

脳：永遠の不確実性との共生

脳（細胞演算装置）の知識処理構造・特性を考察する；
人間の行動は如何にして決定されるか
（GOMS 理論を日常行動に適用する）

脳：永遠の不確実性との共生

脳（細胞演算装置）の知識処理構造・特性を考察する；

人間の行動は如何にして決定されるか

（GOMS 理論を日常行動に適用する）

Examination Of the Human Brain work ；

How is the Human Action decided？

（ Extended GOMS Theory For The Everyday Life ）

システムアーキテクト

豊田 誠

Ver. 1.0

デザイン：友光 彰

推薦のことは

研究の方法として、分析的なアプローチと構成的なアプローチがある。分析的なアプローチは、20 世紀の科学研究の主流であり、客観性、一般性、反証可能性を追求するものであり、学問領域の細分化をしてきた。分析的手法の特徴は、無目的論的、要素還元的、局在論、静的、視点の固定、決定論、単純系、線形というところにある。しかし、このような特徴を内在する手法では、現実世界での問題を解決することはできない。すなわち、解決するためには、分析的手法で解明された個々の科学知識だけでは不十分であり、形成された多様な要素知識を幅広く統合し、必要な現象を再現・制御していく手法が必要なのである。

この手法は、構成的手法と呼ばれる。その特徴は、分析手法とは対照的である。すなわち、目的論的（⇔無目的論的）、関係的（⇔要素還元的）、全体論（⇔局在論）、動的（⇔静的）、視点の多様化（⇔視点の固定）、創発（⇔決定論）、複雑系（⇔単純系）、非線形（⇔線形）という特徴を有する。しかし、構成的手法による研究を進めるのは非常に難しい。広範囲の物事を詳しく知っていることはもちろん必要である。それらは分析的研究によって得られている知見である。しかし、知っているだけでは十分ではない。それらを、研究の目的に合わせて、集積された既知の知識を集約する新たな視点を自ら決定することが必要である。そして、関連する要素を視野にいれ、それらを同時に考慮することから生じる関係性（それらは動的に変動する）を考慮し、その結果として生じる非線形な複雑系を適切に扱うが必要になる。

「脳（細胞演算装置）の知識処理構造・特性を考察する；人間の行動は如何にして決定されるか（GOMS 理論を日常行動に適用する）（表題 脳：永遠の不確実性との共生）」と題されたこの論文では、コンピュータシス

テムを対象として、それをいかにして構築するかということが、人間の認知プロセスに関する研究との関連をつけながら述べられている。すなわち、近年の脳生理学、ニューラルネットワーク、人工知能等の人間の脳の知識処理に関する研究の成果を参照し、それらをこの目的のために集約し、従来の分析的手法の成果である知識合理性による推論方法とは異なる、現実的な生命機構での制約条件に適合した人間の行動下での認知プロセスとしても有効性を持つ知識処理モデルを構築し、コンピュータシステムが備えるべき要件を導き出している。まさに、コンピュータシステムの構築手法の確立を目的とした構成的手法に基づく研究を実践しているといえる。

提案されているアイデアには、従来の分析的手法により解明された多くの知見が集約されているが、本論文では、コンピュータシステムの構築手法の確立という目的の観点から、さまざまな分野の知見の重要な部分が適切な詳細さで記述されており、アイデアの全体像を容易に把握できるように工夫されている。情報科学分野における構成的手法の実践の仕方を具体的に示した優れた仕事であると思う。一度読むだけでは、理解しにくい部分もあるかもしれないが、繰り返して読むことにより、本論文に埋め込まれたアイデアのネットワークが読者のところにも形成されるはずである。ぜひ、納得のいくまで、読んでいただきたいと思う。

2006年9月15日 北島宗雄

謝辞

この論文の執筆にあたり、産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門ユビキタスインタラクショングループ研究グループ長北島宗雄氏には大変な協力を頂いたことをここに報告させていただきます。

北島氏は、労を惜しむことなく、自身の忙しい研究の時間を割き、この論文の査読を行い、適切な助言をする等の支援をしてくださいました。これらの一連の助力に、心から感謝します。

目次

推薦のことば 5

謝辞 7

序 認知科学の視点から日常生活下での脳の動的実行能力を考察する
(非線形モデルへのアプローチ) 11

趣旨 12

はじめに 17

1 章 宇宙進化の過程から形成された人類の環境制約と基本的性質 25

1.1 まえがき 26

1.2 情報科学の学問的な位置づけ 26

1.3 関連研究分野が明らかにしたもの 36

1.4 生命全体の体系を包括的に捉える新たな概念 48

1.5 まとめ 50

2 章 脳システムの構造とそれが生み出す性能特性

および言語の本質の検証 61

2.1 はじめに 62

2.2 脳システムの基礎構造について 62

2.3 脳システムのコンピューターシステムとしての構造について 65

2.4 脳システムのソフトウェアの仕組み 71

2.5 脳システムの形成過程(成長)について考える 83

2.6 許容時間の制約条件下で脳システムの性能について考える 89

2.7 意識のズームレンズ(認知ボックスの連鎖) 105

2.8 場(暗黙知)の中の一つの要素としての個人 106

2.9 人の多様性について

(環境制約下で許容されたバラツキの帯域) 108

2.10	人間にとっての言語を考察する	109
2.11	意識脳と無意識脳の対話を身につける	117
2.12	まとめ	118
3章	日常生活の中で脳システムがどのような仕組みにより 意思決定を行っているかということに関する考察	121
3.1	はじめに	122
3.2	行動の目的的非線形階層性と意思決定の論理と基準	123
3.3	経験の評価の仕組み（幸福感）	125
3.4	脳に形成される線形的階層とその間の非線形的結合の形成を 考察する	130
3.5	人類の社会システム形成が脳の階層構造に及ぼした影響に ついて考察する	134
3.6	日常生活の目的の設定の仕組みの概要	142
3.7	人間の生態構造と現代の社会システムとの関係に内在する 問題	145
3.8	まとめ（脳の世界を COMPUTABLE（演算可能）にするための 方法：求められる他の研究分野との協力）	170
補 A	情報科学の今後の課題	175
補 B	参考文献一覧	199
付録：私論	日本人的特性を表出する脳の仕組みについて 具体的事象に本理論を用い解明を試みる	203

序

認知科学の視点から日常生活下での
脳の動的実行能力を考察する
(非線形モデルへのアプローチ)

趣旨

このレポートは、ACM の SIGCHI の会員である私と AIST のユビキタスインタラクショングループのリーダー Ph.D. 北島宗雄が、人間の脳の働きを情報処理機構モデルとして考察する方法論を議論して行く中で私が話題にした、動的環境下での脳の知識処理モデルとそのメカニズムについてのアイデアに対し、Ph.D. 北島がその視点の新規性と有効性を評価し、Ph.D. 北島からその全体像を体系的に整理して公開することを勧められ、記述したものである。

一般に、新しい概念の創出は、多くは、以下の 4 つの過程を経て進む。

第一段階（～10%の完成度）

特別な才能を持った先駆者が独自の視点で新しいものの見方を考えだす

第二段階（20～40%の完成度）

ごく少数の才能に恵まれた集団が新しい概念の可能性を共有し、第一段階で生まれた固有の概念を体系的に整理する試みを始める

第三段階（60～70%の完成度）

第二段階で構想した概念を立証するのに必要な重要な問題点の解明に努める

第四段階（80～90%の完成度）

第三段階で完成した基本概念に対し、より詳細な解明と説明不能な問題・矛盾点の解明に努める

脳の研究は、今、まさに第二段階と第三段階の中間にあると言って良いであろう。ここでは第二段階の成果を詳細に検討し、その統一的再整理をする。そして、それを元に、もう少し踏み込んだ形で、第三段階への橋渡しとして役立つアイデアを提供できれば良いと思う。

Ph.D. 北島は研究者として、私はシステムアーキテクトとして、情報科

学の中でも認知科学と呼ばれる分野に多くの関心を持って仕事を続けてきている。認知科学は、人工知能研究が進められていく過程で、人間の意識行動のモデル化についての研究部分が発展分離し形成された。情報科学は、人間の実社会を情報写像空間として動的な知識処理モデルにより再構築することを大きな目的としている。その為、その最も重要なテーマとして、必然的に人間（脳）の働きの全体モデルを考える目標に挑戦している。

そこでの理論構築の基本的姿勢としては、動的な仕組みに重点を置き、その行動の動作構造の解明を目指し、そのために、人間の一連の行動は、その行動の目的、それに関係する存在、それを処理する方法等の構造で、意識だけでなく無意識も含む広い範囲で認識（認知）されることで実行されて行くというアイデアを基礎とした。それが基になり各種研究が進められ、人間の脳の知識処理のおおよその働き方が解明体系化され、認知科学として定着した。そして、その研究者の努力の結果、得られた成果が、1980年代以降に多数の論文として次々と公表されてきている。また、現在、その研究対象は広がり、関連研究領域である心理学、生命科学、脳科学等と問題領域を多く共通するようになっている。

現在、まだ、進化、生命の成り立ち、人間の機能等について、探求すべき大変多くの問題が残っている。しかし、私の理解する所では、各々の分野の研究者が目指す目的・アプローチ・方法論には相違があるが、全体の大きな枠組みとしては、漠然とした共通概念が形成できているように思う。

これまでの研究成果には、それ以前に常識として受け止められてきた人間・社会に関する考えを覆すものが多く見受けられる。例えば、人間の行動特性について、認知科学の研究で得られた結論は、確定的なものでは無く、経験的でプロセス的で、状況・環境に本質的に依存するというものであった。具体的な例としては、今まで、多くの人々が、言葉の存在に大きな意味を持たせ、言葉の定義に重きを置き、その完全な伝達をもって行動が完遂することを期待してきた。しかし、現実での体験は、この期待に対し、多くの疑問を投げ掛ける。実際は、伝えられた言葉（知

識)が言語の文法的使用法、辞書の意味として正しくとも、現実に行動を起こすときの判断は、受け止めた側の人間の過去の経験に強く依存してなされる。その結果、伝えた側の意図する意味とは異なった伝えられた側の行動を目にすることになる。このような場面を、多く人々が体験するのである。

このレポートでは、出来るだけ他の分野の最近の研究成果にも注目し、現在の情報科学、認知科学の脳の働きの研究成果を、私なりに整理し、もう一度、自分、そして、帰属する社会システムを考え直すことの必要性を提言するとともに、その研究成果の利用のアイデアも述べてみたい。

読者対象

このレポートは、情報科学の分野の研究者だけでなく、広く、人間・社会の問題に関わる研究者に読んで頂くことを念頭に記述した。本論で述べる、人間の動的行動特性は、現在、説明が困難とされている問題の幾つかに解決のヒントを与えうると考えられる。その為、多少、情報科学の専門家には不要な説明が多いと感じられるかもしれない。その点は、許容して頂けたらと願う。

記述方針

私のシステムアーキテクトというポジションが研究者と異なるのは、ある程度の有効性が認められれば、厳密な解を追求することを目指すのではなく、まずは、近似的な具体的全体モデルを構築し、改善をしながら実用に供することを目指す点にある。また、実用システムである以上、動的なモデルであること、対象時空間を人間の現実的行動範囲に置くことが求められることになる。その大胆さを大切に、失わないように理論を構築する。神経細胞という単純な素子から、どうすれば、今の人間の行動が導き出されるかを、現在解明されている事実をキーに統一的体系的に理論立てる。一つの全体的実現手法が確立出来れば、真実の解を見つける大きな手掛かりになるであろうと信じる。

ここに書かれた内容は、私がシステムデザインの仕事の為にリサーチ

してきた多くの関連分野での研究の成果の中から、概念レベルで構造的認識の共通性、連関性を見出した考え方を私流に整理して取り込んでいる。当然、参考にした分野での言語表現は、分野毎に独自に生まれたものであり、同じ言語表現でも、ポジションの違いから各々にニュアンスの違いがありえる。しかし、私がその言葉の意味するものに概念的共通性を持つと考えれば、細かい違いにこだわらずにこの話の中で共通用語として使用し、文章全体で、統一的な仕組みへの理解が得られれば良いと考えて用いている。

現在、宇宙は、本論で記述しているように組織化非平衡状態での散逸構造の仕組みで成立した複雑系としての存在と捉えるようになってきた。生命社会も、そのさまざまな複雑系としての多様な影響を受けている。また、そこでの存在は、同様な種類のものでも、その成立過程の違いによる影響を大きく受けて例外的なものが多数共存している。しかし、ここでは、最も重要な役割を果たしている流れを理解し易くする為に、全体への影響の大きいものを主体に、実用的に有効な説明が行える範囲で話を進める。

現時点では、本論で語られる話は、詳細な各種理論から帰納的に構築することは不可能である。その為、まず、現在判明している事実を基に、今までの情報科学でのシミュレーション実験による経験と知識を参考にして、各種の制約条件を満たす機能モデルの想定を行い、常識的な判断が得られる範囲でその有効性を演繹的に検証する。さらに、それらの有効なモデルを組み合わせていくことで、全体の動きに適合する複合モデルを演繹的に構築し、その複合モデルにより生命社会の説明を試みる。

もう一つ、このレポートの話には特徴を持たせている。この話の関連分野は非常に広く、また、現状では、一般的な常識的知識分野にあるとは言いがたいと理解する。それ故に、読まれる方が、考えを検証していくことが容易に行えるように、取り上げる証明を参考文献一覧に掲載した限られた書籍類を読むことで理解ができるような範囲で証明を進めていく。

参考文献は、各々の分野で、出来るだけ新しい包括的な解説書で内容

が充実しているものを選び、適当なものが見つからない場合は、古いものの中から、現在でも有効なものを、私なりに選択した。詳細に知るには、その中のリファレンスから、さらに、追って行くと良いと思う。

全体の構成

本論は、以下の項目に分けて記述する。

- ・はじめに （このレポートで最終的に理解して欲しい主要な概念を提示する）
- ・ 1 章 宇宙進化の過程から形成された人類の環境制約と基本的性質
- ・ 2 章 脳システムの構造とそれが生み出す性能特性および言語の本質の検証
- ・ 3 章 日常生活の中で脳システムがどのような仕組みにより意思決定を行っているかということに関する考察
- ・ 補 A 情報科学の今後の課題
- ・ 補 B 参考文献一覧

はじめに

このレポートは、人間の知識処理に関する全体像を描き出す為に、人間を取り巻く環境、脳を中心とした人間の知識処理機構の生成と構造、人間の行動特性等の広い範囲に渡り、それぞれの場での主要な振る舞いとそれを生み出すフレームワークを取り上げ、その動作の仕組みを説明している。また、それらのフレームワーク間はどうような関係にあり、時間の経過と共に相互にどのように影響を与え連鎖しているかを示し、全体的に循環的場が形成され変化をする姿をできるだけ多面的に捉え、各種環境の場でそれぞれの状況に応じ現れる現象の動きを推測することが可能となるようにと試みている。

これから読まれるさまざまな広範囲に渡る視点から語られる個々の話を関連付け構成し、最終的に、人間の行動を形付ける主要な構造と動きの全体像を把握できることを容易にするために、最初に、簡単に私が伝えたいと思う主要な概念的統一的テーマを提示しておきたい。そうすることが、この複雑な構成のレポートの個々の記述を常に総体的イメージを思い浮かべ位置づけ、結果的に全体構造を構築しながら解釈を進めることを可能ならしめる上で効果的であろうと思う。

第一の理解して欲しいテーマは、我々人間の生命社会は、さまざまな異なる時空間の層（相）が作り出した複雑系に組み込まれ、その構造は非線形的関係をなし、要素は離散的分布状態で存在する性質を持つことである。従来の学問の多くは、事象の原因を出来るだけ限られた原理・法則に還元し示し、理解を容易にしている。そこでは、現実的には非線形的な関係も、安定的に観察される関係であれば（多くは、それを普遍の関係と信じて）線形近似し、還元的であるかのように語られている。そのことは、あたかも、人間存在が線形的に進化しているような錯覚を起こさせている。しかし、本来は、生命体の行う知識的処理は、その存在する複雑系環境の性質の強い影響の基に行われ、非線形的遷移をたどっている。ヘーゲル哲学の唱える弁証法の「アウフヘーベン（Aufheben）」（止揚：今あるそのものとしては否定するが、要素的本質を保存し、より高い段階に再構成する。矛盾する諸要素を、対立と闘争の過程を通じて

発展的に統一する。) と言う発展的概念説明等は、人間の社会進化のこの性質を言い現す良い例だと思う。最近、宇宙の状況を CG で理解しやすく表したもので宇宙の果てから地球に向かい突き進んで行く映像があるが、これを見れば解るように、宇宙は、多数の銀河群、銀河系、太陽系、地球系のそれぞれが時空間的に規模の異なる循環的動作階層をなしていることが見て取れる。同様に、地球上のガイア機構も時空間的循環規模の異なる多様な層（相）で構成されている。生命体内部も同様に器官間、細胞間、要素間循環層が形成されている。ビックバン宇宙論が示したように、我々の宇宙は時間変化の上に相転移を繰り返しながら形成してきている散逸構造であることを Ilya Prigogine らが証明した。散逸構造理論は複雑系の科学の根幹をなす理論で、宇宙を理想的な均衡した相対的場ではなく、我々が住む地球がおかれた現実的な環境である熱力学的に非平衡定常状態で開放系の場合（大局的に安定的にゆっくり変化）として捉える。このことにより、我々が、時間の流れの中で、不可逆な散逸過程のもとでの自己組織化が行われる中で常に動的に変化をしつづける存在であることが明らかにされる。

このことの中で我々が社会を考える上で最も重要視しなければならないことは、複雑な要因のバランスでなりたった安定と言う存在についてである。Ilya Prigogine が「ゆらぎ」による秩序形成で述べているように、安定的秩序は各種の時空間の「ゆらぎ」の影響に晒されている。安定した時空間系の僅かな「ゆらぎ」も、時空間の規模が大きく異なる次元にとっては大きな影響をもたらす。太陽系の「ゆらぎ」は、地球の気象変動を引き起こす。我々人間社会の安定と称する状態は、点ではなく幅を持った帯域存在なのである。

もう一つの重要なことは、安定点（帯域）は離散的に存在することである。例えば、人間が安定的に動作を継続することが可能な状態は、脳の処理能力、体力消費量、作業の複雑さ等のバランスから、静止状態（休息、制約のない状況）、歩行状態（複数の動作を関連して行うことが可能）、走行状態（単一目的に集中）の3つで、その中間の状態を安定的に維持することは困難な作業となる。このように複雑な条件下の安定点（帯域）

の解は、離散的である。当然、このように離散的安定状態を特性として持つ人間の作り出す社会の安定点も離散的に存在することになる。往々にして、人間は、複雑な社会問題に対して、その中の注目する一つの問題の解を見出すと、そこでの解が安定解と思い込むことが多いが、大概是、安定解はもっと少ない確率での存在となる。

上記の二つの性質を考慮すると、社会の変動は、比較的長い時間の変動幅の少ない安定期と、短い時間の大きな変動幅の移行期を繰り返しながら進んで行くことが予測される。また、多くの場合、その移行の合理的経路は直線的ではない。そして、現状が不安定化した時の、次の安定解は複数存在し選択的であることに注意すべきである。人は自身の主観的価値観に縛られ、解は一つであると思いがちである。これらの概念を認識することで、視野の拡大と思考の柔軟性が多くの人にもたらされんことを願う。

第1章に主な環境条件を説明した。この継承的制約条件の上で第2章、第3章の人間生命活動が行われていることを理解して欲しい。

第二の理解して欲しいテーマは、人間生命のライフサイクルを支えている脳を中心とした知識処理機構の非線形的多次元多階層構造の仕組みと性質についてである。近年まで、人間生命社会は線形で還元的（複雑な構造も優先的選択をもとに基本的に一意に決定される）であると考えてきた。もしそのようであるならば、前の主題の状況に適応して行くことは困難を極めることになる。人間生命社会は、継続的に引き継がれて行く基本的に安定的なエネルギー（情報、お金、モノ）循環網を形成している。その循環システムの構成者として人間の人生は、大きく三つの期間に分けられる。

- 生後、その循環システムの担い手として要求される能力を身に付けるまでの期間。
- その循環システムの担い手として働く期間。

- 老化等の能力の衰退によりその循環システムの担い手から離脱し死ぬまでの期間。

上記の最初の期間が完了するまでに、その時の循環システムに適応する能力を身に付けるわけであるが、循環システムは環境変動に対し調整的に変化を遂げ、必要な要件を変えている。これに人間が適応するためには、線形で還元的な考え方は遺伝子情報量を遥かに超える超大な情報量を求められ非現実的である。近代の研究成果の結果としては、前成説と後成説の両方が組み合わされたような経路を用いて実現されたとするエピジェネティック（遺伝子の活動にかかわる環境と連動した選択的制御機構）な仕組みであると理解するようになった。この知識処理機構の完成は、生後の脳の中の神経細胞のシナプス結合数の実行有効レベルまでの到達をもって一段落する。具体的には、線形的関係の成立する同一次元の機能レベルで構成される層（主要なエネルギー循環を形成する帯の写像）を何段階かで構成し（現実には長い時間の進化過程で積み上がり形成される）、その層間を環境状況に応じて非線形的に結合することで曖昧ではあるが柔軟な適応システムを築いている。人間の体内機構では、同様な仕組みが部分部分で、求められる機能に応じ適切な階層数で形成されている。人間個人としては、次の変移の仕方の異なる大きな三つの時空間で構成されていると考えて良いと思う。これは、親から子への情報継承の程度の違いとなる。

- 遺伝子が再現責任を負う変移に長い時間を要するジェネティック層
- 遺伝子による発現が環境条件で制御される変移が比較的長い時間を要するエピジェネシス層
- 個体形成後に外部環境から情報写像することで現環境に適合するポストエピジェネティック層

この三つの階層の結合は実際の身体的経験の過程で行われるのである。このことから、近年までは、人間知能発達に対しては、最終階層の言語論理主体の方式で進められてきたが、これには大きな問題があることが推測できる。これらの仕組みを、良く理解、思考して、意味のある経験的成長の遂げ方を見出して行くことが、これからは大変重要である。体験的な心身一体とした教育のあり方が求められているのである。そして、この方法は、常に時代の変化と共に再考して行くことが必要である。（【参考文献 28】を参照）

また、すでに、現在、これと同様な知識処理機構を組み込んだ知能ロボットが作られ、実用に向けて性能の向上が図られている。これらとの共存についても、十分に考えることが必要な時期に来ている。

