

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*1, 鶴岡信治*2

A new robot therapy to delay progression of dementia for elderly patients by arousing emotions of them.

Shinobu Nakagawa *1, Shinji Tsuruoka *2

This paper describes a new robot therapy for demented elderly patients. Dementia is big social problem now. Especially, demented elderly patients in care facility tend to deteriorate their conditions. Recently a new therapy for dementia is paid attention, it is to stimulate emotion of amygdala in brain. This study proposes a new tablet application using the amygdala therapy, which includes a new conversation model with their family. We developed a new video call system and a pet robot by ICT and Robotics technology for a new robot therapy. By this system, the patients can have conversation with family easily. If the system stored the motion video scene on the family's call of the patients, they always were enjoying it and fun as if it was the first time. Their emotions were aroused, even if they are not interested in a pet robot. We changed the video scene into a small cat and dog, which are familiar to patients. In these experiments, 10 subjects were measuring their brain waves. From these results, their most brain waves were activation. It meant that a new robot therapy made their emotions arouse positively, because all subjects were fun while they had conversation with their family. So from these results of subjective estimation and measuring the brain waves, it was estimated that the proposed system has some preventing ability for their progress of dementia. This new robot therapy is useful for dementia patients.

Key Words: Robot, Design, Motion, Emotion, Robot therapy, Dementia, ICT technology

1. 背景と課題

現在わが国では認知症高齢者が急増傾向にあり、先進国の中でも高齢化率が最も高い[1]。介護施設不足や老々介護など厳しく悲惨な現実が大きな社会問題となっている。認知症の治癒方法や発症する脳のメカニズムに対して、明確な療法や理論は無い。その中でも、進行抑制手法として「回想療法」[2]や「音楽療法」[3]は現状効果があるため多くの介護施設で採用されている。また他者との対話を療法とする大武らの「共想法」[4][5]や、動物ペットより衛生的なロボットセラピー（アザラシ型ロボット[6]などの）新療法も注目されている。

ところで、認知症の要因である人間の老化は知力、体力より「感情の老化」が要因との最近の諸説[7]から、従来の記憶でなく感情を司る脳内の扁桃核を刺激する新薬や新療法が注目されている[8]。本研究の予備調査では、開発されている多様な認知

症ケアロボット[6][9][10]の従来研究調査や、新たに試作したロボットと共に認知症高齢者への試行調査を繰返した[11]。そのため30回以上介護施設を訪問して得た感想は、「介護現場は想像以上に厳しく悲惨な現実」であった。

認知症高齢者は普段は常識ある大人であるが、時折自ら制御できない認知症に苦しみ、人に迷惑をかけることへの罪悪感に苛まれている。そのため本心では家族のいる自宅へ帰りたいが、介護施設での孤独に耐え我慢している。一方、家族は諸事情から中々介護施設を訪問できない、介護士も日々の多忙さから認知症高齢者個々のセラピーどころではない現実がある。これら3つの課題から、介護士の補助を必要とせず、家族とのコミュニケーションの機会を増やす認知症ケアが重要と考えた。

本研究では、家族とのビデオ的通話機能と情動ペットロボット機能を有する認知症ケアロボットシステムを開発した。そこに至った経緯として以下2つの予備実験による成果がある。

予備実験1：認知症高齢者の家族（主に息子や娘）も高齢でありITを活用したビデオ通話（Skypeなど）によるコミュニケーションは苦手から自ら積極的に行おうとしない。介護士も同様である。しかし、その家族らは携帯電話による通話は頻繁に行っている。そこで、携帯電話から電話一本で可能な認知症高齢者と

原稿受付 2014年12月1日

*1 大阪芸術大学

*2 三重大学 大学院

*1 Osaka Art University

*2 Mie University

家族間のビデオ的通話システムを想定した予備実験を行った。家族と認知症高齢者の通話から、家族の音声のみ録音する。別の日に、その録音した音声と家族の顔写真を認知症高齢者に見せながら擬似的なビデオ的通話を行った。結果は、録音でも初めてのように楽しく認知症高齢者は家族と通話していた。

予備実験2：製品化されている複数の介護用ケアロボットで、認知症高齢者と関係する時間を個々に設け評価実験を行った。その結果、アザラシ型ロボット [6] の評価が最も高かった。オモチャのように見えないこと（つまり、認知症高齢者を子供扱いたくない）、その大きな情動（瞬き、鳴き声、身体動作）や、まるで生き物のようにヒゲに触れると反応する面白さが認知症高齢者を魅了していた。ただし、大サイズと重さは課題であった。

