

Emergence of the Human's Dexterity and the Intelligence of Autonomous Robot as a Complex System

正 川副 嘉彦 (埼玉工大)

Yoshihiko KAWAZOE, Saitama Institute of Technology, Fusaiji 1690, Okabe-machi, Saitama

This study has investigated the emergence of the intelligence of autonomous robot based on the human's dexterity and the mobile robot experiment with simple subsumption architecture (SA). It insists that the intelligence of autonomous robot exist in the dexterity of human or creatures as complex systems and the research style and the development procedure with SA are only necessary approach for the realization of real intelligent robot.

Key words: Emergence, Human's Dexterity, Intelligence, Autonomous Robot, Complex System

1. 緒言

柔軟性に富み、複雑な実世界での作業環境や人間の要求に良く適応し、自由で自然な動きを求められる知能ロボットに従来の Sense-Model-Plan-Act フレームワークに基づく方法を適用することは非現実的であり、実際に現実世界で本当に知的に動くロボットはまだ実現されていない。一方、行動そのものを概念の中心におく Brooks の Subsumption Architecture (SA) を用いたビヘービア・ベーストロボット (SA ロボット) は多くの注目を浴びたが、複雑系としての SA ロボットの理解には混乱が見られる¹⁾⁻¹²⁾。本研究は、SA ロボットの自律走行の発現について、人間の行為における巧みさの発現、さらに人間の操作の巧みさの発現と対照して、知能ロボットの知性 (巧みさ) の発現について基礎的な考察をする。

2. 人間の行為における巧みさの発現

合気道の関東学生大会で優勝した学生が老師範に齒が立たないというので何故かと聞くと、やろうとしていることが全部読まれていると答えたそうである。逆にその老師範に聞くと、動きが全部読めると答えたそうである。ところが、この老師範がみんなの見ての前でこの学生を格好良く投げ飛ばしてやろうという気持ちになると簡単に負けてしまうと言う。無心でなくなったためにプレッシャーを感じて、相手の強い力をうまく反らしていた微妙な感覚が狂うのである¹³⁾。

大リーグ1年目でいきなり数々の賞と記録を残した野球の達人・イチロー選手は次のように言っている。「やるべきことを一つ一つ積み上げていくのです。そうすると、そうしようと思わなくても、結果は出てくるのだと思う」。日本における1994年の大記録210安打の翌年、彼はさらに本塁打と打点を飛躍的に伸ばす変貌ぶりを見せた。ボールを遠くへ運ぶ技術を身につけたのである。大リーグ2年目の開幕戦2試合のヒットは、いずれも「追い込まれて」から打った「決して綺麗ではない」ヒットだったという。彼がオープン戦で絶好球をあっさり見逃していたのは、わざとツーストライクに追い込ませておいて、そこからの対応を試すためだったという。「一喜一憂はまわりがすることで、僕がすることじゃない」というコメントに環境の変化に強い彼のロバスト性 (頑健性) を見出すことができる¹⁴⁾⁻¹⁶⁾。

テニスの達人・コナーズは次のように言う。「コートでは、どろどろの戦いが展開されていて、試合中の自信が重要である。試合中の自信は、ただ自分に勝つぞと言いきかせた

り思い込ませたりするのは違う。そんなものは簡単に敵に打ち返されてしまう。信じるものは本物でなければダメだ。本物の自信をつける方法はただひとつ。しっかりとサボらずに十分時間をかけて練習すること。そして、心から自分はできるんだという確証を持つことだ。目的を持って練習することが必要である。練習時間の長さではなくて、どれだけ充実した時間を過ごしたかが意味を持つ。」¹⁷⁾

テニスの巧みな動きも、「サービスの入れ方」、「バウンドしたボールの打ち方」、そして「バウンドするまえのボールの打ち方」、この3つの単純な要素行動を実践的な環境で積みあげるだけで、プロでなくても相手や状況次第、それぞれのレベルで、巧みな (賢い) ダブルスが生まれてくる。ただし、自分より格段に未熟な相手とのゲームでは、巧みさは発現する余地がない。これはスポーツだけではなく、巧みな囲碁をする名人が、相手がつまらない手を打つてくると、やる気が失せて負けてしまうことがあるらしい¹⁸⁾。