この機構の理解のために、第2章の脳の基本構造の記述を中心に、第3章の働きの記述に渡り具体的な内容を記述しているので全体像を把握して欲しい。

第三の理解して欲しいテーマは、人間をクールに見つめ直し、生命体としてのその存在、特性を再評価し、生き方をもう一度考え直す時期にあることを知ってもらうことである。近代社会は、社会システムに科学技術を応用することで、その処理能力を飛躍的に向上し効率を高めてきた。このことは、人間の能力が進化したような錯覚を招き、逆に、人間自身についての評価を曖昧にしてしまったように思う。人間の生命としての進化の速度は非常にゆっくりしたもので、高々数万年程度では進化と呼べる程の違いは起きない。もともと持っていた第二のテーマで述べた環境変動適応能力が追従できる範囲で、知識量が増大した恩恵で社会システムが効率化できただけである。大分、飢えの恐怖からは遠ざかった気がするが、それで少しでも探し求める天国に近づいたとは言い難い。ようやく、この原因の解明に光を与える切っ掛けが、脳の研究の成果から見出せるようになったと思う。非線形多階層的知識処理の特徴が知れ、脳の能力が特定の限られた指向に対し上手く働くことが判明した。生産性の向上と言う一部の成功例をもって、人間の能力を拡大解釈し潜在能

力と呼び、誤解してきた部分を取り除くことが出来るのである。生命体は、進化の過程で、常に最善の努力と最大の能力の発揮をしてきたのである。現状の姿は、すでに、その最大のパフォーマンス（方向性の良し悪しは別にして）に最適化されているのである。

以下に、多くの人が思い描く人間の能力についての誤解と考える主要な点をあげてみる。

人間は、知識を駆使し自由な想像をする能力（言葉の組み合わせは自由）を持っている。このことは大変に素晴らしいことと思う。しかし、冷静に人間の自由度について考えてみよう。人間は自分の意志で総てを制御しているように思っているが、多くの行動は、寝る、食事する、働く等の進化の過程でスケジュールされた行為で占められており、行動の大半は社会習慣（既存のエネルギー循環）に沿った無意識的行動である。脳は、この処理を巧みに処理する。意思は、脳の自動判別不能な岐路に遭遇すると働きを求められる。社会習慣から乖離した行動は自身の生命の危機をもたらす可能性が高い。人間の自由度（意思の及ぼす影響の程度）は、現実のところ、ことの外低いのである。

人間の脳は非常に高い処理能力を持っていると思われてきた。これは、コンピューター等の人間の発明した演算機械を用いて人間の行動を再現しようとした時に起きる困難さから判断している面が大きい。これら機械は線形演算を基に還元的手法（高精度）で複雑系の問題の解決を行うことを前提としている。しかし、脳細胞が作り出す機能関数は、複雑系の作り出す現象を統計的に処理した近似的関数として働く。重要なのは、この時の精度はかなり低いものであるということだ。ただし、この低さは、人間の日常行動には大きな支障のない程度の範囲に収まる。

人間の社会の動きの予測の出来ない複雑さは、人間の複雑さの現れと思われてきた。しかし、前記の事実を思い浮かべれば、それが人間の処理の精度の低さからきていることに思い至る。精度の低い演算の結果は予測が難しく、結果はバラツキを示す。散逸構造の特徴である初期値鋭敏依存性の結果である。

人間の行動の複雑さの原因に、自律的面と手続き的面の混在がある。習慣的な行動は、手続き的で線形な動きである。環境変動に対しての適応は、自律的で非線形な動きである。両者のバランスの取り方が重要な意味を持つことになる。

最も重要な誤解は、人間の幸福感は、その存在の静的環境状態より、動的な体験から多くを受けることに対してであろう。今まで、人は環境状態の改善に注視してきたのである。実際には、優れた人類学者である Desmond Morris の幸福感を生む 17 の行為（第3章に記述）に示されたように、幸福感は人間種の動物的日常生活行動の中で得られ、その大きさは、その努力と結果の振幅に比例するのである。かつて、ヨーロッパの貴族階級に課せられて義務として *noblesse oblige*（能力のある者は、その恵まれた資質を社会に還元する事）と言うものがあった。これは、食べるに困らない豊かな人々が幸福感を得るための知恵でもあったと思う。すでに、現代の中産階級は貴族並みに食べるに困らない豊かな状態に達している。これから、人々がデカダンスに向かわずに心豊かに暮らして行くために、一般人も *noblesse oblige* に相当する知恵を現代社会は持つ必要があろう。

第2章に基本的仕組みを、第3章にその働きと特徴を主に説明をしている。

上記テーマを念頭に置き、後の本論に記述した具体的個々の話を読み、新しい自分なりの人間感を築いて頂きたい。

1 章

宇宙進化の過程から形成された 人類の環境制約と基本的性質

1.1 まえがき

情報科学は、当初から、人間の脳の働きについて考察し、その仕組みについての独創的な理論を展開構築してきた。その研究は、A.Turing により提唱され（【参考文献 1】を読みたい）、それを受けて、偉大な先駆者である M.Minsky、H.Simon、A.Newell 等が切り開いてきたといえる。そして、現在、情報科学の中で、特別に、脳の働きに関連する研究を認知科学と称し、大いに発展を遂げている。

同時に、近年、脳生理学や生命科学等の分野で脳の働きに係る実証的な研究が進み、色々な面から急速に人間の脳の構造とメカニズムについての解明が進んで来ている。さらに、Ilya Prigogine の散逸構造理論を契機として、地球の進化の過程で、その時の環境条件をどのように織り込みながら、生命還が現在に至ったのかを現実的な推測が行えるまでに、他の多くの研究分野で成果が生み出されてきている。

その結果、これまでの認知科学で考え出されたアイデアが、検証可能となってきたり、現実的に理論として有効であることが確認できるようになって来た。そこで、ここでは、最新の他の分野の研究成果を十分に考慮に入れ、もう一度、認知科学での人間の思考（脳）の仕組みについての理論を検討し、多少なりとも、現代社会の諸問題の原因を解明するために有効な考え方を、簡潔な仕組み（モデル）として整理して提示することを目指してみたい。

具体的には、人間の脳の認知プロセスに注目し、刻々と変動する環境下で、人間の行動に関わる意思決定が行われる状況を検証し、その動的メカニズムの解明と、そこで観測される特性を生み出している条件を推論して、より良い対応方法を提唱することを試みる。

1.2 情報科学の学問的な位置づけ

1936 年にイギリスの数学者 A.Turing に代表される先駆者が計算機の概念を提唱して以降、情報科学は、新しい学問分野として著しい発展を遂げてきた。そして、多くの問題に取り組み成果を上げている。

最初に、現代科学の総体的な研究状況を考察し、その学問体系上で情報科学がどのような位置づけにあり、どのような役割を担っているのかについて話をしたい。

近代まで、人間は、未開の地に神の子として舞い降りた全知全能を尽くす開拓者として扱われてきた。しかし、現代の科学が解明してきた人間という存在は、そうではなく、地球進化の過程において、全ての生命体は、有機的に結びつき、環境全体の変化はその有機的結合バランスが維持される条件を満たす中で進み、全体は相関的に成長してきており、その中で同様に進化してきた一存在と考えるべきものである。生命体の突然変異は良いも悪いもなく環境変化で多く発生している。しかし、それが生存し続けるには環境制約条件を満たしていることが求められるのである。人間が、そのような進化の結果としての存在である以上、情報科学の探究という作業も、正しい洞察を行い良い結果を得るためには、研究対象が環境から受けている制約や進化の流れで継承してきた性質を十分に理解していることが必要不可欠なのである。

1.2.1 関連研究分野とその時空間的位置づけを考える

まず、現代科学は、人間および人間を取り巻く環境について、どのような体系で解明を進めているかを考えよう。そして、その中で、情報科学は、人間に関する諸問題の解決に対して如何なる役割を担っているかを簡潔に考察してみたい。

我々自身の住む宇宙への科学的探求は、宇宙全体を統一的に思考することを目指したギリシャ古典哲学から始まると思って良いであろう。そして、そこから始まる多くの思考経験の積み重ねの結果、その巨大さと複雑さを克服するために、幾つかの構造的な基軸を設け、研究分野と呼ばれる複数の目的別集団に分けて探求を進めるに至った。研究の対象を体系的に様々な視点・目的で設定し、それぞれの研究結果を多面的に見ることで、全体像をあぶり出すアプローチを取ってきたことになる。その経験的に分離した主たる研究分野を眺めてみると、おおよそ、時間、空間、研究対象の3要素の組み合わせとして体系化されていることが分

表 1. ここでの話に関係する研究分野と位置づけ

研究分野	時間	空間	中心的 オブジェクト	研究の目的
宇宙科学 (超ひも理論)	宇宙の歴史 1 5 0 億年	宇宙全体	宇宙の全物質	宇宙の成立ちを 探求する
生命科学	生命の歴史 3 5 億年	地球全体	全ての生命体	生命の成立ちを 探求する
心理学	人間の寿命	個人の活動 範囲	人間	人間の心の動き を解明する
脳生理学	人間の寿命	個人の活動 範囲	人間の脳	脳の仕組みを解 明する
経済学	人間社会の 歴史	社会全体 家族 個人	人間社会	人間社会での経 済活動の合理的 仕組みを解明す る
社会学	人間社会の 歴史	社会全体 家族 個人	人間社会	人間社会の歴史 と構造を調べ、 合理的仕組みを 考える
情報科学	現在 未来の予測	社会全体	人間および人 間により構成 された社会	より良い未来の ために現在の仕 組みを解明する
複雑系の科学 (散逸構造理 論)	宇宙の歴史	宇宙全体	宇宙の全物質	宇宙を構成する 非常に複雑な関 係の中に現れる 現象を時間的進 化軸の上で数学 的に解析する

1.2.2 情報科学の研究対象とその手法の独自性

従来の学問分野は、最初に、経験的な情報からの洞察により問題となる研究対象と目的の範囲を定め、そこで観察される現象から解明に有効な手段を探り出していくという手法で、研究作業を進める。あるいは、観察された現象にすでに確立された方法（たとえば、統計的手法（因子分析、数量化）など）を適用し、観察された現象の背後にある構造を明らかにしようとする。

情報科学は、それとは異なり、当初から自分達が考案した革新的と信じる道具・手法（計算機システム）を持ち、自身の計算機装置・ソフトウェア技術・各種の演算技法の改良を継続的に行うと同時に、その技術の進展に合わせ、それを有効に働かせるための問題対象（有効領域）を見つけ、自身の研究の有効性の確認をして行くという道を歩んできた。それは、実際の我々の生活空間に対応した仮想情報空間上に、機能モデル群により構築された写像モデルを形成する。そして、未来においてより良い結果を生み出すことを可能にするために、現状およびそれを形成してきた進化の歴史に関して、これまでに解き明かされた知識を基に、シミュレーション予測値を提示する等により目の前の選択肢の評価を可能にする、あるいは、現状の構造の問題点の修正の材料を提供することに重きを置いている。

当初、情報科学者が挑んだ新しい研究手法の適応先の問題対象分野での仕事は、その対象分野の従来からの専門の研究者からは軽視されがちであった。しかし、情報科学者の果敢な挑戦の末、徐々に成果を上げ、その手法と理論が本来の研究者からも評価されるようになってきた。

現在は、多くの分野で両者が協調して作業を進める体制を形成する例がとても増えている。その協調が成り立つ理由の一つは、アプローチの方法の相違にある。それは、従来の研究者が、詳細な観測結果の積み上げにより、最初から厳密で統一的な体系を解明することにこだわるのに対し、情報科学者は、観測結果の中に見出された確実な法則から、まず、近似的なモデルを考え、そのシミュレーションを繰り返し、精度を上げて行くという実証主義的な手法を取る。それと、もう一つ、重要な点は、

情報科学者は、良い意味で第三者的な立場で相対的、客観的にものを見ることである。そのことが、既存の考え方に、随分と新しい視点を提供することになった。

当初、情報科学の研究対象領域としては、知識処理（人工知能）と経済学の分野が中心であった。そして、その後、研究対象領域は、多方面に広げられている。この延長線上で、最終的には、各学問の進展に伴い、対象モデルも平行して拡大進展し、いずれ、そのすべてが融合して行き、宇宙の統一的全体モデルを情報空間上に構築するに至るという姿が予測できる。既に、そのような目的のプロジェクトが構想されている。

今、情報科学の状況は、人間社会に有効な実用分野を起点に研究範囲を広げ、第一段階の基礎技術の全般的な開発を終え、社会のネットワーク構造の統合モデルへ向けての第一歩を踏み出した段階にあるように思う。

我々の住む宇宙は、非常に複雑な構造を形成している。それぞれの存在が、お互いの影響を受けあう中で相対的に変化する（複雑系）。情報科学の進化のレベルの一つの見方は、解決可能な問題の複雑さの程度により判断できるといえる。

情報科学は、人間社会の動きを情報の流れに置き換え解析する。視点を人間が中心になるように置き、全体をネットワーク化された場として見る。そのようにして観察した状態では、どのようなメカニズム・法則・規則が観測されるのであろうか。それらが一つ一つ解き明かされて行く毎に、少しずつ、複雑な問題の対処が可能となって行くことになる。

1.2.3 全体に影響を与えたパラダイムの到来

1980年代を境目に、生命に関する研究全般での考え方において、パラダイムが大きく変化したことを理解しておく必要がある。それは、総てを複雑系の進化のプロセスの中で考え直してみるということである。今までに解決できていない問題の多くは、その問題の周辺環境全体の構造の複雑さが及ぼす影響についての理解が不十分であったことに原因があるという考えである。その難しさの多くは影響が非線形的な形で現れ

ていることに起因する。情報科学の発展は、まさに、このパラダイムシフトに大きな影響を与え、そして、受けたと言って良いと思う。

1.2.3.1 進化という視点

現代の多様な研究分野は、いずれも、ギリシャ哲学に代表される古典哲学を源流としているが、その発展の過程において、観察結果から経験的に見出された情報の質と密度の境界に基づき、それぞれの探求対象と目的とに分割して定義（閉じた時空間）をして生まれた。そして、それぞれの分野において、多くの人々が、長い時間を掛けてそれぞれの分野の真理の探求に研鑽を続けてきた。

その流れに対し、1900年代に、A.Einstein が現われ、相対性理論に代表される自然科学分野での偉大な発見を行い、全ての研究分野に影響を及ぼす新しいパラダイムをもたらした。例えば、A.Einstein の発見が契機となり、宇宙科学においては、宇宙の誕生からの時間的发展を説明するビッグバン理論が生み出され、これにより、生物が C.Darwin が指摘したように進化による変化を遂げているだけでなく、宇宙そのものが変化の途上にあることとなった。

以上の結果は、それまで理論的に相互の関連付けができずにいた、経験的に分けられた研究分野間の関係や、分野間に境界が存在する理由を、歴史的発展過程に基づき説明する新しい統一的理論により解明される可能性を生み出した。それは、現代において、Ilya Prigogine の非平衡系に特有な散逸構造の理論を核とした複雑系理論、そして、全ての組成の素を解き明かす超ひも理論として完成度の高い統一的体系の構築という形で具体化してきている。

宇宙科学におけるビッグバンに始まる時間軸の上で、多様な研究分野をそこからの進化のマップとして位置づけ、その発生の理由を連鎖的に具体的に説明ができる可能性が出てきたのである。すなわち、時空間の大きな分野から順に、ビッグバンからの宇宙の誕生、生命誕生と進化、生命と遺伝子等が連鎖的に関連づけられるのである。このことは、人間を研究の対象とし、人間を他とは異なる絶対的な存在として見てきた研

究分野の人々の考え方に、絶大な影響を与えるものである。

内容を具体的に知りたい方は、【参考文献 2 2】を読まれると良いと思う。

1.2.3.2 複雑系という新しい視点

従来の研究は、研究の対象とする現象の原因は、幾つかの基本的な法則に還元できると信じて探求を進めてきた。しかし、技術・研究の進化に伴う多くの新たな発見が、今までに見出された法則の適用範囲に限界があることを示し、あるいは、別な説明が可能であることを示した。

そして、これまで、研究の対象として、現象は周囲の複雑な環境から切り離せると考えていたが、基本的に現象は複雑さの結果であると考えられるようになった。それは、宇宙は、限られた要素（超ひも）の組み合わせで階層的状態変化をし、複雑化したもので、その過程の中で、新たな独自のパターンが生まれることが見い出されたことが大きい。また、そのような現象が起きることを、多くのコンピューターシミュレーションが実証した。これらのことから、新たに、複雑系としてものを考える手法が体系立てられてきた。それは、同時に発展してきた数学や物理の新しい考えに裏付けを得たことで、周囲に認知された。

ここでは、その中で大きな影響を及ぼした重要な数学や物理の考え方の幾つかについて触れておく。

(A) ゲーデルの不完全性定理

ゲーデルは 20 世紀を代表する数学者で、1931 年に第 1 不完全性定理と第 2 不完全性定理の二つの不完全性定理を示した。ここで、証明の内容の記述はしないが、簡単に述べると、ゲーデルは、最も厳密と考えられる数学の世界で、形式的体系は生成できても、完全に矛盾の無い真の命題による体系を構築することは不可能であることを証明した。このことは、全ての基になる原理の存在は、残念ながら、立証されないこと、また、今までの全ての発見は、現象の中に見られる規則性に対しての形

式的説明でしかないということを意味している。

我々が今まで規定してきた総ての法則で、その適用の範囲を見極めながら使用することの必要性を承諾しなくてはならないのである。

（B）線形の世界から非線形の世界へ

線形とは、従来から、主に研究されてきた数学の性質の中で、数量的な構成やその変化の状態が連続性を示し、加法性や比例関係に基づく関係式で表せるものをいう。表された関数の変数に具体的な数値を代入して値が導き出せる。

それに対し、非線形とは、現象の連続した振る舞いが多様な変化を示し、数値的な軌跡が不規則で、ときには不連続な関係の線を描き、単一の関数のような形式で表現ができないようなものをいう。自然界の複雑な現象には非線形性を示すものが多く、生物現象等を数理的に見ると、大方が、非線形である。非線形のシステムは、解析的な方法で解けないものが多く、一般に数学的扱いが困難であった。

しかし、第2次世界大戦後、コンピューター技法の発達で、問題を数値的に解くことが可能になってきた。非線形な特性の究明で、物理学での相転移、レーザーの発振の説明等が、成果といえる。これらの事象では、要素間関係において特定の性質が急激に現れ、全体が新たな秩序を形成することが大きな特徴であるが、これらは、自己組織性と呼ばれる。逆に、同じような変化が急激な発散傾向として現れる場合もある。こういう性質は、初期値敏感性と呼ばれる。これらのことが将来の変化の予測を不可能にする元になっている。

（C）ベイズ統計

従来の統計学の独立した試行の確率と違い、ベイズ統計では、事前の試行に対し独立性が保証されない試行の確率を考える。

ベイズ統計学では、まず、統計的問題について適切な数理モデルを構成する。そして、このモデルに解析時に、使用する未知母数に事前確率分布を考慮する。

ベイズ統計学の特徴は、従来の帰納的確率を、事象の発生メカニズムに関心を持つ推測的な事前確率に置き換えることで、日常の連続した行動のようなものの結果に対し数理的操作が行える。これにより、相互作用を起こす関係間での動的予測が可能になる。この特徴をもつことにより、さまざまな現実の統計的問題に対処できるようになった。そして、現在では、社会科学等で使用される統計手法の主流になっている。

もし、問題が大規模で複雑であれば、そのためのベイズ統計学に基づく数理モデルは、再帰的な計算を含むことになり、一連の計算過程に莫大な計算が必要となる。この問題に、コンピューターが解決の道を開いたのである。

内容を具体的に知りたい方は、【参考文献9】を読まれると良いと思う。

(D) エントロピー生成最小の定理と非平衡系散逸構造

これは、現代科学の発見の中で最も重要な理論の一つであると明言できる。ベルギーの偉大な科学者 Ilya Prigogine が見出した定理である。

まず、決められた制約条件の元での、熱伝導、拡散、化学反応等の非平衡系事象では、単位時間あたりに生成するエントロピーの量が最小になるように定常状態が決定されることを導いた。次に、Ilya Prigogine は、さらに熱力学を発展させ、非平衡熱力学を確立した。そして、この非平衡系には、特有な散逸構造が存在することを突き止め理論的に証明した。これは、生命体の発生を説明することを可能ならしめるものである。それは、散逸開放系において、内部でのエネルギー消費による均衡を維持する動きの発生を説明する。そして、散逸開放系での安定性が失われる状態に至ると「ゆらぎ」により状態の変化の方向は発散と秩序化（自己組織化）のどちらかへ分岐して向かうことを示し、新しい秩序の発生による遷移階層化現象が起きることを解き明かす。

理論の詳細は、数理科学の基礎知識がないと理解することが難しいと思うが、現代科学の基礎をなす理論なので関心があれば【参考文献21】を読まれると良いと思う。

1.3 関連研究分野が明らかにしたもの

それでは、今まで述べてきた各種の理論的なサポートの元で、人間を取り巻く主な研究分野の成果の概要を、簡単に確認し、この後で検討する人間に関する事象を理解する上で考慮すべき暗黙の制約条件および進化継承した事柄として、それらを捉え直し、簡潔に【考え方の指針】として示す。

1.3.1 量子力学・宇宙科学・超ひも理論

20世紀に入ってから物理学や数学の発展は驚異的であった。A.Einsteinの相対性理論は、その極めつけであろう。それまでの宇宙観である無限絶対のイメージを否定し、宇宙空間の中で、全てのモノは相対的關係にあることを示した。さらに、ビッグバン理論に至り、宇宙に寿命、広さの限界があることが示された。また、宇宙の中の存在物は、エネルギーから変移したものであり、ビッグバンの初期に分離した4つの力（重力、電磁気力、強い力、弱い力）が作り出す場の中で、クォークが順番に集まり幾つかの素粒子になり、それがさらに集まり分子になるように、順番に合成の階層を重ねながら生成されたもので、その現象は、散逸系として複雑な物質を形成する過程として解き明かされた。近年は、さらに、その大元のエネルギー核が超ひもと呼ばれる振動体であろうと予測するに至っている。また、観測データの解析から、現在の宇宙は膨張過程にあるとの結論を得ている。誕生時の不均衡(ゆらぎ)な爆発が切っ掛けで形成された現在の宇宙空間は、今も、絶えざる巨大なエネルギーの遷移的循環が起きており、安定して見える我々の地球を含め全ての星が、ブラックホールを中心にしたエネルギー状態の遷移の渦の何処かにあるといえる。

我々の存在の大枠を形成する宇宙が、不変な存在でないことが立証されることとなり、我々も、その変化の渦中にあることになる。目の前の状態の観察から見いだした法則のみを用いて単純に合理的還元主義手法による探求を行った結果は、多くは限定的な近似的な解である。より精

