

Doctoral Dissertation / 博士論文

# ロボティクスデザインにおける感情創造の研究：認知症高齢者に対する顔自動情動生成映像によるロボット療法の効果

中川, 志信

三重大学, 2016.

本文 / 三重大学大学院 地域イノベーション学研究科 地域イノベーション学専攻

<http://hdl.handle.net/10076/15149>

学位論文

ロボティクスデザインにおける感情創造の研究

認知症高齢者に対する顔自動情動生成映像  
によるロボット療法の効果

三重大学大学院地域イノベーション学研究科  
博士後期課程 613D005@m.mie-u.ac.jp

中川 志信

## 要旨

本学位論文では、人と共に生活するロボットに必要と考えられる感情コミュニケーションの新しいデザイン理論（イノベーション学）について論じている。そのコミュニケーションは会話などの言語（バーバル）コミュニケーションでなく、身体動作による非言語（ノンバーバル）コミュニケーションによる感情表現に焦点を絞った研究成果をまとめている。

具体的には、文楽人形遣いとの共同研究を通して発見した文楽人形の骨格を伸縮させる感情表現時の誇張動作を、ロボットの全身協調動作で再現できるロボット実機を製作し、その評価実験から有効性を明らかにした。さらに、そのデザイン理論を介護分野へ展開し実用化するため、誇張した感情表現動作を有する認知症ケアロボットを製作し、認知症高齢者への使用実験を通して新療法としての可能性を明らかにした。

本学位論文は全5章で構成している。第1章ではロボティクスデザインの背景と、ロボットにおける感情コミュニケーションの研究で文楽に至った経緯を述べている。文楽人形遣いとの共同研究を通して、骨格伸縮ロボットの全身協調運動による感情表現の新しい発見と可能性が確認できた。では、なぜ、ロボットの身体動作による感情表現が必要かという論拠は、以下の3点に集約される。

まず、ロボットは工業製品であるため人は無意識に高精度で完璧な機能を要求する。しかしながら、現行デバイスの性能面の課題から当面のロボットには、映画に出てくるロボットのような期待通りの機能は達成しにくい。そのため、ペットが粗相したときに人が許してしまうペットの情動表現をロボットに採用することで、人とロボットの良好な関係性が築けると考えた。

次に、人とそっくりなりリアル感を演出し、空圧で人らしい顔の表情まで感情表現できる人型ロボットも多く開発されている。しかしながら、ロボット一体製作するのに数千万円のコストを要し空圧制御部のサイズは大きいと、汎用型ロボットとしての実用化には適さないと考える。身体動作で感情表現するロボットは、ロボットに既に装備されている機構を活用するため感情表現用の開発コストを抑えることができ、早期実用化が比較的容易と考える。

最後にロボットの開発自体が、技術志向から社会性志向へ移行してきている。その理由として、人工知能などの知能革命により今後格段にロボットの性能が向上し、人とロボットの間で齟齬のないコミュニケーションが期待されているためである。本論文では、文楽人形遣いとの共同研究から伝統芸能における感情表現の匠の技をロボットに適応させることで、社会性に加え、世界で初めて芸術性にまでロボットを高めることができると考える。人は、文楽人形や映画のロボットのように誇張した表現を好む傾向にあり、その中に芸術性

が潜在している。

第2章では、文楽人形遣いと共同研究から抽出した骨格伸縮ロボットの全身協調運動による感情表現の有用性を、製作した胴体伸縮ロボットによる被験者への印象度評価実験を通して明らかにしている。

文楽人形で多用されている首、腕、胴体の骨格伸縮による感情表現が、ロボットでも有効であるかを確認する目的で実験を進めた。具体的には、胴体が伸縮する背丈130cmの人型ロボットを製作し、それに対する被験者の印象度評価を行った。主観評価に加え脳波測定による客観評価による実験結果から、胴体が伸縮しないロボットよりも、胴体が伸縮するロボットの印象度が格段によかった。また主観評価項目でも、胴体が伸縮するロボットに対して被験者は、人間的な、生き生きした、感情をもつなどの印象を持つことが明らかになった。これらから、文楽や映画と同様に、ロボットにおいても誇張表現による動作を有することで、人を魅了する芸術性の高いロボットが有効であることを明らかにできた。

第3章では本研究の実用化に向けた取組みとして、認知症高齢者の介護分野へ展開した予備的な実験と結果を述べている。

認知症高齢者の介護分野を選んだ理由は、筆者の祖母が介護施設に入居する認知症高齢者であったこと。次に、老々介護や認知症患者の急増など大きな社会問題になっていること。最後に、介護支援の介護ロボット研究が多い中、認知症介護ロボットの研究は未だ少ないことが挙げられる。

以上からまず、認知症の介護施設で実態調査と介護ロボットの使用実験を通して、認知症の介護分野における本研究の可能性を検証した。その結果、介護施設に入居する認知症高齢者の2つの潜在ニーズを発見した。孤独で寂しく親しい家族や近親者との対話の切望に対してはICTの活用、退屈な日々の時間を癒してくれるペット的な存在が必要なことにに対してはペットロボットの活用が有効ではないかと考えた。

これらの課題から、本研究の主目的であるロボットの感情創造を、ロボット本体に加え、画面内のバーチャルロボット（顔自動情動生成映像）でも行える既製品の玩具ロボットを実験機として採用し、介護施設に入居する認知症高齢者へ使用実験を施行した。

その結果、家族の顔をバーチャルロボット化させ感情豊かに表現するビデオ通話実験では、3名の中度認知症高齢者は大いに喜び楽しみ興奮して涙するなど、想像以上に効果的であった。そのうち1名の認知症高齢者への脳波測定結果からも、脳の活性化が確認できるデータ結果が確認できた。

第4章では、本論文の柱となる認知症高齢者に対する顔自動情動生成映像によるロボット療法の具体的な方策や、その有効性を明らかにした実験と結果の成果を述べている。

ロボットの感情コミュニケーションが、なぜ認知症高齢者に有効であるかという論拠は

以下の3点が挙げられる。まず、認知症の要因が記憶を司る海馬でなく、感情を司る扁桃核の萎縮と考えられはじめ新たな研究成果や新薬がではじめていること。次に、回想法や音楽療法、ペットセラピーなど認知症高齢者の感情面を刺激する療法の効果が期待されていること。最後に、感情面を刺激し感情コミュニケーションを行う介護ロボットが開発されはじめ、療法としての研究成果が注目されていることが挙げられる。

以上内容と第3章の成果から、誇張した感情表現動作をロボット本体で行うペット機能と、画面内で感情豊かに表現する家族の顔のバーチャルロボットの2機能をもつロボットを実験機として製作した。この認知症ケアロボットの活用で、認知症高齢者の症状進行抑制を目的とした。

ペット機能時のロボットとの触れ合いと、感情豊かに表現する家族の顔のバーチャルロボットとのビデオ通話による実験で、10名の認知症高齢者へ脳波測定を施行した結果、ほとんどの被験者で脳の活性化が確認できた。特に、感情豊かに表現する家族の顔のバーチャルロボットとのビデオ通話では、涙を流して喜んで通話する認知症高齢者も多いことから、その有効性の高さが明らかになった。

第5章は、地域イノベーション学からの視点で、本研究の総括と今後の展望をまとめている。大阪という地域発祥の伝統芸能である文楽の匠の技から、世界へ発信できる日本文化を象徴する骨格伸縮構造による感情豊かなロボットを創造することができた。また、三重など地方の介護施設に入居する認知症高齢者やその家族など地方特有の課題から、ICTやロボットなどの先端テクノロジーで解決できる認知症ケア療法の可能性が確認できた。これらは、まさに地域イノベーション学からの成果であり、本研究科の目指すべき成功モデルを実践できたと考える。

## 目 次

第1章 研究背景	8
1.1 研究背景	9
1.2 ロボットについて	14
1.2.1 ロボットとは	14
1.2.2 ロボットの分類	16
1.2.3 ロボットの変遷	18
1.2.4 ロボティクスデザインとは	20
1.3 ロボットに心をデザインする	24
1.4 感情コミュニケーションデザイン	25
1.5 文楽とアニメの動作デザイン比較分析	29
1.5.1 実験背景と目的	29
1.5.2 実験方法	29
1.5.3 実験結果	29
1.5.4 考察	30
第2章 骨格伸縮ロボットの全身協調動作による感情表現が人に与える印象度評価	31
2.1 研究背景と文楽人形遣いについて	32
2.2 文楽人形による感情創造のための誇張動作確認実験	35
2.2.1 実験目的	35
2.2.2 実験方法	38
2.2.3 実験結果	38
2.2.4 考察（感情創造研究の発見、6感情の動きのパターン）	38
2.3 骨格伸縮ロボットの全身協調動作による感情表現が人に与える印象度評価	42
2.3.1 EXR システムについて	42
2.3.2 EXR システムによる印象度評価実験	43
2.3.3 陰的制御による設計コンセプト	43
2.3.4 実験機の仕様と制御方法	44
2.3.5 実験目的	50
2.3.6 実験方法	50
2.3.7 実験結果	52
2.3.8 考察	53

第3章 認知症高齢者に対するロボット療法の研究	63
3.1 認知症とその現状	64
3.1.1 認知症について	64
3.1.2 認知症予防について	68
3.2 介護施設および介護の現状	68
3.2.1 介護施設について	68
3.2.2 介護について	69
3.2.3 介護現場の予備調査	70
3.3 薬物療法	70
3.4 非薬物療法	71
3.4.1 非薬物療法の目的	71
3.4.2 多様な非薬物療法	72
3.4.3 音楽療法と回想法	72
3.4.4 アニマルセラピー	73
3.4.5 ロボットセラピー	74
3.4.6 感情を刺激するセラピー	77
3.5 中度認知症高齢者の実態調査とロボットセラピー効果の検証実験	78
3.5.1 調査の目的	78
3.5.2 実験方法	78
3.5.3 実験結果	79
3.5.4 考察	82
3.6 中度認知症高齢者へのビデオ通話と既製品を活用した 認知症ケアロボットによる効果の検証実験	82
3.6.1 調査と実験の目的	82
3.6.2 実験方法	86
3.6.3 実験結果	88
3.6.4 考察	91
4章 認知症高齢者に対する顔自動情動生成映像によるロボット療法の効果	93
4.1 認知症ケアロボットについて	94
4.2 認知症ケアロボットによるセラピー効果の検証実験	95
4.2.1 実験目的	95
4.2.2 実験方法	96

4.2.3	実験結果	103
4.2.4	考察	118
5章	総括	121
	・参考文献	124
	・本研究に関わる発表論文	131
	・本研究に関わる口頭発表	131
	・本研究に関わる特許出願	132
	・本研究に関わる採択研究	133
	・本研究に関わる謝辞	133

## 1 章

### 研究背景

## 1.1 研究背景

「ロボットに“こころ”がデザインできる！？」と思ったのが2004年、このロボティクスデザイン研究のはじまりだった。その当時の感動は今でも鮮明に覚えている。長年家電メーカーで来る日も来る日も新商品のプロダクトデザインを中心にデザイン開発してきた筆者が、一度も体感したことのない感覚を、自らデザインしたロボットを通して感じさせられたのである。

最初に開発したヒューマノイドロボット（図1-1）のテーマは“かわいらしさ”、それを多くの人々に伝え感じてもらうため試行錯誤の末、キューピー人形のような外観、甘えん坊の幼児のように首を傾げるしぐさ、手を差し伸べたくなるような危なっかしいヨチヨチ歩きなどをロボットの設計とデザインに取り入れた。

開発中、予想外に筆者自身が、このロボットに感情移入した。このロボットを「この子」と呼ぶようになり、機械なのにやさしく乳幼児を抱きかかえて運ぶ自分に驚いた。このロボットに筆者がユーザーに対して感情移入するよう仕掛けた様々なデザインに、筆者自身が仕掛けられ、このロボットに“こころ”を感じたのである。

このような体験は、今まで何百という工業製品をデザインしてきた筆者にとって全く初めてのことであり、機械に“こころ”がデザインできると感じた瞬間であった。

2004年当時、この機械であるロボットに“こころ”をデザインする研究に対して、何の方策や戦略がある訳でもなかった。ロボットに“こころ”をデザインすることをロボット工学研究者らに当時話すと、ほとんどの研究者から白い眼で見られたことは忘れられない。誰も研究していない（先行研究のない）未開の境地であった。しかしながら、筆者が今後、プロダクトデザイン教育を大学で学生たちに実践していく以上、このこと（未来のプロダクトの大半がロボットになること）は先行して研究を進めないと大変なことになることを直感したため、覚悟してロボットに“こころ”をデザインする研究をはじめた。

21世紀のプロダクト、それはロボットだけでなく、日常的な工業製品が知能化し人と双方向でコミュニケーションをとり始める。このような状況は、それほど遠い未来ではなく、すぐそこに来ている。事実、現在において人工知能が将棋でプロを負かすレベルまで到達している。それは研究者の事前プログラムによる成果でなく、人工知能が独自で思考するディープラーニング（人間のような知能のある生き物が行うように正確で効率的な判断を実現させる人工知能技術）の進化によるものである。

このような21世紀型プロダクトであるロボットと人の新たな関係性デザインを、筆者は産業に先駆けて学生達に教授していかねばならない。そのためには、まず筆者が研究を重ねる中から学び、学生たちに理解しやすいよう体系的に理論化していく必要性を強く感じた。研究開始当時は霞をつかむような感があり、底知れない淵に飛び込むような危険性

も感じたが、先述の使命感から研究を進めた。

2004年当時は鉄腕アトム生誕ブーム（鉄腕アトムは2003年4月7日誕生と作者手塚治虫に設定されている）から、多くの企業や研究機関がロボットの開発を手がけていた。筆者は、先行研究が少ないため自らが多くの経験（ロボットのデザイン開発）を重ねる中で何か光りが見えるのではないかと考えて、多方面のロボット開発に携わり幅広い経験を積んでいった。

ヒューマノイドロボットのデザイン開発<sup>[1]</sup>（図1-1）を通して、機能美ある美しい造形デザイン（従来型のプロダクトデザイン）だけでは、本来ヒューマノイドロボットに必要とされることが何も解決できないことが理解できた。

またレスキューロボットのデザイン開発<sup>[2]</sup>（図1-2）を通して、そのロボット本体と要救助者や操作者が良い関係になるデザインやシステムソリューションが必要であることも理解できた。一般的なロボットではなく、家電や玩具がロボット化するIoT化したプロダクトなど提案型のデザイン開発<sup>[3]</sup>（図1-3）も多々実践し、社会から大きな反響があったことから市場で期待されていることが理解できた。

このように幅広く多様なロボット開発を実践することで、従来のプロダクトデザインでは、ロボットが本来目指すべき全体の一部しか解決できないことを理解できたことが最大の成果であった。

さらに、デザインという単語も、現状は単なる造形に加え、問題解決＝ソリューションという意味にとられる傾向が一般化してきている。プロダクトデザインにおいても、物的価値に重きをおく意匠中心の20世紀型から、サービスやコトなどをモノに統合する精神的価値に重きをおく21世紀型へ、デザインの領域が大きく拡大している。

多方面のロボットに“こころ”をデザインするという視点からデザイン開発を行う中で、設計工学、人間工学、心理学、コミュニケーション学、シナリオ学、アニメーション、文楽などの伝統芸能、脳科学、人間科学など多領域に渡る研究と知見が必要となった。ロボットの開発者やデザイナーは、究極は人間の本質を見抜き人間を掘り下げることが最も大切なことになることも理解できた。

今後のロボットは、工場や施設の中の産業ロボットではなく、日常生活で触れ合う人間共存型ロボットが主流となる。これらのロボットと人々が良い関係を創造するためには、ロボットに人間以上に人間性をデザインで盛り込みユーザーに感じさせていかねばならない。



図 1-1 最初に開発したヒューマノイドロボット

ところで、人は感情の生き物である。また、他人の情動を見抜く習性が人にはある。ペットだけでなく、自然物や工業製品にも感情があるかのように思い感情移入する。これら人間の習性或特性をうまく利用して、ロボットに“こころ”があるかのように思わせるデザイン手法が必要であると考えた。

筆者は人とロボットが混在する日常生活を演劇の舞台と考え、開発者やデザイナーがシナリオ設計などを通して演出していく。感情に加え、リズムやテンポのあるセリフや動き、ドラマ性のあるロボットとのやりとりやロボットの性格付けなど、情緒ある雰囲気づくりやロボットの“こころ”が動く糸口を明確にするデザインである。これは新たな総合芸術である。

全ての芸術は五感に訴え、創造した人と受ける人との間をコミュニケーションしてきた。ロボットも視覚、聴覚、触覚などの人の感覚器官へ働きかけ、ロボットの考えていることを不特定多数の人々にコミュニケーションする総合芸術である。もう一度見たい映画や演劇と同じように、もう一度逢いたいと感じさせるロボットをデザインしていかなければならない。



図 1-2 瓦礫内探査用レスキューロボット

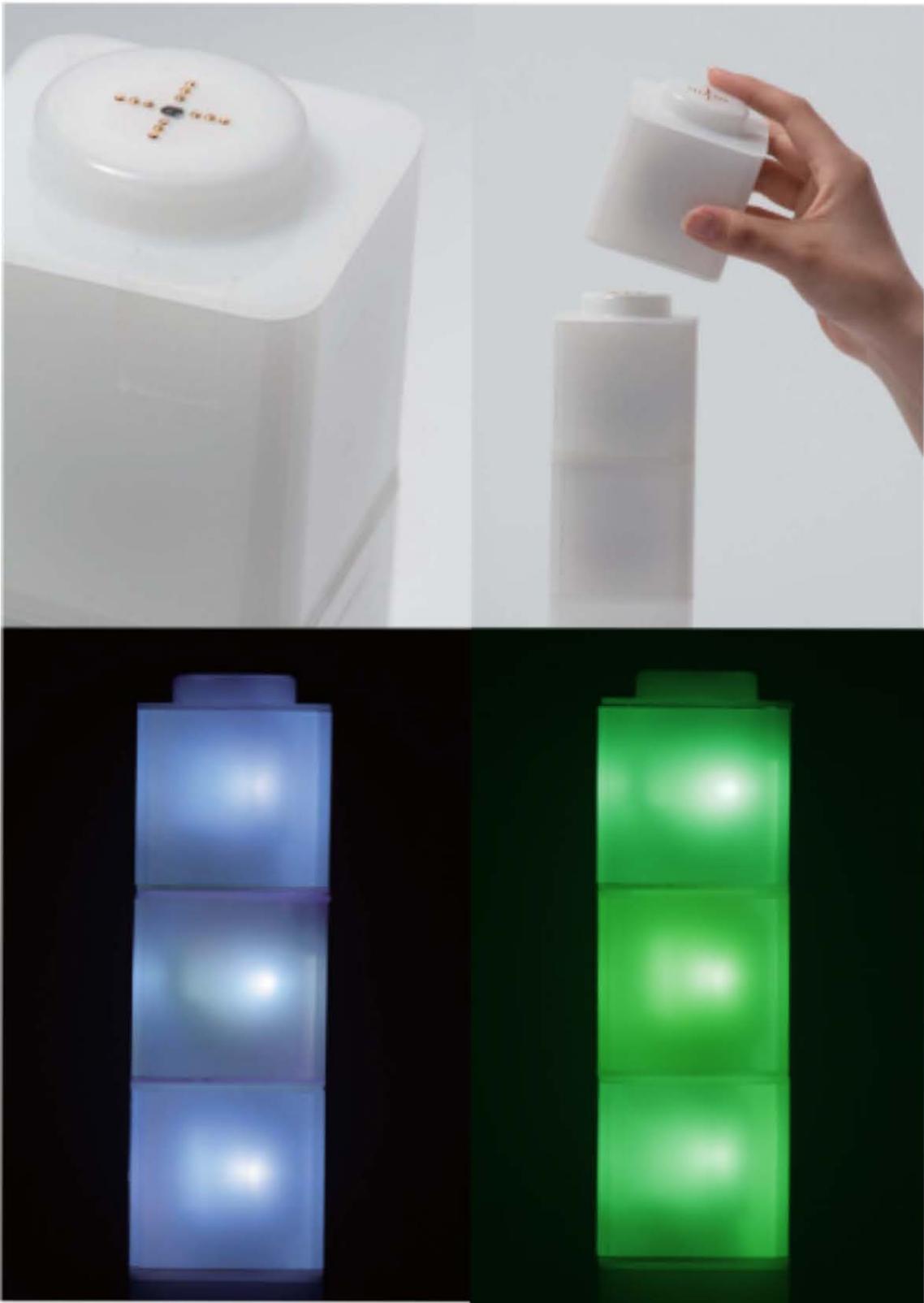


図1-3 家電や玩具がロボット化するIoT化したプロダクト

## 1.2 ロボットについて

### 1.2.1 ロボットとは

ロボットという名称は、1920年にチェコスロバキア（当時）の小説家カレル・チャペックが発表した戯曲『R. U. R.』<sup>[4]</sup>において初めて用いられた。『R. U. R.』のロボットが「人の代わりに作業（労働）をさせることを目的に」、「人（の姿と自律行動）を模して」作られたため、人の労働を代替する人型ロボットのイメージがある。

このような背景から、欧米ではロボットと人の間に境界を設け一定の距離をおく文化がある。ロボットが進化すれば人の労働を奪う労働観や、神以外は物体に生命を宿してはいけないという宗教観から、欧米ではロボットを否定する、もしくは蔑む傾向にある。

一方、日本では手塚治虫氏の「鉄腕アトム」などのマンガやアニメーションの影響で、ロボットへの親和性は強い。ロボットブームは過去において何度も起こっている。また八百万の神など万物に魂が宿る日本人の自然観から、人が人工物に生命を与え魂をふき込む行為に対して否定感はない。

このように西欧と日本でロボットに対する見方や価値観に差がある。具体的な例としては、ロボットの映画のタイトルが日本では「A. I.」（Artificial Intelligence、人工知能）に対して、欧米では「Super Toy」と玩具になる。この差が、西欧と日本でロボットに対する価値観を象徴し、今後世界中の生活に溶け込む人間共存型ロボットにとって重要な課題となる。これらは、カプラン著の「ロボットは友だちになれるか」<sup>[5]</sup>にも述べられている。

特に日本では17世紀頃から、時計などに使われていた歯車などの技術を、人形を動かす装置として応用したからくり人形<sup>[6]</sup>が作られ始めた。その中でも有名なものが、茶運び人形と弓曳き童子（図1-4）である。

茶運び人形は、お茶を入れた茶碗を人形が持った茶托に乗せるとお客のいる所までお茶を運び、客が茶碗を取ると停止する。

弓曳き童子は、矢を射る動作を自動で行う。矢台に置いてある矢を取り、弓につがえ、弓を曳き、矢を射る動作を繰り返す。この動きに加え、頭の動きで感情表現するデザインが素晴らしく、本研究に加え日本のロボットの重要な要素となっている。具体的には、矢を矢台から取る時は下を向き、矢を持ち上げ弓につがえる動きの時の目はしっかり矢の動きを追っている。狙いを定める時は首をやや上げしっかりと的を見据えている。矢を射り、矢が的にあたると顎をしゃくりあげる。人形の顔は能面のように、角度によって表情が変わる。的を狙う時は真剣な表情、矢が的にあたると得意そうな表情を顔の角度で表現する。この身体動作で感情表現する技術やエンターテインメント性に、日本の文化が潜在し、今後の日本製ロボット(例としてソニーの犬型ロボットAIBOなど)に反映されていると考える。



図 1-4 からくり人形 弓曳き童子（東芝未来科学館ホームページより）

では、ロボットの定義について考えてみる。日本機械学会の教科書シリーズに準ずるロボット工学の教科書「ロボティクス」<sup>[7]</sup>では、ロボットの定義について以下の内容で解説している。

開発されているロボットの形態は様々である。人型、4脚動物型、生物体の一部など。また、エンタテインメント用、産業用、災害対応用、福祉介護用など、機能・開発目的も多種多様である。さらに、同じ機能を実現するロボットも多様である。

それに対して、その他の多くの機械システム（例えば、自動車、電車、船、飛行機など）は、基本的な要求機能が定まっており、それに応じてある程度の定型的な形態をもっている。

このような違いが生ずる一つの要因は、ロボットが単機能機械ではないということがあげられる。究極のロボットは万能機械であろうが、そこまで行かずとも、直感的にロボットというのは複数の異なった作業を実現することができる、というのが基本的な捉え方である。

そもそもロボットという言葉の定義やそこから連想される概念などは流動的であり、時代とともに変化している。その理由は、ロボットという概念は、その時代における最先端技術の先に在るからで、それゆえ、いつの時代も我々の好奇心をくすぐり興味につきない存在であり続けているからである。

### 1.2.2 ロボットの分類

さて、ロボットの分類は大きく分けて次の3つである。①産業用ロボット、②軍事用ロボット、③サービスロボット（人間共存型ロボット）がある。

ロボット大国の日本では、1970年頃から産業用ロボット分野で世界一位の生産量となり、自動車製造の工場ラインを機械化してきた。

軍事用ロボットでは、近年米軍が無人の偵察機とミサイル搭載無人攻撃機を組み合わせ、アラブの上空などで使用することにより、地上で移動中のテロリストを車両ごとミサイルで精密爆撃するといった手法で活用している。ロボットを兵器として活用することは避けられないが、ロボットの使用方法が課題となっている。

アイザックアシモフ(Isaac Asimov・1920-1992)<sup>[8]</sup>により1950年に発表されたSF小説「I am Robot. (われはロボット)」では、次のロボット工学三原則(Three Laws of Robotics)が発表された。

第一原則 ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。

第二原則 ロボットは人間にあたえられた命令に服従しなければならない。ただし、あたえられた命令が、第一条に反する場合は、この限りでない。

第三原則 ロボットは、前掲第一条および第二条に反するおそれのないかぎり、自己をまもらなければならない。

ロボットにおける、人間との共同活動において一定の基準を作ることの必然性を、三つに原則化したことで、その後のロボットのあり様に大きな影響を与えることを期待する。

人間共存型ロボットでは、1996年本田はプロトタイプの「P2」を世界に向け発表し1999年に「P3」を発表した。2003年知能化技術を搭載した「ASIMO」を発表した。

2000年にソニーからは、家庭用ロボットとして「AIBO・ERS-210」を発表された。「アイボ」のメカニカルな動物表現は、ロボットらしさを前面にだしたものであった。また、2002年には簡易的なフレーム構造を持ち、市販のサーボモーターによって制御され動作するロボット「PINO」が発表された。

2005年愛知地球博では多くの人間共存型ロボットが発表された。三菱重工の「wakamaru」やトヨタ自動車の「パートナーロボット」、NECの「パペロ」、ビジネスデザインの「イフボット」など、どれもがロボットして愛くるしさを兼ね備え、ハイテクのロボットである印象を和らげ、また人と活動するために必要な安全性を最優先化された形態としてデザインされている。

そして、現在大阪大学大学院工学研究科・石黒研究室らが開発する「Geminoid」や、同研究室がココロと共同開発する「Repliee Q2」などは、より人間的に状況を判断し、感情までも再現する人型ロボットである。確実にロボットと人との距離が縮まっていくことが具現化され、ニーズに即した人間共存型ロボットとして開発されていく時代が到来した。

このように今後期待されているサービスロボット（人間共存型ロボット）は、大きく3タイプに分類される（図1-5）<sup>[9]</sup>。

ヒューマノイドロボットやペット型ロボット、レスキューロボットなど、象徴的なロボットとして考えられるのがビジブルロボットタイプである。

道路や街、室内などの環境側に埋め込まれ、衣服や装身具に埋め込まれ状況に応じて情報提供を行い、家電などの機器に埋め込まれロボットらしい身体を見せず人とロボットと相対したようにやりとりを行うロボット群を、アンコンシャスロボットタイプと分類する。

スタートレックのホロデッキや銀行のATM画面内など、コンピューターの生成したグラフィックがアバター（コンピューター上の分身となるキャラクター）として人とコミュニケーションをとり、情報エージェントとして日々の生活情報を提供してくれるものがバーチャルロボットタイプである。物理的な身体をもたず、ネットワーク上でオペレーターか

らのコマンドに応じて、あるいは自律的に動作するユーザー端末のディスプレイ上でアイコンや顔をもったインタフェースエージェントとして機能する。

これら種類の違う様々なロボットが日常生活に介在し、ネットワークによって双方向に連携し協調動作を通して快適な人々の生活支援やサービスを提供していく未来社会が期待されている。

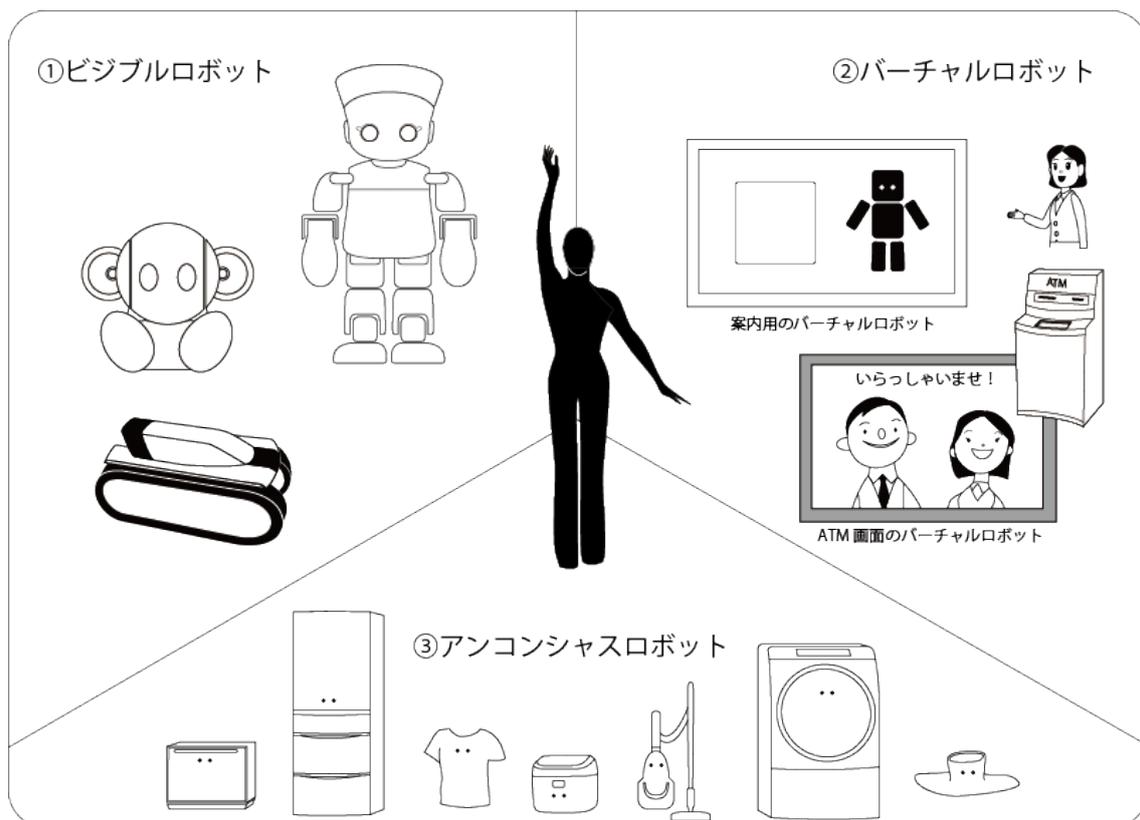


図1-5 人間共存型ロボットの大きく3タイプに分類された図

### 1.2.3 ロボットの変遷

日本では、1980年代以降、我が国が世界に誇るものづくり分野を中心に、産業用ロボットの生産、活用など各面において世界をリードする「ロボット大国」としての地位を維持してきた。

これに対し、近年、欧米などの先進国や中国などの新興国の双方において、改めてロボットが成長の鍵として注目を集めている。ロボットを巡る新たな国際競争の背景にあるのが、人工知能によるデジタルデータやバーチャルネットワークが中心となるIoT時代の本格的な到来である。

こうした世界的な潮流の中において、経済産業省ホームページによると日本政府は、「日本再興戦略」改訂2014<sup>[10]</sup>で掲げられた「ロボットによる新たな産業革命」の実現に向けて、ロボット革命実現会議を開催し、2013年9月から6回にわたり行われた会議での議論の結果、「ロボット新戦略」がとりまとめられた。以下は、そこからの抜粋である。

少子高齢化、生産年齢人口の減少が進展する中、ロボット技術は、製造業の生産現場、医療・介護現場、農業・建設・インフラの作業現場などの幅広い分野で、人手不足の解消、過重な労働からの解放、生産性の向上などの社会課題を解決する可能性を有している。

こうした中、「日本再興戦略」改訂2014において、「ロボットによる新たな産業革命」（以下、「ロボット革命」）として、ロボット技術の活用により生産性の向上を実現し、企業の収益力向上、賃金の上昇を図ることなどが掲げられた。

日本を世界のロボットイノベーション拠点とする①「ロボット創出力の抜本強化」世界一のロボット利活用社会を目指し、日本の津々浦々においてロボットがある日常を実現する②「ロボットの活用・普及（ロボットショーケース化）」、ロボットが相互に接続しデータを自律的に蓄積・活用することを前提としたビジネスを推進するためのルールや国際標準の獲得等に加え、さらに広範な分野への発展を目指す③「世界を見据えたロボット革命の展開・発展」の3つを柱として推進していくことが掲げられている。

直近のロボットでは、ソフトバンクが2015年2月27日、感情認識ロボット「pepper」（ペッパー）を一般向けに発売した。価格は19万8,000円となる。製造はフォックスコンが担当する。サイズは1,210mm×425mm×485mm、重量は28kg。移動速度は最大3km/hで、移動可能段差は最大1.5cm。

このロボットは、「世界で初めて人の感情を読み取るロボット」である。この感情を認識する特徴は、搭載する感情エンジンによる機能でクラウドベースの人工知能（AI）で動作する。まさに、ロボットのIoT化（プロダクトがネットワークとつながって自律動作するなど）である。

感情エンジンは、人に褒められて嬉しいと感じることができ、それによって学習を積み重ねていく。感情は、人の表情と声を分析することで判断できる。感情を数値化し、自律的に学習もする。ロボットの最も重要な役割は喜びや驚きなど人々の日常生活を豊かにし、優しく感情に訴える存在になること。感情を持ったロボットは人々の生活の新しい時代を切り開くと考える。

#### 1.2.4 ロボティクスデザインとは

ロボティクスとは、大須賀ら<sup>[7]</sup>によると既存の概念の下にある機械だけでなく、新しい概念、機能が必要となる広範な知能機械に対し、それを実現するための様々な理論的、技

術的なツールを提供してくれるものである。さらに、ロボットに行わせたい目標作業に対し、技術を含めた要素を取捨選択、あるいはさらに開発しながら、できるだけシンプルに、信頼性の高いシステムを実現していくための設計論的な学問体系といえると定義付けされている。

具体例として、不整地を移動し情報収集を行うロボットを作るとすれば、移動機構は歩行とするかローラー（ゴム製帯状車輪）とするか、環境認識にはカメラとレーザーファインダーのどちらを用いるべきかなどを、これらを利用する環境、利用できる資源などを前提に決定し、1つのシステムを作り上げていく、このプロセスがロボティクスである。

20世紀は様々なロボットが実用化され始め、センサーやアクチュエーター（制御部品）の進歩にロボットは高度化、高性能化してきた。コンピューターとメカトロニクス（機械工学と電子工学を統合した分野）を駆使したロボットを、制御やセンサーや機械機構の技術を統合して動作させるのがロボティクスである。

しかしながら、このロボティクスは進化しているが、実際にロボットと対峙したときに、まだ何か足りない。美しい外観のエンタテインメントロボットをつくることはできた。ところが、どうしても飽きてしまう。ロボティクスのプロセスだけでロボットをつくるのではなく、人とロボットの関係性がよくなる何かを加えた新しいロボットのつくり方が必要と考える。

ところで、ロボットも一つの工業製品とした場合、人と工業製品（以降、プロダクト）の関係性がよくなる従来型のプロダクトデザインについて考察してみる。

高級なペンのデザインにおいて、高級感を視覚的な外観の造形や表面処理だけでなく、ペンをもったときの指先に感じる質感や適度な重さ、書き心地、蓋をする時の音にまで、一流のデザイナーは繊細な注意を払ってプロダクトデザインしている。開発者やデザイナーがプロダクトに吹き込んだ魂を、プロダクトを通して、ユーザーは五感で知覚し受け取ってきた。ユーザーは言葉に出さないが、無意識な領域でプロダクトデザイナーの意図を享受し、言葉に表現できない感覚で共感してきた。心の中でプロダクトと対話する人の所有感は、プロダクトを擬人化し、ポジティブな情動（喜びや愉しさ）となり愛着へと進化している。

ノーマン<sup>[11]</sup>によるとドイツ BMW 製自動車ニューミニは、軽自動車と比較して費用対効果はよくないが、情動させる外観デザインは人々を魅了し世界的なヒット商品となっている。このように製品の機能美を追求するだけでなく、製品からの新たな感性価値をユーザーに伝える行為をプロダクトデザインと定義する。

さて、これらのプロダクトは、自ら動かない静的かつ受動的な物体である。敢えて人が意識してプロダクトに働きかけることで動作し、人の感情へのフィードバックが起こる。

しかしながら、ロボットは自ら動くプロダクトであり、動的かつ能動的である。人からロボットへ働きかけずとも、ロボットから人の意識の中で遠慮なく侵入し、人の感覚へ様々な情報を押しつけてくる。このように悪意なく無遠慮なプロダクトは過去にない。

これらのロボットは、外観から時折かわいい印象を人に与えるが、現実的にそのほとんどは人が想像する理想的な性能や機能が備わっていないため、人を落胆させ辟易とさせている。人に心地よい動きをロボットがしてくれる時間は少なく、単調でパターン化された想定通りの動作しかしない。音声認識性能も高くないため、話しかけても聞き取れずロボットとの会話が続かない。最終的にはリセットするため常に電源を再起動するような人にネガティブな印象を与え続ける。

マイケル・S・ガザニガ<sup>[12]</sup>によると、人は進化の過程でネガティブ優先の偏見をもつようになった。ライオンに捕獲されないようネガティブな合図に、より速く反応した者だけが生き残ったためである。現行の低性能なロボットは、ネガティブ優先の人に一層ネガティブな印象を与えている。

さらに、人はモノを擬人化して、その感情を読みとる習性がある。無理矢理、人の意識下に入り込む未完成なロボットに対しても、情動を読まないでおこうという人の制御が効かない。そのため、ロボットの性格や心や行動の意図までも無意識に読もうとするから、人に一層ネガティブな印象が増大する。

