

粒子フィルタを用いた視覚的注意モデルによる注視制御

～どんな風に注意を払うかを制御する～

Gaze Control by the Particle Filter Based Visual Attention Model

尾関 基行
Motoyuki OZEKI

井上 茉莉子
Mariko INOUE

柏木 康寛
Yasuhiro KASHIWAGI

岡 夏樹
Natsuki OKA

京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology

A visual attention computational model that can control the robot's attention according to various intentions plays important role in an advanced human-robot communication through shared-attention. In this paper, we propose a novel visual attention model, which can control not only "what or where the robot pays attention to" but "how the robot pays attention." In our model, robot's attention is implemented as particle filters. "How the particles (= attention) behave" is controlled by changing the particle filters' parameters. In the experiment for comparing "concentrated" and "scattered," the robot's gaze movements created by our model gave the subjects the intended impressions.

1. はじめに

ヒトの視覚的注意の計算モデルをロボットに与えることは、膨大な視覚情報を絞り込むためだけでなく、人とロボットの共同注意に基づく高度なコミュニケーションを実現するためにも不可欠である。特に後者の目的においては、注意の振る舞い(何/何処/どんな風に注意を払うか)を制御する機能が重要となる。しかし、従来のモデル[Breazeal 99][Navalpakam 05]では「何/何処」にのみ焦点が当てられており、「どんな風に」については明確に扱われていない。「どんな風に」を制御できれば、例えば、普段は多方面に注意を分散させているロボットに対して、「 \square を見張って」と命じることにより、注意を集中させるといったことが可能となる。

そこで本研究では、「どんな風に注意を払うか」を制御することのできる視覚的注意モデルを提案する。本モデルでは視覚的注意の工学的表現として粒子フィルタを用いる。図1左に示すように、粒子フィルタを物体追跡に適用すると、対象となる物体が多数の粒子によって追跡される。これをロボットの視点映像と考えると、その粒子群の様子は追跡物体に向けられた「注意」のようにも見える。そこで我々は粒子群をロボットの注意と見做し、「 \square に対する注意」を「 \square を追跡する粒子フィルタ」として表現することを考えた。よって、粒子フィルタの柔軟性と潜在力はそのまま本モデルの特徴であり、粒子フィルタの枠組みを用いて「何/何処/どんな風に注意を払うか」を柔軟に制御することが可能である。

2. 提案モデル

提案モデルとシステムの概要を図2に示す。まず、固定カメラからの入力画像を複製分岐して種々の特徴抽出を行い、各処理の上で粒子フィルタを走らせる。次に、各粒子フィルタの粒子の分布を足し合わせることで、注意の引かれやすさを表す顕著度マップを生成する。更に、顕著度マップの上で粒子フィルタを走らせ、その粒子の分布を注意分布とする。注意分布は、ロボットが注意を向けている位置を確率的に表したマップであ

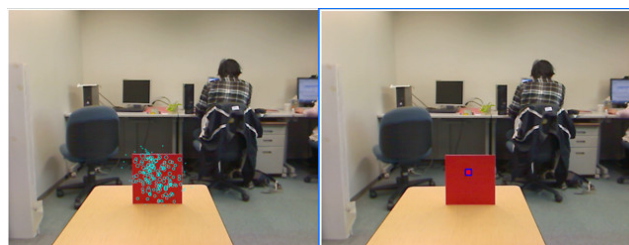


図1: 左: 赤色を追跡する粒子フィルタの様子(水色の丸が粒子を表す)。右: 注視点を矩形で描画した映像(実験で使用)。

る。最後に、注意分布の期待値を注視位置とし、ロボット頭部(現在は首振りカメラで代用)に制御命令を送る。

粒子フィルタは、「各粒子の位置の予測 各位置での尤度計算 粒子群のリサンプリング」という手順を繰り返すことで、注目対象を多数の粒子で追跡する。以下、処理の流れについて概説するが、詳細は[尾関 10]を参照されたい。

