

ガラスのなかの記憶構造

松尾 美希¹

東京大学大学院理学系研究科

1 「記憶」から何を感じるか

今回催される動的システムの情報論には、わざわざサブタイトル「記憶と履歴」がついている。メインのタイトルである動的システムの情報論の持つ、悪く言えばなんでもあり的な危うさに比べれば、このサブタイトルはより具体性を持たせる効果を持つようにも見受けられよう。しかしながらその実態をプログラム表から見てみると、やはりなんでもあり的状况に直面していることに気づくのは本講演者だけではないはずだ。全ての対象は「記憶」との関わりがある、と言っても過言ではないのだろうか。

無論、それは少々乱暴すぎる結論である。例えば講演者が一同に会して「記憶」について語ったときを想像してみればよいだろう。そのときとたんに言語を共有していないことに気づかされるに違いない。すなわち、各対象についての記憶のリアリティのレベルは異なったものなのだ。しかしながらその違いを言明できる程には自明ではない。そもそも同じ記憶という単語で語られるほど、違うといえど共有している部分もあるのであり、そこを明確に分別できるほどの概念はまだ確立していない。それゆえ記憶について語ることは、すぐさま混乱状態に落ちかねないほどの不安定な橋を渡ることになる。

本講演者は、「記憶」の包括的研究が意味のあるものとして成立可能であると信じている。しかしそのときこのリアリティレベルの違いゆえの混乱は非常にやっかいなものだ。今回の講演ではその点を気をつけながら、「記憶」を包括的に眺め、その中でのガラスの記憶を考えることの意義を提示することを敢えて試みてみたい。

2 記憶への試論

まず出発点として、一般的と思われる所からの「記憶」の使用法を見て行きたい。そこで広辞苑による「記憶」の記述を見てみよう（見やすくするために講演者改編）。

1. 生物体に過去の影響が残ること
2. コンピューターで、必要な情報を保持しておくこと
3. 将来の行動に必要な情報をその時点まで保持すること
4. 過去の経験内容を保持し、それをあとで思い出すこと

この4項目を見てどのように感じるであろうかは人によるであろうが、少なくともこの記述が我々の持つ素朴な記憶観であるということは言えよう（そもそもそれが辞書たるものである）。

¹E-mail address: miki@daisy.phys.s.u-tokyo.ac.jp

ただし4項目のうち4番目に関しては1から3とは別物としてみるほうがよい。実際4番目の働きは記憶よりも想起と呼ばれるほうが多い。さて、このような素朴な記憶観は実際6・70年代にでの人工知能研究にモデルとして実装使用されている。ここでそのモデルの実態である情報貯蔵型記憶モデルを見てみよう。モデルにおいては、まず外部から入力された情報は分析器を通じてコード化される。コード化された情報は短期記憶貯蔵庫に移送されて保存され、その後その内容によっては分類・体系化されて長期記憶貯蔵庫に保存される。情報必要な場合には貯蔵庫内を検索して抜き出し、再び分析器を通してデコードして出力される。以上がモデルの概要であるが、このモデルが人工知能のモデルであることは、先の4項目のうち1から3が一致していると主張することに他ならない。それがモデル中の入力から貯蔵庫への矢印であらわされた働きであり、4の想起は貯蔵庫から出力への矢印であらわされている。このようにこのモデルでは、記憶が下向きの矢印、想起が上向きの矢印として表される。

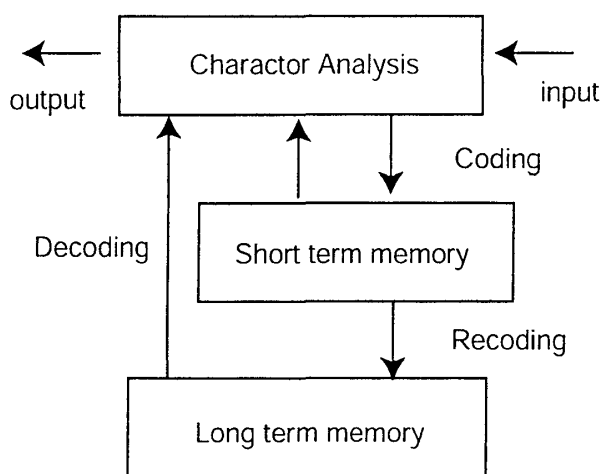


図 1: 記憶貯蔵庫モデル

さてこのような記憶観は、その後の人工知能の研究の失敗により、現在では不適当であることがしきりに主張されるようになった。ここではそれら主張を見直すことはしないが、我々は代わりに物質の記憶という立場から懷疑してみたいと思う。

