アザラシ型ロボットによる 神経学的セラピー*

Neurological Therapy with Seal Robot

柴田崇徳**

Takanori SHIBATA

Key words

seal robot, neurological therapy, non-pharmacological therapy, medical device, dementia care, BPSD, PTSD, depression, anxiety

1. はじめに

「人とロボットの相互作用」(Human Robot Interaction (HRI))に関する研究が活発になっている。これらの研究では、人とロボットの関係に注目する Social Robotics と、HRI を積極的に応用しようとする研究がある。前者では、ロボットに対する受容性や解釈・評価において、地域や民族による文化的、宗教的な違い等や、人の認知機能との関わりに注目されている。一方、HRI の応用として、医療福祉分野への応用の研究が盛んになっている¹⁾。

筆者は、93 年から人と共存し、ペット動物のように、ふれあいにより楽しみや安らぎを提供する新しい役割を目的として、アニマル・セラピーを参考にして、セラピー用ロボットの研究開発を行ってきた²⁾。

ロボットの形態は、複数の動物型の候補があったが、心理実験などの結果から、人から受け入れられやすいように、あまり身近ではない形態の「アザラシ型」とし、その改良を重ねた(図 1)。一般家庭におけるペット代替と、医療福祉施設でのアニマル・セラピーを代替する「ロボット・セラピー」の 2 つが目的である。

これまでに、国内外において、認知症、発達障害、精神

障害、高次脳機能障害、ガン等を対象として、RCT (Randomized Controlled Trial: ランダム化比較試験) 等のさまざまな臨床実験等により、そのセラピー効果を評価してきた。

本稿では、セラピー用ロボット、国内外でのアザラシ型ロボットの臨床研究や実際の活用状況、セラピー効果のエビデンス等について紹介する。

2. セラピー用ロボット

これまで、セラピー用のロボットは、主に「フィジカル」なりハビリテーションが目的で、「認知的」なセラピーのためのロボット医療機器の研究開発はほとんどなかった。アメリカの食品医薬品局 (Food and Drug Administration (FDA)) により、セラピー効果のエビデンスと安全性に基づいて、医療機器になっているものとして、例えば、歩行訓練ロボット Lokomat は、脳梗塞後の歩行訓練等を目的にしている³⁾。HAL は外骨格型のロボットで精髓損傷や脳梗塞後の歩行訓練で機能回復を目的とし、欧州での医療機器の承認を得た⁴⁾。その他、身体的なセラピーとして、高齢者に対して、動機付けをしながら体操をコーチするロボットの研究開発も行われているが、まだ実用化はされていない⁵⁾。

2009 年にアザラシ型ロボットは、認知的なセラピーを目的として初めて、FDA から神経学的セラピー用医療機器 (Neurological Therapeutic Medical Device (Class II)) の承認を得たロボットである²⁾。また、セラピストがアザラシ型ロボットを動機付け等に活用することにより、身体的なりハビリテーションでもセラピー効果を示している。ただ、日本では、海外との医療福祉制度の違いにより、アザラシ型ロボットは主に福祉用具として、社会での活用を目指している。

その他のロボットにも、さまざまな取り組みはあるが、医療機器としてのセラピー効果のエビデンスと機器の安全性を示すには至っていない。例えば、エンターテインメント用ロボットの AIBO と本物の犬とをロング・ターム・ケア・ファシリティで、「孤独感」のセラピーに用いた場合

図 1 セラピー用ロボット

*原稿受付 平成 26 年 10 月 27 日

**産業技術総合研究所 (茨城県つくば市東 1-1-1)

に、AIBO への愛着は犬よりも湧いたものの孤独は改善しなかった⁶⁾。また、AIBO は医療機器として設計されていないので、壊れやすく安全性は担保されない。一方、「孤独感」については、同様に、アザラシ型ロボットと犬とを比較した RCT では、アザラシ型ロボットが孤独感を有意に改善した⁷⁾。

