齢は収集しなかった。

3.3 調査手順

調査協力者が今まで学習した時に安心することができた経験と教える立場になった時に相手に安心してもらえるように工夫をした経験について質問紙を使用し調査した。具体的な項目と質問項目の流れを図2に示す。



干渉によるもので信頼感と類似していると考えられる。

4 実験2 学習支援ロボットに対する安心感と学習意欲に関する実験

4.1 目的

近年導入が進められている e-learning 形式の講義では学習者が一人で講義を受講することが多く学習者の学習意欲によって学習への取り組み方が大きく変わる。そこで、実験2では、実際の e-learning を模した環境において、学習支援ロボットの安心できる振る舞いが学習への意欲にどう影響を与えるか実験的に検討を行う。

4.2 実験手順

本実験では学習支援ロボットとして引き続き NAO を使用し、実験協力者を学習支援ロボットが安心動作を使用する群（以下、安心動作提示群）、学習支援ロボットが基本動作を使用する群（以下、基本動作提示群）、学習支援ロボットがない通常の e-Learning 学習をする群（以下、ロボットなし群）の3群に分けて行う。

実験では、教材として早稲田大学人間科学部で過去に行われていた統計学の講義の動画や講義資料を使用した。講義内容は主に共分散に関するものであり、早稲田大学人間科学部の学生は必修科目であるデータリテラシーで学習したことがある内容になっている。講義動画の視聴中にコンテンツ内容と連動するように学習支援ロボットの身体動作を提示し介入を行った。そして、講義受講後に課題プリントが終了した後に3種類の質問項目への回答を求め、インタビューを行った。3つの質問項目はそれぞれ、ロボットに対する安心感についての質問項目である安心感尺度は25項目、7段階リッカート尺度のものを、パーソナリティについての質問項目は日本 MPI 研究会 [6] が作成した日本版 MPI (Maudsley Personality Inventory) を、学習の意欲についての質問項目は Keller が作成した教材の学習意欲に関する尺度である IMMS (Instructional Materials Motivation Survey) [7] を使用した。インタビューでは学習における安心感について調査した。また、実験環境の様子を図3に示す。学習支援ロボットは実験協力者の左前方に、講義動画を視聴するためのモニタは右前方に配置した。実験は早稲田大学人間科学部または人間科学研究科の学生12名、各群4名で行った。この実験では性別や年齢は収集しなかった。

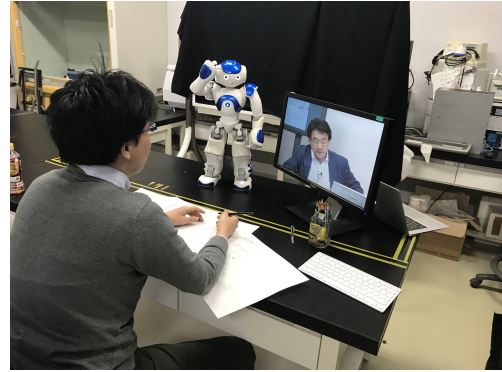


図 3: 実験の様子

4.3 結果

安心動作提示群と基本動作提示群の安心感尺度を比較した結果を図4に示す。平均で比較すると無害感では基本動作提示群が高かったが、他の心理状態では安心動作提示群の方が高かった。安心動作提示群と基本動作提示群の両群ともに全ての項目でポジティブに評価されていることがわかった。特に、安心動作提示群では全ての項目で5以上の評価がなされていた。

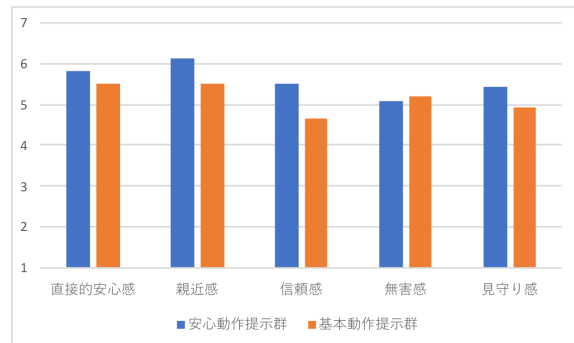


図 4: 3群の安心感尺度平均結果

3群の IMMS を比較した結果を図5に示す。平均で比較すると全体的に安心動作提示群と基本動作提示群、つまりロボットがいた群がロボットなし群よりも得点が高かった。また、安心動作提示群と基本動作提示群は類似した結果で、自信では安心動作提示群の方が高く、注意、関連性、満足感では基本動作提示群の方が高かった。

