

ラスト1フィートを補完する遠隔地コミュニケーション支援 Telecommunication assistance to bridge last one feet between users and communication terminal devices

前田光泰^{1*} 中村剛士¹ 加納政芳² 山田晃嗣³
Mitsuhiro Maeda¹ Tsuyoshi Nakamura¹ Masayoshi Kanoh² Koji Yamada³

¹ 名古屋工業大学

¹ Nagoya Institute of Technology

² 中京大学

² Chukyo University

³ 情報科学芸術大学院大学

³ Institute of Advanced Media Arts and Sciences

Abstract:

There are many kinds of method and equipment to telecommunicate in recent years. People can telecommunicate to anyone if they would like to. But they sometimes aren't aware their cell phones are ringing or their drowsiness causes them to ignore online chat messages, although it is only about one feet distance between them and telecommunication devices. Meanwhile domestic service robots become readily available. The robots are physical embodiment agents and can move and touch people or objects. Our study adopts the robots' special features in order to assist to let them be aware some notices from telecommunication devices.

1 はじめに

産業用ロボットに加え、昨今のペット型ロボットや掃除ロボット等の物理的実体を持ったロボットが家庭に導入されつつある現状から、ロボットと人間が共存・共生する近未来社会は、すでに現実になりつつあるように思われる。現実世界において存在するロボットは、実体を備えている点において、仮想環境のCGで表現されたエージェントと大きく異なる。実体を持つことは、CGにはない存在感を提供し、人間と物理空間を共有することにより、人間との自然なコミュニケーションを実現するとされる[1, 2]。身体を持つことは、臨場感のあるジェスチャ表現に繋がる。奥平[3]や岩城ら[4]は、ロボットのジェスチャをモーションメディアとして利用することを提案している。また、岡田ら[5]は、携帯電話の着信通知の1手法としてロボットのモーション利用の提案とその効果について実験し、その有効性を示している。

視覚に訴える存在感やモーション以外に、ロボットの身体が提供する大きな特徴としては、人間がロボットに触れることができる点が挙げられる。田近ら[6]は

人間とロボットの安全で自然なスキンシップコミュニケーションを実現するため、ロボットに触覚センサを持たせ、人間からの物理接触(ロボットをなでる等)の触覚によるインタラクションを提案している。

ロボットの持つ実体性/実在性を生かしたロボットと人間のコミュニケーションに関するアプローチとして、本稿では、「ロボット側から人間と能動的物理接触を試みるロボット」を提案する。これまで、ロボット、特に産業用については、ロボット自身が人間と物理接触しないよう、これを回避するように設計するのが一般的であった。事故を回避し、人間に危害が及ばないようにするためである。

その一方、人間同士のコミュニケーションとして、能動的な身体接触は日常よく用いられる手段である。主体者の自発的な握手や抱擁による挨拶の他、相手の頭を撫でて褒めたり、背後から肩を叩いて自身の存在を知らせたり、机の下で脚を用いて隣に合図を送る等様々であり、それぞれリテラシーフリーで有効な情報伝達である。人間同士で有効な身体接触による情報伝達をロボットと人間に適用出来れば、人間とロボットが共存する社会において、自然で豊かなコミュニケーションを実現出来るのではないかと考える。

本研究では、有効なコミュニケーション手段の1つ

*連絡先：名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻
〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町
E-mail: maeda@ai.nitech.ac.jp, tnaka@nitech.ac.jp

として見込まれる身体接触の活用として、物理的に離れた距離にいる人間のユーザ同士のコミュニケーションを支援するシステムを提案・構築する。遠隔地コミュニケーションは、電話やメール、チャット等、現在では多岐に渡る手段が提供されている。それらを利用するために、ユーザはコミュニケーション端末の近傍に位置し、端末から情報が提供されていることを知覚しなければならない。たとえば、携帯電話からの情報であれば、電話やメールの着信を知覚する必要があり、チャットであれば、チャットする PC の前にユーザが位置し、文字列が遠隔地から情報として提供されていることを視認する必要がある。しかしながら、携帯電話の着信音を OFF にしていたり、周囲の騒音のため、ユーザが着信に気づかないことは日常的に頻繁に起こり得る。チャットにおいても、ユーザが目を閉じていたり、PC 画面から目を離れた状態では、チャットによって提供される情報が緊急を要した重要な情報であっても、ユーザがそれに気付かないケースが容易に想像できる。