これらのコミュニケーションで認知症高齢者を情動させ、感情面から認知症の進行を抑制する実験を進めた。その結果、認知症高齢者の脳が活性化し新療法としての可能性が確認できた。また筆者らは長年ロボティクスデザインの研究に従事し、人間共存型ロボットの情動モーションデザイン基本法則などの研究成果を、本研究で実用化に向けて発展させる [12] [13]。

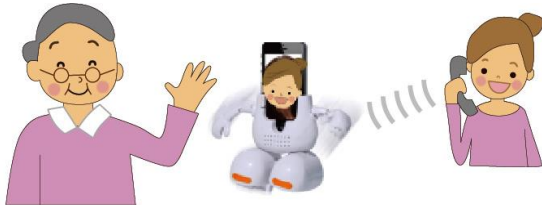


Fig. 1 実験1のイメージ図 (中央:タカラトミー製フェイススタンド)

2. 実験 1

- ・目的: 家族の顔画像を見ながらのビデオ的通話と情動ロボットによるセラピー効果の検証。
- ・仮説: 情動ロボットに加え、家族の顔を見ながらのビデオ的通話（録音）が認知症高齢者の感情（脳内の扁桃核）を刺激し認知症進行を抑制する。
- ・機器:タカラトミー製「フェイススタンド」 [14]（携帯端末（iPod）表示画面で家族の顔静止画像を2.5次元顔自動情動生成するモーションポートレート社アプリ「フェイスシング」 [15]付）、ボイスレコーダー（家族の通話音声を録音再生）。
- ・実験方法: 事前に認知症高齢者ごとに家族との思い出話（回想療法）や懐かしい歌（音楽療法）の盛込まれた通話を家族と行い、その内容をボイスレコーダーで家族の音声のみ録音しておく。認知症高齢者の家族の顔も事前に撮影しておく、先のアプリ（フェイスシング）を活用し実験時に自動再生できるように準備する。認知症高齢者が体調の良い時に介護職員とともにビデオ的通話と情動ロボットによる実験を行う。倫理的な面は、介護施設と各家族に事前承認を受け倫理委員会の手続きに沿って進めている。被験者は以下の3名。

- ・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

2.1 実験 1 結果と考察

実験中、全被験者とも家族との（回想療法+音楽療法が盛込まれた内容の）ビデオ的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。それが録音であっても毎回初めてと認識し、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る姿に、筆者自身は驚き感動した。同席した介護職員からも共感し、研究の加速（製品化）を強く要望された。

- ・考察: 実験 1 の結果から認知症ケアロボットシステムの新たな有効性として以下内容が確認できた。

- ①家族の顔を見てのビデオ的通話(録音可) は有効。
- ②情動が大きいロボットは有効。
- ③2.5次元顔自動情動生成できるアプリは有効。
- ④回想療法+音楽療法の含まれた通話内容は有効。

2.2 実験 1 脳波測定結果

- ・目的: ロボットセラピー実験後の脳波を測定し、その効果を脳の活性化（感情の動き）から分析する。
 - ・仮説: 実験で被験者がポジティブに情動するため、脳波の活性が喜びなどの感情の動きとする。
 - ・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。
 - ・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 A のみ脳波を測定した。
- 脳波測定結果の平均電圧と含有率から、リラックス度の高い（活性度の低い） θ 波と α 波付近の脳波が実験前は強くでている。実験後は、その θ 波や α 波の振幅が抑えられ平均電位が下がり、そのためベータ波の含有率が θ 波や α 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。

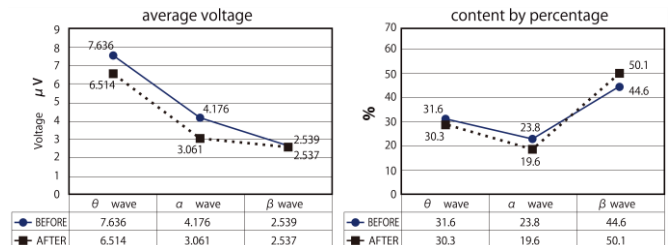


Fig. 2: 被験者 A 脳波測定結果 (左:平均電圧, 右:含有率)