このようにロボットは動的で能動的であるため、人の五感から脳へ移行するロボットからの情報量は急増して、人が瞬時に情報処理できない傾向にある。これら二つの人間特性（ネガティブ優先、モノを擬人化）を考慮しながら、人がロボットを情報処理した結果をうまくポジティブに変えていく、ロボットへのプロダクトデザインが必要である。それは、例えばロボットからの感情表現（感情の出力）を、振舞いや音声や光り方にうまく変換して、人の感覚がポジティブに感じるようデザインすることである。

そのために、開発者やデザイナーは感性（センス）をフルに働かせなければならない。人とロボットの間の目に見えない感情のやりとりを読み取るセンスである。ロボットの感情出力を、人がポジティブに感じるようにデザインするセンスである。それは、ロボット感情表出を動作させる機械構造にはじまり、人との情報を察知するセンサーや、人へのフィードバックをプログラムから検出するコンピューターに至るまで一連のロボティクスの流れを、センスあるプロダクトデザインで統合しなければならない。

このセンスあるプロダクトデザインによって開発されたロボットの感情出力を、振舞いや音声や光り方にうまく変換して人に伝えるロボティクスのプロセスが重要である。感性デザインとロボティクスを融合させたプロダクトデザインを通して、人とロボットの間でポジティブな感情のキャッチボールが可能となり、人とロボットのよい関係性が構築でき

ると考える。

従来の人とプロダクトの関係性においても、性能や機能が均質になると、その外観や使い勝手に加え、“感情に訴える”もの（感性価値）がないと人々は魅力を感じない傾向にある。優れたプロダクトデザインは人の心を動かし情動させている。

人は理性や知性とは別に、感覚的にプロダクトの好き嫌いを判断し、価値を見出し、内面的な充足感を得ようとする。良いプロダクトは、生活者の感性に働きかけ感動や共感を呼び起こす。

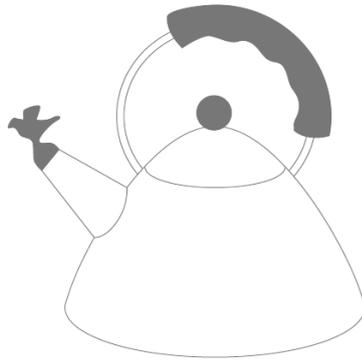


図1-6 アレッシ社のケトル

図1-6のアレッシ社のケトルは、機能を達成する基本構造を逸脱せず、火傷をしない把持部カバーや沸騰時を知らせる鳥のさえずり音など使用時の快適性を盛り込み、それらを外観に可視化させる（プロダクトの現在の状態や得られる効果、操作方法などを理解させる工夫）ことで人々を魅了する道具へ昇華させている。

ヤカンというプロダクトは、ロボットに近く様々なフィードバックがあり人とインタラクティブである。沸騰した時は、熱湯が沸き立ち音、ヤカン自体が振動する音、注ぎ口から蒸気を吹き出す音と聴覚への多くの情報を発する。白く熱い蒸気が吹き出すため、視覚と触覚にも情報を発する。ヤカンも熱いという感情を表現している。これらの五感を通して伝えてくれる情報は、沸騰時のヤカンを触ると熱く、火傷をして痛いという人の情動となる。



図 1-7 ヒューマノイドロボット

このアレッシ社のケトルのよいところは、熱い蒸気の吹き出すネガティブな音を、小鳥がピーピーと鳴くポジティブな音に変換していることである。ケトルの鳥のさえずりのような沸騰時の音を聞きたくて、このケトルを人は火にかけるだろう。このアレッシ社のケトルは、人とヤカンの関係を友好的でポジティブにさせている。これが、ロボットのプロダクトデザインに必要な要素である。

このように人と人がコミュニケーションするように、人とプロダクトが意味と感情をコミュニケーションする関係性を、人とロボットの関係性にもつくっていくことがロボティクスデザインである。人にロボットの意味を伝えるだけでなく、ロボットの感情までも伝え、人をポジティブに情動させていく。これをロボティクスデザインと定義する。

### 1.3 ロボットに心をデザインする

2003年筆者は、その家電メーカーのインハウスデザイナーからプロダクトデザインの大学教員へ転職した時、初めて産官学連携プロジェクトでヒューマノイドロボットのデザインをした(図1-7)。神戸市などの産官からの依頼テーマは神戸を象徴する「かわいいロボット」であった。そのため、幼児の3頭身の体型やヨチヨチ歩きなどの「かわいい」しぐさを表現できる骨格と動作に、港街神戸らしい水兵さんの「かわいい」外観をデザインした。

先端機器(コンピューターが内蔵されている情報機器など)のプロダクトデザインにおける先行研究<sup>[13]</sup>では、直感的に操作手順が理解できるアフォーダンス(導き)に配慮して、ユーザーが理解しやすいように機器の多様な情報を可視化している。

次に、画面内の操作インタフェースにおけるデザインでは、ゴミ箱の絵をアイコンに採用することで、不要なデータを削除する操作を直感的に理解しやすくしている。このメンタルモデル<sup>[13]</sup>(人の記憶や経験内の様々なパターンを、プロダクトデザインにあてはめ使用性を向上させる)は、誰もが操作の心地よさや楽しさを優先して体感できる先端機器のプロダクトデザイン手法である。

さらに、操作に何らかの結果と反応がないと人は不安になる。リモコン操作後に対象機器から音が発生するような自分(ユーザー)の意図を確認するため、プロダクトからユーザーへのフィードバック<sup>[14]</sup>も重要である。これら先端機器の延長線上にロボットが存在する。情報の可視化、メンタルモデル、フィードバックは、人とロボットの最適な関係性を創造するロボティクスデザイン手法と考える。

これら先端機器のプロダクトデザイン手法を駆使しながら、このロボットと相対する人が良い関係になるよう、試行錯誤した細工をロボットに多々デザインした。

開発当初、フレームとモーターむき出しであったこのヒューマノイドロボットの試作機

を、筆者は頭部を片手で驚づかみに手荒く扱っていた。しかし、外装の顔や体をフレーム装着し、かわいいと感じさせる動作プログラムで試作機が動作し始めると、開発者である筆者自身がこのヒューマノイドロボットの試作機に感情移入していった。

具体的には、筆者自身がこのヒューマノイドロボットの試作機を、まるで幼児を両手で抱きかかえるように移動させ、「この子」と呼ぶようになった。

人形に魂を込めるように、筆者自身がこのヒューマノイドロボットの試作機に様々なデザインを施すことで魂を込めた。その結果、開発者である自らが感情移入しロボットに心が宿ったかのように錯覚してしまう体験をした。機械であるロボットが人の感情を動かし、ロボットに「こころ」があるかのように感じさせることができた。

これこそが、ロボティクスデザインである。機械であるロボットに心はないが、ロボットに「こころ」があるかのように人に思わせることは可能であることが理解できた。人の感情移入により人とロボットの垣根を超えて円滑なコミュニケーションを創造できる。ロボットに「こころ」が宿ったかのように人を錯覚させることができる。ロボットに「こころ」を持たせる、「こころ」があるように思わせるロボティクスデザインによって人が機械に感情移入して良い関係性が構築できる。これが、最大の発見であった。

#### 1.4 感情コミュニケーションデザイン

本研究では、卓上に置かれたロボットと人との会話における感情コミュニケーションデザインの研究を、ロボット実機のデザイン開発を通して行った。この卓上会話ロボットの機能は、図1-8のように現在家庭内機器の遠隔操作リモコンや独居主人の癒し、また玄関ホールの受付用ロボットなどがある。

しかしながら、人が人工物である機器に話しかけるのは気恥ずかしく、周囲に人がいると一層恥ずかしさが増す傾向にある。実際に、携帯電話やパソコンを卓上会話ロボットと想定して数名で簡単な実験を行った結果、筆者も含めて全員が気恥ずかしさを感じた。

卓上会話ロボットのロボティクスデザインにおいて参考になる先行研究として、面出ら<sup>[15]</sup>は自動車を運転する際に、人はハンドルを操作しているというよりも、車体の向きを変えていると認識している。意識されないハンドルのように、介在するシステムが透明になるように人工物を使いやすくデザインすることが、今後の人と機器とのコミュニケーションにおいて最も重要な課題であると述べ、「透明なインタフェース」という概念を提唱している。人が機器に話しかける際、その機器を透明に感じさせるロボティクスデザインの方策が必要である。

ところで映画やアニメの世界では、人とロボットが上手く会話している。よく観察すると、ロボット側から人へのフィードバック機能が最適であるため、鑑賞者にも違和感無く

受け入れられる。そこで、本研究では、このフィードバック機能を現実の世界の卓上ロボットにデザインすることで、人と機器の最適な会話が成立し、気恥ずかしさが軽減されると考え研究を進めた。

大坊による「しぐさのコミュニケーション」<sup>[16]</sup>では、人と人の会話における対人コミュニケーションは、言語的コミュニケーション：Verbal communication と、表情や身振り手振りなどの非言語コミュニケーション：Non Verbal communication（以降、ノンバーバルコミュニケーション）の二つに分けられる。アメリカの心理学者アルバート・メラビアンが報告した「メラビアンの法則」<sup>[17]</sup>では、人同士の会話を通して話し手が聞き手に与える印象の大きさは、言語情報：7%（言葉で表現される語の内容）、聴覚情報：38%（声の質感、話す速さ、声の大きさ、時間）、視覚情報：55%（外見、表情、態度、ジェスチャー）となり、会話でノンバーバルコミュニケーションが有効であることが理解できる。

本研究では、大坊のノンバーバルコミュニケーションに着目し、その人と人の関係性（身振り手振りなど）を、人と卓上対話ロボットの関係性に変換して、動作する卓上会話ロボットの実機制作を通して、その効果の有無を検証した。

また、ノンバーバルコミュニケーションの研究では、岡山県立大学の渡辺ら<sup>[18]</sup>が人とロボットとの身体動作の引き込み現象を研究し、ロボットのうなずきが人とロボットの対話時の関係性を向上させることを明らかにしている。この知見も本研究に役立てた。



図 1-8 卓上会話ロボットの機能説明図

卓上会話ロボットにおけるノンバーバルコミュニケーション用の構造としては、頭部の「うなずき」と「首の傾げ」、「身体の横回転」と「両足のブラブラ」（図 1-9）、表情は LED 表示による「眼の瞬き」と「話す口」（図 1-10）を搭載し、プログラムにより感情表現が行えるようにした。

この卓上会話ロボット（図 1-11）と被験者が対話した実験結果は以下から、コミュニ

ーションロボットにノンバーバルコミュニケーション機能を取り入れることで、ロボットに話しかける人の気恥ずかしさは解消できることが明らかになった<sup>[19]</sup>。

人と人のノンバーバルコミュニケーション機能をロボットに取り入れることで、人とロボットの最適な感情コミュニケーションが行えることが理解できた。ロボットのノンバーバルコミュニケーションによる感情の動きは、ロボットに心があるかのように人に思わせる効果がある。このようなロボティクスデザインで、人は無意識にロボットに感情移入し、人とロボットの距離を縮めることができる。人がロボットの存在を気にせず、ロボットと多くのコミュニケーションをとることができた。まさに、卓上会話ロボットが透明な存在＝透明インタフェースになるロボティクスデザインの方策を明らかにした。

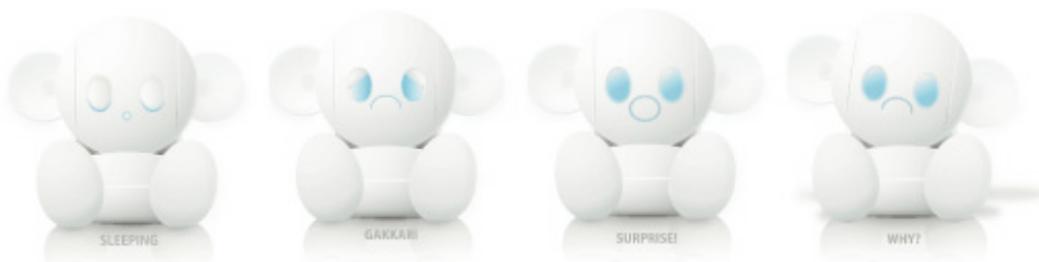


図 1-9 卓上会話ロボットの動作説明図（瞬き、口の動き首の傾げ）

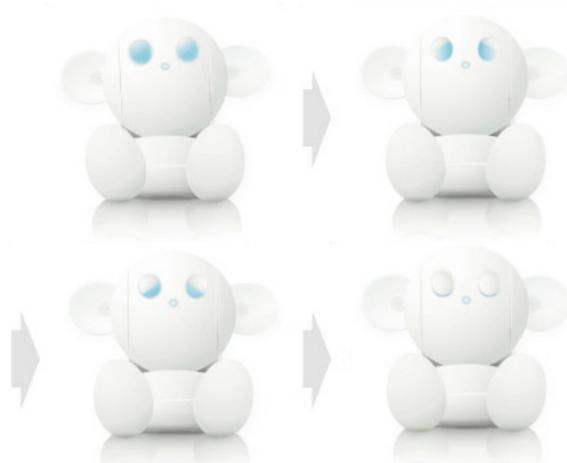


図 1-10 卓上会話ロボットの動作説明図（LED 表示による瞬き）

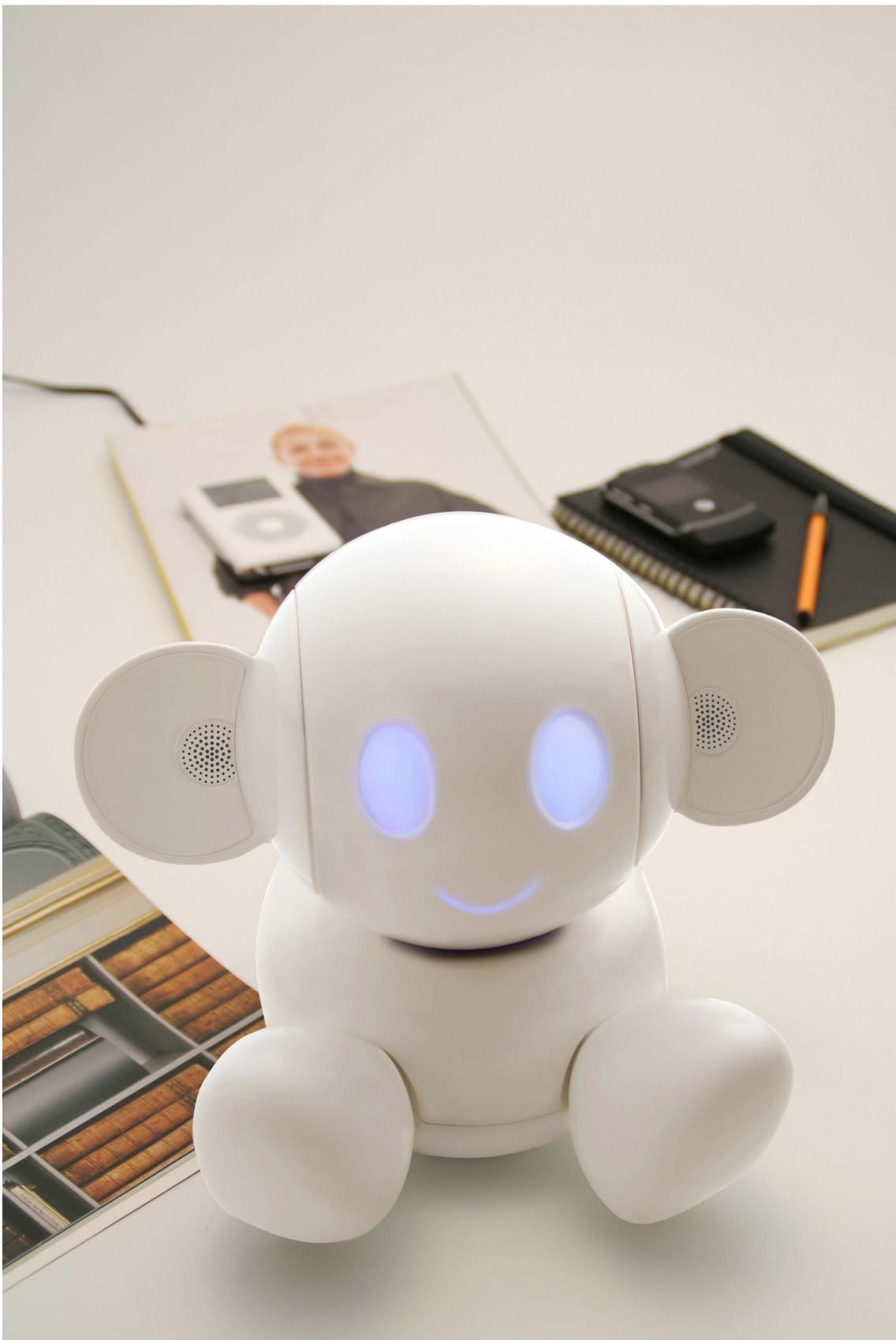


図1-11 卓上型コミュニケーションロボット

## 1.5 文楽とアニメの動作デザイン比較実験

### 1.5.1 実験背景と目的

ロボットが今後日常生活に溶込み人とコミュニケーションを向上させるには、ロボットにノンバーバルコミュニケーションを取入れ、人とロボットの間で感情コミュニケーションを行わせるロボティクスデザインが必要であることが図1-11の研究から理解できた。特に感情を伝えるロボットの演技演出力が重要となる。人とロボットの日常生活を舞台（映画や演劇）と考え、その総合芸術としての演技演出手法をロボットに応用し、ロボティクスデザイン法則としての確立が重要と考えた。

そこで、演技で感情豊かな表現が既に確立されている、映画（俳優）や舞台や歌舞伎（役者）の調査を始めた。ノンバーバルコミュニケーションにおいて、特に人が重視する（感覚器官から得る情報の中で）視覚情報の“しぐさ”の動きについて研究を進めた。しかし、俳優や役者は演技に個性を出して演出するため、ノンバーバルコミュニケーションの中に個々のしぐさが多く盛込まれ、類型化や分析が困難であると判断した。

この検討結果から、調査分析の方向を変更した。人自らが演じる映画や演劇の分野でなく、人が物体に何らかの加工をする（命を吹き込む）ことで、感情コミュニケーションが既に確立されている文楽とアニメの分野から調査分析を行った。豊かな感情を表現し、観る人に感動を与え泣かせる動きの確立されている一流の領域で調査実験を進めた。

### 1.5.2 実験方法

一流の文楽とアニメのビデオから、女性が上半身で感情を強く表現しているシーン（1分程度）を選抜した。モニター上に表示された文楽とアニメの頭部の動作量をモニター上の移動量（Y方向）とし、経過時間（秒）ごとに計測した。それらの傾向と差からロボットの動きに応用できるものを明らかにする目的で分析を行った。文楽とアニメのビデオは以下となる。

アニメ：宮崎駿監督「ハウルの動く城」よりキャラクター「レティアー」が主人公に話しかけるシーン

文楽： 平家女護島～鬼界ガ島の段～“蛍千鳥”（吉田文雀）が話しかけるシーン

### 1.5.3 実験結果

上体（頭部）の動き（Y方向）を比較計測した図1-14のグラフには、感情コミュニケーション時の動作における大きな差が明確に出ている。

アニメの動きでは、グラフ上の軌跡が垂直水平に分かれていることから、動作状態と静止状態が明らかに分かれ、特に静止状態が長い傾向にあることが理解できた。一方、文楽

では、グラフ上の軌跡が斜めに移動する状態が多いことから常に動作状態が続く傾向にあることが明らかになった。

この結果から、あらためてアニメと文楽の動画を観察すると、アニメの頭部が静止状態の時、顔の中の各部位（眉、目、口）が激しく動作していた。アニメでは主に顔の表情変化で、視覚的な感情コミュニケーションを行っていることが明らかになった。

一方、文楽では文楽人形の顔の表情変化が乏しい分、常に身体全身を動作させることで視覚的な感情コミュニケーションを行っていることが明らかになった。頭部のわずかな動きで目の動きを代弁し、手先や腕の動きで口の動きを代弁していることも発見できた。

#### 1.5.4 考察

人が物体に何らかの加工をする（動作を与え命を吹き込む）ことで、感情コミュニケーションが既に確立されている文楽とアニメの調査分析結果から、アニメでは主に顔の表情変化で、視覚的な感情コミュニケーションを行っていることが明らかになった。一方、文楽では全身協調運動（身体全身を動作させること）で視覚的な感情コミュニケーションを行っていることが明らかになった<sup>[18]</sup>。

当面普及するであろうと考えるロボットは、顔の表情変化に乏しいと考える。なぜなら、人型サービスロボットにおいて腕や胴体を動かす制御モーターは必要であるためコスト面で削減することは少ない。しかしながら、顔の表情変化のためだけの制御モーターコストは優先的に削減される。

このことも踏まえると、この実験結果から、当面普及するであろうと考える（顔の表情変化に乏しい）ロボットには、文楽の動きが最適と考え、文楽人形遣いと共同研究に発展した。

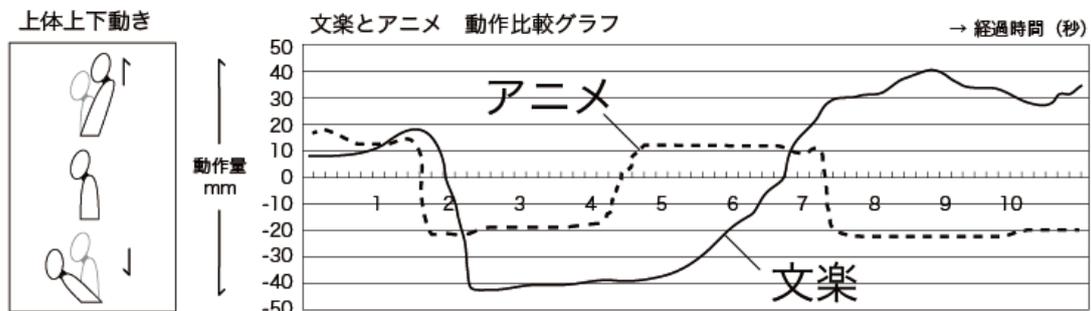


図1-12 上体（頭部）の動き（Y方向）を比較計測した図

## 2章

骨格伸縮ロボットの全身協調動作による感情表現が人に与える印象度評価

## 2.1 研究背景

人間共存型ロボット（サービスロボット）が期待される中、人とロボットの新たな関係性づくりが今後の課題である。人はロボットを、自動車や家電のように完璧にタスクを遂行できる機械と潜在的に認識している。この先入観のため、ロボットが失敗すると人は想像以上にストレスを感じる傾向にあると予想される。また介護ロボットの高齢者支援においては、機械にモノ扱いされることへ嫌悪感を抱き拒否反応を示す高齢者も多い。

人と人が関係する人間社会では、その複雑さから人同士で相互の感情を顔の表情やしぐさ、声の抑揚から瞬時に読取り、その時々で最適な反応や動作を無意識に行い良好な関係性を構築している。このようなロボットからの豊かな感情表現があれば、人とロボットの良好な関係性が構築できると考える。

例えば、図 2-1 に示すようにペットが粗相しても感情豊かに愛らしいしぐさをされると飼い主は許してしまう。しかしながら、人はロボットが粗相をすると落胆しストレスが増す。これを解消するにはロボットがペットのように感情表現が行えることが必要と筆者は考える。ロボティクスデザインにおける感情創造研究の主な目的は、ロボットからの感情表現で人の心境を変えることができる重要な機能を高めるためである。

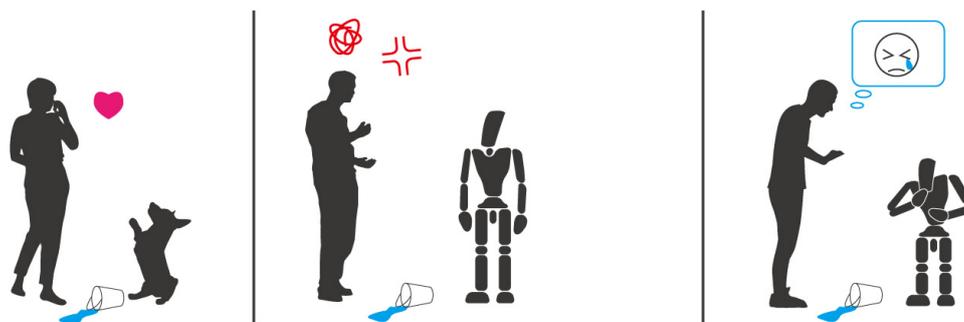


図 2-1 ペットによる情動、ロボットによる情動の有無と人の関係

先行研究において現在開発されている感情表現できるロボットは、主に顔の感情表現を採用している。石黒らの高度に写実的な人間型ロボットを目指すアクトロイド<sup>[21]</sup>は、ロボットのサーボ機構を動かしている圧縮空気などのコンピューターやハードウェアはロボットの外部にあるため、フレキシブルに移動や動作ができる人型サービスロボットとして

の実用化は当面期待できない。KOBIAN<sup>[22]</sup>では、ロボットの顔の表情を出すため頭部に25自由度の駆動部を設けているため、実用化を考えるとコスト面での課題は大きい。そのためロボットの身体部に設けられている多自由度を、ロボットの感情表現に効果的に活かす必要性があると考えた。

そこで本研究では、既に感情表現メカニズムが構築および確立されている「アニメ」と「文楽」に焦点を絞り研究を進めた。「アニメ」はアニメーターの作画負担を軽減するため顔中心の感情表現であったのに対し、「文楽」は全身の身体動作（全身協調運動）で感情表現を行っていた。社会への普及拡大を目指す安価なロボットには、既にロボットに装備されている身体動作用モーターを、身体動作（全身協調運動）による感情表現に活用できる「文楽」に焦点を絞り研究を進めた。

文楽とは、文楽協会ホームページ<sup>[23]</sup>によると以下の内容で記載されている。

人形浄瑠璃文楽は、日本を代表する伝統芸能の一つで、太夫（義太夫節による語り）・三味線・人形が一体となった総合芸術です。その成立ちは江戸時代初期にさかのぼり、古くはあやつり人形、そののち人形浄瑠璃と呼ばれています。竹本義太夫の義太夫節と近松門左衛門の作品により、人形浄瑠璃は大人気を得て全盛期を迎え、竹本座が創設されました。この後豊竹座をはじめいくつかの人形浄瑠璃座が盛衰を繰り返し、幕末、淡路の植村文楽軒が大阪ではじめた一座が最も有力で中心的な存在となり、やがて「文楽」が人形浄瑠璃の代名詞となり今日に至っています。また、人形浄瑠璃文楽は、ユネスコにより2003年（平成15年）に「人類の口承及び無形遺産に関する傑作」として宣言され、2008年（平成20年）に「人類の無形文化遺産の代表的な一覧表」に記載されました。



図2-2 人形一体を三人の人形遣いが操る文楽

文楽人形遣いとは、図2-2のように「人形一体を三人の人形遣いが操る、世界でも例を見ないもので、微妙な動きはもちろん心情までも表現し、生身の人間以上に訴えかけるものを持っています。」と記載されている<sup>[23]</sup>。

人形遣いは、人形の頭部と右手を操作する主遣い、左手のみを操作する左手遣い、脚部を操作する足遣いに分けられる。

文楽人形は、主に「かしら」と言われる頭部と肩部、肘から先の手先と腕部で構成されている。男型の人形には脚部があるが女型には無く、人形遣いの中の足遣いの両手によって脚部の動作表現を行っている。このように人間と異なり、胴体部や関節部はなく、各パーツを紐や木材の組み合わせなどで連結し衣装を被うかたちで構成されている(図2-3参照)。

図2-3は、人形遣い桐竹勘十郎氏(紫綬褒章受賞)と男型の人形である。人形遣いの左手で人形のかしらと肩を操作し、右手で人形の右腕を操作している。

この図で重要なのが、人形遣いの左胸に一本の竹棒が人形のかしらに連結している部分である。強い感情表現を人形が行う際に、この竹棒を人形遣いの身体(右胸)で操作して、人形のかしらを上下させる演技を行っている。図2-3では、オレンジ矢印部の竹棒を使って、かしらと首を伸ばしている。図2-4では、逆にかしらと首を縮めている。この伝統芸能の匠の技が、文楽における特有の感情表現メカニズムである。このようなメカニズムが、腕や胴体にも取入れられている。

図2-5に示すように、アニメにおける感情表現時の誇張表現と同じ感情表現メカニズムでもある。

また、桐竹勘十郎氏演じる舞台の録画映像などからも、文楽人形における感情表出プロセスや感情表現の動きの調査分析を行った。それらから得られた知見は、文楽人形の動きを後方の席からでも観客が理解しやすいように次のような一定のパターンで演じられていた。

感情表出プロセスは、知覚→評価→感情→表出→行為 この感情表出プロセスを常に採用し、観客席の後方からでも認知できるステージングシルエット(舞台上で文楽人形が感情ごとに誇張した身体の型)と間(静止する時間)を多用し、わかりやすく演出していた。

個々の感情表現の動きでは、疑問形の場合は体全体を上方へ、断定形の場合は下方へ動かす。話を聞く状態は相手を注視(顔を相手に向ける)しながら、身体の大きな上下の動きでうなずきを代替するリアクションとしていた。このようなオーバーリアクションの身振り手振りが盛込まれているが、文楽人形の動きとしては実に自然でわかりやすく演出していた。

一例として、妹背山婦女庭訓のお三輪の動きを図2-6で紹介する。

- ①お三輪が走り寄り、遠方に何かを確認する知覚の動き。…頭部を突出し上体を下げ、視線を凝らす動きを表現する。
- ②次に、恋人と知らない女性が寄り添っていることを発見する評価の動き…首を縦に大振り、お三輪自ら再確認する。
- ③④怒りの感情がおこり、一気に表出する感情表出の動き。…急に飛び上がり(胴体を伸

ばし) 怒りを表現し、二人を引き裂こうとする決意をステップで表現する。

⑤最後は、お三輪が二人の間を裂こうと走りよる行為の動きとなる。このような知覚から行為までの一連の動きを、音楽のフレーズのように感情表出プロセスとして組合せ、観客にわかりやすく演じていた。

さらに図2-7では、観客席の後方からでも舞台上の文楽人形の感情がわかるように、極端に誇張した部位ごとの動作を取入れ、ステージング(舞台)上のシルエット(型)として、わかりやすく表現している。

これらの調査分析結果から、人が顔で感情表現するパターンを、文楽人形ではステージングシルエット(舞台上で文楽人形が感情ごとに誇張した身体の型)のパターンで感情表現していると仮説をもった。

人が顔で感情表現するパターンでは、感情と表情の先駆的な研究を行った米国心理学者ポール・エクマンの表情分析の先行研究がある。その著書<sup>[22]</sup>の中に、万国共通の顔の表情として6つの感情、幸福、悲しみ、怒り、恐怖、嫌悪、驚きを実験を通して明らかにしている。実験の中で顔の感情表現時に、顔の部位ごとの動きに特徴があることを紹介している。悲しみの場合は、眉、額、瞼(まぶた)が特徴的に動き、驚きの場合は、眉と顔の下部になる。

これら先行研究の知見を、文楽人形の身体動作による感情表現に適応させることが可能と考えた。文楽人形遣いと共同研究から、首や胴を伸縮させて誇張した身体動作による感情表現と、各感情が一目で理解できる文楽人形の動きの型(ステージングシルエット)を融合させることで、ポール・エクマンの6感情の顔の表情を表現できると考えた。

## 2.2 文楽人形による感情創造のための誇張動作確認実験

### 2.2.1 実験目的

ロボティクスデザインにおける感情創造研究の中で、文楽人形遣い桐竹勘十郎氏との共同研究から、強い感情表現時に首、腕、胴の骨格を伸縮させる文楽人形遣いの感情創造メカニズム(匠の技)の発見があった。また、文楽人形の感情表現プロセスの中で、観客が認知しやすいように工夫されたステージングシルエットなどの動作パターンが確認できた。

これらの発見の中で、特に文楽人形による強い感情表現時の骨格伸縮動作を科学的に明らかにするため、文楽人形の動作をモーションキャプチャーで解析する実験で行った。



図2-3 人形遣い桐竹勘十郎氏と男型の人形

A: オレンジ矢印部の竹棒を使って、かしらと首を伸ばしている状態

B: グレイ矢印部は、竹棒の突き出しによる首が伸びた状態



図2-4 オレンジ矢印部の竹棒を使って、かしらと首を縮めている状態

A: オレンジ矢印部の竹棒を引いて、かしらと首を縮めている状態

B: グレイ矢印部は、竹棒の引きにより首が縮んだ状態

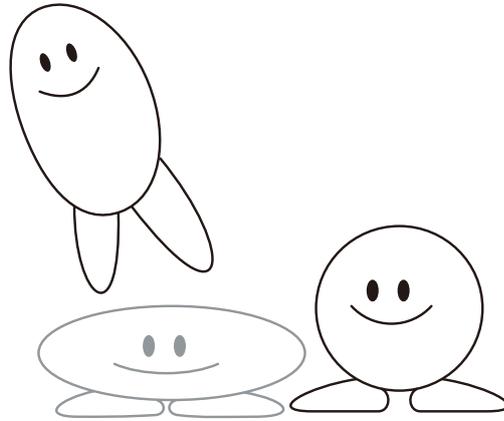


図 2-5 アニメにおける感情表現時の誇張表現

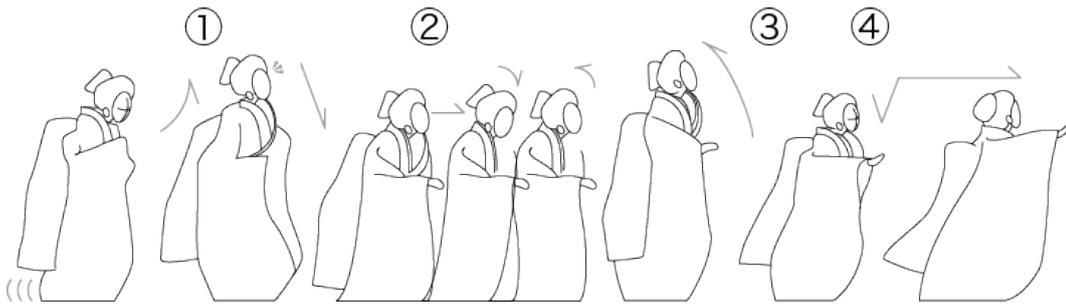


図 2-6 文楽人形の動きにおける感情認知プロセス



図 2-7 各感情が理解できる文楽人形の動きの型（ステージングシルエット）

## 2.2.2 実験方法

モーションキャプチャーのマーカ―を各関節部に装着した文楽人形を、文楽人形遣い桐竹勘十郎氏ら3名に、アニメの感情豊かに表現されているシーンを鑑賞してもらいながら、その中のキャラクターと同じ動作を演技してもらった。そのシーンは感情ごとに複数用意した。それらの演技を、モーションキャプチャー装置で計測しデータ化した。そのデータを解析し、強い感情表現時の骨格伸縮動作を確認した。さらに、文楽人形の斜め前方上方からビデオカメラ1台で撮影し、動画データでも確認できるようにした。

- ・ モーションキャプチャー装置：三次元動作分析装置 VICON（株式会社クレセント、東京都墨田区緑3-2-12）
- ・ マーカ―：文楽人形の頭頂、首もと、両肩、両肘、手先、胸、腰に装着
- ・ アニメ：宮崎駿監督の映画「風の谷のナウシカ」から複数のシーンを抜粋
- ・ 環境：モーションキャプチャー装置を設置した20畳程の部屋で中央前方に大型液晶テレビを設けアニメを再生、前方左にビデオカメラ設置
- ・ 文楽人形：部屋中央で設置、文楽人形遣いらに操作実演（図2-8内の写真参照）

## 2.2.3 実験結果

図2-8のグラフは、モーションキャプチャーで文楽人形の動きを計測したデータ結果である。上のグラフは感情が平常時における文楽人形の腕の動きを表し、下のグラフは感情が強い時における文楽人形の腕の動きを表す。縦軸：腕の伸縮量(mm)、横軸：経過時間(秒)、写真は感情が強い実験時の文楽人形と人形遣いの実演シーンである。6感情ごとの計測した結果を折れ線グラフで表示し、オレンジ線：喜び、薄い青線：恐れ、黄緑線：驚き、紫線：嫌悪、濃い青線：悲しみ、細い赤線：怒り、太い赤線：平均値に分けて表示している。

図2-8のグラフ結果から、アニメの中のキャラクターの感情が平常時は、文楽人形の腕の長さは一定の範囲の中(250mmから400mm)におさまっている。しかしながら、アニメの中のキャラクターの感情が強い時は、その瞬間だけ腕の長さが伸縮していることが明らかになった。特に、感情が怒りのときは大きく腕が伸び(460mm)、悲しみのときは腕が縮んでいる(165mm)ことが理解できる。この腕と同じ傾向は、首においても確認できた。胴の伸縮は取得データの不具合から確認できなかったが、実験時に撮影した録画映像からも明らかに胴体が伸縮していることが確認できた。

## 2.2.4 考察

ロボティクスデザインにおける感情創造研究において、文楽人形遣いと共同研究から、強い感情表現時に首、腕、胴の骨格を伸縮させる文楽人形遣いの感情創造メカニズム(匠

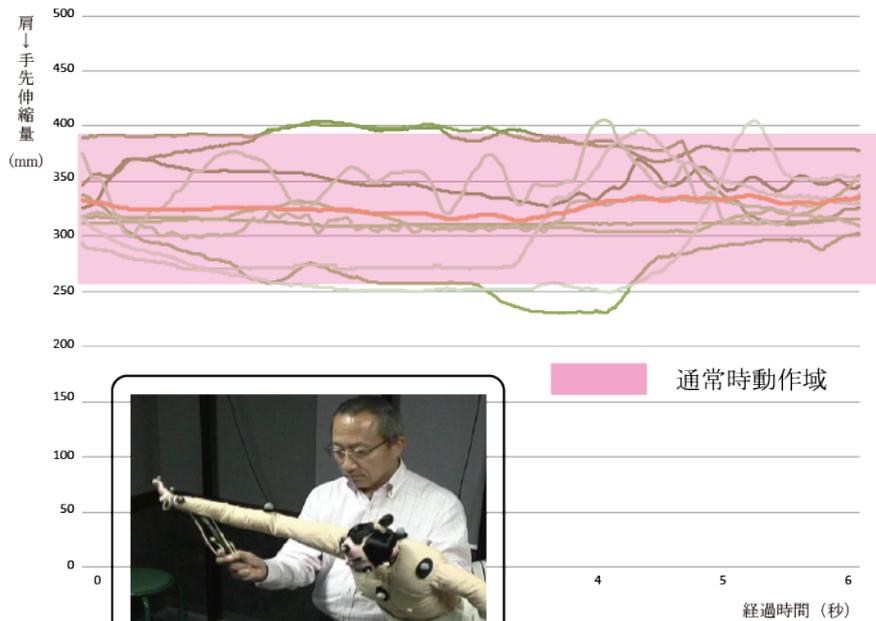
の技)の発見において、文楽人形の動作をモーションキャプチャーで解析することで、文楽人形による強い感情表現時の骨格伸縮動作を科学的に明らかにすることができた。首、腕、胴体が伸縮することで人に感情を効果的に伝える匠の技である。