度の高い解を得るためには全体の進化的体系の中で考える必要がある。

宇宙空間は巨大で、物質の存在密度は十分に疎な状態にある。それ故に、ブラックホール等のエネルギー状態の遷移の渦の中心の影響が、例えば、如何に大きな変化をもたらすものであったとしても、それより十分はなれた距離にある場に与える変化は非常に小さいものとなる。現在の太陽系は宇宙規模の状態変化で見れば、とても安定しているといえる。だが、その太陽系も、宇宙の「ゆらぎ」の影響の中にあり、太陽の放出するエネルギー量は「ゆらぎ」の影響による変化を示す。しかし、地球への「ゆらぎ」による影響は小さいので、地球という宇宙全体から見れば小さな規模の空間を考えた場合は安定した状態にあるといえる。しかし、当然、「ゆらぎ」の影響の大きさは相対的である。地球上で生活する人間は、日々の太陽エネルギーの変動の影響を気象変動のような形で実際に体感し、それを大きな影響として受けることになる。また、人類の発生からの時間変化で見れば、もっと大きな影響を、氷河期のような地球規模の変動の形で受けている。

以上のことから、人間および社会を考察する上で認識しておく有効な考え方の指針を次に示す。

【考え方の指針1：宇宙規模の「ゆらぎ」に対する調整と「ゆらぎ」の不可知性】

現在、散逸開放系である我々の太陽系は、平衡のとれた状態にあり、人間の寿命という時間規模から見れば十分に安定している。しかし、宇宙規模では変化をしており、その中の太陽系も例外ではなく、地球の生態系に影響を及ぼす「ゆらぎ」的な変化は常に起きている。生命体はその宇宙規模の「ゆらぎ」の影響を吸収するために常に調整を繰り返している。我々の生命社会は、常に予測できない変化に晒されて進む。

【考え方の指針2：意識されない力の影響の存在の認識の重要性】

我々が目にしている光り輝く宇宙は、宇宙全体から見ると、活発に核

融合エネルギーを放出し激しく活動をしている一部の存在にすぎない。近年の宇宙研究は、ダークマターと呼ばれる光を発しない静かな見えない物質が宇宙の中に存在し、大きな役割を担っていることを証明している。ビッグバン宇宙論では、宇宙の質量の90～95%をダークマターが占めるとされている。今までの、我々人間の研究も、多くは、人間の意識が支配する活動を理解することに費やされてきた。その多くが説明できるようになった近年になって、ようやく、これまで非論理的なものとして解明できずにきた多くの事柄が、人間には意識されていない他の環境との相関・連動性を考慮しなくては解けないことに気がつき始めた。我々は、自身への影響を体感可能な短い時間で起こす強い力以外に、それより遥かに長いゆっくりとした時間の経過の中で影響を与え続ける弱い力と、環境が作り上げてきた人間の行動の許容範囲を規定する強い制約条件の元で生きていることを理解する必要がある。

【考え方の指針3：状態空間における安定点の離散的存在、安定点の「ゆらぎ」の影響による不安定化、進化】

超ひも理論や量子力学が解き明かしたように、宇宙においては安定的状態が離散的に生じ、その分布は確率的である。つまり、現在のような安定的にゆっくり膨張している巨大な宇宙時空間の中でエネルギー密度が平均的に十分に低い状態では、ビッグバンの「ゆらぎ」が作り出した密度と活動指数の組み合わせの結果から不完全ではあるが閉じたエネルギー集合（オブジェクト）群が離散的分布状態で存在する。他の集合群からの影響を無視できる距離にある局所的に相互の全体バランスを維持できる組み合わせが生まれた状態ではその範囲で安定した系を作り存在する。これらの集合（オブジェクト）の間では恒常的に安定的なエネルギー交換が行われる。しかし、時として、変化によるゆがみが維持限界を超える状態に至ったり、他の系との激しい衝突が生じたりする。その時は急激に安定を失い、新たなバランスが得られるまで不安定な状態が継続する。人間も含め、生命社会も同様に、継続的な変化の中にあり、安定は絶対ではなく、今の安定と次の安定、そしてその間の不安定状態とい

う流れを繰り返して行くことになる。この安定点は離散的であり、複雑な多元的要因のバランスであることを考えれば、その遷移は多次元空間の中をジグザクした動きを示すことになる。そして、この離散的な存在状況が、エントロピーの法則の理想値との乖離を生み出し、安定状態においても静かな力（効率化）として働き、ひいては、生命体に進化を促す。

1.3.2 進化生物学とガイア

十分な水と空気と多様な元素、それに、適切な温度。有機化合物が生成される環境が地球上に整ったときに、必然的に生命が生まれた。その誕生に一番重要な役割を果たしたものが、宇宙のビックバンの「ゆらぎ」の延長にある地球の環境の「ゆらぎ」であった。このことを、ベルギーの科学者 Ilya Prigogine が熱力学の面から理論的に解き明かした。

生命界は、有機化合物によるゆっくりとしたエネルギー交換の循環連鎖系である。これは、量子から宇宙までの重層階層の中間に存在する、ほんの少しだけ偶然に生じた水の層の中という限られた環境でのみ存在が許される。

「ゆらぎ」から、有機化合物による、水を媒体にした、ゆっくりした化学反応によるエネルギー循環（生命活動）が生まれた。地球は、絶えず、太陽から「ゆらぎ」を伴った安定したエネルギーの供給を受けている。生命体は、それを取り込み、消費する。生命体は、地球上のエネルギーバランスを維持するように自己秩序化する活動を繰り返す中で、進化をしてきた。

その結果、地球上には、その長い歴史を経て、エコロジーと呼ばれる複雑な生命連鎖のシステムができ上がった。1972 年にイギリスの科学者 J.Lovelock が、環境も含め、地球全体を一つの有機体として捉え、地球をガイアと呼んだことは、まさに卓越した見識であったと思う。地球は、空気、水、地殻等の環境と、有機的連鎖バランスを保ちながら全ての生物が進化を続けており、あたかも一つの有機生命体として自己秩序を維持している。人間はその中の存在で、最も複雑な生命活動を営んでいる。そして、近年、その活動指数を急激に増大させている。この状況が、

無秩序に続くようであれば、意に反し、ガイアの安定的な生存にとって、人間は、最も危険な存在になるかもしれない。

進化の中で、留意すべきことは、新しい形態を持って生まれたものの中で安定性を持ち、生存が許されるものは限られていることである。遺伝的な突然変異の結果として生まれた生命体は、もとの存在よりも環境条件下で優位性（全体効率を高める）を示すことが求められる。また、現在、動いているエネルギー循環の輪の担い手の一員として迎えられ、相互バランスを成立させることができない限り存在し続けることはできない。さらに偶発的な「ゆらぎ」の影響を受けるので、現存するものは、存在可能なものの中の、非常に限られたごく一部の存在である。

有機的生命界の自己秩序としての階層的複雑化の全体を支配する最も重要な要因は、エネルギー循環の網（系）の安定性である。生命界の進化は、エネルギー循環網の多層構造化であるともいえる。その多層化は、次のような流れで起きると考えられる。現在の循環連鎖の中で、長期に渡る安定した循環が生まれると、循環を担う自立したシステムとしての生命体は、その特徴的性質として繰り返される動作に対し、エントロピーの法則の影響により作業の機能的効率化が自然に行われる。相対的に効率的循環が行われる循環の輪が相互に引き合う中でその輪は集散的に新しい独自の存在に変質する。そのようにして生まれた以前よりエネルギー循環の効率化がなされた集合体群が増え、それらが直接的に以前より大きな規模と仕組みの新しい循環の路を形成可能な状態に達すると、そこで、より高次の組織的連鎖の輪を形成する。そのようにエネルギー循環の時空間の規模の拡大と循環の効率化をしながら、安定が保証される範囲で、階層化が繰り返されて行く。この安定した階層構造の中で形成された循環系は、大きく見れば、同層内循環系と層間循環系が組み合わされて構成されることになる。

重要な点は、有機生命界は地球という小さな時空間の中に階層的に構造化しながら進化しているということである。

ガイアとしての変化は次のように記述できる。

ガイアの変化＝自然の連鎖反応（無機物の単純エネルギー連鎖）
＋環境適応反応（有機生命体の意思的行動）

これは、一つの変化が広く伝搬をし、多くの変化を誘発する、全体に非常に速い変化をもたらす仕組みである。ただし、多くの場合は、形成されたエネルギー循環でのエネルギー交換レベルでの安定状態が得られないために生存が保証されず、変化が抑制されてしまう。

最近、特に、生命科学の研究の中で、著しい進歩を遂げたのが遺伝子に関する研究であろう。すでに、単なる遺伝子構造の解明だけでなく、実験生命体に対し遺伝子操作を行う実験が、多数行われている。それらの結果から、遺伝子の仕組みが、最初の頃に考えられていたような前成説的な完全な情報を抱え込んでいるという仕組みとは異なっていることが証明された。遺伝構造は時間を基本の軸として立体的な構造をしており、成長のプロセスの中で遺伝子構造の中に環境要因が織り込まれている。それは、あたかも進化の流れを再現するかのように作られているのである。遺伝子は、一種の階層化プログラミングであり、現在の階層で形成（合成）が終わり、その組み合わせが、次の環境との適合条件を満たすと次のメカニズムへ動くようにできている。これらの仕組みを、エピジェネティックと呼んでいる。

エピジェネティックな遺伝子の形態の復元が完成すると、その生存する生態系での必要最小限の知識（行動ルール）の復元のためのメカニズム（教育）が実行される。

種の継承を、子供を作る方法で行うこと。自身の生態活動の必要最小限の復元を、習性として織り込んでいること。これらの仕組みが意味するものを考えると、それは、変化に対しての適応力の確保にあるといえる。半完成型の継承方式は、階層構造型の進化をするガイアにおいて、構造の何処で変異が起きても、適応していく可能性を得る不可欠な仕組みなのである。

また、宇宙は「ゆらぎ」を潜在的に内包している。地球も、その影響下にある。地球は規則的に24時間で自転し、太陽を365日で周回す

る。しかし、回転軸の傾きと周回軌道のゆがみがあり、地表は起伏が激しく、それらの結果として、大気や海洋の動きに伴う日々の気候変動が作り出される。その中で、生まれ育ったものは、当初より、この「ゆらぎ」の変動の幅に適応できるだけの仕組みを備えている。ガイアの中のエネルギー連鎖の輪は幅があり、選択的連鎖構造をしているのである。エネルギー連鎖の担い手である生命体は、状況に応じて路を選択する能力を、基本的に身につけている。人間では、それが、脳により判断処理という方法で実現されている。

以上のような、ガイアの成立と、その中で生命進化についての研究は、我々自身を知る上で、多くの示唆にとんだアイデアを提供してくれる。

この研究分野の詳細は、【参考文献2】を読まれると良いと思う。

以上のことから、人間および社会を考察する上で認識しておく有効な考え方の指針を次に示す。

【考え方の指針4：エネルギー循環の輪への適応と継続的存在可能性】

いかなる生命体も安定した存在であるためには、安定したエネルギー循環の輪に有効な一員として継続的に属することが必要不可欠である。常に新種は生まれ続けている。しかし、一時的に発生の条件が満たされても、その存在が継続して存在可能な環境が形成されている場合は非常に限られている。

【考え方の指針5：生命活動パターンの継承と発展】

総ての生命体は、進化の過程で生まれており、何らかの形で元の存在の性質を継承している。そのことから、進化システムの同一の流れに属するものは、共通する生命活動メカニズムのパターンを持っている。その上で、そのパターンを自身の環境に適合するように独自のパターンに発展させている。

【考え方の指針6：生命体の存在形態の多様性と形態間遷移】

生命体の存在の形態は、多様な進化と偶然の環境変動の結果として存在する。しかし、今ある環境の中で、存在可能な形態は今ある一通りとは限らない。その時々選択はその時の近傍の局所的合理性に合わせ行われて来た想定しても良いが、合理性の判断が行われる時空間を変えて考えてみれば多くの異なる結論が得られる場合が存在する。よって、今の環境条件と先のことだけを考慮すれば、今の存在形態以上に合理的な形態が存在しうる。だが、進化のプロセスを経由して安定的に存在しうる形態は離散的である。多くの場合、現状から求める形態に移行するための経路を見つけ出すのは困難なことである。

【考え方の指針7：生命体エネルギー循環の輪に備えられた環境バランス調整機能】

生命体のエネルギー循環の輪は、環境全体のバランスを調整する機能を持ち、宇宙規模の「ゆらぎ」の地球上への影響である環境変動の振幅に対応して生きて行くことを可能とする。環境バランス調整機能は全体の構造を環境対応型選択的網構造として形成することで実現している。すなわち、それぞれの生命体の季節に応じた多様な周期的生活形態の変化システムが相互連鎖して巨大な連鎖路を形成し、全体の環境系を破綻させないようにエネルギー消費量を変動調整しながら循環しているのである。このことは、それぞれの生命体は、それぞれの生活様式に応じて体内の生命活動メカニズムにある程度の変動に耐えられる固有の許容幅を持ち、その間の暗黙的な調整メカニズムを内在していることを示している。生命は明確な何かの中心を基準に準じて生きているのではなく、有効帯域の範囲で適応的に生きているのである。

【考え方の指針8：同期システム及びエントロピー生成最小の定理を利用した生命体のバランス調整】

常に、生命体は、進化と環境変動により、形態を変化させる必要にせまられている。その変化をして行く過程で、全体のバランスを調整する

メカニズムが必要である。近年の研究が、その重要な手段の一つとして同期システムが存在することを見出した。この詳細は、【参考文献23】を参照されると良い。現在、解明された部分は一部にしか過ぎないが、同様なメカニズムが各所で働いていると推測される。人間社会の調整的同期メカニズムを知ることは、今後の社会の改善に大いに役立つであろう。また、人類の属する生態系（ガイア）の全ての構成員（生命体）は、自身の最善を尽くすようにプログラミング（エントロピーの法則の働きによる最適化指向）されている。これも、環境変動に適応するシンプルで合理的な手法の一つではあるが、残念ながら、誰も全体にとって最適なレベルについては知っていないので、ときには、最良な状態に至るまでに長い回り道をする結果になることもある。

1.3.3 社会学と経済学

人間の集団的行動を観察研究する主要な分野として、社会学と経済学がある。成立初期の段階の人間集団は、共同体として両方の機能を区別せずに皆で担っていたが、貨幣機能と量産システムの確立により物の商品化が始まると、経済活動としての独立した形態が成立し、発展分離した。

ここでの研究対象は、今現在も激しい変動を続け、さらに、変化の時間間隔が短くなっている。一つの問題を解決しても、また、新たな問題が生まれてくる状況にある。これは、この後で詳細に検証する人間の生きる仕組みを考えれば、当然の結果かもしれない。人間にとって幸福は特定の静的な状態にあることではなく、動的な行為においてもたらされる成果に対し感じられるものなのである。（3章にて詳細を説明）よって、この先も変化が止むことはないであろう。

しかし、現代の人類が形成している社会構造に対し、その全体像を少し引いた場所から眺めれば、それらの問題が、割と単純な多次元的階層構造に埋め込まれたものとして浮かび上がってくる。

先進社会では、社会システムと経済システムを、簡単に、次のように考えて良いであろう。社会システムは、国、地方、地域等がツリー構造を形成する行政という全員参加型システムとして形成され、それは税金

とサービスの関係の上に成り立ち、参加者の公平性を重要視する。経済システムは、特定参加者で構成される企業と呼ばれる目的達成型システムで、労働と賃金の関係の上に成り立ち、その目的達成効率を重要視する。だが、両者は完全に役割を分担しているのではなく、取り扱う対象に対してのシステムのあり方に違いがあるのであり、それは、J.M.Keynesにより、行政の役割としての経済機能の重要性を説くことで意味合いが示されている。

しかし、この2つの異なるシステムに、どのように必要な機能、物、サービスを振り分けるかには決まりはなく、地域により多くの形態が存在し、それぞれが、時代と共に変遷しながら進んでいる。その善し悪しは、そこに参加している個人の受け止め方としてしか評価できないものかもしれない。

ただ、残念なことに、個々人の満足度の総和が最大になるようには、社会システムが巧く働かないケースが多い。一人の個人が、個人（家族）、社会、経済の3つの役割を担い、同時にそれらを使い分ける。3つは、それぞれが状況により協調的であったり排他的であったりするもので、そのバランスが取れるための条件を満たすことは、それぞれの活動の時間間のリズムが異なることから困難を極める。

情報技術は、当初から、技術の応用分野としてモデル化の容易さから最も体系的な構造を持つ経済分野に注力して成果を上げたが、他の2つの問題（人間、社会）への努力はこれからのテーマである。それ以上に、3つの分野のバランスをとるという問題を解決することは一層の困難さを感じる。

以上のことから、人間および社会を考察する上で認識しておく有効な考え方の指針を次に示す。

【考え方の指針9：個人、家族、集団が織りなす多次元網構造としての社会】

人間社会では、一つ一つの物事が、個人、家族、集団等の異なった視点からの価値観を要素として内在する。これらの形態は、当初は、境界

を持たない共同体と全ての参加者のための行為が進化して形成されたものであったが、現代ではそれぞれが非線形的つながりをもつ独自の価値観と機能構造を形成している。すなわち、社会全体の関係は多次元網構造を形成するようになっている。その中で、個人は意思決定のもとになる独自の一つの総合的意思決定価値基準（利害構造）を持つ。それ故、その決定は、それぞれの次元が独自のメカニズムと変動パターンを持つために、全ての価値に平等に効果的に働くことを期待できない。現代において、我々は、過去の既成の価値に捕われず、常に全体的価値観（目的）と個人的価値観（目的）の両者を冷静に考察し、ことある毎に、改めて、人間の本質を見つめ、そのあり方を考え直し、両者の賢明なバランスを考えながら自身の意思決定をする能力を磨く必要がある。

1.3.4 脳神経科学と心理学

人間という生命体を思考の面から解析しようとする研究分野として、脳神経科学は機能構造（部品）の解析により、心理学は現象（動作）から還元的な因果関係の解析により、人間の脳の本質を解き明かそうと努力してきた。前者は、脳の細胞構造の概要を知り、MRI（核磁気共鳴装置）等による解析結果から、ようやく、機能部位の特定に進んできた。まさに、初期的段階を超えた所にあるといえる。後者は、S.Freudが無意識の領域の扉を開け、観念的な世界から離れ、構造的で科学的な分析を行う学問領域として発展させ、成果を挙げてきた。しかし、まだ、両者の間の隔たりは非常に大きいのが現状である。明らかに同じ人間の脳が示す性質について、両者は異なった視点から解析的表現を与えるが、現状では、両者を直接的に関連のあるものと受け止めることは不可能である。そこには、両者の表現する性質層の間で、より大きな複雑性をもった非線形的相転移が起きていると考えられる。情報科学は、両者の間にあって、両メカニズムの中で行われている情報の扱い方の性質の相違を結びつけることが可能となるような相転移が存在することを、情報科学的モデルを考え、説明しようと試みている。優れた概念的モデルを、A.Newell が提唱しているので【参考文献4】を読まれると良いと思う。

人間は、ガイアのエネルギー循環の担い手として、生きること（衣食住）と生き続けること（生殖）の両者を常に満たす必要がある。前者は集団（社会）として、後者は個人（家族）としての行為となる。脳が発生や成長の段階で、どのようにこれら进行处理するメカニズムを獲得・構築し、現実の環境に合わせて適応的にメカニズムを発動し、さらに、次の世代に継承しているのかということについての具体的な解明は、ようやく、最初の大きな枠組みを説明できる段階を迎えたばかりである。それに合わせ、近年、これまでの研究成果をまとめた良い書籍が幾つか生まれている。

一つの例として、脳の構造と働きの研究の現状は、【参考文献 13】を読まれると良いと思う。

以上のことから、人間および社会を考察する上で認識しておくとな有効な考え方の指針を次に示す。

【考え方の指針 10：脳内情報処理における階層構造とその形成過程】

脳は、処理の複雑さを克服するために、脳細胞から意識（言語）までの間に、段階的に抽象化を進める階層構造を形成している。各階層内では異なった情報処理方法がとられ、それぞれ独自の機能構造を実現している。階層間の切り替えは、位相の転移によって行われる。各層の間の関係は非線形的接続、すなわち、非還元的関係である。実際に形成される階層構造は形成時の環境に大きく作用され、同一のものが生まれることはない。しかし、同一の環境の中では、経験は継承的で近似的なものとなるので、この差分が認知誤差（個性）の元になる。良い脳とは何かとは簡単には言い難いが、その形成には成長段階での環境が明確に大きく影響することから、脳の成長段階に合わせた適切な環境設定が行われることが望ましいとは言い切れる。

1.4 生命全体の体系を包括的に捉える新たな概念

最近の複雑系等の研究成果から、単なる還元主義的なアプローチでは、説明できる範囲は限られることが解明され、還元主義的立場を取っていた従来の学問は、進化プロセス的な視点からの再体系化が必要とされる。

特に、社会学系の学問においては、その影響が顕著であろう。既に、構造主義の台頭から、その視点の影響は、潜在的に始まっていたといえる。古典哲学の分析思考的な時代の後に、宗教的理念が支配する時代が長く続く。そこでは、人間、人間が形成する社会を、特別な意味あるものとして無条件に認めることが原点であった。ルネッサンスを経て、実際に目を向ける時代になったが、まだ、人間が普遍的な全ての中心にあると見なしていた。それに対し、近代に入り、自然科学の進展とともに、もっと、機能的に、自分達の存在を周囲の環境と関連付けて説明しようとするようになる。そして、我々の社会には、全体を支配する機能的な構造が存在し、それが、周りの環境の変化に応じた行動をしていると捉えるようになる。それが構造主義と呼ばれるものである。この考え方の合理的な面が支持され、広く受け入れられた。(その辺の流れは、【参考文献14】を読むと面白い)しかし、我々人間社会を支配する構造を硬直的に捉えたために、後に、多くの矛盾が指摘され、更なる、改良を求められることになる。そして、それらの矛盾を解消しながら、進化プロセス的な視点を取り込む形で発展させ、今日のポスト構造主義時代を迎えるに至った。

今、改めて、人間に関わる各研究者は、多くの分野の研究者と会話し、もう一度、全体のコンセンサスを確認し、自分の研究のポジションを認識しなおす作業が必要であると考えます。

その大きな流れの中で、ガイアの環境を守るという理念のもとに、全体の有機的動きを、統一された体系的な概念により意味付けするという試みが、近年、幾つか現れた。その代表的で重要な概念に、アフォーダンスとオートポイエシスがある。エネルギー循環という散逸開放系における秩序の崩壊と再秩序化を哲学的に説明する良い統一的視点を提供

し、色々な研究分野に広く浸透してきている。これらの考え方は、原理的な意味でなく、どちらかという哲学的な意味付けを与えるものであり、今後、人類が進路の選択を行う際の方針を決定する思考過程で重要な役割を果たすであろう。また、この全体の説明の理解を進める上でも有効であり、それ故、ここに、簡単に説明をしておく。