Landauer らの計算の熱力学の議論をここではまず認めよう [1]。彼らの議論によれば、ものすごく単純な物質の記憶（二重谷メモリ）が記憶の基盤であり、コンピュータの記憶はそれをちよつとばかりうまく使用したものに過ぎない。（以降、うまく使用した意味での物質の記憶を「履歴」と呼ぶ

ことにする）。ならば先の記憶貯蔵モデルは、履歴＝生命記憶という立場に立って構成されたものということでもある。これは単純で簡潔な話の流れである。記憶のあるなしは、相空間の分割のあるなしで完結され、記憶のないものといったら自由気体が粘性物質程度のものであるということだ。さてこうなってしまうと、系の記憶と想起を物理概念として捉えるのは容易である。系に対して外から与えられた情報が、系の落ち着く谷の場所という形で外で記憶され、また系に摂動が与えられた場合にはその蓄えた谷の場所が影響して応答が変わるという形で想起される。しかし果たして、このようなことは自然発生的に容易に起こりうることであることから考えても、記憶と想起と呼べるものなのだろうか。例を挙げよう。結晶の成長過程においてしばしばその成長過程を閉じ込めた結晶年輪が形成され、またできた年輪は次の成長過程に影響を与える。これはそれぞれ記憶と想起と読んでいい代物であることは、履歴＝記憶という立場からは認められることである。が、そうなのであろうか。ここで生物は偉いから記憶などと考えるのは愚の骨頂であるが、かといってまともに答えることもそう簡単ではない。つまり生物か非生物かの境界の決定というのは非常に難問であるが、それと同等なほどに記憶と非記憶の境界は悩む所なのである。履歴と記憶に差異はどこかにあ

るのか？、どこにあるのか？。…このような議論をするのはしばしば不毛な状態に落ちかねない。しかし今回はその辺りの講演者の個人的見解を取って述べることにしたい。結局、ガラスを考えることの魅力のひとつは、その周辺につっこむことであるだ。

物質と生命、もしくは物質と精神という古来よりの二元論は、実は履歴と記憶という二元論にもそのまま焼き直すことができる。このような二元論は、時には一元論が支配的になりながらも常に強き反対勢力として存在する。19世紀末から20世紀初頭にかけて、精神物理学という名で精神への接近が試みられた時代にも前述の記憶貯蔵モデルのような履歴＝記憶の一元的モデルが唱えられたが、この時代に取って履歴／記憶二元論を唱えた人物がいた。ベルクソンである。ベルクソンと言えば著作「試論」において、持続と呼ばれる高次の時間概念の存在を提唱し、その持続を基盤として物質に相対する精神世界をとらえようとした人物として著名である。そして「試論」ののち、持続概念を昇華していく上でどうしても記憶の分析が必要になったようだ。ベルクソンが記憶分析へと進んで行ったのは自然な流れである。彼の思想基盤である持続は、分割不能な異質的連続性で特徴づけられ、この異質的連続性は過去と現在という時間の間の相互作用：時間的遅延によって生成されるからである [2]。この相互作用のことを、正に我々は記憶と呼んでいる。履歴／記憶という二元論思考は一見すると生命の記憶は偉いという単純な生命賛歌に聞こえなくもないが、彼の場合にはそうではない。彼の、記憶の記憶たる所以を確かめるための履歴と記憶の境界に関する分析的思考は、自然科学者のそのように単純なものであり、それゆえに履歴と記憶の境界の思考を見るべきものがあるのである。ベルクソンは著作「物質と記憶」において言っている、－記憶はまさしく精神と物質の交差点をあらわしている－ [3]。