これらの新たな発見は、ロボットの顔で感情表現する先行研究<sup>[21][22]</sup>とは全く異なる。これらの知見をロボットの感情創造に活用するため、骨格伸縮ロボットの全身協調運動により身体動作の誇張表現で、遠目からでも理解できる感情表現のステージングシルエットを表現できると考えた。このメカニズムを有するCGロボを作成し、感情ごとの表現を身体動作で再現したデザイン画を制作した(図2-9)。

そのデザイン画を、米国心理学者 ポール・エクマン<sup>[24]</sup>の顔表情による感情ごとの表情パターンにて適合させ、図2-10のようにまとめてみると感情ごとに違和感のない対照図となった。これにより、感情ごとに異なる人の顔の表情パターンを、感情ごとに異なるロボットの身体動作パターンに置き換えることができると考えた。

そこで、これらの仮説を証明するため、骨格が伸縮する構造のロボット実機を製作して検証実験へ移行することにした。

## 腕の伸縮「通常の感情表現」



## 腕の伸縮「誇張した表現」

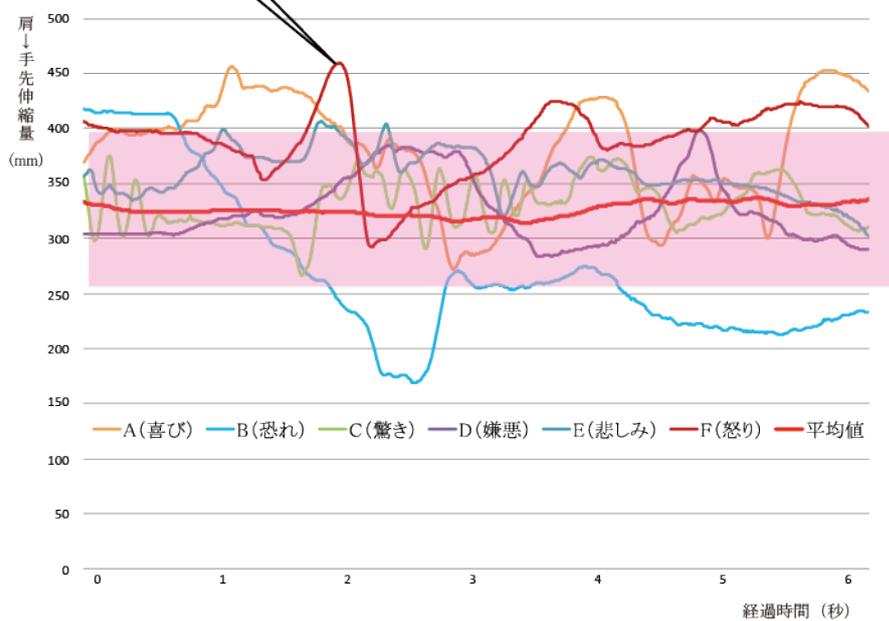


図 2-8 モーションキャプチャーで文楽人形の動きを計測したデータ結果

上のグラフ：感情が平常時における文楽人形の腕の動き

下のグラフ：感情が強い時における文楽人形の腕の動き

(縦軸：腕の伸縮量、横軸：経過時間)

写真は実験時の文楽人形と人形遣い

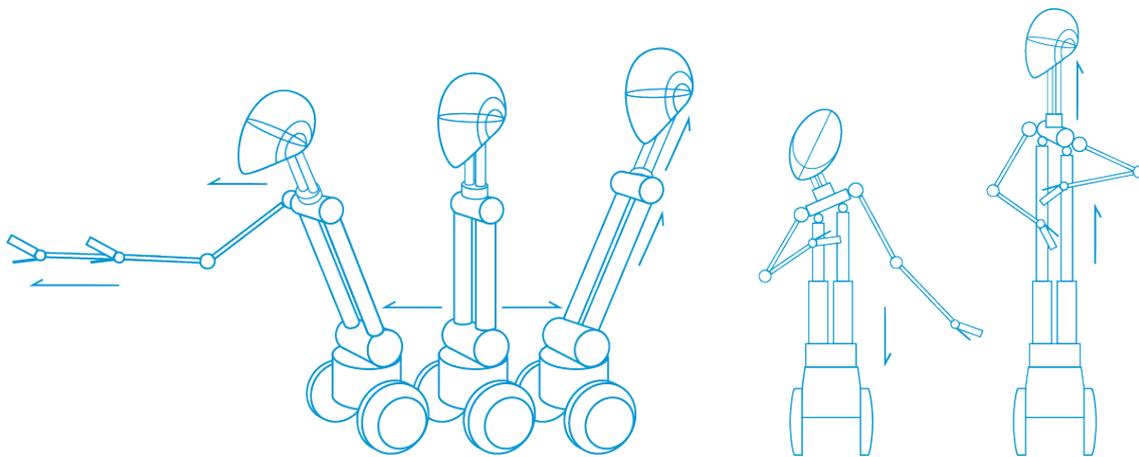


図 2-9 首、腕、胴の骨格が伸縮する CG ロボのデザイン画

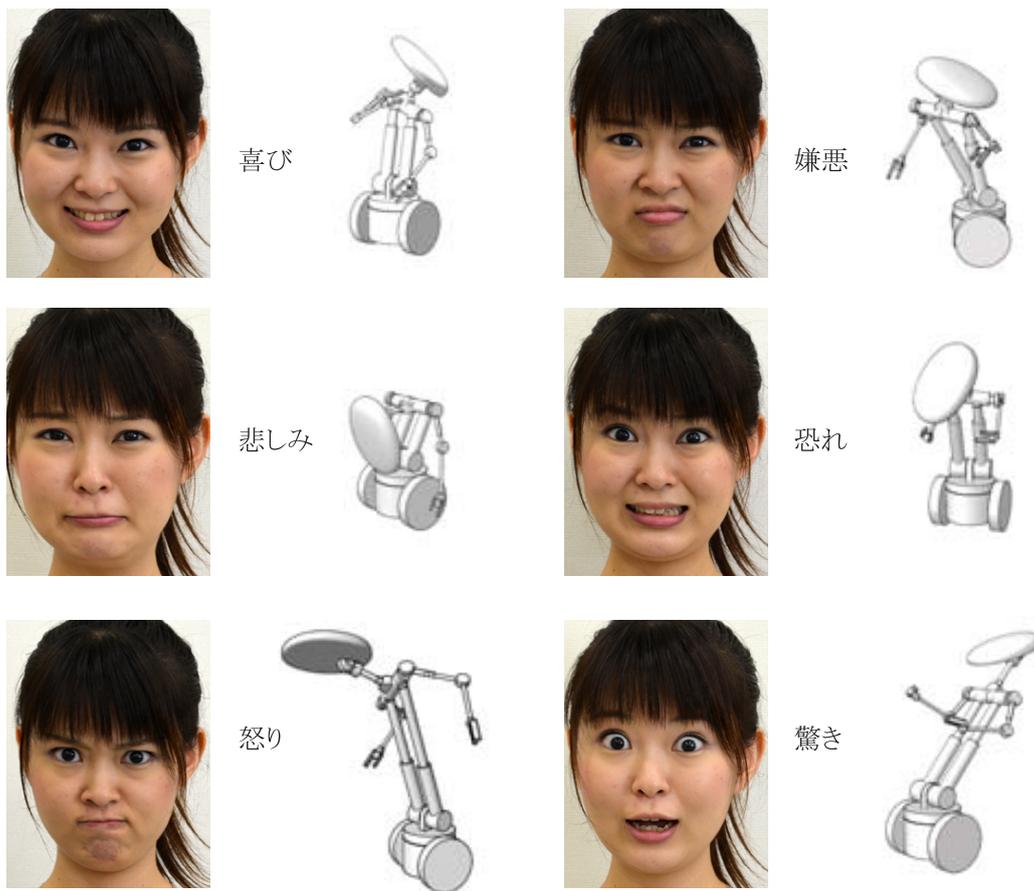


図 2-10 顔表情による感情ごとの表情パターン

## 2.3 ロボティクスデザインにおける感情創造の研究

### 2.3.1 EXR システムについて

伝統芸能「文楽」との共同研究から、文楽人形遣いの匠の技として首、腕、胴体が伸縮する骨格伸縮構造の動きが、観客を魅了する芸の動きであることを明らかにしてきた。これは一つの芸術である。

ロボットと人の関係性をよくするロボティクスデザインにおいて、技術性や社会性の課題解決の先にあるのは「芸術性」と筆者は考える。

本研究で発見した文楽人形の感情表現メカニズム（首、腕、胴体が伸縮する骨格伸縮構造の動き）をロボットに適用して、豊かな感情を美しい動きで伝えるシステムを、EXR システムと名付けた。これは、人がロボットに抱く最も理想的な感情表現のイメージを再現するシステムでもあり、筆者が考えるロボティクスデザインにおける「芸術性」の表現とした。この名称は、文楽人形の中で最も特徴的であった骨格伸縮（**EX**pendable skeleton **R**obot system）から採用した。

では、この「芸術性」の表現とはどういうことなのかを考察する。杉山<sup>[25]</sup>は「芸術は省略と誇張」、これが創作に対して人間の加わる意味であり、創作物から人間らしさや人間性を感じさせることができると述べている。つまり、人間に創作された芸術作品には省略と誇張が潜在している。

伝統芸能文楽の人形遣いも含めて一流の芸術家は、誇張表現を巧みに使いこなす。葛飾北斎による富嶽三十六景の富士山も、誇張して実物より尖っているが実物以上に本物らしく人々に受容されている。ロダンの彫刻も、まるで人間そのままに見えるが、省略と誇張を適材適所にデザインすることで人への視覚効果を高めている<sup>[26]</sup>。

この文楽人形の極端に伸縮する感情表現も、感情を効果的に伝えるだけでなく観る人を魅了する芸術である。人間には誇張した表現の方が本物らしいと受容する特性がある。これを17世紀、人形浄瑠璃の劇作家であった近松門左衛門<sup>[25]</sup>は、虚実皮膜論の中で「芸というものは実と虚との皮膜の間にあるもの也」と表現している。この一節の中に、今後のロボットに必要なEXRシステムが集約されていると考える。

ところで、熊田<sup>[27]</sup>は人の観たいものしか観ない習性に対して、何らかの要因があれば人は反射的に注意を移動すると述べている。例としては、手品（マジック）ではネタがばれないように観客の視線を誘導（注意を別の場所へ誘導）する法則がある。ウォルフの提示した誘導探索モデル<sup>[27]</sup>では、視覚は顕著性の高い（目立つ）情報に注意を向け、それらの情報を統合して特徴を理解していることを明らかにしている。この理論は、文楽人形における身体の伸縮構造ともつながる。通常ではありえない位置まで胴体が一瞬伸びる動作に、観客が注意を向けることで、文楽人形の感情をより理解しやすくなる顕著性の高い

情報となる。

また、同じ内容のことがアニメでも行われている。川上<sup>[28]</sup>の著書の中で、アニメ映画監督の宮崎駿は、映画「崖の上のポニョ」の制作の中でアニメーターに、「上手な線は描くな。なめらかな線は描くな。」と指示している。あえて、個性的な線＝顕著性の高い線を描くことを観客の注意を映画に向けさせる視覚的な効果を狙っている。このように既存のパターン（上手な線）に対して、「引っかけり」（個性的な線）をつくることで特徴を出し、観客の興味を引き出している。

人間特性として、マイケル・S・ガザニガ<sup>[12]</sup>は人間には危険な（ネガティブな）入力情報に対するすばやい情動反応があると述べている。それは獲物に捕獲され続けて生き残ってきた人類の遺伝子に組込まれていて、ネガティブ優先の情報認知によるバイアス（偏り）があるとしている。例として、美味しそうなピザも、一本の髪の毛がピザについているだけで、美味しいという全ての良い評価が一瞬で無くなり髪の毛という悪い評価になる傾向にある。

この点について熊田<sup>[27]</sup>も同様に、人間は期待に反する出来事より予想に反した出来事を見つけることが自分にとって報酬になるようプログラムされている。つまり、予想に反した情報を的確に検知した方が生存に有利であるためであり、これらの情報を見つけることは人間にとって楽しく感じるように脳のプログラムができていると述べている。

さらに川上<sup>[28]</sup>は、人には現実的な動きでなく、人の脳の中のイメージに最も近く模倣した動きを見たい欲求があると述べている。文楽やアニメは、この人の欲求に見事に応えた動きやそれを演出する音をデザインしている。この人のもつイメージを、現実世界で再現するのが「芸術」であり、この「芸術」を再現できる新たなロボットのテクノロジー（構造）をデザインするロボティクスデザインを EXR システムとした。

### 2.3.2 EXR システムによる印象度評価実験

以降の実験では、この EXR システムのロボット動作に対して人が芸術性を感じるのか、機械的でなく人間的で情緒性（感情）や親和性を強く感じるのかなどを実験機（ロボット）による被験者評価で明らかにしていく。

### 2.3.3 陰的制御による設計コンセプト

本研究は、科研費（課題番号:23650114）挑戦的萌芽研究（2011～2012）および科研費（課題番号:25282007）基盤研究（B）（2013～2015）の助成を受けたものである。その共同研究者である大須賀らの陰的制御理論を、本研究のロボット実験機に取入れようと試みた。

陰的制御<sup>[29]</sup>とは、生物の制御系として捉えたとき、いわゆる通常考えられる制御則（陽

的制御と称し、従来から詳細に解析されてきた脳の制御機構などがそれに該当する) 以外に、環境と制御対象と制御則との相互作用によって、ある程度の制御則が定まり、これが生物の環境適応機能発見に大きな役割を果たしていると推測している、と大須賀らは述べている。大須賀ら<sup>[29]</sup>は論文の中で、除脳猫の例を紹介している。脳の無い猫でも、床面が前方に動くと、その環境に身体が追従適応して制御(陰的制御)され、まるで猫の意志(脳の制御)で歩いているかのように自然な歩行を行う事例である。

能楽演者世阿弥は、花伝書(風姿花伝)<sup>[30]</sup>の中で「花」を演じることの重要性を説いている。「花」とは観客から能楽を観ての面白さや珍しさであり、演者は、その時々観客の層や場の雰囲気に応じて演じ方を変えて、「花」=観客の感動をつくる必要性を述べている。環境によって制御則を変えるこの考え方は、陰的制御に通じるものがあり、文楽人形や人間共存型ロボットにおいても同様である。

本研究の EXR システムを再現する実験機(ロボット)製作における陰的制御を考えると、究極はユーザーとの間に「花」=ユーザーの感動をつくることである。

しかしながら、一気にそこまで到達することは難しい。従来型ロボットの機構やモーターによるアクティブ制御を陽的制御とした場合、その対局が陰的制御となる。この陰的制御とは、人が文楽人形の誇張表現を最適と感じるように、人の脳の中の理想とするイメージに近い動きを再現する制御の新しい考え方とした。そのための具体策としては、モーターが全関節部に搭載されて、駆動時に機械的な動作をする従来のロボットらしい動作(陽的制御)を避け、図 2-1 1 に示すように駆動部とロボット動作部を分け、環境によってロボットがなめらかに動作する構造を陰的制御として実験機の製作を進めた。

#### 2.3.4 実験機の仕様と制御方法

本実験機では、図 2-1 2 のように外装部と制御部を二つに分離した新構造とした。制御機能のあるロボット後方部品から 3 本のアームが出て、ロボットの外装部を遠隔制御する構成である。この方式は、人形遣いが文楽人形を操る構成と同じであり、ハードウェアや機能を分け合うことで各々が軽量になり、外装を様々な形状に変化させ易い利点がある。ロボット自体が文楽人形のように冗長性ある動きと誇張表現が行え、観る人のイメージに近い印象を与える陰的制御になると考えた。

さらに、EtherCAT 通信による高速多軸制御で、人形遣いのようにロボットの操り動作を再生できるティーチングプレイバック機能も特長である。この試作機も、文楽人形遣いによる演技操作でロボットが人を接遇する動きを入力した。

### (1)仕様 (図 2-1 3)

- ・自由度：計 19 自由度、  
6 自由度アーム部×3 (右腕、胴、左腕)、1 自由度 (首傾斜)
- ・アーム部可動範囲：各自由度±90°
- ・モーター：クールマッスル CM1-17L
- ・プログラム：Window7 と リアルタイム拡張  
モジュール RTX のプラットフォーム上に C++にて作成した。なお、プログラムのユーザインターフェース側とリアルタイム制御側とのデータ交換は、共通メモリと同期イベントにより実現する。

### (2)制御方法

- ・通信ハードウェア：Ether CAT 基板 (マッスル社製) 6 枚、制御用位置指令送信周期は 2ms。  
なお、ティーチングする際に各モーター軸の角度情報は 2ms 周期にて読み込み。各モーター軸のエラーなどの情報も 2ms 周期で検出する。
- ・人形各部の位置 (x,y,z) および姿勢 (ロール：X 軸回り、ピッチ：Y 軸回り、ヨー：Z 軸回り) 制御する。
- ・土台に固定されたモーターからのワイヤ駆動により、アームの先端 2 軸を制御する。

### (3)音響構成による演出設計コンセプト

米国心理学者 A.メラビアンは、人同士の対話時に言語情報：8%よりも非言語情報 (視覚情報：55%，聴覚情報：38%) の占める割合が多いメラビアンの法則<sup>[17]</sup>を提唱している。胴が伸縮する誇張動作の視覚情報の本試作機に、聴覚情報の音響構成をデザイン試行した。

人からの聴覚情報は音声のみだが、ロボットには音声に加え、その音声の感情を意味する感情効果音や、機能を伝える行動音 (骨格伸縮を伝える) と対人的な気付き (電源のオンオフ) となる触覚音をデザインし、音響効果による演出を設計した。文楽も太夫 (語り) と三味線で、ほぼ全ての音響としている。本試作では、文楽に倣い伝統芸能らしい板木などの音も採用した。

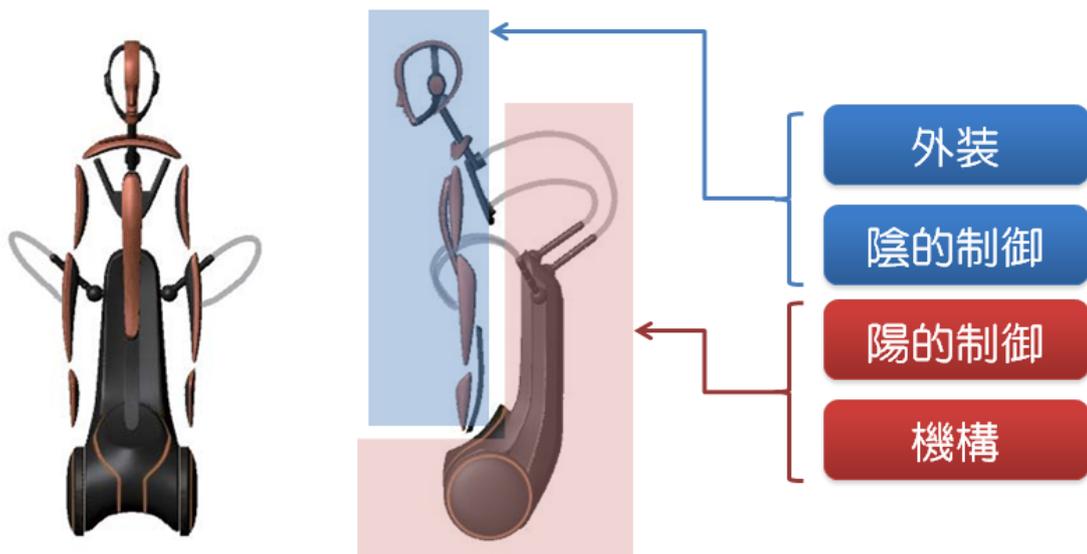


図 2-1 1 陰的制御と陽的制御の構成図

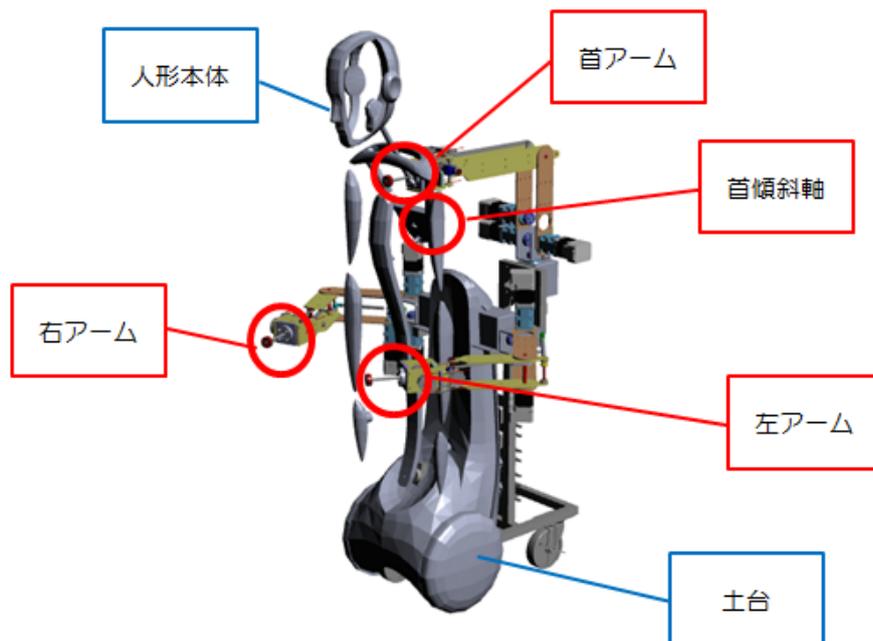


図 2-1 2 ロボット試作機の構成図

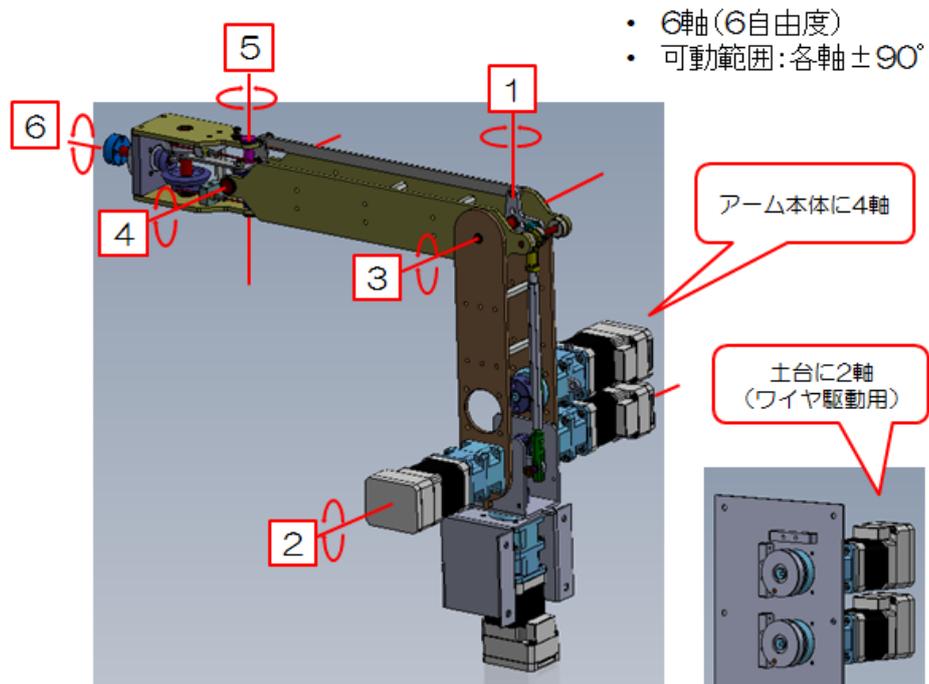


図 2-13 ロボットアーム部の構造図



図 2-14 文楽研究から抽出した新構造のロボット試作機

驚き



恐れ



嫌悪



悲しみ



怒り



喜び



図 2-15 顔とロボット試作機による 6 感情表現の対照表

### 2.3.5 実験目的

この実験では、EXR システムの胴伸縮機構などを反映した実験機（ロボット）を製作した（図2-14）。顔とロボット試作機による6感情表現の比較証からも違和感のない結果が得られた（図2-15）。従来のロボットにない骨格（胴体）が伸縮する動きと首の傾げの動きが被験者にどう受容されるかを中心に、主観評価と脳波測定による客観評価から被験者の印象度を検証分析する。

文楽における虚実皮膜論などから、EXR システムのロボット動作に対して人が芸術性を感じるのか、機械的でなく人間的で情緒性を強く感じるのかなどを実験で確認するのが目的である。

### 2.3.6 実験方法

実験機（ロボット）には、喜びと驚きの2つの感情表現動作ごとに3パターンのロボット動作を用意した。胴が伸縮しないロボット動作、胴が伸縮するロボット動作、胴が伸縮と首の傾斜するロボット動作。これら身体動作の差が、被験者の印象度にどう影響するかを明らかにするのが目的である。

実験環境は、以下となる。実験機（ロボット）を静かな部屋（三重大学田口研究室）に設置し、実験機（ロボット）から約1.5メートル前方に椅子を用意し、被験者に着座した状態で実験機（ロボット）を動作させ、被験者がロボットを体感する実験を行った。最初に喜びの感情でロボット動作3パターンを被験者に実験し、次に驚きの感情で実施した。

この脳波測定実験は、三重大学田口寛研究室<sup>[32]</sup>に依頼した。三重大学田口寛研究室では、脳波測定機としてFUTECK エレクトロニクス社製のFM-919型を活用し、 $\alpha$ 波電位を $\beta$ 波電位で割った比率をリラックス度と定義している。（ $\alpha$ 波はゆったりしている度合い、 $\beta$ 波はイライラしている度合い）。この値が上昇すれば快適度が増し低下すれば不快度が増すことを多くの実験事例を通して明らかにしている。

脳波測定評価実験例として食品の嗜好度の評価実験結果では、最も好きな食品摂取時のリラックス度変化率は1.69、最も嫌いな食品は0.67となり、リラックス度から嗜好度（印象度）の差が計測できる。音楽や香りでも同様に評価が行える<sup>[32]</sup>。

倫理面では、三重大学工学部倫理委員会の承認を得て、実験前には被験者に倫理委員会の手続きに沿って同意を得てから実験を行った。

・ 実験方法：着座した20代前後の大学生11名の前で実験機（ロボット）を3パターンの制御（胴伸縮無し、胴伸縮あり、胴伸縮と首傾斜あり）で、感情ごとに同じ動作をさせた。その制御パターンごとのロボット動作の前で脳波測定（客観評価）を行い、その後主観評価も行った。脳波測定は、被験者全員が体調の良い時間に測定し、ロボットの動

きの印象度を脳波から定量的に測定した。主観評価は、7段階22の形容詞対からなる印象評価のための質問紙（図2-17）とロボットの印象を自由記述方式（図2-18）で被験者に回答してもらった。

脳波測定評価は、フューテックエレクトロニクス社製 BrainPro FM919（図2-20）、及びPC用ソフトウェア PullaxPro（同社製）により行った。BrainProで検出した脳波を PullaxProはサンプリング周波数1024Hzで原形波を取得し、高速フーリエ変換（FFT、窓関数：矩形）により、3.0Hz～30.0Hzまで0.5Hz毎にパワースペクトル解析する。電極は10/20法によるFP2（及びFP1、A1）に装着した。ここで、脳波について一般的な定義を紹介しておく（三重大学田口教授および統合医療協会<sup>[31]</sup>などから）。

脳波は、図2-16に示すように5つの脳波（ $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波、 $\gamma$ 波）から成り立っているが、 $\gamma$ 波は $\beta$ 波の一部と考えられるため主に4つの脳波で計測する傾向にある。各脳波の周波数帯域は、 $\delta$ 波：0.5～4Hz、 $\theta$ 波：4～8Hz、 $\alpha$ 波：8～12Hz、 $\beta$ 波：12～30Hzとなり、各脳波の特性は、 $\delta$ 波：深い睡眠、 $\theta$ 波：浅い睡眠、 $\alpha$ 波：リラックス状態、 $\beta$ 波：緊張状態を主に示す。脳波グラフの傾向としては、リラックスした状態では $\alpha$ 波の電位（含有率）が高くなり、緊張した（活性化した）状態では $\beta$ 波の電位（含有率）が高くなる。

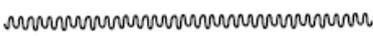
脳波	周波数 (Hz)	脳波形	脳の状態
$\beta$ 波	0.5～4		ストレス時
$\alpha$ 波	4～8		リラックス時
$\theta$ 波	8～13		入眠時
$\delta$ 波	13～30		熟睡時

図 2-16 脳波ごとの周波数、波形、状態について  
（三重大学田口教授 HP および統合医療協会 HP などから）

### 2.3.7 実験結果

胴体が伸縮しない従来型のロボットと比較して、胴伸縮機構などの EXR システムを反映した実験機（ロボット）の動作が、人に与える印象度の差を計測した。胴が伸縮するロボットの誇張表現によって、文楽やアニメのようにロボットの芸術性が高まり、人間性や感情伝達の効果による受容度の相乗効果の確認も実験目的であった。

#### ・主観評価における実験結果

図2-19は、喜び動作時の7段階22形容詞対からなる印象評価結果のグラフである。胴伸縮あり+首傾斜制御ありの制御パターンが、形容詞22項目中21項目で最も評価の高い結果が得られた。次いで胴伸縮ありの制御パターン、最も評価の低いのが胴伸縮無しの制御パターンとなる主観評価の結果が得られた。

特に本研究の主目的である芸術性をロボットに感じる形容詞対の、人間らしい / 機械的な、生き物のような / 人工物的な、感情をもつ / 感情をもたない、の評価項目において、胴伸縮しない制御パターンより、胴伸縮あり+首傾斜制御ありの制御パターンの評価結果に有意性のある明確な差が得られた。

自由記述式質問紙への主観評価結果からは、胴伸縮しない制御パターンに対してロボットらしいや機械的などの記述が最も多かった。一方、胴伸縮ありや胴伸縮あり+首傾斜制御ありの制御パターンには、感情が伝わる、人間に近いや人間的、親しみやすいなどの記述が多かった。胴伸縮あり+首傾斜制御ありの制御パターンには、人間らしいが3つの制御パターンの中でも最も多く記述されていた。次いで、首の傾げが良いという評価も多かった。しかしながら、胴伸縮ありと胴伸縮あり+首傾斜制御ありの2つの制御パターンに対して、怖いや不気味という評価も多かった。

図2-20は、驚き動作時の7段階22形容詞対からなる印象評価結果のグラフである。胴伸縮あり+首傾斜制御ありの制御パターンが、形容詞22項目中21項目で最も評価の高い結果が得られた。次いで胴伸縮ありの制御パターンが高く、少し間をあけて最も評価の低いのが胴伸縮無しの制御パターンとなる主観評価の結果が得られた。

この主観評価実験でも芸術性をロボットに感じる形容詞対の、人間らしい / 機械的な、生き物のような / 人工物的な、感情をもつ / 感情をもたない、の評価項目において、胴伸縮しない制御パターンより、胴伸縮あり+首傾斜制御ありの制御パターンの評価結果に有意性のある明確な差が得られた。自由記述式質問紙への主観評価結果からは、ほぼ喜び動作時と同じ内容であった。

以上2つの主観評価結果から、胴伸縮しない制御パターンより、胴伸縮ありと胴伸縮あり+首傾斜制御ありの2つの制御パターンの実験機（ロボット）の方が被験者に受容されることが明らかになった。さらに、ロボットの芸術性という視点では、人間らしいや感情

をもつなどの形容詞に対して評価が高いことから、胴伸縮しない制御パターンより、胴伸縮ありの制御パターンの実験機（ロボット）の方に芸術性があることが理解できた。

#### ・脳波測定（客観評価）における実験結果

図2-21は喜び動作時における3制御パターンごとの被験者11名脳波平均値のグラフになる。胴伸縮ありの制御パターンの印象度が最もよい評価結果が得られた。被験者11名のリラックス度平均値から、最も高い印象度は胴伸縮あり（平均値1.56、標準偏差0.75）、その次は胴伸縮+首傾斜あり（平均値1.55、標準偏差0.55）、最も低い評価が伸縮無しの制御パターン（平均値1.47、標準偏差0.67）という結果が得られた。

図2-22は驚き動作時における3制御パターンごとの被験者11名脳波平均値のグラフになる。こちらも喜び動作時と同様に胴伸縮ありの制御パターンの印象度が最もよい評価結果が得られた。被験者11名のリラックス度平均値から、最も高い印象度は胴伸縮あり（平均値1.64、標準偏差0.87）、その次は胴伸縮+首傾斜あり（平均値1.60、標準偏差0.96）、最も低い評価が伸縮無しの制御パターン（平均値1.56、標準偏差0.65）という結果が得られた。

さらに、図2-25の喜び動作時における実験機（ロボット）3制御パターンに対する被験者ごとの最も高い印象度評価は、胴伸縮あり+首傾斜あり：11名である。次いで、8名が胴伸縮ありを2番目に高い印象度評価としている。

図2-26は驚き動作時における実験機（ロボット）3制御パターンに対する被験者ごとの最も高い印象度評価であるが、こちらでも胴伸縮あり+首傾斜あり：11名である。次いで、8名が胴伸縮ありを2番目に高い印象度評価としている。

以上の脳波測定による客観評価を被験者11名に行った実験結果から、胴伸縮しない制御パターンより、胴伸縮ありと胴伸縮+首傾斜ありの制御パターンの方が、被験者には印象度がよいことが明らかになった。

### 2.3.8 考察

伝統芸能「文楽」との共同研究から発見した観客を魅了する芸の動きである文楽人形の首、腕、胴体が伸縮する動きを、ロボットに適用して、豊かな感情を美しい動きで伝えるEXRシステムの有効性を明らかにする実験を行った。

その実験結果から、胴体が伸縮するロボットに対して、被験者の印象度がよく、その有意性を明らかにすることができた。特に主観評価では、人間らしいや感情をもつなどの形容詞に対して評価が高いことから、胴伸縮ありの制御パターンの実験機（ロボット）の方に芸術性があることが理解できた。この結果は、ロボットを技術性や社会性から進歩させ、

芸術性の領域まで高める新規性のある成果である。

先行研究のアクトロイド<sup>[21]</sup>や KOBIAN<sup>[22]</sup>は、人間研究からロボットへ展開してロボットの人間らしさを追求している。本研究では、文楽やアニメなど既に異分野で確立されている人間らしさを創出する芸術手法や知見を、初めてロボットに取り入れた。実験結果から、その芸術手法や知見をロボットに展開応用しても、文楽やアニメと同様に人に受容され有効性を明らかにできたことは重要である。

しなしながら、ロボットの動作のみを人間らしくさせることで、人の受容度が増すのに比例して、不気味さも増すことを発見した。これは、ロボットの外観を人に近づけるほど親和性が増すが、人と瓜二つになる前の過程で人の死体に近づき不気味さが増すという森の不気味の谷現象<sup>[33]</sup>に通じる内容であり、今後追求すべき課題と考える。

今後の展望としては、実験機（ロボット）の精度を高め、より文楽人形の動作に近づけて実験を行いたい。胴体だけでなく、首や腕の伸縮に加え、他にも発見できている文楽人形の人を魅了する虚実皮膜論的な動作をロボットで再現する研究を進めていく予定である。

2、ロボットの印象を形容詞対ごとに7段階で評価記入ください

1 2 3 4 - ① ② ③ ④

	非常に	やや	少し	どちらでもない	少し	やや	非常に	
心地よい	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	不気味な
親しみある	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	親しみにくい
落ち着いた	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	イライラする
かわいい	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	みにくい
わかりやすい	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	わかりにくい
あかるい	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	くらい
思いやりある	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	わがままな
人間らしい	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	機械的な
生き生きした	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	活気のない
魅力的な	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	退屈な
愉快的な	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	不愉快的な
好きな	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	嫌いな
派手な	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	地味な
生き物のような	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	人工物的な
感情をもつ	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	感情をもたない
役立ちそう	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	役立たない
こころが通じる	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	こころが通じない
前向きな	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	悲観的な
積極的な	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	消極的な
陽気な	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	陰気な
かしこい	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	おろかな
社交的な	— 7 —	6 —	5 —	4 —	3 —	2 —	1 —	非社交的な