(A) アフォーダンス

「与える、提供する」という意味の英語 afford を語源とし、米国の心理学者の James.J.Gibson が 1950 年代後半に作った造語である。物体(オブジェクト)の持つ属性(形態、性質等)が、物体自身が自身に向かう相手に自身を知らせるメッセージを自然に発しているとの考え方。有機物、無機物の関係なく、物の出会いにおいて、言葉による知識がなくとも、相互の存在の意味の確認作業が暗黙の内に行われる機能を、物は内在しているとする。ガイアが変動して行く中で、有機生命体、無機物の総てが境界なく、新しい出会いに対し、自然に連鎖して関係を再構築して行くことができる自己秩序化の仕組みを説明するのにとても有用である。

詳細には、【参考文献 3】を読まれると良いと思う。

(B) オートポイエーシス

生命科学の立場から H.Maturana と F.Varela が提唱した自己創造と呼ばれる概念。有機生命体の自律型システム論である。生命活動を観察すると、生命体は、調和を持った生存体系を維持しながら自律した自己秩序を保持している。その事実を、それぞれの存在が、生成の段階で自身の存在の意味を暗黙のうちに認識している現れであると考え。そのシステム的特徴として次の四つの条件要素を挙げている。

1. 自律性 自分の環境の変化に対して、自分自身で対処する能力を持つ
2. 個性 システム自身が総ての構成要素を産出し、そのことにより自己同一性を維持する

3. 境界の自己決定 自己産出のプロセスにおいて自己の境界を自分自身で形成する
4. 入力や出力で規定されない

4. の条件については、他者からの批判もあり、提案者も後に説明を加えているように理解が難しいかもしれない。割り切った捉え方として、自律とは行動の主体があくまでも自身の判断行為に基づいて行う行為であることを強調して表現していると受け止めれば良いであろう。ここでの説明に沿った別の言い方をすれば、生命体（自律システム）は、環境に対して自身の役割を自主的に認識し、有効な行動を自然に見出し生きて行くといえる、そこには、継続的エネルギー循環連鎖（システム）を維持する求心力（暗黙知としての目的）が存在すると考えられる。

詳細には、【参考文献 19】を読まれると良いと思う。

（A）アフォーダンスも（B）オートポイエーシスも共に、新しく生まれた存在（オブジェクト）が既存の環境に適合していけるのは、そこには暗黙の相互認証メカニズムが存在していると考ええる。前者は、暗黙の関係性のメカニズムに重点を置き、後者はその内的メカニズムに重点を置いているといえる。キーは自律システムという概念である。認知科学では、その生成メカニズムと働く仕組みを脳細胞上に構築される仮想空間とそこに形成された機能関数による情報処理メカニズムとして全体をモデル化し考察する手法を用い解明を進める。

1.5 まとめ

概説の最後に、ここで述べてきたことの全体を通して得られた考え方と、人間学としての情報科学の役割について記述する。

1.5.1 全ては複雑系の中に出現したパターン

我々の住む宇宙は、ビッグバンから始まる非常に長い年月を掛け、高

度に複雑に絡み合ったエネルギー循環型構造体へと変化してきた。そして、現在、それは非均衡状態を含む散逸開放系が生み出す多階層構造が形成された状態にある。この状態の特徴は、異なった階層に属する現象の間の関係は非線形な関係を示すことである。

これまでの学問・研究が見出した法則は、ほんの数千年という短い時間での観察結果から導き出されたものなので、絶対的なものではなく、それぞれの学問領域が規定する時間と空間の範囲で観察に用いたセンサーの感度（収集データ）に応じて、観察対象時空間の中に現れるパターンを規定したものにはすぎない。今後、それらを結びつける統一的理論の探求に邁進すると同時に、我々が、新たに立ち向かう問題領域に対しては、その問題の属する時空間を見極め、適切な法則の選択と、その適応範囲の認識を明確に持つことが必要である。

1.5.2 人間学としての情報科学の役割

情報科学は、基本的に宇宙の出来事は予測可能である（computable）との姿勢を持って、総ての物事に取り組んできた。だが、我々が、今、所有している計算能力は、宇宙の複雑さのレベルから比べると、全ての法則・理論が明確になったと仮定しても、それを正確に予測するには限りなく少なく、その処理に掛かる時間も現実的ではない。しかし、限られた時空間の範囲で観察される自己秩序化した場の振る舞いについては、今まで見出してきた秩序パターンをそこに利用することで、近似解が得られる可能性は高い。情報科学は、それらの解を確率的に解き明かす有効な手法と可能性を持っている。また、今まで説明してきたように、情報科学は、自分自身の技術的探求（ハードウェア、ソフトウェア）を除けば、既存科学とは写像関係にあり、対象分野の真理の探究の他に、将来のために有効な予測機能の提供を担う。その技術の重要な利用として、実社会への現実的アプローチを行い、その有効性を示す利用領域を、達成目標が明確な生産の分野から目標が流動的に変化する経済の分野へと広げている。さらに、今、次の段階である個人と社会の関係の不確定的な問題領域に進もうとしている。まさに、情報科学は、行動の科学と呼

ぶべき性格を当初より備え、また、利用されてきているのであり、将来も、利用され続けるであろう。

求められる作業は、単一な解を求めるような作業ではなく、その行為の有効領域の探索である。したがって、その行為の効率的最適化問題の解法を見出すことが重要となる。多くの場合において、複数の解が存在する。また、人間の行為は相対的なので、解は時間の経過に応じて、オンタイムで変動する事象が起きる。従来の予測は、最初に時空間を固定し、過去のパターンを基に静的な解析を行ってきた。それ故に、実際の行動結果と比較すると、当初、有効と考えられた領域に比べ、実際の有効領域がかなり限定されたものになっている場合が多い。

一般的に次のような関係が明らかに成り立つ。

静的解析の結果の誤差（特定時間、周期的現象）

＞ 動的解析の結果の誤差

それ故に、情報科学からのアプローチが、有効で必要なのである。

これに対応して行くために、情報科学は、多くの知識を既存科学分野の研究者と共有する必要がある。同時に理論を整理し、それらの知識を、我々がアーキテクチャーと呼ぶシステムの基本構造の上に、予測のための再現モデルのアプリケーションとして構築できるようにする必要がある。追求するべきは理論的厳密性ではなく、実用上、問題のない近似的許容範囲（誤差を含む）がどの程度であるかを見極めることである。そもそも、非均衡な多次元多階層構造下の現象は、単純にそれぞれの次元に見出した線形的法則（パターン）を単純加算したような特性を示すことは稀で、多くは相互に影響し合い「ゆらぎ」を示す。

ここでは、人間および社会の振る舞いを対象としたときに、どのように理論を適用しモデル化できるかを探求することが基本テーマである。まず、ここでの問題に対処するために必要とされる取り組み方と考え方を明確にしておく。

基本的な姿勢は、以下を満たすことを目指す。

- 考え方としては、動的な状況に適應できる考え方であることが必要である。考察は、その考え方に基づいてなされる。
- 取り組み方としては、表層の現象による表現ではなく、機能構造面からの分析を行い、目に見えない問題点を考察するという方針をとる。
- 人間は各々が自立性を示し個性的であろうとする。その結果、全体特性は、確率的分布を示す。そのような対象を考慮した考え方を追求する。機能要素で共有率の高いもの、あるいは、発生確率の高いものが分布の中心を形成する。変化の過程で、全体の形態は、どのような分布の形を作り出すかを考察する。

そして、その実現のために、現代の情報科学の方法に基づいて思考を進めることになる。概念として編み出された考え方の中で重要なものを次の項目で取り上げる。

1.5.2.1 現代情報科学でのモデル化作業において最も重要なオブジェクトという概念

情報科学の思考法の中の重要な要素の一つに、オブジェクトがある。これは、人間の意識（脳）の中で、目に見えるかどうかに関わらず、何らかの意味合いを持って自律的に存在（変化をしないことも役割（機能））し認識される概念的存在の総称である。A.Newell は、脳の認知の対象を Symbol という言葉で総称している。

今までの文の中でオブジェクトという概念を曖昧なまま用いてきたが、もう少し、具体的に表現するとどのようなになるであろうか。オブジェクトは、視覚的に現実に実態が明確に存在するものだけを示す言葉ではない。見る人の立場により、見えていると認識されるものは異なった形で存在する。オブジェクトとして認識され存在として扱われるかどうかは、見る人が想定する「見る目的」に影響される。その目的（存在を確認するだけの見る行為を含む）行為の中で、独立した一つの役割を自律して

担っていると思えるものが存在していると思われれば、実体の有無に関わらず、それら総てはその人にとってのオブジェクトとして存在する。抽象的には、情報集合の質と密度の差が作り出す境界がオブジェクトの境界となり、切り出される。何かの意味（次元）を持って対象の構造を考えると、オブジェクトは役割（存在するだけでも含む）を特定できるものとして浮かびあがる。（オートポイエシス）

従来、人間は、目に見える物を基本要素として考え方の体系を構築してきた。しかし、その段階では、多くの解決できない問題が存在していた。その後、A.Einstein の相対性理論により、我々の宇宙はエネルギーの場であり、エネルギーと物質は交換関係にあるということが解明された。このことは、我々は物事をより深く理解するためには、改めてエネルギーの場としての体系を構築しなければならないということを意味している。我々は、このことを反映した情報科学的思考法としてエネルギーの総ての状態（変移過程を含む）を言語によるシンボルの繋がりで表現する方法を用いる。それが最も理に適う方法だからである。

このとき、オブジェクトを、エネルギー循環構造の中の何らかの状態とそれらが相互作用により変移（機能要素）する様を、機能的情報空間に写像して考えるための方便と見ることもできる。

このように取り扱うことで、全体は、オブジェクトの集合と連鎖（メッセージが媒介）により表現される。社会組織も、同様な階層をなす構造として捉えることができ、社会の各々の機能階層毎に、その認識可能なレベルで、様々なオブジェクトの形態を定義し考察することが可能となる。

情報科学のモデル化作業では、特定の系に明らかに影響を及ぼす概念的な存在（オブジェクト）を如何に見い出すかが重要な仕事である。

1.5.2.2 存在（オブジェクト）とその属性（動的な特性を含む）が認知空間の基本要素

人間は、ものを論理的に考えようとする時、これまでは、物理的・数学的な世界の手法を基軸に考えようとしてきた。すでに、自然科学的な

体系はかなりの部分が明確にされており、物の存在のあり方は、それらの手法の中で規定できる。3次元空間の中に、原子の組み合わせとして物が存在している。クオークからの相転移の境界は明確で、相は安定しているので、多くの物理的な関係の解析は、その連鎖を線形的に考えることで十分に可能である。しかし、その中において、自らが行動する（行動を条件により選択する）人間の社会を考える時、その有機生命体としての安定性の低い性質を考慮すると、物理的な関係の考え方や性質だけを、そのまま単純に用いて考察すると無理が生じる。生命体は、タンパク質の発生から人間に至るまでの間に、進化の階層が幾層も積み上がり複雑化して行く過程を経て成立し、その内部には多数の相転移が密な関係性を維持したまま内包されている。そのために、相転移の境界は曖昧であり、相自体も安定性に欠けている。その活動空間は、無機的關係が形成する空間に比べ、ずっと不明瞭な存在である。そこで、現代情報論では、人間社会の解析を行うとき、その進化のプロセスを検証し応用する。このことにより、使用可能領域に限りがあるが、現時点で実際に有効な分析手法を見出すことができる。その結果、人間社会を捉える手法として内部構造の詳細を確定せずに機能面だけにより定義される多階層オブジェクト群と、その間の関係（メッセージ構文）で構成される再構造化が容易な、非線形的場を導入することが有効であると考えられるようになってきた。

人間活動は、人間オブジェクト群の関係（親子関係、生活地域、使用言語、ビジネス等）の構造変化のメカニズムとして捉えることもできる。

1.5.2.3 現代情報科学の4つのキーワード

今まで、様々な学問分野で新たに見出された生命体についての研究成果を取り上げてきた。それらの成果を利用し、この後で、人間の脳の働きを中心に据え、人間とその社会の動きを自律システムの情報処理メカニズムの観点から詳細に検証する。その前に、それらの新たな研究成果が示す生命活動の全体的な特徴を正しく理解するために、現代の情報処理研究者が、十分に意識しておく必要のある全体の思考の核になる考え

方を、4つのキーワード「COMPLEXITY」、「HEURISTIC」、「CONSTRAINT」、「LIFECYCLE」に集約し、以下に説明をしておく。

(A)「COMPLEXITY = 複雑さ」

最近の研究によれば、今まで想像していたよりも、遥かに広範囲にわたる多様な存在が循環連鎖して地球環境が構成され、影響しあって地球での現象が起きていることが明確になってきている。現代の生命社会は、生命体が誕生して以降に起こった多くの地球現象が積み重なった結果として存在し、すでに、非常に複雑な構造になっている。その中において、それぞれの生命体は自身が体感することで認識できる範囲のもの以外の多くのものから影響を受けて活動をしている。そのことへの配慮が足りないことが、従来の静的な還元的分析による手法では、往々にして、期待通りの結果を得られないことの大きな要因となっている。これを適切に扱うためには、その関係構造の複雑さがその場に示す特性を捉える、新しい対処法を見いだすことが必要である。

複雑な場が表す特性を観察する上での留意点を挙げる。

複雑な場に現れるさまざまな変化は、本来、それ独自の大きさの時空間を基礎とするパターンを持っている。それが、ある一つのオブジェクトに影響を与えるときには、そのオブジェクトの活動帯の時空間でのパターンに変換されて姿を変え現れる。常に、問題を観察する時は、直接の影響を受ける対象の時空間より広い時空間に意識を拡げ、見極めをする必要がある。

たとえ、関係構造が非常に複雑であったとしても、観察の対象の範囲で何らかの安定な状態に至っていれば、そこには、複雑さの階層構造の中の非線形的相転移で生まれた相秩序としてのマクロパターンの性質が形成されているといえる。その時、そのパターンは、かなり限られた要因が主に作用することで生み出された秩序である。しかし、それと同時に、生命界の安定性はそれ程高くはないので、そのパターンが線形性を示す範囲は時空間的に限定される。

また、社会システムが持つ性質から、多くの場合、我々が考えるモデ

ルは近似解である。そのために、常に、誤差の問題を抱えていることを認識する必要がある。

改めて整理する。複雑系においては問題とした現象を説明する解は、特定の視点からの評価であり、その適用できる範囲と期間には限界がある。そのことを、強く意識しておく必要がある。

(B)「HEURISTIC = 発見的手法」

当初、AI 研究では、現象を支配する原理は、明確で簡単な法則の組み合わせにより還元的に表現できるのではないかと考えられてきた。しかし、現象の多くは、複雑な事象が刻々と相互に影響を与えながら変化をしている結果であることが明らかになった。そして、その解明には、この先も多くの時間と困難が伴うとの評価も下した。それ故、いたずらに、今までの還元的手法を押し進めることは賢明ではなく、新たな対処法を考えだすことが必要であると認識するに至った。そこで数々の試行を行ってきた結果、長い歴史の中で繰り返されて生じた現象、それらに対して習慣的に行っていた対処法、異種の生命体で共通に観察される習性等の中に、過去の経験に基づくベイズ的な確率的合理性を反映させて導かれる有効なマクロ的法則（秩序パターン）が多く存在していると判断するに至った。そして、その考え方を応用したシミュレーション実験が、良い結果を示した。そこで、それを、便宜的ではあるが、同様な性質を示す問題に対し、その考え方を取り込むことの有効性を確信し、発見的手法として認知している。人間社会の問題を解く鍵として歴史を学ぶことは大変に重要なことであると認識すべきである。

現在、新たに注目しているのは、他の多様な有機生命の行う活動パターンである。

(C)「CONSTRAINT = 制約」

人間の行う活動が、その時の総ての関連する事象を考慮して考え出した理論的合理性に基づくものではなく、理想と異なる結果が得られることが多いことは、誰でも体験していることである。頭で描いた理論値、

合理的、理想的活動と事実との乖離は、実際の活動を行う際に、見逃されている多様な制約条件が働いた結果生じていると考えられる。人間の特性に関して、これだけ多くの知識を得ながらも、まだ、知るべき多くの知識が獲得できていないということを示している。この根本的理由は、今までの知識が普遍的性質の静的問題を中心に研究されてきたことが大きい。近年の研究により、人間は自身が思ってきたほど自由な存在ではなく、歴史の中で生じた環境との様々な形での相互関係が織り込まれており、それらが人間の行動を規定（習慣性等）し、また、制約として作用することが解ってきた。このような制約の多くは、システムの仕組みが生み出す動的実行時に現れるプロセス的制約であると推測される。プロセス的制約を見いだすためには、プロセス的制約を考慮しない既知の情報からの静的な形を考え出すと同時に、実際の結果を詳細なプロセス上で比較対照し、生じた違いを一つ一つ特定し、その因果関係を洗い出す。このことにより、原因であるプロセス的制約を見極めることができる。プロセス的制約条件を明らかにすることは、人間を理解すること以外にも、実用的利点がある。すなわち、自然界の演算処理スピードを遙かに上回る情報処理技術の能力を用いて、この制約を取り除く解決方法を探し出し、制約に起因する問題の解決に有効に利用することができる。

（D）「LIFECYCLE = 生活環」

自然界のものは、全て、何らかの形で循環連鎖する事象の変化に関係している。そのエネルギー循環の輪は、常に宇宙全体の継続的な変動に晒されている。それ故に、総てのもの（組織）も長い時間を考えれば変化（再構造化）を余儀なくされる。しかし、すでに形成されている循環の輪にはエントロピー生成最小の定理の反映として生命体の習慣性行動（効率化）が仕組みとして取り込んでしまわれているために（循環の慣性力）、循環の流れの変更が促される環境条件として、現行の循環の効率の低下のレベルが環境変化による然るべき閾値（全体として相対的に非効率になる点）を超える必要がある。変化はこのようにしてもたらされるので、生命界の変化は段階的である。特に、人間社会には集団合意性がルー

ルとして持ち込まれた形態をとっているのです。変化が生じるには、手続きに必要な時間が制約条件として取り込まれてしまう。この流れの輪のプロセス的変化特性は、長い時間の繰り返しの過程において HEURISTIC なる種のパターンを持っている。現状の理解だけでなく、この歴史的循環を理解することが、問題の解法モデルが安定的に有効に役立つために重要である。

例えば、卑近な経済行動として、生産工程についての循環的 LIFECYCLE を考えれば、以下のような変化の流れが思い浮かぶであろう。

アイデア → 基礎研究 → プロトタイプ →
製品 → 量産化 → 改良

今、問題にしている対象が、LIFECYCLE の中で、どの状態に位置するかを考慮することが重要であるといえる。

1.5.3 おわり

以上、現代科学の現状と情報科学の関係について簡単に総括し、ここでの考え方の枠組みを述べてきた。ここでの話から、人間（脳の働きの仕組み）の研究の成果が新たな段階に到達したと同時に、今までの学問は総て、複雑系思考が提示する進化体系と照らし合わせて、自身を新たな統一的枠組みの基で再考する時代が到来したことを、理解して頂ければと思う。

2 章

脳システムの構造とそれが生み出す 性能特性および言語の本質の検証

2.1 はじめに

ここでは、人間を情報システムとして考えた場合、性能をどのように捉えることができるかについて検討する。最新の研究成果によれば、人間の脳システムは、問題に対し似たような結果が導出された場合においても、現在まで開発を進めてきたデジタル方式のコンピュータシステムとは、ハードウェア的にもソフトウェア的にもかなり異なる方式で処理していることが明白になってきた。そこで、そのシステム的な特徴について検証を試みる。それと、同時に、人間の情報システムが現代のような高度な社会システムを構築する上で重要な役割を担った人間の言語についても考察する。

2.2 脳システムの基礎構造について

脳について、我々自身、デジタル方式のコンピュータシステムの成功もあり、長いこと、その性質と性能の解釈において大きな間違いをおかしてきた。そこで、改めて、脳を形作る基礎である脳細胞とそれらによって構成される脳関数の性能と性質を、近年の研究の成果を元にデジタル方式のコンピュータシステムとの比較を交えながら明確にしておきたい。

2.2.1 脳システムの演算子（脳細胞）の構成

我々の肉体は、赤ん坊の時代に、活発に細胞分裂を繰り返し、徐々に大きくなる。そして、大人になると分裂は代謝レベルになり成長は止まる。当然、脳も同じ様に成長するものであると信じていた。しかし、近年の研究により、脳の神経細胞（ニューロン）は分裂を行わず、生まれてから総量が増えることがないという驚くべき事実が明らかにされた。ただし、ここでの検証に本質的な意味での影響はないが、最新の研究では、環境適応に量的対応を必要とする記憶に関連する海馬では、細胞増殖が見られるとの報告がされている。そして、脳の中で、行われていることは、

生まれてからの経験に基づいて（情報の写像）脳の神経細胞間をシナプスという線で結合して行く作業だけであることもわかった。

神経細胞は、およそ二百億個（諸説あるが、値はこの近傍）あり、大人では、この神経細胞のそれぞれが、シナプスにより千から一万程度の他の神経細胞と結合している。この巨大な神経細胞とシナプスで構成されるネットワークの中を、情報が流れることで人間の様々な行動を制御する処理が行われている。

このことは、脳の性能を考える上で、とても重要な手掛かりを与えてくれる。もし、分裂による成長であった場合には、多様な成長モデルが可能であり、現在の知識では、脳の機能構造を絞り込むことはできない。しかし、分裂がないという前提であれば、すでに、我々が、情報科学の中で行ってきたコンピューターシステムの構築技術や知識処理の研究の成果から、脳生理学の成果を踏まえて、かなりの程度まで現実的な仮説モデルを構築することが可能である。

2.2.2 神経細胞の処理速度は遅い

脳の神経細胞の処理速度は遅い。簡単な計算でも、コンピューターとは比較にならない程に時間がかかる。脳は、生化学的な仕組みで動いているのであるから当然である。現在、脳細胞の演算処理速度は5ミリ秒程度と推測されている。最近の標準的なマイクロコンピューターの性能である1MIPSの処理速度（1秒間に100万回の命令を処理）と比べれば500万分の1にしか過ぎない。人工知能の研究で言われる『100ステップの謎』という言葉ある。これは、脳が、コンピューターでもかなりの時間を要する画像解析等の問題を、ほんの数百ミリ秒で解いてしまい、この時間が、神経細胞の処理時間として100ステップ程度しか掛かっていないことを指している。この謎が完全に解ければ、脳の仕組みはかなりの程度で解明できたことになる。現段階で、各種の研究から推論すれば、脳は、神経細胞を組み合わせ、より高次の機能単位（マクロ命令）を形成し、その高次機能処理単位を計算機システムでパイプライン処理と呼ばれる直接連鎖した100ステップにまとめあげて問題に