3. 実験 2

実験 1 の成果から家族とのビデオ的通話と情動ペットロボットの2機能をもつ認知症ケアロボットシステムを製作し、認知症高齢者の視覚、聴覚、触覚を通して感情を刺激する同様の実

験と脳波測定を行った[16]。このシステムにはタブレット端末（以降、iPad mini）を主機能として採用し、その大画面で家族とのビデオ的通話を行う。その家族の顔動画（音声）と同期して動くロボットの両腕機構も付加した。

情動ペットロボット時も、その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。その3感情ごとの音声と腕の動きを同調させ、腕の動作角度と速度と回数も変化させた。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の機能も装備させた。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。

3.1 実験機仕様

3自由度:2自由度は腕の動き,1自由度はiPadminiを揺らす,可動範囲:2自由度±90°(水平基準),1自由度±5°、モーター:ROBOTIS社のDynamixel MX-28R,タッチセンサー:Adafruit社のAT42QT1010(静電容量式),プログラムLinuxボード(RaspberryPi)にてプログラムを作成して動かす。

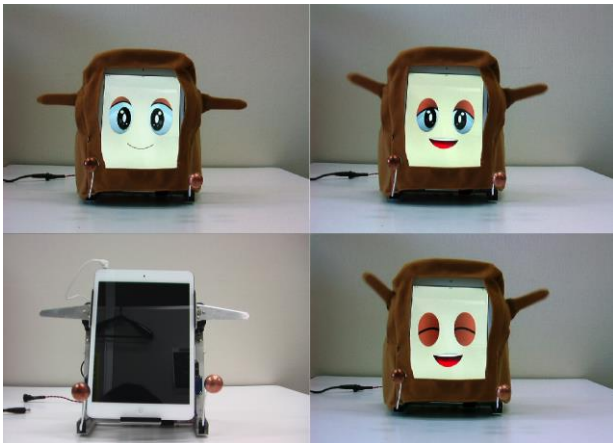


Fig. 3: 認知症ケアロボットシステム (情動ペットロボット状態)

制御方法1: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)を検知し,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。2: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。

3.2 実験方法

被験者は中度認知症の高齢者10名。最初は情動ペットロボットモードで,被験者がロボットの足に触れて画像や腕の情動反応を楽しむ時間を設ける。その後,家族とのビデオ的通話を行う時間へ移行する。実験2では,そのビデオ的通話も1時間以上の間を設け3回連続繰返した。1回目と3回目の後に脳波測定を行い,脳の活性化度(増減率)の比較検証を目的とした。一度の刺激よりも繰返した方が,脳内で新しいシナプス結合が少しずつできるため少しずつ活性化すると仮定した。対話内容は録音したものであり,家族の顔の動きはモーションポートレ

ート社の2.5次元自動顔情動生成技術で製作した。

この実験機での認知症高齢者と家族とのビデオ的通話は実験1同様,被験者10名全員が良好であった。対話内容は実験1同様に録音であるが,10名とも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。

認知症高齢者の子供(息子や娘)に加え,妻や孫を通話者にした。これらは介護者からの推薦であり,被験者と最も良い関係性が築けている近親者であった。実験1同様,感動して涙を流す被験者も多く,孫と通話した2名の認知症高齢者は明るく楽しそうに通話されていた。

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認知症高齢者が,このビデオ的通話で家族と「ふるさと」の歌を3回とも一緒に歌ったことである。この光景に介護職員全員が驚き,改めて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。

・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

また家族の音声にあわせて,実験機の両腕が動く機能も家族の感情を一層伝えるのに功を奏していた。動きにおいては,iPad mini画面内顔表情の大きな情動と音声だけでも迫力があり,両腕と画面を揺らす簡易な動作を加えると一層ロボットの感情が認知症高齢者に伝わるが発見できた。

しかし情動ペットロボットモード時は3名の被験者のみ積極的に関わっていたが,他の7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。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以上に再設計しなおすことも明らかになった。



Fig. 4: 実験2風景(家族とビデオ的通話をする被験者)

3.3 脳波測定結果

実験1同様に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、実験前とビデオ的通話などの実験後（1回目と3回目）の脳波を測定した。