3. ロボット・セラピー

欧米で広く認知されているアニマル・セラピーは、楽しい時間を過ごすアクティビティと、治療の目的をもって利用するセラピーに分類される。アニマル・セラピーには、

- ① 心理的効果（気分の向上、動機の増加等）、
- ② 生理的効果（ストレス低減、血圧安定化等）、
- ③ 社会的効果（患者同士や介護者とのコミュニケーションのきっかけ、活性化等）

の3つの効果があり、アザラシ型ロボットについても同様である。しかしながら、多くの医療福祉施設は、動物アレルギー、人畜共通感染症、噛み付きや引っかきなどの問題から動物の導入を認めていない。また、その実施に際しては、事故を未然に防ぐため動物のトレーニング（盲導犬や警察犬と同様に数百万円のコスト）や管理者（ハンドラー）の同席が必要である。

アザラシ型ロボットを用いるロボット・セラピーの場合には、実際の運用時に動物がもつ問題がなく、また必要に応じていつでもどこでも使うことができる点でメリットが大きい。動物は、人とのふれあいによりストレスを受けて疲れてしまうが、ロボットの場合には、何時間でもストレスなく、人とふれあえる点でも利便性が高い。また、トータルのコストもはるかに少ない。

4. アザラシ型ロボットの機能

アザラシ型ロボットは、アザラシ型のふれあいやすい形態で、犬や猫等の身近な動物より、本物との比較がされず、人から受け入れられやすい。

アザラシ型ロボットは、ふれあう人が人間の赤ちゃんを連想するように、長さ約 55 cm、重さは約 2.5 kg である。アザラシ型ロボットは感覚として触覚、視覚、聴覚、平衡感覚等と、7つの知的静音型アクチュエータを有し、人の感性を考慮した機能設計である。

また、行動制御アルゴリズムとして、刺激-反応規則、内部状態、短期・長期記憶、適応、学習により、人や環境からの刺激と、アザラシ型ロボットの内部状態に基づいた行動を生成するようにした。

安全性・信頼性では、ベースメーカーの使用者でも安全のように「電磁シールド」を施し、2万ボルトの耐電圧試験、落下試験、10万回を超える撫で試験等を行い、10年以上の利用を可能にした。利便性では、おしゃぶり型の充電器と、1カ所のスイッチで利用できる。

ロボット・セラピーでは、「バイオフィードバック」による「神経学的セラピー」として、身体的相互作用によ

り、アザラシ型ロボットからの刺激が人の感覚を通じて人の脳を刺激し、人がもつ動物に関する知識や経験を連想により引き出し、動物と触れ合っているときに覚える情動を想起させたり、さらに自らの過去のさまざまな経験・記憶を連想させたりしている。

アザラシ型ロボットとふれあう人の脳血流を計測することにより、前頭前野や側頭部の血流が増加し、活性化していることが明らかになった²⁾⁸⁾。これらにより、ふれあう人の気分が向上したり、言語機能が改善したり、回復したと考えられる事例が多い²⁾⁹⁾。例えば、東ヨーロッパからデンマークに移住し、母国語とデンマーク語を話せた人が認知症になり、母国語だけしか話せなくなっていたが、アザラシ型ロボットとふれあうとデンマーク語で話しかけ、その際には介護者等とデンマーク語で会話ができるケースがあった²⁾。

アザラシ型ロボットの安全性について、ロボットとの相互作用は、撫でる、抱きしめるなど、文字通り“触れ合う”ため、人に危害を与えない構造と、ロボットが壊れないようにする必要がある。さらに、病院では、白血病など免疫力が低下している患者も利用するため、複数の患者間で使用する場合、ロボットが病原菌の媒体とならないように、アザラシ型ロボットには菌を減少化する「制菌加工」を施した。ただし、利用時の注意や利用後のクリーニング等の管理も重要である。アメリカ退役軍人省病院では、インфекション・コントロール委員会で承認を受けた手順にのっとり、アザラシ型ロボットの衛生管理を行っている。