例として彼の純粹知覚論に用いられているアナロジーを引用しよう [3]。彼は高度有機体の知覚の特徴を捉えようとするのと同時に、未発達な有機体の持つ知覚を議論する。原生動物や棘皮動物が例として挙げている未発達有機体は、彼にしてみれば条件反射のような機械的応答しかしないものであるが、より高度な動物はそれとは知覚の形式が異なるというのである²。その形式は精神の自由性により不確定で錯綜したものといえる。彼はそれを光を屈折する媒体というアナロジーで表現する。図2上は未発達有機体の知覚形式である。ここで外部から照射された光＝情報は、身体内で生成される不確定性により屈折という形で歪められる。しかしここにおいて真

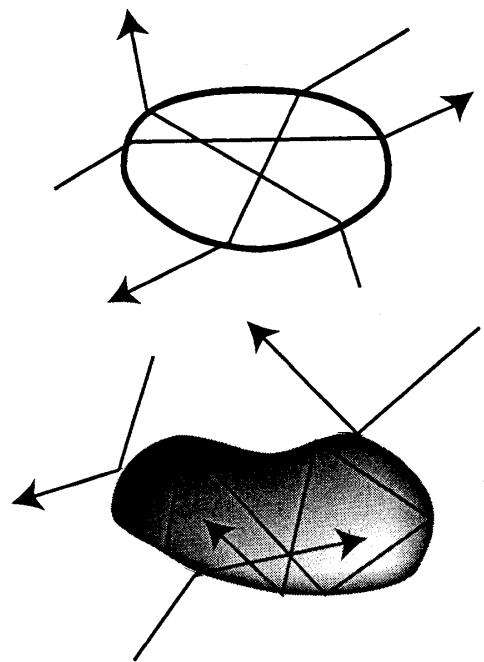


図 2: ベルクソンの生命/記憶モデル

²ただし現代ではいわゆる下等動物であっても簡単に理解できるものではないことはわかっており [4]、彼のいう未発達の知覚と高度な知覚は、むしろ非生命と生命の境界であると思っておいてよいと思われる。そこで我々は、彼のいう純粹知覚から離れた高度の知覚を、むしろ生命の記憶形式の生成と考えておきたい。

の精神は生じていない。高度有機体の知覚形式は図2下で表される。ここで外部からの光は、身体において選択的に、時には全反射的に反射され、また時には内部に取り込まれて経巡る。この反射によって浮かび上がる蜃気楼のようなものの内部では、選択的に取り込まれた過去と現在の情報が同時にいあわせ、相互作用する。そしてこの相互作用こそが現在のリアリティーを形成するというのである。この相互作用のことを彼は記憶と呼ぶ。すなわち図2上から下への変化は、記憶の発生を示している。

ベルクソンの思考とは非常に率直なものである。実際上記モデルも一見ぎょっとするかもしれないが、実は非常に感覚に即したこと述べたに過ぎない。それゆえにそのまま信奉するのはよろしくないが、毛嫌いすべきではないほどの可能性も存在する。講演者がここで言いたいのは、彼が履歴/記憶の境界があることを認識していたが、それらが完全に断絶したものではないと考えていたことである。ベルクソンは表面上あくまでも二元論者であったが、単純な二元論者ではない。量的な連続性のなかで生じる質的転移として履歴/記憶の差異があるという思考が上記モデルからは読み取れる。現在認知科学の分野では意識の階層性ととも記憶の階層性が謳われているようであるが [5]、この中での履歴と記憶の間の第一階層を考える上で、ベルクソンの境界の思考は自然科学的でありながら非常にゆるやかなものであったがために手助けとなるのである。その程度だけ感じ取っていただき、ガラスの記憶形式へと話を移すことにしよう。