解剖学者・養老孟司は、人類の未来に関して次のようなコメントをしている。「社会が脳化していることが問題である。脳化とは、ああすればこうなると考えることである。すべてが意識のもとにコントロール可能だと思っていたがことである。でも、肝心の人間は、自分の死期さえわからない不確定性に満ちた存在である。自分が不確かである程度に不確かな自然世界が、一番暮らしやすい。」¹⁹⁾

3. 複雑系としての人間の技量・巧みさの発現

人間オペレータによる倒立棒の安定化制御における巧みさの発現は、不安定で非線形な倒立棒系と非線形な人間系との相互作用により生まれる。倒立棒系の非線形ダイナミクスと人間系の非線形ダイナミクスとが相互に作用し、系全体でリミットサイクル・アトラクターが生成されるのである。これが、安定かつ柔軟な制御の生成に対応し、人間オペレータによる安定化制御は、適応性や柔軟性をもつことになる²⁰⁾⁻³⁵⁾。

4. SAを用いた行動型移動ロボットの巧みな自律走行の発現

Brooksによると、「実世界で行動することの本質」とは、動的な環境世界のなかで動きまわること、視覚、そして生存に関連する作業をやっているのける能力である。この「本質」の部分は、「進化」がその時間を最も多く費やしたところであり、いったんこの「本質」が獲得されたなら、問題解決行動、言語、専門的知識とその応用、推論などはすべ

てこの本質に比べたら極めて単純な事柄である^{1)-3),10)}.

人間共存型ロボットが具備すべき要件は、1) 人に危害を加えない、2) 障害物に対応できる、3) システムがフェイルしないことである⁷⁾。要素行動 Escape, Avoid, Cruise の3つを実装したきわめてシンプルなSA移動ロボット³⁶⁾により巧みな動きの発現をみた。図1は、環境(1)における自律走行の発現を示す。(a)は走行軌道、(b)は実験風景、(c)、(d)、(e)は(a)の1部分を拡大した軌道である。要素行動 Cruise は動き回り、Avoid と Escape は行き詰らないようにする。アルゴリズム無しのシンプルな構造であるにもかかわらず、生き物の巧みな動きを思わせる。センサの検知範囲の不安定さ、メカニズムの誤差、実行中の走路の摩擦

の変化などからくるパラメータ変動の影響を受けて軌跡が毎回少しずつ変わり、人間が倒立振子の安定化動作を行う際の状況に似ている。図2は、実験環境(2)における場合である。図3は、障害物をさらに複雑に配置した実験環境(a)~(d)での例である。図4は、人間と共存する環境での自律走行の発現を示すが、うまく適応している。障害物が突然現れたような場合に、高度なアルゴリズムを備えた従来の頭でっかちロボットが危機状態になるのに比べてはるかに知的である。

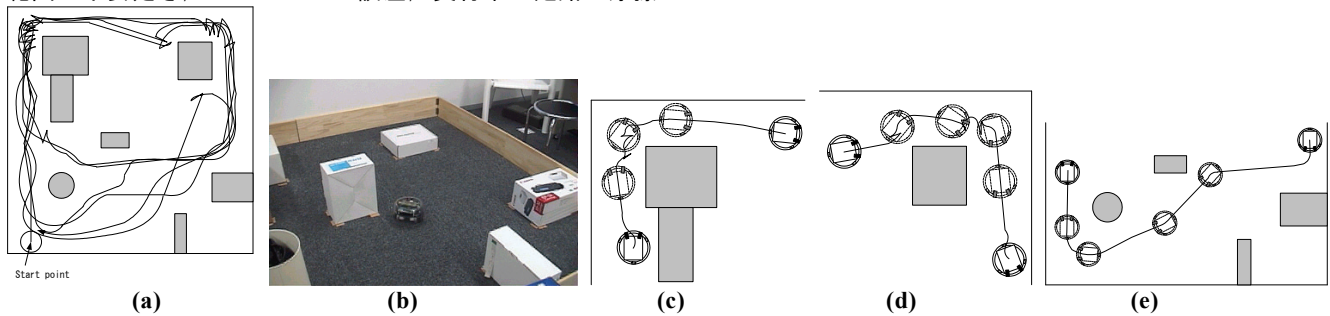


Fig.1 Behaviors with SA (Escape · Avoid · Cruise) Environment (1)

