

# 愛着行動を示すコミュニケーションロボットのための 人との関係性に基づくふるまいのマルチモーダル表現設計

## Design of Multi-modal Expression of Attachment Behavior Based on Human-Robot Relationship for Communication Robots

精密工学専攻 17 号 木村直也

Naoya Kimura

### 1. はじめに

近年、人と同じ空間内で活動する自律移動ロボットに関する研究、開発が盛んである。そのようなロボットは人にとってストレスにならず、人がロボットへの関心を失わないという条件を満たす社会的な関係を構築する必要がある。その目標を達成するために、動物のふるまいを模倣することでロボットを社会的にする「Etho-Robotics」というアプローチが存在する<sup>(1)(2)</sup>。その考えを基に私たちは人と犬の関係、特に犬の愛着行動<sup>(3)</sup>に着目した。愛着行動は犬が未知の人(以下、他者)を探索する際に感じる不安や危険を解消するために、信頼できる人(以下、オーナー)を絶対的に安全な場所として認識し、そこを中心としてふるまうことを指す。更に先行研究<sup>(4)</sup>では、愛着行動に基づくロボットの行動が人とロボットの関係を示すために有用であり、人はロボットの異なるふるまいの特徴を認識できることが示された。

一方、先行研究<sup>(5)</sup>にてオーナーとしてロボットとインタラクションした被験者は周囲の不安を感じて近づいてきたロボットをただ単に自分に懐いているために近づいてきたと誤認識することがあった。これは愛着行動に内包している人との関係性(以下、行動意図)を十分に理解していないことを表していると考えられる。先行研究にてジェスチャーや言語的なコミュニケーションを行うことを通してユーザのメンタルモデルをポジティブに更新することによって、ユーザのロボットに対する長期利用につながる結果が得られている<sup>(6)</sup>。このことから、愛着行動における人との関係性に基づく行動意図を明確化することによって、より効果的な人とロボット間の社会的関係の構築に寄与すると考えられる。先行研究においてはライトを用いてロボットの行動意図を示すモデルのやパバルコミュニケーションを主にロボットの行動意図を示すモデル<sup>(8)</sup>が存在する。これらは効果的な結果が得られているが、ライトはロボットに注視し続けなければ意図を伝達できず、ライトの色とその意味をユーザがあらかじめ覚えて理解している必要がある。また、パバルコミュニケーションではユーザが理解することができる言語を用いる必要がある。そこで本研究では犬の移動速度と吠え声に着目した。一般的に関係の深い人物に対して犬は素早い速度で接近することが知られており、関連研究においては人とロボットの関係性を移動速度によって表現し、ロボットとの関係を表すことができることを示した研究がある<sup>(9)</sup>。こちらの研究では、関係性を三段階に分けて提示するモデルであり、連続的な変化は行われず急な変化に受け取られる可能性がある。また、犬は常に周囲の状況に応じてふるまうものであり、ふるまいは時間的に連続的なものである。そのため、本研究では連続的な行動要因に基づき、ロボットの移動速度を設計する。また吠え声は少ない知識で感情を認識することができることが動物行動学的に分かっている<sup>(10)(11)</sup>。これにより、犬の吠え声を用いることによって、事前知識を必要としない行動意図の明確化を行うことができると考えた。以上のことからロボットのための移動速度、吠え声(以下、ボーカリゼーション)の二つの表現を設計し、人との関係性に基づく周りの状況に応じて変化する連続的な行動意図を表現することができるかを評価する。