3 ガラスのなかの記憶形式

ガラスと聞いて人々が感じとる印象は、やはり無機質の硬い物質であるに違いない。窓枠に使用されているようなガラスに対する呼称として、この単語がしばしば使用されている事実が、この印象の原因であろう。しかしながら窓のようなガラスは、強いガラスと呼ばれるガラス系のークラスの成員であるに過ぎない。ガラスというクラスの中にはもっと奇妙な性質を持つものがあり、それらは硬いというよりもむしろ”ぐにゃぐにゃした”扱いにくいものである。前者は強いガラス、後者は弱いガラスと呼ばれている。図には Angell による強いガラスと弱いガラスの標準的分類方法を示しておく。これらが同じ呼称を持つことは、これらの製造法が同じであるということ、およびこの分類法があくまで80年代というかなり最近に提唱されたということが大きな理由であるが、これらの二つが全く異なった性質を持つとの認識は重要である。図を見るかぎり、パラメータに対する依存性が直線的であるか曲線的であるかの違い程度に見られようが、この違いが熱力学が容易に適用できる対象であるかそうでないかを表しているとも言えるのだから強調しすぎではない。ただしこの分類はあくまで経験的な見分け方である。熱力学的にも統計力学的にもそれらを同定する形式が未だ確立されていないのだから（特に弱いガラスに関するもの）、正確な分類があるわけではないのである。ただとりあへず、物質成分に対して、強いガラスの代表例は珪酸のような無機成分系によるもの、弱いガラスの代表例はトルエンのような有機成分系によるもの、ということを知っておくことは、その分子的秒描像を持つためにも有用である。弱いガラス系は内部自由度との干渉が大きい、ぐにゃぐにゃした系だと思っておいてよいだろう。ちなみに近年のガラスに関する様々な研究と問題は弱いガラスに関するものである。

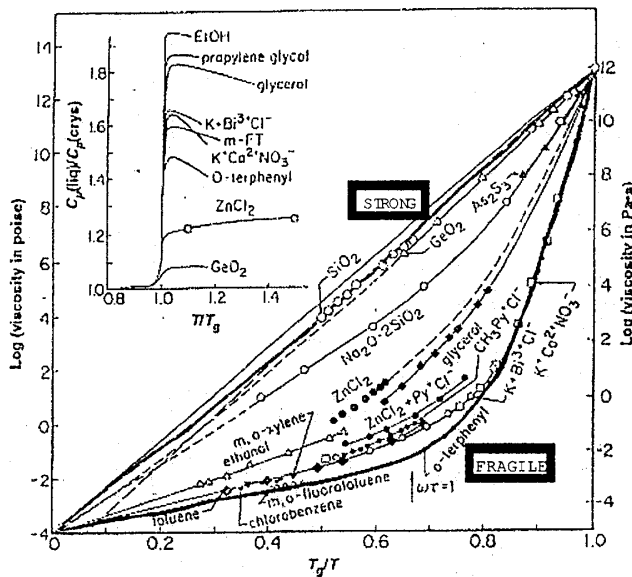


図 3: Angell Plot

さて、このガラス系が興味深く厄介なものである原因は、正に「記憶」を持つことができるゆえである。無論ガラスの持つ記憶が、いかなる意味で記憶を持つかを述べなければ、この言述は全く意味を為さないことは前節までで述べた通りなので、これらの記憶の形式をこれから見て行きたい³。強いガラスと弱いガラスの分類に対応して、それぞれの系における記憶の意味合いも異なってくる。まず強いガラスであるが、この系においては急冷してガラス転移を迎えたとき、その転移点での熱力学的状態変数を擬似変数 (fictive variable :