実験NO.	年齢	性別	学部学科	氏名
-------	----	----	------	----

図 2-17 7段階 2 2 の形容詞対からなる印象評価のための質問紙

## ■ SD法による印象評価実験

留意事項：ロボットの外観に影響されず、動作と音に意識して評価してください

1、ロボットの印象を自由記述ください

実験NO.	年齢	性別	学部学科	氏名
-------	----	----	------	----

図 2-18 ロボットの印象への自由記述式回答紙

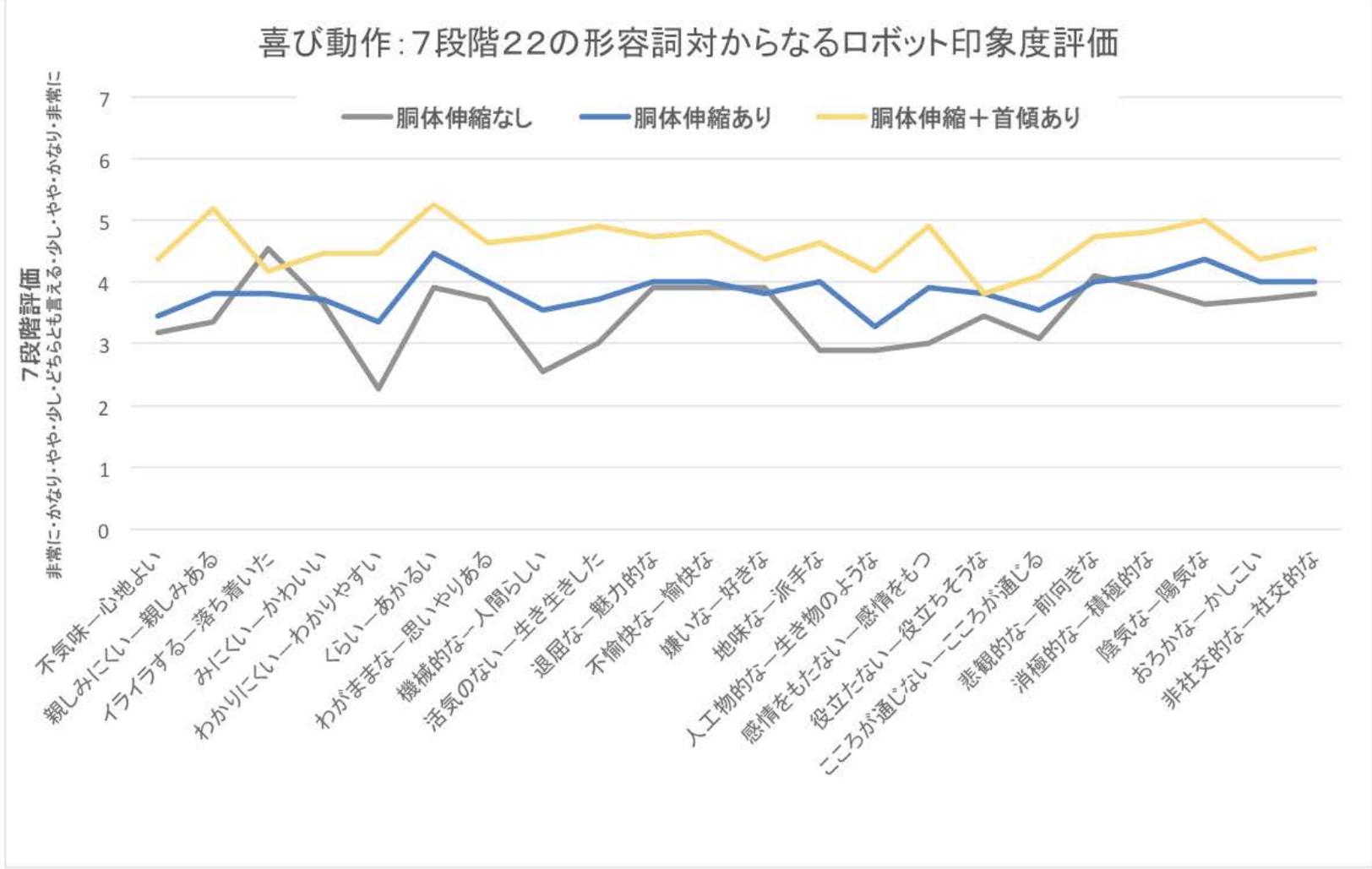


図 2-19 喜び動作への大学生被験者 11 名の主観評価アンケート結果

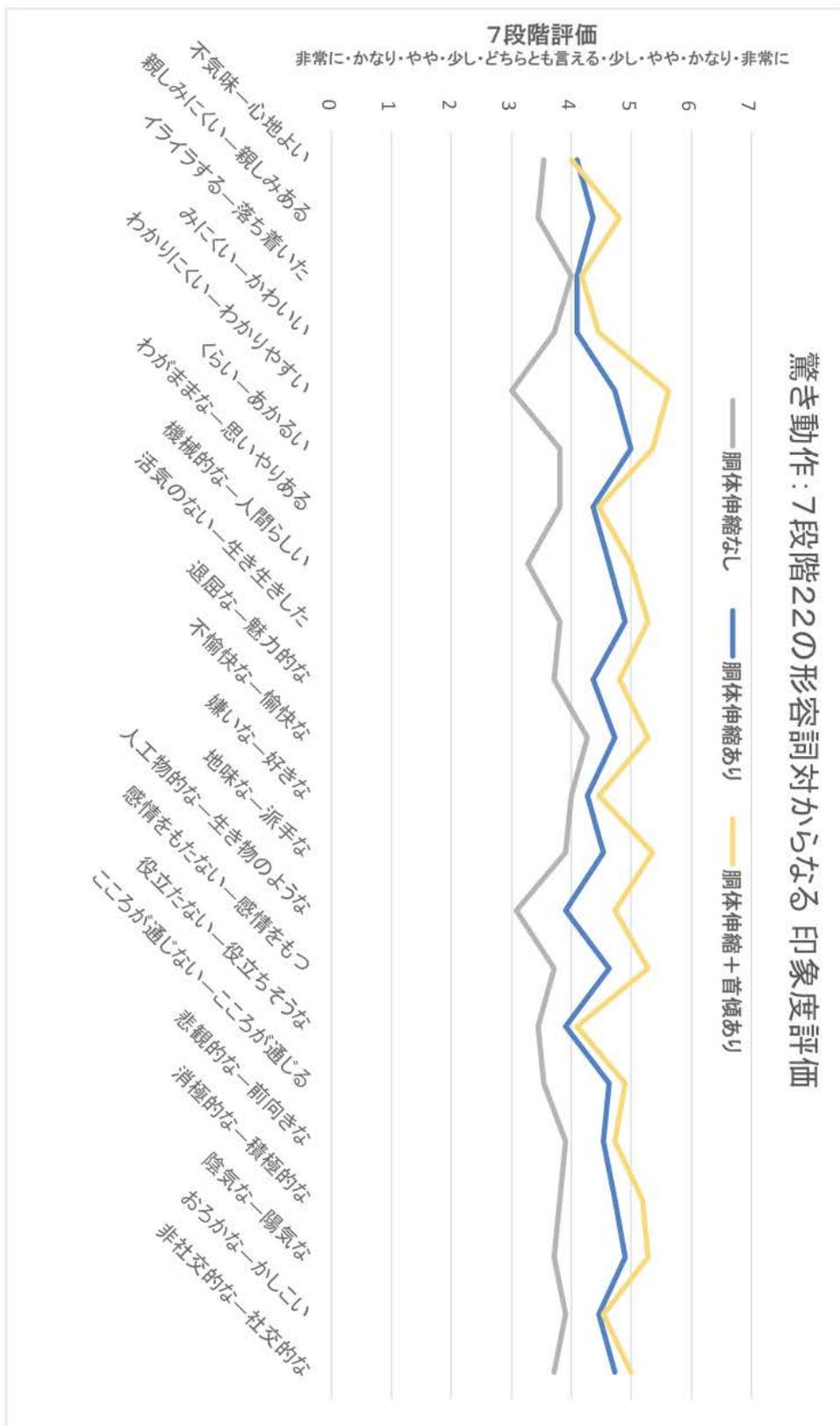


図 2-20 驚き動作への大学生被験者 11名の主観評価アンケート結果

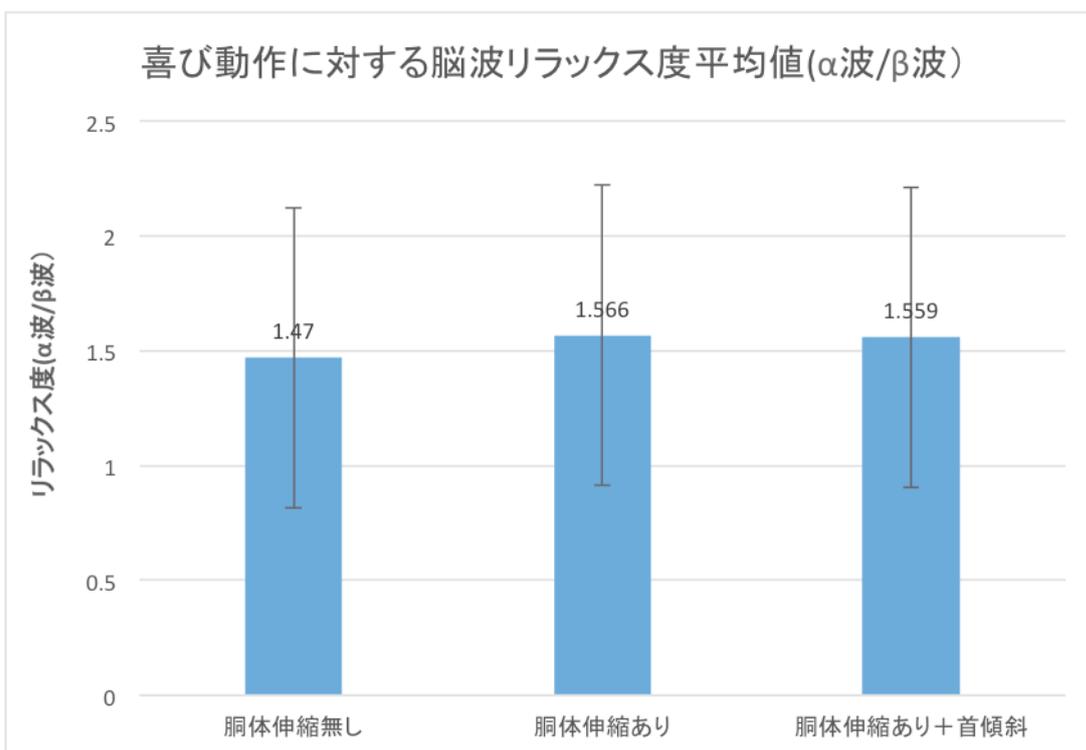


図 2-21 被験者 11 名の喜び動作に対する脳波リラックス度平均値グラフ

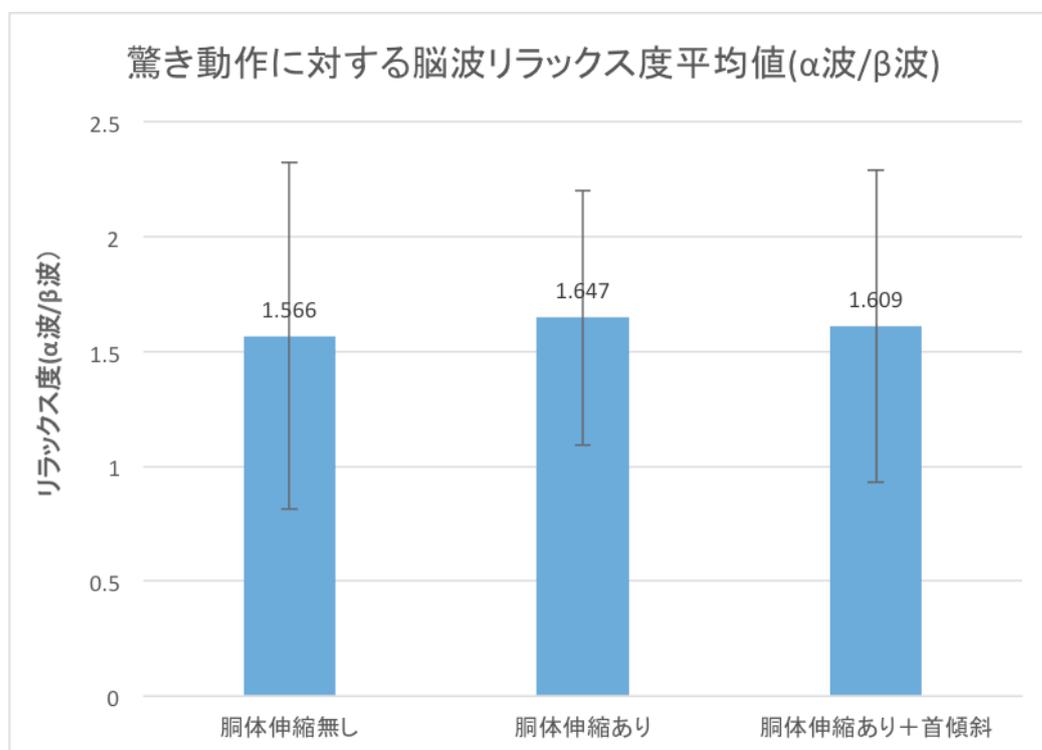


図 2-22 被験者 11 名の驚き動作に対する脳波リラックス度平均値グラフ



図 2-23 簡易な脳波測定装置

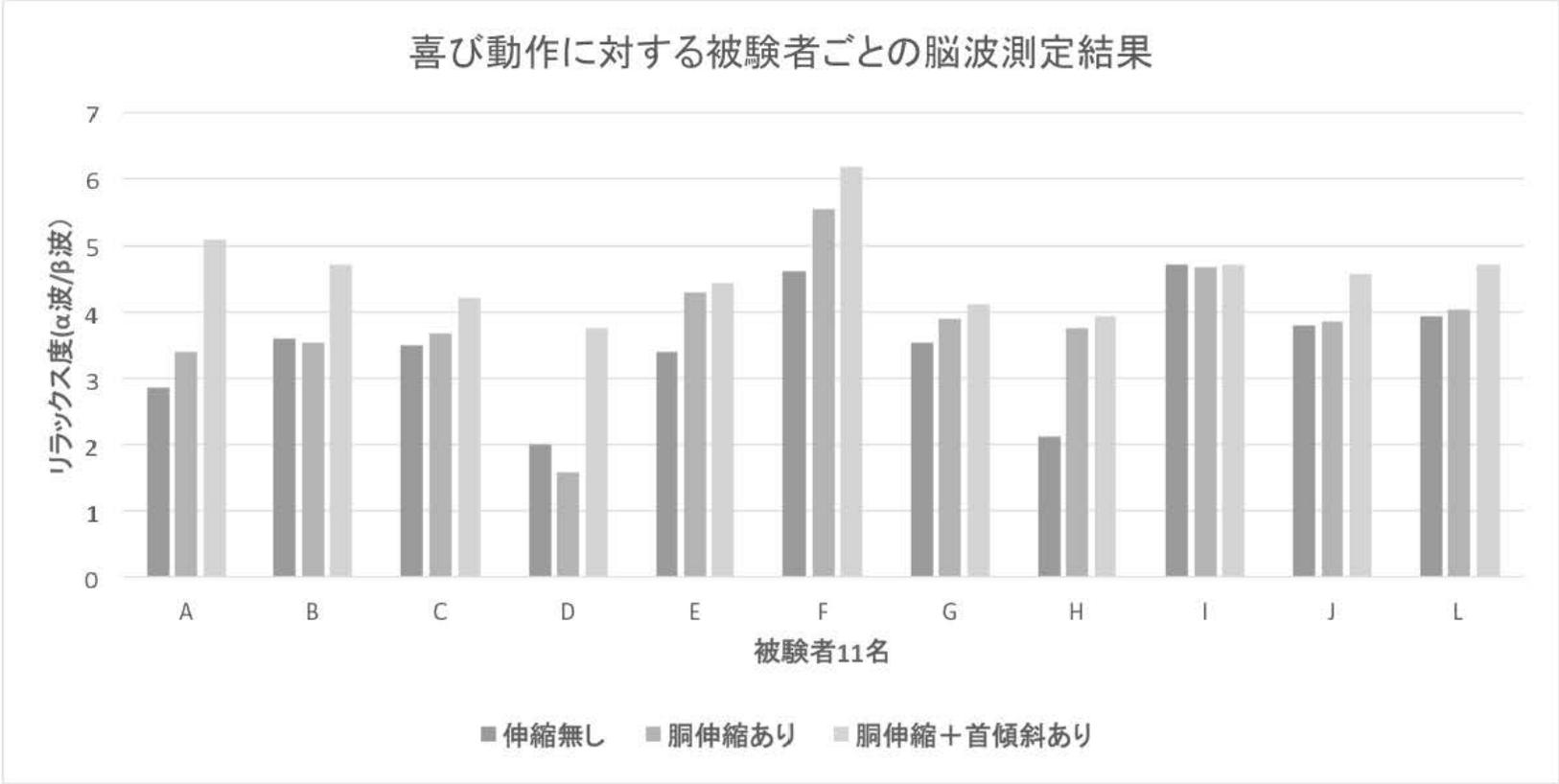


図 2-24 喜びの動作に対する被験者 11 名ごとと 3 制御ごとの動作時における脳波リラックス度グラフ

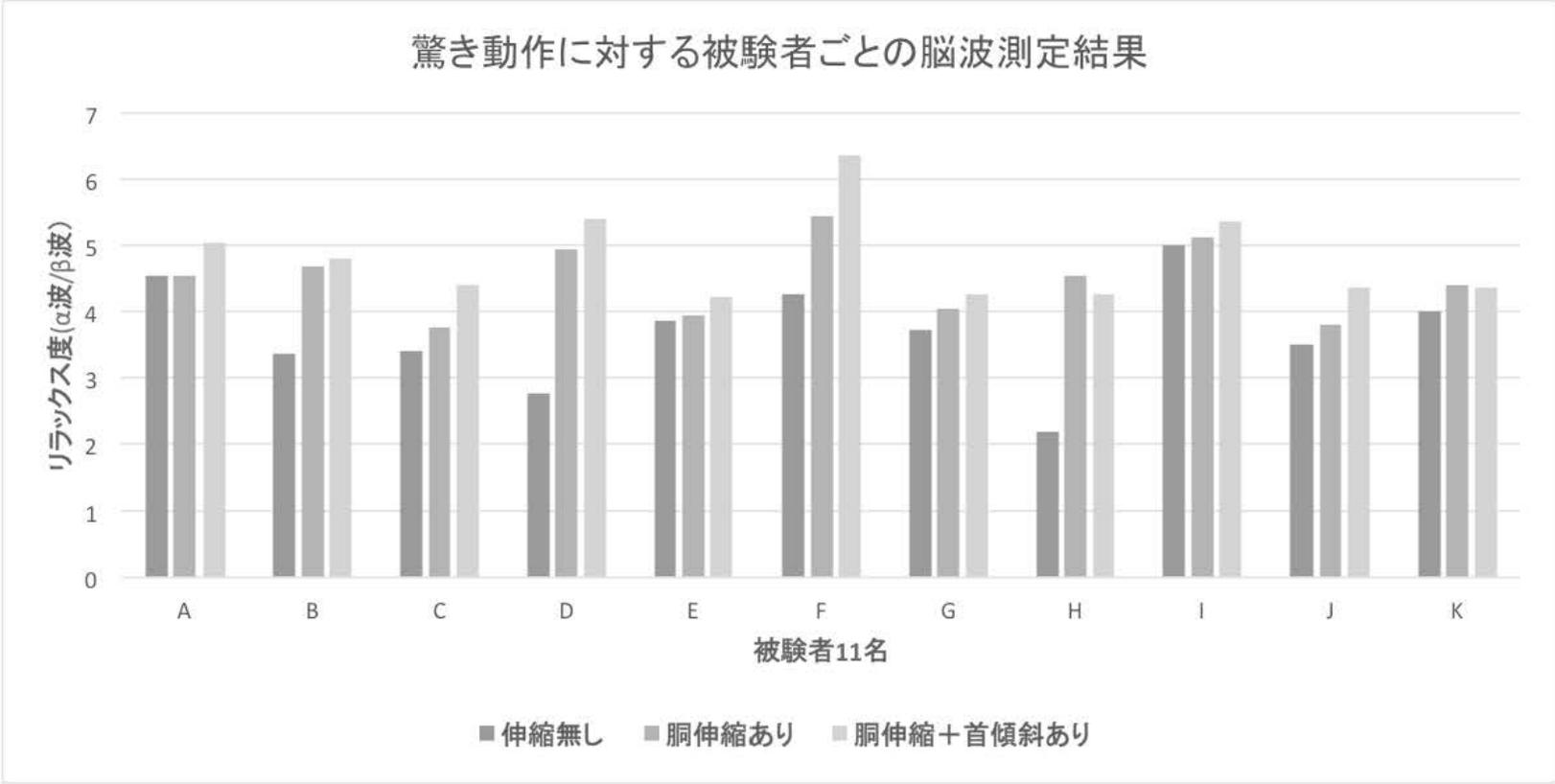


図 2-25 驚きの動作に対する被験者 11 名ごとと 3 制御ごとの動作時における脳波リラックス度グラフ

## 3章

### 認知症高齢者に対するロボット療法の研究

### 3.1 認知症とその現状

#### 3.1.1 認知症について

現在わが国では認知症高齢者が急増傾向にあり、先進国の中でも認知症患者の高齢化率が最も高い。平成24年度の厚生労働省による認知症高齢者の現状調査<sup>[34]</sup>によると、図3-1に示すように、全国の65歳以上の高齢者について、認知症有病率推定値15%、認知症有病者数約462万人と推定している。認知症予備軍である軽度認知症：MCI（Mild Cognitive Impairment）の高齢者の有病率推定値13%、認知症有病者数約400万人と推定している。

平成23年の九州大学大学院医学研究院、環境医学分野、清原裕教授ら研究グループの調査結果<sup>[35]</sup>によると、図3-2に示すように2011年度には、全国の65歳以上の高齢者の認知症有病者数約550万人と推定している。

内閣府の平成27年高齢社会白書<sup>[36]</sup>によると、図3-3の総務省人口推計グラフに示すように、平成26年10月1日時点で65歳の高齢者人口は3,300万人、全体の26%である。図3-4の高齢化の推移と将来推計を示すグラフからも、年々高齢者人口の増加率が上昇し2060年の高齢者人口比率は全体の40%に移行すると推測されている。認知症高齢者の親を、高齢者の配偶者や子供が介護する老々介護が日常的に行われ、介護する側も認知症になる認知介護も増えている。ヘルパーなどを家に入れたくない、利用料金が高等などの理由で、外部の介護を受け入れないケースの多くは不幸な状態につながっている。

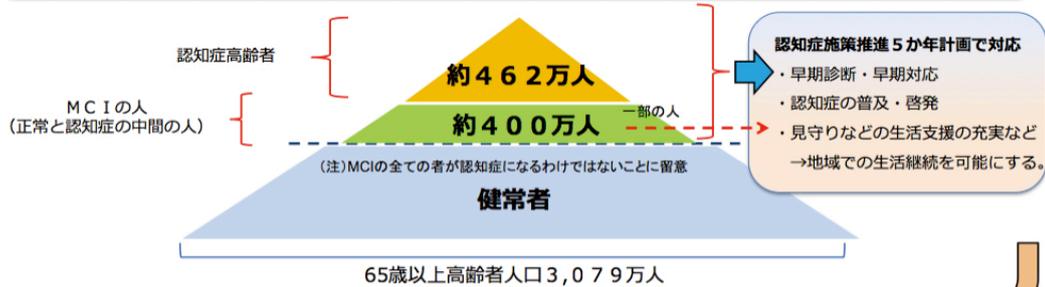
#### ・ 認知症とは

長谷川によると認知症とは、「成人期に起こる認知障害であって、このために日常生活に支障をきたした状態」<sup>[37]</sup>としている。認知機能障害（抽象思考の障害、判断の障害、言葉、動作、認知、ものごとを計画立てて行う能力などの障害）と記憶障害が存在し、一般的な社会行動に障害が発生する状態のことを言う。

認知症の有病率は年齢とともに上昇するが、認知症になるのは決して「年のせい」ではなく、「病気」によるものである。認知症の代表的な原因疾患は、アルツハイマー病と多発性脳梗塞などの脳血管性障害である。老年期にみられる認知症は、アルツハイマー病による認知症、脳血管性障害による認知症、および、この両者が混在する混合型認知症が主であり、全体の8～9割を占める（図3-4）<sup>[38]</sup>。

### 認知症高齢者の現状（平成24年）

○全国の65歳以上の高齢者について、認知症有病率推定値15%、認知症有病者数約462万人と推計（平成24年）。また、全国のMCI（正常でもない、認知症でもない（正常と認知症の間）状態の者）の有病率推定値13%、MCI有病者数約400万人と推計（平成24年）。



### 持続可能な介護保険制度を確立し、安心して生活できる地域づくり。

出典：「都市部における認知症有病率と認知症の生活機能障害への対応」(H25.5報告)及び「認知症高齢者の日常生活自立度Ⅱ以上の高齢者数について」(H24.8公表)を引用

参考：要介護認定データを基に、「認知症高齢者の日常生活自立度Ⅱ以上の認知症高齢者割合を推計

将来推計（年）	平成22年 (2010)	平成24年 (2012)	平成27年 (2015)	平成32年 (2020)	平成37年 (2025)
日常生活自立度Ⅱ以上	280	305	345	410	470
	9.5%	9.9%	10.2%	11.3%	12.8%

※下段は65歳以上人口に対する比率

(参考：平成24年8月24日老健局高齢者支援課認知症・虐待防止対策推進室公表資料)

3

図 3-1 認知症高齢者の現状（厚生労働省ホームページより）

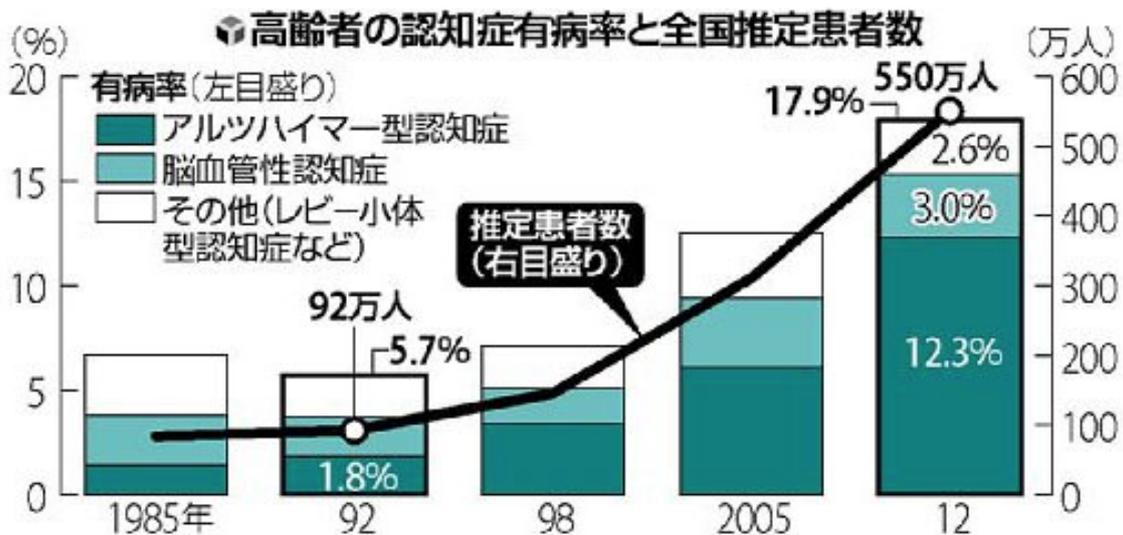


図 3-2 全国の65歳以上の高齢者の認知症有病者数推移

(九州大学大学院 医学研究院環境医学分野 清原裕教授ら研究グループ調査結果より)

図1-1-2 高齢化の推移と将来推計

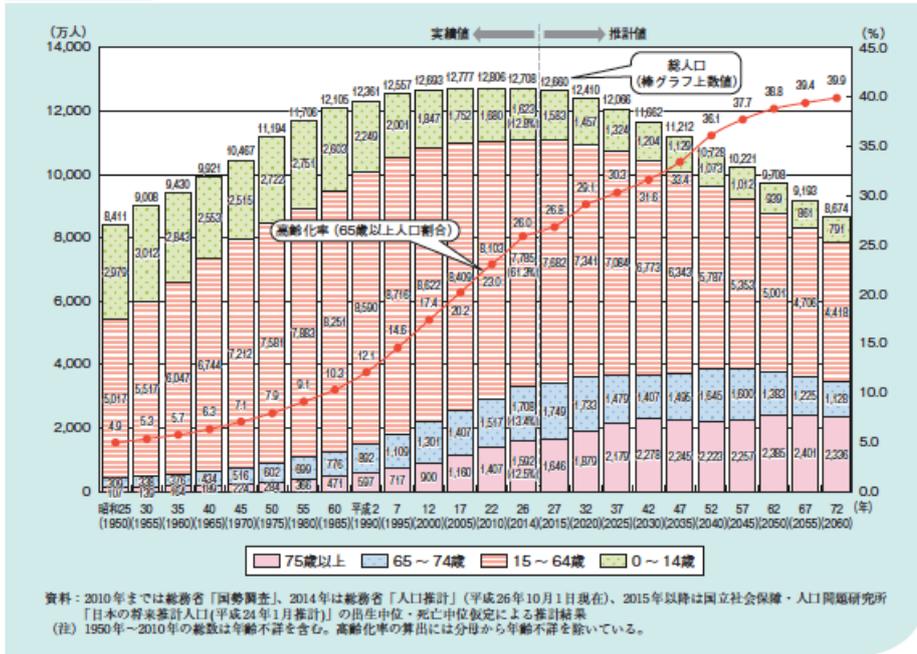


図3-3 全国の65歳以上の高齢者の認知症有病者数推移（内閣府平成27年高齢社会白書）

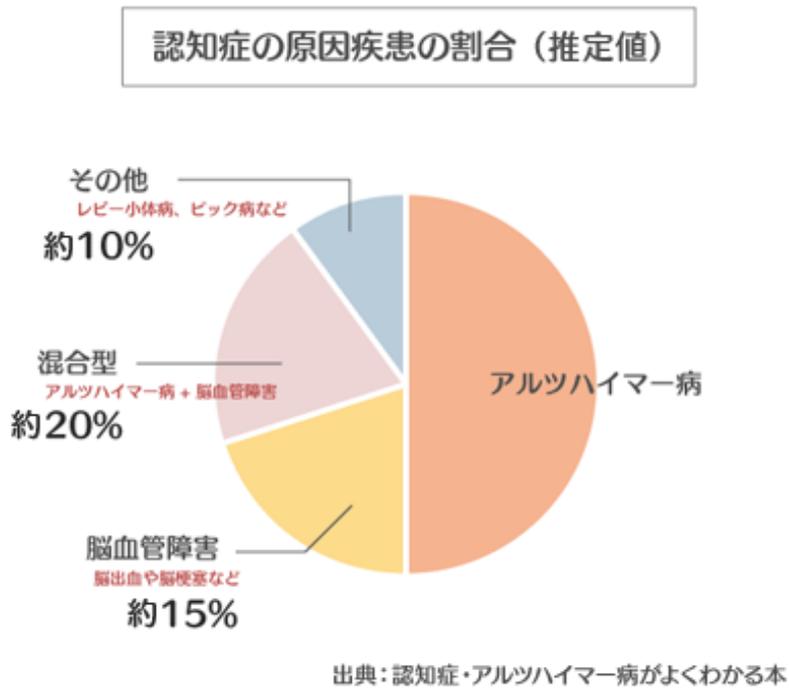


図3-4 全国の65歳以上の高齢者の認知症有病者数推移  
 （認知症・アルツハイマー病がよくわかる本認知症と上手に付き合うより）

図3-5<sup>[39]</sup>に示すように、認知症はある日突然なるのではなく、認知症と生理的老化の中間、いわゆる「認知症予備群」の状態が存在する。アルツハイマー病による認知症において、認知的変化をきたして認知症の診断がつくまでには5年から10年の期間があるとされている。この期間の状態を、軽度認知障害（認知症予備群、軽度認知症）とし、それよりも知的機能が低下した状態を中等度認知症、重度認知症としている。

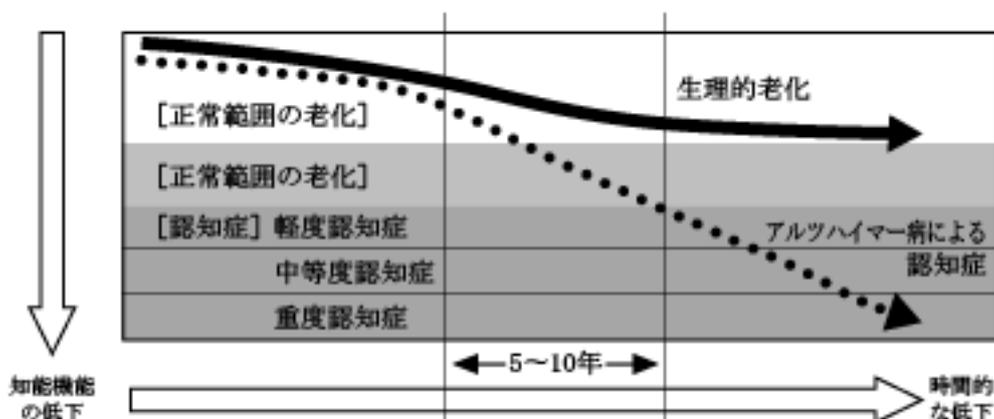
本論文の実験対象となる中等度認知症（以降、中度認知症）の定義<sup>[40]</sup>は以下となる。重度記憶障害（高度に学習した記憶は保持、新しいものはすぐ忘れる）で、常時、時間の失見当と場所の失見当がある。重度の問題解決能力障害と社会的判断力の障害があり、社会適応力もなく、単純な家事のみができ、着衣や衛生管理にも介助が必要な状態の認知症状をいう。知能評価スケールMMSE（Mini-Mental State Examination）<sup>[40]</sup>では、満点を30点として、21点以上は軽度、20～11点を中度、10点以下を重度の認知症とみなしている。

・ 認知症の症状

認知症の症状は、「中核症状」と呼ばれる知的機能の障害と「周辺症状」にわけることができる。中核症状とは認知症の本質的な症状で、「記憶障害」「見当識障害」「失語、失行、失認」「実行機能の障害」などがある。認知症と診断がつく軽度認知症から中等度認知症の段階で、見当識障害」「失語、失行、失認」が多く生じてくる。

周辺症状は、「感情・意欲の障害」「精神症状」「行動障害」などがある。これらは中核症状がそのもととなって、幻覚や妄想や徘徊などの典型的な症状につながっている。

図2-25 アルツハイマー病による認知症の経過  
—生理的老化による知的機能低下との違い



文献 長谷川和夫「痴呆とは何か」長谷川和夫「老年痴呆診療マニュアル 第2版」南江堂、4頁、1999年を参考として筆者作成

図3-5 アルツハイマー病による認知症の経過グラフ

### 3.1.2 認知症予防について

認知症予防として大切なことは、以下の5項目になる。

- 1、 正常な段階から脳の機能を高めておくことで認知機能障害の発現を遅らせる
- 2、 認知症の危険因子とされているものは避ける
- 3、 脳の機能低下を防ぐため感覚器（聴力、視力）の機能を保持する
- 4、 認知症に対する診断、治療
- 5、 家族への対応

1、については、脳の認知機能に働きかける認知症高齢者の嗜好や価値観、意向にあったものを継続できるようにする。認知症高齢者のこれまでの生活歴や職歴のなかから、本人が興味をもち脳の機能を高めそうなものを本人とともに探し、提案して試しにできることを一緒にやってみるなどの関わりが大切になる。その上で、本人が認知症予防活動の意義の理解のもとに、本人の認知機能を活かして主体的に取り組めるようにする。

2、については、脳血管障害を引き起こす要因となる生活習慣病を予防し、規則的な運動や有酸素運動を生活に取入れる。3、については、下界の刺激を情報として得るために感覚器である眼と耳の機能を保つことが重要である。認知症高齢者がよく見て、よく聴いて、よく考えられることが認知症予防として大切になる。これらの予防のためには、5、の家族の理解と支援、4、の定期的な受診と治療は欠くことができない。

### 3.2 介護施設および介護の現状

#### 3.2.1 介護施設について

介護施設は、介護保険が使える施設も在宅介護型施設と入所介護型施設に分かれている。種類としては、介護保険で被保険者(利用者)にサービスを提供できる「介護保険施設」（介護保険が使える施設）と、介護保険とは関係のない施設の2つに分けることができる。

在宅介護型施設には、「訪問看護ステーション」「通所介護（デイサービスセンター）」「通所リハビリテーション（デイケアセンター）」「短期入所療養介護（ショートケア）」「短期入所生活介護（ショートステイ）」がある。

入所介護型施設には、「グループホーム（認知症対応型共同生活介護）」「介護老人保健施設（老健施設）」「介護老人福祉施設（特別養護老人ホーム）」そして「介護療養型医療施設」がある。

介護保険が使えない入所施設には「養護老人ホーム」「軽費老人ホームA型」「軽費老人ホームB型」「軽費老人ホームC型（ケアハウス）」「有料老人ホーム（民間）」等がある。有料老人ホーム（民間）は、介護施設のなかでも民間事業者が運営・経営している施設で、「介護付有料老人ホーム」「住宅型有料老人ホーム」「健康型有料老人ホーム」等がある。

また、在宅に復帰させる事を目的とした介護老人保健施設がある。「要介護」と認定された65才以上の高齢者が利用対象者で、入院治療をする必要はなく病状がほぼ安定期にあるが、リハビリテーションや看護・介護を必要とする方である。また、家庭で自立して生活するには不安や問題をかかえている方も含まれる。

一方、介護老人福祉施設は、身体・精神上的の著しい障害があり常時介護が必要で在宅生活が困難で、「要介護」と認定された65才以上の高齢者を対象としている。しかし福祉型の施設のため常に医師の手当てを必要とする方は入所できない。

### 3.2.2 介護について

高齢者介護について現状の実態は、厚生労働省ホームページ<sup>[41]</sup>や老健局報告書「高齢者の尊厳を支えるケアの確立に向けて」<sup>[42]</sup>などから以下のとおりである。

介護サービス事業者数は、介護保険制度導入以後大きく増加したが、利用者が的確に判断できる情報や内容は明らかにされておらず選択が難しい状況である。客観的な第三者評価も確立されておらず、判断基準があいまいである。一定のルールによる評価の確立など、事業者が提供するサービスの良し悪しを判断する材料ともなるシステムが求められる。

また、この10年間で、介護職員(介護その他職員)数は増加し倍以上となっている。認知症高齢者などの増加に伴い、2025年には介護職員は現状の1.5倍以上必要と推計されている。社会人からの入職者が23.3万人いる一方で離職者も21.8万人と多い。処遇改善やキャリアパスの明確化により、介護人材の定着が重要である。そのため介護現場でのサービスの質が課題となっている。

自分の住み慣れた土地を離れて介護施設へ入所する高齢者の多くは、精神的に寂しい思いをしている方が多い。高齢者にとって最も大切な生活の継続性が絶たれてしまい、その人が長年にわたって育ててきた人間関係などが断たれ絶望視してしまう場合が多い。

また、現在の施設では4人部屋や2人部屋に入っている人が多く、個室に入っている人は少ないためプライバシーが保たれない環境下にある。そして、施設の系統的に日課が決められ、他人と一緒に起床・就寝、食事、入浴、レクリエーション等、集団的に行動して日々が過ぎていく。家で暮らしていたときのように自分自身で生活のリズムで過ごすことは難しい。

このような生活を続ける中で、入所者した高齢者は、自らのライフスタイルをなくし生きる希望がもてない方も多くいる。施設の中で精神的に追いつめられ、症状が悪化し、自虐的や自暴自棄などの行動を伴う行動も散見される。

特に認知症高齢者の中には、このような環境の下では症状が悪化する場合があるという問題点も指摘され、私自身も本研究の実験を通して確認している。

「高齢者が、尊厳をもって暮らすこと」を確保することが、これからの高齢社会においては最も重要である。「高齢者の尊厳を支えるケア」の実現することが、高齢者がたとえ介護を必要とする状態になっても、その人らしい生活を自分の意思で送ることを可能とすることである。これからの高齢社会において「高齢者が尊厳をもって暮らすこと」を実現していくことを、自助・共助・公助のあらゆるシステムを組み合わせながら進めることが国民的課題である。

### 3.2.3 介護現場の予備調査

本研究の予備調査実験のため、筆者は中度認知症で入居している祖母の介護施設を50回以上訪問してきた。そこで感じたことは、介護現場は想像以上に過酷で危機的で悲惨な状況であることだった。