### 2. マルチモーダルなふるまい表現設計

#### 2.1 ロボットの愛着行動モデル

本研究では犬が周囲の状況に応じてストレスを感じ、そのストレスを下げるようにふるまうを行うことから、犬の愛着行動を数学的にモデル化するためにあたってストレス(以下、行動要因パラメータ)を定義することとする。ここで愛着行動を基に人に対して生じるストレスを三つと周辺領域への探索欲求のストレスを定義する。行動要因パラメータは不安感(英: Anxiety, 記号:  $A$ )、他者への探索欲(英: Explore people, 記号:  $E$ )、寂しさ(英: Miss, 記号:  $M$ )、領域への探索欲(英: Explore place, 記号:  $P$ )にて構成される。不安感は他者に対する警戒・不安を意味する値である。他者への探索欲は他者に対する興味・関心の度合いを示す値である。また、領域への探索欲はロボットと人が存在する領域に対する興味・関心の度合いを示す値とする。ここで Anxiety, Explore people, Miss は、動物行動学的知見を基に時間ごとにストレス変化量  $C_A(t)$ ,  $C_E(t)$ ,  $C_M(t)$  をそれぞれ時間ごとに蓄積していくことによって、ロボットの各ストレスが算出される。 $C_A(t)$  は他者の存在による不安  $C_{A1}$ 、他者の移動による不安  $C_{A2}$ 、オーナーの存在による安心感  $C_{A3}$  の三つの要因を足し合わせることで算出される。 $C_E(t)$  では他者の存在による関心  $C_{E1}$  と探索することによって増える無関心  $C_{E2}$  の二つの要因から算出される。 $C_M(t)$  はオーナーとの距離が離れることによるストレス  $C_{M1}$  とオーナーの外への移動によるストレス  $C_{M2}$ 、そしてオーナーとの疎遠  $C_{M3}$  の三つの要因から算出される。各要因は式(1)~(8)のように計算される。そして Explore place においてはロボット周辺以外の直近であり探索されていない領域に対して探索欲求が上昇するように算出される。ここで  $P_r, P_o, P_s, P_d$  はそれぞれロボット、オーナー、他者、ドアの位置を表し、 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6, K_1, K_2$  は設計パラメータである。 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6$  は今回すべて値は 2,  $K_1 = 84$ ,  $K_2 = 45$  とする。また、 $R_o, R_s$  はロボットのオーナーや他者との関係性を表す信頼度であり、 $-1 \leq R_o \leq 1$ ,  $-1 \leq R_s \leq 1$  の値をとる。

$$C_{A1} = -R_s \exp(-|P_r(t) - P_s(t)|^2 / 2\sigma_1^2) \quad (1)$$

$$C_{A2} = K_1 \exp(-|P_r(t) - P_s(t)|^2 / 2\sigma_2^2) \times \{ (P_r(t+1) - P_r(t))(P_s(t+1) - P_s(t)) / |P_r(t) - P_s(t)|^2 \} \quad (2)$$

$$C_{A3} = -R_o \exp(-|P_r(t) - P_o(t)|^2 / 2\sigma_3^2) \quad (3)$$

$$C_{E1} = 1 - \exp(-|P_r(t) - P_s(t)|^2 / 2\sigma_4^2) \quad (4)$$

$$C_{E2} = -R_s \tanh(|P_r(t) - P_s(t)| - 7) / 4 + 1 + R_o / 4 \quad (5)$$

$$C_{M1} = 1 - \exp(-|P_r(t) - P_o(t)|^2 / 2\sigma_5^2) \quad (6)$$

$$C_{M2} = R_o / 2 - 1 \quad (7)$$

$$C_{M3} = K_2 \exp(-|P_o(t) - P_d(t)|^2 / 2\sigma_6^2) \times \{ (P_o(t+1) - P_d(t))(P_d(t+1) - P_d(t)) / |P_o(t) - P_d(t)|^2 \} \quad (8)$$

ここでロボットが犬と同様にストレスを下げるように行動するためには、そのストレスを大きく下げることができる場所を領域全体から比較して評価し、その場所に移動することが必要だと考える。ここで今回用いる 3 m × 6 m の領域を

100 mm 四方のグリッドで 30×60 に区切り、各グリッドに対してストレス変化スコアを算出する。そしてグリッド( $i, j$ )におけるストレス減少量(ストレスポテンシャル)  $S(t, i, j)$  は式によって算出し、評価の指標とする。また、 $a_p$  は設計パラメータ、 $d_p$  はロボットと計算対象の領域( $i, j$ )との間の距離を示す。今回は  $a_p = 0.015$  とした。第一項~第四項はそれぞれ Anxiety, Explore people, Miss, Explore place のストレス変化スコアである。ストレス変化スコアはロボットが次の瞬間にある領域( $i, j$ )へ移動した場合にロボット自身の感じるストレスがどれだけ効率よく減らすことができるかを評価する指標として、個々のストレスの値と次の瞬間のストレス変化量を全グリッドにおいて掛け合わせ、合計することで算出する。第五項はロボットの移動ストレスを示す。ロボットは今いる場所から遠くへ移動することに対してストレスを感じ、その領域への移動に対する評価が低くなる。

$$S(t, i, j) = A(t)C_A(t, i, j) + E(t)C_E(t, i, j) + M(t)C_M(t, i, j) + P(t)C_P(t, i, j) + a_p d_p \quad (9)$$

