

[論文]

「とっさの行動」とフレーム問題 — 現生人類における脳機能の進化 —

矢 後 長 純

はじめに

現生人類 (*Homo sapiens sapiens*) の個人的行動をシステム論の集中化 (lumping) 手法¹⁾によって図式的にまとめると、「熟慮行動」(deliberative behavior) と「とっさの行動」(reflex behavior) とに大別することが出来る。

「熟慮行動」は前頭連合野において対象にフレーム (frame) を嵌めて行なう熟慮から発現する。『広辞苑』第五版によれば、熟慮は、よくよく考えること、十分に思いめぐらすこと、とあるが、前頭連合野を超高速計算機とする見方にしたがえば、そこでは多量の情報収集と処理を極めて短時間に実行することが可能と思われる。一方、「とっさの行動」は大脳辺縁系における緊急救助活動を基本として、生得的な迅速性をもつと思われる。

これらの行動を支える情報システムを、それぞれ「熟慮行動」情報システム、「とっさの行動」情報システムと呼ぶこととする。これらの情報システムが運動器へ信号を送ることによって、「熟慮行動」または「とっさの行動」が発現する。

現実の時々刻々の認知と行動は、これら二つの行動の複雑な組み合わせに基づいている。いずれも2コンパートメント準平衡理論の複合クワッソン性システム^{2, 3)}を基盤とし、表象に導かれ、かつオートポイエーシスともカップリング³⁾しつつ発現しているものと考えられる。

小論では、「熟慮行動」および「とっさの行動」の起源と進化について考究する。焦点は、自律型ロボットにおけるフレーム問題⁴⁾である。小論の一部は、2011年2月、計測自動制御学会ロボット部会において発表した⁵⁾。

第1章

緊急救助活動とフレーム問題

(1) イヌ型ロボット・アイボに対する「とっさの行動」による緊急救助

2010年7月ある日の午後、特別養護老人ホーム「パストーン浅間台」(埼玉県上尾市浅間台) で開かれたロボット・セラピー・セッション⁶⁾の際に、ある高齢認知症婦人がテーブルの端に近づくイヌ型ロボット・ア

イボ (AIBO、ソニー製ERS-111) をそつと押し戻すのを目撃した。セッション開始からおよそ20分が経過していた。この婦人はずっと無言であったが、この「とっさの行動」をとった時にも声はあげず、また表情も変えず、なにごともなかったかのようであった。

この婦人の行動は緊急救助活動であり、「とっさの行動」である。あらゆる動物の一瞬一瞬の行動は見かけ上、「とっさの行動」の連続といえるが、この婦人は認知症であり、かつ介護レベル4の身であったことを考慮しなければならない。婦人はアイボがテーブルから落下しそうであるという緊急事態を察知 (入力情報からの未来予測) し、ついでそこからの回避をノン・ヴァーヴァルで行ったことを評価しなければならない。

そして婦人の「とっさの行動」には、アイボが落下するかも知れないという表象が伴っていたことを認めざるを得ない。情報科学的にいえば、その表象が「とっさの行動」の引き金を引いたのである。

しかも、上記施設の介護福祉士の報告によれば、この婦人は食事のときに目を離すと、傍らのティッシュ・ペーパー・ボックスから、ティッシュ・ペーパーを一枚ずつ引っ張り出しては、無言でお味噌汁のお椀の中に入れてという奇矯な行動をする。

この行動は「とっさの行動」ではなく、小論文の文脈ではむしろ「熟慮行動」である。婦人の行動は、筋運動系も含めて「熟慮行動」情報システムの誤作動によるものと思われる。例えば、大根を千切りにしてお鍋に入れるといった行動であろうか。

婦人の行動は、一見、コネクショニズムのいう表象なき行動⁴⁾、まさに産業用ロボット

の作業に近いようにも見える。しかし、婦人がティッシュ・ペーパーを千切り大根、お椀をお鍋というように誤認していたとすれば、婦人の行動はお味噌汁を用意するという表象を伴っていたことになり、完全に意味のある行動だったことになる。3歳の幼児のおままごとに似た行動ともいえるが、おままごとでは幼児自身がその虚構性を明確に認識している点が婦人の行動と異なる。

脳の情報処理機構が一部、加齢による衰退・変性をおこした結果が認知症とされているが、この婦人の行動は誤認による表象が「熟慮行動」を起動していたのが原因と解釈することができる。このように見ると、この婦人の行動においては筋運動系も含めて全体として健全であるが、表象を意識に上らせる段階に異常をきたしていたことになる。

しかし、アイボに対して「とっさの行動」をとったという点では、表象から末端の筋運動系までも含めて、関連する情報処理機構が衰退も変性もしていないことを示している。

2011年2月の計測自動制御学会ロボット・セラピー部会 (2月20日、拓殖大学) では、「アイボが転ぶことがある。そのとき、転んだアイボを助け起こす認知症の方もいらっしゃる」という東京工芸大学中村龍平教授のグループからの報告⁷⁾もあった。「とっさの行動」が出来るかどうかは認知症のある種の診断にも応用できるのではないか、という議論もなされた。

(2) 「とっさの行動」の進化論

「とっさの行動」は神経のない原生動物にもみられ、それが37億年におよぶ動物行動進化の原点となっている⁸⁾。そして前節に見た

緊急救助活動は、現生人類に共通であることも印象深い。さらに「とっさの行動」は、前節の婦人の場合のようにノン・ヴァーヴァルで行なうか、または声をあげたとしても、言葉にはならないような叫び声に過ぎないという特徴がある。