変数というより定数として振舞う状態変数) として蓄え、以降その変数の値を有用なパラメータとして、系は熱力学的に振舞うようになる。この体系は、形式的には熱力学の単純な拡張なので、20世紀初頭から理論的にも取り上げられている。一方、弱いガラスの方は、先に述べた”ぐにゃぐにゃ”のために形式的に捉えることが難しく、現在でも議論の種となっているものである。ちなみに講演者はこれまで、この弱いガラスの持っている「記憶」を明確に特徴づけることを試みてきた [6]。その結果、弱いガラスの持つ記憶の性質が次のようにまとめられるものと結論された。弱いガラスを最も理想化したものは、非線形記憶作用を持つ Shwinger-Dyson 方程式で記述できる。この記憶作用は転移点を越えた所では決して無視することのできない効果を持ち、無限過去の影響すらも現在の状態に影響を与える。この記憶作用は、外部からの影響が与えられない場合には現在の状態と相互作用して、平衡熱力学的にはありえない状態への分岐を生成する。またこの分岐は外部からの影響に対して弱く、外部摂動によって分岐崩壊を起こして再び別の分岐を生成することもある。この分岐生成こそが弱い記憶の表現形式である。

弱い記憶の形式が強い記憶と全く異なる所は、熱力学的世界からの逸脱した形式だということである。それはすなわち記憶貯蔵型モデル、そして計算の熱力学による記憶とは軌を逸することを意味する。そしてこの記憶は、無限の過去を絶えず参照することによって成立しているのである。講演者がベルクソンを引用した理由はここにある。このような時間の分断不能性はベルクソンが掬いあげようとした時間の一性質でもあり、過去と現在が織り成すリアリティが、原初の形態としてここに現出しているのである。このことから考えても、ガラス転移は単なる相転移現象として片付けられるべきものではないと思われるのだ。

³近年話題となっている記憶効果 (Memory Effect) と呼ばれる特定の現象とは別物を問題にしていることに注意。ここでは ME には触れない。

4 余韻

本講演ではガラスの記憶を考えることの意義を、記憶の包括的研究の中での位置を見定めるという立場から見直した。記憶というのは決して履歴 / 記憶の二分論で考えられるものではなく、その段階構造を主眼におくべきものであり、そう考えるとガラス転移はその一段階を登ることのできるひとつの現象である。このステップにおいて獲得される興味深い性質のひとつは、過去と現在と無限の経過を経ても切り離せなくなることであり、それゆえにガラス転移は単なる相転移現象とは言えないものである。

ベルクソンに頼らずとも、我々は時間の分断不能性という特徴的性質を不断に経験している。例えば、ある対象をできるだけ詳細に記述したいと思ったとき、その記述が次々に時間の退行を引き起こしてしまうことはないだろうか。歴史作品と呼ばれるものはそのような性質がある。歴史は記憶を基盤としてもつ現象であるために、ある出来事を描こうとしてもその本質を描こうとすると次々に退行して長大化する。それに対して作品として成立させるためには、必ず「区切り」という行為を行わなくてはならない。しかし区切りは歴史の無限退行性と矛盾しているがために、その作品から本質を散逸させ物語化させることになりかねない。ここにおいて歴史が作品として十全に成立するためには、開放的に成立させる＝区切るべき場所を見定めることが肝要となる。このように、記憶と歴史、ここに立ち入ろうとすることは、区切ることをなんらかの形で解消させる手段を欲してやまないものである。それに対して理想的なガラスを対象とすることは、その点の厄災を免れている。非線形記憶の記述は、ある部分で区切るという行いをしているが、またある部分では区切ることを完全に諦めてしまっている。こうして諦めた結果残った記憶が、たまたまガラスの場合にはそのまま現象として現出しているのである。記憶そして歴史において特徴的な、区切ることができないという性質を最も明確に体現しているのが弱いガラスであることは、講演者個人のガラスへの想いの一つの理由であり、また区切る部分と区切ることができない部分が混在化された歴史という対象への興味を引き立てるものである。

参考文献

- [1] ファインマン計算機科学：A. ヘイ、R. アレン編、岩波書店.
- [2] ベルクソンの哲学：檜垣立哉著、頸草書房.
- [3] 物質と記憶：アンリ・ベルクソン著、白水社.
- [4] 講座：生物物理 - 生物を物理に、そして再び生物に：大沢文夫著、パリティブックス.
- [5] 意識とは何か：宇坂直行、岩波科学ライブラリー.
- [6] 東京大学大学院総合文化研究科2002年度提出博士論文：松尾美希.