まず、認知症高齢者の9割以上が何をすることなく、常に視線が宙を舞う状態で過ごしていた。テレビは常につけられ「音楽療法」の音声や音楽が流れているが、全員が無関心。これでは認知症の進行が加速するばかりと感じた。

次に、認知症高齢者の施設内の人数に対して、極端に少ない介護職員の現場であった。失禁したまま放置され臭いのする祖母と、実験で面会する機会が何度もあった。介護職員の手が回らない状況が確認できた。「回想療法」も、介護職員も頭では理解しているが実践する時間がないのが現実である。高齢者を投げるように車いすからベッドへ移動させる介護士を何度か見た。質やモラルの低い介護士の存在は否めない。

さらに、介護施設の認知症高齢者を来訪する家族や親族の少なさにも驚いた。面会記録簿には日に3～4人しか記帳されず、毎日実験で通う筆者の名前が続く日も多かった。家族に会いたい寂しい高齢者のストレスは増えるばかりである。これら想像を絶する介護の現場現実を目の当たりにして、相当の危機感を覚えるのと同時に、なんとかせねばとの使命感も強く感じた。

### 3.3 薬物療法

認知症の薬物療法は、1980年代から、多くの中核症状の薬物治療が試みられてきた。現時点での認知症の治療薬は、基本的にアルツハイマー病に対するものである。アルツハイマー病に対する塩酸ドネペジルは、あくまで対症療法薬であって多少進行を抑えるにすぎない。なお、脳血管障害の治療薬は多いが、脳血管性認知症自体を対象にする薬剤はない。

このように認知症を完治できる薬物療法が存在しない現状では、効果的な非薬物療法により薬物療法を補って治療効果を高める必要がある。認知症への心理・社会的な治療アプ

ローチ(非薬物療法)の標的は、認知、刺激、行動、感情、の4つに分類される。有名な回想法は、認知症患者さんでも比較的保たれている長期記憶を生かせることや、一人ひとりの経験や思いを尊重できることから注目されている。認知症の精神症状・行動異常の中には、対応の仕方で改善できるものもあれば、どうしても薬物に頼らざるをえないものもある。忘れてならないのは、デイケアなど各種の非薬物治療も不可欠だということである。

### 3.4 非薬物療法

非薬物療法について、山口ら<sup>[43]</sup>は認知症患者の抱える不安や喪失感を理解し、介護環境を知り、適切なリハビリやケアを提供し、家族介護者を指導し支えるといった他職種(主治医、介護士、家族)で協働する療法としている。

#### 3.4.1 非薬物療法の目的

認知症に対する非薬物的療法の第1の目的としては、規則正しい生活が行えるよう日々の暮らしに楽しみや生き甲斐を与え、生活の中での活動性を高め、その結果として睡眠障害や問題行動を改善することである。

精神活動は、身体活動に影響を受けやすいと言われている。寝たきりや日々において目的なく過ごすことは、精神機能の低下をきたし、認知症を進行させる傾向にある。少し運動するだけで、この精神活動の低下を防ぐことも可能である。

現実的には、昼夜が逆転し昼間寝てばかりいる認知症高齢者も多くいる。昼間、積極的に動き運動することにより昼間起きている時間が増え、それとともに不眠、夜間せん妄も減少していく。

第2としては、さまざまな活動を通して、ポジティブで楽しい時間、喜びや驚きなどの感情体験をすることが、日々の不安を軽減したり、イライラ感を減少したりする。結果として、夜中に歩きまわる行動や他者への暴言暴力が減少する傾向にある。

第3としては、日々の多種多様な活動を通して、人との対話やコミュニケーション能力を促進する。ゲームやカラオケ、計算作業や創作活動を通じて、日常の淡々とした生活の中では得られない感情の動き、心の動きを体験できる。自分自身の現在を表現し、他の人々とよく交流することで自らの感情脳を活性化することができるようになる。また認知症高齢者の精神機能をも活発化させ、自発性、集中力や意欲面を向上させるのに効果がある。

第4としては、口頭でのコミュニケーションが障害されている(うまく思考が働かず話す内容がまとめきれない)ことが多い認知症高齢者に対して、個々の活動を通して、介護者が個々の表現能力や、その人の心のありようを理解することができる。(以上、(財)長寿科学振興財団の健康長寿ネット<sup>[44]</sup>より)

### 3.4.2 多様な非薬物療法

回想法、リアリティオリエンテーション、音楽療法、運動療法、理学療法（筋力強化、バランス訓練、関節可動域訓練）、作業療法（家事・家庭内役割作業、手工芸・工作）、レクリエーション療法、園芸療法、演芸療法、社会心理療法、ダンス、散歩、各種体操（ラジオ体操、リズム体操、民謡体操、ストレッチ体操）などがあり、また環境の整備、介護者への教育・指導なども含まれる。

### 3.4.3 音楽療法と回想法

非薬物療法の中で、従来から介護施設などで最も頻繁に実施されているのが回想法と音楽療法である。

#### ・音楽療法

佐々木<sup>[45]</sup>は、認知症患者において子供の誕生や映画などの観時に感情が動く体験を、音楽を通して記憶がよみがえり感情を動かす時間を提供することができる音楽療法の素晴らしさを述べている。

音楽療法の目的としては、心身のリラックス、不安やストレスの軽減、不適応な行動の減少、自発性の向上、協調性の改善、思い出の掘り起こし、長期および短期記憶力の改善、現実認識の改善、人との交流の改善、体力の強化、運動能力の改善などがある。音楽療法により、問題行動が少なくなり食事の摂取量が増えるなどの効果が報告されている。

実際の音楽療法には、2種類ある。受動的音楽療法は音楽を受け身的に聞くだけ、能動的音楽療法参加者みずからが歌ったり、楽器を演奏したりして、積極的に音楽を行う。

具体的な受動的音楽療法は、懐かしい歌やクラシックなどの音楽を、食事時間や日常の介護場面でバックグラウンドミュージックとして聴かせる療法である。演歌や懐メロなど、対象者にあわせて選曲していく。

それに対して能動的音楽療法は、参加者が、童謡、唱歌、演歌、フォークソング、軍歌などを歌ったり、また歌にあわせて、鈴、タンバリン、ベルなどの楽器を演奏したり、音楽にあわせて体のストレッチをしたり、歌体操や踊りなどを参加者自身が行う療法である。

音楽療法の効果について、音楽療法によって、興奮などの問題行動が少なくなり、食事中、精神的にリラックスをして食事の摂取量が増えるなどの効果が報告されている。

#### ・回想法

回想法は、認知症患者の思い出を蘇らせることで認知症の進行を遅らせ精神的な安定をはかる療法である。高齢者の思い出に対して介護者などが共感的に受容の姿勢をもって意図的に働きかけることによって、高齢者の人生に対する再評価や自己の強化を促し、心理的な安定や記憶力改善をはかることができる。

小山<sup>[46]</sup>は、回想法により認知症患者が昔を思い出すことで、元気に頑張っていた自身の過去の記憶がよみがえり、楽しく幸せな気分になせ生活の張りをつくり問題行動を減らす効果があると述べている。

認知症高齢者は、すぐ前のできごとを忘れてしまっても過去のことを覚えている。そのような認知症高齢者の記憶を引き出し、共感しながら高齢者の心の安定をはかりながら、懐かしい・楽しいといった思い出を蘇らせる。この療法で、精神的に心地よい環境を作り出し、認知症の進行を遅らせ、精神的な安定をはかることが可能となる。

回想のテーマとしては、患者が人生で最も活躍した次期の内容が効果的である。また人生の発達段階や歴史上の出来事の時系列的な側面を活用するケースも多い。具体的には「子供時代」「ふるさと」「小学校時代」「中学校時代」「趣味」「交友関係」「旅」「出会い」「結婚」「出産」「子育て」「仕事」「孫の誕生」「定年」「今」「これから」などのライフステージを示すボードを準備し、キーワードを参考に話してもらうという方法が一般的である。

また昔使用していた物や出版物、五感を刺激するものなどを用いて行うことも多い。回想法の効果については抑うつ感の改善、不安の軽減、人生満足度の向上、対人交流の促進などが報告されている。

近年における回想法を発展した研究で、大武ら<sup>[47]</sup>は認知症高齢者の回想を写真などで共有し、複数者での対話で認知症を抑制する「共想法」を提言している。「共想法」の人手にロボットを活用する新療法も注目されているが、介護の現場で日々手軽に行う事はできない。

#### 3.4.4 アニマルセラピー

介護現場において、アニマルセラピーが非薬物療法として期待されている。介護施設内でペット的な小動物を飼うことで、認知症高齢者との交流が生まれ精神的な効果をもたらしてくれる。また、“セラピードッグ”と言われる心のケアや体のリハビリを手助けするために特別な訓練を受けた犬による療法も近年注目されている。人間と、犬や猫などのペットとの付き合いは紀元前数世紀から記録にも残っているように、とても長い歴史があり、ペットを飼う事で楽しい思い出もたくさん得られ、海外では認知症ケア療法として早くから導入されている。

中でもドッグセラピーは認知症ケアモデルとして有効性が高い傾向にある。生長らの研究<sup>[48]</sup>によると、意思疎通困難で一日中椅子に座ったままの活動性が顕著に低下した認知症高齢者が、ドッグセラピー後、セラピードッグとの良い関係が構築された。その姿を見るだけで自立起床し、そのリードを受取ると自ら立ち上がり散歩に行こうとする自発的な動作が見られ、認知症における機能的な評価が向上した。ドッグセラピーによる認知症高

高齢者に対する生活意欲の向上とリハビリテーション効果の調査研究は盛んに行われている。

#### 3.4.5 ロボットセラピー

このような中、ロボットセラピーなどテクノロジーを活用した新療法が多々注目を集めている。大きく分類すると、①ロボット（物体）を活用したセラピー、②画面の中のアバターや架空のバーチャルロボットを活用したセラピー、③ICT やインターネットテレビを活用した遠隔セラピーの3つに分けられる。

##### ①ロボットセラピー

アニマルセラピーのような衛生面での課題がないため、動物のアレルギー、感染症のリスク、噛み付きや引っ掻きなどの事故などの理由で、本物の動物を病院や福祉施設に導入することをためらうケースにおいてロボットセラピーは全ての問題をクリアできるため期待されている

図3-6のメンタルコミットロボット「パロ」<sup>[49]</sup>、スマイルサプリメントロボット「うなずきかぼちゃん」<sup>[50]</sup>、「子グマ型ソーシャルロボット」、会話型パートナーロボットよりそいフボット<sup>[51]</sup>がペット動物の代替として開発され高齢者用介護ケアロボットとして注目されている。

先行研究として、柴田ら<sup>[52]</sup>は、このアザラシ型メンタルコミットロボット「パロ」を介護施設に入居する高齢者に毎日9時間以上使用してもらう実証実験を行っている。約2ヶ月の検証実験結果から、その高齢者の社交性などが拡大したと報告されている。また、この「パロ」を上記と同様の使用実験で1年間行った実験結果<sup>[53]</sup>として、「パロ」と関わった高齢者の対話能力が関わらなかった高齢者よりも活性化し、個々の精神面を強くしたという結果も得られている。さらに、「パロ」と自律動作しないライオンの人形を介護施設入居の軽度認知症高齢者に使用比較した実験からは、人形よりも「パロ」の方に高齢者は興味を示し、実験後に介護士との対話も増えるなど行動が活性化した結果が得られている。

平野ら<sup>[54]</sup>は、小型ヒューマノイドロボットを用いて介護施設で認知症高齢者への運動促進やリハビリテーションを行う研究を行っている。ロボットを利用した方が、高齢者はより体操を継続しやすい成果が得られている。加納ら<sup>[55]</sup>は、高齢者患者の精神的負荷を軽減するためには長期にわたるケアが重要と考え、乳幼児型のセラピーロボット「BabyLoid」を研究開発した。乳幼児と同様に、このロボット自体では何もできず、高齢者患者によるサポートを必要とするため、高齢者患者には長期のよい刺激になる結果が得られている。



図 3-6 セラピーロボット (引用：5章参考文献参照)  
上：メンタルコミットロボット「パロ」、  
中：スマイルサプリメントロボット「うなずきかぼちゃん」、  
下：会話型パートナーロボットよりそいフロボット

スマイルサプリメントロボット「うなずきかぼちゃん」では、高齢者の認知機能を高め、抵抗疲労や癒し効果があり認知症予防にも効果をもたらす可能性が期待されている。うなずき動作や発話機能を有するこのロボットによる検証実験結果では、高齢者の認知機能が1、5倍増加し、ストレスも減少する結果が得られている。

「子グマ型ソーシャルロボット」<sup>[56]</sup>もペットロボットを用いたアニマルセラピー的なアプローチと同時に、乳幼児とのふれあいによる癒し効果をあわせもたせることをねらいとして開発されている。認知症高齢者の検証実験も行われていて、擬人化された乳幼児のようなロボットの振る舞いに、認知症高齢者が話しかけたり撫でたりして積極的にかかわり、表情も明るくなり効果のあった報告がある。

山本ら<sup>[57]</sup>は、インターネット通信機能を有するぬいぐるみ型の対話ロボットを活用して在宅要介護の独居高齢者同士、在宅要介護の独居高齢者と遠隔にいる家族、病院医師や介護施設介護士らを遠隔通話でつなぎ、良質なケアを行う研究開発を行った。

## ②バーチャルロボットセラピー

橋本ら<sup>[58]</sup>は、仮想現実の映像システムを用いて、介護施設の高齢者が仮想の世界（バーチャルロボット）を見ながら身体を動かす高齢者ケアを提案している。

同じく、戸田ら<sup>[59]</sup>も画面内のバーチャルロボットによるコミュニケーションロボット技術や、小型実機ロボットによる対話を通して、高齢者の健康管理や健康維持を行う研究を行っている。

宮地ら<sup>[60]</sup>は、介護士を代替して介護施設入居の高齢者を支援する画面内のバーチャルロボットの研究を進めている。介護士の負担を軽減することは重要である。この研究の中でも、このバーチャルロボットに感情をもたせることが介護者との関係性をよくすることを主張している。

Francesら<sup>[61]</sup>は、遠隔テレビを通して、仮想のバーチャルロボットの介護士による認知症ケアを行うことで、認知症患者の精神的負担を軽減し有益であること実験を行っている。

## ③ICTなどを活用した遠隔セラピー

保利ら<sup>[62]</sup>は、テレビ電話によるコミュニケーションが認知症高齢者の認知機能と、その家族と介護士の介護負担軽減につながる研究結果を明らかにしている。里村ら<sup>[63]</sup>の高齢者患者用のインターネットを活用した健康管理システムや、中島ら<sup>[64]</sup>の高齢者自宅のテレビの使用状況から健康状態を観測するシステムなど、ICTやモニターを活用する高齢者ケアは多い。

認知症ケア療法では、Sirirayaら<sup>[65]</sup>の認知症高齢者の昔懐かしい風景や住んでいた部屋などを擬似的にバーチャルデザインした画像を見せて、回想療法を行う研究もある。

このようにテクノロジーの進化に伴い、ICT とロボット、バーチャルロボットを駆使した認知症療法は、今後の主流になると考えられる。

#### 3.4.6 感情を刺激するセラピー

介護施設に入居する認知症高齢者は、日々の生活の中で、感情が動く体験が少ない。介護施設へのフィールド調査を繰り返す中、体操や音楽療法は行われているが、認知症高齢者にとっては義務的に強いられていて、日々多忙な介護士にとっても難しい課題である。

高齢者の感情が動くシーンには、次のようなものがある。孫との触合いや愛らしい姿にほほが緩む、友人や親族からの優しさに思わず涙する、努力が報われて喜びにひたる、テレビドラマや映画の登場人物に感情移入して喜怒哀楽をあらわにする、これらの感情を表出することは人間が人間らしく生きる上で必要な体験である。

介護施設に入居する認知症高齢者は、これらの体験の機会が一気に減少する。さらに記憶力や判断力も低下するため集中力も維持できず、テレビやカラオケが流れていても無関心になる。

この「感情が動く」体験を多くつくるには、非薬物療法の中でも「回想法」、「音楽療法」、「アニマルセラピー」が有効である。

「回想法」<sup>[46]</sup>は昔を思い出したことで、次に思い出す機会を楽しみにするため介護施設での生活に張りが出る。「音楽療法」<sup>[45]</sup>も過去の記憶と結びつき、過去の記憶と結びつき馴染みの音楽を聴いたときの感情がよみがえる。馴染みの音楽は、このように感情が動き続ける時間を提供する。「アニマルセラピー」<sup>[48]</sup>も動物から積極的に関係をもってくるため、受け身でも動物との感情のやり取りが起これば感情を動かされる。このようにほとんどの非薬物療法が感情を動かす機能のあることが理解でき、これらを統合した「ロボットセラピー」が期待される。

医療の現場でも、認知症ケアにおいて「感情の動き」<sup>[66]</sup>に注目する傾向にある。認知症専門医である長谷川嘉哉医師は著書<sup>[37]</sup>の中で、認知症で記憶を司る「海馬」が萎縮し物忘れなどの症状が出るが、感情を支配する「扁桃核」の萎縮が主な要因であると指摘している。介護施設入居の認知症高齢者は、日々の生活で受ける刺激が少ない、喜怒哀楽の感情の起伏が乏しいため、扁桃核の衰えが早く進む。そのため起こる不安定な感情により、無欲、無気力、無関心、怒りやすいなどの態度となり、扁桃核の機能が低下する。

長谷川医師は、この扁桃核を刺激し「感情が動く」療法を増やすべきだと主張している。扁桃核には様々な感情に関係する機能がある。人やモノを好きになった時、その瞬間に扁桃核が潜在意識のデータを処理し、快と判断した結果として好きという感情を動かしている。扁桃核を刺激する生き方は、好き、嫌い、快、不快など多様な感情を伴うため記憶に

残しやすくなる。このように扁桃核を通過する記憶は「感情記憶」として長持ち長期記憶となる。この扁桃核を刺激する認知症用の新薬リバスタッチ/イクセロンパッチなども、感情を司る脳の扁桃核を刺激し感情を豊かにする効果があり注目されている。これら新薬と併用する介護施設での生活や非薬物療法が期待されている。

さらに、2014年7月20日放映のNHKスペシャル【認知症800万人時代 認知症を食い止める～世界の最前線～】<sup>[67]</sup>においても、イヴ・ジネスト氏が考案した【ユマニチュード】の認知症ケア効果が発表されていた。

【見る】、【話す】、【触れる】、【立つ】の4つの基本要素で、認知症高齢者のコミュニケーションの改善を目的とする。この療法は、フランスで35年前から研究が進み、いまではドイツやカナダでも行われている。これも感情を刺激する療法である。

本研究では、この【見る】、【話す】、【触れる】をタブレット端末やロボットで人手を介さず行うため、認知症療法【ユマニチュード】の自動化・ロボット化にもつながると考えた。

### 3.5 中度認知症高齢者の実態調査とロボットセラピー効果の検証実験

#### 3.5.1 調査と実験の目的

ロボティクスデザインにおける感情創造研究の展開として、介護分野（認知症ケア）での可能性を確認するため、介護施設における認知症患者の実態調査を行った。

また2章で述べた骨格が伸縮するロボットの情動動作を、認知症ケアロボットに展開して認知症予防に役立てるのがねらいであるため、既製の介護ロボットや画面内のバーチャルロボットを用いた実験を行い既存手法の実態調査と可能性を検証した。

#### 3.5.2 実験方法

認知症高齢者の実態調査、既製の介護ロボットの実態調査共に、中度認知症高齢者である筆者の祖母（92才）を被験者として、祖母の入居する介護施設（指定介護老人福祉施設特別養護老人ホーム百楽園）で実験を行った。

##### ・ 実態調査方法

介護施設の事前承諾を得て、入居する認知症高齢者や家族への倫理的な配慮も怠らないよう筆者が祖母の面会のため訪問するかたちで、入居する認知症高齢者やその家族と介護士の実態調査を行った。訪問日時は不定期であるが、午前、午後と、介護士や認知症患者に負担のかからない時間帯に訪問するようこころがけた。調査内容において写真撮影はせず、全てノートに筆記した。

- ・ 既製介護ロボットの実態調査

図 3-7 に示す 2 つの介護ロボットと、1 つの画面内のバーチャルロボット、1 つの動物の人形の計 4 つで実験を行った。被験者は、中度認知症高齢者である筆者の祖母（92 才）。

実験装置：①PC 内で情動する「バーチャルロボット」、②セラピー用アザラシ型ロボット「パロ」、③介護コミュニケーションロボット「かぼちゃん」、④小熊のぬいぐるみ

実験方法：被験者が体調の良い時間に、実験機器 4 台ごとに実験日を変え 4 日に分けて被験者に体験してもらった。

### 3.5.3 実験結果

本研究のロボティクスデザインの感情創造が、認知症ケア分野に展開できる可能性を検証するため、筆者の祖母である中度認知症高齢者や介護施設の実態調査と、先行研究である介護ロボット既製品の祖母への使用実験を行った。

介護施設に入居する認知症患者の潜在的な問題は他にないのか、先行研究の結果や既存手法が祖母に適合するのかなど、筆者が実験の観察を通して洞察する中でロボティクスデザインの感情創造が活かせる新手法の糸口を探るのが目的であった。

- ・ 実態調査結果

中度認知症の祖母が入居する介護施設（指定介護老人福祉施設）へ何度も足を運び、認知症高齢者の実態調査を重ねた。対象は祖母が入居する中度認知症高齢者のフロアを中心に、介護者や家族との関係性を調査した。実態は、次の内容となる。

①認知症高齢者の日々の暮らしについて、介護施設内の認知症高齢者は、日中何もすることがなく、同じ位置に毎日座るか車椅子で一日過ごす。テレビで演歌などの歌や音楽が流れているが、全く関心がない。介護士による体操が行われるが消極的である。認知症高齢者同士の対話もあるが、喧嘩も目にした。回廊を何周も歩く、もしくは車椅子を自らの手で押して何周も移動する方は多くいた。

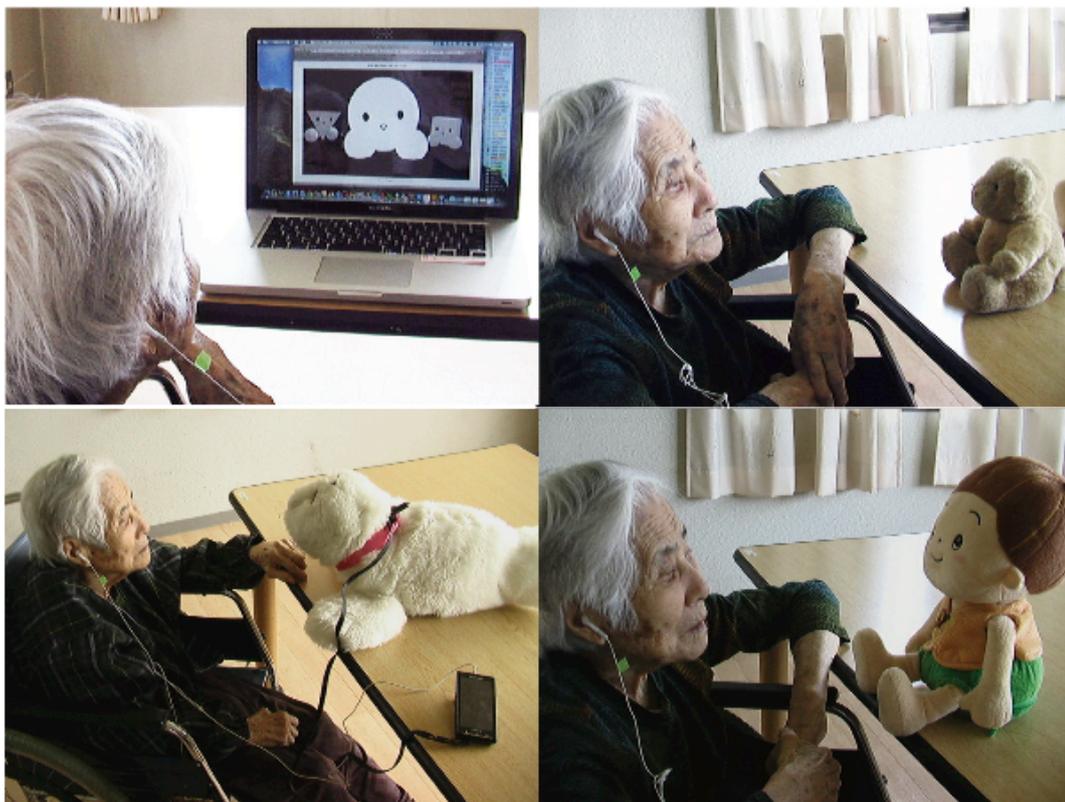


図 3-7 既製介護ロボットの実態調査実験

左上：画面内のバーチャルロボット、右上：動物の人形、下：2つの介護ロボット

②認知症高齢者から直接聞いた声として、「早く一日が過ぎないか、早く夜になってほしい。」「家に帰りたい。しかし、家族に迷惑をかけるから帰れない。ここで我慢する。」など、認知症高齢者は自らの状態を冷静に自覚していた。

③家族が面会に訪れる機会は少なく、面会の無い家族もいた。面会者が少ないため、面会名簿に筆者の名前が続く日々が多々あった。しかし家族との面会時は、認知症高齢者の顔が穏やかになり喜んでいることが確認できた。

④介護士の状況は、一人の介護士に対して担当する要介護者（認知症高齢者）の人数が多く負担が大きいことが即座に理解できた。音楽療法を定期的に行っていたが、ただ音楽を流すだけで実質的に効果的とは思えない様子であった。回想法など様々な療法が提案されているが、それを介護士が高齢者に実施する時間と余裕がないのが現実である。このような状況から、筆者が調査のため介護施設を訪問するごとに、介護施設に入居してきた認知症高齢者の状態が悪化している現実も理解できた。

また介護士の担当も月ごとに変わり、就労環境や労働実態が悪いことも理解できた。特

に質の良い介護士は、介護施設間で取り合いになっているとも聞く。

以上の実態調査からの気づきとして、介護施設に入居する認知症高齢者と家族との接点を簡単に設けるサービスが必要と感じた。それに加え、その家族と介護士の負担を軽減するデザイン提案も必要と感じた。

#### ・ロボットセラピー調査結果

介護施設入居の認知症高齢者が、市販されているセラピーロボットや画面内のバーチャルロボットによる影響度や関心について実態調査を行う。先行研究の多様なセラピーロボットにも各々一長一短があり、中度認知症高齢者に最適な要素が抽出できると考えた。

#### ① PC内で情動する「バーチャルロボット」

情動表現（動きや音声）が大きくても、被験者は一切関心を示さなかった。高齢者はパソコンという機器自体に関心を示さないことが発見できた。これは高齢者が複雑なコンピューターであっても外観が炊飯器であれば使いこなせ、外観が過去に体験のない未知の外観では使いこなせないという原田ら<sup>[68]</sup>の認知的インターフェースのメンタルモデルと同じ内容であった。

#### ② セラピー用アザラシ型ロボット「パロ」

本物の動物（アザラシ）と認識し、大きく興味を示し積極的にかかわろうとしていた。「パロ」からの情動や鳴き声などの働きかけに誘引されていた。大きな動き（情動）はよいが、高齢者が膝に乗せようとするが大きさや重さが問題で抱きかかえられなかった。その後、「パロ」のヒゲに被験者が触れると本体が大きく反応（情動）する機能に、被験者は大変興味を示し能動的に何度も繰り返す傾向にあった。

#### ③ 介護コミュニケーションロボット「かぼちゃん」

情動量（動作量）の少なさや音声の聞き取りにくさが中度認知症の被験者には問題であり、全く興味を示さなかった。認知症の症状が発症しないときは、しっかりした大人であるため、玩具のように子供向けに見える製品は受け入れないことが理解できた。

#### ④ 小熊のぬいぐるみ

製縫のよい上質な小熊のぬいぐるみであったため、ドールセラピーとして被験者は気に入っていた。小サイズで軽量のため、被験者自ら抱きかかえ膝に乗せ対話していた。

以上の実験結果から、アザラシ型ロボット（パロ）の評価が最も高かった。その理由は、(1)子供用のオモチャのように見えないこと（認知症高齢者を子供扱いしない）、(2)その大きな情動（瞬き、鳴き声、身体動作）があること、(3)生き物のようにヒゲに触れると情動反応することであり、これらの要素が融合して認知症高齢者を魅了していた。しかし、この実験では被験者がアザラシ型ロボット（パロ）抱きかかえることができなかった。高齢者にとっては小熊のぬいぐるみ程度のサイズ感（体長：19cm、重さ：200g）がよく、パロの

サイズ(体長：57cm、重さ：2.55kg)は課題であることが明確となった。

#### 3.5.4 考察

実態調査とロボットセラピー調査を通して、介護施設に入居する中度認知症高齢者は、親しい家族との面会(対話)を期待し、アザラシ型ロボット(パロ)の情動機能と小型化したロボットセラピーを受容する傾向にあることが理解できた。

また、介護士の多用さから、介護施設内では介護士から認知症高齢者への回想法や音楽療法などを施行する時間がとれない現実も理解することができた。介護士の手を煩わせず、多様な療法を介護施設に入居する認知症高齢者に施行し、認知症の進行抑制が必要である。

本研究の目指すロボティクスデザインにおける感情創造として、2章の骨格伸縮などで誇張した感情表出動作が潜在するアザラシ型ロボット(パロ)を小型化したセラピーロボットは、中度認知症高齢者に有用性があることも確認できた。また、このロボットに、家族と対話できる何らかの機能を盛り込むことで先行研究にない新規性が生まれ、認知症高齢者により効果がある。さらに、ロボットのまとめ方として、子供用おもちゃのように見えない大人向けとしての品格や質感がロボットに要求されることも重要な要素である。

認知症療法の関連研究との比較からも、身体が情動するロボットセラピーの有用性を進化させる研究は無く、それに加えてロボットに親しい家族などとの通話機能を盛込んだものも無い。したがって、これらは介護施設に入居して孤独で寂しい思いをしている認知症高齢者のニーズに応える新たなロボットセラピーの発見であると言える。

課題としては、IT 機器操作を苦手としている認知症高齢者の家族や介護士が簡単に使用できる操作インターフェース、できれば全自動対応が望ましい。加えて、アザラシ型ロボット(パロ)の情動機能を有しながらの小型軽量化である。

### 3.6 中度認知症高齢者へのビデオ通話と既製品を活用した認知症ケアロボットによる効果の検証実験

この実験では、3.5の実験の結果から、介護施設に入居する中度認知症高齢者に対して認知症の進行抑制となる認知症ケアロボットの精度を高める調査分析と、簡単な実験機を制作して少数の被験者へ検証実験を行うことを目的として実験を進めた。

#### 3.6.1 調査と実験の目的

3.5の実験結果の精度を高めるため、評価の高かった親しい家族との面会(対話)を再現できる技術と、アザラシ型ロボット(パロ)の情動機能を小型化したロボットセラピー技術について市場調査から始めた。

市場調査の結果、図3-8のタカラトミー製フェイススタンド (iPod touch 向け)<sup>[69]</sup> を実験機として採用した。

その理由は、音声に反応して情動するロボット本体の動きと、携帯端末 (iPod touch) の液晶表示部で登録した遠隔対話者の顔静止画を、通話音声に同期させて自然にはなしているかのように情動させて表示するアプリ：フェイスシング (モーションポートレート社の顔自動情動生成技術、以降は顔自動情動生成技術のみとする)<sup>[70]</sup> が、この実験2に活用できると判断したためである。

ここで顔自動情動生成技術について、モーションポートレート社ホームページ<sup>[69]</sup> より詳細説明を以下に引用する (図3-9参照)。

たった1枚の顔写真から自動で3Dモデルを生成し、自在に顔アニメーションを行います。独自の表情エンジンとテクスチャ表現の組み合わせにより、喜怒哀楽や歌う・踊るといったアクション、映画の特殊メイクのようにクリーチャーに変身したり、加齢や痩身、メーカーのシミュレーションなど非常に多彩な表現を可能とします。

また、メガネやヘアスタイルなど、仮想アイテムの試着も可能です。軽量で高速なライブラリが特徴で、スマートフォン等モバイル環境でも快適なレスポンスを楽しむ事ができます。

さて、先行研究にも多くあるテレビ電話や Skype などのビデオ通話と、このモーションポートレート社の顔自動情動生成技術を使用したビデオ通話の比較実験も事前に筆者の祖母 (中度認知症高齢者) に行った。Skype のビデオ通話を用いた実験において、筆者の祖母は画面内の通話者を誰か認知することができなかった。一方、顔自動情動生成技術によるビデオ通話では、何ら問題なく祖母は通話者が誰か理解できた。この理由は、通話者が最も認識されやすい正面の顔画像を、顔自動情動生成技術で話す動画表情をつけてビデオ通話化するため、中度認知症の祖母でも容易に理解できたことであると考えられる。

さらに、認知症高齢者の家族も高齢であり、介護士 (若い人は除く) も同様に、PC メールが使えず IT 関係の機器操作は苦手である。高齢の両者には、先行研究のテレビ電話や Skype などのビデオ通話は使えず、積極的に操作しようとならない。しかし両者とも携帯電話は使え、連絡の主な手段としていた。この点にも着目すると、顔自動情動生成技術によるビデオ通話は、通話者を撮影するカメラも必要とせず、家族は携帯電話をかけるだけで介護施設に入居する認知症高齢者と接点を設けることが可能となる。これらの製品や技術を用いて、情動ロボットの動作反応に加え、家族の顔を見ながらのビデオ通話が中度認知症高齢者の感情 (脳内の扁桃核) を刺激し認知症の進行を抑制する目的で実験を行った。

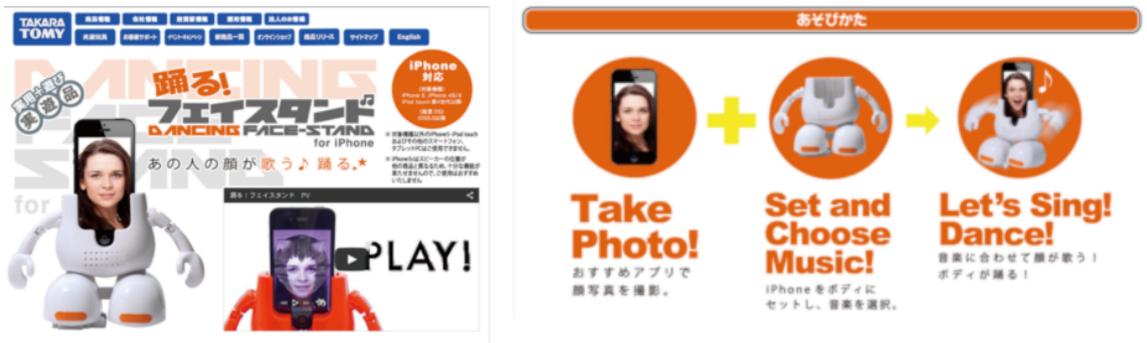


図 3-8 タカラトミー製フェイススタンド（株式会社タカラトミーHP より）



図 3-9 顔自動情動精製技術説明図（株式会社モーションポートレート HP より）



図 3-10 実験 2 の使用機器と実験方法の解説図（上）、  
 実験シーンと顔自動情動生成技術（モーションポートレート社 HP）（下）

### 3.6.2 実験方法

#### (1) 実験機器：

図 3-10 に示すように携帯型映像音楽プレーヤ(4 インチ画面付 iPod touch、以降は iPod touch のみとする)<sup>[68]</sup> とタカラトミー製「フェイススタンド」(以降はフェイススタンドのみとする)<sup>[69]</sup>、家族の顔静止画像から顔自動情動映像を生成するモーションポートレート社アプリケーション ソフト「フェイスシング」、ボイスレコーダー(家族の通話音声録音再生)を使用した。

#### (2) 実験準備：

介護士より実験に参加する中度認知症高齢者にとって最も親しい家族を選抜していただいた。事前に認知症高齢者ごとに、その親しい家族との思い出話(回想療法)や懐かしい歌(音楽療法)を含んだ通話内容のシナリオを作成し打合せを行った。

その親しい家族に中度認知症高齢者が入居する介護施設に来てもらい、それぞれ別室で待機してもらった。携帯電話を2台用意し、家族の携帯電話から介護士がサポートする認知症高齢者の携帯電話へ電話をかけた。

その家族の音声のみ、ボイスレコーダーで家族からの音声情報のみ録音した。通話内容は先述のシナリオを基本に話していただいた。

実験ため、まず iPod touch に、撮影しておいた中度認知症高齢者の親しい家族の顔写真データを入力した。フェイススタンドに iPod touch を搭載し、ボイスレコーダーで録音した家族の音声を、最大音量でパソコンから出力した。その音声の音量に合わせて、フェイススタンドと iPod touch 画面内の家族の顔が同期して情動的に動作することを事前確認した。

#### (3) 倫理的な面は、以降の全実験において介護施設と中度認知症高齢者の家族に事前に詳細を説明し承認を受け、倫理委員会の手続きに従って実験を進めた。

#### (4) 実験方法：

実験時に自動再生できるよう準備した。中度認知症高齢者が体調の良い時に介護職員付き添いのもと実験を行った。iPod touch を搭載したフェイススタンドとパソコンを机におき、その前に被験者が着座した。フェイススタンドを通して、家族から電話がかかってきてビデオ通話を行う事前説明をして、実験を開始した。

#### (5) 被験者

介護施設(指定介護老人福祉施設特別養護老人ホーム百楽園)からの推薦と家族の了承を得られたその介護施設に入居する中度認知症高齢者3名に対して実験を行った。

- ・被験者1 中度認知症高齢者 女性 92才
- ・被験者2 中度認知症高齢者 女性 86

- ・ 被験者 3 中度認知症高齢者 女性 82 才

#### (6) 脳波測定実験方法

この実験の評価方法としては、筆者と介護士による主観評価と、客観評価として脳波測定を行った。脳波測定は試行のため、被験者 1 のみ実験前と実験後で脳波測定実験を行った。

脳波測定実験を行った理由は、認知症の知能評価スケールとして多用される Mini-Mental State Examination (以降、MMSE) <sup>[40]</sup> などの質問形式の評価方法が使えないと判断したためである。会議施設の実態調査で筆者が中度認知症高齢者と関わりをもつ中で、対話ができない、うまく受け答えができない、何かに長時間集中できない方々がいた。特に筆者の祖母も、耳が遠く、長時間集中できない傾向にあった。MMSE の質問形式では、約 20 分程度の施行時間をようするため、短時間の脳波測定による客観評価を選択した。

脳波測定機器には、次の数種類のタイプがある。近赤外分光法を用いた脳活動測定では、頭皮上から近赤外光を照射・検出することで、血液中に含まれるヘモグロビンの濃度変化を測定する。脳波計は、頭皮に端子をつけて、その電気信号を検出する装置。脳が自然に出す信号を、外部から測定するのみなので脳や人体に対する影響はない。