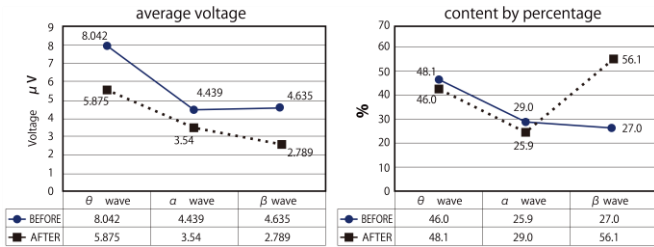


Fig. 5 被験者2の1回目後の脳波測定結果

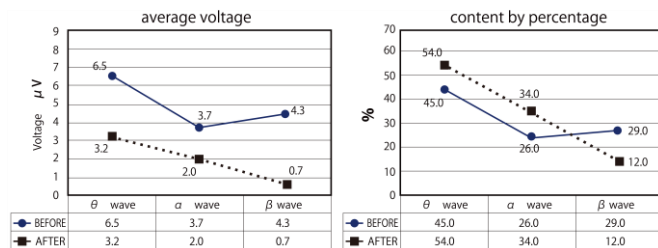


Fig. 6 被験者4の1回目後の脳波測定結果

1回目後の結果は、10名全ての被験者から脳波が活性化しているデータが得られた。特に実験時に感動のあまり涙を流された2名の被験者（2と4）のデータは、θ波とα波の平均電位が大きく下がり脳が活性化するときの典型的な結果となっている。実験前後の結果が微差の被験者もいるが、実験中の生き生きした対話や表情から脳が活性化したと考えられる。

しかし3回目後の結果から10名中6名の被験者の脳波が活性化した結果が確認できたが、脳波平均電圧からも1回目後より3回目後の方が全体として活性度が低くなっている。一日に何度もビデオ的通話を繰り返すと脳の覚醒度が低くなる傾向が確認できた。今後も同じ被験者への実験と脳波測定を繰り返し、その精度を高めていきたい。

4. 結果と考察

実験を通して、全ての認知症高齢者が元気に楽しく家族とのビデオ的通話を行い実験後脳波が活性化していたことから、認知症ケアロボットシステムによる認知症高齢者への新療法の可能性が確認できた。ある被験者は実験後、ビデオ的通話で家族と一緒に歌った歌を日頃歌うようになり、ある被験者は発音が明瞭になるなど認知症抑制効果が目に見えて効果があった。

このビデオ的通話は録音であっても、被験者は毎回初めてと認識し対話を楽しんでいた。認知症高齢者の家族の携帯電話からの手軽な通話を（家族の声のみ）一度録音しておけば、繰り返し活用できる。そのため家族や介護者の負担を軽減できる。また認知症高齢者は対話内容よりも、家族間の独特なリズムや間や言い回しに癒されていることから、家族ごとのリアルな通

