

発達尺度を利用したヒトレベル人工知能の段階的実現

A step-by-step approach to human level artificial intelligence using developmental scales

城戸 将徳 伊藤 秀昭 福本 尚生 和久屋 寛 古川 達也
Masanori Kido Hideaki Itoh Hisao Fukumoto Hiroshi Wakuya Tatsuya Furukawa

佐賀大学大学院工学系研究科
Graduate School of Science and Engineering, Saga University

In order to achieve human level artificial intelligence, we have been developing a robot that can perform tasks of developmental scales. A developmental scale consists of a set of tasks that are used in the field of psychology to examine the cognitive functions of human subjects. In this study, we focus on task U17 of the Revised Kyoto Scale of Psychological Development. In the task, the subject is required to move his/her eyes in order to keep gazing at a ring that moves in front of him/her. We have developed a binocular active vision robot that is able to perform this task.

1. 緒論

ヒトと同等あるいはそれ以上に知的な人工知能を実現することは、大きな技術的チャレンジである。これまでに多くの研究がなされてきており ([Asada 09] など)、数値計算やチェスなどの分野においては、すでにヒトの能力を超えるものが実現されている。

しかしながら、現在の人工知能はヒトの多機能性を実現できていない。ヒトは、計算をしたり、チェスをしたり、会話をしたり、さまざまなことをすることができる。この多機能性がヒトの知能の特徴の一つであり、これを実現しなければヒトレベルの人工知能ができたとは言えない。

そのような人工知能を実現する研究において、問題となるのは、具体的に何を達成できればよいか必ずしも明らかでないことである。そのためこの方向の研究が十分なされていない。

筆者らは、この問題に対する一つのアプローチとして、発達尺度で用いられる各種のタスクを行うことができるロボットを開発している。発達尺度とは、心理学・医学分野においてヒトの発達度合いを調べるために用いられているもので、ヒトの各種の能力を調べるための、多数のタスクから構成されている。ロボットがこれらのタスクを全て行うことができれば、ヒトの能力に近づいたと言えるものと期待できる。

本研究では、発達尺度の中でも、K式発達検査 [新版 K 式 08] を用いる。K式発達検査は 337 個のタスクから構成され、新生児向けの簡単なタスクから成人向けの難しいタスクまでを含んでいる。これらを、簡単なタスクから順を追って実現してゆくことにより、段階的に高性能なロボットの開発を行うことができると考えた。

本稿では、その開発の初期段階として、K式発達検査のうち最も簡単なタスクの一つである U17 というタスクを行うロボットを作製したので報告する。U17 というタスクは、ひもで吊り下げられた赤い輪を追視するというタスクである。実験者が被験者の眼の前で吊り輪を左右に動かし、被験者はそれを眼で追うことが求められる。ヒトの場合、1.8ヶ月児の半数がこのタスクを遂行できる [新版 K 式 08]。このタスクを行わせ

るため、CCD カメラ 2 台を水平方向に配置することでロボットの眼を作製し、動く物体を両眼で追いかけることができるようにした。

2. ロボット

ロボットの頭にあたる部分は 2 台の CCD カメラからなる眼を持っており (図 1)、それぞれのカメラはサーボモータによってパンおよびチルト動作が可能である。このハードウェアを動かすために、以下のソフトウェアを開発した。その際、画像処理部分には OpenCV *1 を用いた。体幹および四肢は近藤科学社製型番 KHR-3HV であるが、今回の実験では使用しない。

2.1 両眼協調

ヒトは物を見る時、左右の眼とも同じ箇所を見る。本研究では、以下を繰り返すことによってこれを簡易的に実現した。

1. 左眼カメラ画像の中心の小領域 (図 2a で正方形が表示された領域) をテンプレートとして保存する。
2. 右眼カメラ画像と、1 で保存したテンプレートとでマッチングを行う。
3. マッチした箇所 (図 2b で円が表示された領域) が中心になるように右眼のカメラを動かす。

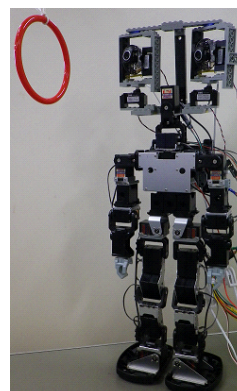


図 1: 赤い輪を追視するロボット

連絡先: 城戸将徳, 佐賀大学大学院工学系研究科電気電子工学専攻, 〒840-8502 佐賀市本庄町 1 番地, kido@ace.ec.saga-u.ac.jp