## 2.2 ストレスに基づくふるまいの分類

式を用いて全グリッドのストレス変化(ストレスポテンシャル)  $S(t, i, j)$  を算出した後、値が最も小さくなる点( $i, j$ )を選び目的地とする。ここでロボットは愛着行動において定義されたふるまいを逐次的に選択して行動しているわけではないため、生成されたふるまいを人が客観的に解釈しやすくするためにシチュエーションに対応付けて定義し、ロボットの目的地に設定された領域ごとにロボットの行動をラベル付けする。この時、ある対象の中心から一定の位置に目的地が設定された場合、その対象に向かう行動であると判断する。目的地と行動の対応を Table 1 に示す。

Table 1 Behavior Labeling

Target	Other Condition	Behavior
Owner	$M > A$	Missing
Owner	$A < M$	Go to owner
Stranger	-	Explore people
Others	-	Explore place

## 2.3 人との関係性に基づく移動速度モデル設計

人との関係性に基づく行動要因を連続的に表現するためには、連続的な移動速度変化を設計する必要があると考える。連続的な移動速度の決定には状況に応じて変化するパラメータを用いる必要がある。ここで前述したロボットのストレス状態を表現するストレスポテンシャルの値を決定のための指標として用いることで、状況に応じた移動速度を決定することができる。と考える。

ここで一般に犬は人との関係性の深さに応じてその人物に向かう移動速度が変わることが知られている。例えば、より信頼するオーナーに対してはストレスを減らすために素早く近づくべき存在として接近し、逆に他者に対しては信頼度が低いほど不安になる対象として素早く避ける、またはゆっくりと恐る恐る近づく。そこで式(10), (11)に示すようにストレスポテンシャルに人との関係性を表す信頼度を掛け合わせることで、これを表現する。ここで  $a_v, b_v$  は設計パラメータであり、今回は  $a_v = 1.0, b_v = 0.01$  とする。

次にロボットの行動意図を移動速度によって表現するためには、上で人との関係性を内包させたストレスポテンシャルを用いて連続的にシチュエーションの評価を行う必要があると考える。ここでシチュエーションの評価をするために、ロボットと移動する目的地におけるストレスポテンシャルの勾配の大きさをを用いる。これにより、勾配が急であればあるほど次の目的地に向かう価値が高く、急いで向かうことを連続的に表す指標となる。よって、式のように具体的な移動速度  $V$  [mm/s] を決定する式を設計した。ここで  $v_o, \beta_v, \gamma_v$  は設計パラメータであり、今回は  $v_o = 500, \beta_v = 0.6, \gamma_v = 0.6$  とする。また、 $S_r, S_g$  はそれぞれロボット、ゴール地点の現在のストレスポテンシャルであり、 $d_{rg}$  はゴール地点とロボットの

間の距離である。

$$f_o = a_v + b_v R_o \quad (10)$$

$$f_s = a_v + b_v R_s \quad (11)$$

$$C_M(t) = f_o(C_{M1} - C_{M2} + C_{M3}) \quad (12)$$

$$C_A(t) = C_{M1} + \frac{C_{M2}}{f_s} + f_o C_{M3} \quad (13)$$

$$V = v_o \alpha_v \quad (14)$$

$$\alpha_v = \beta_v + \gamma_v \tanh \delta_v \quad (15)$$

$$\delta_v = \frac{S_r - S_g}{d_{rg}} \quad (16)$$

## 2.4 人との関係性に基づくボーカリゼーション設計

連続的に変化する行動意図を表現するにあたって、ロボットに適用するボーカリゼーションも同様に連続的な表現である必要があると考える。ここで本研究では、先行研究<sup>9)</sup>にてオーナー役の被験者が誤認識した人との関係を強く表すさみしさを表す Miss, 不安感を表す Anxiety に関して表現を行うこととし、これらのストレスの増加から生じるふるまいの文脈を表す“警戒的”, “不安”, そしてストレスが減少してロボットが解放されていく際のふるまいの文脈を表現するための“喜び”の三つの音を設計した。これらの音は人間が犬の吠え声とそれに含まれる感情を分類したものを参考に設計を行った研究<sup>10)</sup>を基に設計した。それぞれのストレスが上昇すると不安や警戒的な音が提示され、逆にストレスが解消されて安心するシチュエーションとなった場合には喜びの音を提示する。