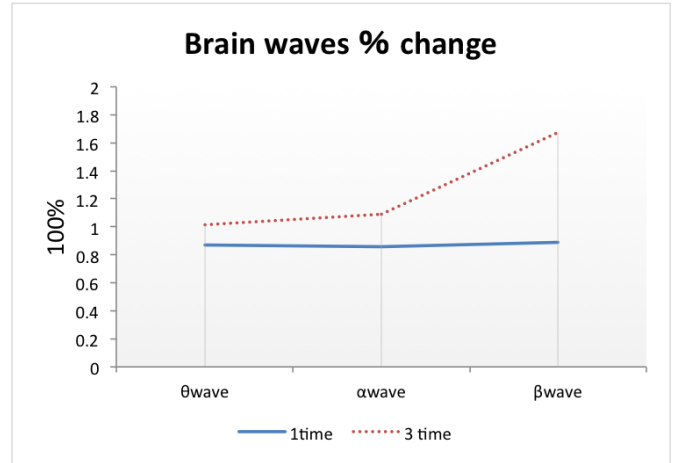


Fig. 7 被験者10名の脳波平均値（1回目後と3回目後）

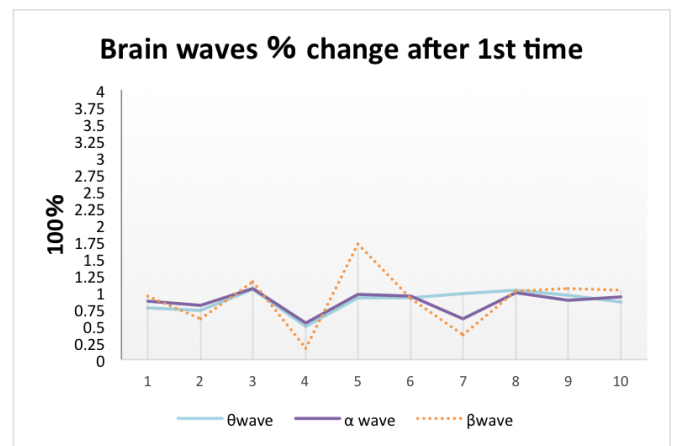


Fig.8 被験者10名ごとの脳波平均電圧（1回目後）

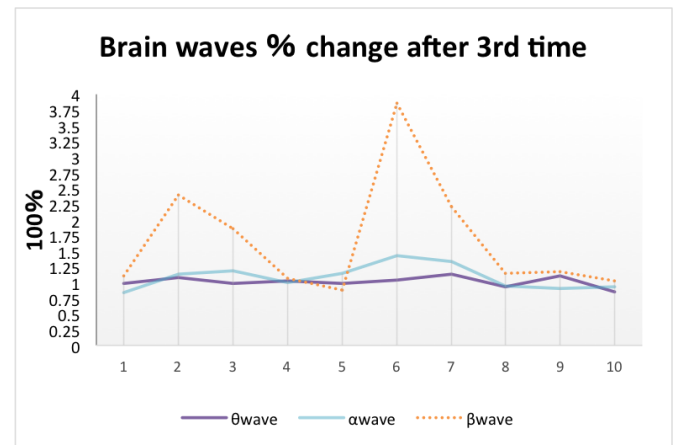


Fig.8 被験者10名ごとの脳波平均電圧（3回目後）

話が必須と理解できた。介護施設での介護者（他人）でなく、近親者（家族）とのやりとりは想像以上に心を穏やかにさせる。

今後はこのビデオ的通話システム確立のため、認知症高齢者家族が各自の携帯電話から認知症高齢者と簡単に通話でき、それを自動録音再生できるようにする。それを介護者が日々のデ

イケア時に、タブレット端末を活用し日に何度もビデオ的通話による新療法を行う。これにより介護施設へ頻繁に行けない家族の負担や、多用のため療法を行えない介護者の負担も軽減できる。

これらのシーズ確立のためタブレット端末に搭載する以下のソフトウェアを開発する。まず、WebRTC 技術 [17] を搭載し、携帯電話からタブレット端末への通話を可能とする。次に PST 社感情制御技術 ST [18] により、録音した通話音声ごとの感情データを抽出する。抽出した感情信号を瞬時に、2. 5次元顔自動情動生成技術（モーションポートレート技術）[19] を活用した家族の顔表情動画と、情動ペットロボットのモーションプログラムに同期させる。これらのソフトウェア開発が認知症ケアロボットシステムの核になる。

■ Tablet PC for dementia

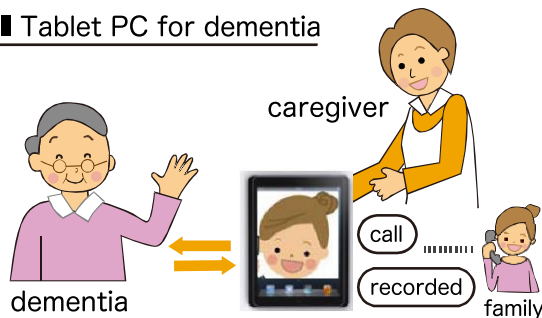


Fig. 9: 介護者支援のもと、タブレット端末で家族とのビデオ的通話のみを活用した場合の新療法

しかしながら、情動ペットロボットについては課題が多い。上記のソフトウェアを搭載したタブレット端末を、情動ペットロボットにも流用する。家族とのビデオ的通話時に、その音声（抑揚）に同期して動く両腕が、家族の感情を誇張して伝える効果は確認できた。

ところが、高齢者に親和性の無いマンガ的キャラクターは変更せねばならない。この実験後、子猫や子犬の簡単な動画を認知症高齢者に確認したところ評価は高かった。特に子犬の評価が高く子猫は好き嫌いがあった。これらにキャラクターを変更し、情動ペットロボットから先に認知症高齢者に働きかけるコミュニケーションシステムを開発していく。

さらに、子犬や子猫の顔に触れる触覚刺激の画面タッチセンサーと、それに触れた後のキャラクター（子犬など）の多様な反応をプログラムで盛り込み飽きさせない笑いをつくっていく。常時は情動ペットロボットと対話し、時折家族からビデオ的通話（直接と録音）がある認知症ケアロボットシステム[20]を開発する。介護者の手をわずらわせない全自動を目指したい。

