

ALife にとって並列 / 分散 / 協調は必須である

畝見 達夫 長岡技術科学大学 計画・経営系

Artificial Life is the study of man-made systems that exhibit behaviors characteristic of natural living systems. ..., Artificial Life can contribute to theoretical biology by locating life-as-we-know-it within the larger picture of life-as-it-could-be.

- Christopher G. Langton [2]

1 はじめに

生物学が生命現象を物質的な視点からの解明を目指すのに対して, ALife (= Artificial Life 「人工生命」) は論理的な視点からの解明を目指す。生物学と ALife の関係は, 人間の知的活動に対する心理学 / 大脳生理学と認知科学の関係にたとえることができる。初期の AI 研究には, 知的生命体に関する論理的な在り様を解明するという側面があり, いくらかの期待を持った研究者も少なくなかった[3]。しかし, 現状の特に記号主義に基づく AI 研究を見ると, 知的活動の複雑さ, 実現の困難さが明らかになるに従って, 当初の期待は遠退くばかりであるかのように思える。

R. K. Belew が指摘するように, ALife は強い AI を構成する上での基盤を与えるものとなるはずであり, 当初の AI に対する期待を具現化するための基礎を与えてくれるに違いない[3]。すなわち, 知的活動が実現されるための最小条件の1つを示すことが ALife 研究の目的でもある。

このような指向性をもつ研究は古来から試みられてはいるが, Artificial Life の名の下に学術会議が開催されたのは 1987 年の 9 月のことである[1]。昨年, その第 2 回ワークショップが開催されている。そこでは, 適応行動のシミュレーション, 生命の起源の解明, 進化と学習のメカニズムなど様々な視点からの様々なアプローチが報告された。適応行動のシミュレーションについては, 昨秋に, まったく別の学術会議が開催されている[4]。

以下では, ALife の視点から, 強い AI の研究にとって「並列 / 協調 / 分散」というキーワードが必須であることを主張する。

2 学習の高度化と進化

ALife を AI に結びつけるには, 生命の起源を迎えることよりも, 知的行動能力の獲得に結びつく進化と発達のメカニズムの解明に注目すべきである。近年, AI の中で学習研究が活発化してきた理由には, エキスパートシステムの知識獲得問題の重要性の増加とともに, 知の本質へ向おうとする研究者の意欲もあげられよう。学習の目

的は, なんらかの意味での性能を向上させることである。そのためにシステム自身が経験を元に自己の内部状態を変更することが学習に当たる[5]。一方, 遺伝アルゴリズム (GA) [6] の研究も, 構造の見えない最適化問題への応用の有用性も手伝って, 近年になって注目され始めた。

システムの知能を計る基準の一つとして, タネとして用意されたメカニズムからは容易に想像できないような行動を発現することがあげられる。この基準に従えば, 単純なメカニズムでありながら, より多くの形態の未知環境に対して十分な性能向上を発現するシステムほど, 高度な学習システムであるということになる。この意味で学習システムの高度化は, 先見的知識の縮小を要請する。もちろん, いわゆる制御知識あるいはメタ知識も縮小の対象となる。学習システムにおけるメタ知識とは, 学習メカニズム自身を制御する知識である。自然の知能を支える学習メカニズムは, 個体における発達と, 種の進化である。進化は発達における学習メカニズムのメタ知識の学習を担う。先見的知識の限り無く縮小の過程に生命の起源に迫る鍵が隠されていると見ることもできる。

GA は進化の過程を模倣する発見的アルゴリズムである。自然界の学習を進化と発達という 2 つのレベルで模倣しようとするならば, 「進化するニューラルネットワーク」といった形態が自然であろう[7]。GA も Neural Net も, 並列 / 分散という言葉がぴったりくる。自然から学ぶという意味では, 進化の過程を遡ることによって, 現存する知能の有り様における制約を明らかにすることも有用であろう[8]。ただし, これが ALife 研究がとるべき唯一の道筋ではない。現存する自然界の有り様は, おそらくは多く存在する選択肢の 1 つであると見るのが妥当である。

3 環境との相互作用

昨年夏の人工知能研究会ワークショップでの議論では, 学習には環境との相互作用が必ずしも必要ではないとする意見が多く参加者に受け入れられた。ただし, それは学習を担うシステムについての話であって, 学習機能を持つシステムに関する議論とは異なる。さらに, 前節で述べたような高度な学習機能を実現するためには環境との相互作用を無視しては何も語れまい。すなわち, GA で取られるような淘汰や交配のメカニズムは, 他の個体を含む環境との相互作用抜きでは実現不可能である。そもそも, 先見的知識の縮小を補う情報は環境からしか得られないはずである。