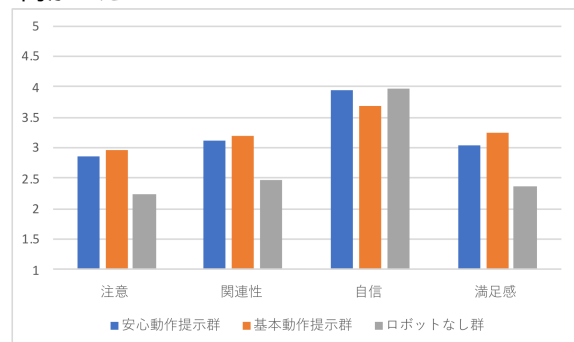


図 5: 3群の IMMS 平均結果

4.4 考察

安心動作提示群の安心感尺度において無害感以外の全ての項目で平均が高く、標準偏差が小さかったことから非言語情報の違いが安心感の創発に影響を与えることがわかり、安心動作が安心感の創発に影響を与えた可能性が示唆された。無害感に関しては基本動作提示群が安心動作提示群を上回ったがその差は0.10と小さかった。したがって、実験1で抽出したロボットの安心動作が学習環境において有効に作用することが示唆された。

3群全てのIMMS結果で自信が高かったことの原因として、本実験で使用した講義タスクの内容が簡単だと感じたことが考えられ、実験後のインタビューで講義簡単だったという回答が複数の実験協力者から得られた。

安心動作提示群と基本動作提示群のロボットがいた群がロボットなし群よりもIMMSの得点が高かったことより非言語情報を伴う学習支援ロボットの存在が学習意欲に良い影響を与えた可能性が示唆された。

IMMSにおいて安心動作提示群と基本動作提示群で比較した場合、ほとんど差はなかったが、基本動作提示群の方が得点が高い項目が複数あった。しかしながら、満足感の最低値は安心動作提示群が基本動作提示群を上回っていた。理由として、基本動作提示群では標準偏差が大きく、個人差が大きいことが考えられた。

4.5 実験2まとめ

実験2では学習支援ロボットの有無や非言語情報の違いから学習支援ロボットへの安心感や学習意欲の関係を実験的に検討した。非言語情報の違いによって安心感の創発が異なり非言語情報が安心感に影響を与えることが示唆された。また、実験1で抽出した安心動作が安心感に有効に作用する可能性が示唆された。非言語情報を伴う学習支援ロボットの存在があることが学習意欲に良い影響を与えることがわかった。一方で、非言語情報の違いによって創発された安心感と学習意欲の関係は見られなかった。したがって学習支援ロボットへの安心感と学習意欲に直接的な関係があるかどうかは不明であった。基本動作提示群でも学習支援ロボットへの安心感で評価が高く、安心動作提示群と基本動作提示群で大きな差が見られなかったことや実験協力者数が少なく個人差の影響を強く受けやすいことがその理由として考えられる。

5 まとめと今後の課題

実験2において安心動作が基本動作より安心感において高く評価されたことより、学習支援ロボットの非

言語情報のちがいによって学習者に創発する安心感が異なることがわかった。学習・教育環境における安心感の調査や実験2の結果より、学習環境における安心感の構成は図6のように構成されると考えられる。また、学習支援ロボットの介在によって学習意欲が向上することがわかった。

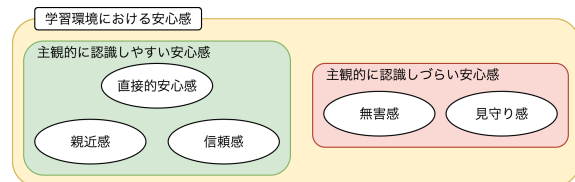


図6: 学習環境における安心感の構造

しかしながら安心感と学習意欲の関連は見られなかった。今後の課題としては統計的分析を行うために実験協力者の数を増やすことによって、安心感と学習意欲の関係について検討をすることや、言語情報との組み合わせについて検討することが挙げられる。

参考文献

- [1] J. Han, M. Jo, V. Jones, and J. H. Jo: Comparative Study on the Educational Use of Home Robots for Children, *Journal of Information Processing Systems*, Vol. 4, No. 4, pp. 159–168 (2008)
- [2] 谷寄悠平, ジメネスフェリックス, 吉川大弘, 古橋武: 教育支援ロボットにおける身体動作と表情変化による共感表出法の印象効果, *日本知能情報フェジ学会誌*, Vol. 30, No. 3, pp. 700–708 (2018)
- [3] 東山安子, ローラ・フォード: 日米ボディーターク増補新装版 身ぶり・表情・しぐさの辞典, 三省堂 (2016)。
- [4] 勅使宏武, 寺田和憲, 伊藤昭: ロボットの目の動的色発光が語り聞かせ時の人の感情認識に与える影響, *ヒューマンインターフェース学会論文誌*, vol. 17, no. 4, pp. 129–140 (2015)
- [5] 酒井幸美, 守川伸一, Med Hafsi: 原子力発電所に対する安心感の構造—「安心」のイメージに関する調査をもとに—, *原子力安全システム研究所 INSS JOURNAL*, Vol. 10, pp. 10–21 (2003)
- [6] MPI研究会, 新性格検査法—モズレイ性格検査—, 誠心書房 (1969)
- [7] J. M. ケラー著, 鈴木克明訳: 学習意欲をデザインする: ARCS モデルによるインストラクショナルデザイン, 北大路書房 (2010)