次に本研究の目的である行動意図の表現を文脈に沿った形で連続的におこなうためには、まず現在ロボットがさらされているストレスの中で人との関係性を表す Miss や Anxiety が相対的にどれだけ影響度合いが大きいかを愛着行動として評価を行うことが必要だと考える。また、ここでまず初めに 2.2 項にて述べたストレスポテンシャルを用いることとする。これによって、ロボットが現在地でのストレス変化の状態から、ロボットにとってどれだけ人との関係に基づいたストレスに影響されて移動したいかというロボットの状態の評価をおこなう。その後、この評価値と行動要因パラメータを掛け合わせることで、相対的な人との関係性に基づいたストレスの評価をおこなう。この流れを基に、ボーカリゼーションのための式を(17)~(18)のように設計した。ここで  $S_{mr}, S_{ar}$  はロボットの現在位置における miss, anxiety のストレスポテンシャルの値である。また  $S_{max}, S_{min}$  は領域内の最もストレスポテンシャルの値が大きい値、小さい値を示す。最後に  $a_1, b_1, a_2, a_3, a_4, b_2$  は設計パラメータであり、 $a_1 = 1.5, b_1 = 3, a_2 = -1, a_3 = 0.5, a_4 = 10, b_2 = 1000$  とした。

また、他者の接近に対してロボットはできるだけ即座に回避する行動をとる。この時、短い時間において Anxiety の値が変化することから、人に伝達する際には認識できるように表現を行う必要があると考える。この時、式 (19) のようにこの文脈に対して余韻を与えることによって、ロボットが他者に対して不安を抱いているということをオーナー側が認識できるように表すこととした。これらの評価式と設計したボーカリゼーションにおける周波数  $f$  [Hz] と音の間隔  $T$  [Hz] との対応付けを式(21)~(26)に示す。

$$C_m = \frac{a_1 S_{mr}}{S_{max}} + \frac{b_1 S_{mr}}{S_{min}} \quad (17)$$

$$C_a = a_2 S_{ar} S_{max} \quad (18)$$

$$C_1 = C_m \left( \frac{M}{A+M+1} + a_3 \right) + C_a \frac{A}{A+M+1} \quad (19)$$

$$C_2 = a_4 \exp \left( -\frac{t}{b_2} \right) \quad (20)$$

A)  $-20 \leq C_1 \leq -10$  の場合：不安の音

不安の音を提示するにあたって、オーナーがロボットから離れ、部屋を去る文脈を表した周波数、音の提示間隔となるように設計する必要がある。この時、下の式のように設計することによって、寂しさが評価値が小さくなるときに音が遠く離れるように低くなり、この文脈を表すように設計した。

$$f = 1400 + a_1 C_1 \quad (21)$$

$$T = 0.35 + \beta_1 C_1 \quad (22)$$

B)  $C_1 < -20$  または  $C_2 > 0.1$  の場合：警戒的な音

次に警戒的な音の提示では、他者がロボットに接近し、ストレスが増加する文脈を表した周波数、音の提示間隔となるように設計する必要がある。この時、下の式のように設計し、評価値が小さくなるときに犬が威嚇するように周波数が低くなることにより、この文脈を表すように設計した。

$$f = 700 + a_2 C_1 C_2 \quad (23)$$

$$T = 0.25 + \beta_2 C_1 C_2 \quad (24)$$

C)  $C_1 \geq 1$  の場合：喜びの音

最後に喜びの音の提示においては、ロボットがオーナー接近し、ストレスが増加する文脈を表した周波数、音の提示間隔となるように設計する必要がある。この時、下の式のように設計することにより、評価値が大きくなることに比例して周波数が高くなり、この文脈を表すように設計した。

$$f = 1200 + a_3 C_1 \quad (25)$$

$$T = 0.25 + \beta_3 C_1 \quad (26)$$

ここで  $a_1, \beta_1, a_2, \beta_2, a_3, \beta_3$  は設計パラメータであり、 $a_1 = 10$ ,  $\beta_1 = 0.01$ ,  $a_2 = 10$ ,  $\beta_2 = 0.00001$ ,  $a_3 = 100$ ,  $\beta_3 = 0.01$  である。

## 2.5 ふるまいのマルチモーダルな行動意図表現の動作検証

### 2.5.1 実験目的

本研究にて設計したふるまいのマルチモーダルな行動意図表現モデルであるロボットの移動速度変化及びボーカリゼーションについてオーナーや他者の移動によるシチュエーションの変化に応じてロボットの移動速度やボーカリゼーションが適切に生成され、人とロボットの関係性を含む行動意図を表現することができるかを検証する。

### 2.5.2 実験設計

動作検証において、2.3, 2.4 節にて述べた移動速度変化やボーカリゼーションが発生するような愛着行動に基づくシナリオを設計し、これに沿って実機ロボットを用いてオーナーや他者を行動させた際の生成された移動速度の平均値や最大値、提示された音の周波数、そして生成された行動要因パラメータ Miss, Anxiety の値の変化を比較することでシチュエーションに応じた表現が可能かを評価する。ここで用いるシナリオはに示す。

Table 2 The Scenario for an Experimental Simulation

1.	Owner enters the room and moves around there.
2.	Stranger comes to the room and moves around there.
3.	They exit the room.
4.	They behave the situation 1 to 3 again.