このことから、「とっさの行動」をおこす情報システムは人類がまだ言語をもたず、アフリカを放浪していた頃に、脳（および脊髄）に定着したものと推測される。現生人類における明晰な言語の獲得時期を3～5万年前とすれば⁸⁻¹⁰、「とっさの行動」の定着の時期としてはおよそ20万年前から3～5万年前の間にさかのぼりそうである。

この行動を定着させた人類は末期のホモ・エレクトゥスまたは上部旧石器時代のホモ・サピエンス（古代型ホモ・サピエンスともいう。この用語にしたがえば、現生人類は現代型ホモ・サピエンスという）ということになりそうである。

この意味で「とっさの行動」には濃厚な遺伝性が考えられる。この遺伝性は、単一遺伝子によるものではなく、かなり大がかりなもので、初期発生中のニューラル・ネットワーク構築、末端の筋運動系までも巻き込んだ大きなシステムの新規生成に関与するものと推測される。

では、どのようなメカニズムにより定着したのであろうか。前節で紹介した研究発表会では、アメリカ・ディッキンソン大学文化人類学のベンダ・ショーン教授から、「とっさの行動」というのは膝蓋腱反射（大腿四頭筋反射、patellar tendon reflex）のようなものではないか、というコメントがあった。このコメントは、「とっさの行動」のシステム的な

起源が個体の生理機能を保障する生得的なものにあるだろうという示唆である。

膝蓋腱反射は、腱—腰髄—大腿四頭筋からなる反射弓の反応であって、反射中枢は第二～第四腰髄にあり、上位の反射中枢は脳にある。ただし、膝蓋腱反射はまったく表象を伴わないのに対し、「とっさの行動」では表象が行動の起因であることに間違いはない。すなわち、膝蓋腱反射と「とっさの行動」では情報の入出力制御がまったく異なる。しかし、「とっさの行動」の進化は、膝蓋腱反射システムをモデルとして始まったものという考えも許されそうである。しかも両者ともフォーダーのモジュールの定義^{4, 11}を充たしている。

(3) モジュールとしての「とっさの行動」と「熟慮行動」との連携

フォーダー^{4, 11}によれば、モジュールは領域限定的（domain specific）でニューロン構造として生得的に組み込まれ、自動的、自立的に作動し、情報閉鎖的である。情報閉鎖的というのは、当該モジュールが他のモジュール（いくつあるかは、今のところ不明である）から乖離して作動するということであり、また、大脳皮質への情報が一時的にせよ遮断されることも含む。大脳皮質における計算機能に対して、モジュールは相当程度の優先性を保持している。

フォーダーの定義は、まさに「とっさの行動」のシステムに当て嵌まる。「とっさの行動」は、個体の生存において最優先権を与えられている。「とっさの行動」がモジュールに基づくとすれば、それを支えるシステムでは強力なフレームが瞬時に敷設されるといえ

る。モジュールを起動すること自体、他のあらゆる情報の入出力を無視するようにあらかじめ設定されているからである。

このことは、後節で論議する「熟慮行動」情報システムが必要とする多重構造のフレーム設置、各フレームの内部空間に適切な配慮を瀟漫性に充たすなどのエネルギーと時間が不要であることを意味している。もっぱら対象に注意力を集中させ、迅速な行動をひきおこすという意味で、効率的、かつ合目的である。「とっさの行動」情報システムはロバスト性が極めて高いことも、この行動が進化論的に相当の古さをもっていることの証左といえる。認知症の主因である「熟慮行動」の部分的破綻が高齢化社会において極めて多いのをみれば、「熟慮行動」情報システムが脆弱であり、進化論的にはより新しいシステムであることを示している。

「とっさの行動」の遺伝性には、さらに重要な特徴として社会性ということがある。緊急救助活動において発揮される「とっさの行動」モジュールは、他者を救助するというのが主旨であるから、社会性の発達した集団において発生したものと考えなければならぬ。すなわち、「とっさの行動」モジュールが現生人類に定着したのは、集団生活を始めた時期にまで遡るといえる。

ピューマとガゼルの攻防のきっかけは「とっさの行動」に違いないが、社会性のある「とっさの行動」ではない。こうしてみると、「とっさの行動」には、社会性を持たない原初的レベルのものと、社会性を伴う高度レベルのものと、少なくとも2種類はありそうである。われわれ自身や動物の行動を仔細に点検すれば、中間型はいくらでも発見でき

るだろう。

ピューマとガゼルの攻防がやや長時間に及べば両者において「熟慮行動」システムが起動され、それぞれ追跡し、あるいは逃走する最適ルートを探す。このときには多重フレームが設けられるはずである。このように考えれば、フレーム問題の生物学的起源も、「とっさの行動」と同様に相当に古いといわなければならない。

たとえば、ピューマに追われるガゼルが急に逃走経路の方向転換をするというのは、見掛けは「とっさの行動」であるが、この行動の直前200ミリ秒以内にはすでに古典主義的計算が終了しているはずである¹²⁾。こうして大脳皮質が発展している哺乳類では、「とっさの行動」モジュールと「熟慮行動」情報システムの連携が密になっていると考えられる。

