

発達尺度を利用したヒトレベル人工知能の段階的実現： 腕の運動誘発

A step-by-step approach to human level artificial intelligence using developmental scales:
Induction of arm movements

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

Aiming at achieving 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 U20 of the Revised Kyoto Scale of Psychological Development. In this task, the subject is required to move his/her arm towards a target object. Incorporating triangulation and inverse kinematics on top of the previously developed binocular active vision system, we have developed a robot that is able to perform this task.

1. はじめに

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。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。これは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って、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。

これまで、ひもで吊り下げられた赤い輪を眼だけで追視するタスク(生後1.8ヶ月児レベル;タスク番号U17)[城戸11]と、ひもで吊り下げられた赤い輪を眼と頭で追視するタスク(生後3.6ヶ月児レベル;タスク番号U19)[Kido11]については達成したと報告したが、今回は、ひもで吊り下げられた赤い輪を追視し、その方向へ腕の運動を誘発するタスク(生後4.6ヶ月児レベル;タスク番号U20)の達成を目指した結果を報告する。

2. システム概要

ハードウェアとしては、近藤科学社製のKHR-3HVに、自作の首(3自由度であるが今回は1自由度だけ使用)とCCDカメラからなる両眼(2自由度ずつ)を載せたもの(図1)を用い

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 佐賀県佐賀市本庄町1番地, kido@ace.ec.saga-u.ac.jp

た。腕は、肩が2自由度、ひじが1自由度の計3自由度を持っている。

これらを、図2に示すフローチャートに従って制御した。

まず、左右の眼を模したCCDカメラでロボットの周囲の映像を撮る。次に、オプティカルフローを計算し動きを検出する。そして、HUT(heap up and threshold) systemと筆者らが呼んでいる方法[城戸11]によって、大きな動きが持続的に検出された場合に、その領域を抽出し、ターゲットとする。そのようなターゲットが見つかった場合、左眼が動き、そのターゲットを視野の中心でとらえる。また、ターゲットが右や左へ大きく変位した場合には、以前作成した方法[Kido11]によって、首も回転させる。

次に、テンプレートマッチングによって、右眼と左眼が同じターゲットを見るようにする。具体的には、左眼から取得された映像の中心の50×50ピクセルの領域をテンプレートとし、右眼からの映像の中で最もマッチする場所を探して、その場所が右眼の視野の中心に来るように右眼を動かす。

右眼が動いた場合、三角測量を行ってターゲットの座標を計算する。図3に三角測量の概略図を示す。図3は、ロボットを真上から見た図となっており、左眼と右眼をAとBで、視線を青の点線で、ターゲットPを赤い丸で、それぞれ表して

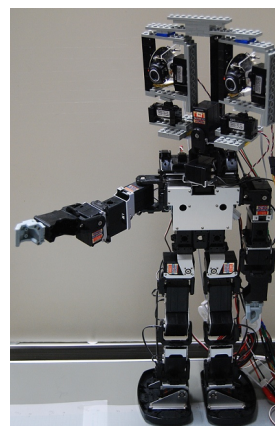


図1: ターゲットの方向に手を向けているロボット(ターゲットはこの写真には写っていない)

