

# 人間—ロボットの直感的なインタラクションのための 発光視覚センサの提案

山口 友之<sup>†</sup> 橋本 周司<sup>†</sup>

早稲田大学理工学術院<sup>†</sup>

## 1. はじめに

本稿では、ロボットが見ている物体を直感的に人間に伝えるための新しいロボットの視覚センサを提案する。人間には、視覚入力に対して視覚出力の機構がないため、通常は視覚からの入力情報をジェスチャー等の別の手段で表現し、相手とコミュニケーションを行う。一方、本研究で提案するロボットの視覚センサは、視覚出力の機構を持つ。従来、視覚情報の出力方法には、ディスプレイ[1]やプロジェクタ[2]を用いる手法が提案されている。しかし、これらの手法では、ロボットと向き合ってインタラクションすることが困難である。また、ロボットの視線方向[3]を用いる手法も提案されているが、注目している物体の方向しか表現することはできない。そこで、提案する視覚センサは、画像センサにより入力された色情報を、フルカラーLEDにより発光して出力する。これにより、ロボットが見ている物体の色情報は、人間がロボットの視覚センサ、つまり、目を見ることで、直感的に伝えることが可能となる。

実験では、指示語による物体提示の実験を行い、提案手法を用いることにより、人間—ロボットの直感的なインタラクションが実現できることを検証する。

## 2. 提案手法

### 2. 1 デバイス設計

人間とロボットの円滑なインタラクションを実現するためには、出力機構である発光部の配置位置が重要である。本研究では、発光デバイスをカメラの両側に設置した。図 1 に我々が開発した発光視覚デバイス：AttractiveEyeを示す。このデバイスの発光部は不透明なアクリルカップとLEDから構成される。

### 2. 2 制御システム

提案システムは、2つのフルカラーLED、

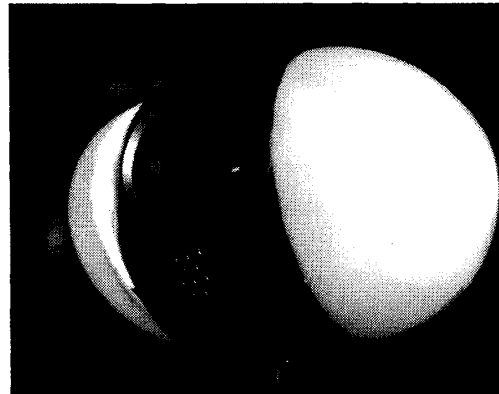


Figure 1: AttractiveEye.

CMOS センサと制御機構から構成される。また、制御機構では、画像処理と発光色の制御を行う。

まず、CMOS センサからの入力画像は制御機構の画像処理部に転送される。画像処理部では、画像から物体の色情報を抽出し、抽出した RGB 値を発光色の制御部に転送する。決定された発光色をフルカラーLED で表現するために、LED への出力信号は PWM 制御によって行う。従って、発光色の制御部では、取得した RGB 値を PWM 信号に変換してフルカラーLED の制御を行う。また、使用したフルカラーLED は 1677216 色を表現できる。

このように、AttractiveEye の色はカメラが見ている物体色と同期して表現するため、注目している物体の色を瞬時に人間へ伝達することが可能である。つまり、静的な環境下では、AttractiveEye は注目している物体色に発光する。一方、動的な状況下では、注目した物体が動く場合や AttractiveEye が動く場合に AttractiveEye の色は変化する。

物体の RGB 値は画像処理部で決定するが、入力画像の中心の色をロボットの注目している情報とし、中心部の 3x3 画素の平均色を出力する。

## 3. 評価実験

### 3. 1 シナリオ

物体を介して人間とロボットとのインタラクションを行う状況において、ロボットが物体

A proposal of luminescent visual sensor for intuitive human-robot interaction

<sup>†</sup> Tomoyuki Yamaguchi, Shuji Hashimoto · Faculty of Science and Engineering, Waseda University

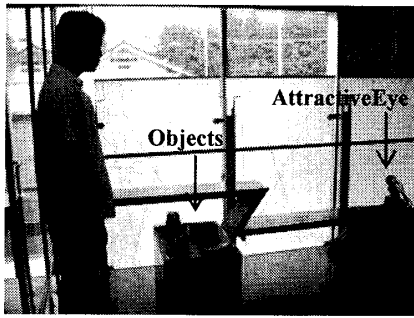


Figure 2: 実験環境

を取ってくる、もしくは人間がロボットに物体を渡すタスクを検討した。ここでは後者の実験結果について述べる。

実験では、ロボットが離れて位置にあるデスクの上に置かれている物体を見ている状況を想定し、人間は、“それ取って！”というロボットの合図により、ロボットが見ている物体を取り上げる。