第2章

芭蕉の俳句「古池や・・・」に見る蛙の「とっさの行動」

(1) 蛙の「とっさの行動」に時間はあるか。

「古池や蛙飛(とび)こむ水のをと(ママ)」(芭蕉、1686年)¹³⁾という句では、水中へ飛び込んだ蛙の「とっさの行動」が動詞の現在形で表現されている。幸田露伴は、『評釈芭蕉七部集』¹⁴⁾において大意、

「この句に対して小賢しいことを考えてはいけない。この句を心から味わわなければならない。それで充分なのだ。」

と述べ、感動的な評釈を加えた。

「…難語も無く、綺詞も無く、典故の遼無く、技巧の幻無く、精平の世界、天晴れ地明らかに、ただ此一句あるのみ。是の如き而已なり。嗚呼、この一句、上乘十七文字、是を誦して終わる終らざるや疾く既に人に徹して六種震動を起したらん。」

心から味わうという意味は、時間を停めた表象の世界に入れ、という意味ととれる。

小泉八雲はこの句の英訳を試み、

Old pond, a frog jumping, sound of water (注。カンマは筆者)

と現在進行形を採用している(碓井¹⁵⁾)。八雲の翻訳では時間の流れを感じさせるが、芭蕉は時間の流れを停めている。「とっさの行動」には、時間意識は存在しないのが特徴としなければならない。これは表象の世界でのみ生じる意識現象であろう。

作家嵐山光三郎氏¹⁶⁾によれば、この古池は現在の清澄公園にある池である。芭蕉のこの池は湿地帯の沼に違いないとし、「古池や…」の句より4年前の天和二年の大火の際に水中に飛び込んだ人たちの記憶が重なっていたかも知れないと述べている。さらに蛙は音も無く水中にもぐるといふ観察も記している。

「古池や…」は、緊急救助行動の原点でありながら、その文学的革新性はまったくの虚構の世界における δ 関数による感動の表現にあったのだ。水の音は芭蕉の脳内位相空間のみで、一瞬響いたものだった。嵐山氏は、そのような音こそ誰もが聞きたいのだと指摘し、この句の表象がいかに深く、いかに豊かなものであったかを強調している。その世界では、時間が消えていたからであろう。

(2) Diracの δ 関数型の入出力

蛙の情報処理はもちろん両棲類脳で行われたのであるが、結果はDiracの δ 関数で近似することができる。図1に概念図を示す。その脳は現生人類では大脳辺縁系として温存され、大脳皮質と協調しながら非言語システムによる情報処理を担当している。「古池や…」の句が革新性をもった理由の一つには、蛙の大脳辺縁系による δ 関数型出力を、芭蕉が自らの大脳皮質への入力として素直に受容したところにあると思われる。しかも、すべては虚構の世界の出来事であった。実は、俳句、短歌は、すべて虚構の世界といっている。

芭蕉は、 δ 関数型の情報処理が自然にも、人間にも存在すること、それが感動を呼び起こすことに気づいたのである。古代ギリシャ人たちが、突然の雷鳴をゼウスからの通信と考えたのも頷ける。『オデッセイア』最終ページに雷鳴により戦闘を停止し平和を取り戻したというエピソードが語られる¹⁷⁾が、 δ 関数型の情報には数学的な興味以外にも人間精神にとって重要な意味が付与されているといえる。



図1. ディラックの δ 関数概念図

横軸：時間、縦軸：反応度（1で飽和している）。

出力に達する前の蛙の両生類脳の内部では、おそらくロジスティック型関数による“飛び込む”、“まだ飛び込まない”の原初的な古典主義的計算があったものと推察される。複合クワッソン性システムの発動である^{2, 3)}。図2に、意識の成長を主題とした純粹経験における葛藤と決断の関係を示すロジスティック曲線を再掲する^{3, 18)}。

この古典主義的計算結果の非言語情報処理システムからの δ 関数型出力という構造は、哺乳類や現生人類にも伝えられている。 δ 関数型出力は、オートポイエーシス領域ともカップリングしながら、目前の課題解決に向けて迅速な計算が引き続きなされるのであろう。

蛙の「とっさの行動」は進化の過程を通じて温存されてきた。しかも子どもでも芭蕉の体験を再現して味わうことが出来るというこ

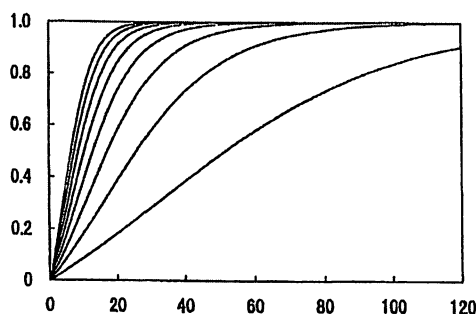


図2. 複合クワッソン性システムによる葛藤曲線

2コンパートメント準平衡理論で計算したものの。横軸：時間、縦軸：表象の完成度。

たとえば、決断の表象が0.8以上に達した場合に行動をおこすとする。「熟慮行動」情報システムであっても、「とっさの行動」情報システムであっても、このような古典主義的計算は行なわれているであろう。ただし、「とっさの行動」の場合には、思考過程のほとんどがモジュール化されているため、決断は一気に0.8以上に駆け上がるのであろう。

と、いいかえれば芭蕉の体験は伝播しやすく、かつそのロバスト性の強固さは蛙の扁桃体からわれわれの大脳辺縁系への影響の強さから見ても極めて印象的である。

第3章

孟子の性善説と“火に近づくな”

(1) “井戸に近づく子どもを救助せよ”