対応していると考えられる。もし、そのようなものであれば、形成されている脳関数でパイプライン処理を構成することが可能かどうかで問題に向き不向きの特徴が明確に出る（処理の指向性を持つ）と想像できる。

2.2.3 神経細胞の演算機能

現代のコンピュータは、3つの論理ゲート（AND,NOT,OR）を基本構成要素とし、最初の基礎演算子となる比較機能と加減算機能を作り出すことから初め、順次、数理理論に従い、抽象度を高め、階層的に高次の関数言語を経てアプリケーションプログラムに至る体系を築くことにより、高度な機能を実現している。（このコンピュータシステムの階層構造の具体的な解析は【参考文献7】において、とてもよく説明されている）

それでは、神経細胞とシナプスを構成要素とする脳は、どのような方法で高度の機能を実現しているのだろうか。自然界の化学的反応活動が作り出せる演算の要素は非常に限定される。構成を複雑化して行くプロセスに用いられる手段も分割と接続関係の調整だけである。長年の脳生理学者の努力の結果とニューラルネットワークの研究成果を合わせると、脳の総てを司る基本機能は、パターンを相互比較する機能であることが明確になった。ここで、パターンとは、五感の入力を受容体を通してデータ化した値の点、点の列、点の集合、点の集合の繋がりのようなものである。簡潔には、脳の基礎関数は、パターンの比較関数と言ってよいと思う。しかも、それが取る値は0か1ではなく、確率的である。

脳の処理を推測するにあたり、コンピュータでの理論の応用できる範囲は限定的であると理解する必要がある。

2.2.4 神経細胞の演算精度

コンピュータの演算素子と脳細胞の演算時のエラーの発生率を比較したとき、半導体に比べ数桁以上の差があったとの報告がされている。

コンピュータの場合、演算精度は演算の桁を上げれば、それだけ向上する。ただし、エラーが発生すると、その結果は、どのようになるか、

全く保証されない。それに比べ、脳のパターン比較関数は、精度の向上は限界があるが、多くの場合、エラーの影響も限定的であると考えられている。

2.3 脳システムのコンピューターシステムとしての構造について

次に、上記のような特徴を持つ脳細胞の演算子で構築されたコンピューターシステムについて、デジタル方式のコンピューターシステムとの比較を交えながら、その全体像を考察してみたい。

2.3.1 脳システム装置は二つの性質の異なる情報処理機構で構成されている

長年の脳生理学者の努力の成果として、脳システムは、大局的にみると、前頭連合野と呼ばれる外部との情報の入出力の制御や意思による思考・判断等を司る「作業域」と、脳の皮質の大きな領域を占め多様な経験情報のパターン分類を行い蓄積し、それを基に問題対象に内在する各種パターンの良否を判断する機能を持つ「統計的推論データベースエンジン」の二つの情報処理機構の組み合わせで構成されていることが明確になってきた。作業領域に意識（マスター）が常駐し、人間としての活動を発現するのに必要な情報の処理が多次元階層パターン分類構造型の推論型データベースエンジンと会話しながら実行される。会話は、言語思考相当に抽象化した高次なレベルの機能層を中心に、関連する他の階層での制約条件を相互照合しながら動的に必要な機能関数を体系的に結合して進められる。（脳システムの基本は言語ではない。言語は人間同士の会話型道具（通信手段の一つ）。言語については、後記する。）

詳細について関心のある方は【参考文献13】を参照されたい。

脳の神経細胞とシナプスの作り出す機能装置は、我々が日常的に使用するデジタル式コンピューターとは、かなり性格が異なると言ってもよいと思う。脳細胞がシナプスでハードワイヤーで連結され、それが、より上位の機能的演算子であるパターン比較関数での連鎖網を構成する働き

方から見ると、この構造は電流の流量で処理を行うアナログ式コンピューターにとっても近い。ただ、作業域は、工夫が凝らされ、コンピューターに近い働きをするようになっている。例えば、近傍の経験情報（一説には二年分程度）は入力時のままに保存し常時再利用可能であり、部分的に過去のデータの呼び戻し（作業域にコピー）ができることで、その両者のデータの許容範囲内（コンピューターでは実記憶の範囲に相当）では柔軟な思考演算が行え、現在の関連する問題の範囲に限定すれば柔軟性が達成されている。ただし、その処理速度は、コンピューターとは比較にならないくらいに遅いので、多くの過去のデータの呼び戻しが必要な場合の処理時間は実用性に欠けるものとなる。

これに演算子の特徴を考慮すると、デジタル的論理思考と日常で見られる実際の行動の間の相違を説明することができる。デジタル的論理思考は、常に、厳密さを持って行われる。複数の条件が関係する演算が行われた場合、デジタル的論理思考は、条件間の比較基準を状況に合わせ自由に調整することは非常に困難である。場合によっては解が出せない。しかし、アナログでは、シナプスの出力（活性値）が $+1 \sim -1$ の値に限定されることから、自動的なレベルの調整が可能となり、生物学的自動リミッター、フィルター機能が容易に実現される。すなわち、無意識的に、情報の値が許容値を超えてシステムが破綻しない範囲に、また、必ず処理が完結するように、圧縮と丸め込みの自動処理を行ってしまう。脳は、複雑な問題も、簡単にシナジェティクスな処理をしてしまえる。この処理は、結果的に現象が非線形的な動きを示す原因の一つでもある。

また、このアナログ式コンピューターの演算は、パイプラインのように機能演算子を逐次的に連結して処理をする。これは100ステップ問題への回答になる。高次のニューロ機能演算子が作られていれば、問題の解が実現できるのである。

さらに、シナプスによるハード接続システムであることから、脳システムの重要な特徴に次の二つが挙げられる。

一つは、シナプスの接続順番の影響を受けることである。すなわち、経験の順番が結果に反映する可能性がある。

もう一つは、シナプスの経路探索の処理が遅いので、時間に敏感であることである。すなわち、演算に許される時間が短いと、十分な情報の探索が試されないことが起きる。また、これは、先の接続順による問題を、情報検索の偏りとして増やす働きもしてしまう。

脳のパターンの処理の詳細について関心のある方は【参考文献 2 6】を参照されたい。

2.3.2 脳のシステムの性能面での特徴は分散処理と並列処理の共用

近年、脳生理学とニューラルネットワークの研究は、多くの成果をあげている。この辺りの研究の具体的な話は、【参考文献 6】、【参考文献 1 5】、【参考文献 1 8】を参照して頂きたい。

その結果として判明したのは、脳の処理装置の特徴は、それぞれ別の役割の多くの機能を同時に依頼する並列処理と、同じ種類の機能を同時に複数試行する分散処理を組み合わせたネットワーク構造をしていることである。並列処理は、意識と無意識の脳の動きで理解され、分散処理は、目の前の複数の候補の中から、無意識に適切なものを選択する脳の動きで理解される。そして、精度の悪い演算子の誤作動から守るための役目も果たしている。

また、シナプスで結ばれた脳細胞群によって機能関数がどのように構成されるのかということについての研究は、これと同様な簡単な構成の回路を作ることによって進められてきている。現在までに、その各種の応用実験が行われ、かなり詳細に性質が解明されてきた。この関数は、結果にバラツキのある問題に対し、そのデータを基に、状態遷移の確率関数を簡単に生成する。対応関係のある入力と出力のデータを繰り返し与えることで、自動的にパターン比較関数群が形成されるのである。多少、原理は異なるが、複数の観測データ列から、それを生み出す近似関数を導き出す手法をイメージするとよいだろう。総ては、パターンマッチングの評価関数であることを考えると理解し易い。

2.3.3 脳システムは差分（微分値）に反応する（識別は分類が基本）

脳は、生の情報と同時に、それを分解し、その情報の差分（変化率）を情報として取り込んでいる。このことは、視覚研究により解明された。これは、大変重要な意味を持つ。観察している情報の判別を行うときに、その大きさの違いや環境条件に左右されない対象物の持つ属性的特徴のみを比較することができるということを意味しているからである。すなわち、相似性、相同性の比較が容易に行えるのである。このことが、脳の推論データベースでの照合を容易にし、人間が簡単にものの識別が行える理由である。

また、この機構を反対の視点から評価すると、とても重要な人間の仕組みにたどり着く。人間はものを識別するとき、対象物の視覚で捉えられる全体を精査して、識別の結論を出すことはしない。取り込んだ情報を、最初に経験的に有効な識別要素を基に分解し、分類ツリーにそって脳の識別推論データベースの平行検索処理を行い、その検索結果の和として示される識別分類の終端を識別の結論として認識している。よって、僅かな情報でも識別が可能であったりする。生命は、自身が個別な存在として認識する必要を自覚したものだけを識別認識していることになる。

2.3.4 動的行動中の実行性能に大きく影響する脳の作業域情報処理機構の性能の検証

脳全体の性能についての評価基準は、簡単には決められない。それは、脳システムが環境適合型であり、性能特性の指向方向に個体毎に異なる個体の経験差が大きく反映するからである。そこで、ここでは、解明の進んでいる、人間の行動中の単純な意味での処理能力を決定付ける脳の作業域の情報処理機構の基礎性能について、その内容を検証したい。

脳の処理能力については、いろいろな面から実験的測定が行われている。まず、データ量については、簡単に取り出せる情報として2年分程度が保持されているとの研究成果が公表されている。この量は、日常生活の判断を行うには十分であろう。また、瞬時実行能力は、脳の実時間対応処理（目的行動中）に大きな影響を及ぼすが、その測定結果は、次

のようなものである。

まず、ここでの表現用語であるが、アイテムとチャンクという概念を用いる。これらを、詳細に説明をすると長くなるが、ここでは、大まかな理解で十分なので、簡単な例を引いて説明するに留める。アイテムは、単語で表せるものと思って頂いてよい。また、チャンクは、関連した一連の単語からなる単文で表せる状態と思って頂いてよい。

まず、アイテムの測定結果である。脳は、一度に、7アイテム程度の識別物を一時的に記憶可能である。人間の感覚5つ（五感）プラス2に相当するが、これは、動物としての人間の性能として、合理的に受け止められるであろう。

そして、チャンクの測定結果である。チャンクとしては、2チャンクの解釈が同時に可能であるとの結果が得られている。

この結果を解釈すると、人は、平常時には浅く7つぐらいの範囲で入力情報を監視し、意識を集中した活動状態では、2つぐらいの簡単な関係の組み合わせ（2次元の変動パラメタ）として捉えていることになる。全体的に、行動中の脳の処理能力は、このかなり限定された範囲で働くように仕組みられていると考えるのが妥当である。処理の遅さを、目的に応じて意識の範囲を広く取るか深く取るかを使い分ける柔構造で補っているといえる。これ以上の情報量の処理が必要な状況となると、脳の中で情報の入れ替えが頻繁に起き、遅い脳システムには大きな負荷となり、人間の自然な体の動きの状態を維持することができなくなってしまうと考えられる。問題をこの制約範囲に収まるように整理するために、立ち止まって思考することに、かなりの時間が費やされるのである。これの対応としては、事前のシミュレーションを多く行い、必要情報を作業域に整理して集めておくことが効果的である。

最近では7±2チャンクとの説も出ているが、データの微妙な解釈の違いで、測定の内容に大きな差はない。私は、アイテムが連鎖し、2チャンクになると捉える方が現実的であると感じる。

この現象の一つの例を挙げる。かつて一時期、三次元表現が、情報表現手法として注目されたが、最近の研究の結果では、たまたま、その中

で表現される内容が二次元的に捉えられるケースを除き、一般的には、同じものを複数の二次元表現で提示した方が、より早く正確に理解できることが知られている。

2.3.5 脳の中の記憶は写真のようなものではない

人間の記憶についても、多くの誤解をしてきたことが判明した。例えば、視覚記憶について述べれば、目の前の情景を簡単に識別できることから、人間は、最初に情報を取り込んだ時の視覚情報を、全て写真のように記憶して保存しているかのように思ってきた。しかし、初めて見るものや関心のないものを、ほんの僅かの時間をずらして思い出してみようと試みれば、ほとんどが正確には思い出せないことを経験する。比較的よく思い出せるのは、普段より、意識的に愛着を持って見ているもの、日常的に目にする頻度の高いものである。では何故、現実映像として正確に思い出せない人の識別が簡単にできるのであろうか。その理由は、2.3.3に記述したように、情報は、総て平等に記憶されるのではなく、意識が必要としている判別に必要な特徴的情報を優先的に、さらに、画像を系統的に細かく分類細分化し、自然の中の規則性として認識できるものに整理し、その特徴群を記憶していることにある。その行為が繰り返される毎に、特徴分類が進み記憶の精度は向上する。

人間は、識別分類上の存在と、その分類での特徴点の集合（属性）とで記憶し、脳の内部で処理しているのである。多くの思い出のイメージは、脳の中で再合成されたものである。

特徴点の身近な例として、【参考文献 1 2】のものに固有なフラクタルの存在や、D.E.Knuth の行った活字の要素分析と復元の研究 METAFONT 等が参考になる。

また、化学反応型記憶は不安定で精度が悪い。そのために、画像判別と同様に、複数の視点からの入力情報を利用して補完するような機構で支えている。各々の記憶の精度は、繰り返す毎に、色々な角度から見る毎に高くなる。印象の強い記憶は、映像ばかりでなく、感情等の他の補完情報にリンクして記憶されている。

2.3.6 意識と無意識の共存関係

大方の人間は、一見、自分の行動は、全て、意識して行っているかのように感じ、意識が脳を支配していると思い込んでいる。しかし、人間の意識が管理している領域は狭い。自身の行動の目的を明確にするための思索判断行為は行っているが、各々の意識的行為の詳細な過程は、無意識下で実行される。例えば、何処に行こうかと決めたら、意識が足の動き方を指示しなくとも、身体は目的地にたどり着く。これは、身体の動きの指示の担当場所が複数場所に分かれており、マスター（指示）とスレーブ（実行）は必要に応じて交信を行っているが、意識の窓からマスターの処理しか見えないからである。しかし、人間は、そのようなことを、日常的には認識していない。このような、無意識の機構は、人間の中には多く存在する。極端には、全く意識の管理下でない自律神経の存在もある。自律神経下の機能が不調になると、不快な感覚として意識に働きかける。生きるという目的のために、意識下の脳と、無意識下の脳は、相互に会話をしながら調整をしているのである。

ガイアのエネルギー循環の仕組みを担う基礎の機能を無意識脳が司り、それに、意識脳が、適時に循環経路選択の判断行為を行っているのである。

2.4 脳システムのソフトウェアの仕組み

ここでは、今まで述べてきた脳システムの脳細胞とシナプスが作り上げているハードウェア的処理の仕組みの上に、どのようなソフトウェアが構築され、人間の柔軟な環境への適応力が実現されているかを考察してみたい。

次に、脳の成立過程を考察する上で見出した私の考え方の説明を進めていきたい。

2.4.1 脳が達成しようとする処理とは何か

ガイア（地球）は、四季を始めとした気象による比較的大きな環境の変動を受ける。その環境下では、総ての生命体が環境の変動の幅に適応

して生存していくのに必要なだけエネルギーの流れが変化し、その継承エネルギー循環の経路ネットワークが生ずることになる。そのエネルギー循環のネットワークの経路変更は、生命体の様々な形態変化等により行われ、これにより全体の循環が維持されている。例えば、あるものは場所を移動し、あるものは地上から地中に、あるものは活動を停止する（冬眠）。その中で、人間は、運動能力に特別な特徴もなく、成長に特別な形態変化を経ずに十年以上もの長い時間を必要とする上、さらに、比較的大型な生命体で食物摂取量も多い等の不利な条件を持って生きなければならない。それらの条件を満たし、人間が安定した生存権を得るには、唯一の強みである集団行動能力を最大限に活用し、環境の変動に応じた高い経路選択能力を磨くこと以外に方法がないことになる。すなわち、それは、脳を発達させるということである。

人間センサーが取り込んだ情報（視覚能力が一番感度帯域が広い）を基に、その中からエネルギーを確保する対象として認識できるものを選び出し、安定した生活ができるだけのエネルギー確保を保証する行動能力が必要である。人間は、それを達成する有効な手段として集団的行動を選択したのである。個々の運動能力とコミュニケーション能力（人間の表現機能の総て）の関係が機能集団の規模の限界を規定することになる。その効率を支える最も重要な機能要素として、言語セットが必要とされ、生み出された。

以前に説明したように、脳は、半導体と比べ処理のスピードがとても遅く（半導体に比べ六桁程度の差）、また、エラーの発生率も高い（状況により幅があるが半導体に比べ数桁以上の差）化学反応を活動の基礎とする細胞群で構成されている。そのため、脳は、目的を達成するために、数の多さ（二百億個の神経細胞とそれを結ぶシナプス）にアドバンテージを見い出すしかなく、脳の中の複雑な機構は、それを実現する過程で創出された。具体的な仕組みは、生命活動の日常的繰り返し（安定したエネルギー循環）から取り込まれる情報集合を基にして自然に編み出された確率的階層方式判断機構ともいうべきものである。その機構は、最終的に、人間の運動能力とコミュニケーション能力に適応した簡潔な機

能表現集合を生み出し、言語に反映されることになる。

また、人間の子供は、一度完成した機能表現集合を単純に継承するのではなく、習得機構を備え、再度、新たな習得作業を繰り返す。このように行わなければならないのは、ガイアの成長による変化の影響を予測することが不可能だからであり、その変化に合わせ、指示機能セットの更新を動的に行うことが要求されるからである。

2.4.2 エピジェネティックな進化の仕組みが支える生命環境は歴史的局所合理性の総和

脳の仕組みを考えると、脳に形成される機能関数群の間の関係に数学的な厳密さと真の合理性を求めてはいけない。その理由は、生命進化の歴史が、環境からの影響を強く受けていることによる。

進化の歴史の一時点である現在というものは、これまでに多くの偶発的な環境の変化の影響を受けて、多様な形態変移経路を経由して形成されたといえる。その形態変移は、個々の生命体がエピジェネティック（環境選択。詳細は【参考文献2】を参照されたい。）な仕組みを用いながら自身の周囲の環境との局所合理性を満足するように、その仕組みを作り替えることで起きる。従って、その時々々の環境変化の影響を強く受ける。現時点の生命社会の構造は、それらの変化を継承してできあがっている。そこには、進化の層の転移による非線形な繋がりが抱えこまれていることになる。

歴史の一時点としての現在がおかれている状態は、進化の歴史において各種要素が複雑に混ざり合う中で達成された、全体としては調和がとれている一時的な安定状態である。一方、現在がこのような経緯で形成されてきているために、各所で不合理な現象が見られることも多い。

当然、脳の仕組みは、この進化の歴史を反映している。

また、仕方がないことであるが、人間の構成要素の細胞が有機化合物の化学反応により維持され、はなはだ不安定な動きをする存在であることの影響もある。

よって、脳を、大まかな範囲での結果を求める仕組みとして受け止め

る姿勢が必要である。

以下では、構成要素(脳生理学の成果)と、そこから生み出される現象(社会、経済、心理)を結びつけるフレームワークモデルを構成するのに必要とされる条件を、情報科学で得られた多くの経験を基に、認知科学の視点から検討し、導き出す。

2.4.3 脳の仕組みは数千年前の環境で考えるべき(言語能力の位置づけ)

脳の仕組みはどのような目的を達成しようとして作られたのであろうか。生命の進化は非常にゆっくりしている。それは、数千年、数万年あるいは数十万年単位で、少し変移が起きる程度のものである。そのことを念頭に置けば、やはり、数千年の歴史しかない文字の発明以前の状態に、脳のシステムは適合してできていると考えるのが妥当である。その頃の言葉の種類は、かなり現在のものとは異なっていたはずである。考えることも、生きることに単純に直結していたはずである。心理学者のS.Freudが、人間の心理行動をリビドーに還元できると考えたことは十分に理解できる。私なりに言い換えると、『生きるためにより有効な次の行動の選択』である。

現在の、我々が蓄積してきた言語知識は莫大な量になる。それらを駆使し、我々の脳は言葉で多様な推論を行う。しかし、これは、脳システムが本来の目的のために最適化した機能ではなく、情報交換のための簡単な機能の使用法を拡張して行っている行為である。それは、運動能力に特別な特徴もなく、成長に何年もの長い時間を必要とし、エネルギー消費量も多い人間の、生きて行くために必要な能力として、集団行動を支える役割を担うために種々の機能を装備した結果、脳システムが肥大化したことに関係がある。つまり、生産性の向上よりもたらされた時間と、人間の脳の欠陥である正確な記憶力の欠如を補う文字という偉大な道具の発明が原因となって、それ以降に、偶然に花開いた能力である。

脳システムの構造は複雑であるが、それが実現しようとする仕組みのもつ目的は、大きな意味では単純である。

2.4.4 脳システムの基本変数は時間（過去のデータ（経験）から次の行動を判断する）

脳システムの諸機能は、遺伝子で受け継いだ初期値を元に、その後の経験の中で取り込んだ情報を用いて変更を加えながら形成されて行く。当然のことながら、脳システムの神経細胞機能関数は、経験が時間のプロセスであるので変数は時間である。しかし、人間の会話の中で、そのことが意識されることは少ない。しかし、使用される言葉の多くは、無意識的に時制を変化させて使用されており、聞く方も話に対応する時間の経過の中で解釈をする。脳は、言葉の関数列を生成するときに、時間の視点を固定して時系化して組み立てるからである。だが、環境についての表現部分は、ほとんどの日常経験が周期的行為であることから、それまでの経験の Σ 合計を、属性として一語に集約してしまう。このようにして、多くのオブジェクトに対しての直接的表現は、その時点の静止した構造関係として表現されることになる。

2.4.5 脳システムの機能構造

脳システムの作り出す関数群は、構造的には大きな三つの軸（オブジェクト種別、オブジェクト間の関係、オブジェクト関係の時間変移と結果）から成ると思われる。総ての関数の生成は以下の過程を経て行われる。大まかには、経験（五感からの感覚入力および自身の思考を含む。結果ばかりでなく時間的変化も含む）を通じて取り込まれた情報を、必要なだけの識別が可能な所まで要素分解し、それを再び要素同士の近似性に基つき識別分類し直すことにより形成される。

以下に、具体的に多様な面から脳システムが作り上げた構造について検討する。

2.4.5.1 脳の中の認知ボックス

今まで、幾つかの視点を基に脳の働きについての見方を記述してきた。これらを整理してみると、いずれにも共通する二つの仕組みが浮かび上がってくる。

一つは、最初に備わった機能が無条件に組み合わせ対応するのではなく、自分が適応すべき環境の中の動きのパターンを写し込み、それを応用して対応する仕組みを持っていることである。

もう一つは、全体の調和を達成するための仕組みである。それぞれの生命体は自律したシステムであり、行動の役割の自立的認識と独特な自律システム型会話手法を用いて、相互に影響しながら協調をする。