そこで、本研究では、遠隔地からコミュニケーション端末に情報が提供されていることをユーザに伝達する手段として、ロボットからの身体接触を利用することを提案し、ここではとくにグループチャットにおける実装例を示す。また、ロボットからの身体接触を、人間が知覚可能か否かに関する簡易な実験の結果を示し、その利用可能性について述べる。本研究は、コミュニケーション端末とユーザの間の 1 フィート程度の物理的な短い隔たりをロボットの移動機構と物理的身体接触によって補完する 1 ツールとして位置づけられる。

2 関連研究

ロボットの能動的な身体接触という観点での関連研究としては、中川ら [7] が、ロボットから人間に対しタスク実施要求をする際、身体接触の有無が人間のモチベーションを変化させ得るとの報告をしている。このことは、身体接触が人間とロボット間においても有効なコミュニケーション手段であることを示唆している。また、医療用途では、可部ら [8] による患者の顔を叩いて睡眠時無呼吸を改善する枕型ロボットの提案や、Chen ら [9] によるロボットからの接触にたいする人間の反応に関する調査がされている。本稿の目的は、前述のとおり遠隔地ユーザ間のコミュニケーション支援であり目的とその実現手法がこれらとは異なる。しかしながら、ロボットを人間とのインタフェースとして採用する点においては共通しており、本研究の目的実現を期待させるものである。

他方、人間とロボットが共存する社会においては、互いの接触を回避することが難しくなることから、接触を前提としたロボットの設計や人体の損傷に関する調

査研究もされている。池田ら [10] は、ロボットアームに関して人間協調型ロボットの本質的安全設計について安全技術と安全規格上の問題解決について検討しており、松浦ら [11] は、ロボットとの共存における人体の力学的損傷に関する調査を実施している。また、人間とロボットがワークスペースを共有する際の安全な pHRI (physical Human-Robot Interaction) について提案とロボットアームである KUKA LWR-IV における実装の報告 [12] や、人工スキンによる接触センサ技術の報告 [13] もある。ロボットの物理的身体接触における安全性については、実用段階においては当然検討しなければならない事項であり、これらの調査結果や技術は本研究の近い将来に有益な情報をもたらしている。

3 システム概要

ここでは、本稿が提案するグループチャットでの実装例を取り上げ概説する。グループチャットは複数のユーザ同士で行うチャットであり、各ユーザの提供する文字列以外の情報はローカルユーザから確認することが難しい。そのため、例えばあるユーザが転寝や余所見をしてチャットを一時的に放棄した状態であることを別ユーザが推測できたとしても、その放棄したりリモートユーザに対して取れるアクションは文字列送信のみである。チャット以外のリモートユーザへのリアルタイムなコンタクトは、電話やメール等が考えられるが、リモートユーザが知人/友人でない場合、個人情報である電話やメール等での連絡は困難である。

図 1 に示すように、提案システムでは、ユーザ間は RSNP (Robot Service Network Protocol) [14] を用いてネットワーク接続されている。なお、RSNP は、RSi (Robot Service Initiative) の策定するロボットサービスモデルに従ったプロトコルで、ロボットサービスのための「通信機能」「ロボット動作指示機能」「マルチメディア機能」「情報提供機能」などの基本機能を提供するものである。このシステムでは、各ユーザのコミュニケーション端末は RSNP クライアントである。また、ロボットも同一ネットワークに接続し、ロボットもまた RSNP クライアントである。当然ながら、各クライアントは RSNP サーバと接続されている。

このシステムでは、一時的にチャットを放棄したユーザ (放棄ユーザ) に対し、別のユーザから「接触命令」を出すことが出来るものとする。接触命令とは、指定されたユーザに向かってロボットを移動させ物理的身体接触をさせる命令である。したがって、(1) あるユーザのチャット放棄を別ユーザが推定できた場合、(2) 放棄ユーザから物理的近距离に存在するロボットに対し接触命令送信することができ、接触命令が出されると、(3) ロボットが放棄ユーザを探索・接触し、(4) 放棄ユー