2300年前、孟子¹⁹⁾ (BC372~289) は、“井戸に近づく子どもを救助する”という当時の倫理規定が、すべての人間に共通の惻隱の情に由来するとして性善説を唱えた。当時の農耕社会では井戸が、随所にあったのであろう。したがってこの命題は当時の人々には、日常、見聞する事故への対処を示していると推察される。

しかし孟子は一步進んで、これを兄嫁の子どもであっても救助するであろうと問題を拡張した。当時の社会規範では、兄嫁との距離は慎重に取らなければならなかった。孟子は、この命題が、その厳しい規範さえ乗り越える心的エネルギーをもつものと確信した。兄嫁の子どもでさえ救助するというのは、現代から見れば脳機能に関する倫理的な思考実験として、おそらく現生人類最古のものと評価できる。

この倫理規定は洋の東西を問わず現生人類に共通であり、当然、発端は少なくとも20万年前のアフリカの人たちにあったと推測される。一般には哲学入門の学習対象とされる孟子は、実は深遠な脳進化論のきっかけをつかんでいたのである。

因みに、本節冒頭に言及した孟子の惻隱の

情に関しては、慈善行為のように道徳的判断と経済的判断の両方が関与する場合には、膝下帯状皮質が関与するという報告がある²⁰⁾。この部位からはオキシトシンが分泌され、思いやりや信頼の情を湧き起こす。これは、井戸に近づく子どもを救助する「とっさの行動」とは趣を異にし、「熟慮行動」情報システムを起動しているのであるから、小論の文脈でいえば多重フレームを用いているはずである。2300年前の孟子に異を唱えるつもりはないが、井戸に近づく子どもを救助するのは大脳辺縁系由来の「とっさの行動」であり、惻隱の情は大脳皮質のオキシトシン分泌に基づくもので、その発動は「熟慮行動」になると思われる。

(2) “溺れる子どもを救助せよ”

人類がホモ・サピエンスへ進化して間もなく、約20万年前～13万年前、人類を含めアフリカの脊椎動物は深刻な寒冷に遭遇し、絶滅の危機にあった。アリゾナ州立大学のマリーン教授 (2010)²¹⁾ によれば、人類は僅か400人程度の絶滅危惧種になっていた。この小集団はアフリカ最南端の海岸地帯に押し詰められ、貝や海藻を採集して生き延びたそうである。

小論では、この時期に現生人類最初の義務規定“溺れる子どもを救助せよ”が、遺伝子システムに刷り込まれたものと推測する。孟子の緊急救助システムの原初的なものが形成されたということである。

それまで海をほとんど知らなかったと思われる人類が海岸で暮らすことにより、子どもがしばしば波にさらわれるのを体験したのであろう。当時、人類はまだ十分な言語使用が

出来なかったのであるから、“溺れる子どもを救助せよ”の遺伝の主たる担い手は、大脳辺縁系と進化しつつあった大脳皮質に非言語システムとして構築され、遺伝してきたものと思われる。

(3) “火に近づくな”

ガストン・バシュラールは、“火に近づくな”という命題を人類最初の社会的禁止規定とした²²⁾。火の使用開始は79～69万年前に遡るといわれる²³⁾。当然、流暢な言語使用は行われていなかったころのことである。当時、動物が“火に近づくな”という禁止規定もっていることに気付いた先人たちは、火を防衛に用いたと想定されている。

“火に近づくな”という禁止規定が動物に見られることから、数千万年はさかのぼることのできるもので、動物ではすでに遺伝子にすりこまれているのであろう。

しかし、現在、われわれは歩き始めた乳幼児が好奇心のせいかな不用意に火に知づくのをしばしば目撃する。したがって現生人類では、この禁止規定ははまだ遺伝子に刷り込まれたとは言いがたいことを知っている。どのような理由によるのだろうか。現生人類における言語の歴史がたかだか3万年とすれば、この禁止規定があらためて遺伝子システムにまで刷り込まれるには、今後、相当な年数が必要であらう。

(4) 論語とフレーム問題

孔子 (BC552～479) は次のように述べた (『論語』²⁴⁾ 為政)。

子曰、

吾十有五而志於学。

三十而立。

四十而不惑。

五十而知天命。

六十而耳順。

七十而從心所欲、

不踰矩。

この中で小論にとって、とくに興味深いのは後半の部分「四十而不惑、」から最後の「不踰矩」までである（二重下線の部分、順に不惑、知命、耳順、從心として知られる）。大意は、「私は40歳になったときには、迷うことはなくなった、50歳になったときには、人間として私のなすべきことが分かった、60歳になった時には、人の言葉を素直に聞くことができた。70歳になった時には、思ったままに行動しても、決して道をはずさないようになった」である。

孔子は、人間の思考や行為行動には次のような二つの大きな特徴があると述べている、

- ①人間がもっている中央情報処理装置のソフトウェアは、生涯を通じて成長し、成熟する。
- ②とくに、不惑、知命、耳順、從心という有名なことばは、思考、行為行動の適切性が人間にとってもっとも重要である。

孔子のことばの中の「不踰矩」の「踰」は、まさにフレームである。ダンカン¹²⁾は、若者の知識が老齡の知恵に進化すると主張し、それが起こる場所は前頭連合野であるとしている。現生人類が敷設するフレームのあるものは、神経回路の進化の最先端に位置している回路の作用ということになる。