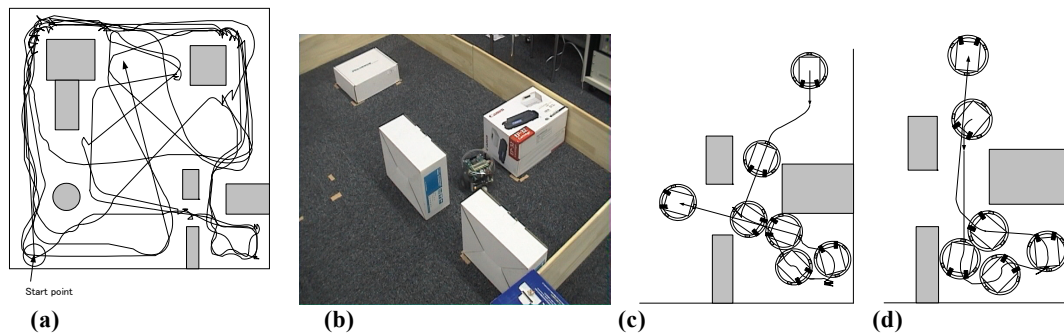


Fig.2 Behaviors with SA (Escape · Avoid · Cruise) Environment(2)

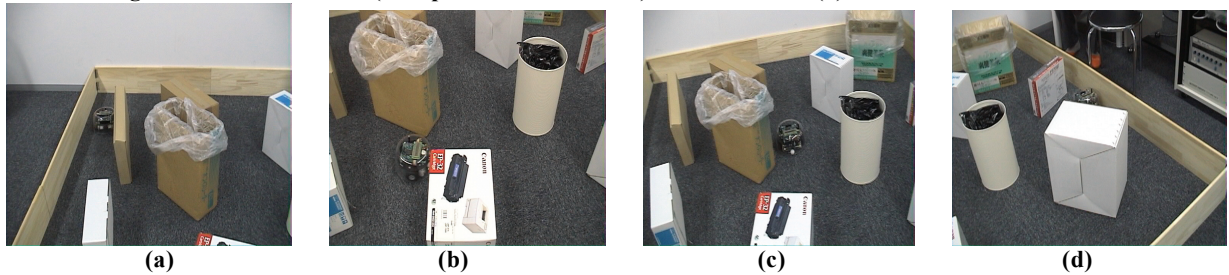


Fig.3 Behaviors with SA (Further complex Environment)

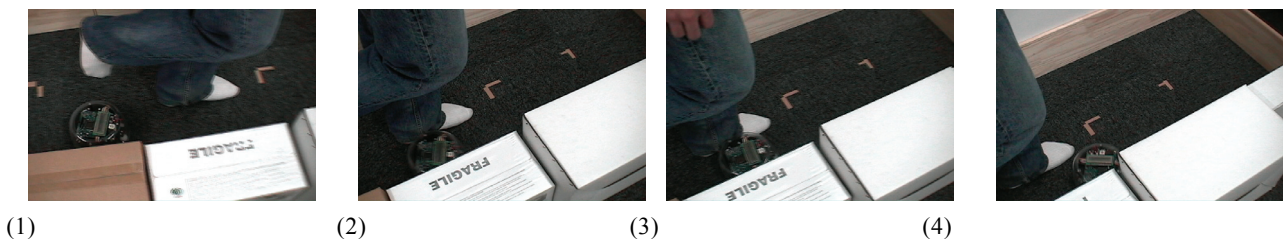


Fig.4 Interaction between human and an autonomous mobile robot with SA

5. 結論

知能ロボットの研究開発が大規模プロジェクトとして展開されるようになったが、巧みな(知的な)ロボットの実現という意味では、費やされる多くの時間と経費に対して、将来の見通しがよいとは言い難い。ゴキブリ程度の行動をするロボットさえ実現されていないのである。複雑系としての知的ロボットの理解に混乱が見られることが大きな理

由であろう。SA ロボットを研究開発の原点に据えて、SA 的な開発スタイルで要素行動を積み上げていくことが現実世界で本当に知的に動く知能ロボットを実現するための唯一可能な方法であろう。まず「体」が動くこと、次は「体」を動かしながら「技」を積み上げること、最後は「体」と「技」を持続しながら「心」を積み上げるのである。

(文献省略)