この問題を脳の処理として具体的に分析して行く上で、重要なアイデアを、最初に提供したのは MIT の M.Minsky である。後に、M.Minsky は、その脳の仕組みのアイデアを彼の著書【参考文献 20】の中できなり詳細にモデル化してまとめている。M.Minsky は、とても具体的に脳の思考プロセスを解析しながら、それらに必要とされる機能の実現について幾つかの基本的な概念要素の組み合わせで構成する方法を考察している。この方法は、人工知能を用いて、優秀な人間に相当する柔軟で高度な働きを実現する仕組みとして捉えることができるが、私は、この機能構造モデルは、大変によく整理されたものであると受け止めている。ここで、具体的な内容に触れるのは量的に困難なので、興味のある方は、勉強になるので、【参考文献 20】を読まれることを、是非、薦めたい。しかし、脳のハードの仕組みを考えると、実際の脳の働きは、もっと単純で限られたものであると、私は考えている。それは、前提条件として、脳の思考が人間の行動を司る割合が、私の方が M.Minsky 案より、ずっと少ないと想定していることの影響が大きい。私は、この中では、同様な概念構造を、単純化した概念要素のオブジェクト、属性、関係で説明をしている。だが、基本的には、M.Minsky の提唱したフレームという概念に多くの示唆を受けて展開している考えであることは明確にしておきたい。

私のここでの立場から、私の考えるフレームを簡単に説明すると、それは、ある目的を遂行するのに必要な概念的オブジェクトの集まりということになる。ただ、私のフレームは総て四次元時空間で表現され、M.Minsky 説のフレームの拡張概念である時間変移に対応したトランスフレームに近いものといえる。その中で、安定した状態として認識される関係のものが M.Minsky 説のフレームとして捉えられる。このような違

いはあるものの、基本的には、両者は同様なものであると考えている。

上述したように、フレームはオブジェクトとオブジェクト間の関係から構成されているが、その数は、脳の実時間処理能力の制約の範囲に収まるように制限されている。その数は、脳の瞬時記憶能力の範囲ではないかと想像している。様々な思考に関する実験から、問題の中のオブジェクトがこの数を超えると間違いが増大し、処理時間もかなり遅くなることが知られているからである。生活の中で、意識下のフレームは、思考の目的に必要な範囲で、連鎖的に拡大あるいは縮小され、次のフレームへと引き渡されていく。

このフレームの形成は、生まれたときに生成されるとも単純な24時間周期フレームから始まり、生活圏・関係の増大に合わせて拡張が行われていく。そして、現在の日常生活の周期的循環フレームの輪が、最新の行動認識の基準フレームとして位置づけられていると考えられる。

私は、近年の研究成果を踏まえ、以上の考えをまとめ、改めて、「認知ボックス」という概念を取り入れて考察を進めたい。

今まで述べてきたように、階層構造を形成しながら拡大してきた宇宙に現れる現象は、層間の複雑な相互影響を受けた結果として、以下のような固有の次元の元に、関連したパターン集合として現れる。

出現関連パターン群＝（時間、空間、出現層の帯域）

上記パターンを、人間は脳の中に写像し行動に反映させる。よって、人間の脳の中には最初に以下の認知ボックスが写像される。

認知ボックスA＝（時間、空間、認知感度帯域）

ここで、認知感度帯域は、脳の作業域の処理能力の制約の上で、それぞれの個人の情報識別能力が、それ以前の段階でどの程度まで高められていたかに依存して決まってくる。

さらに、人間はこれらを自身の思考で再構成し、新たな認知ボックス

を追加する。

認知ボックス B = (時間、空間、思考能力)

また、思考能力も、それぞれの個人の経験に依存した変数となる。

この認知ボックス A と認知ボックス B の和が認知ボックス集合を形成する。

人間は、それぞれの認知ボックスを構成するパターンに、類似したパターンや共通したパターンを持つ、別の認知ボックスへの連続的な切り替えを行いながら、自身の行動を決定して行く。

人間には、パターンに従わなければならないという制約以外に、知りえた知識の範囲の制約も受ける。時間制限のない中では、言語による自由思考（処理速度が非常に遅い）を行い、認知ボックス B を増大して処理を継続して行うという、如何なる思考をも可能とする道が開かれているのである。

2.4.5.2 言語から脳の情報構造を推論する

やはり、脳の情報構造を具体的に表しているよい例は言語であろう。言語は、脳の機能関数そのものとは異なるが、コミュニケーション手段として、脳の機能関数の中の最も高次の関数群と、ほぼ等価変換可能であると考えられる。

今、我々が使用している言語は、相当な恣意的な拡張が行われているので、現代の言語自身の構造と役割についての分析と考えは後で別に記述する。ここでは、言語を通しての機能構造を理解するための大まかな検討をする。これを知る基本に、N.Chomsky から始まる現代言語学の研究成果による構造分析があり有用である。しかし、ここでは、もっと、実用的なレベルのコミュニケーション手段としての言語の使用方法を考える。それは、マーケティング等の、機能的表現を要求する分野で使われる 5 W 1 H という表現手法である。5 W 1 H とは、Why、What、Who、Where、When のそれぞれの頭文字をとった 5 W に、How の 1 H

を加えたものであり、文章を構成する際などの基本的な構成要素として用いられる。具体的には、なぜ（Why）、何を（What）、誰が（Who）、どこで（Where）、いつ（When）、どのようにして（How）といった要素表現を指す。この用法の解説書は、多数発行されているので解説は省く。

認知科学の世界では、この表層的表現に対応して深層構造的な表現として、GOMS が A.Newell らにより提唱されている。GOMS の示す内容は Goals、Operators、Methods、Selection Rules である。現在は、概念の拡張表現（High-Level GOMS）として Goal、Object、Method、System（cf. Task Analysis and the Design of Functionality : D.Kieras）も使用される。（この GOMS 理論の詳細な説明は、産業総合研究所の Ph.D. 北島が記述した GOMS 入門が氏の HP からダウンロードできるので参照されたい）簡単には、Goal と Why、Object と Who・What、Method と How、System と When・Where のような対応付けができるであろう。

さて、以上のような思考の作業は、脳システムが実現しているのであるが、適切な表現要素はどのようになるのであろうか。そのために、脳システムの神経細胞とシナプスの単一機能素子から構成することが可能になる最も単純化した構造要素まで絞り込むことが必要になる。多方面から検証して考えた結果、次の3つの表現要素に大別し直すことが合理的で適切であるとの結論に至った。

オブジェクト：意識の中で一つの自律した存在として認識されるもの（実体は不要）。それは、複数のオブジェクトの集合である場合もある。

オブジェクト属性：オブジェクトを認識する上で用いることの可能な総ての属性。静的な関係。複数の属性が合わさり、別の属性と認識される場合のものも含む。

オブジェクト関係：複数のオブジェクトが関与して生じる体験の中で観測される行動と結果の関係を示す動的パターン総て。複数の関係が合わさり、別の関係と認識される場合も含む。

具体的な仕組みは、次のように考えられる。オブジェクトとオブジェクト属性は、それぞれ近接性の高い集合毎に体系的にツリー構造で分類整理され、さらに、両者のクロスネットワークを構築する。これより、必要なオブジェクトの特定が容易にできる。オブジェクトとオブジェクト関係もクロスネットワークを結ぶ。これらのマルチ検索機構を元に、目的に応じた行動の手順を作り出すオブジェクト構造をした推論エンジンを形成する。

処理の流れで説明をすると、次のようなものである。自身が存在を認識したオブジェクトのリストと各々のオブジェクトが関係する認知ボックスとの対応関係をしめすクロスマトリックスにより、クロスポイントの最大値となる認知ボックスをスタートに選択し、認知ボックスの連鎖の流れに従い行動の経路を決定していく。自然な認知ボックスの接続関係が途切れると、思考に主導権が移され、次のスタートになる認知ボックスを探し移行する。もし、時間制約が厳しい場合は、第六感と呼ばれる超判断基準を用いることになるであろう。

これらの推論機構は、日常の体験での実行結果のフィードバックを行い、日々、推論精度を向上させていく。脳のマップは、進化の過程で経験的合理性によって生み出された合理的な配置となっている。

脳の推論エンジンの仕組みを、次に図で示す。

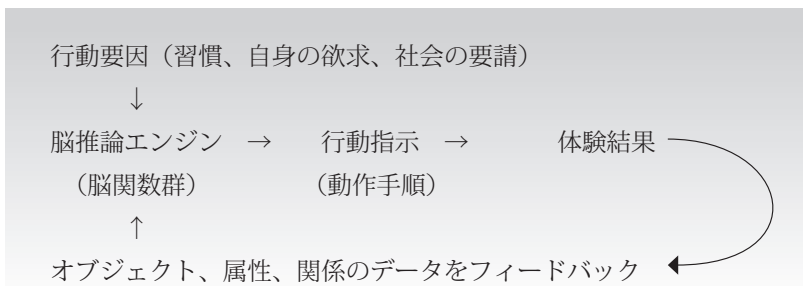


図 2.1 脳の推論エンジンの仕組み

ただし、ここで脳の推論エンジンの役割を過大評価しないために、重要な点を述べておく。脳の情報取り込み感度はとても鈍感なので、有効なレベルの関数が生成されるまでには、かなりの繰り返しと情報の近接性が必要とされるのである。このことにより、不確定要素の高い人間社会においては、個人の脳の推論エンジンがカバーする領域は狭い領域に限定されてしまっている。

この推論機構は、個々の人間の経験（考える行為も含む）に完全に依存している。このことが、同じ事象に対する対応でも、人により、経験の差により、行動が異なる原因となる。この仕組みは、脳の基礎関数を形成する基となり、データの関連性と存在密度を反映した各種認知ボックスが生み出される。これらのことを考えると、成長期の経験・教育の内容がとても重要であることを改めて思う。

2.4.5.3 考えるとは自分の意思で行うパターンマッチング

寝ているときも脳は働いている。それにも関わらず、人間は、意識の支配下にある覚醒している時間のことだけを総てのように受け止め、人間とは意識が考えて出した決定に従い行動しているものと思い込んできた。しかし、人間が意識下で考えている範囲は、大方、本人自身の行動の目的と大まかな動き方程度である場合が多い。目的行動に集中して新しい仕事に取り掛かっているようなときを除けば、無意識的に過去に何度も経験した行動を反復していることがあるはずである。そのように見えてくると、行動とは、考えた結論部分と脳の推論エンジンから得た結論部分とを無意識的に繋ぎ合わせることによって生じていることであることが理解できる。ここで、考える作業の役割は、単純にパターン化することのできない環境条件に応じて適切な行動を決定するための作業であることが分かる。多くの場合において、人間は、過去の経験に従い行動している。行動帯域の広い人間は、単純な予測が不可能な状況に出会うことも多く、次の行動を決める際に、環境から複数の選択肢を提示される。このとき、自身の思索で周囲の状況を分析して判断を下す必要が生じる。これは、再現率の高いデータを基にした脳システムの推論エンジンから

の解だけでは決定できない。そこで、人間は、自分の意志で、手に入れることの可能な情報を最大限に収集し、言語、イメージを用い逐次的パターンマッチング作業を行うことになる。これが、考えるという行為である。

この状態でも、意識のバックグラウンドでは無意識的検索が平行に進められ、有効な解に出会うと、思いつきとして意思に呼び掛ける。

2.4.5.4 脳システムの機能構造は半自動パターンマッチング

これまでの話から、人間の脳システムは、二つの推論機構の組み合わせシステムであることが明確に理解できたと思う。基本的に以下の3つのモードと1つの補助機能モードがあり、それらのモードを状況に応じて切り替え、作業を進めて行くシステムである。

基本モード

1. 反復：自動推論機構を用いて反復処理を行う
2. 選択：複数の選択肢があり、自動推論だけでは決定できない場合に、補助的に意思決定のための情報のパターンマッチング作業（選択思考）を介在させる
3. 理論思考：環境変動の予感から、選択肢を事前に用意することができる。そこで、情報のパターンマッチング作業（思考）を意識的に行之、推論により行動の決定を行う

補助モード

1. 検証：目的の設定や経験情報を検証して情報修正を行うために、完全に意思による情報のパターンマッチング作業（検証）を行う

人間の作業ミスに関して言及した J.Rasmussen により提唱された認知活動の SRK モデルも共通した考え方に基づいていると理解されるので参考になると思う。

2.5 脳システムの形成過程（成長）について考える

シナプスは、人間の日々の経験、思考の反映として、脳細胞間に連結されて行く。それは、五感の情報のような基本入力情報として取り込まれる情報の中から、繰り返し発生するパターンを切り出しながら、識別精度を向上させ認識・推論機構を形成して行く。パターンは大きさに左右されない変化率として表現されるので、高い比較適応性が生み出される。そして、それら各種の多次的性質パターンが組み合わせられ、何らかの知識処理メカニズムが作り出される。パターンの切り出しは、人間に関する情報を中心にした、人間に備った五感の感度で識別することが可能な情報帯域の範囲レベルで行われる。情報の取り込みは、意識して行われるものだけでなく、常時、無意識のもとでも継続して行われている。この作業が、休みなく行われることで、時系列的に情報が補完整備される。脳は、この非常に複雑な多数に分離分解したパターンを人間の脳の処理能力に適した認知ボックスとして再構成することで、人間の行動を制御支配する秩序ある機能群を生み出している。

さらに、この成長のプロセスは、普通の生活（環境）をしていれば、身に付く（推論機構が完成する）ように仕組みられている。

次に、この生成過程を、もう少し詳しく考えてみたい。

2.5.1 人間の遺伝のエピジェネティックな仕組みは生誕後の過程を織り込んでいる

脳の推論機構の基礎が完成し、自立した人間と見なせる時期については、次のように言い表せるであろう。

自立した人間と見なせる時期とは、エピジェネティックなシステムが役割を終える時期と言い換えられる。エピジェネティックなシステムとは、ガイアの中で形成されている多様なエネルギー循環の網の新陳代謝を維持して行く仕組みの重要な役割を担い、環境の変化の中でも新しい生命（交代要員）の成長（完成）を続けることを可能とするシステムで

ある。このシステムがあるお陰で、完成した脳機構は周辺環境の情報の写し込みを行うことができ、脳をエネルギー循環の役割を担える複雑さのレベルの作業の処理ができる状態に成長させることができる。

人間に仕組まれた遺伝的作業の終了の時期は、何時かということであるが、それは、古から、多様な地域で見られる成人のお祝いの儀式が行われる年齢を参考にするといえよう。近年においては、後天的必要知識習得時期と肉体的成人をメドに20歳前後に行われる場合が多いが、古からの習慣では、13歳前後に行われた場合が多いことが知られている。

脳機能の変節点として、この時期に何が生じるのであろうか。大人であるとは、何を持って評価されるのであろうか。機能面では、本人が自分の意思を明確に言葉で表現し、周囲の言葉の意味を十分に理解できる会話能力を身につけたと判断されたときと考えられる。すなわち、集団(共同作業)の一員としての役割を担えるレベルに到達したときといえる。では、これは、脳システムの発達の段階としては、どのように解釈できるのであろうか。脳システムの推論機構が作り出す、行動を指示する命令群は、言葉と同じではない。これは、同じ人種の中でも多数の文法形式の言語が共存し、複数の言語を話す人が存在し、言葉以外の手段(目、手等)でも会話が行われる等の現象でも理解できるであろう。

言葉は、コミュニケーションの道具として、進化の最後に人類が獲得した能力である。従来の脳機能に、情報伝達手段としての言語機能が組み込まれたのである。従来の脳機能が作り出す高次の機能関数と言語の間の変換機構を設けたのである。

脳の推論機構は、様々なレベルの生命活動(血液によるエネルギーの供給、筋肉の伸縮、肉体の各部の動作、人間の行動等)の総合的検証の上に築かれている。このことにより、脳の推論機構が作り出す高次の機能関数列は、実行時に課せられる制約条件を満足する行動を生起させる。つまり、本人が自身の身体で実行できることを保証する。同様に、この仕組みは、社会的活動における推論も、経験からの制約条件を満たすこ

とを保証する。すなわち、この高次の機能関数列は、人間の行動の実現性を保証する最も高次の階層で生み出される機能秩序群である。これらは、景色とか動きに対して、決まった視点から見たときの表現を生成する。このとき、表現は、「動かす 物」でも「物 動かす」でも等価である。しかし、コミュニケーション効率上、コミュニケーショングループ内で統一的文法が生成されるのである。これにより、言語が生まれる。ただし、四次元的動作を、一次元的に連続した言葉の列として表すことになるので、色々な順番や方法が考えられ、総てが完全に一致する変換をすることは困難である。本質的に、日常生活文法は、曖昧で不完全なものである。

このような仕組みを知れば、前述の現象も理解できるであろう。従来の脳機能は生まれた段階から、徐々に体験を蓄積し、活動範囲を広げ、複雑な仕組みへの適応能力を高め、推論機構を発展させていき、高次の機能関数を充実させて行く。それに対し、言語は、当初よりすでに完成された社会秩序機能表現集合として与えられる。古では、この両者の等価変換機構がバランスよく働き始める時期が13歳前後であったと推測される。また、もう一つの根本的な理由として、それまでに形成してきた基礎的関数の処理能力が必要条件を満たす時期を境に、脳の処理方式の変更が行われることがあげられる。この時期になると、脳のハードワイヤードな情報探索の接続距離の有効限界が人体の日常動作速度からの制約で定まるので、脳の判断の全体的なスピードが定まり、それに合わせる形で人間の行動が発達して行く。

この年齢以降は、言葉と体験が互いに対応関係を維持するように協調して強化されて行く。言葉と体験を対応付けようとする行為が自然と行われ、本能的な衝動行為から、言葉で意思確認した行為となっていく。人間の行動において、意識は自身の最終的な目的を決める役割を担っている。意識が言語を基本的な思考道具として使用する。それは、集団行動を基礎とする人間が、集団行動の効率を高めるために、コミュニケーション道具である言語と自身の思考を同一の手段で処理することが有効であったからである。その必要がなければ、意識による思考はイメージを思い浮かべることだけで行うことも可能である。

具体的に言語認識レベルを理解するのに、一つの目安として、【参考文献 16】の中の項目「実用レベルの語彙数」を読まれると参考になると思う。英語の調査で、2500語で78%のカバー率に達し、それ以上の語彙数の増加に対してはカバー率の増加が急激に低くなることが指摘されている。これは、脳の処理能力と高次の機能関数群の構造を推測する上で、とても重要な示唆を与えてくれている。また、多くの語学検定試験で、一人で外国の生活を始めるのに必要な最低レベルの語彙数を実態調査から1500語程度に設定していることも判断の参考になる。

脳の階層構造は、限界まで詳細に分解し複雑化した情報を整理して行く過程で生まれる。複雑化を整理する（高度化）とは、情報の発生源の特性を抽象的な新しい秩序体系として再構築することである。その際、再構築は、非常に複雑で長大な入力情報であったとしても、その処理が人間の脳の処理能力が担うことができる範囲に常に収まるようにされなければならない。人間には、エネルギー循環で担う役割（オートポイエーシス）がある。処理能力の限界は、その流れの指向に沿うのに必要なレベルの機能秩序群の数の上限を与える。歴史的進化の流れの中で、それが散逸構造であることから再構築される秩序体系は非線形階層化構造として段階的に生成される。

さらに、現代には新たな仕組みが追加されている。現代社会の仕組みは、たかだか数万年の間に人間自身の手により非常に複雑なシステムとして組み上げられたものである。そのことから、集団内での体験的模倣により自然に習得できる情報（言葉の語彙）だけでは、その一員としての役割を担えない状態になっている。そのために、脳の推論機構の対象情報の拡張を意識的にすることが求められ、その手段として、後天的な知識習得システム（教育）が必要とされるに至っている。教育は、言語の情報伝達効率がよいとの経験から、もっぱら、言語での知識伝達に頼る傾向がある。しかし、今まで説明してきたことは、我々の教育というシステムのあり方を考える上で、重要なことを教えている。今、我々が、教育の中で教えている言語知識は、生命の歴史から考えると、ごく最近にできたものである。それが、如何に合理的なものであったとして

も、生命体の仕組みの中に進化として取り込まれるための時間から比べれば、全く不可能な時間と言ってよい。言語は、数千年という短時間に、体験することが不可能なレベルにまで表現領域の拡張が行われた。もし、言語知識が、体系的に体験的知識に連鎖するように習得させられていなければ、実際の生活行動下での時間制約を満たしながら言語から得た知識を使用することは不可能である。脳の能力は体験的知識構造の最適化のレベルに対応しているということである。このことを考えると、日本で行われている、十分な科学的検証がされていない単なる量を追求した13歳以前の教育は、根本的に検討しなおす必要があると思う。このことは、言語について言及するときに改めて触れる。

2.5.2 脳はその達成すべき目標を適切に変えながら段階的に成長する

五感を通じて人間が生活の中から体験的に習得する情報は、各種パターンに分類され、多様な基礎情報として脳の中へ取り込まれる。それらは、さらに組み換えられ、より抽象化した構造へと改変される。この成長過程は、異なる性質をもった新しい秩序を段階的に形成しながら重層構造化していき、高度な推論機構に到達する。

人間が生まれてからたどる具体的な成長過程は、ガイアのエネルギー循環の一員になるまでの過程として考えることができる。人間は、観察、理解、模倣の繰り返しにより一人前になり、役割の新たな担い手に成長する。この過程を、簡単な作業から順番に習得し、複雑な作業を行えるようになる過程として捉え、それを、人間システムの構造に当て嵌めて考えるということである。この過程は、脳の中の処理機構は階層的に処理できるものの複雑さを上げて行く仕組みによって支えられている。だが、推論機構が、処理する対象の複雑さを一つ上げるのには、かなりの新たな情報収集（体験）が必要とされ、また、複雑さのレベルが上がる毎に量が多くなる。

認知ボックスがより大きなものに拡大連鎖していく仕組みと捉えることができる。

それらを、行動範囲と関係の複雑さの時空間的拡張として捉えれば、

以下のような関係の拡張が行われているともいえる。

1. 基礎的な外部との情報交換機構の形成
2. 家族の関係の習得（保護）
3. 地域社会との関係の習得（見習い）
4. 社会全体との関係の習得（自立）

それは、また、機能面から見れば、次の過程と説明できるであろう。

1. 耳の情報から言葉で使用する音の識別、それらの音の口での模倣としての発声、目の情報からの各種の存在の識別等、五感からの入力情報を取り込む基礎情報処理機構の構築を行う時期
2. 音のまとまりとしての語彙、言葉の用法としての言語、言葉と存在の対応、存在間の関係等、五感からの入力情報から推論エンジンを構築しながら言語によるコミュニケーション能力を習得する時期
3. 言語と推論エンジンのバランスの上で思考能力を高めて行く時期