考 察

(1)「熟慮行動」の特徴

日ごろ、われわれが行動するときには、対象に意識を集中し、周辺の事物や環境には多少の配慮はするけれどもさしあたり留意するだけとし、さらにそれらの外側の事物や環境には敢えて注意を払わず、むしろそれらを見捨てる。記憶や思考についても同じことを行っている。

一例を挙げれば、教室で講義中の先生や聴講している学生は講義に集中し、隣の教室や廊下、運動場で何がおこっているかについてはほとんど無視している。さらにその外側の世界についても情報を収集する手段（インターネット、アイフォーン、アイパッド、携帯電話、テレビ、ラジオその他）はあっても通常、無視している。

「熟慮行動」情報システムが現生人類において最大級の成功を収めた例は、1920年代に始まった量子力学の建設である。とくに量子力学の第一歩だった孔1と孔2を用いる有名な電子の干渉実験で、ファインマン²⁵⁾は、1965年に次のように述べている。

「(量子力学では)電子が孔を通過するとき、孔のどの部分を通過したかというようなことを議論する必要はないものと仮定している。もちろん、それぞれの孔をさらに小さく分割して、電子がその孔のてっぺんを通る振幅とか、孔の底を通る振幅などについて考慮することも可能である。しかし、ここでは孔は十分に小さくて、その細部に関して考える必要はないものと仮定する(後略)」。

この干渉実験は後に実験的に証明されたとはいえ、ファインマンが述べた実験は完全に思考実験で、言外に嚴重なフレームが嵌められていた。マクファーデンは電子の振幅と位相までもが嚴密な均一性を保っていると前提されていたと指摘した⁸⁾。観測の誤差は発生のしようもなかった。

すなわち、われわれは対象を選別し、周辺の事物や環境に対しある種のフレームを幾重にも嵌めて対応している⁴⁾。いいかえれば現生人類には、対象の重要度を査定し、それに応じて多重フレームを嵌め、各フレームの内部空間にはそれぞれに適切な濃度の配慮を迅速かつ彌慢性に充たし、これを一定時間に限って保持する機能が備わっている。配慮のない空間については、これを無視する。仮説的にせよ多重フレーム (multiple frames) を用いる情報が「熟慮行動」情報システムの中心にあり、さらにそれを指揮する表象が上流に存在する。

イメージとしては、古典的原子構造の太陽モデルの多重電子軌道が多重フレームに相当する。軌道電子のエネルギーは、より外側のほうが高いとされているが、フレームの場合には適切な濃度の配慮は内側フレームの空間のほうが外側フレームよりも濃厚である。

この言説に対応する実体は、神経回路を流れるインパルス頻度の時間分布のようなものであるが、今は分らないといわざるを得ない。今の段階では行動や思考を導く情報処理機構として、このような仮説的なものを構築しているのみというべきであろう。この構造による実際の行動には、対象に関する緻密な情報収集が伴うことが多いという特徴もある。

(2) 「とっさの行動」と「熟慮行動」の連携

「熟慮行動」とは別に、われわれには「とっさの行動」という特徴的な行動パターンがある。この行動パターンないしそれを支える神経回路の作用発現は極めて迅速であり、体験的にもいわゆる直感的に行なうことが多く、あらかじめ緻密な情報収集をする時間は無い。車道に飛び出して来た幼児を避けるためにハンドルをきるのも「とっさの行動」の一つである。

これら二つの行動に関する機能は現生人類のみならず、程度の差こそあれ動物界に広く行き渡っている。「熟慮行動」といい、「とっさの行動」といい、いずれも生存に深く関わるものでありながら、われわれは（そして広く動物も）それらを一瞬ごとにほとんど無意識のうちに用いている。

自律型ロボットに、「熟慮行動」や「とっさの行動」の機能をどのように装備するかは、すでに40年以上もの間、大きな難問として研究者の前に立ちはだかってきた。

これらの問題のうちフレームは、1969年に McCarthy & Hayes が提出した人工知能の「フレーム公理問題」によってその端緒が開かれた。その後、「フレーム公理問題」は徐々に内容を広げかつ深め、今日では自律型ロボットのフレーム問題と呼ばれるようになった⁴⁾。自律型ロボットのフレーム問題というのは、Denettの思考実験⁴⁾で示されているように、ロボットが周辺環境を観測するときに、適切なフレームを設定し得ないことを指している。そしてこの問題は認識論、情報科学、認知科学および生物学の接点に横たわ

る問題となってきた。

フレーム問題は人間文化を考究する立場からも、ゆるがせに出来ない課題である。人間文化は対象と周辺的环境に対し、重要度の査定や適切な配慮を備えたフレームを嵌めるといふ、仮説的とはいえ独特の脳機能を基礎に発展してきたことは疑いない事実である。上述の量子力学の建設のように科学や芸術など、すべてこのフレームの内側で活躍の場を得たものである。この機能は、われわれが日々の生活を送るのに拠って立つ生活科学の根底にも深くかかわる課題でもある。しかもこの課題の中に見え隠れするのが、「熟慮行動」であり、「とっさの行動」である。

われわれの知りたい、作りたいなどという欲求は対象に向かって攻撃的に迫るとガストン・バシュラールは述べ、攻撃的でなければ自然は把握できない、「考える葦」といった姿勢は受動的に過ぎると主張した²²⁾。われわれは、中学生の頃に「考える葦」という言葉に初めて接した時、強い感銘を受けたものだが、閉塞感のある現代ではむしろチャレンジという言葉のほうに好感が寄せられるようである。