アザラシ型ロボットを「セラピー」として積極的に活用する場合には、その効果を引き出すため、導入から運用に関わるアザラシ型ロボットの活用方法に関して、セラピスト等への「教育」が重要である。一方、個人の利用もあるため、アザラシ型ロボットに対する特別な知識がなくても、誰でも簡単に扱えることが重要である。例えば、アメリカでは、複数の州において、「継続教育ユニット」のセミナーとして、アザラシ型ロボットについての教育プログラムを実施している。

5. アザラシ型ロボットによるロボット・セラピーの効果

アザラシ型ロボットとふれあう人々に対して、心理的に「うつ」の改善、不安の低減、苦痛の低減等、生理的にストレスの低減、高血圧の低減、身体的リハビリ効果等、社会的にコミュニケーションの改善等が確認された。これらにより、例えば、認知症の徘徊や暴言・暴力等の周辺症状の緩和・抑制、会話機能の改善・回復等のセラピー効果があり、介護者の介護負担が軽減され、また本人のよい状態を保つことにより、抗精神病薬の使用量の低減化等が示された。

身体的なセラピーとして、例えば、嚙下りハビリの事例では、座位でアザラシ型ロボットを抱っこし、撫でたり、

顔を見たりして体幹を保ち、自らの顎を下に向けた姿勢を保持させたり、アザラシ型ロボットへの話しかけや歌いかけをしたりすることにより、誤嚥を予防したり、経鼻経管栄養から経口摂取に改善させたり等、嚥下機能の維持・向上させた事例があった¹⁰⁾。

ところで、認知症は、アルツハイマー型、脳血管性、レビー小体等、複数の原因があり、それぞれに症状の違いがある。2013年12月のG8サミットでは、「認知症」がメイン・テーマであり、世界で約4400万人が認知症を患い、その医療福祉のコストは6000億ドルと推計された。今のところ、認知症の根治薬はない。

認知症者の行動・言動等の問題には、脳の一部が萎縮・損傷することによる「中核症状」と、介護者を含む環境との関係から発生する「周辺症状」に分類される。中核症状は、記憶障害、見当識障害、失語・失行・失認、遂行機能障害等がある。周辺症状は、うつ状態、不安・焦燥、暴力・興奮、幻覚・妄想、不眠、徘徊、不潔行為等がある。後者の周辺症状については、認知症者の「よい状態(Well being)」を維持することにより、周辺症状を抑制・緩和が可能である。そのため、認知症をもつ人を一人の“人”として尊重し、その人の視点や立場に立って理解し、ケアを行おうとする認知症ケアの考え方として、「パーソン・センタード・ケア」が提唱され、欧米の主流の考え方となり、日本でも導入が図られている¹¹⁾。

アザラシ型ロボットとのふれあいは、この「パーソン・センタード・ケア」でいわれる5つのニーズを満たすことができることにより、アザラシ型ロボットが認知症者の周辺症状の緩和・抑制に役立つ。

6. 国内外での動向

産業技術総合研究所から知的財産権のライセンスを受けた(株)知能システムが、05年から第8世代のアザラシ型ロボットの販売を開始し、世界約30カ国で約3000体が販売された。現状では、日本での販売数が最も多く、2005年から2000体強がわが国で販売され、約50%が個人名義、約40%が医療福祉施設名義で利用されている。2013年に大幅に改良した第9世代を導入した。

国内外のさまざまな医療福祉機関等でアザラシ型ロボットがロボット・セラピーに活用されるとともに、臨床評価されてきた。そこで、国内外でユーザ会議を開催し、それらの収集を行ってきた。

海外については、デンマークが、国家プロジェクトとして2006年から08年にかけて、アザラシ型ロボットによる認知症高齢者へのセラピー効果を評価し、また国家倫理委員会により、アザラシ型ロボットが導入されることの是非や手続きについて議論された。それらの結果を踏まえ、09年からライセンス制度(1日のセミナーの受講)とともに、高齢者向け施設等への公的導入が始まった。これまでに、70%を超える地方自治体がアザラシ型ロボットを公的導入した。なおこれらの施設には、発達障害者向け、精