### 2.5.3 実験結果

まず、設計した移動速度変化の評価を行う。Table 3, Table 4, Table 5 にシナリオにおいて生成された実機ロボットの移動速度の平均速度と最大速度を示す。この結果より、オーナーとの関係性が深まっていくことによって、オーナーと離れる際に感じる寂しさから生じる Missing では徐々に平均速度が上昇し、関係が最大まで深まると最大速度も関係の浅い場合の移動速度より速くなることがわかる。これは関係が深まることにより信頼できるオーナーに速く近づき、効率的にロボット自身が感じるストレス Miss を下げようとする意図を適切に反映していると考える。また、他者が近づいてくることによって生じる Go to owner においても信頼度が  $-1$  から  $0, 1$  になることに応じて平均速度が  $100 \text{ mm/s}$  程度速くなっていることが分かる。こちらは他者が近づいてきた不安を効率的に減らすために Missing と同様にオーナーが信頼できることからすばやく接近する文脈を移動速度によって表現することができると考える。そして、Explore people に関してはオーナーへの信頼度に関係なく平均速度が  $300 \text{ mm/s}$  付近となっている。これはこのふるまいは他者に対する探索を行うため、ロボットにとってはいつ他者が不安を与えるような行動を示すかわからず、それを警戒するようにオーナーへの接近とは対照的にゆっくりと近づくことをロボットの示す文脈として正しく表していると考えられる。また Explore に関してもオーナーへの信頼度が増加しても移動速度は  $300 \text{ mm/s}$  付近となっている。これは他のふるまいと比較すると遅い速度であるため、ロボットにとってストレスが少なく安心して周囲を探索できるという文脈を表現ができていると考える。

Table 6 Robot's Average Speed, Maximum Speed ( $R_0: 1$ )

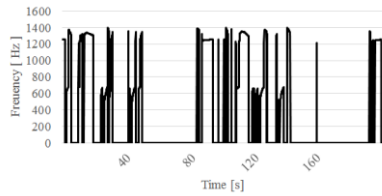
Behavior	Average speed [mm/s]	Maximum speed [mm/s]
Missing	376.2	539.8
Go to owner	413.6	494.0
Explore place	300.0	380.2
Explore people	313.7	415.4

Table 7 Robot's Average Speed, Maximum Speed ( $R_0: 0$ )

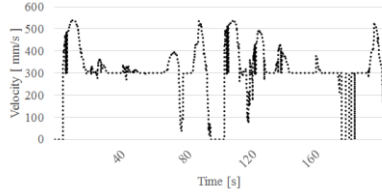
Behavior	Average speed [mm/s]	Maximum speed [mm/s]
Missing	361.6	475.8
Go to owner	410.4	490.8
Explore place	302.2	382.2
Explore people	353.4	451.3

Table 8 Robot's Average Speed, Maximum Speed ( $R_0: -1$ )

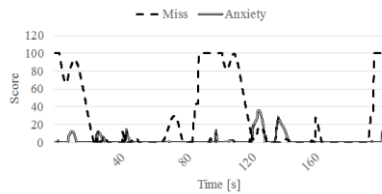
Behavior	Average speed [mm/s]	Maximum speed [mm/s]
Missing	354.7	491.0
Go to owner	298.1	487.2
Explore place	326.4	481.5
Explore people	324.6	358.7



(a) The Vocalization Frequency  
Based on the Strange Situation Scenario



(b) The Velocity of the Robot  
Based on the Strange Situation Scenario



(c) The Behavioral Factor Parameters(Miss, Anxiety)  
Based on the Strange Situation Scenario

Fig. 1 The Result of Vocalization (R.: 1)