「考える葦」の場合には強力な風をいかにしなやかに受け流すかが生存の最大課題となる。風力を観測し計算して身をそらす、という線形代数によるベクトル変換とテンソル変換が第一になすべきこととなる。多くの植物はこの作業を、実際の計算によって実行するのではなく（つまり「熟慮行動」情報システムを起動するのではなく）、茎や葉を構成する繊維の柔軟性に委ね、自動的に身をそらすことに成功した。一方、われわれは（また、動物たちも同様に）、対象の周囲にフレーム

を嵌め、適切な配慮を充たした上で緻密な観測、計算をする。

こうして、5億年前に陸上に上がった動物と植物は、環境に対して異なる方針を実行してきた。いずれも、陸上生活に適応し、今日、繁栄を続けている。この間、動物のほうは脳脊髄神経回路を洗練し、現生人類に至って前頭連合野の迅速なフレーム形成能に基づく「熟慮行動」情報システムを完成させるところまで来たのである。

(3) 表象の重要性

ここで表象について論議しなければならない。

マクファーデンは、現生人類の表象の重要性について1890年代末にカナダのクロンダイクでおこった史上最大のゴールドラッシュこそ、表象に基づくチャレンジの好例であると述べている⁸⁾。クロンダイクへ向かった無数の探鉱者たちは列をなして、チルクート・トレイルという雪深い50キロの山道を越えて行ったそうである。ここで主役を演じたのは、前頭連合野で多重フレームを形成して行なう緻密な計算を指導する表象であった。探鉱者たちは、輝く金という共通の表象によって指導された「熟慮行動」情報システムによって駆り立てられていたのであった。

一方、特別養護老人ホームのある婦人がイヌ型ロボット・アイボを緊急救助したのを、小論では「とっさの行動」として扱った。「とっさの行動」または緊急救助活動は、「熟慮行動」情報システムとはまったく異なり、言語を介在させず、直感的に働くシステムで、表象によって導かれるとはいえ、進化的には極めて古く、大脳辺縁系の作動による

ものと推察した。

大脳辺縁系の「とっさの行動」の表象については、ヒキガエルのみミズ検出細胞の機能をシミュレートしたダンカンが興味深い報告をした¹²⁾。ほんとうのみミズを発見した場合には、検出細胞は強く発火して周辺の細胞に信号を送り、最終的には筋運動システムを起動させヒキガエル特有の行動をおこさせる。長方形の棒状のもの（質のみミズ）を発見した時には細胞は弱く発火し、人影を発見した場合にはノイズ・レベルを下回る発火となって危険を知らせると述べている。

これらの発火の度合いの違いが表象として意識されるであろう。また小論でいうフレーム内部の瀰漫性の配慮というのはスパイク頻度であろう。棒状のものを発見し、弱く発火するときは、留意するのみにとどめ、行動は控えるのであろう。小論で「とっさの行動」には何らかの表象が行動を指導していると述べたことは、このようなことである。しかし、表象にはあらかじめ設定されたレファレンスが必要となるので、フレーム問題というのは奥深い疑問を残している。

(4) 配慮の適切性

表象に次ぐ難問は、フレームの内部空間を充たす配慮の実態はいかなるものかという問題である。注意力、集中力などと言い換えてもよい。図像的にいえば、フレームと配慮はそれぞれ別種のもののように見えるが、脳内位相空間での出来事であるから、実体は神経回路を流れるパルス頻度であろう。それが、原子核周囲の電子雲のようにグラデーションを伴って脳内を駆け巡っているであろう。

イメージとしては、極地方のオーロラの動きのようなものかも知れない。そしてわれわれがフレームという心像をえがくところを見ると、グラデーションには表象の世界で、ある種の閾値（いいかえれば境界すなわちフレーム）が設定されていて、われわれにフレームという心像を生んでいるのかも知れない。この心像から境界の外側に対しては無視という感覚または現象がおこるのである。その部分のパルスの頻度は、ノイズ・レベルに落ちているはずである。

パルスのグラデーションは、ベクトル変換により対象の重要度判定を行い、配慮すなわちパルスの頻度を彌漫性に充たし、その結果は表象空間に翻訳されて心像を発生させるのであろう。ここにもフレーム問題の第二の難関が横たわっている。

しかし、表象はどこかに起源を持つはずである。それは、ニューラル・ネットワークにおける量子力学的な電子雲のような空間にあり、情報理論的に見れば古典主義的計算理論の世界のように思われる。この世界なり位相空間なりは大脳皮質に局在すると考えて大きな誤りはないと思う。ただし、ここでいう局在は言語野がブローカ野やウエルニッケ野に局在するというのとは異なり、領域限定的（domain-specific）なものと推測される。

「とっさの行動」にみるように表象による重要度判定について、情報閉鎖が実施されるメカニズムも今のところまったく不明である。これが自律型ロボットにおける第三の難関である。

個体発生学的に見るとフレームと配慮の適切性は個体の成長とともに柔軟に発展し成熟するが、繊細かつ脆弱な面もあり神経精神医

学的な異常をきたすこともしばしばある。

これらの過程や変化がまさに脳の白質の動きに一致しているのは、示唆的である³⁷⁾。フレームと配慮の適切性は加齢とともに円熟することもしばしばであるが、老化によって衰退、崩壊すれば認知症を発症する。