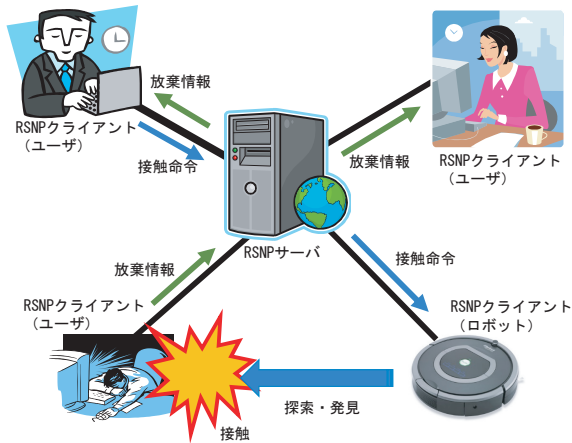


図 1: システム概要

ザの気づきを促す、という流れで遠隔地ユーザ間のコミュニケーション支援を行う。なお、ここでの接触とはユーザの机や椅子等に対してロボットがぶつかるなどのノック動作をすることを指している。

4 システムの構成と処理の流れ

4.1 システム構成

図 1 に示すシステムでは、RSNP クライアントであるユーザとロボット、RSNP サーバで構成される。以降、RSNP サーバについてはサーバと呼ぶ。

また、各ユーザは簡易な脳波センサを装着しており、ユーザの開眼/閉眼が知覚される。今回は、閉眼が一定時間以上連続して知覚された場合を放棄として定義し、それ以外を非放棄状態とした。脳波センサには図 2 に示す NeuroSky MindSet を採用した。

一般にチャットを放棄した状態としては、PC 画面が見えない閉眼状態の他、睡眠した状態、PC 画面から目を離し余所見した状態、PC 近傍にユーザが不在の状態等様々考えられる。そのため、汎用的な放棄の判定やその際のロボットの運用には本研究の提案とは別に議論が必要であると思われる。この点については、検討する必要があるが、本研究では、脳波センサによる開眼/閉眼の判定は高精度で可能であり [15]、脳波センサの採用により悪戯にユーザが接触命令を出すことを極力避けることが出来ることから、脳波センサを採用したシステムを構築した。

さらに、ロボットには iRobot 社製の掃除ロボット Roomba 530 を使用し、USB 接続で外部 PC から制御する。Roomba については、接触を前提としたバンパーが本体に装着されており接触の衝撃を吸収できること、接触/非接触の判定も容易に可能なことからロボットと

してこれを採用した。外部 PC には Web カメラも USB 接続されており、その Web カメラはロボット本体上に搭載する (図 2 参照)。これにより、ロボット視点からの映像を獲得した上でロボットを制御する。

4.2 処理の流れ

処理の流れとして、まずユーザ側について述べる。ユーザ X の処理は、脳波センサからのデータで一定時間の連続閉眼を知覚し、放棄と判定した場合、放棄情報 (ユーザ名 X, 放棄判定時刻) をサーバに自動送信し、ユーザ X を放棄モードへ切り替える (図 3 左参照)。また、脳波センサからのデータで一定時間の連続閉眼が知覚されず、放棄状態でないと判定した場合は、非放棄情報 (ユーザ名 X, 非放棄判定時刻) をサーバに自動送信し、ユーザ X を非放棄モードへ切り替える (図 3 右参照)。



図 2: NeuroSky Mindset を装着したユーザ (左)、Web カメラを搭載した Roomba530 (右)

つぎに、サーバ側について述べる。サーバは、参加しているユーザが非放棄状態か放棄状態かを把握しており、それぞれ非放棄モード、放棄モードとして保持している。サーバ内のユーザ X の状態が非放棄状態で、ユーザ X の放棄情報を受信すると、全ユーザに向けてユーザ X の放棄情報を配信し、サーバのユーザ X を放棄モードへ変更する (図 4)。また、ユーザ X が放棄モードの場合は、サーバは情報受信待機状態にあり、ユーザ X の非放棄情報や、他のユーザからのユーザ X への接触命令を受信した際に動作する。ユーザ X が放棄モードで、他のユーザからユーザ X への接触命令を受信した際は、全ユーザに対してユーザ X への接触命令が出た事を配信し、ユーザ X の近隣にあるロボット Z に対して接触命令を送信する。さらに、ロボット Z からの接触命令の完了通知を受信するまで待機し、ロボット Z から完了通知を受信したら再び情報受信待機状態に戻る。(図 5 参照) なお、紙面の都合で受信待機状態等のタイムアウト処理については省略している。サーバは、ユーザ X の非放棄状態を受信すると、全ユーザに対してユーザ X が非放棄状態である事を配信し、サーバのユーザ X を非放棄モードへ変更する。