図2 アメリカ退役軍人省病院での認知症およびPTSDの高齢者に対するセラピー

神障害者向け、脳機能障害者向け等を含んでいる。デンマークにおいては、セラピスト等のユーザにアザラシ型ロボットの利用記録を依頼し、ユーザ会議において発表してもらい、臨床データや今後の改良ポイント等の情報収集を行った。

さらに、オランダ、ドイツ、スウェーデン、フランス、イギリス等、他の欧州諸国でも同様の仕組みでアザラシ型ロボットの導入が始まった。特にドイツにおいては、12年からアザラシ型ロボットを用いた在宅認知症高齢者や発達障害児等向けの訪問介護サービスが健康保険適用に、全国各地でアザラシ型ロボットを用いた訪問介護サービスのサービス網が構築され始めた。イギリスも、複数のNHS信託(National Health Service Trust)がアザラシ型ロボットを導入し、認知症ケアでのアザラシ型ロボットの臨床評価を開始した。

アメリカでは、09年にFDAがアザラシ型ロボットを神経学的セラピーのための「医療機器」と承認し、同年末から販売が始まった。個々の施設等は、電子介護記録等を活用することにより、アザラシ型ロボットのセラピー効果の臨床評価を行っており、徐々に、臨床データが蓄積されている。特に、退役軍人省病院では、認知症やPTSD(心的外傷後ストレス障害)の患者に対するセラピー効果を評価し、BPSD(認知症の周辺症状)の抑制・緩和、抗精神病薬の低減を示した。これにより、アザラシ型ロボットは「連邦政府調達品」の対象となった。

その他、アメリカのUC Irvine Medical Centerでは、卵巣がんの20名の女性(49~71歳、平均67歳)を対象として、3時間から5時間ほどかかる化学療法の際に、アザラシ型ロボットとふれあってもらった¹²⁾。これにより、痛み($P=.04$)、疲れ($P=.034$)、不安($P=.036$)が有意に低減化した。また、Quality of Life on Healthの9つのファクターが有意に向上した($P=.03$)。

近年、認知症高齢者に対するアザラシ型ロボットのセラピー効果について、RCTで評価がなされ、よい結果が示された⁷⁾⁹⁾¹³⁾。これらを踏まえ、オーストラリア政府は、大規模RCTとして、グリフィス大学に対してAUD 1.15百万（1億円強）の予算を与え、14年4月から約30カ所の高齢者向け施設で約400名を対象として治験を開始した。これにより、アザラシ型ロボットのセラピー効果とともに、抗精神病薬等の薬物使用量の低減化、アザラシ型ロボットの費用対効果について評価を実施している。

わが国では、これまでに「アザラシ型ロボット・パロによるロボット・セラピー研究会」を5回開催し、主に認知症をテーマに、在宅介護、グループホーム、介護老人保健施設、特別養護老人ホーム、精神科病院、リハビリテーション病院等での臨床評価結果について発表が行われ、非常に興味深いセラピー効果の臨床データや事例を得た¹⁰⁾。第4回では、小児がん等の長期入院、児童精神科、発達障害等の子供たちの事例も発表された。

また、神奈川県が2010年度から介護ロボットの普及を目指して、アザラシ型ロボット等の実証実験を複数の高齢者向け施設で実施した。その結果、認知症高齢者の気分の向上、行動の改善、会話の増加など、良好な効果が確認されたが、アザラシ型ロボットを活用するセラピストや介護者の運用スキルの違いにより、効果に差があったため、人材教育・育成の重要性が指摘された。これらの結果を踏まえて、公益財団法人かながわ福祉サービス振興会による「介護ロボット活用ガイドライン機種編メンタルコミットロボット導入の手引き」が策定された。2012年度には、「介護ロボット普及推進センター」が設置され、啓蒙活動が行われ、2013年度には、アザラシ型ロボットに関する「研修」を毎月開催し、施設向けに30体のアザラシ型ロボット導入の半額補助も実施し、2014年度も同様に30体を補助した。