計測自動制御学会ロボット・セラピー部会では、しばしば、ロボットにとっての環境とは何か、ロボットにとっての意識とは何か、という設問が提出される。これは、ロボットの“気持ち”になってみると、環境とか意識などという現生人類が互いに交わす用語が理解できないだろうということである。

ヒト型ロボットの研究は著しく進み、階段を昇降し、自転車に乗るなどの課題をらくにこなすに至っている。これは一瞬一瞬の環境情報処理を迅速に遂行する計算機能を背景にしている。

しかし、このような優れた機能をもつ自律型ロボットが、視野の中に溺れる子どもを発見することができるだろうか？と問えば、否といわざるを得ない。階段の昇降、自転車乗りを見事にこなしていたロボットが、周囲で観察している人々の目を意識していたとは到底思われないからである。

仮に視野の中に溺れる子どもを認めたとしても、「とっさの行動」を取るには、環境情報の弁別機能が備わっていなければならない。ある子どもは溺れているが、他の子どもは楽しく水遊びをしている、といったことを弁別しなければならない。これはロボットにとっては、いわゆるフレーム問題を完全に解決しなければならないという意味で、難問であろう。

結 論

- (1) 現生人類の個人的行動を「熟慮行動」と「とっさの行動」に大別し、それぞれの進化論的な意義を論議した。
- (2) 特別養護老人ホームの一婦人による緊急救助活動を考察し、「熟慮行動」情報システムが一部衰退をおこしていても「とっさの行動」情報システムには異常がない場合もあることを指摘し、「熟慮行動」と「とっさの行動」がそれぞれ独立のものとし、小論の出発点とした。
- (3) 芭蕉の古池の水に飛び込む蛙の句を緊急救助行動の原点のシステムと捉え、その文学的革新性は虚構の世界におけるδ関数による感動の表現にあると考察した。「とっさの行動」も表象の世界と密接な連携をする。
- (4) 孟子の井戸に近づく子どもを救助せよという倫理規定は、「とっさの行動」として現生人類に共通のものとした。同様に、“溺れる子どもを救助せよ”というのも「とっさの行動」で、モジュールとして20万年前から7万5千年前の間に獲得されたシステムと考えられる。
- (5) “火に近づくな”という規定は、社会性が高いがいまだ遺伝的なシステムになっていない。動物では遺伝的なシステムでモジュール化されているようだが、現生人類では火の使用が50万年以上もの歴史があるにも拘わらず、遺伝性システムになっていない理由は明らかではない。
- (6) 孔子の言説を例に、個人的にも「熟慮行

動」情報システムは成長することを論じた。

- (7) 「熟慮行動」は、対象の重要度を査定し、多重フレームを嵌め、内部空間に適切な配慮を彌慢性に充たし、最外側フレームの外側は無視した上で、最内側の空間についてのみ熟慮を重ね、その結果を「とっさの行動」モジュールに接続したものと考えられる。これが現生人類の前頭連合野において表象の指揮の下に行なわれる熟慮の仮説的構造である。
- (8) 熟慮の内容は、複合クワッソン性システムとオートポイエーシスが加わっているはずである。この行動様式は、無意識に行なわれることが多い。このことから「熟慮行動」は、3万年前以降に急速に発展したものと推測させる。
- (9) 「とっさの行動」というのは大脳辺縁系において迅速に作動する緊急救助活動システムを用いている行動様式である。このシステムは、当初、個体に生得的であった膝蓋腱反射から進化したものと想定される。この進化は、現生人類が集団生活を始めた頃で、いまだ流暢な言語をもたなかった頃、すなわち3万年前よりはるか以前に獲得されたものと思われる。
- (10) 「熟慮行動」および「とっさの行動」における表象の重要性を論じ、自律型ロボットにこれらの行動のための情報システムを搭載するには、依然として大きな難関がつかまとうと結論した。

おわりに

アイボの落下を無言で救った高齢認知症婦人は、現生人類の枢要な倫理規定を維持したという意味で、人間の尊厳を確かに示していたのである。この婦人の「とっさの行動」は、大脳辺縁系に由来する情報システムの強固なロバスト性を示したが、同時に、前頭連合野を中心とする「熟慮行動」情報システムの脆弱性もあらわにした。

言語を介在させて進化した「熟慮行動」には、いまだ強固なロバスト性がないのはやむを得ないとしても、現生人類のわれわれとしては、部分的に破綻をきたしたその情報システムの修復をなんとか目指したい。また、そのための研究がいつの日にか自律型ロボットの情報システムの開発に役立てば、文化の発展に寄与し得るであろう。

小論では、行動に対する感情の役割については論議しなかったが、こんごの課題としたい。

謝 辞

この小論は、計測自動制御学会ロボット・セラピー部会の共同研究「ロボット・セラピーの効果」のフィールドとしての特別養護老人ホーム「パストーン浅間台」におけるセッションの際の観察によって、現生人類の脳の働きに関するいくつかの難問の扉が開かれたことに由来します。重要なきっかけを与えられた第1章第1節の婦人に心からの感謝