本実験の対象が中度認知症高齢者であり、初段階のため試行のため最も簡易な方式の脳波計、フューテックエレクトロニクス株式会社製 BrainPro (ブレインプロ) FM-929 を脳波測定装置として選択した。

#### (ア) 目的:

ロボットセラピー実験前後の脳波 ( $\theta$  波、 $\alpha$  波、 $\beta$  波) を測定し、その効果を脳の活性化 (感情の動き) から分析する。各脳波の意味は以下の通りである。

$\theta$  波 : 4-7Hz で浅い眠りなど意識レベルが低下した状態

$\alpha$  波 : 8-13Hz でリラックスし、脳の眠度が増した状態

$\beta$  波 : 14-40Hz で脳が緊張や興奮している状態

脳波グラフの傾向としては、リラックスした状態では  $\alpha$  波の電位 (含有率) が高くなり、緊張した (活性化した) 状態では  $\beta$  波の電位 (含有率) が高くなる。

#### (イ) 実験測定装置:

脳波測定はフューテックエレクトロニクス株式会社製 BrainPro (ブレインプロ) FM-929 及び PC 用ソフトウェア PullaxPro (パルラックスプロ) により行った。BrainPro で検出した脳波を PullaxPro はサンプリング周波数 1024Hz で原形波を取得し、高速フーリエ変換 (FFT、窓関数 : 矩形) により、3.0Hz~30.0Hz まで 0.5Hz 毎にパワースペクトル解析する。

電極は 10/20 法による FP2 (及び FP1、A1) に装着した。

(ウ) 実験方法：

被験者が体調の良い時間に、脳波測定装置を用いて普段の脳波を測定する。その後、ロボットセラピー実験の時間を設け終了後、被験者 1 のみ脳波を測定した。

(エ) 被験者 1 中度認知症高齢者 女性 92 才

(オ) 脳波特性：

大熊ら<sup>[71]</sup>によると、脳が活性化すると脳波は減る傾向にある。大脳皮質の活性度が高くなると、たくさんのニューロンにおけるシナプス後電位の分散が高くなるために、 $\alpha$  波だけでなく、原則としてすべての脳波の振幅は減少する傾向を示す。したがって、脳が活性化すると脳波 ( $\theta$  波、 $\alpha$  波、 $\beta$  波) の電位が減少し、脳波が増えるとか何かの波形が出てくることはない。特に  $\beta$  波は、 $\alpha$  波に比べて減少の程度がはるかに少ないが、脳が活性化すると  $\beta$  波も減少する。

また、脳が活性化すると  $\beta$  波の含有量は増える傾向にある。 $\alpha$  波の含有量は覚醒時に増え、活性時には大幅な抑制を受け減少する。 $\beta$  波も活性時には減少する。脳が活性時の  $\beta$  波について、波形ではわかりにくいですが、含有量では明白で含有率では増大する。

脳が覚醒時に  $\alpha$  波が増える傾向にある。 $\alpha$  波は大脳皮質の活性度が低いときに見られる波形である。脳の活性時でも注意するということがなく、安静している時には  $\alpha$  波が大きく見られることがある。この傾向は高齢者に出やすい。

### 3.6.3 実験結果

この実験では、iPod touch 搭載のフェイススタンドと通話音声を再生するパソコンを用いて、介護施設に入居する中度認知症高齢者とその親しい家族とのビデオ通話と情動ロボットによる療法で、脳を活性化させ認知症の進行抑制になえるかを検証した。

#### ・主観評価結果

実験中、全被験者とも親しい家族との（回想法＋音楽療法が盛込まれた内容の）ビデオ通話にうれしくて声が大きくなり、前屈みの姿勢で積極的に家族との通話を楽しんでいた。

ビデオ通話は録音であるが、毎回、初めてのビデオ通話と認識し、うれしくて涙を流し一緒に歌を歌う。家族との回想話から過去の他の記憶が蘇り、筆者にそれらを語り続けた。同席した介護士も共感した。被験者ごとの客観評価は以下となる。

(ア) 被験者 1

実験開始後すぐに、被験者 1 の姿勢は前のめりになり、大きな声で通話者の声に対して受け答えしていた。回想法の思い出話にも、それぞれ思い出しながら最適な答えを探し回答していた。音楽療法の歌では、「さくらさくら」を通話者と一

緒に大きな声で歌っていたのが印象的であった。全般を通して、日常よりも元気に明るく大きな声で通話していた。しかし、通話者の顔のある4インチ液晶表示部は、実験の前半のみ見ながら話していたが、後半は音声のみに傾聴していた。

#### (イ) 被験者2

実験開始時、4インチ液晶表示部の家族の顔を確認し、家族の名前を何度も呼んでいた。通話が進むにつれて、回想法の様々な思い出話に、それぞれ思い出しながら最適な答えを返事し、思い出話に涙していた。

姿勢も少し前傾する程度で、他の被験者と比べて落ち着いた様子であった。この被験者は、最後まで通話者の顔のある4インチ液晶表示部を見ながらビデオ通話をしていた。

実験終了後、このようなサービスへの感謝を介護職員に何度も話していた。さらに、家族についての被験者2の思い出や、他の親族についての話を延々と話し続けたのが印象的である。回想法により、他の記憶が刺激されたためと考える。

#### (ウ) 被験者3

被験者3は実験前から実験機に興味をもち、何度も乱暴に触れて遊んでいた。実験開始後は、すぐに家族の顔の映像と音声を知り、家族の名前を呼びながら楽しく通話をはじめた。被験者3の姿勢は前のめりになり、声も大きく、身振り手振りも大きかった。

実験中、被験者3は思い出話に的確に回答し、激しく涙するようになった。途中からは4インチ液晶部を見なくなり音声のみに傾聴していった。音楽療法の歌は、小声ではあるが一緒に口ずさんでいた。

実験終了後、感動のあまり大きく泣き出し、様々な過去の記憶がよみがえり筆者にそれら悲喜こもごも話し続けた。その量と時間の長さから、相当感動したことが介護士と共に確認できた。

#### ・脳波評価結果

被験者1へのロボットセラピー前後の脳波計による $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波の平均電圧と含有率を図3-11に示す。実験前は、 $\theta$ 波と $\alpha$ 波付近の脳波が実験前は強く出ている。実験後は、 $\theta$ 波や $\alpha$ 波の平均電位が下がり、 $\beta$ 波の含有率が $\theta$ 波や $\alpha$ 波と比較して上がっていることから脳が活性化したと判断できる。

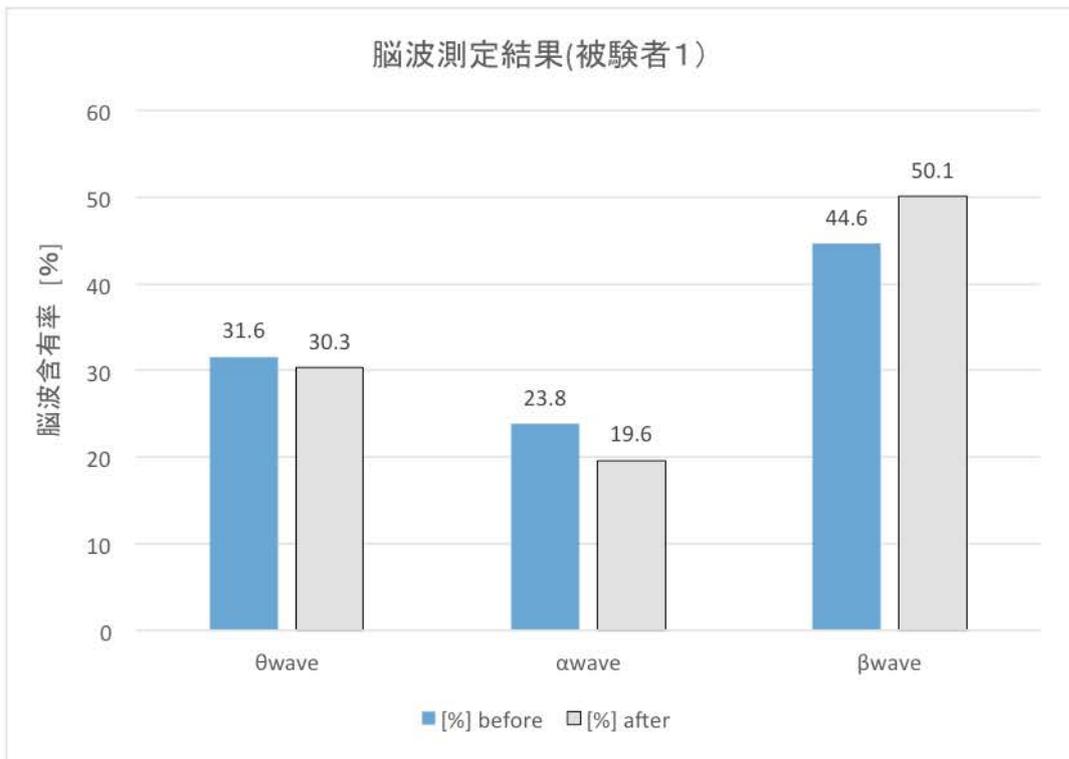
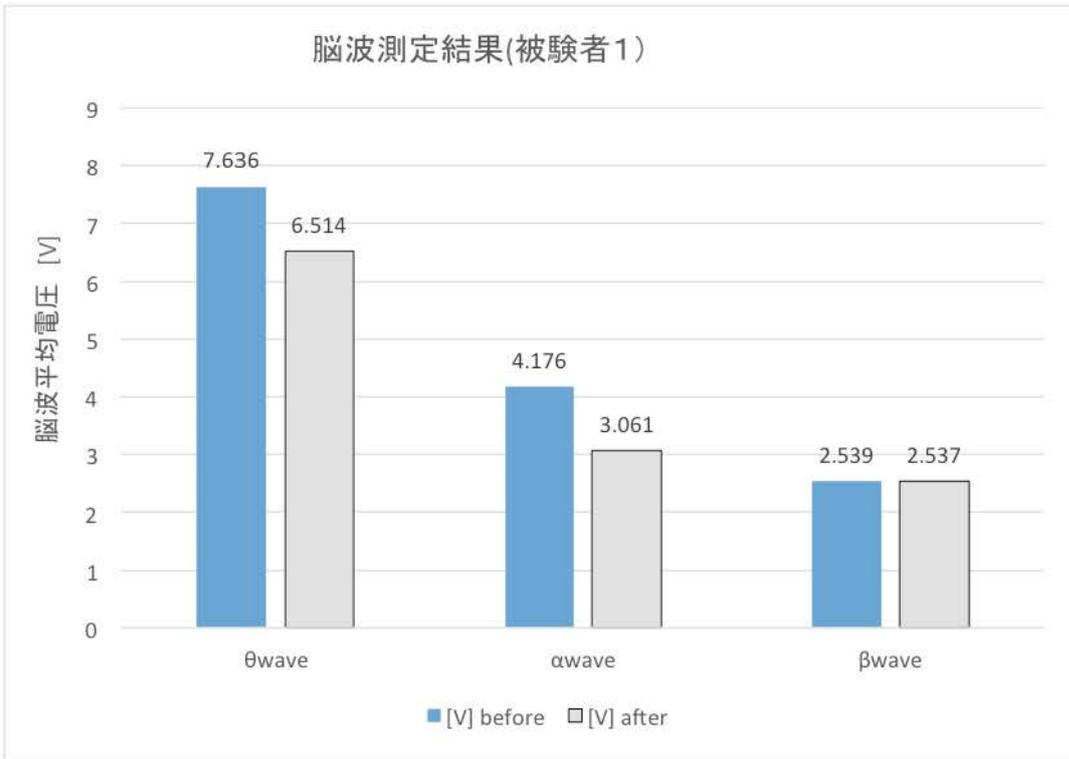


図 3-11 上：被験者1 脳波測定結果（θ波、α波、β波ごとの平均電位）  
 下：被験者1 脳波測定結果（θ波、α波、β波ごとの含有率）

・被験者1の実験前後各脳波の平均電位比較（含有率）

θ波：実験前7.63V（31.6%）→実験後6.51V（30.3%）

α波：実験前4.17V（23.8%）→実験後3.06V（19.6%）

β波：実験前2.53V（44.6%）→実験後2.53V（50.1%）

以上の結果から、介護施設に入居する中度認知症高齢者は家族との対話を強く切望していることが理解できる。また被験者が、これほど涙を流し感動する様子から、脳への刺激や感情を動かす効果は大きいことが確認できた。

しかし、製品の情動動作と液晶画面が4インチと小さいため、被験者は時間がたつと液晶画面から目が離れ、家族の音声（聴覚）のみに集中していた。

これらの実験結果から、認知症ケアロボットの新たな有効性として以下の内容を明らかにすることができた。

- ①家族の顔を見てのビデオ通話（録音可）は有効である。
- ②顔自動情動生成技術は有効である。
- ③回想法と音楽療法の含まれた通話内容は有効である。
- ④ロボットの情動と画面サイズは大きいほうが有効であると推測できる。

#### 3.6.4 考察

4インチ液晶表示付 iPod touch 搭載のフェイススタンドと通話音声を再生するパソコンを用いて、介護施設に入居する中度認知症高齢者とその親しい家族とのビデオ通話と情動ロボットによる療法で、中度認知症高齢者の感情を刺激し脳を活性化させ認知症の進行抑制になりえるかを検証した。

筆者らの主観評価と脳波測定（被験者1名）の実験結果から、被験者全員の感情を刺激でき、脳波からも脳の活性化を確認でき、この実験機の有用性が明らかにできた。

また、顔自動情動生成技術を用いたビデオ通話により、テレビ電話や Skype などのビデオ通話のような IT 機器操作を必要としないため、高齢化する認知症高齢者の家族でも手軽に携帯電話から通話するだけでビデオ通話が可能となる使用性による療法は有効であった。テレビ電話などによる療法は、独居老人を対象とする研究が多く、介護施設に入居する認知症高齢者を対象としたものは無い。

さらに、中度認知症高齢者は、録画のビデオ通話で何度通話を行っていても、3名の被験者は毎回初めての通話と認識することが実験を通して確認できた。3名とも毎回感情を刺激されている実験結果から、この療法のために家族からの通話回数を減らすことができ、介護士も録画を再生するだけで回想法や音楽療法が施行できるため両者の負担を軽減できることも重要な発見である。

しかしながら、実験機のフェイススタンドの情動動作と4インチ液晶表示内の家族の顔の表情変化は、パソコンからの通話の録音音声とは正確に同期していないため、実験中の被験者がフェイススタンドと液晶画面から眼を離す傾向にあった。表示画面のサイズを大きくすることや、音と顔画像とロボット動作の同期などが次の課題と考えられる。

## 4 章

認知症高齢者に対する顔自動情動生成映像によるロボット療法の効果

#### 4.1 認知症ケアロボットについて

少子高齢先進国としての持続性確保のため、認知症高齢者の介護支援は喫緊の課題である。中度認知症以上の高齢者への近親者の介護は難しく負担度も大きい。

本研究では、これらの介護者や近親者の負担を軽減し、認知症予防に役立つ新薬と併用すると相乗効果があり、認知症進行抑制の新療法として期待できる認知症ケアロボットによる効果の実験検証を行った。

近年の認知症療法の中で、認知症患者の感情を刺激する新薬やロボットセラピーが注目されている。また、筆者らの実態調査から介護施設に入居する認知症高齢者は、親しい家族や知人との面会や対話を切望していることが明らかになっている。

これらの課題から、介護施設に入居する中度認知症高齢者を対象に、次の2つの機能を盛り込んだ認知症ケアロボットを開発した。1つは、本論文2章の成果から身体動作で感情表現するペットロボット機能、もう1つは本論文3章の成果から親しい家族らと対話できるビデオ通話機能である。

将来的な構想としては、この認知症ケアロボットの全自動化を目指して開発を進め、介護施設に入居する認知症高齢者のペットロボットとして日常は機能し、時折、親しい家族や知人からビデオ通話がかかってきて対話ができる構想を考えている。

ペットロボット機能は、先行研究アザラン型ロボット「パロ」<sup>[49]</sup>の生物らしさや情動表現、ヒゲに触れると情動反応する認知症高齢者に効果的な機能を盛り込み、本体サイズを極力軽く小型化させた。また、ペットの顔はタブレット端末画面上のアニメーション画で対応し、顔表情による感情表現と、それを両腕の上下動で誇張する機能も取り入れた。さらに、前方に飛び出た金属球に触れると反応して情動する（画面内の顔や両腕が動く）触覚へのフィードバック機能も盛り込んだ。視覚、聴覚、触覚の3つの感覚器官への刺激が行える機能とした。

ビデオ通話機能は、家族の顔写真データを通話音声にあわせて自然に話しているかのような表情動画をつくるモーションポートレート社の顔自動情動生成映像技術<sup>[69]</sup>を用い、既製のビデオ通話では認知症高齢者が家族と認識できない顔認識の課題解決を行っている。さらに、テレビ電話などIT機器の難しい操作を一切必要とせず、家族は携帯電話で電話をかけるだけで（音声のみで）介護施設に入居する認知症高齢者とビデオ通話できる機能も盛り込み、コンピューター操作が苦手な高齢の家族や介護士の負担を軽減した。

学術的な認知症予防として、テレビ電話を用いて認知症や介護者の負担度の改善を試みた研究<sup>[62]</sup>はあるが、ペットロボット機能と顔自動情動生成映像によるビデオ通話機能を装備し、介護する人が簡単手軽な操作で実行できるロボットセラピーの研究はない。

またアニマルセラピー<sup>[48]</sup>などで認知症患者の感情を刺激する効果も多く取り上げられているが、不衛生面が課題とされている。本研究の衛生的なペットロボットが、ビデオ通話

時には親しい家族の-avatarに化身するロボット療法は従来になく新しい。そのビデオ通話の中にソフトウェアを追加設計することで、認知症高齢者と家族のビデオ通話中に、懐かしい写真データが画面に投影され一緒に懐かしい昔話をする回想法や、懐かしい歌のメロディーが流れ一緒に懐かしい歌を歌う音楽療法の機能を盛込めることもできる。これらの付加機能により、認知症ケア療法として効果が大きくなる。

このシステムにはタブレット端末（以降、iPad mini<sup>[72]</sup>）を採用し、7.9インチの大画面で家族との顔自動情動生成映像によるビデオ通話を行う。その家族の顔動画は音声と同期して動き、さらに家族の感情を誇張するため、それと同期してロボットの両腕機構が動く機能も付加した。

情動ペットロボットを使用した時も、画面に誇張した情動表現（微笑、喜び、大喜びの3感情）をするマンガ顔のアニメーション表示を行った。3感情ごとの音声と腕の動きを制作し、それらを同調させ、腕の動作角度と速度と動作回数も変化させた。また、この足先（金属球）に触れると大喜びの反応をするタッチセンサー機能も装備させた。外観は柔らかい生地で覆い、ぬいぐるみ的存在を意識した。

## 4.2 認知症ケアロボットによるセラピー効果の検証実験

### 4.2.1 実験目的

認知症ケアロボットの実験機を開発し、それを用いて、介護施設に入居する中度認知症高齢者10名に使用してもらい、その実験結果から認知症の進行抑制への有効性を確認する。

親しい家族との顔自動情動生成映像を用いたビデオ通話と、誇張した情動表現をするペットロボットとの触れ合いから、中度認知症高齢者の視覚聴覚触覚の感覚器官を刺激し感情を動かすことで脳を覚醒し活性化させる。この状態を、主観的評価と客観的評価により計測し、認知症ケアロボットの効果を明らかにする。このような認知症ケアを中度認知症高齢者の感情面から抑制する情動ロボットによる新療法を検証する。

### 4.2.2 実験方法

#### ・実験方法の概略と背景

①7.9インチの画面（大サイズモニタータブレット端末 iPad mini<sup>[72]</sup>）による家族とのビデオ通話機能、②その家族のビデオ通話音声に同調して家族の感情を誇張して中度認知症高齢者に伝えるロボットのモーション機能、③情動ペットロボットとして中度認知症高齢者をケアする機能、これらを統合した実験機で被験者への認知症ケアを行う。

中度認知症高齢者がポジティブに反応すると、その情動により脳の扁桃核が刺激される。

結果、脳が活性化し認知症進行抑制の一助となると考える。今回実験に参加する中度認知症高齢者10名と面談した結果、通常の対話ができない状態の方が数名いた。そのため、認知症の客観的な評価スケールとして一般的に活用されているMMSE(Mini-Mental State Examination)<sup>[40]</sup>などのテストを、この数名の被験者は正確に受け答えできないと考えた。このことから、実験前と実験後の被験者の脳波を測定することから客観的な評価を行う実験方法とした。

・具体的な実験方法

被験者は介護施設に入居する中度認知症の高齢者10名であり、介護施設内で介護者付き添いの上、最も体調の良い時間に認知症ケアロボットを使用した実験を行った。

実験前に被験者の家族の方に実験内容を詳細に説明し、実験に対して倫理的にも問題がないか家族と介護士の確認をとり、その家族の同意書を受領し謝礼金を支払った上で実験を進めた。この倫理的な手続きは、倫理委員会の手続きを踏襲して実施した。

実験の流れは次のようになる。実験の初めに、被験者が情動ペットロボットモードの認知症ケアロボットと接する時間を設ける。ロボットの足に触れると情動反応するマンガ顔画像や両腕の動作を楽しむ時間を設ける。その後、親しい家族とのビデオ通話を行う時間へ移行する。

実験では、そのビデオ通話を1回のみと、(1時間以上の間を設け)3回連続繰返した2パターンを実施した。

実験前と1回目後、実験前と3回目後に各被験者の脳波測定を行い、脳の活性化度(脳波の増減率)の比較検証を目的とした。認知症高齢者には一度の刺激より繰返した方がよいと、認知症関係の書籍で多く紹介されている。長谷川<sup>[37]</sup>によると、「筋肉と同じ、脳も使わないと衰える。」、「認知症専門医として多くの患者さんを診てきた経験からすると、脳への刺激が減ることによって脳が廃用に陥り、認知症になるという説にはとても説得力があります。」、「脳の機能を維持するためにとにかく大切なのは、脳に刺激を与え続けることです。」などの内容が認知症療法に有効と記載されていた。これらの情報を根拠として1回だけでなく日に3回、認知症ケアロボットと接する実験も盛込んだ。

使用したビデオ通話内容は録音したものであり、通話内容の中に回想法となる被験者と家族の懐かしい昔話を盛込んだ。さらに、音楽療法となるよう両者にとって懐かしい歌を家族が歌う通話録音内容とした。その録音した音声にあわせてモーションポートレート社に顔自動情動生成映像を制作していただき、その動画データをタブレット端末に搭載して実験時にビデオ通話として再生した。

・被験者1      中度認知症高齢者      女性      92才

- ・被験者 2 中度認知症高齢者 女性 86 才
- ・被験者 3 中度認知症高齢者 女性 82 才
- ・被験者 4 中度認知症高齢者 女性 89 才
- ・被験者 5 中度認知症高齢者 男性 90 才
- ・被験者 6 中度認知症高齢者 女性 93 才
- ・被験者 7 中度認知症高齢者 女性 82 才
- ・被験者 8 中度認知症高齢者 男性 90 才
- ・被験者 9 中度認知症高齢者 女性 93 才
- ・被験者 10 中度認知症高齢者 女性 82 才

・認知症ケアロボットの実験機：

(1) 仕様：自由度は、腕の動きは 2 自由度であり、iPadmini を揺らす 1 自由度を加え、合計 3 自由度である。

(a) 腕の可動範囲は 2 自由度  $\pm 90^\circ$ （上下動作）、1 自由度  $\pm 5^\circ$ （前後動作）

(b) モーターは ROBOTIS 社の Dynamixel MX-28R

(c) タッチセンサーは Adafruit 社の AT42QT1010（静電容量式）を使用し、プログラムは Linux ボード（RaspberryPi）にてプログラムを作成して動かす。

(2) 制御方法：

(a) 音声入力に対するイベント：iPadmini からの音声レベル（3 レベル）を検知、それに応じたモーションをサーボモータ(腕)に送信して動作させる。

(b) 音声レベル 1：微笑モードは腕の可動範囲 2 自由度  $\pm 45^\circ$ （上下動作）で低速、音声レベル 2：笑いモードは腕の可動範囲 2 自由度  $\pm 90^\circ$ （上下動作）で中速、音声レベル 3：大笑いモードは腕の可動範囲 2 自由度  $\pm 90^\circ$ （上下動作）で高速。

(c) 脚タッチによるイベント：脚をタッチされたときにタッチセンサーが反応し、その信号を検知し、モーションをサーボモータ(腕を上下に揺らし)に送信して動作させる。

・脳波測定実験装置：

脳波測定には、3 章先行実験と同じフューテックエレクトロニクス株式会社製 BrainPro（ブレインプロ）で行った。実験前と実験後に、閉眼した安静な状態で 3 分間、被験者の額と耳たぶに脳波測定装置を装着し脳波測定を行った。

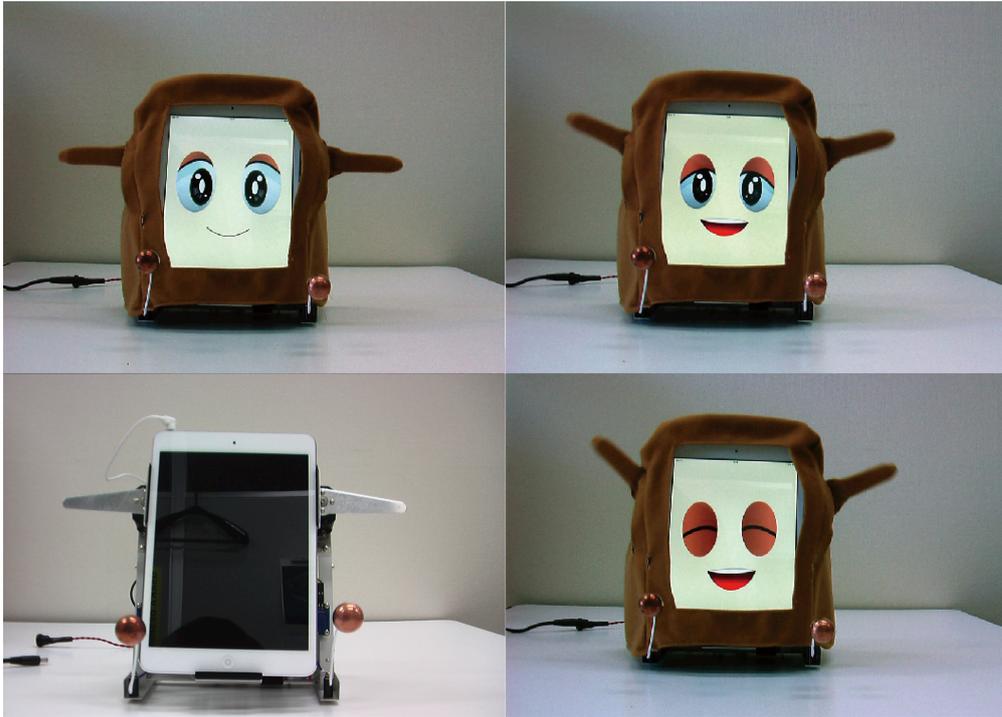


図 4-1 認知症ケアロボットシステム (情動ペットロボット状態)

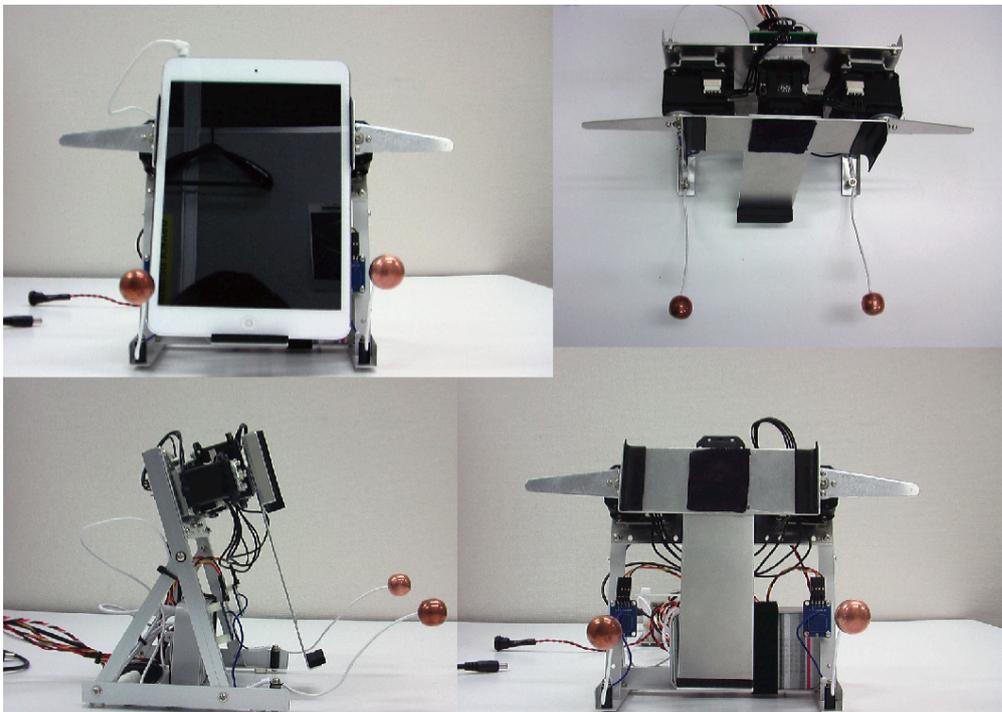


図 4-2 認知症ケアロボットシステムの構造

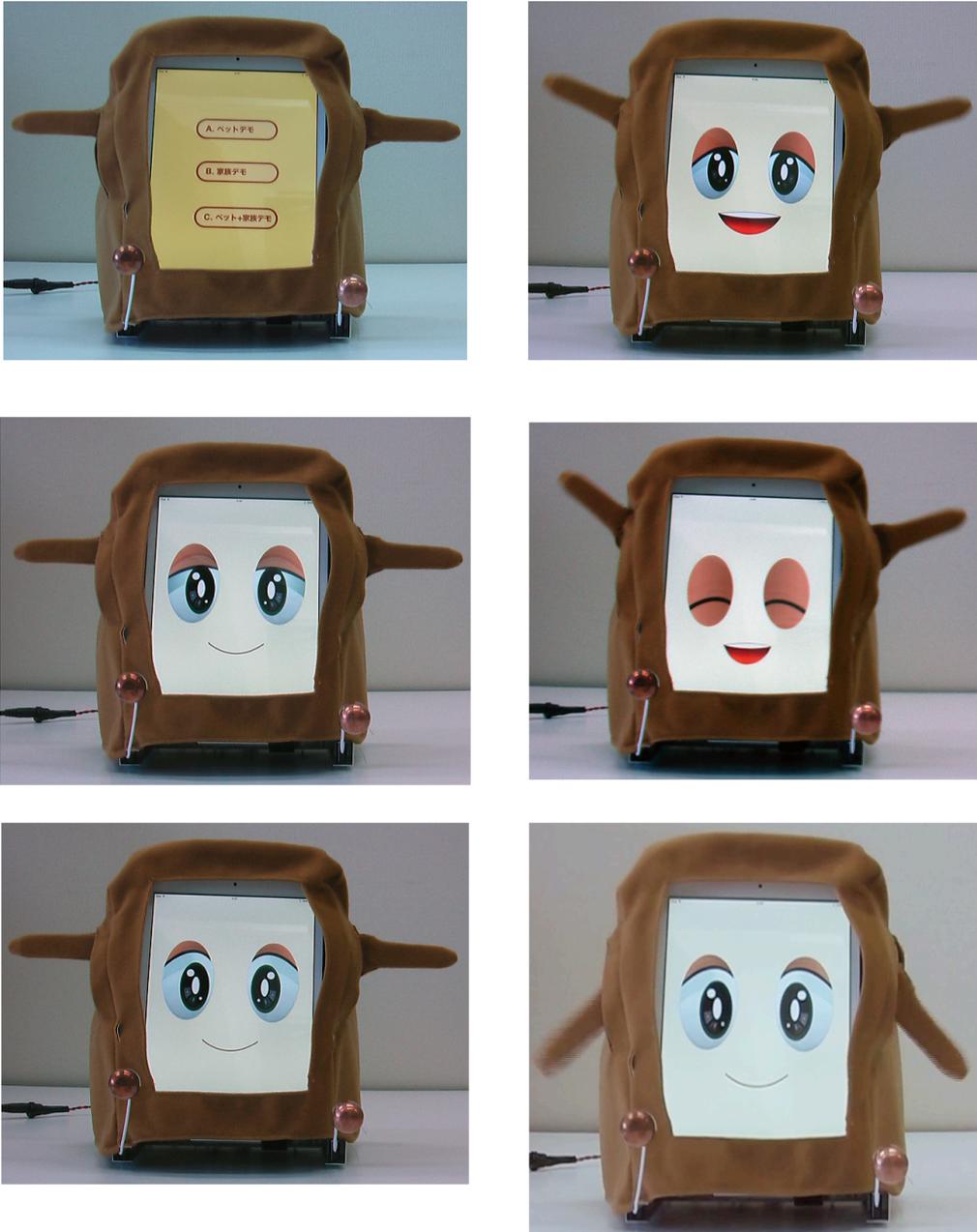


図 4-3 認知症ケアロボットにおけるペットロボット状態のモード変化

左上：選択モード 右上：笑いモード

左中：微笑モード（瞼半閉じ） 右中：大笑いモード

左下：微笑モード（瞼開き） 右下：微笑モード（腕下げ）

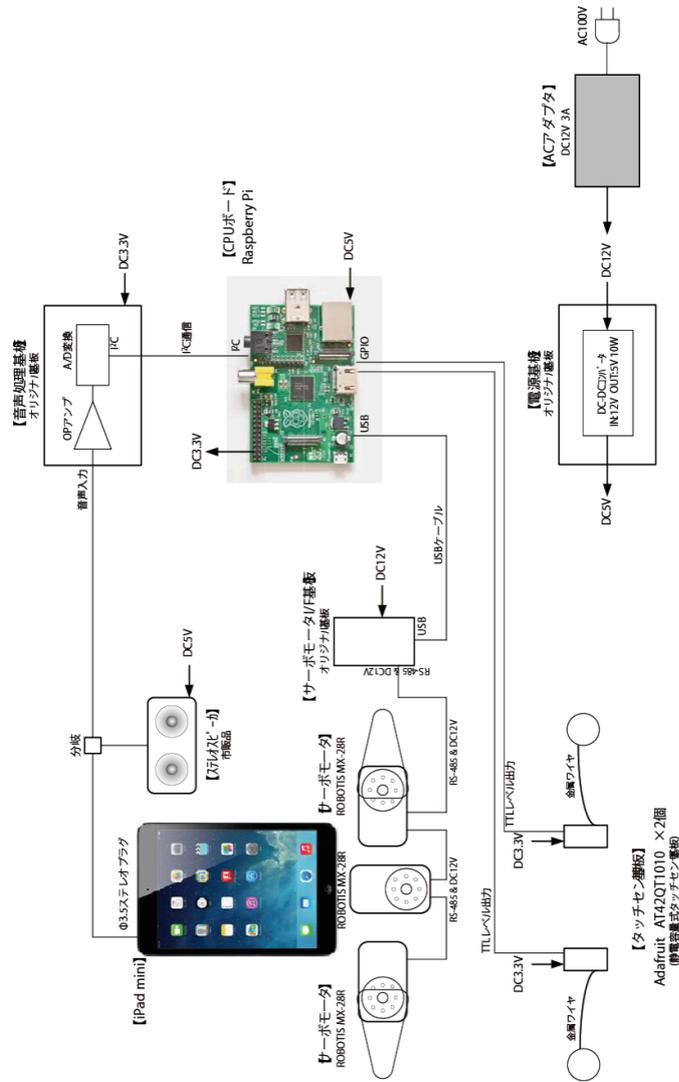
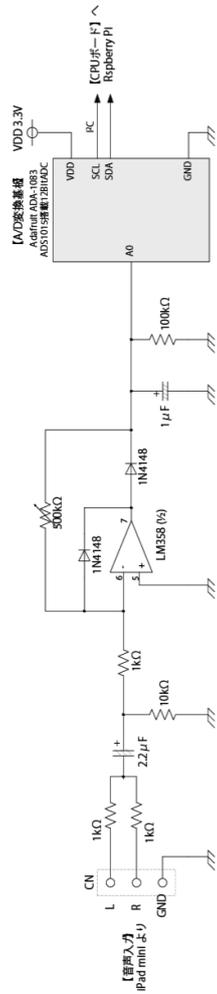


図 4-4 認知症ケアロボット システム回路図



オプアンプ(LM358)によって音声信号の増幅が可能に約1.6Vで増幅する。  
 その増幅信号(0~1.6V)をAD変換基盤(ADXL345)へ入力する。  
 AD変換基盤はI2C通信によってCPUボード(Raspberry Pi)へのデータ送信を行う。  
 そのAD変換基盤によってCPUボードは制御へ応答することができる。

図 4-5 認知症ケアロボット 電気回路図

#### 4.2.3 実験結果

この実験に使用した中度認知症高齢者と親しい家族とのビデオ通話は、先行実験と同様、思い出話や懐かしい歌を盛込んだ内容での通話を依頼し録音したものを活用した。ビデオ通話を行う親しい家族には、認知症高齢者の子供（息子や娘）に加え、介護者からの推薦で被験者の妻や孫を通話者にした実験も3件ある。家族の中で、被験者と最も良い関係性が築けている近親者であったためである。

被験者がペット状態の実験機（認知症ケアロボット）と触れ合い、親しい家族とビデオ通話を楽しんでいる実験状態の主観評価は、被験者10名全員が良好であった。家族とのビデオ通話時には、全ての認知症高齢者が前傾姿勢で積極的に大きな声で関わっていた。ビデオ通話内容は録音録画であるが、10名とも毎回初めてのように楽しく話され癒されていることが確認できた。実験後、数名の被験者は家族との通話にうれしくて涙を流し、感動していたのが印象的であった。

特筆すべきエピソードとしては、介護施設入居以来、頑として皆で歌うことを拒絶してきた中度認知症高齢者の被験者が、ビデオ通話で家族と「ふるさと」の歌を3回とも一緒に歌ったことである。また、滑舌の悪い中度認知症高齢者の被験者が、実験中の家族との思い出話に感極まって泣いた後、滑舌がよくなり、他の様々な思い出話が記憶の中からよみがえり筆者と介護士にそれらを語り続けた実験もあった。これらの光景に介護職員や関係者全員が驚き、改めて介護施設に入居する認知症高齢者と家族とのつながりを持たせることの重要性を再確認できた。