このようにタブレット端末を用いた簡易な ICT 技術とロボット技術の活用により、認知症ケアの新療法として発展が期待できる。感情を表現する家族の 2. 5次元顔自動情動生成技術をカラオケ画像に応用すると家族と一緒に歌えるようなカラオケ療法になり、ゲーム画像に応用すると家族と一緒に麻雀ができるゲーム療法が簡単につくれる。家族の昔の写真を用いることで、認知症高齢者が若かりし頃に戻った感覚（錯覚）で家族とビデオ的通話ができるなど今後の展開は幅広い。

■ Therapy robot

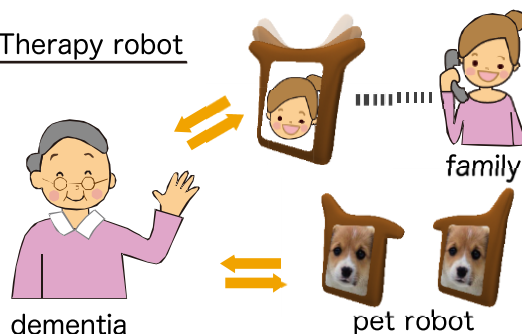


Fig. 10: 介護者の支援を要せず、家族とのビデオ的通話と情動ペットロボットの2機能を活用したシステムによる新療法

5. 参考文献

- [1]2013年12月11日 読売新聞
- [2]小山敬子 なぜ、回想療法が認知症に効くのか P.92 祥伝社新書 2011
- [3]佐々木和佳 認知症ケアと予防の音楽療法 P.25 春秋社 2013
- [4]大武美保子 介護に役立つ共想法 認知症の予防と回復のための新しいコミュニケーション P.131 中央法規 2012年
- [5]大武美保子 グループ会話促進ロボットの開発を目的とする健康長寿高齢者の発話分類 第31回日本ロボット学会学術講演会 P.140 2013年
- [6]柴田崇徳 人の心を豊かにするメンタルコミットロボット・パロ www.sonpo.or.jp 2007年
- [7]和田秀樹 人は感情から老化する P.16 祥伝社 2006年
- [8]長谷川嘉哉 公務員はなぜ認知症になりやすいのか P.38 幻冬舎 2013
- [9]よりそいロボット「ifbot」 <http://ja.wikipedia.org/wiki/イフボット>
- [10]ピップ社製 メンタルサプリメントロボット「うなずきかぼちゃん」 <http://www.pip-club.com/kabo/>
- [11]中川志信 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 JST A-STEP 探索タイプ 2013年
- [12]中川志信 ロボティクスデザイン P.147 美術出版 2012年
- [13]中川志信 科研費 挑戦的萌芽 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原則の抽出 平成23～24年度
- [14]タカラトミー社製「フェイススタンド」 <http://www.takaratomy.co.jp/products/dancingfacestand/>
- [15]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/>
- [16]中川志信 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 日本人工学会第55回大会 P.162,163 2014年
- [17] WebRTC 技術 <http://www.webrtc.org>
- [18] PST 社感情制御技術 ST http://medical-pst.com/products_information/emotion
- [19]モーションポートレート社「モーションポートレート技術」
- [20]中川志信 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 第32回日本ロボット学会学術講演会 P.234 2014年
- [21]脳機能障害者生活支援装置 識別番号 51407869 特願 2014-068874



中川志信 (Shinobu Nakagawa)

1967年1月25日生。1990年武蔵野美術大学卒業。学士。1990年よりパナソニック株式会社デザイン部。2007年より大阪芸術大学デザイン学科准教授、2014年より教授。現在に至る。プロダクトデザイン全般に加え、ロボティクスデザイン研究を行っている。日本人間工学会会員、(日本ロボット学会正会員)



鶴岡信治 (Shinji Tsuruoka)

1954年11月10日生。1979年名古屋大学大学院博士前期課程修了。工学博士。1979より三重大学工学部教員、2000年より三重大学工学部教授、2009年より三重大学大学院地域イノベーション学研究科教授、現在に至る。手書き文字認識・文書処理、画像処理等に関連する研究を行っている。電子情報通信学会、情報処理学会、映像情報メディア学会、地域イノベーション学会等の会員。(ロボット学会 非会員)