進化も発達も, ある意味で環境あるいは外界の情報のコピーをシステム内部に作ることである。多くの場合, このコピーは外界のモデルである。モデルを表現する媒体は, センサーからの入力データの記録でも, 重み係数

の集まりでも、記号主義的な知識表現でもよい。未知環境への適応は、実行システムにとって必要な形態での外界のモデルを獲得することによって可能となる。自然界における種の保存という目的を前提に考えると、単純な環境のもとでは、単純な実行システムが適当であり、高度な学習は要請されない。ここで注意しなければならないことは、システムにとっての環境の複雑さは、システム自身の情報収集能力に依存しているという点である。環境を複雑なものとして見る、つまり、詳細に環境を見るほうが目的に沿う場合には、必然的に実行システムの能力は複雑化の方向へ向かうことになる。

現実の知能にとっての環境は物理世界である。人間をはじめ多くの高等生物がさらされている環境に生起する事象は、ほとんどが並列/分散的である。もし、現実の知能をモデル化する際に、このような環境の特徴を捨象し得ないとすれば、並列/分散という言葉は重要であろう。しかし、必須であるというに十分な根拠はない。

4 人間社会と文化

個体の集まりは生態系を構成し、より複雑な環境を形成する。すなわち、環境の複雑化と個体の複雑化が相乗作用をなして、複雑化は加速的に進行する。人間社会は、この複雑化の際たるものである。他の個体との相互作用を考慮するとき、「並列/分散」に加えて「協調/競合」という言葉が浮かび上がってくる。協調あるいは競合は、各々が目的を持った複数のシステムの間で意味をなす言葉である。あるときは、より優秀な子孫を作るために複数の個体が協調し、また、あるときは競合する個体の間で淘汰が起きる。

人間は、発達と進化という2層構造の間に、文化を持ち込み、全体としての学習過程をさらに複雑なものとした。図1は Belew が示した模式図である。人間社会においては、種の保存と発展のためだけではなく、文化の保存と発展のために淘汰と交配のメカニズムがはたらく。すなわち、知能を人間社会のレベルで考えるとき、「並列/分散/協調」というキーワードの極めて重要となる。

5 並列/分散/協調は必須である

ALife 研究にとって進化は重要である。今の所、淘汰と交配のメカニズムは、加速的な複雑化をもたらす進化の過程を説明する唯一のモデルである。とするならば、ALife にとって、並列/分散/協調は必須である。

では、AI にとってはどうであろうか。もし、強い AI を目指すならば ALife 同様、並列/分散/協調は必須である。エキスパートシステムのような弱い AI を目標とする場合でも、現実の人間社会における事象の有り様が「並列/分散/協調」的であるならば、これらのキーワードを避けて発展することはできないであろう。

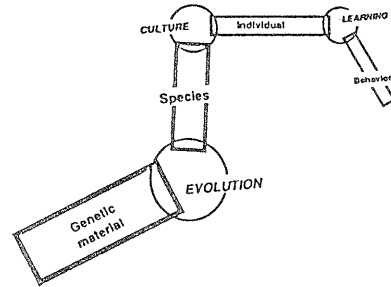


図 1: 進化, 文化, 学習のロボットアーム [7]

6 おわりに

上では、キーワードとしての「並列/分散/協調」について議論したのみであって、AI あるいは ALife を実現するマシンのアーキテクチャについては何も言及していない。理論的には、マシンのアーキテクチャが問題でないことは明白である。しかし、進化の過程を含む ALife は、メカニズム自身が並列/分散/協調的であるから、そのような計算に向けた計算機アーキテクチャが望まれることは当然である。

参考文献

- [1] Langton C. G. (Ed.): *Artificial Life*, Addison Wesley, (1989).
- [2] Langton C. G. : *Artificial Life*, in [1], pp. 1-47, (1989).
- [3] Belew, R. K.: *Artificial Life - A Constructive Lower Bound for Artificial Intelligence*, *IEEE EXPERT*, Vol. 6, pp. 8-15, (1991).
- [4] Meyer, J.-A. and S. W. Wilson (Eds.): *From Animals to Animats - Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*, The MIT Press, (1990).
- [5] 畝見 達夫: 学習研究の分類学, 情報処理学会 学習のパラダイムとその応用シンポジウム, pp. 79-88 (1989).
- [6] Goldberg, D. E.: *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison Wesley, (1989).
- [7] Belew, R. K.: *Evolution, Learning, and Culture: Computational Metaphors for Adaptive Algorithms*, *Complex Systems*, Vol. 4, pp. 11-49, (1990).
- [8] 山下 樹里: 進化のどの過程で知能は出てきたのか, 情報処理学会人工知能研究会, 71-1-12, (1990).