情動ロボットの両腕の動きを、家族の通話音声に同調させて家族の感情を誇張して伝える機能は、主観的であるが同席した介護士も含め実験に立ち会った関係者の評価からも効果があると確認できた。しかしながら、情動ペットロボット機能への被験者の評価は低い。情動ペットロボットモード時は2名の被験者のみ積極的に好意をもって関わっていたが、他の8名の被験者はあまり関心を示さなかった。課題として、ロボットから先に認知症高齢者へ働きかけることや、動物の子供（子犬や子猫）など高齢者の誰もが共通して親しみのあるキャラクター設定に移行すべきことも理解できた。

この実験機のマンガ的な顔のキャラクターには、世代的に80才前後の被験者には親しみが感じられなかった。さらに、ほとんどの被験者がキャラクターの顔が映る画面を突いたり触れる行為をすることから、タッチセンサーを画面上に再設計しなおすことも明らかにできた。



図 4-6 実験風景（家族とビデオ通話をする被験者）



図 4-7 実験風景（ペットモード実験機とふれあう被験者）

#### ・脳波測定実験

脳波測定にはフューテックエレクトロニクス株式会社製 BrainPro を活用した。被験者全員が体調の良い時間に介護施設で、介護士付き添いのもと、認知症ケアロボットに関わる実験前と実験後（1回目後と3回目後）の脳波を測定した。

脳波については2章と3章で紹介したように、 $\theta$ 波：浅い睡眠、 $\alpha$ 波：リラックス状態、 $\beta$ 波：緊張状態を主に示し、脳波グラフの傾向としては、リラックスした状態では $\alpha$ 波の電位（含有率）が高くなり、緊張した（活性化した）状態では $\beta$ 波の電位（含有率）が高くなる。

#### ・脳波測定実験結果

被験者が認知症ケアロボットと関わった1回目実験後の脳波測定結果からは、ほぼ全ての被験者から脳波が活性しているデータが得られた。図5-8に示すように全被験者の各脳波の平均電位は、実験前より実験後が全て下がり脳の活性化が確認できた。

##### ・1回目実験前後の各脳波の平均電位比較（標準偏差）

$\theta$ 波：実験前5.78V（1.61）→実験後4.91V（1.37）

$\alpha$ 波：実験前3.13V（0.96）→実験後2.6V（0.70）

$\beta$ 波：実験前2.14V（1.47）→実験後1.43V（0.64）

図4-10には、実験前と実験後で最も差の大きかった $\alpha$ 波の10名ごとの比較を示す。全体的に平均電位が下がり、 $\alpha$ 波の特性であるリラックス度が下がり脳波が活性化する傾向にあることが理解できる。

図4-12（平均電位）と図4-13（含有率）による被験者1の脳波測定結果からは、3章の実験同様、 $\alpha$ 波の平均電位が下がり、 $\beta$ 波の含有率が上がる脳が活性化している典型的な脳波結果が確認できた。

##### ・被験者1の1回目実験前後各脳波の平均電位比較（含有率）

$\theta$ 波：実験前6.27V（39.2%）→実験後4.80V（33.4%）

$\alpha$ 波：実験前2.87V（24.7%）→実験後2.49V（23.8%）

$\beta$ 波：実験前1.45V（38.1%）→実験後1.36V（42.8%）

実験後に感動のあまり涙を流した2名の被験者2（図4-14：平均電位、図4-15：含有率）と被験者4（図4-15：平均電位、図4-16：含有率）の脳波測定結果を示す。両者は $\theta$ 波と $\alpha$ 波の平均電位が大きく下がり、脳が覚醒し活性化するときの典型的な結果となっている。しかしながら、 $\beta$ 波に関しては、被験者2と被験者4ともに含有率が低下している。

##### ・被験者2の1回目実験前後各脳波の平均電位比較（含有率）

$\theta$ 波：実験前8.04V（18.9%）→実験後5.87V（20.9%）

$\alpha$  波：実験前 4.43V (19.2%) → 実験後 3.54V (23.0%)

$\beta$  波：実験前 4.63V (61.9%) → 実験後 2.78V (56.1%)

・被験者 4 の 1 回目実験前後各脳波の平均電位比較 (含有率)

$\theta$  波：実験前 6.5V (45%) → 実験後 3.2V (54%)

$\alpha$  波：実験前 3.7V (26%) → 実験後 2.0V (34%)

$\beta$  波：実験前 4.3V (29%) → 実験後 0.7V (12%)

一方、実験を日に 3 回した後計測した脳波測定結果からは、10 名中 6 名の被験者(内 3 名は微差)の脳波が活性化した結果が確認できた。

しかしながら、図 4-9 に示すように実験前と 3 回目実験後の脳波測定平均電位にほとんど差がないことから、図 4-8 の 1 回目後と比べて、全体的に脳の活性度が低くなっていることが理解できた。さらに、図 4-11 に示す実験前と 3 回目実験後の  $\alpha$  波の 10 名ごとの比較グラフからも、図 4-10 と異なり、 $\alpha$  波の平均電位が 3 回目後は逆に上昇していることから、こちらも脳の活性度が低くなっている。

1 回目後の実験回数 (ビデオ通話などの療法) を重ねることで脳の活性化が減ることが考えられ、必ずしも頻度を多くすることが脳の活性化効果を増す傾向でないことが確認できた。

・ 3 回目実験前後の各脳波の平均電位比較 (標準偏差)

$\theta$  波：実験前 5.04V (1.57) → 実験後 5.08V (1.58)

$\alpha$  波：実験前 2.41V (0.51) → 実験後 2.65V (0.66)

$\beta$  波：実験前 1.14V (0.45) → 実験後 1.69V (0.62)

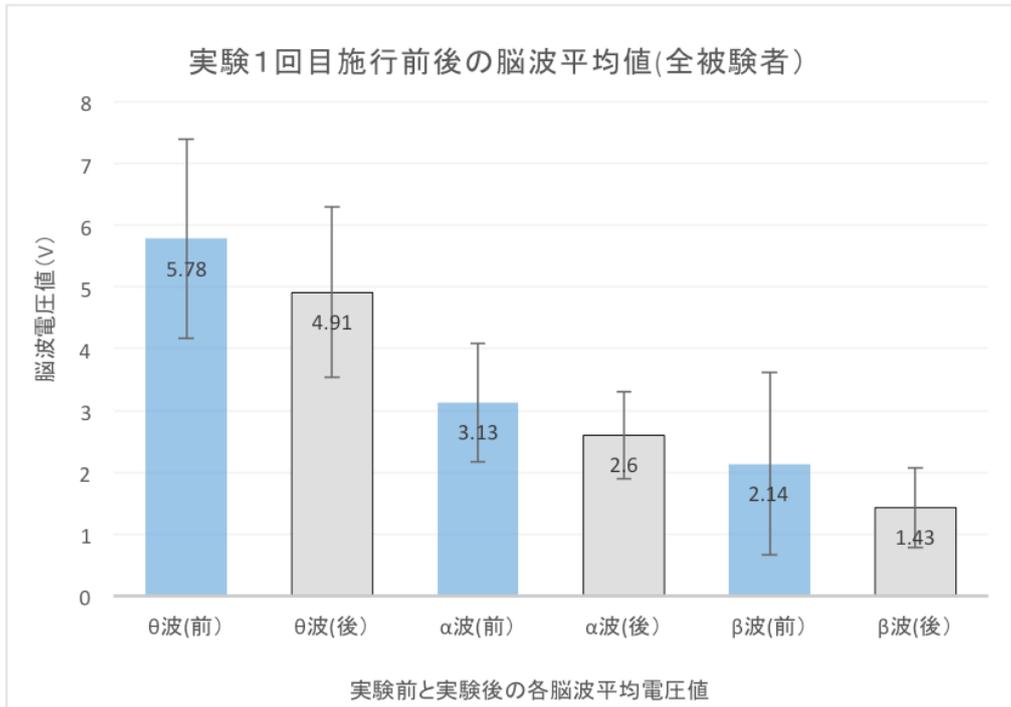


図 4-8 被験者 10 名の各脳波平均電圧値 (実験前と実験 1 回目後)

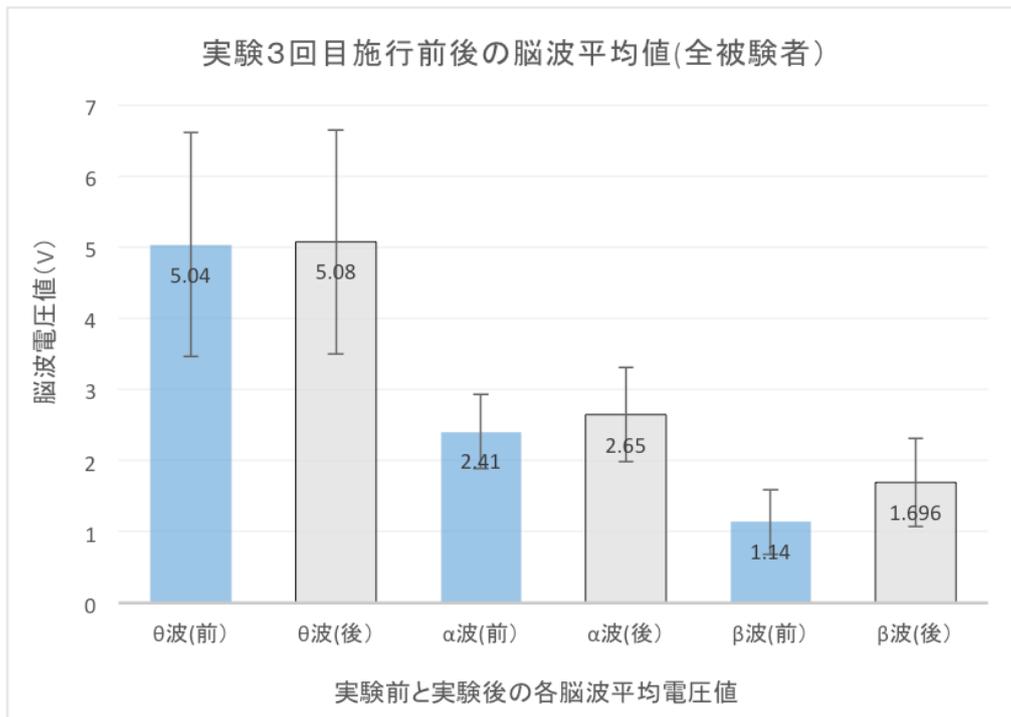


図 4-9 被験者 10 名の各脳波平均電圧値 (実験前と実験 3 回目後)

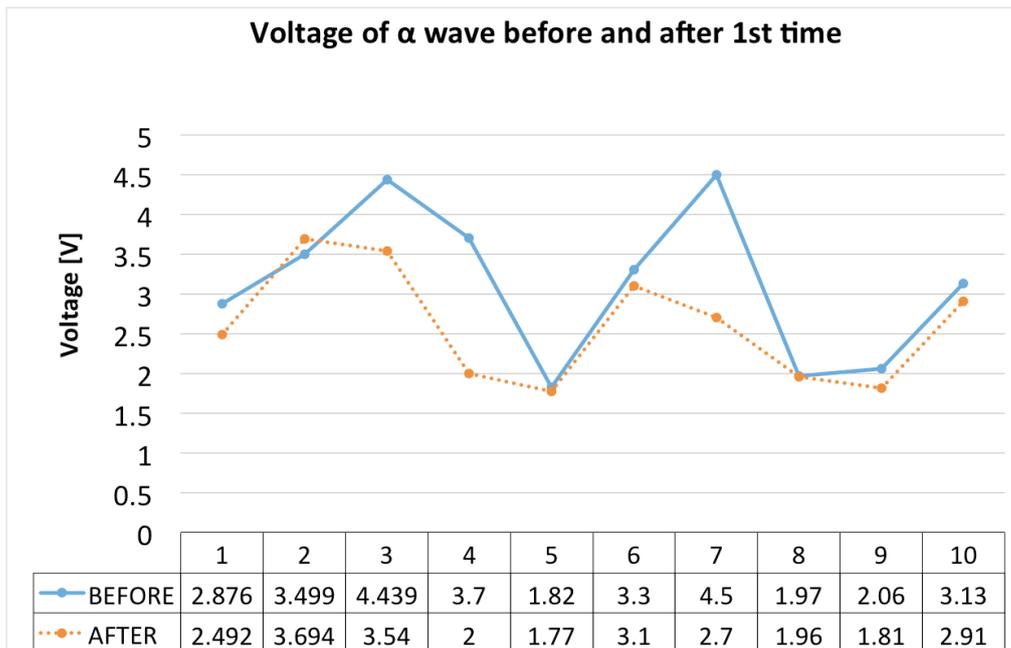


図 4-10 被験者 10 名ごとの  $\alpha$  波平均電圧 (実験前と実験 1 回目後)

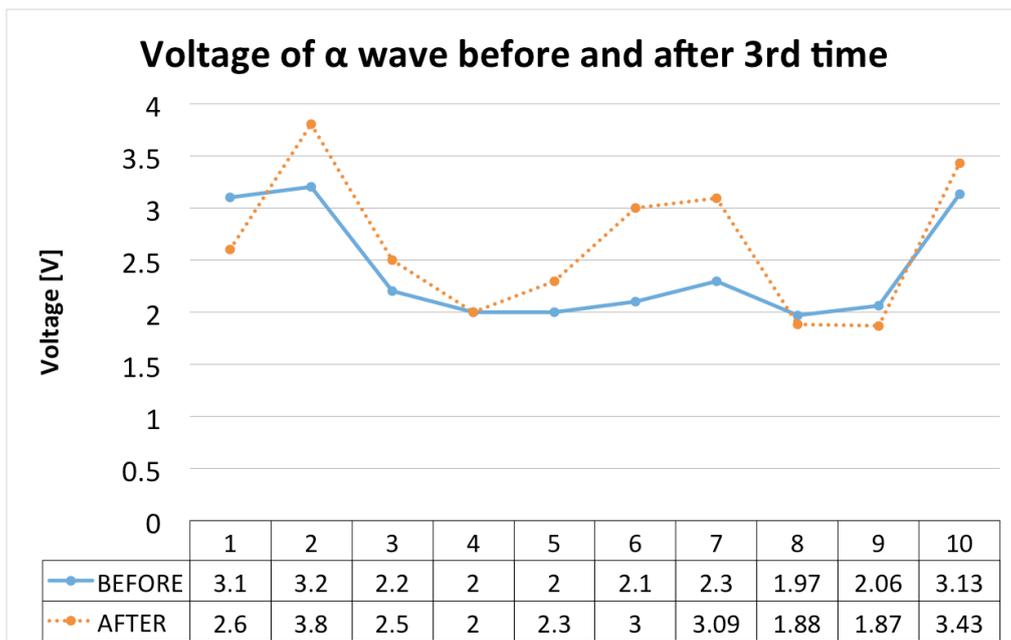


図 4-11 被験者 10 名ごとの  $\alpha$  波平均電圧 (実験前と実験 3 回目後)

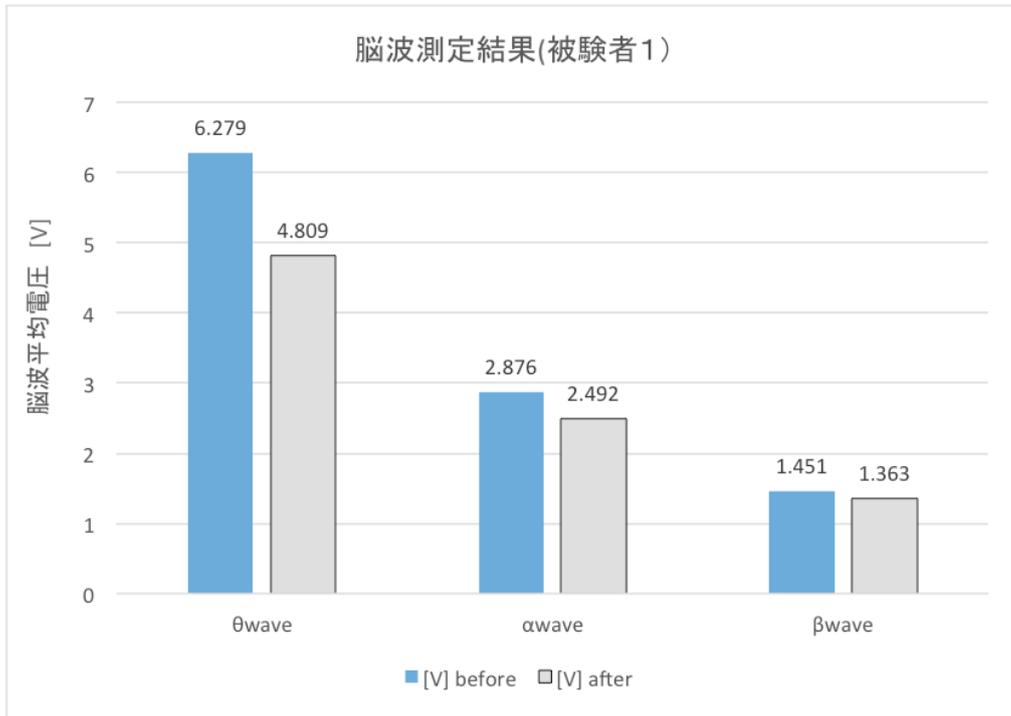


図 4-12 被験者1の1回目後の脳波測定結果（θ波、α波、β波ごとの平均電位）

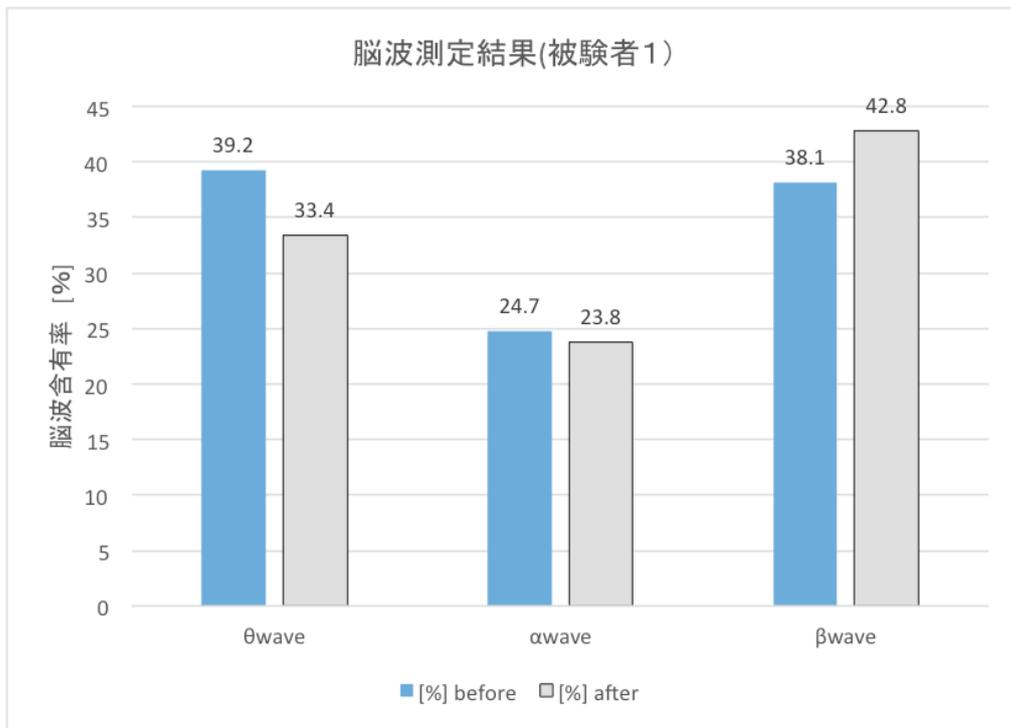


図 4-13 被験者1の1回目後の脳波測定結果（θ波、α波、β波ごとの含有率）

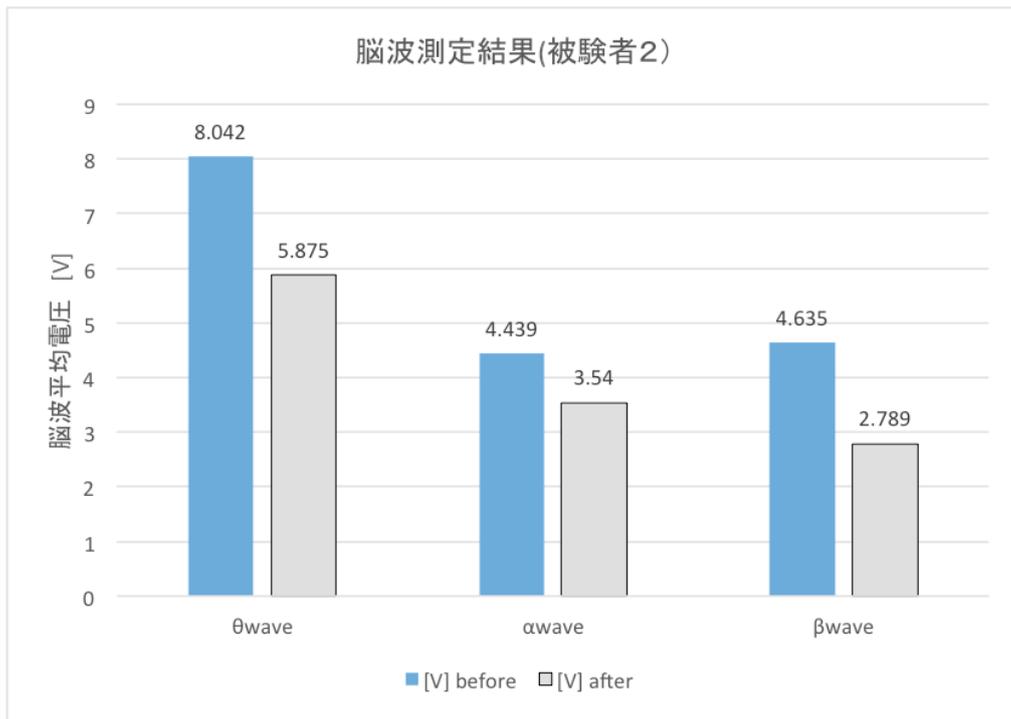


図 4-14 被験者 2 の 1 回目後の脳波測定結果 (θ波、α波、β波ごとの平均電位)

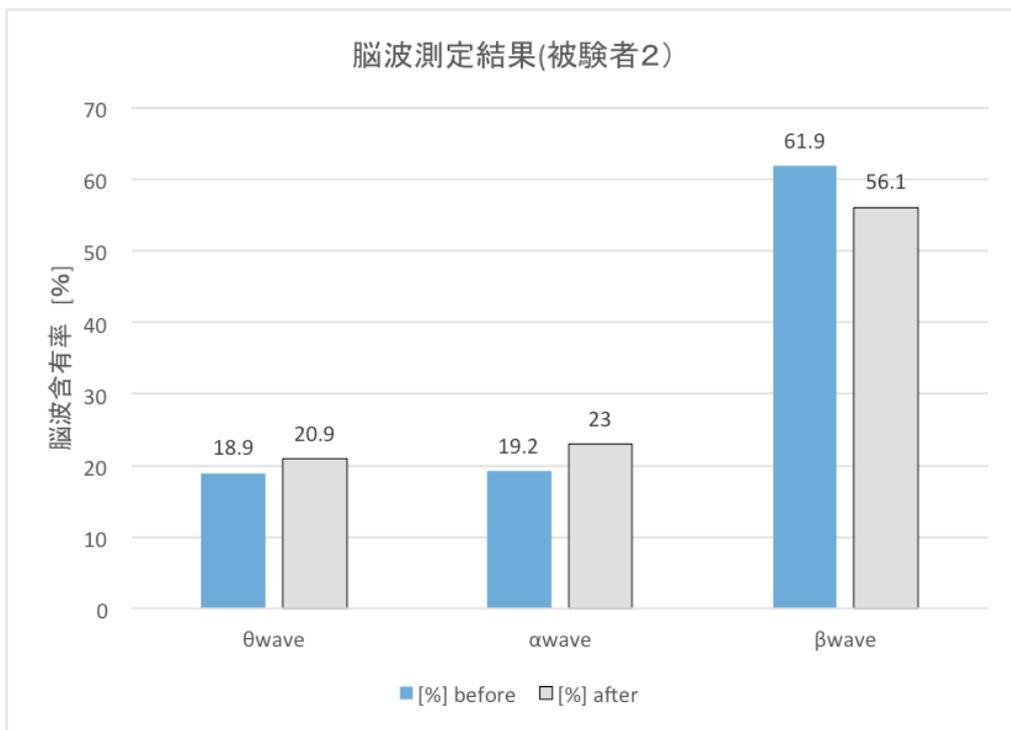


図 4-15 被験者 2 の 1 回目後の脳波測定結果 (θ波、α波、β波ごとの含有率)

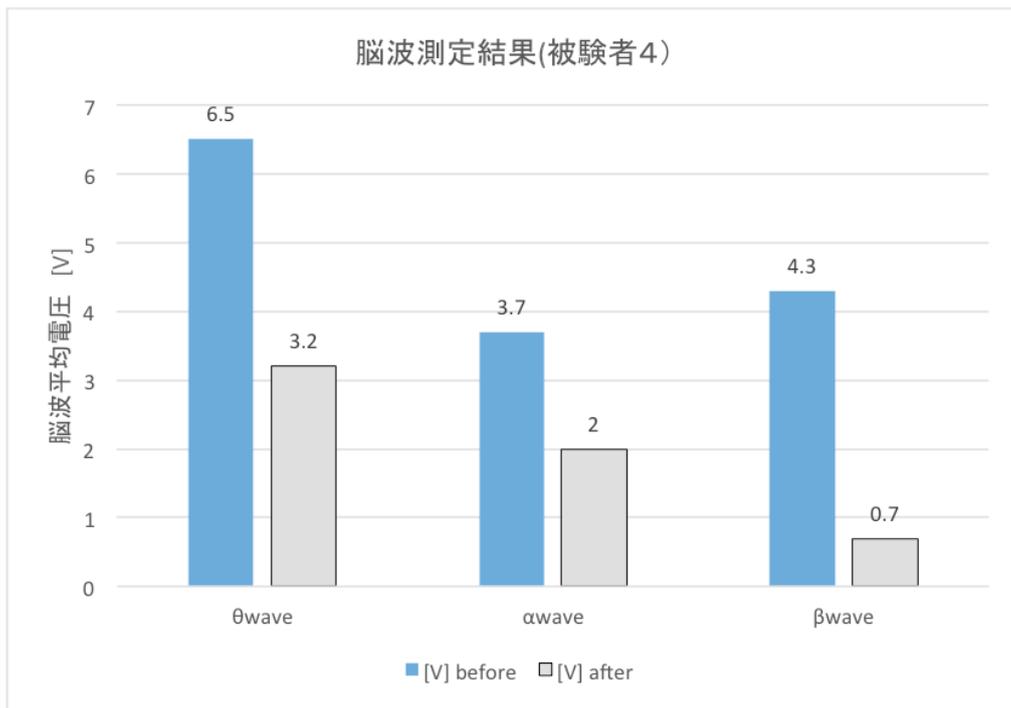


図 4-16 被験者 4 の 1 回目後の脳波測定結果 (θ波、α波、β波ごとの平均電位)

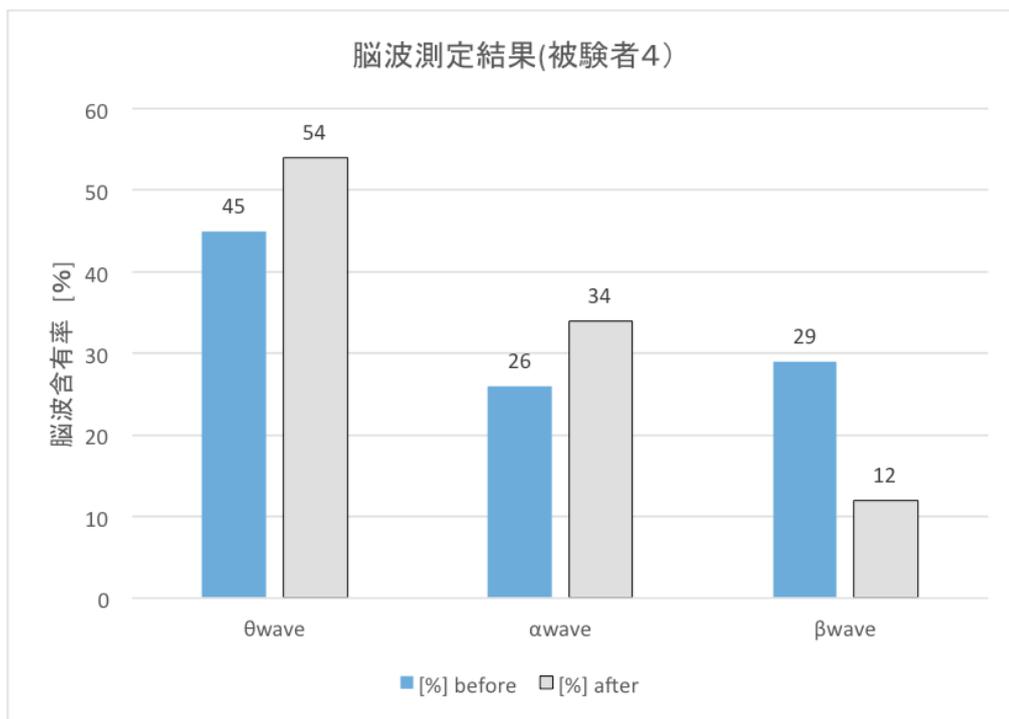


図 4-17 被験者 4 の 1 回目後の脳波測定結果 (θ波、α波、β波ごとの含有率)

・被験者ごとの脳波測定結果

①被験者である中度認知症高齢者ごとの特性と、②その実験時の様子（主観評価0、最後に③脳波測定結果（実験1回目後と実験3回目後）についての分析を、被験者ごとに以下にまとめる。

・被験者1

①中度認知症で難聴、性格は明るく勝ち気、難聴のため普段から話す声は大きい、施設内での生活は自ら手押しで車椅子で回遊することが多い。家族の中で長女が週に1度程度、他親族が月に1度程度の面会がある。

②実験時の様子は4章と同様、姿勢は前のめりになり、大きな声で通話者に受け答えしていた。回想法の思い出話にも、それぞれ思い出しながら最適な答えを回答し、音楽療法の歌では「さくらさくら」を通話者と一緒に大きな声で歌っていた。

先行実験と異なる点は、液晶表示画面が大きくなったため、全般を通して通話者の顔のある液晶表示部を見ながら通話していた。また、液晶部の家族の顔を指で触れる行為もしていた。

③1回目後の脳波測定結果は、先行実験と同様、実験後は $\theta$ 波や $\alpha$ 波の平均電位が下がり、 $\beta$ 波の含有率が上がり覚醒度の高い $\theta$ 波が下がっていることから脳が活性化したと判断できる。

3回目後の脳波も1回目後と同様、 $\theta$ 波と $\alpha$ 波の平均電位が下がり、 $\beta$ 波の含有率が上がる脳波が活性化した結果となっていた。しかし1回目後よりも、平均電位において $\theta$ 波の下がる量が少なく、 $\beta$ 波も上がっているため活性化度は減っていると考えられる。

・被験者2

①性格は大人しく物静か、介護職員とも小声で対話し1日中同じ席で座している。最も親しい長男が東京へ単身赴任しているため、家族との面会はほとんどない。家に帰りたくと常に筆者に話す、自らの認知症のため他人に迷惑をかけることも理解していて我慢を続けている。

②実験に対して不安を覚えながら参加したが、家族とのビデオ通話が始めると液晶表示部上の長男の顔に向けて名前を呼びかけ、明るく元気に通話していた。終了後は、筆者に長男の優しさを何度も主張し続け、この実験を介護施設の新たなサービスと思われ、介護職員に何度も感謝のお礼をしていた。

③実験中の態度とは異なり、1回目の実験後も全脳波は実験前と変わらない（若干の微増）結果となった。しかし含有率では、活性度の高い $\beta$ 波のみ増えていたため、脳は少し活性化したと考えられる。

3回目後の脳波も、平均電位においては $\theta$ 波が微少するが、 $\alpha$ 波と $\beta$ 波はともに大きく

上がっている。含有率ではβ波が上がっている。平均電位を優先すると、脳の活性化はしていない結果となる。

・被験者3

①性格は大変明るく陽気で介護職員と大声で対話し、車椅子で施設内を移動して過ごしている。末の息子が月に数回面会に訪れ、家族との対話も少なくない。

②認知症ケアロボットに被験者の中で最も興味を持ち、直接触れて積極的に遊んでいた。ビデオ通話が始まると、末の息子の顔を見て息子の名前をモニターに向けて大声で呼びかけていた。姿勢は前のめりになり、出身である九州の方言で通話していた。

モニター内の息子の顔を見ながら回想法の思い出話、音楽療法の歌にも興味を持ち確実に受け答えしていた。笑いの絶えない通話であった。

③実験中の態度と同じく、1回目の実験後の脳波の平均電位はθ波、α波、β波とも全てが大きく下がっていて、脳が大きく活性化したことが理解できる。しかし、β波の含有率は下がっている。

しかし3回目後の脳波も、全脳波の平均電位が下がり含有率でβ波が上がり脳が活性化する典型的な結果であった。1回目と比して平均電位の下がる量は減っている。

・被験者4

①性格は明るく常に笑顔でいる。また常にソワソワしていて落ち着きがなく、常に独り言を繰返している。話し相手を求め、施設内を歩き回る。相手が見つかると、一方的に話を続ける傾向にある。家族の面会はほとんどなく、長男が時折施設を訪問する程度である。

②実験開始後も筆者に自らの話を一方的に話し続けていた。しかし、長男の顔がモニターに映ると長男の名前を呼び、一方的な話を徐々にやめる。難聴のため装着しているイヤホンからの長男の声に集中しはじめ、回想法で被験者4が若い頃住んでいた地域の話になると集中度が増し、うなずきや返答をするようになった。実験前とは異なり、実験後は落ち着いた表情と態度で笑顔になっていた。

③実験中の態度と同じく、1回目実験後の脳波の平均電位はθ波、α波、β波とも全てが大きく下がっていて、脳が大きく活性化したことが理解できる。しかしβ波の含有率は下がり、θ波とα波は上がっている。

3回目後は、θ波、β波ともに平均電位が上がりα波の変化はない。含有率でβ波は上がっているが、平均電位優先のため脳の活性化は確認できない結果となった。

・被験者5

①性格は優しく物静かで常に笑顔で施設内を車椅子で回遊している。髪に花飾りなどを介護職員につけてもらい、それらを楽しむ趣きがある。少し滑舌がわるく、話していることが言葉にならない傾向にある。

②認知症ケアロボットに興味をもち、声かけしながら手で触れていた。ビデオ通話がはじまると、受け答えを積極的に行い、回想法の思い出話に大きく笑ったり涙したりと感情を高ぶらせていた。特にうなずきなどの頭部の動きや上半身を前後に揺するなど、感情を身体で表現していた。実験後は、滑舌が改善し、発する音声が実験前よりわかりやすい言葉になっていることに介護職員も驚いていた。

③1回目実験後の脳波は、平均電位で $\theta$ 波と $\alpha$ 波が下がり、含有率の $\beta$ 波が上がる脳が活性化した典型的な結果が得られた。実験中の被験者の態度と同じであった。3回目後の平均電位では、 $\theta$ 波と $\beta$ 波は下がっているが $\alpha$ 波は上がっている。含有率の $\beta$ 波も下がっているため脳の活性化度は低い。

・被験者6

①性格は勝ち気で元気であるが、寝たきりである。家族の面会が多いが長男の嫁であるため対話は少ない。一緒に来る曾孫と会えるのが最もうれしく、面会時は大きな声で曾孫の名前を何度も呼ぶ。

②ビデオ通話で曾孫の顔が映った途端、曾孫の名前を何度も呼びかけ、モニターに集中していた。通話は内容に沿って続かず、終止、曾孫の名前を呼びかけ続けていた。曾孫が歌う時間は、曾孫の歌声を静かに聞いていた。心からうれしい様子であった。

③実験中の態度と同様に、1回目後の脳波平均電位は $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波とも全てが下がっていて、脳が大きく活性化したことが理解できる。しかし、含有率は実験前後でほとんど変わっていない。3回目後の平均電位は、全脳波とも上がっている。含有率では $\beta$ 波が上がっているが、脳の活性化は認められない。

・被験者7

①性格は穏やかで物静か、一日中車椅子に座り食堂の中央で寝ていることが多く行動的でない。夫人が月に数回面会に来る程度で、対話は少なく本人もほとんど話さない。

②実験当初は面倒そうに対応していたが、夫人とのビデオ通話が進むと、昔の旅行話や趣味の話などに対して大きな声で受け答えしだした。その回想法の話題に対して自ら積極的に多様な話題を持ち出し、夫人に話しかけるように変わっていった。実験後は、筆者に自らの職業がエンジニアであったこと、夫人と熱海へ旅行に良く出かけたことなど話し続けた。

③実験中の面倒そうな印象とは逆に、1回目実験後の平均電位は $\alpha$ 波、 $\beta$ 波とも脳波の平均電位が大きく下がっている。脳の大きな活性化が認められるが、含有率では $\beta$ 波は大きく下がっている。3回目後の平均電位は、全脳波とも上がっている。含有率では $\beta$ 波が上がっているが、脳の活性化は認められない。

・被験者8

①中度認知症であるが10名中、最も症状は軽く見た目は元気な高齢者と相違ない。性格は明るく物静か、常に新聞を食堂で読んでいる。まじめで礼節ある行動をとっている。長女と孫が月に何度か面会に来て、家族との対話は多い。

②ビデオ通話では孫とのやり取りに元気に受け答えをし、孫からのお年玉などの催促に笑顔でこたえていた。実験後も、ビデオ通話について被験者からの問いかけが相手方へ通じていないと冷静な指摘が、被験者の中で唯一あった。

③実験中の印象とは異なり、実験1回目後は、脳波の平均電位と含有率ともに変化はなく、脳波の活性化は認められなかった。

しかし実験3回目後は、脳波平均電位で $\theta$ 波と $\alpha$ 波が下がり、含有率の $\beta$ 波が上がる脳が活性化した典型的な結果が得られた。

・被験者9

①中度認知症であるが症状は重く、大量の唾液（よだれ）が口から垂れる傾向にあった。性格は大人しいが大きな声で介護職員と対話するが、滑舌が悪い。施設内を車椅子で自由に行き来する。

②実験においてビデオ通話で夫人の顔がモニターに出た途端、夫人の名前をモニターに向かって大声で呼びかけ（滑舌が悪く言葉になっていない）、涙を流して喜んでいて、夫人からの問いかけに素直に耳を傾け、素直に答えていたのが印象的であった。実験後、介護職員に夫人の顔写真を被験者の自室に多く飾りたいことを要望していた。介護職員の話では、この方は夫人が大好きとのことであった。