を申し上げるとともに、同施設米岡利彦事務局長、ロボット・セラピー部会浜田利満教授（筑波学院大学）、香川美仁教授（拓殖大学）および永沼充教授（帝京科学大学）に厚く御礼申し上げます。また、この研究は、本学サークル「医療文化研究会」からのロボット・セラピーに関する多数の公表論文の一つです。このサークルでロボット・セラピー・インターヴィーナーとして活躍された女子学生諸氏にも深く感謝の意を表します。終りに臨み、小論発表の機会を与えられた本学学長、理事長および関係各位に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 矢後長純・福田信男：“生体システムと寿命”、松本信二・船越浩海・玉野井逸郎編『細胞の増殖と生体システム』、pp. 235-255、(1993)、学会出版センター（東京）。
- 2) 矢後長純・福田信男：“クワッソン性システムによる寿命理論の展開 — 生体高分子の寿命から人類生命表および意識の構造にいたる2コンパートメント準平衡理論 —”、ライフスパン、Vol. 14、pp. 1-74、1999、寿命学研究会。
- 3) 矢後長純・福田信男：“試論：意識の成長・成熟を2コンパートメント準平衡理論で考える—— 純粋経験からクワッソン性システムおよびオートポイエーシスを経てロマン主義へ——”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第5号、pp. 65-95、(2003)
- 4) 柴田正良：“ロボットがフレーム問題に悩まなくなる日”、信原幸弘編『シリーズ心の哲学II。ロボット篇』、pp. 119-174、勁草書房、東京、2004年。
- 5) 齋藤彩香、東澤麻衣子、鈴木貴子、矢後長純：“ロボットは現生人類の「とっさの行動」を真似できるか”、計測自動制御学会SI部門ロボット・セラピー部会、第6回研究成果学生発表会講演論文集、pp. 1-2、拓殖大学文京キャンパス国際教育会館、2011年2月20日。
- 6) 矢後長純“ロボット・セラピーの原理とインターヴィーナー —— 本学女子学生の貢献（その1）ロボット・セラピー序説”、愛国学園大学人間文化研究紀要、第11号、pp. 79-91、(2009)。
- 7) 土屋聖也、中村竜平、鈴木秀和、西仁司：“RAAを目的とした動物型ロボットの動作検証”、計測自動制御学会SI部門ロボット・セラピー部会、第6回研究成果学生発表会講演論文集、pp. 18-19、拓殖大学文京キャンパス国際教育会館、2011年2月20日。
- 8) ジョンジョー・マクファデン著、斎藤茂也監訳、十河和代・十河誠治訳：『量子進化』、pp. 375~378、2003年、共立出版、東京。（原題は、Johnjo McFaden: “Quantum evolution”, Harper Collins, London, 2000)
- 9) ニコラス・ハンフリー著、垂水雄二訳：『喪失と獲得』、紀伊国屋書店、2004年、東京。（原書は、Nicholas Humphrey: “The mind made flesh---Essays from the frontiers of psychology and evolution”, Oxford University Press, 2002)
- 10) Enard, W., Przeworski, M., Fisher, S. E., Lai, C. S. L., Wiebe, V., Kitano, T., Monaco, A. P., and Paabo, S.: “Moleclar evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language.”, Nature, 418, pp. 869-872 (2002)
- 11) Fodor, J. A., “The modularity of Mind”, Cambridge, Mass., MIT Press (1983)
- 12) ジョン・ダンカン著、田淵健太訳：『知性誕生』、早川書房、2011年、東京。（原書は、John Duncan, “How intelligence happens”, Science Factory, Limited.)
- 13) 中村俊定校注：『芭蕉七部集』、p. 38、岩波文庫、(1966)。
- 14) 幸田露伴：『芭蕉七部集評釈 —— 春の日』、pp. 85-86、岩波書店、(1983)。
- 15) 碓井益雄著：『蛙』、法政大学出版局、(1989年)。
- 16) 嵐山光三郎著：『芭蕉紀行』、pp. 134-142、新潮文庫。
- 17) ホメロス著、松平千秋訳：『オデウッセイア』、下巻、p. 324、岩波文庫、1994年。
- 18) 矢後長純：“高い塀の上から飛び降りようとしている猫は何を考えているか”、『アイトープ・ニュース』、2001年10月号、p. 26、日本アイトープ協会。
- 19) 宇野精一編：“隙文公章句上”、p. 162；“告子章句”、pp. 374-409、“離婁章句上”、p. 252；“公

- 孫丑章句上”、p. 119-120、『全釈漢文大系 2. 孟子』、集英社、東京。
- 20) Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P. J., Fischbacher, U., and Fehr, E.: “Oxytocin increases trust in humans.”, *Nature*, 435, pp. 673-676 (2005)
 - 21) C.W. マリーン: “祖先はアフリカ南端で生き延びた”、日経サイエンス、pp. 41-48、2010年11月号。(原文は、“When the sea saved humanity”, *Scientific American*, July, 2010)
 - 22) ガストン・バシュラール著、及川叡訳: 『水と夢』、第 8 章、pp. 239-240、法政大学出版局 (2008年)。
 - 23) Wikipedia: “初期のヒト属による火の利用”、pp. 1-8、<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%88%9D%E6%9C%9F%E3%81%99>... (2012年 1 月12日現在)
 - 24) 金谷治編: 『論語』、岩波文庫。
 - 25) ファインマン、レイトン、サンズ著、砂川重信訳: 『量子力学』、pp. 37-38、岩波書店、(1979)、(原書は、R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. L. Sands: “The Feynman Lectures on Physics Vols. I, II, III”, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Mass. 1965)
 - 26) R. D. フィールズ: “脳の隠れた主役 — 学習と白質の意外な関係”、別冊日経サイエンス、166、pp. 54-62、2009年。(原題は、R. Douglas Fields “White matter matters”, *Scientific American*, March, 2008.)