

アンドロイドの自然な待機動作のための視線制御

力石武信[†], 中村泰[†], 松本吉央[†], 石黒浩[†]

大阪大学大学院工学研究科[†]

1. はじめに

近年, 日常生活において人間と関わりながら活動するコミュニケーションロボットの実現に向けた研究が盛んである⁽¹⁾. このようなロボットにおいては, 産業用ロボット等の特定の機能を実現するロボットとは異なり, 人間と自然にコミュニケーションを行うための様々な能力が求められる. 自然なコミュニケーションの実現には, 人間の行動を認識することだけではなく, ロボット自身のふるまいが人間の心理に与える影響も考慮する必要がある⁽²⁾.

人間が人間に酷似した外観をもつロボットであるアンドロイド(Fig. 1)と対話した場合, 機械的な外観を持つ他のロボットと比較して, 人間は人間同士で対話する時と同様の反応を示す⁽³⁾. これは, ロボットの外観が存在感や知能に関して我々に与える印象に強い影響を与えているからであり, ロボットが人間とコミュニケーションを行い, 社会に溶け込んでいくためには, 外観が人間に酷似していることが有用である.

一方, 人間に酷似した外観を持つアンドロイドは, 人間に酷似した動作を行う事が求められる. 完全に静止した人間が不気味な印象を与えるのと同様に静止したアンドロイドは不気味である. すなわち, アンドロイドは目的のはっきりした動作を行わない待機状態でも, 自身の自然さを演出するための動作を行う必要がある.

2. 提案手法

行うべきタスクを持たないリラックスした状態にある人間を観察すると, 人間は決して静止することなく, 絶えず動作をしている. この動きは呼吸や瞬きなどの生存に必要な動作だけではなく, 視線や姿勢を変える等の動作を含む.

本研究では, アンドロイドが自発的に行うべきタスクを持たない待機動作中であっても, 生活環境において自然に存在することを目的とする. そこで我々は, 人間はタスクを持たない場合においても最適な動作という明確な基準があるわけではないが, 人間は広い範囲で情報を得るための周りを万遍なく観察する動作を実行していると仮定する. そこで上の仮定に基づき, 自然に周りに注意を向けるという基本的な動作



Fig. 1. Android, ReplieeQ2.

をモデル化し, 被験者実験によりその有効性を確かめた.

3. アトラクタ選択モデル

本研究では, アンドロイドが常に注意を向けるべき対象を持ち, 外界からの刺激に応じて, 刻々と情報価値の高い対象に注意を遷移させる動作を実現する. この動作のモデルとして, アトラクタ選択モデルを用いる. アトラクタとは状態空間において, 周囲の軌道をひきつける性質を持つ安定な解である. 本研究では, 注意対象にアトラクタを割り当て, その注意対象の候補間を時々刻々と変化するセンサ入力に応じて遷移させることにより, アンドロイドの注意対象を適切に遷移させる. この制御モデルを簡略な表現にすると式(1)のようになる.

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{F}(\mathbf{x}) \cdot \mathbf{a} + \boldsymbol{\eta} \quad (1)$$

ここで, \mathbf{x} は状態, $\mathbf{F}(\mathbf{x})$ はアトラクタ構造を持ったダイナミクス, \mathbf{a} はアクティビティ, $\boldsymbol{\eta}$ はノイズを表す. この式においては, アクティビティが大きくなると $\mathbf{F}(\mathbf{x})$ の項の影響が強くなり, ポテンシャルが高くなる. それにより, 決定論的にアトラクタに引き込まれる挙動を示す(Fig. 2 Left). 逆にアクティビティが低い状態では, $\boldsymbol{\eta}$ の項の影響が強くなり, ランダムウォークすることにより, 適切な解を探索するような挙動を示す(Fig. 2 Right). すなわち, アクティビティを適切に変化させることにより, ふるまいを変えることができる.