*1 <http://opencv.jp/>

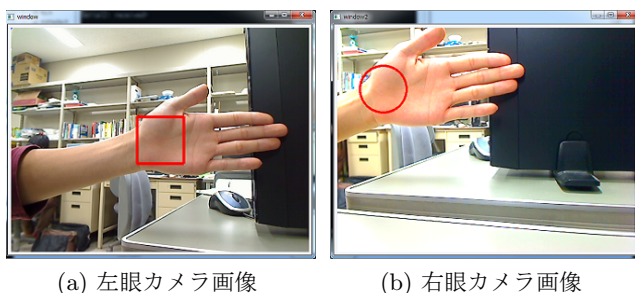


図 2: テンプレートマッチング

2.2 吊り輪の追視

吊り輪は回転してその外観を大きく変化させるため、テンプレートマッチングによる追視、すなわち吊り輪の形状を記憶しておきカメラ画像からその形状を見つけ出しそちらに視線を向けるという方法ではうまくゆかない。そこで本研究では、カメラ画像から動きを検出し、動きが最も継続的に検出された領域へ視線を向けるという方法で吊り輪の追視を実現した。

まず、動きを検出するために、OpenCV に実装されているモーションテンプレート法、あるいは、ブロックマッチングによるオプティカルフロー法を用いた。また、動きが最も継続的に検出された領域を得るために、saliency map [Itti 98] の手法を簡略化した手法を実装した。詳しくは以下のように処理を行った。

1. カメラ画像の各領域について、モーションテンプレート法あるいはオプティカルフロー法によって、動きの有無を計算する。動きの有る部分を白色、無い部分を黒色とした二値画像を生成する。
2. 1 で作成した二値画像に、分散の異なる 2 つのガウシアンフィルタを適用し、その差分を計算する (DoG フィルタ)。これにより、動きの有る領域のエッジ部分の輝度が大きいグレースケール画像が得られる。
3. 2 を、カメラの毎フレームについて計算し、時間的に減衰させながら足し合わせる (leaky integration)。
4. 3 で足し合わせた値が、ある閾値を超えた場合に、継続的な動きがあったと見なし、その方向へ視線を向ける。

3. 実験

吊り輪を追視できていることを確かめるため、実験を行った。吊り輪を、カメラから 30 cm 前方で左右に移動させ、カメラがそれを追視するかどうかを確かめた。結果を、図 3 および図 4 に示す。横軸は時間であり、縦軸は、正面を 0 rad としたときの視線の角度である。また、実線が吊り輪の動き、点線がカメラの視線の動きである。どちらの手法でも追視に成功していることが分かるが、ヒトの場合、視野内の物体が動くとき、その 200 から 300ms 後に眼球運動 (saccade) が起こることが知られており [Robinson 65]、今回作成したシステムではそれに比べて反応速度が遅い。

4. 結論

本研究では、テンプレートマッチングによって両眼とも同じ箇所を見ることが可能となった。

また、モーションテンプレートまたはオプティカルフローと、saliency map を簡略化した手法とによって、吊り輪を追視す

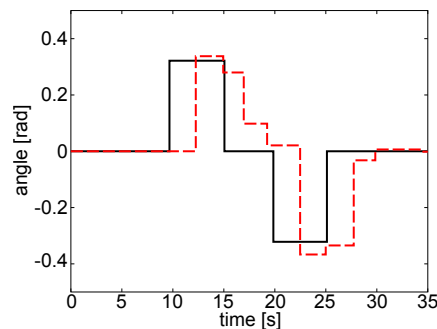


図 3: 吊り輪の追視実験 (モーションテンプレート)

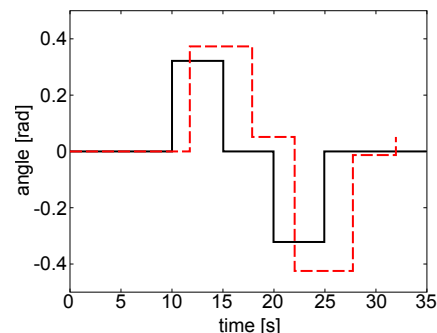


図 4: 吊り輪の追視実験 (オプティカルフロー)

ることが可能となった。モーションテンプレートとオプティカルフローの比較については今後の課題である。また、アルゴリズムの改良などによって反応速度の高速化することも今後の課題として残っている。

また、手や足などを動くようにし、発達尺度の他のタスクも行えるようにすることも今後の課題である。

謝辞

有益なコメントを多数いただきました。佐賀大学文化教育学部教授の園田貴章先生と講師の中島範子先生に心より感謝いたします。また、本研究は佐賀大学工学系研究科平成 22 年度若手研究者支援経費の助成を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- [Asada 09] Asada, M., Hosoda, K., Kuniyoshi, Y., Ishiguro, H., Inui, T., Yoshikawa, Y., Ogino, M., and Yoshida, C.: Cognitive Developmental Robotics: A Survey, *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, Vol. 1, No. 1, pp. 12–34 (2009)
- [Itti 98] Itti, L., Koch, C., and Niebur, E.: Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, No. 11, pp. 1254–1259 (1998)
- [Robinson 65] Robinson, D. A.: The Mechanics of Human Smooth Pursuit Eye Movement, *The Journal of Physiology*, Vol. 180, No. 3, pp. 569–591 (1965)
- [新版 K 式 08] 新版 K 式 発達検査研究会: 新版 K 式 発達検査法 2001 年版—標準化資料と実施法, ナカニシヤ出版 (2008)