次に設計したボコーリゼーションの評価を行う。Fig. 1 にシナリオに沿った提示された音の周波数の変化とロボットの移動速度、そして行動要因パラメータ Miss, Anxiety の変化グラフを (a), (b) に示す。シナリオ上では 10 s 付近にてオーナーがロボットのいる部屋に帰るシチュエーションとなる。このとき Fig. 1 によると行動要因パラメータ Miss の値が 90~100 となっており、更にロボットの移動速度は 540 mm/s まで上昇し、提示されている音は 1400 Hz となっている。これはオーナーと離別していたことから解放され、すばやく接近して喜んだような音を出すという文脈に沿った形での表現として出力されていると考える。また、130 ~ 140 s 付近ではシナリオ上では再度ロボットのいる部屋に來訪しロボットに接近するシチュエーションとなる。このとき、ロボットの移動速度は 400 ~ 500 mm/s となり、提示音は警戒を表す 600 Hz を示している。このとき、他者がロボットに接近することに対する不安のストレスを他者からすばやくよけつつ不安の音を提示することを表現することができていると考える。また、この警戒的な音の提示の後、Anxiety の値が 0 となり、音は 1400 Hz の音を提示していることがわかる。これはロボットが他者を避け、信頼できるオーナーに近づくことができたことからストレスから開放されてロボットが喜んでいることを愛着行動に基づく人との関係性及びシチュエーションにおける文脈を表現することができていると考える。一方で、170 ~ 190 s ではオーナーや他者はロボットのいる部屋の中で動かずにとどまっているシチュエーションであり、ロボットにとっては人から受けるストレスがほとんどない状態となる。このとき、Miss, Anxiety の値が 0、ロボットの移動速度はほぼ 300 mm/s となっており、ボコーリゼーションにおいては提示される音がない 0 Hz となっている。これは人から受けるストレスがないシチュエーションであり、ロボットが自身のいる周辺領域を安心してゆっくり探索していることを文脈上正しく表現することができていると考える。以上より、ロボットのための移動速度変化及びボコーリゼーションに関しては人との関係性に基づくふるまいの意図に沿った表現を行うことができることを確認した。

### 3. おわりに

本研究では、ロボットのふるまいに含まれる人との関係性に基づく行動意図を明確化することを目指し、マルチモーダルな表現を設計した。動作検証では、実機のロボットを用いて全ての愛着行動を発生させるシナリオに沿って人を動かしたときのロボットの生成する移動速度や提示音の変化を比較した。その結果、ロボットがオーナーや他者が移動することによって生じる周囲のシチュエーションの変化に応じて、ロボットのふるまいをマルチモーダルに表現することができるとわかった。今後はこのマルチモーダルな表現モデルにおけるロボットとのインタラクションやタスクに対する満足度への影響を検証する実験を行う予定である。

### 参考文献

- (1) P. Korondi, B. Korcsok, S. Kovács, and M. Niitsuma, "Etho-robotics: What kind of behaviour can we learn from the animals?," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 19, pp. 244–255, 2015.
- (2) Á. Miklósi, P. Korondi, V. Matellán, and M. Gácsi, "Ethorobotics: A New Approach to Human-Robot Relationship.," *Front. Psychol.*, vol. 8, p. 958, 2017.
- (3) A. Miklosi, *Dog Behaviour, Evolution, and Cognition*. Oxford University Press, 2007.
- (4) Y. Takahashi and M. Niitsuma, "Enhancement of attachment behavior model for social robot to adapt in daily living environments," in *IECON 2015 - 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2015, pp. 005142–005147.
- (5) H. Kanai and M. Niitsuma, "Update of human-robot relationship based on ethologically inspired human-robot communication history," in *2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 2016, pp. 324–330.
- (6) J. Xu and A. Howard, "The Impact of First Impressions on Human- Robot Trust during Problem-Solving Scenarios," in *RO-MAN 2018 - 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 2018, pp. 435–441.
- (7) K. Baraka, S. Rosenthal, and M. Veloso, "Enhancing human understanding of a mobile robot's state and actions using expressive lights," in *2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 2016, pp. 652–657.
- (8) F. Correia *et al.*, "Just follow the suit! Trust in human-robot interactions during card game playing," in *2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 2016, pp. 507–512.
- (9) F. Ferland and A. Tapus, "Crowd sourcing 'approach behavior' control parameters for human-robot interaction," in *2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 2017, pp. 785–790.
- (10) P. Pongrácz, C. Molnár, and A. ' Dám Miklósi, "Acoustic parameters of dog barks carry emotional information for humans," 2006.
- (11) C. Molnár, "PhD Dissertation," Eötvös University, Budapest, 2007.