まず、各粒子の位置 x をシステムモデルによって予測し、粒子を移動させる。以下に示すシステムモデルは、本実験で用いた速度 d_t の等速運動モデルである。ここで、白色ガウス雑音 $N(0, v_t^2)$ の標準偏差 v_t を《システムノイズ》と呼ぶ。

$$x_t = x_{t-1} + d_t + N(0, v_t^2)$$

次に、各粒子の尤度 l を尤度関数によって計算する。以下の式は、本実験で用いた赤色抽出処理上の粒子フィルタの尤度関数であり、 c_t は粒子位置周辺の平均色、 C は注目させたい赤色の値である。ここで、正規分布で表された尤度関数の標準偏差 w_t を《観測ノイズ》と呼ぶ。

$$l_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}w_t} \exp\left(-\frac{(c_t - C)^2}{2w_t^2}\right)$$

最後に、リサンプリングによって、尤度の小さな粒子は消滅し、尤度の大きな粒子は多く複製される。なお、リサンプリングの際、すべての粒子を復元抽出するのではなく、一部を一様分布に従って生成する。これにより、粒子が局所に集中することを回避する。ここで、この一様分布に従って撒く粒子の割合を《ランダム粒子率》と呼ぶ。

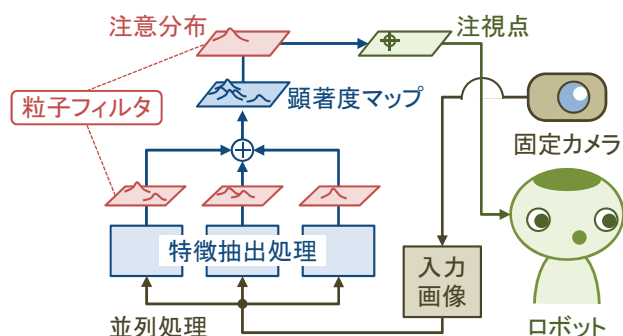


図 2: 提案モデルとシステムの概要.

3. 注視制御

粒子フィルタのパラメータを調整することで様々な注意の振る舞いを表現できるが、ここでは「集中」と「散漫」を例にとって説明する。これらの注視動作を表現するためには、前章で《》で示したパラメータを調整する。ここでは、本実験で用いた「赤色に注意を向ける場合」を想定する。

まず《システムノイズ》を大きくすると、各粒子は前回の位置から大きく移動する。これにより視野空間上の広い範囲に注意を向けるようになる。また《観測ノイズ》を大きくすると、特徴量の広い範囲に対して高い尤度を与える。つまり、赤色だけでなく、赤っぽい色にも注意が引かれるようになる。更に、《ランダム粒子率》を大きくすると視野全体に撒かれる粒子数が増える。これにより、現在の注視点から離れた位置に赤色が現れても、瞬時に気づいて注意を向けるようになる。

このようにパラメータを調整することで、注意が散漫な様子(分散させている様子)を表現できる。また、パラメータを逆方向に調整すれば、注意が集中している様子を表現できる。

4. 実験

前章で述べた方法により「集中」と「散漫」という相対する注視制御を行い、それぞれが人に与える印象を調べた。10人の被験者(20代の大学生・院生, 男9/女1)を5人ずつの2グループに分け、注視点を描画したロボット視点映像(固定カメラ映像/図1右)と、ロボット頭部の様子(図3)をそれぞれ見せた。まず、被験者に「集中」と「散漫」が混在した6パターンの注視行動を見てもらい、各々感じたことを自由記述してもらった。その後、その6パターンが2種類の注視制御の結果であることを伝え、改めて2種類の制御結果を見せた後、8組の形容詞対の5段階評価によって印象を答えてもらった。