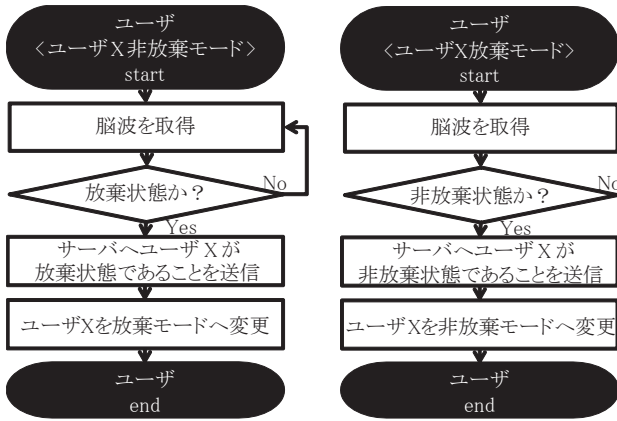


図 3: 処理の流れ (ユーザー)

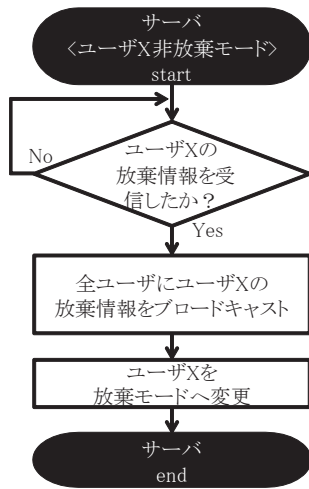


図 4: 処理の流れ (サーバ:ユーザー非放棄モード)

ロボットは、ユーザー X への接触命令を受信した場合、移動してユーザー X を探索し、放棄状態であるユーザー X に接触行動を試みる。接触が完了したら、サーバへユーザー X への接触完了を送信する。(図 6 参照)。また、ユーザー X に接触命令が出た場合、本来サーバ側でユーザー X 近くに存在するロボットを判定する必要があるが、今回はユーザー X 近くにはロボット 1 台が存在し、唯一のロボットが接触行動を取るよう同定されているものとしている。

なお、今回の実装では、ユーザーの椅子や机に QP-Toolkit マーカ (図 7)[16] を貼付し、ロボットは Web カメラを用いてそれを認識し接触するものとした。QP-Toolkit マーカは、位置計測に特化した AR マーカの 1 種であり、マーカまでの距離を高精度に計測出来ることから今回採用した。なお、マーカ認識以外に Web カメラの映像は利用しない。

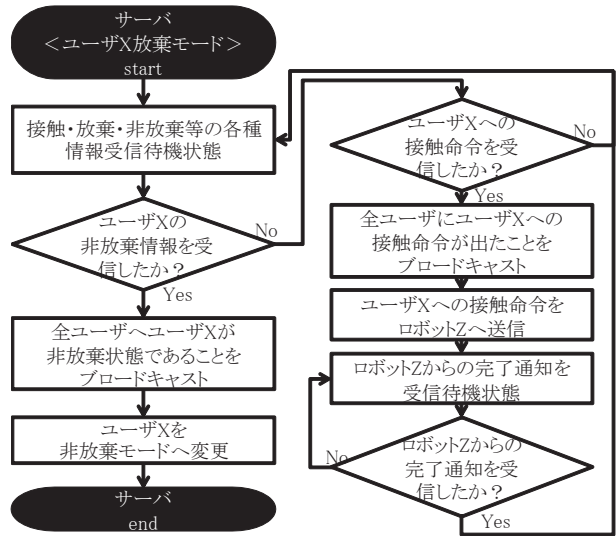


図 5: 処理の流れ (サーバ:ユーザー放棄モード)

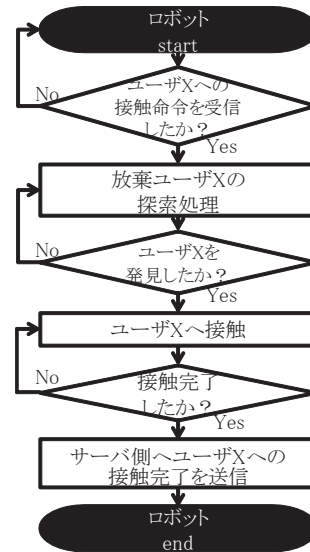


図 6: 処理の流れ (ロボット)