3-1 目新しい情報に対する反応

本研究では, アンドロイドの視覚として, Fig. 3 のようにカメラを配置した. このカメラからの入力画像を領域分割し, アンドロイドは各

Gaze control for a natural idling motion in an android

[†]Osaka University, Graduate school of Engineering

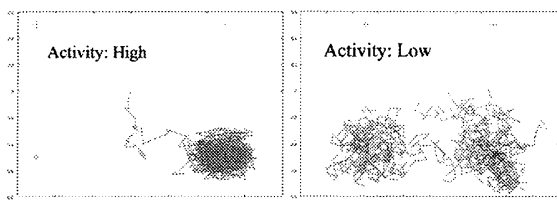


Fig. 2 Left: Attraction force is strong with a high activity. Right: Behavior of the system tends to be a random walk with a low activity.

領域の中心を注視対象の候補，すなわち，アトラクタとして視線を決定するものとした．また，アトラクタ選択モデルでは，アクティビティ a が大きい場合には，アトラクタへの引き込みが強くなり，小さい場合には引き込みが弱くなる．よって，アンドロイドが外界から多くの情報を得るように視線を決定するために， a を

$$a = K \cdot \frac{\sum d_l}{\bar{d}} - T \cdot \exp\left\{-\|\mathbf{x} - \mathbf{x}_l\|^2\right\} \quad (4)$$

の様に設計した．ここで， l は現在視線を向けている画像中の領域のインデックスで， \mathbf{x}_l と d_l はそれぞれ領域 l の中心(座標)と領域内での画像の時間変化の大きさを示す．

d_l として時間差分画像において画素値が変化した画素の数を用いた． \bar{d} は d_l の平均値である．また， T はアンドロイドが \mathbf{x}_l を注視対象に選んだからの経過時間で， K は定数である．

第一項により，領域 l 内に動く物体がある場合， \mathbf{x} が領域 l に入るとアクティビティ a が大きくなり，状態 \mathbf{x} がアトラクタ \mathbf{x}_l に引き込まれ，視線が領域 l の方向に変わる．また，第二項により，長時間一定方向に視線が固定されると a は小さくなり，アンドロイドの視線はノイズにより遷移する．

4. 被験者実験による提案手法の有効性の確認

4-1 視線制御のある待機動作とない動作の比較

初めに，視線制御のある待機動作とない待機動作を比較し，その効果を検証した．それぞれの被験者はアンドロイドの前に立ち提案手法である視線制御を用いたアンドロイドの待機動作と視線制御を用いない動作の2つの動作を観察した．その観察を行った後，それぞれの被験者にどちらの動作がより自然であるかを尋ねた．その結果，10人の被験者のうち，7人の被験者が視線制御のある待機動作を自然であると回答した．

4-2 視覚情報に対する反応のある待機動作とない動作の比較



Fig.3 Experimental set up.

次に，提案手法を用いて，視覚情報に対するアンドロイドの反応がある待機動作について検証した．アンドロイドの視界内にラジコン玩具を置き，アンドロイドがラジコンに反応する場合としない場合について比較した．その結果，9人の被験者のうち，7人の被験者が視覚情報に対するアンドロイドの反応動作がある待機動作を自然であると回答した．

5. おわりに

本稿では，人間に酷似した外観を持つロボットであるアンドロイドにアトラクタ選択モデルを用いた視線制御を与え，自然な待機動作を生成する方法を提案し，実装した．加えて，提案手法が約7割の被験者により自然な印象を持たれたことにより，有効性を確認した．今後は，人間の視覚注意に関する知見を基に saliency model⁽⁴⁾を用い研究を進める予定である．

謝辞

本研究の一部は科研費特定領域研究「情報爆発時代に向けた新しい IT 基盤技術の研究」および，文部科学省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成：ゆらぎプロジェクト」の研究助成によるものである．ここに記して謝意を表す．

文献

- (1) C. L. Breazeal and B. Scassellati, "How to build robots that make friends and influence people," *Intelligent Robots and Systems, 1999. IROS '99. Proceedings. 1999 IEEE/RSJ International Conference*, vol. 2, pp. 858-863, 1999.
- (2) K. Wada, T. Shibata, T. Saito, and K. Tanie, "Psychological and social effects of robot-assisted activity in the elderly robot-assisted at health service facilities," *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 7, no. 2, pp. 130-138, Feb 2003.
- (3) 嶋田倫博, 港隆史, 石黒浩, アンドロイドによるロボットの見かけを考慮したコミュニケーション評価, 日本機会学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, 2P1-H-68, 2004
- (4) L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, "A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 11, pp. 1254-1259, Nov 1998.