以上の内容を、人間の年齢的成長段階の観点から整理しなおすと以下のようなになる。

- | 年齢 | 状態 |
|----|---|
| 0- | 脳の初期形成期で、脳の機能配置と、音の識別等の基礎機能を習得し、言語等の単語レベルの認識能力を身につける。少しの脳の損傷であれば、リカバーされる場合がある。 |
| 3- | 生活に必要な最低限の会話力と簡単な文章を解釈できる程度の言語能力が形成される。生活、遊びを通じ、密な関係の小集団内で基本的な社会的関係のパターンを取り込み習得する。基礎的で多様な関係パターンを習得することが重要である。基礎機能群の総合的連鎖の訓練として、遊びが大変に意味を持つ時期である。こ |

の段階では、体感した経験の範囲を超えた言語知識を与えても、子供が行動の判断をする上で役に立つことはない。

7 前後 - 視覚、体感経験により取り込んだパターンと言語との対応関係を、発展形成する時期である。生活、遊びの時空間が広がり、より複雑なパターンを取り込むことができるようになる。この時期に、習得パターンと言葉の対応付けを行うことを通して、論理的で明確簡潔な言葉の使用を身につけることが、次の段階に進むために重要な意味を持つ。

13 前後 - 今まで身につけたパターンを社会の事象パターンに連鎖する時期に当たる。より複雑なパターンの対応力を身につける。同時に、経験パターンと論理的な言語知識との対応関係を形成することで、言語による思考能力を身につける重要な時期に当たる。体系だった教育経験とディベートのような異なる視点の間での会話が効果的である。

18 前後 - 言語の使用能力と習得パターンとの関係がバランスされ、脳の効率的処理能力が高まる。社会の中で自己の役割を確立する時期である。

30 前後 - 安定期。

人類は、現代社会のシステムとしての複雑さを維持して行かなければならないが、その一方で、人間の本来の認知力との調和を保つことが必要である。これをどのように実現するかは、とても重大な問題であり、真剣に検討する必要性を感じる。

2.6 許容時間の制約条件下で脳システムの性能について考える

脳の神経細胞は、多少の個体差は存在するであろうが、生まれた段階でほぼ均一で数が増えないという、とても公平な作りになっている。もし、脳の処理能力の育成に掛けられる時間に制約がなければ、個人の能力のレベルに大きな差があると感じるような状況にはなかなか巡り会わ

ないであろう。つまり、総ての人間が同じレベルの能力を持つようになってしまう。しかし、集団での生命活動は、周囲との関係を切り離しては存在しない。そのことにより、時間の制約を個々に受けることになる。

現実には、明らかに処置結果の内容に影響を及ぼす性能の差が存在する。神経細胞数が同じであれば、その差は、個体差がある遺伝子と母体の中で育まれる過程でセットされたシナプスの初期値と、出生後の人生の経験の写し込みとしてのシナプスの結合経路の違いにより生じると考えられる。同じ時間の経過の中で結合されるシナプス結合の違いがもたらす差とは何であろうか。平均的な神経細胞に繋がるシナプスの数が千から一万程度の幅の中にあるとの観測結果からすると、経験の差がその差を生じさせていることは容易に想像できる。脳のシンプルな仕組みの上で、脳システムの性能の個体差が生じる環境と条件について検討を試みる。

この遺伝子の初期影響力の問題に関して詳細を知りたい方は【参考文献 2 4】を読まれるとよい。

2.6.1 脳システムの性能は、その時代に生きるための最適化のレベルで評価

人間は、生きるために脳を働かせる。自分に与えられた社会の役割（仕事）をよく果たし、沢山のエネルギー（お金）を得て、自分と家族のためにそのエネルギーを消費する。仕事とプライベートな時間の境界を何処に引くかは、その個人自身が満足度基準をどこに設定するかによって決まる。前者に要求される能力と後者に要求される能力は異なる。前者に要求される能力は、任された役割により種類は多様であるが、役割（個人）を限定すれば能力を特定することができ、その評価基準もかなりの精度で推測できる。それに対し、後者に要求される能力は、状況が極めて多様なので、そもそもどの能力が要求されるのかを特定することが難しい。しかし、仮に、能力を特定できたとしても、その評価基準が個人の周囲の環境との関係に左右されるので個人毎に大きく異なる。

よって、脳システムの最適化のレベルということについては、前者に

要求される能力がそれに付随する評価基準の観点から効率性が達成されることが実現されることをもってして、沢山のエネルギーの確保と少ない拘束時間が達成されれば、後者にもよい結果がもたらされるのではないかと想像する程度の論理で了解するしかない。

前述したように、人間の脳システムは、その処理機構として、生活のサイクルに組み込まれた行動の範囲に使用が限定された高速な自動並列処理推論エンジンと、汎用的な非常に遅い逐次処理推論エンジン（言語思考）の2種を持ち、それらは、決められた数の素子から作り上げられている。各種の性能はその素子の結合（シナプス）の違いから生み出されている。与えられた役割により、求められる両エンジンの機能と協調のあり方は様々で、状況によっても変化する。また、ガイアのような進化の過程にある状況下では、絶対に安定した固定的構造は存在しない。脳の性能の、絶対的な評価基準は存在しないのである。

このような、複雑な状態で、あえて脳システムの性能に求めるものを記せば、次のようなものであろうか。

その生きている時代に必要と想定される役割の中で、本人が希望する役割を担う機会が与えられ、そこで適切な行動を行う推論能力を備えた脳システム機構を作ることができるかである。

人は様々である。どのような生き方をするか、何を幸せとするかを、自ら確認し、自分を磨く必要がある。

2.6.2 日常的な仕事の処理の効率と変化に対する適応力を分析する

現実的な生活効率に目を向けて性能を考えてみよう。人類が、このように発展を遂げたのは、生きて行く上で必要な必需品の生産を集団で役割を分担し効率化する方法を確立したからである。すでに、十分なエネルギーを保持している人間（資産家）を除き、大方の人間は、果たさねばならない仕事（役割）を持っている。個人の周囲との関係を簡単な図にすると以下のようなになる。

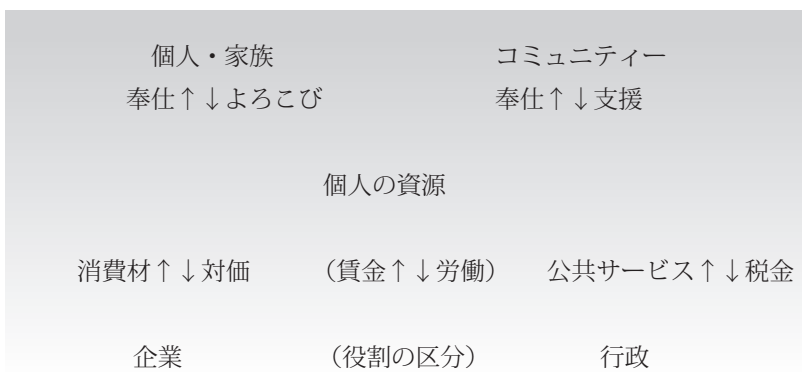


図 2.2 個人資源の配分と関係

日常的な仕事は、絶えざる効率の向上と環境の変化に適応するために、時折、調整の必要が生じる。また、全体の新陳代謝により、時折、仕事（役割）の担当者が変更する。

このような状況変化を想定すると、人間にとっての重要な能力は、日常的な仕事の処理を効率化させる能力と変化に対する適応力をバランスさせる能力といえる。日常的な仕事の中で、予告なく不定期に生じる変化に対する適応力が要求される。この状況を、A.Newell は、人間の生命体の多階層構造における時空間的關係として体系的に分類定義をしている。（【参考文献 4】）

それは、以下の表である。

表 2.1 Newell's Time Scale of Human Action

Scale	Time Units	System	World
(sec)			(theory)
10^7	months		
10^6	weeks		
10^5	days		SOCIAL BAND
10^4	hours	Task	
10^3	10min	Task	
10^2	minutes	Task	RATIONAL BAND
10^1	10sec	Unit Task	
10^0	1sec	Operations	
10^{-1}	100ms	Deliberate act	COGNITIVE BAND
10^{-2}	10ms	Neural circuit	
10^{-3}	1ms	Neuron	
10^{-4}	1 μ s	Organelle	BIOLOGICAL BAND

上記の表は、人間の行う作業に必要な時間を、神経細胞単位のレベルから周囲との調整が必要なレベルまで分類し、神経細胞の反応速度等を基に積算し、その処理に掛かる時間のおおよその帯域を算出したものである。脳の作業の性質から見ると、『2.4.5.4 脳システムの機能構造は半自動パターンマッチング』に記述した基本モード 1. の作業が主で行われるのが COGNITIVE BAND、基本モード 2. の作業が主で行われるのが RATIONAL BAND、基本モード 3. の作業が主で行われるのが SOCIAL BAND にそれぞれ対応すると捉えて頂いて差支えない。

例として、企業の作業範囲を想定し、この分類との関連を考えてみる。すると、自分自身がコントロールする日常的作業は COGNITIVE BAND、集団作業の調整は RATIONAL BAND、プロジェクト・企業単位の調整は SOCIAL BAND に対応付けられる処理であることがわかる。

2.6.2.1 脳システムの性能は量と質の二つの面で評価できる

今までの記述内容より、脳システムの性能は、大きく二つの種類に分けられると思う。仕事に関して整理すると、以下のように表現できる。

量的作業	ルーチン業務に、季節要因等の周期的変更（選択）調整作業を挟みながら進められる。
質的作業	不定期に、業務の改善や外部環境の変動への対応等の作業を行う。

ここで、指摘しておきたいことがある。それは、多くの人間が、自分は考えながら行動をしていると思っていることの、ほとんどの場合の「考える」は、選択的行為の範疇の作業にしか過ぎないということである。この事実を認識しておくことは重要である。環境が選択肢を与え、判断を限定した時間内に下すことを求めた結果なのである。人間の生命活動は、基本的に変動の広い帯域に適応した選択的な網を形成することで、安定した人類の生存を確保している。多くの「考える」は、その中での意思決定行為である。

しかし、常に、さらなる、適応力を高めるためには、次の変化に対応した新しい選択肢を用意し、効率を高めるための新陳代謝を行う必要がある。新しい選択肢の用意には多くの時間が必要とされ、そこで、自発的で意識的な考える行為が求められるのである。これらの脳の処理に掛かる時間には、以下の関係がある。

反復、選択思考（RATIONAL BAND(Task)）

<< 自発的言語による思考（SOCIAL BAND）

2.6.2.2 日常生活で選択的意思決定行為の必然性

習慣的な繰り返しの日常生活においても、選択的意思決定行為が必要とされるのは次の理由による。人間の脳は並列処理機構であり、行動は、意識と無意識の両者のモードを行き来しながら進む。自動推論機構に組

み込める処理は、パターンの再現確率がかなり高い範囲に限られる。そこで、自動推論が機能しない接続部分を意思に委ねるのである。その許容時間は RATIONAL BAND(Task) の範囲である。もし、推論に必要な時間が許容範囲を超えると、以前の成功例、ジンクス、勘等に頼ることで処理をすることになる。

人間の脳の処理速度は遅いために、脳の神経細胞の数が莫大にあるとしても、目の前の要求の達成に対し、許された時間内に処理できる演算対象は限られる。また、その時、その問題領域の中で選ばれる対象の優先順位は、日常の使用頻度と過去の経験からの重要度の認識に依存すると考えられる。これらのことを考慮すると、人間は、問題解決のために沢山の時間を思考に費やしていると思っていっても、実際にその思考行為が及ぶ範囲は、非常に限定されているといえる。また、日常の習慣的生活の中で、自由な思考に使える時間は意識的に作らないと、なかなか見出せない。それ故に、自ら考える状態に入るためには、五感の情報から強い不安の訴えがあるか、自身の何らかの強い欲求からの意志が必要である。その行為は脳のエネルギーの強い集中を必要とし、考えている間は、外部に対するセンサーは働きが弱くなり、他の作業を行うゆとりはなくなる。

考えるという行為について、もう一度、自分を顧みる必要がある。一言で表せば、次の言葉であろう。

環境から与えられた選択と自らの環境の選択の違いを自覚することが重要である。

2.6.2.3 量的効率は、繰り返し・モチベーションの維持・結果の検証に支えられる

日常作業の効率を高めるためには、脳システムの仕組みから考えて、次の三つの事柄が効果的である。

その第一は、当たり前のことではあるが、その作業を繰り返し繰り返し訓練することである。同じ行為を繰り返すことによりは、脳システムの中に専用回路（関数）が作り出され、分散化による処理効率の向上が

促進される。すなわち、その専用回路により固定した連続作業がまとめて一つの自動化したセットとして無意識処理の領域に移行され、負荷の重い意識と無意識の間の会話量が低減される。作業の種類により、応答の速い末端の神経記憶に負荷を分担させ、さらに高速化が促進されることもある。

その第二は、脳システムの推論範囲をできるだけ広く保つことである。脳システムは、システムへのエネルギーの供給量に応じた仕事をし、それは意識化することで強化される。この点は、コンピューターと大きく違う点の一つである。脳システムは、多数の処理装置で構成される並列分散システムであり、使用する装置数をエネルギー量に応じて調整する。無意識に繰り返すと、生命体はエネルギー節約のために、処理量を必要最低限まで低下させるように動く。そうになると、変化への対応力が落ち、ひいては、ミスを誘発する原因にもなる。それを避けるためには、毎回、意識的な確認作業（緊張を高める）をする必要がある。それには、モチベーションを高め維持することが有効である。目的の作業を生命体にとって重要な要因として意識化し、それを脳システムに連鎖させるのである。ただ、この方法は、同時に、脳の疲労の原因にもなるので、回復も合わせて考える必要がある。何らかの成果が確認できると回復は早い。

その第三は、作業全体の検証を十分に繰り返すことである。考えることも重要な経験である。考えることにより、肉体的経験が基で作成された脳内の作業手順が補正される。自然形成された認知ボックスから、より最適化された認知ボックスが生成される。問題が整理されれば、同時に、集中力を低下させる経路選択作業の思考時間を減らすことも可能となる。

2.6.2.4 質的差は多様な認知誤差で生まれる

人間は、地球循環システムの一部として組み込まれている。その中にあって、寝る、食べる等、人間の行動は、習慣化された枠組みに従って生じる。これらは、生まれたときに既に決まっている。近年、この習慣性に同期する仕組みが、少しずつ解明され始めている。しかし、それらも、長い期間でみれば、時間の経過とともに多様な変化に対しての調整は起

きている。

人間が生活の中の一つ一つの行動に対して意思の決定をするときは、事前に周囲の環境から体験的に脳の中に習得した知識情報（認知情報）をもとに、目的とする要求を満たすように脳が考察して方法を決定する（意思決定行為）。

しかし、個人の体験（五感、言語情報、思考）を通して脳が得る情報量は、複雑な現代社会では、個人が関係する体系だけを見ても、全体の情報量と比べると僅かな部分情報にしか過ぎなくなってしまうている。また、遺伝情報が伝えるエネルギー循環の過去のデータからの慣性的指向特性（本能）は、これから有効とは限らない。多様な原因から生じる、複雑な環境での現実の動きと認知情報から組み立てた予測との誤差が、複合的に影響を及ぼし、様々な問題として現れる。

認知科学の創始者の一人である H.Simon は、このことを「限定合理性」として、その存在を理論的に解析した。（【参考文献 5】）

そこで、人間が、人生の同じ時間の経過の中で体験した内容のどのような点が、判断の質の差に影響する認知情報構造の違いを生むのかを考えてみたい。

2.6.2.4.1 限定合理性下でも有効性を維持できる適切な認知情報についての考察

何が個人にとって適切かは一律にはいえない。それは、結果が総てであり、その人の人生の過ごした結果に対しての満足度が高ければよい。しかし、全体的に適応可能な概念的な判断基準は考えられると思う。常識的な考え方の方針としては、よい予測に基づく行動がよい結果を生むと考えることは妥当であろう。

あまりにも当たり前のことであるが、脳システムの認知情報が不完全な部分写像に限定される以上、認知した情報の量とその構造が推論の結果に影響を与える。その認知情報とは、生活体験からの情報に教育からの言語知識・疑似体験の補助情報を補足して形成される。だが、現代社会の複雑さを考えれば、全体の情報量に対し個人が獲得可能な情報量が、

非常に少ない状況にあるのは致し方ないことと理解できよう。しかし、その個人の日常生活に明らかな影響を及ぼす範囲に限定すれば、考察する必要のある対象を予測することは可能であり、必要な情報はかなり特定できることも経験的に想像がつくであろう。

では、その有効な情報の条件を考えてみたい。

日常の物理的な現象は、人間の活動時空間に限定すれば線形な動きを示し、幾つかの法則に還元できる。然るべき科学分野の知識の獲得(学習)をすれば、大抵の人間はその現象の理由を理解することができる。また、そのような現象に関して、生活する上で必要な知識は、かなり限られている。

それに対し、社会現象は、常に多様な要素が関連し形成されている。しかも、その影響する要素は、それぞれ独自の時空間の関数として変化をしている。つまり、人間の感知範囲より狭かったり、広がったり、ズレがあったりする。また、影響の伝搬に要する時間のズレもある。その時に発生している現象に対し、直ぐに、当人に影響を及ぼす要素を特定することは難しい。しかし、全体の循環が多次元多層構造を形成している環境であったとしても、基本的に当人が接する機会の多い循環層のオブジェクトを経由した影響が強い。また、情報は同一エネルギー循環に属するものが密な関係を持つことから、そのオブジェクトを手掛かりに冷静に観察を行えば周辺環境の中の情報連鎖の系の違いを見極めることは可能であり、多くの知覚できる情報の中で自身に有効となる情報の識別は可能であろう。これらの現象はリアルタイムで影響をする。したがって、実際の社会生活の中においては、その注目する情報に現れた複雑系の中の秩序を近似的な現象特性関数として写し取り、対応する脳関数の処理能力の範囲で行動することになる。

このように考えて来ると、認知情報は、量だけが重要なのではなく、全体の中で、どの部分の情報が豊富に写像されているかが重要であることが理解できる。自身の属するエネルギー循環の流れに沿って関連した情報が「バランスよく分布」して認知情報として獲得できていることが、一般的には良好な結果を生むであろう。

2.6.2.4.2 日常生活には体験の豊かさが重要（体験と言語の情報の関係）

現代社会が、言語知識が重要な要素として機能することで発展し築かれてきたことは事実である。そのことから、明示的で理解しやすい言語知識を過大評価してしまったことは否めない。しかし、実際には、人間の生活には非明示的な部分も大きく存在する。非明示的部分は、多様な経験的体験により脳に形成される関数群に対応し行動判断の源となっている。非明示的部分に広く支えられることが、日常生活の適応力を高めるために有効である。

色々な調査から、一人の人間の記憶可能な語彙数は六万語程度であると知られている。その多くを名詞が占める。それに比べ、人間が実際に認識している情報の量は莫大である。例えば、色について考えてみれば、人間の視覚は、何万色もの識別が可能である。それに対して、言葉は、現実の実用的必要性に応じて適度な識別名称を定義し象徴的に表現して使用されるので、語彙数の制限の範囲に収まるようになっている。六万語という語彙数は、人間が自然界で認識できる存在や状態の数に比べ極端に少なく、二百億個の神経細胞が持つ情報量と比較してもあまりにも少ない。それでも、言語による会話で支障をきたさないのは、言葉が事象の象徴的表現としての抽象性を適度に確保していることと、適当な解釈の幅を持って言葉を理解しているからである。これには、言語を用いる人間の脳の多様な経験から生み出された推論機構が重要な役割を果たしている。

この現象を、脳の構造的視点から見ると、次のようになる。まず、言語情報は経験情報に被るようにリンクする関係で配置されている。この言語と経験関数の対応は、人間同士のコミュニケーション、体験を言語で表現する行為等を通じ確立される。また、言語による会話や学習等の諸行為も経験の一つであることから、その結果として、単語間を結合する拡張的連鎖も行われる。これらのことは、最近の会話と脳の活性部位の観測結果と合っている。

しかも、言語知識は全体を体系的に網羅しているが、日常的に使用す

る語彙は、それより遥かに絞られた語彙（2500語で78%のカバー率）である。このことをみれば、生活の中の情報に限れば、言語で表現される情報の空間的カバー密度はとても粗いといえることができる。

また、言語知識は一つの独立したフレーム（認知ボックス）を形成しているが、経験的なフレーム（認知ボックス）から連鎖が十分になされていないと、そのフレーム（認知ボックス）が参照されることはない。言語推論は、抽象度の高いレベルのものと具体的な手続き的なレベルの二つの性格に切り分けた形で行われるが、行動の前、あるいは、行動している状態の中で実行される言語会話は言語推論の中でも補助的な性格を持ったものであり、その目的は確認等に限られる。以上のことは、日常行動の会話は、十分な経験的な体感に欠けると、たとえ言語知識があっても有効に機能しないことを教えてくれる。

改めて述べるが、言語にリンクする基礎になる豊かな体験が欠けると、言語と経験関数の間に十分な高さのシナプスの接続比率を確保できず、言語推論によるだけでは満足な精度の結果が得られないことが理解できるであろう。もし、言語だけによる推論で結論を求めれば、その処理速度が非常に遅く、言語知識では伝えることができない体験的制約条件が配慮されないことから有効な解を導き出すことは不可能な場合が多々起きるであろう。

大人は、一般的に意識下の論理的言語思考を、言語（記号）探索で行う。数学的な問題は、その効用を端的に示している。しかし、人間社会の動きに関係する問題について、言語で思考を行っているときの、自身の脳の働きを冷静に思い浮かべてみれば、多くの場合、言語思考によるばかりでなく色々な経験的イメージで情報を補完して推論を進めていることに気がつくはずである。

2.6.2.4.3 体験（シナプスの結合）の順番が重要（職人技能の獲得は若いときが理想）

コンピューターで実現した分散システムは、ハードウェアとソフトウェアが分離しており、必要に応じ柔軟に構成を作り直すことが可能である。

すでに、脳のハードウェアの話の中で説明したが、脳システムの分散処理機構は、コンピューター分散システムに比べ、ハードウェア機構にソフトウェア的柔軟さを付け加えた一体構造となっていて柔軟性に劣る。また、一度繋いだシナプスは消すことができない。したがって、脳の中で一度形成された情報探索の順番は、その後も、かなりの回数の新しい経験パターンの作業の繰り返し体験を経て別の探索経路が確立された場合を除き、おおよそ認知の順番で手順（シナプスの結合の順）をなぞることになる。この現象は、人の習い覚えた動作の癖の補正する場合を考えるとよい。同様に、思考にも、この癖は現れる。