図 7: QPToolkit マーカ

表 1: 実験結果 ○:接触認識, △:認識したが挙手遅延, ×:不認識

被験者	速度 1 11mm/s	速度 2 80mm/s	速度 3 150mm/s	速度 4 220mm/s	速度 5 290mm/s	速度 6 360mm/s	速度 7 430mm/s	速度 8 500mm/s
A	○	○	○	○	○	○	○	○
B	△	○	○	○	○	○	○	○
C	△	○	○	○	○	○	○	○
D	○	○	○	○	○	○	○	○
E	×	○	○	○	○	○	○	○
F	△	×	×	○	○	○	○	○
G	○	○	○	○	○	○	○	○
H	○	△	○	○	○	○	○	○
I	×	○	×	○	○	○	○	○
J	○	○	○	○	○	○	○	○

5 評価実験

5.1 実験方法

提案・実装したシステムの基礎的な評価として、ロボットからの接触行動に対するユーザの知覚について調査する。グループチャットにおける放棄状態については、本システムでは脳波を用いた開眼/閉眼の判定から行っている。そこで、その判定を再現した状況として、被験者を閉眼かつロボットの動作音や接触音の影響を遮断した状態に統制し、被験者がロボットの接触を知覚可能か否かについて調査を行った。なお、視覚情報の遮断については閉眼かつアイマスクの装着、聴覚情報の遮断についてはヘッドフォンを装着し大音量音楽の再生により実施した。聴覚については必ずしも遮断する必要はないが、本研究の目的が接触による情報伝達であるため、可能な限り他の情報、すなわち、ロボットの動作音や接触音等を除去した状況とした。

被験者は上記のように再現された放棄状態で、OA チェア (サンワサプライ SNC-T135KBL) に着座してもらい、被験者の着座した OA チェアの脚と脚の間に、ユーザの後方からロボットを接触させた。速度は、前進方向に、0mm/s~500mm/s で設定可能であるが、実際には、10mm/s の設定以下では動作しなかったことから、最低 11mm/s~最高 500mm/s の間の速度で 8 段階設定し、接触を試みた。接触は各速度設定につき 1 度で、繰り返し接触することはない。実験において、各速度設定での接触順はランダムである。なお、接触有無の認識調査のみであれば、最高速度での接触について認識可否を実験するのみで良いが、高速度での接触は、ロボットの故障や OA チェアの破損の危険性が上がることが予想され、さらに将来の実環境における利用を考慮すると、高速度時における騒音抑制も必要となる。そこで、本実験では、複数レベルでの速度設定について実験を行い、認識可能な下限速度についても調査するものとした。

5.2 実験結果

被験者 10 名 (21~24 歳, 男性 10 名) にたいし、接触実験を行った。実験結果を表 1 に示す。全般において、接触が認識されていることが分かる。とくに、220mm/s 以上の中高速度設定においては、全被験者が接触を認識できており、視覚・聴覚を遮断された状態であっても、接触のみによって情報伝達が十分可能ではないかと期待される。

被験者 E, F, I の 3 名については、低速度設定時に接触が認識されていない。被験者 E, F については、実験中に眠気を感じたと報告があり、そのため低速度接触刺激にたいする認識がされなかったものと考えられる。一方、中高速度設定では問題なく認識されている。このことから、ユーザの放棄状態として考えられるいくつかの状態のうち、「閉眼状態」に加え、転寝程度の「低い睡眠レベルの状態」であれば、中高速度では接触認識が、ある程度可能ではないかと推測される。しかしながら、被験者 2 名のみ結果であり、今後の調査が必要であることは言うまでもない。なお、被験者 I については、眠気を感じた等報告は特にないが、ロボットが接触する OA チェアの脚位置が、実験ごとに多少のずれが生じることが影響したか、もしくは被験者個人に由来する感覚的な問題ではないかと考えている。

6 まとめ

ロボット、とくに Roomba を用いた研究例は数多く存在し、生体信号によって Roomba を制御した例もある [17]。他方、本研究のように、Roomba の身体性を用いた接触行動によるコミュニケーションを試みた例はこれまで見受けられない。また、鴨田ら [18] は、人間側のテーブルノックでシステムとコミュニケーションする「コンコンインタフェース」を提案している。このインタフェースでノックするのは人間であり、我々の場合は言うなればロボットからのノックであり、逆方向からのアプローチであるといえる。