③実験中の態度同様、実験1回目後の平均電位で $\theta$ 波と $\alpha$ 波が下がり、含有率の $\beta$ 波が上がる脳が活性化した典型的な結果が得られた。実験中の被験者の態度と同じであった。3回目後の脳波平均電位では、 $\alpha$ 波のみ下がり、 $\theta$ 波と $\beta$ 波ともに上がっている。含有率でも $\beta$ 波が上がり、脳の活性化は確認できるが活性度は低い。

・被験者10

①性格はわがままで少し歪んだ面もあり、介護職員に厳しく意見することも多い。強情で気性が激しい部分もあるが、冗談を交えて介護職員を笑わす面もある。長女が月に何度も面会に来るため、家族との対話は多い。その長女にも厳しく話す面もあった。

②認知症ケアロボットへは興味をもち、かわいいと言ってロボットの動きを楽しんでいた。ビデオ通話をはじめると、モニター内の長女の言葉に対して逆らい悪態をつくことが続いた。徐々に優しい言葉になっていき、長女が「ふるさと」を歌い始めると一緒に大声で歌い始め最後まで歌った。この態度に介護職員全員が驚いた。その理由は、この方が施設入居後、一度も歌を歌ったことがなく、何度要請しても拒否を続けてきたからである。長女（家族）とは一緒に歌うことに、介護職員全員が驚いた。家族と他人（介護職員）の影響

度の違いを痛感した実験であった。

③実験中の態度では家族に逆らっていたが、実験1回目後の脳波の平均電位で $\theta$ 波と $\alpha$ 波が下がり、含有率の $\beta$ 波が上がる脳が活性化した典型的な結果が得られた。家族と一緒に歌った感情が脳波測定結果に表れていた。3回目後の平均電位では、 $\theta$ 波が大きく下がっているが、 $\alpha$ 波は上がり $\beta$ 波は同じ。含有率では $\beta$ 波が上がっており、脳の活性化はあるが活性度は極めて低い。

- ・ 実験結果のまとめ

本実験では、認知症高齢者の症状進行抑制を目的として、認知症ケアロボットによる療法の効果を検証した。

具体的には、介護施設に入居する中度認知症高齢者10名を被験者として、その家族と倫理的な同意書を交わした後、認知症進行抑制を目的とした認知症ケアロボットの実験機と関わる時間を設ける実験を行った。

認知症ケアロボットの実験機には、タブレット端末「iPad mini」の7.9インチ画面上に使用し両腕の情動動作とタッチセンサーによるフィードバック機能を装備したロボットを開発した。このロボットの画面には、マンガ顔のキャラクターによるペットロボット機能と、事前に録音した親しい家族との通話音声に同期してタブレット端末画面上の家族の静止画が自動情動生成する映像を使用したビデオ通話機能を設けた。

その評価のため実験前と実験後で被験者の脳波を測定し、脳の活性度を計測した。10名の被験者（中度認知症高齢者）への使用実験を行い、実験前後に被験者の脳波計測実験を2パターン（1回目後と3回目後）で行った。その比較結果から認知症ケアロボットと被験者が関わる頻度が脳にどう影響するかも検証した。

その主観評価の結果から、被験者全員が親しい家族とのビデオ通話を楽しみ実験後も元気になっていたことが明らかになった。また、録画した同じビデオ通話を使用しても、10名とも毎回初めてと認識し楽しく話され癒されていることが確認できた。しかしながら、ペットロボット時のマンガ顔のキャラクターには、ほとんどの被験者が関心を示さなかった。

客観評価の脳波測定に関しては、実験1回目後と実験前の比較では、脳波の $\theta$ 波、 $\alpha$ 波の平均電位が下がり、被験者の脳が活性化していることが明らかになった。特に被験者10名のリラックス度を示す $\alpha$ 波は、実験1回目後で全体的に下がっていたことから脳の活性化の高さが理解できた。しかしながら、実験を連続3回行った後の脳波は、1回行った後より、脳波の $\theta$ 波、 $\alpha$ 波の平均電位の下がり方が小さくなり効果が低くなっていることが明らかになった。

以上の実験と結果から、この認知症ケアロボットを用いた認知症ケア療法の可能性は確

認できた。しかし実験の頻度と脳の活性化度については、実験の頻度を増やすことが必ずしも脳を活性化させることにつながらないことが確認できた。

#### 4.2.4 考察

本研究の主な新発見としては、中度認知症高齢者と親しい家族との認知症ケアロボット（顔自動情動生成映像）を用いたビデオ通話は、中度認知症高齢者の脳を刺激し活性化することと、それが録画であっても毎回初めてと認識することである。また、通話時の話者の感情を誇張する認知症ケアロボットの両腕の情動動作も、実験に立ち会った関係者の主観評価から効果的であることが発見できた。

認知症専門医の長谷川<sup>[36]</sup>や和田<sup>[66]</sup>らの「認知症の進行抑制には感情面からの刺激が有効」という理論を、親しい家族とのビデオ通話とペットのような情動を有する認知症ケアロボットで実験した結果、介護施設に入居する中度認知症高齢者の感情を刺激し、脳波測定結果からも有効性が確認できた。

このビデオ通話機能には、認知症予防に効果があるとされている小山<sup>[46]</sup>の回想療法や佐々木<sup>[45]</sup>らの音楽療法などの先行研究が盛込まれているため認知症ケア効果は大きい。また、保利ら<sup>[62]</sup>によるテレビ電話を用いた認知症高齢者への実験や、中島ら<sup>[64]</sup>のテレビを用いた遠隔通信による介護支援などの先行研究よりも、顔自動上同姓制技術を活用したビデオ通話は、高齢の家族や介護者にも煩わしいIT操作を要しないことに進歩性があり展開性もある。

ペットロボット機能としては、アザラシ型ロボット「パロ」<sup>[49]</sup>における認知症ケアへの有効性が高い機能を取り入れ、課題である小型軽量化を行っている点は進歩性がある。さらに、ペットモードから親しい家族などのアバターモードへ変化してビデオ通話する機能は、全ての認知症高齢者が有無をいわず感情移入させられる機能がある。先行研究の加納らの「BabyLoid」<sup>[55]</sup>や「うなずきかぼちゃん」<sup>[50]</sup>などのロボットセラピーや芹澤<sup>[73]</sup>のドールセラピーとは異なり、認知症高齢者から積極的に感情移入していかなくともロボット側から能動的に働きかけてくるため、認知症高齢者は自ずと感情移入すると考える。

以上から、本研究の認知症ケアロボットによる新規性、有用性、進歩性が先行研究と比較して確認できた内容を項目別にまとめてみる。

- 1、 親しい家族や知人との顔自動上同姓制技術を活用したビデオ通話機能
- 2、 家族は携帯電話からの通話のみで煩わしいIT操作を伴わない
- 3、 家族の静止画を使用するため認知症高齢者が認知しやすい
- 4、 画面内の家族の顔の自然な誇張表現が感情を刺激する

- 5、 それと同期するロボット本体の両腕情動動作も感情伝達を誇張する
- 6、 ペットロボット機能は介護施設で寂しく孤独な認知症高齢者を癒す
- 7、 回想法と音楽療法が含まれているビデオ通話は認知症ケア効果を増す
- 8、 ビデオ通話を一度録画しておくとは度も使用できる
- 9、 面会に行けない家族の負担を軽減する
- 10、 多用のため個々に療法を施行できない介護士の負担も軽減する

しかしながら、以下の項目は、本研究の実験結果から課題であることが明らかになり改善が要望され、図4-18と図4-19に改善案をまとめている。

- 1、 ペットロボット時のマンガ的キャラクターは80歳前後の認知症高齢者には親しみが無いいため、子犬や子猫のキャラクターに変更する
- 2、 その際は、感情伝達のために両腕が動く構造から、子犬の耳などに突起物にデザインを変更し、ロボット側から働きかけるようにする
- 3、 画面上のキャラクターをタッチすると反応する動作を設け、触覚刺激への有効な機能とする
- 4、 全自動対応が可能なシステム設計（ソフトとハード）

最後に、今後の展望としては、先ず、①本研究に認知症専門医や老年看護専門医の参加が必要である。次に、②家族の携帯電話からの通話で、通話音声を自動録音し、顔自動情動生成映像に変換してビデオ通話ができるソフトシステムを構築する。その中には回想法や音楽療法のソフト設計も盛込め、市販のタブレット端末で活用できるアプリとして製作する。その後、③子犬などのペットロボット機能を再現できるソフトとハードの設計を行い、耳など突起物の情動機能や画面へのタッチ反応機能を加え、セラピーペットロボットとして完成させる。

④これらの実験を、認知症高齢者だけでなく、その家族や介護者の負担度も計測できるよう、脳波測定だけでなくヒアリング式の知能評価スケールMMSE<sup>[40]</sup>や介護負担尺度計測ツールZarit<sup>[40]</sup>なども併用し、被験者数を大きく増やした実験を継続していく。

既に、2016年度科研費の挑戦的萌芽に①と②と④を達成する内容で申請は完了している。さらに、カラオケやゲームとの連携、サムスンスマートフォンの認知症ケアアプリ<sup>[74]</sup>のように身近な携帯端末のアプリとしても展開をし普及拡大を図っていきたい。

## ■ Tablet PC for dementia

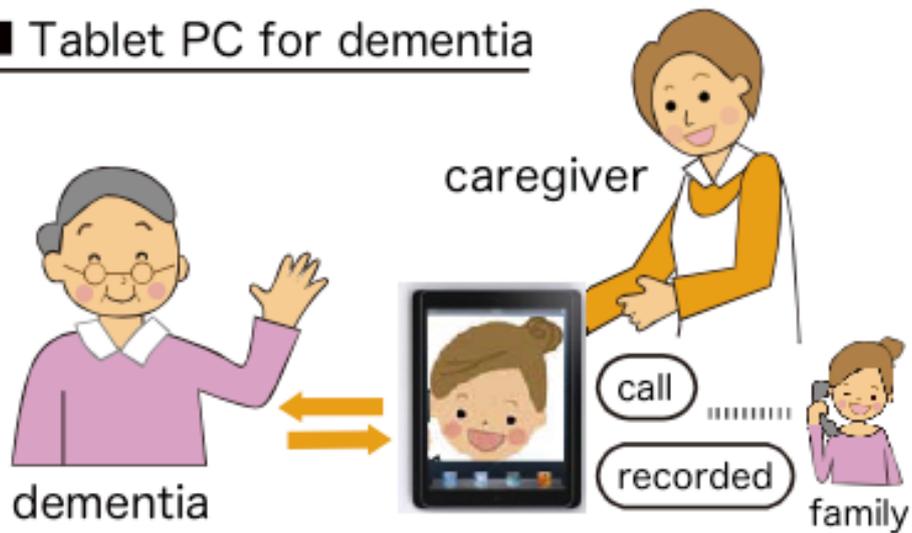


図 4-18 タブレット端末のみによる新療法説明図

## ■ Therapy robot

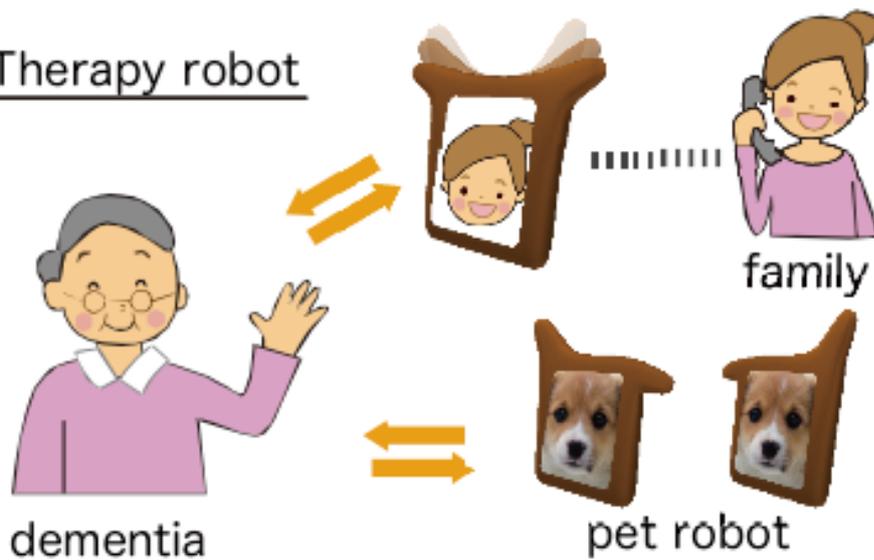


図 4-19 認知症ケアロボットシステムによる新療法説明図

5章

総括

## 5 総括

本論文は、今後普及拡大する人間共存型サービスロボットの感情創造の研究を行い、人とロボットの最適な関係性づくりを目指し研究を進めた。文楽人形遣いとの共同研究から発見した文楽特有の感情創造メカニズム（首、腕、胴体が伸縮する誇張動作など）をロボットに適応し実験検証を通して、骨格伸縮ロボットの全身協調運動による感情表現の新しい発見と可能性が確認できた。

また、そのロボットにおける新たな感情創造メカニズムを EXR システム (**EX**pendable skeleton **R**obot system) と名付け、胴体が伸縮する誇張した感情動作ができるロボット実機を製作し、被験者の印象度評価実験を行った。実験前後の被験者の主観評価と脳波測定による客観評価の比較から、胴体が伸縮するロボットの方が、胴体が伸縮しないロボットよりも被験者の印象度が良いことを明らかにした。

さらに、この EXR システムの実用化を目的として、認知症ケア分野での介護ロボットの研究を進めた。介護施設に入居する中度認知症高齢者を対象とし、実態調査を繰返す中、多くの課題や潜在ニーズの発見が行えた。介護士の人手不足で施行されていない認知症療法（回想法や音楽療法）や、介護施設に入居する認知症高齢者が最も希望する親しい家族や知人との面会である。これらをロボットや ICT の技術を用いて認知症の進行抑制を行う提案研究である。

EXR システムを用いたペットロボットと顔自動情動生成技術を用いて簡便な方法（携帯電話からの通話のみ）で実施できる家族とのビデオ通話による 2 機能を柱とした認知症ケアロボットを製作し、中度認知症高齢者への検証実験を行った。実験前後における中度認知症高齢者の脳波測定結果から、認知症ケアロボットを試行した後の被験者の脳が活性化している有位差のある結果が得られた。この実験を通して、認知症ケアロボットの有効性を明らかにした。

これらの研究を通して、既存の芸術（絵画や彫刻など）や芸能（文楽など）ではよく活用される誇張表現を、ロボットに取り入れても有効であることが確認できた。さらに、これらの EXR システムを認知症ケアロボットに展開した研究においても、中度認知症高齢者の有位差のある実験結果から、実用化に向けた有効性が確認できた。

今後の課題としては、先ず、ロボティクスデザインにおける感情創造の研究においては、文楽関係者との共同研究を継続し、文楽人形遣いによる動きだけでなく、感情創造の大きな要因である太夫と三味線による音も加え、総合芸術的視点から新たなロボット実機を製作して実験を継続していく（図 5-1）。

次に、介護施設に入居する中度認知症高齢者用の認知症ケアロボットでは、その親しい家族からの電話で療法が行えるシステム（図 5-2）と、EXR システムを活用した身体が伸

## 伝統芸能文楽の技をヒューマンロボットインタラクション技術へ 適応させるデザイン研究

(動き×音×顔による演技演出デザインについての考察)

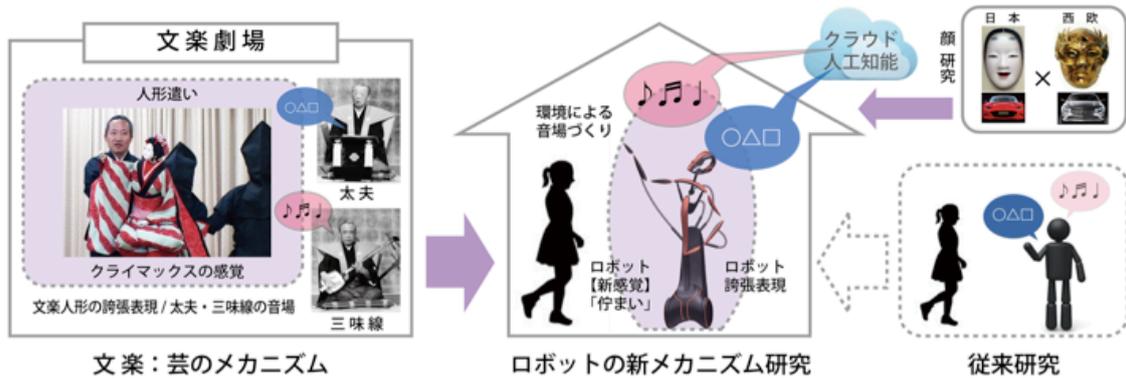
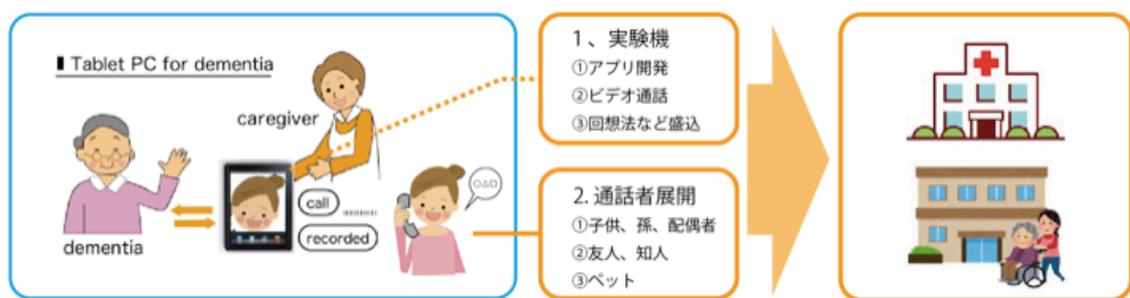


図 5-1 ロボティクスデザインにおける感情創造研究の展開

## 認知症高齢者に対する顔自動情動生成映像による 視聴覚刺激療法の効果検証



### 【評価方法】

MMSE, HDS-Rなどの簡易認知機能評価スケール、介護負担の尺度 (Zarit)、  
BPSDなどの問題行動を測る尺度 (Behave ADなど)  
幸福感を測る尺度 (モラールスケールなど)、QOLの尺度 (dementia  
happy checkなど)、脳波測定

図 5-2 介護施設に入居する中度認知症高齢者用認知症ケアロボット研究の展開

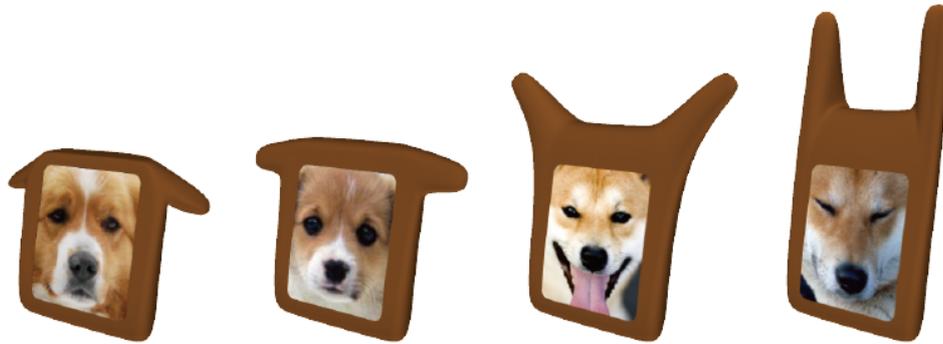


図 5-3 EXR システムを活用した認知症ケアロボットの実機

縮する認知症ケアロボットの実機(図5-3)を製作し、介護施設内で長期にわたる実験を、認知症高齢看護の医師とともに研究と実験を継続していきたいと考えている。

最後に、本論文は地域イノベーション研究科後期博士課程において課題抽出から進めた研究内容である。地域の意味として、次の2点に着目して研究を進めた。

1つは、世界の中の日本という地域。もう1つは、都会に対する地方と言う地域である。本研究のテーマであるロボティクスデザインにおける感情創造の研究を、「文楽発祥の地大阪」と「多様な介護問題を抱える地方」の2つの地域視点からイノベーションにつながる研究を進めて新たに創造することができた。

従来のロボット開発は、先端技術を統合してロボットに期待される機能を実現する技術志向の傾向が強かった。しかしながら、人工知能の進化に伴いロボットが状況判断できる能力も備わり人と共存しても違和感の無いコミュニケーションが行えるレベルに達しようとしている中、ロボットの社会性志向の開発や研究が要望されはじめている。

そこで本研究では、400年続く伝統芸能文楽の匠の技(観客を感動させる人形遣い)を研究し、その感情表現メカニズム(胴体伸縮機構)をロボットに適応させた。結果、人

がロボットに従来よりも親和性や人間らしさを感じるロボットが創造できた。このイノベーションを今後世界へ輸出される日本製ロボットに展開することで、現在世界的に評価されている日本文化を取入れた日本製ロボットとして受容されると期待できる。これは世界視点からの地域イノベーションであると考ええる。

また従来の地方は、大家族で子育てや介護を行い、隣近所が力をあわせて農作業や除雪作業などを行う相互扶助の風土と地域コミュニティがあった。しかしながら、本研究において筆者が現在の地方の介護施設を訪問し実態調査を繰り返す中、介護士の人手不足と、入居する認知症高齢者の家族の課題（労働問題や過疎化から家族が面会に行く時間がつくれない事情など）が理解できた。これらは、我が国の地方の課題を浮き彫りにしている実態であった。

そこで本研究では、これらの課題に対して、先端技術である ICT やロボットで支援する研究を推進した。その結果、ゲームやホームページで活用されている ICT 技術（顔自動情動生成技術）を、認知症ケア療法（家族とのビデオ通話）に流用する新価値創造であるイノベーションを研究開発することができた。特に IT 操作を苦手とする高齢者でも、簡単な操作で ICT を活用できるシステムを考案した。これも、まさに地域イノベーションであると考ええる。

このように現在における地方の課題の中には、先端技術を応用して解決できる課題が多く潜在している。高齢化、労働力不足、コミュニティ崩壊、自然災害、子供不足、介護福祉、移動手段など。これら地域の問題の中に調査で入り込むことで本当に必要とされる潜在ニーズが抽出でき、それを解決できるイノベーションが異分野の先端領域（ICT 技術、ロボット技術、スマート技術など）から創出できる。

本研究を通して、地域にはイノベーションにつながる様々な伝統的遺産や地域的課題が潜在していることが明らかになった。伝統芸能の匠の技（芸のメカニズム）を最先端のロボットに展開することで、日本文化を象徴するおもてなしロボットとして世界に向けて発信できる。少子高齢化で老々介護や通院しにくい地方高齢者の課題に対し、最先端 ICT 技術やロボットで介護支援ができ新療法にもつながるイノベーションが創造できる。米国のシリコンバレーのように、今後は地域イノベーション学が、日本の地方を世界の成功モデルに牽引していくと考える。

・参考文献

- [1] ヒューマノイドロボット「ロボッチ2号機」のデザイン開発 中川志信  
神戸芸術工科大学紀要2005 <http://kiyou.kobe-du.ac.jp/work/07-01.html>
- [2] Moira03 八重倉 航 中川 志信 大須賀 公一 黒田 晋 国際デザインコンペティション2006 <http://compe.japandesign.ne.jp/report/oosaka/>
- [3] CUE 岡田浩一 中川志信 菊池日出男 国際デザインコンペティション2006  
<http://compe.japandesign.ne.jp/report/oosaka/>
- [4] ロボット カレル・チャペック 岩波文庫 1989
- [5] ロボットは友だちになれるか フレデリック・カプラン NTT 出版 2011
- [6] 東芝未来科学館ホームページ  
[http://toshiba-mirai-kagakukan.jp/learn/download/pdf/leaflet\\_05.pdf#search='弓曳き童子](http://toshiba-mirai-kagakukan.jp/learn/download/pdf/leaflet_05.pdf#search='弓曳き童子)
- [7] ロボティクス 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門出版委員会  
日本機械学会 2011. 9
- [8] われはロボット アイザック・アシモフ 早川文庫 2004
- [9] ロボティクスデザイン 中川志信 美術出版社 2012
- [10] 「日本再興戦略」改訂2014  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/honbun2JP.pdf#search='日本再興戦略'改訂2014'](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/honbun2JP.pdf#search='日本再興戦略'改訂2014)
- [11] エモーショナル・デザイン 微笑を誘うモノたちのために  
ドナルド・A・ノーマン 新曜社 2004
- [12] 人間らしさとはなにか? マイケル・S・ガザニガ インターシフト 2010

- [13] プロダクトデザインの発想 田中克明 武蔵野美術大学出版社 2006
- [14] デザインにひそむ「美しさ」の法則 木全賢 ソフトバンク新書 2009
- [15] デザイン言語2.0 インタラクションの思考 脇田玲 奥出直人  
慶応義塾大学 PP.7-PP.26 2006
- [16] しぐさのコミュニケーションロボット 大坊郁夫 サイエンス社 1998
- [17] メラビアンの法則 <https://ja.wikipedia.org/wiki/メラビアンの法則>
- [18] 聞き手のうなずき反応を視触覚提示する音声駆動型身体的引き込みシステム、  
長井弘志 渡辺富夫 山本倫也 日本機械学会論文集 Vol.75、  
No.755 pp.163-17 2009
- [19] 会話ロボットにおける人と機器のコミュニケーションデザイン：ノンバーバルコ  
ミュニケーションをデザインで機器に取り入れる  
ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2007 1A2-N06(1-1A2-N06(4))  
2007-05-11
- [20] 文楽人形の動きから最適なロボットモーションデザイン～文楽人形遣いと  
の共同研究を通して～ 中川志信 第29回日本ロボット学会学術講演会予稿集  
3H2-1 P.225 2011.9.7.
- [21] コミュニケーションロボット 石黒浩 宮下敬宏 人工知能学会、  
PP.3-PP.101 2006
- [22] 高い情動表出能力を有する2足ヒューマノイドロボット頭部の開発  
岸竜弘 他6名 第29回日本ロボット学会学術講演会予稿集  
1J3-7 P.119 2011.9.7.
- [23] 文楽協会ホームページ <http://www.bunraku.or.jp/about/index.html>

- [ 2 4 ] 表情分析入門 ポール・エクマン 誠信書房 1987
- [ 2 5 ] 映画芸術への招待 杉山平一 講談社 1975
- [ 2 6 ] 虚実皮膜論 近松門左衛門 <https://ja.wikipedia.org/wiki/近松門左衛門>
- [ 2 7 ] マジックにだまされるのはなぜか 「注意」の認知心理学  
熊田孝恒 DOJIN選書 2012  
P.123 ウォルフの誘導探索モデルの概念図
- [ 2 8 ] コンテンツの秘密 川上量生 NHK 出版新書 2015
- [ 2 9 ] 制御系に埋め込まれた陰的制御則が適応機能の鍵を握る！？ 大須賀公一 石黒  
鄭 杉本 大脇 日本ロボット学会誌 Vol. 28 No.4 pp.491~502 2010
- [ 3 0 ] 花伝書(風姿花伝) 世阿弥編 ; 川瀬一馬校注・現代語訳 講談社 1972
- [ 3 1 ] 統合医療協会ホームページ <http://infomedical.jp/?p=1373>
- [ 3 2 ] 三重大学田口寛研究室ホームページ  
<http://hiroshi-t.com/relaxation-degree.html>
- [ 3 3 ] The Uncanny Valley Masahiro Mori IEEE ROBOTICS & AUTOMATION magazine,  
Vol.19 No.2 June 2012 pp.98-100.
- [ 3 4 ] 厚生労働省 社保審-介護給付費分科会第115回参考資料 2014.11.19  
[http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu\\_Shakai\\_hoshoutantou/0000065682.pdf](http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakai_hoshoutantou/0000065682.pdf)
- [ 3 5 ] 認知症の実態とその予防 清原裕 久山町研究 第12回日本健康支援学会年次学  
術集会 2011.02.20.
- [ 3 6 ] 内閣府 平成27年高齢社会白書

<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/gaiyou/pdf/1s1s.pdf>

- [ 3 7 ] 公務員はなぜ認知症になりやすいのか 長谷川嘉哉 幻冬舎 2013
- [ 3 8 ] 認知症・アルツハイマー病がよくわかる本認知症と上手に付き合う  
遠藤英俊 主婦の友社 2007
- [ 3 9 ] 「痴呆とは何か」長谷川和夫 「痴呆老年診療マニュアル 第2版」長谷川和夫  
南江堂 P.4 1999
- [ 4 0 ] 保健師・看護師のための介護予防の知識と技術 石垣和子 他 中央法規出版株式会社 2005
- [ 4 1 ] 厚生労働省ホームページ 認知症 治療方法  
[http://www.mhlw.go.jp/kokoro/speciality/detail\\_recog.html](http://www.mhlw.go.jp/kokoro/speciality/detail_recog.html)
- [ 4 2 ] 老健局 報告書 2015 年の高齢者介護  
高齢者の尊厳を支えるケアの確立に向けて  
<http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/kentou/15kourei/index.html>
- [ 4 3 ] アルツハイマー病の非薬物療法 山口智晴 山口晴保  
日老医誌 20 12 ; 49 : 437-441  
[http://www.jpn-geriat-soc.or.jp/publications/other/pdf/clinical\\_practice\\_geriatrics\\_49\\_437.pdf#search='非薬物療法'](http://www.jpn-geriat-soc.or.jp/publications/other/pdf/clinical_practice_geriatrics_49_437.pdf#search='非薬物療法')
- [ 4 4 ] 公益財団法人長寿科学振興財団 健康長寿ネット 認知症の診断より  
<http://www.tyojyu.or.jp/hp/page000000300/hpg000000267.htm>
- [ 4 5 ] 認知症ケアと予防の音楽療法 佐々木和佳 P.25 春秋社 2013
- [ 4 6 ] なぜ、回想療法が認知症に効くのか 小山敬子 P.92 祥伝社新書 2011
- [ 4 7 ] 介護に役立つ共想法 大武美保子 中央法規 2012



- [ 5 6 ] テディベア型対話ロボットの開発 渡辺一郎ほか 第6回システム・インテグレーション部門学術講演会 (SI2005) 予稿集 pp.211-212 2005.
- [ 5 7 ] A Spoken Dialog robot, Named Wonder, to Aid Senior Citizens Who living Alone with Communication Hiroshi Yamamoto Hiroyuki Miyazaki Takashi Tsuzuki and Yoshihiro Kojima  
Journal of Robotics and Mechatronics Vol.14 No.1 2002.
- [ 5 8 ] VR Applied Asobi-Litiation System for Demential Elderly in Group Homes Wataru Hashimoto Fumitaka Nakaizumi Mieko Ohsuga Yumiko Inoue  
Journal of Robotics and Mechatronics Vol.19 No.6 2007.
- [ 5 9 ] A Home Healthcare System with Communication Robot Technogies-Development of Experimental Systems and in-Home Verification Experiments by Older Persons Kengo Toda Mutsuhisa Fujioka Atsuhiro Fujii Shigeki Okawa Junri Shinohara Shinji Tanaka Takayuki Nakamura Takayuki Furuta  
Journal of Robotics and Mechatronics Vol.23 No.6 2011.
- [ 6 0 ] Implement Approach of Affective Interaction for Care giver Support Robot Yutaka Miyaji Ken Tomiyama Journal of Robotics and Mechatronics Vol.25 No.6 2013.
- [ 6 1 ] Virtually supportive: A feasibility pilot study of an online support group for dementia caregivers in a 3D virtual environment Marry Frances O' Connor Brian J Arizmend Alfred W Kasznak Journal of aging studies 30: 87-93 2014.
- [ 6 2 ] テレビ電話によるコミュニケーションが認知症高齢者と介護負担軽減に与える効果 保利美也子 他 癌と化学療法 38巻 Suppl. I p. 94-96  
癌と化学療法社 2011
- [ 6 3 ] Supporting Systems over the Internet Satomura Hiroaki Tanaka Takehiko Yoshihiro Takuya Nakagawa Masaru Healthcare Journal of Japan Society of Information and Knowledge Vol.16 No.2 2006.

- [ 6 4 ] Development of a Television-Use Telemonitoring System for Elderly Daycare-Recipients Living Alone Kazuki Nakajima Akinori Kamiya Hiroyuki Matsui Daisuke Oikawa Kentaro Fujita Yuji Higashi Toshiyo Tamura Toshiro Fujimoto Kazuo Sasaki Journal of Robotics and Mechatronics Vol.19 No.6 2007.
- [ 6 5 ] Panote Siriraya, Chee SiangAng, Recreating living experiences from past memories through virtual worlds for people with dementia, CHI' 14 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 3977-3986, 2014.
- [ 6 6 ] 人は感情から老化する和田秀樹 P.16 祥伝社 2006
- [ 6 7 ] NHK スペシャル【認知症 8 0 0 万人時代 認知症を食い止めろ～世界の最前線～】  
<http://www.nhk.or.jp/special/detail/2014/0720/>
- [ 6 8 ] 原田悦子 人の視点からみた人工物研究 共立出版 PP.27-PP.167 1997
- [ 1 ]
- [ 6 9 ] タカラトミー社製「フェイススタンド」  
<http://www.takaratomy.co.jp/products/dancingfacestand/>
- [ 7 0 ] モーションポートレート社「フェイスシング」  
<http://www.motionportrait.com/indexj.php/>
- [ 7 1 ] 臨床脳波学 大熊輝雄 医学書院 1999
- [ 7 2 ] アップル社製タブレット端末iPad mini <http://www.apple.com/jp/ipad-mini-4/>
- [ 7 3 ] 心を活かすドールセラピー 芹澤隆子 出版文化社 2003
- [ 7 4 ] アルツハイマー病患者支援アプリ Backup Memory  
<http://japanese.engadget.com/2015/04/27/bluetooth/>

・本研究に関わる発表論文

人間共存型ロボットにおける最適なモーションデザイン基本法則の抽出～文楽人形遣いと  
の共同研究から発見した人に感情を伝えやすい新構造ロボットを通して～  
中川志信 大阪芸術大学紀要(報告) 藝術36 P.139～P.146 2013 査読あり

Effect of a New Emotional Robot Therapy for Demented Elderly Patients  
-Using the Automatic Generation of Face Movie -  
Shinobu Nakagawa, Shinji Tsuruoka  
Australian Journal of Basic and Applied Sciences  
Journal home page: [www.ajbasweb.com](http://www.ajbasweb.com)  
[http://www.ajbasweb.com/old/ajbas\\_July\\_2015.html](http://www.ajbasweb.com/old/ajbas_July_2015.html)  
Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 9(23) July 2015, Pages: 495-502

・本研究に関わる口頭発表

Verification Experiments of Robot System for Emotions expressed by Physical Motions.  
- Analysis of “Bunraku” Puppet Motion -  
Shinobu Nakagawa, Shinji Tsuruoka ( Mie University )  
Graduate School of Regional Innovation Studies, Mie University 2015, P.47-50 査読  
あり (優秀論文賞受賞)

感情をモーションで伝えるロボットシステムの実機検証  
中川志信、大須賀公一、玉井博文、伊豆田千加、江上いずみ、田口寛  
第33回日本ロボット学会学術講演会2015  
2015.9.5 P.234 査読なし

A new robot therapy to delay progression of dementia for elderly patients  
by arousing emotions of them.  
Shinobu Nakagawa, Shinji Tsuruoka ( Mie University )  
Graduate School of Regional Innovation Studies, Mie University 2014  
P.47-50 査読あり

認知症ケアを高齢者の感情面から抑制する情動ロボットによる新療法  
中川志信 計測自動制御学会 2014. 11. 21 P. 17 査読なし

認知症ケアを高齢者の感情面から抑制する情動ロボットによる新療法  
中川志信 第32回日本ロボット学会学術講演会2014  
2014. 9. 5 P. 234 査読なし

認知症ケアを高齢者の感情面から抑制する情動ロボットによる新療法  
中川志信 日本人間工学会第55回 2014. 6. 5 6 P. 162, 163 査読なし

Motion Design of Emotional Expressions for Robot to Communicate with Human- Analysis  
of “Bunraku” Puppet Motion -  
Shinobu Nakagawa, Shinji Tsuruoka ( Mie University )  
Graduate School of Regional Innovation Studies, Mie University 2013,  
pp. 8-11. 査読あり

人間共存型ロボットに最適な演技演出デザイン基本法則の抽出  
～一流の文楽人形遣い、舞台俳優、音響デザイナーとの共同研究を通して～  
中川志信 松原正幸 伊豆田千加 田口祥平  
第31回日本ロボット学会学術講演会2013 予稿集 3H2-1 P. 225  
2013. 9. 7 査読無

・本研究に関わる特許出願

脳機能障害者生活支援装置 特願 2014-068874 2014. 3. 28 発明者：中川志信  
脳機能障害者生活支援装置 国際出願 PCT/JP2015/069972 2015. 7. 21 発明者：中川志信  
生活支援伸縮自在ロボット 特願 2015-022762 2015. 2. 28 発明者：中川志信  
生活支援伸縮自在ロボット 国際出願 PCT/JP2015/071732 2015. 7. 24 発明者：中川志信

・本研究に関わる採択研究

科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム  
探索タイプ (課題番号:AS251Z00297P)  
認知症ケアを高齢者の感情面から予防する情動ロボットによる新療法

平成25年度 研究経費170万円 研究代表者：中川志信

科学研究補助費 基盤研究B (課題番号:25282007)

人間共存型ロボットに最適な演技演出デザイン基本法則の抽出

～文楽人形遣い・役者・ロボットとの実演実験を通して～

平成25～27年度 研究経費1,791万円 研究代表者：中川志信

科学研究補助費 挑戦的萌芽研究 (課題番号:23650114)

人間共存型ロボットにおける最適なモーショングデザイン基本法則の抽出

～文楽人形遣いとの共同研究を通して～

平成23～24年度 研究経費290万円 研究代表者：中川志信

#### ・謝辞

本研究の遂行に際して多大なるご指導とご助言を賜りました三重大学大学院工学研究科鶴岡信治教授に心から感謝の意を表します。

また、本論文のまとめと執筆にあたり貴重な助言とご指導を賜りました三重大学大学院地域イノベーション学研究科板内教授、小林教授、矢野教授、鳥飼教授、市原准教授、に深く感謝いたします。

さらに、本研究の推進に際し、多大なるご支援ご配慮をいただきました認知症高齢者とその家族の方々、特別養護老人ホーム百楽園、住宅型優良老人ホーム四日市川島にじ、高齢者向け賃貸住宅にじ北名古屋、株式会社イシズム、モーショントレート株式会社、株式会社エーグル、有限会社パーソナル・テクノロジー、株式会社フューテックエレクトロニクス、三重大学田口名誉教、その他多くの方々に心から感謝いたします。