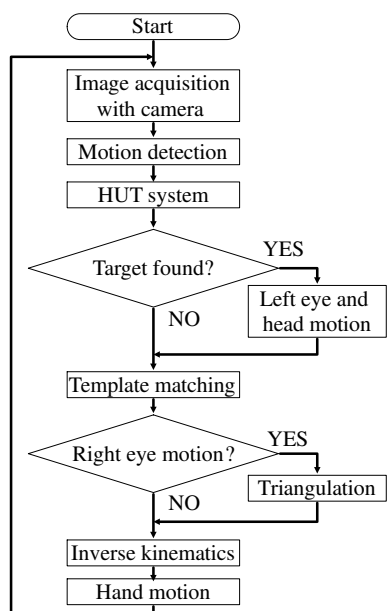


図 2: フローチャート

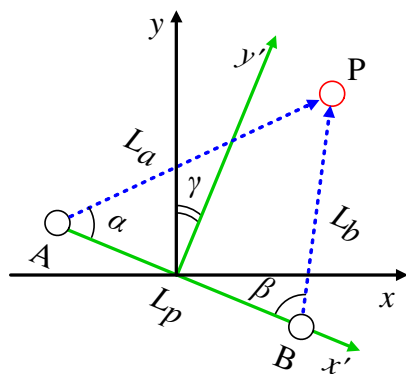


図 3: 三角測量

いる。緑色の軸は首の座標系 (x', y') であり、これは、黒色の軸で示されている体幹の座標系 (x, y) に対して角度 γ だけ回転している。また、角度 α, β は、左眼・右眼の回転角度であり、 L_a, L_b, L_p は三角形 ABP の各辺の長さである。 α, β, γ はサーボモータの回転角から計算ができ、 L_p は既知なので、正弦定理から L_a または L_b が求まる。そして三角関数を用いて首の座標系 (x', y') での P の座標が求まる。その後、角度 γ だけ回転させ、体幹の座標系 (x, y) におけるターゲット P の座標を求めた。

次に、計算されたターゲット位置に向かって右手を動かす。これは、手先の座標がターゲットの座標に近づくように、ヤコビ行列の逆行列を用いた逆運動学計算 [松元・横田 09] によって腕の三つの関節の角度をそれぞれどれだけ変化させればよいかを計算し、サーボモータを動かすことで実現した。

これを繰り返すことによって、ターゲットを発見し、その方向に両眼を向け、さらに、手先をそちらに伸ばすという動作が可能となった。

3. 実験

腕の運動誘発の動作検証のため実験を行った。図 4 の青丸の A~E の 5 点でターゲットを揺らし、手の運動を誘発させた。

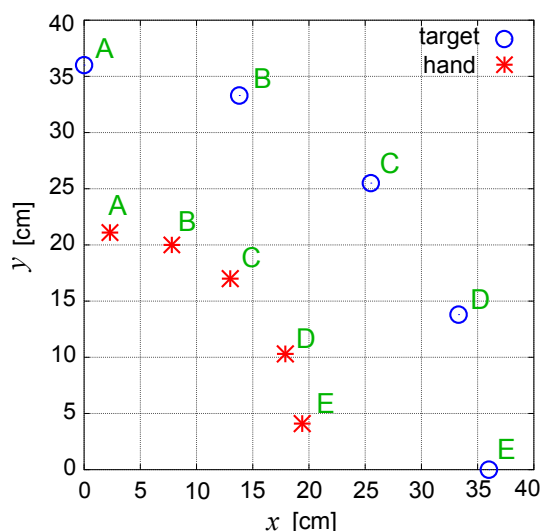


図 4: 実験結果

それぞれの場合の手先位置を記録したのが赤の米印である。ここで、図 4 の原点はロボットの肩の位置であり、横軸 (x 軸) の正の向きはロボットから見て右の向き、縦軸 (y 軸) の正の向きはロボットから見て前方の向きとなるようにとっている。高さ方向は無視してプロットしている。なお、今回はターゲットの位置を正確に測定するために、ターゲットとして赤い吊り輪ではなく直径 2cm の小さな球を用いた。

図 4 から、ほぼターゲットの方向に手に向けることができたことがわかる。

ただし、特に A や E の場合に、手の位置がややずれている。この原因としては、逆運動学計算での特異点を避けるために可動域を制限していることや、何らかの計算誤差が考えられる。

4. おわりに

今回、腕の運動誘発という課題を、オプティカルフローや三角測量、逆運動学などを用いて達成するシステムを作製した。

今後は、運動の精度を向上させることや、現在、誘発ができるのが右腕だけとなっているため、左腕も動かすことが必要である。また、発達尺度の他の課題を達成できるようにすることが課題である。

参考文献

[Kido 11] M. Kido, H. Itoh, H. Fukumoto, H. Wakuya, and T. Furukawa: "Developing a Robot that Performs Tasks of Developmental Scales: On Gaze Control by Eye-Head Coordination," *SICE Annual Conference 2011*, pp.2488-2491, 2011.

[城戸 11] 城戸将徳, 伊藤秀昭, 福本尚生, 和久屋寛, 古川達也: "発達尺度を利用したヒトレベル人工知能の段階的実現," 2011 年度人工知能学会全国大会 (第 25 回), 1P2-7in, 2011.

[松元・横田 09] 松元明弘, 横田和隆: "図解ロボット技術入門 シリーズ ロボットメカニクス—構造と機械要素—機構—," オーム社, 2009.

[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.