### 3. 2 仮説

提案手法が通常のディスプレイや視線検出法に比べて優れているかを評価するために、人間が AttractiveEye の注目している物体を認識する際の正確性と速さを評価項目とした。これらの評価項目に基づいて、次の 3 つの仮説を検証する。

1. AttractiveEye は注目している物体を人間に素早く伝えることができる
2. AttractiveEye は注目している物体を人間に正確に伝えることができる
3. AttractiveEye において、注目している物体を人に伝える速度と精度はロボットと物体の距離に依存しない

### 3. 3 方法

図 2 に示すように、AttractiveEye と離れたデスクの上に 11 個の物体を置いた。実験に用いた物体は、サングラス、携帯電話、メガネケース、財布、缶コーヒー、缶コーラ、スナック菓子、チョコレートである。これらの物体は近接して配置し、被験者はデスクの背後に位置する。また、AttractiveEye の注目物体は、ランダムに設定した。

ロボットと物体の距離の違いによる影響を評価するために、1, 2, 3[m] の 3 種類の距離で試行を行った。比較手法は、ロボットの視線方向による手法とロボットのカメラ画像をディスプレイで表示する手法の 2 種である。被験者は男女合わせて 12 名で大学生、大学院生、研究者である。被験者毎に 6 回の物体提示を各距離間隔と各手法で実験を行った。

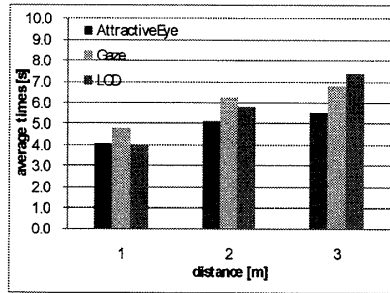


Figure 3: 平均時間の結果

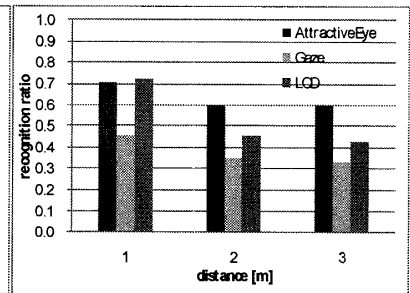


Figure 4: 認識率の結果

被験者は正解するまで物体を探すことにし、正解するまでの時間と最初に選んだ物体が正解であるか否かを計測した。

### 3. 4 結果

被験者が物体を認識するまでの平均時間と認識率の結果をそれぞれ図 3 と図 4 に示す。認識率は、被験者が最初に選んだ物体が正解であった比率である。これらの結果より、提案手法の AttractiveEye が他手法よりも速かつ正確に物体を人間に提示できることが確認できる。

また、3.2 で述べた 3 つの仮説を検証するために、分散分析(ANOVA)を行い、多重比較を行った。その結果、すべての仮説において、AttractiveEye の他手法に対する有意差が認められ、各仮説を検証することができた。ここで、図 3 より、AttractiveEye は距離に依存して平均時間が遅くなっているが、分散分析の結果では距離依存性は棄却された。

### 4. おわりに

発光デバイスを組み込んだ新しいロボットの視覚センサ、AttractiveEye について述べた。評価実験により、AttractiveEye はディスプレイや視線方向による手法よりも有用であることが確認できた。

### 謝辞

本研究の一部は、“自然と共生する知能情報機械系に関する基盤的研究”早稲田大学理工学研究所及び、2008 年度早稲田大学特定課題（課題番号:2008B-094）の研究助成を受けて行われた。

### 参考文献

- [1] T. Matsumaru, K. Akiyama, K. Iwase, T. Kusada, H. Gomi, and T. Ito, "Robot-to-Human Communication of Mobile Robot's Following Motion using Eyeball Expression on Omnidirectional Display," Proc. of IEEE/ASME Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics, pp.790-796, 2003.
- [2] T. Matsumaru, "Mobile Robot with Preliminary-announcement and Display Function of Following Motion using Projection Equipment," Proc. of the 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 06), pp.443-450, 2006.
- [3] Y. Yoshikawa, K. Shinozawa, H. Ishiguro, N. Hagita, T. Miyamoto, "The effects of responsive eye movement and blinking behavior in a communication robot," Proc. of the 2006 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp 4564-4569, 2006.