また、2013年から富山県南砺市は公益財団法人テクノエイド協会から厚生労働省の予算を得て、在宅介護でのアザラシ型ロボットの活用による、在宅介護の維持の評価を開始した。その結果、認知症の要介護者の問題行動を低減化し、また家族の介護負担を軽減化した。その後、南砺市の独自事業として、アザラシ型ロボットの無償貸出しを開始した。

同様に、岡山市は総合特区の取り組みとして、介護保険適用外の福祉用具に介護保険を適用する対象の一つにアザラシ型ロボットを選定し、要介護者本人が1割を負担し、実証実験を進めている。

7. ま と め

本稿では、アザラシ型ロボットの研究開発、国内外での利用状況、実証・臨床実験によるセラピー効果のエビデンス等について述べた。セラピー用ロボットは、徐々に受け入れられ、社会で利用が始まったところであり、今後、世界各地の社会制度への組込みが大きな課題である。

参 考 文 献

- 1) D. Normile: Will Humans Be More Comfortable Living with Robots That Look Less Like Machines and More Like Pets-or Ourselves?, *Science*, **346**, 6206 (2014) 188.
- 2) T. Shibata: Therapeutic Seal Robot as Biofeedback Medical Device: Qualitative and Quantitative Evaluations of Robot Therapy in Dementia Care, *Procs. of the IEEE*, **100**, 8 (2012) 2527.
- 3) S. Carda et al.: Robotic Gait Training Is Not Superior to Conventional Treadmill Training in Parkinson Disease: A Single-blind Randomized Controlled Trial, *Neurorehabilitation and Neural Repair*, **26**, 9 (2012) 1027.
- 4) HAL: <http://www.cyberdyne.jp/>
- 5) J. Fasola and M. Mataric: A Socially Assistive Robot Exercise Coach for the Elderly, *Journal of Human-Robot Interaction*, **2**, 2 (2013) 3.
- 6) M.R. Banks et al.: Animal-assisted Therapy and Loneliness in Nursing Homes: Use of Robotic versus Living Dogs, *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, **9** (2008) 173.
- 7) H. Robinson et al.: The Psychosocial Effects of a Companion Robot: A Randomized Controlled Trial, *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, **14**, 9 (2013) 661.
- 8) Y. Kawaguchi et al.: Investigation of Brain Activity during Interaction with Seal Robot by fNIRS, *Proc. of IEEE RO-MAN 2011*, (2011) 308.
- 9) W. Moyle et al.: Exploring the Effect of Companion Robots on Emotional Expression in Older Adults with Dementia—A Pilot Randomized Controlled Trial, *J. Gerontol. Nurs.*, **39**, 5 (2013) 46.
- 10) 第1～5回「アザラシ型ロボット・パロによるロボット・セラピー研究会」抄録集, <http://intelligent-system.jp>
- 11) T. Kidwood: *Dementia Reconsidered: The Person Comes First*, Open University Press, (1997).
- 12) R. Eskander et al.: Society of Gynecologic Oncologists (SGO) 44th Annual Meeting on Women's Cancer, 351 (2013).
- 13) A. Burton: Dolphins, Dogs, and Robot Seals for the Treatment of Neurological Disease, *Lancet Neurology*, **12** (2013) 851.

柴田崇徳

1992年名古屋大学大学院電子機械工学専攻修士、博士（工学）。1993年通商産業省工業技術院機械技術研究所研究官、1995～1998年MIT AI Lab. 研究員兼任、1998～2001年機械技術研究所主任研究官、2001～2013年産業技術総合研究所主任研究員（組織変更）、2009～2010年内閣府出向、2013年～現在、産業技術総合研究所上級主任研究員（名称変更）、東京工業大学連携教授、MIT Age Lab. 客員フェロー。