これまで、安全性の面からロボットが人間に接触することは回避すべき事項とされてきた。しかしながら、

ロボットと人間が共存する世界において、両者の接触は不可避であり、本研究のようにロボットの实在性を積極的に活用することは、社会的に見ても自然な流れではないかと考えられる。

今回の実験結果は、ロボットからの接触による情報伝達の可能性を示すものであるが、放棄状態の一例のみについて調査したにすぎない。実際には、睡眠状態にある場合や、さらに椅子に着座していない状態も考えられる。今後は、さらに多くの放棄状態の設定とロボットの接触方法の違いによる効果を検証し、ロボットからの能動的な身体接触の有効性/可能性を探りたいと考えている。

参考文献

- [1] 原: 顔という知能, 共立出版 (2004)
- [2] 後藤, 加納, 加藤, 中村, 伊藤: ニューラルネットワークを用いた感性ロボットと人の表情対応付け, 日本感性工学会研究論文集, Vol.7, No.4, pp.693-700 (2008)
- [3] 奥平: モーション・メディアとしてのロボット制御・メディア融合技術, 映情学技報, Vol.29, No.58, pp.25-28 (2005)
- [4] 岩城, 松丸: モーション・メディアとインフォマティブ・モーション -モーションを基軸にしたシステム・インテグレーション-, 計測と制御, Vol.48, No.6, pp.443-447 (2009)
- [5] 岡田, 後藤, 小林, 北原: ロボットを用いたメッセージ着信通知の一手法, 情処大全, 6ZA-2, pp.115-116 (2013)
- [6] 田近, 宮下, 石黒, 萩田: 実データの分類による人とロボットの触覚インタラクションの典型パターン抽出, 信学論, Vol.J92-A, No.11, pp.710-717 (2009)
- [7] Nakagawa, K., Shiomi, M., Shinozawa, K., Matsumura, R., Ishiguro, H., and Hagita, N.: Effect of Robot's Active Touch on People's Motivation, HRI'11, pp.465-472 (2011)
- [8] <http://jp.diginfo.tv/v/11-0242-r-jp.php>
- [9] Chen, T. L., King, C., and Thomaz, A. L.: Touched By a Robot: An Investigation of Subjective Responses to Robot-initiated Touch, HRI'11, pp.457-464 (2011)
- [10] 池田, 齋藤: 人間協調型ロボットの本質的安全設計手法と安全設計指標の提案, 産業安全研究所特別研究報告 NIIS-SRR, Vol.33, pp.5-13 (2005)
- [11] 松浦, 伊藤, 根本, 西井, 久保田, 中野, 玉川: 力学的な人体損傷に関する基礎研究-1 日常的空間に於ける機械と人の共存リスク見積もり, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol.13, No.2, pp.53-62 (2011)
- [12] De Luca, A. and Flacco, F.: Integrated control for pHRI: Collision avoidance, detection, reaction and collaboration, HRI'12, pp.288-295 (2012)
- [13] Fritzsche, M., Elkmann, N., and Schulenburg, E.: Tactile Sensing: A Key Technology for Safe Physical Human Interaction, HRI'11, pp.139-140 (2011)
- [14] 成田, 島村, 日浦, 山口: ロボットサービスインシアチブ (RSi) の活動を通して実現したロボットサービス共通プラットフォーム仕様, 日本ロボット学会誌, Vol.26, No.7, pp.67-75 (2008)
- [15] Maki, Y., Sano, G., Kobashi, Y., Nakamura, T., Kanoh, M., and Yamada, K.: Estimating Subjective Assessments using a Simple Biosignal Sensor, WCCI'12, pp.1248-1253 (2012)
- [16] <http://kougaku-navi.net/QPToolkit/>
- [17] Saulnier, P., Sharlin, E., and Greenberg, S.: Using Bio-electrical Signals to Influence the Social Behaviours of Domesticated Robots, HRI'09, pp.263-264 (2009)
- [18] 鴨田, 角, 竹井, 吉池, 岡田: Sociable Dining Table: 相互適用による「コンコン」インタフェースに向けて, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.12, No.1, pp.57-70 (2010)