8組の形容詞対より「集中している - 散漫な」を抜き出した結果を図4に示す。ロボット頭部を見て評価したグループでは意図したとおりの印象を与えた(両側検定, $t(8)=4.74$, $p<.01$)が、ロボット視点映像を見て評価したグループでは有意な差が出なかった。前半課題の自由記述によると、ロボット視点映像が被験者自身の視点と混同され、「散漫」の注意制御を「探索している」という能動的な行為と受け取った被験者がいたことが原因と考えられる。それに対して、ロボット頭部を外から見ると、ロボットの視線がオブジェクトの間を頻りに動く様子はいかにも「散漫」であり、一方で、注視しているオブジェクトが消えないかぎり他に視線を動かさない様子は「集中」であると判断された。

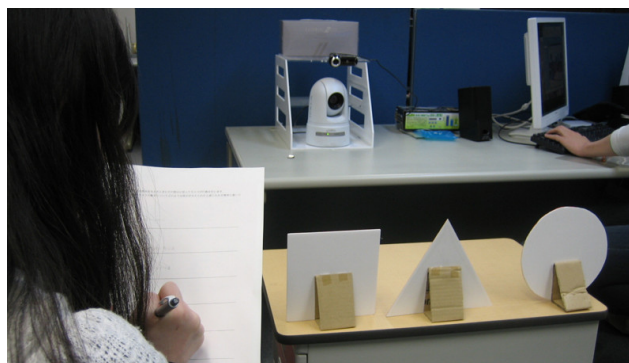


図 3: 実験の様子。ロボット頭部に見立てた首振りカメラが1~3個のオブジェクトを注視する様子を横から見て評価した。

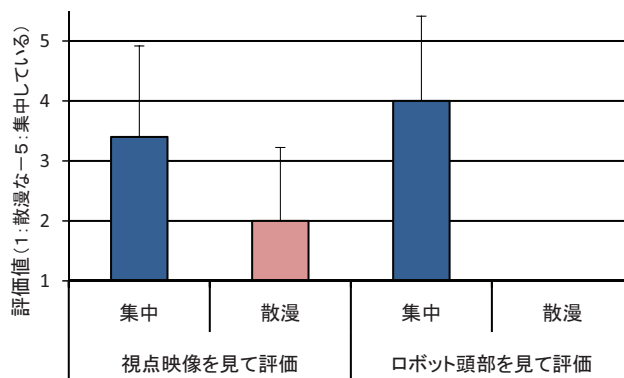


図 4: 評価実験の結果。横軸は評価グループと制御方針を示す。「ロボット頭部を見て評価」の「散漫」については全員が1と答えた。

5. まとめ

本稿では、粒子フィルタを用いることで「どんな風に注意を払うか」を制御することのできる視覚的注意モデルを提案し、「集中」と「散漫」を表現する注視制御について述べた。また、本モデルによって制御されたロボット頭部の様子を被験者に見せたところ、意図したとおりの印象を与えていることが確認できた。今後はその他の注視制御の表現についても同様に評価実験を行っていくと共に、人とロボットの共同注意に基づく高度なコミュニケーションへと応用していきたい。

謝辞: 本研究は立石科学技術振興財団研究助成「粒子フィルタを用いた注意の相互制御による注視動作モデルの検討(平成21年度)」の支援による。

参考文献

- [Breazeal 99] Breazeal, C. and Scassellati, B.: A Context-Dependent Attention System for a Social Robot, *Int'l Joint Conf. on Artificial Intelligence*, pp. 1146-1153 (1999)
- [Navalpakkam 05] Navalpakkam, V. and Itti, L.: Modeling the influence of task on attention, *Vision Research*, Vol. 45, pp. 205-231 (2005)
- [尾関 10] 尾関 基行, 柏木 康寛, 井上 茉莉子, 岡 夏樹: 特性をトップダウンに変更可能な視覚的注意モデルの検討, 知能システムシンポジウム論文集, pp. 237-242 (2010)