また、時間制約が厳しい作業では、接続距離の長さの影響がエラーの増大となって現れる。これは、エラーの発生率が高い化学反応（状況により幅があるが半導体に比べ数桁以上の差）を活動の基礎とする細胞群内での情報伝達精度の劣化がその原因となる。これは、特に、肉体の動作が伴う作業において影響が大きい。職人的な作業は、古くから、脳の基礎構造の生成が完了する13歳をメドにして、これ以前の、その作業の複雑さに適応できる早い時期に習い始めることがよいとされるのはこのためである。年齢を経てから、加齢による情報伝達での精度劣化をカバーするためには、かなりの訓練の積み上げが要求される。

2.6.2.4.4 遊びと自然の多様性に触れることが柔軟性の確保に有効

環境の変化に対する柔軟性は、どのようにして身につければよいのであろうか。柔軟性の確保には多様なパターンを身に付けることが有効なのは理解できるが、だからといって、何にでも適用できる便利な法則があるわけでもない。だが、救いは対応する問題に有効な行動パターンには指向性があることである。環境においては、ガイアのエネルギー循環の流れに合っていることである。当然のことであるが、これを身につけるには、多くの自然に触れ、多いに「遊ぶ」ことである。言語知識は、2.6.2.4.2で触れたように有効性の高い事例を引き出すのに有効である。しかし、有効性の判断基準が高く、選ばれるパターンの要素は少ない。それでもなお、言語思考を用い、自身で多様なパターンの有効性の検証

を行い体験習得並みの成果を得ようとするとは長大な時間が必要になる。

ここで遊びと呼ぶのは、自身の創作的行為、人間・自然・動物との交わりを指している。人間・自然・動物の動きは、常に周囲の様々な刺激を受けて厳密には同じ動きをすることがない。その現象の中から、フラクタルのような規則性を自然に脳が見つけ出すことが重要なのである。現在の人間が作った個人用ゲームのようなものは、末端の本能的な欲求を満たす効果が主で、その中で生成されるパターンは限定され有効なもの少ない。テレビゲーム等も、プログラムから生成した規則的で単純な要素の集まりの組み合わせで、新規性・刺激性には富むが、情報としての有効性はとても低い。

情報科学にとって、問題とする対象を、業務・訓練の線形空間を超えていくことが次の課題である。

2.6.2.4.5 脳システムの性能の強化には抽象的な存在の認識能力を高めることが有効

人間の脳は、視覚情報の中に境界を認識し、時空間的に周囲と切り離された存在を見出し、それに対して、多様な識別属性情報を付加しながら識別認知を強化する。このようにして、存在（オブジェクト）の認識データベースを発展構築して行く。また、日常生活における体感現象の中に、視覚的には独立した存在として認識できないが、自身の感覚には何かの力（機能）を発揮する存在（様々な要因による複合的な作用）が感じられる場合に対し、その目に見えない存在を抽象的なオブジェクト（例えば様々な神）として捉え認識データベースに情報を追加してきた。これは、物理学で複数の繋がった存在の作用点が存在の外部にある場合を思い浮かべれば、有効な方法であると理解できるであろう。

現代社会は、古に存在した目に見えない存在を、科学的に解明し、目に見えるものにして認識の範囲を広げてきた。同時に、この抽象的な存在を用いて思考を進めることにより、新しい機能を創造し、それに、名前（シンボル）を与えるということを行うことにより、新しい機能も利用した認識を社会の範囲で可能にする仕組みを作り上げてきた。この拡

張的手法が、現代の人類の繁栄を導いたといえる。具体的には、その抽象的な存在（機能）は言語で規定されることになる。

だが、この方法には注意すべき点がある。時代の変遷の中で、人間の言語環境の自動調整が起こり、言語規定と実体との間にずれが生じることである。オートポイエーシス理論で説かれるように、生命体は環境変動に自律的に適応して行く。現代のようにエネルギー循環の網を積極的に人間自ら変更を加える時代において、体感から実体を見極める、抽象的な存在の認識能力の強化が重要である。

2.6.2.4.6 生活に関連する時空間的社会環境の拡大に対しての適応

現代社会は、地球規模に連鎖を拡大し、情報循環の速度を速めている。個人が受ける影響の範囲もそれに伴い増大し、多面的（多次元）になっている。それによって、従来、個人の生活レベルにおいては体験を通じて周囲から情報を得ることで十分に対処できたものが、今や、目にすることのできない遠方の地で起きた事象も考慮しなければならない事態になっている。人が影響を受ける事象は、基本的に、時間、空間、オブジェクトの三つの要素の関数として捉えられる。しかし、すでに、この情報の規模は、日常的な生活の経験から得られる範囲を超えてしまっている。また、その影響がどのような形でもたらされるかを予見することは困難を極める。それらの直接体験から得られない不足した情報を補完するためには、自身が意識的に、それらの情報を自身の認知可能な情報形態に言い換えて伝えてくれる第三者的な適切な情報源を確保する必要がある。現在、従来型メディアに加え、インターネットを主な公開の場所として、個人的なレベルから専門的なレベルまでの多様な情報が提供され、日々更新がされ始めている。インターネットは第三者的な情報源として、今後、ますます有効になると考えられる。そして、様々な試行錯誤を経ながら個人と情報の新しい関係が築かれて行くと想像される。個人は、その動きに対し、明確な意識を持って対応して行くことが望まれる。

2.6.2.4.7 記憶のヒステリシス性と近接対象の過剰反応への対策

人間の推論作業において最初に参照される記憶域は、範囲が限定される。その後は、その時の意識の指向方向に探索が進められる。これは、推論許容時間に制限があるからである。このように推論を進めても、十分な解が得られない場合には、必要に応じて次第に参照範囲は拡張されて行く。その時、参照は、前頭葉作業域内および作業域との連鎖が維持されている記憶域、すなわち、最近参照されたために記憶域の活性状態がヒステリシス性により維持されている記憶が優先される。これは、日常作業の特性として、事前の事象の再現確率が高いことを考慮すれば効率的に悪い方法ではない。しかし、安易な習慣性の受け入れは、新しい状況の変化を見過ごし、そのことへの対応の遅れを引き起こすことにつながる。もし、時間が許すならば、意識的により広い範囲の関連する要素に目を向け、改めて検証をすることが正しい判断を導くために有効である。また、普段より、事前に、予測する事象に関連する情報に目を向けておくことは、脳の情報の活性化範囲を広げておくうえで有効である。

これとは逆に、人は視覚からの情報に過敏に反応する傾向がある。対象物を観察する目的で接近するのは当然として、意味もなく、対象物との距離を近づけ過ぎると、視野が狭くなり、その結果、その対象物からの刺激を集中的に受け、脳推論の全体的バランスを崩し判断視野がさらに狭くなる現象を起こす。このときは、意識的に自身の意識を広い範囲に移行してバランスを回復する努力が必要となる。

2.6.2.4.8 人生の変化に対応した生活時間の配分のバランスが大切

脳システムが有効に活用されることには、色々な要素が関連しているのが解る。それらの要素を全体的に巧く取り入れ、日常生活で活かして行くかは、遊び（パターンの多様性）、思索（変化への適応）、仕事（効率の維持）の要素を生活時間の中に如何に巧く配分するかに掛かっている。特に、遊びが、殊の外、重要な役割を担っていることに注目されたい。遊びは、既存のパターンから外れるリスクの抵抗力を忘れさせ、新しいパターンとの出会いを演出する。脳は、そのパターンを抽象化して取り

込む。それが、日常の認知視野を拡大し可能性を広げる。遊びも、質を考えた前向きな遊び方を考えてみるのがよいであろう。

2.7 意識のズームレンズ（認知ボックスの連鎖）

脳と視覚の機能は密接に連動している。人間の目は、実に巧みな動きをする。目のレンズは、絶えず、脳が意識している対象物に対して焦点の移動をする。そのことにより、目が、全ての視覚範囲を均等に見ているかのように思わせている。しかし、レンズの機能を考えてみれば、焦点の合っている場所以外はぼけている。そして、焦点を小さな範囲に絞れば、さらに、よく見え、広めにとれば、映像は鮮明ではなくなるが広い範囲が認識される。限られた処理能力しかないにもかかわらず、その適応範囲を巧みに変更することで、高い処理能力を生み出しているのである。

他の五感の機能においてもメカニズムは同様である。生命体の進化の仕方から考えれば、脳も同じような仕組みを用いていると想像できる。1975年に M.Minsky は、このような仕組みをモデル化してフレーム理論として発表した。詳細は【参考文献20】を読みたい。ここでは、それを私なりに拡張解釈した認知ボックスという概念を取り入れている。これは、言い換えると、人生の経験の中で出会うオブジェクトの組み合わせやオブジェクトと属性の組み合わせの中で出現頻度の高いパターン集合群を、脳システムの日常動作の速さに間に合うように関与するものの数を丸めたものといえる。認知ボックスは、脳システムの処理を高速化させるために先行して活性化を図る範囲を示すのにも有効に働く。入力されてくる情報に対し、意識は、意識が注目する対象に対して関連する認知ボックスを連鎖させ、これを繰り返すことにより、ズーム機能を発揮する。ここで、重要な点に気をつけておいてほしい。常に、一度に認識できている情報は、脳の処理能力の量的な制約を受けるので、複雑な問題に対処するときには、意識的に認知ボックスの移動を認識する必要がある。また、定型的な作業においては、認知ボックスの連鎖が一旦

出来上がってしまうと、その作業は、意図的に経路を変えて検証を行わない限り、認知ボックスの連鎖として形成された経路を無意識にたどることになる。

意識が作業を実行している間も、無意識は独自に同じ入力情報に対し、認知したオブジェクトをキーに重要情報パターン一覧を検索し、見つかった意識に知らせる監視役としての働きをする。意識は、意識が行っている行為が重要であると認識している場合（集中時）には、無意識からの働き掛けを受付することを抑制する。

また、言語思考行為は高い集中力を要求する。もし、対象とする問題が本当に重要なものとの認識がある場合には、集中力は、その他の総ての外部からの情報の割り込みを休止するレベルまで高められる。夢中という状態を思い浮かべてほしい。それは、バランス的に特別な脳の活性状態であり、長時間に渡りその状態を維持することは難しい。

人間は、常に、自身の内部の問題解決と外部環境への対応の両者の作業バランスを変化させて、生存に適切な状態を保つ努力をしている。

本人を取り囲む情報群は、日常の習慣的循環型生活を過ごして行く過程で、無意識の内に、脳へ情報の写し込みが行われる。脳の中には、経験密度に応じた多様なサイズの時空間の連鎖が描く、濃淡図が形成されるのである。

脳は、言葉の検索においても同様な動きをしていると考えてよい。

脳は、特別な意識的認識行為を働かさなければ、脳の処理能力内に収まる範囲に、入力情報の処理を適当に過去の経験に沿うように加工する。実に、脳は柔軟に働く。そして、それは、無意識的である。

2.8 場（暗黙知）の中の一つの要素としての個人

人々は、人間について、何を行うことも可能などとも自由な存在として思い描く。しかし、生命体は、自身が属するガイアのエネルギー循環の流れから一人だけ離されて、エネルギーの供給が途絶えた状態に置かれては生きてはいけない。このエネルギー循環を司る仕組みが、生きる

ための基本的ルールであり、暗黙知として存在することになる。人間は、エピジェネティックな過程を経て、周囲の環境から自らに関連した暗黙知を脳システムに写像する。

この場（暗黙知）と個々の人間の関係を考えてみる。それぞれの人間は、H.Simon の「限定合理性」が示すように、その人に固有な場（暗黙知）の部分写像を用いて自身の行動を決める。それぞれの人間は、行為の結果（限定の影響）に含まれる「限定合理性」から生じる不合理を最小にするために、不足情報を補完してよりよい結果が得られるように努力をする。しかし、場（暗黙知）は、それぞれの場（暗黙知）とそこで実行された行為の影響が繰り返されたものとして存在している。場（暗黙知）と個々の人間の関係は、常に相互に「ゆらぎ」を示しながら場と人間を含む系が準安定となるように相関的に進んで行く。

そのような人間社会の場で人々のコミュニケーションは、個人の不足する情報を補うという重要な役割を担っている。人々は、日常の会話の度に、自分の状況変化を相互に伝え、また、相手の状況変化を知る。さらに、教育等を含む共通の体験をすることにより共有可能な基準情報を作り出す。このとき、共同作業体験を行えば、それだけ精度が高い情報共有が行われる。

コミュニケーションは、五感の行為である。会話のとき、脳は、意識による言語思考以外にも、語られたオブジェクトに関して無意識にシナプスの連鎖を経由して広い範囲に関連情報の問い合わせ（情報検索）を行う。五体を通しての経験から取り込んだ情報をもとに築いた暗黙知との比較を行い矛盾を探す。人間のコミュニケーションは、継続する時間の場の中で、休みなく継行的に行われている。会話の中の指示的な表現が、検索活動の発火材になる。よいコミュニケーションが行われるためには、多くの暗黙知の意識化（言語への接続）が行われることが有効である。とても難しいことではあるが、暗黙知を言葉で明示化する際に、適度な論理性と抽象性を持った表現が用いられ、各人が広く自身の経験に照らし合わせ解釈できることが望まれる。これには、言語の習得時点から（教育）のコミュニティー全体の努力が必要とされる。

2.9 人の多様性について（環境制約下で許容されたバラツキの帯域）

人間の行動の多様性（バラツキ）の本質について、具体的な仕組みをもとに簡単な説明をしたい。従来、人間の行動が予想と異なるバラツキを示すのは、何かまだ知られていない真実が隠されているとか、理論と異なる行動を行った人には特別な問題があったからであるとの解釈を、往々にしてきた。しかし、多くの場合、バラツキを示すことが本来の人間の特性に従っているのである。目的が明確で手順が決められている作業を行う場合を除き、人間が社会でとる行動は、自身の脳の意思決定システムで時々刻々変化する状況に対して判断を下した結果である。その時の、判断基準に用いられる自身の目的の設定と、価値判断の演算に用いる要素の優先順位は個人毎に異なる並びとなる。認知ボックスは時間、空間、センサー感度を要素として持ち、個々の人間は、情報を受け取る時、固有の時間、空間、センサー感度値をもとに処理をする。その結果は、個人の経験の差から個人によって異なると考えられる。例えば、ある現象は影響度の異なる100の要素の複雑さから生じていると仮定する。その時、人間の脳の実時間処理能力は10要素が限界とする。このとき、影響度上位の要素は各自が共通的に認識するであろうが、10近辺の境界にある要素については個々人の認知ボックスの違いを反映し、幾つかは異なっているだろう。その結果、個々人の判断は、大方のものが、ある範囲の帯域の中に緩やかな山形を示すバラツキをもって現れる。

このことは、今までに多く用いられてきた、観察対象社会現象のサンプリングを行い、このデータの中心を通る近似曲線式を求め、それを、その現象の本質的特性と受け止める考え方を訂正することを要求することになる。

複雑さを増す今後の社会は、このバラツキの帯域を拡げる傾向にある。画一的な行動要求は、人にストレスを呼び起こす。人の多様性を自然のこととして受け止める姿勢が大切になる。

2.10 人間にとっての言語を考察する

ここで、改めて、人間の持つ機能の中で最も重要なものの一つである言語について考察してみたい。ここで述べるのは言語体系の分析的な解釈についてではない。その辺りの現代言語学の考え方については、【参考文献17】を読まれるとよいと思う。生命体としての人間と言語の役割・関係に注目し考察する。

現在の多くの人の言語についての認識の仕方に問題を感じる。近年、特に、言語知識への過度の依存状況が起きており、その弊害がみられる。近代社会の人々は、人間と言語の役割について大きく錯覚してきた。言語は、人間だけが持つ特別な存在であり、人間が言語を解釈する能力は、遺伝情報のような継承の仕組みによって受け継がれるものと信じていた。それ故、言語は人間の本質に基づいていると思い込んだ。しかし、最近の研究は、言語機能も、エピジェネティックな仕組みとして、生後すぐに、周囲の環境から複写習得するものであることを示しているし、言語自体も時代により変遷を遂げている。また、言語機能を持っている生命体は数多く存在するが、人間の言語は、他のものと比べ、構造が複雑なだけにすぎないことも分かってきた。この誤解の一番の原因は、人間は、自身の行動の総てを意識の下に支配しており、その意識の中で様々な行動が、言語で推考され、行われていると信じてきたことにある。しかし、現実には、意識の下で行われる行動の時間帯は限られている。ものを取るときに、手と指の動きについて考えも指示もしていない。言語は、情報表現の一形態に過ぎないのである。使用時の状況により、目的の伝達、状況報告等の役割を担っているものとして意味付けされるものである。

そこで、次に、言語の本質・性質について述べてみたい。

2.10.1 生命体の持つ多様な情報伝達の手段の一つとしての言葉

確かに、言葉の豊富な能力は、他の生命体との差別化を大きく進めることになった重要な要因である。しかし、極端な話として、高い運動能力を持ち、周囲に食料が豊富にあれば、特に、言語は必要とされない。

多くの生命体で、言語活動を伴わない、恋愛行動が見られる。しばしば、人間も同様な経験をする。至近距離でのコミュニケーションは、五体の表現を五感で受け止め成立する。このことは、冷静に自身の経験を顧みれば、容易に理解できるであろう。

では何故、人間は、これだけ高い言語能力を身に付けたのであろうか。それは、人間という種が、進化の過程で、大きな環境変動帯域の中で生存して行くために、相対的に低い運動身体能力を補うのに有効な手段として集団による戦略的行動に活路を見出したことによる。その集団間の情報交換の手段として、主に用いられたのが情報伝達効率のよい(符号化)音声なのである。複雑な集団行動は、沢山の脳を使った推論(知恵)が必要とされ、それを有効に利用するための複雑な伝達情報が要求される。それは、音の組み合わせ(語彙と文法)によって実現できる。たまたま、その偶然のアプローチが、人間という生命体の生存効率を飛躍的に向上させた。

全ての動物は、同一種の間で行う情報交換の手段を持っている。かなりの種は音を使用する。しかし、大方の動物は、生きるための生命活動を形成するのに必要な系の複雑さが、人間より小さい。逆説的にいえば、その手段を持たないために、複雑な系になれなかったともいえる。

人間は、言語をコミュニケーションの基本にまで進化させた。だが、それでも、最近の研究は、人間の一对一の会話においても、言葉の果たす役割は全体の半分にも満たないとの研究結果を報告している。

2.10.2 言語を構成する要素について考察する

人間の使用する自然言語は、どのような要素が集まって構成されているかを考えてみる。基本的に、言語は、生命体の情報伝達方法の中で音声により情報伝達を行うときに用いられる手段として生み出されたものである。

言語研究は、ほとんどが、言語自体の文法や語彙等の形式面での分析に始まり、近年では、もう一段抽象化したレベルでのシソーラス(意味的分類)解析に進んできている。

しかし、言語を生命体の情報交換の手段として、その機能面に注目し分類すると別の見方が可能になる。生命体の情報伝達の特徴は、自立システム同士の会話である。

そのことを念頭に置いて分類すると、大きく次の三つに分けられる。

A. 自立システム同士の会話は、それぞれ独自に動く中で調整が図られることから、最も単純な自立システム同士の会話に必要とされるものは、目的の伝達と確認の二つである。すなわち、G O M S の Goals が相互に確認が取れば、状況を自ら判断し有効な行動を行うのである。これは、伝達情報量が目的の達成に必要とされる最小の情報量で行える理に適った方法である。

B. その上に、親子の上下や組織の分散の関係等を持ち込み効率化を図る場合がある。この時、説明的な手続き表現が必要になる。すなわち、G O M S の Operators、Methods、Selection Rules を伝達する必要性が生じる。これらが人間が拡張した言語機能の重要な部分である。

C. 明確な目的のない状況下で自立システム（生命体）相互のバランスを維持するためには、その自立境界の調整を行うための情報交換が必要とされる。これは、同種間だけとは限らない。例えば、人間も、周囲の動物や、ときには植物とも、五感を通して会話をする。音声（言語）はその有効な道具である。このときの会話は、特別な構造を持たない状況依存型である。

生命体の中には、ほとんど A. の Goals の伝達（生殖の合図）だけで生きているものも多い。子供の自立に時間が必要とされ、集団化が進むと、B. の説明的な手続き型の会話が交わされるようになる。C. は、生存の環境との関係が複雑化すると必要になってくる。

言語の表現形式は、構造的な G O M S 表記型でも、現象表現的な 5 W 1 H 表記型でも、情報伝達の内容の本質は変わらない。言語が発生した生活環境における情報伝達の効率が高くなるように表現形式は決定され、どちらかの表記型を核として、他方が混在する構成になっている。

現在、使われている言語は、この数千年の間の文字文明進化のもとで、日常生活を営む上で必要な用語に、倫理、道徳、宗教、科学などの用語が追加されたものになっている。

自然言語は、単なる情報表現の符号の集合でしかない。本来、それは、会話目的毎に決定される複数の合理的関係集合の集まりであることが理想である。しかし、人間の脳の処理能力の制約により使用可能な語彙数が最大6000語程度であることから、符号の数は、実用範囲では一つの会話目的域内で3000語程度に収まる範囲であることが要求される。よって、一つの符号が、複数の会話目的毎の関係集合の間で、抽象的意味において同じであれば拡張的に重複して用いられる（機能語、名詞の抽象化等）ことになる。その結果、符号全体としては曖昧で雑多なものになっている。また、その符号の意味する情報は、時代の変化に晒され有効性が時間制約を受けることになる。

会話の中で言葉を使用するとき、人間は、会話の目的に応じて合理的関係集合（認知ボックス）を選択する。そして、言葉の解釈は、それを参照し、関連する符号（語彙）の体験的定義を選び出すことによってなされる。

2.10.3 会話は当事者毎の推論において共通認識が構築されていると信じて行われる

情報蓄積型推論機構を備えた自立システム（人間）同士のコミュニケーションについて、少し深く、考察してみる。我々は、単純に、言葉が全てを伝えているかのように話をしている。しかし、よく観察・分析すると、使用された言葉よりも多くの情報が存在しないと、情報の受け手が内容を十分に理解することができないことが解る。身近な例として、仕事仲間との会話を想定する。この場合、すでに、共通体験を通し、事象に対し多くの認識を五感から取込み、共有していることが前提になって行われる。しかし、このことを、話をしている人間は意識していない。

これらのことは、人間がコミュニケーションをする中で、今、行われている会話の中で認識している部分や、話された言葉以外に、脳は多く

の解析作業をしていることを示している。

以上のことは次のように表現できる。

脳の推論作業 = 事前の脳の情報（暗黙知） + 会話で得た情報

分業化の進んだ社会の中であって、事前の共通認識の構築を抜きに正確な情報交換を行うことは不可能であると考えた方がよいであろう。共有すべき情報として何を選択するべきかは、社会にとって大変重要な意味を持っている。大いに検討すべき課題である。

2.10.4 会話の中の「限定合理性」および会話での特徴である伝達情報短縮化（省略）

2.10.3 に述べてきた共通認識の欠如は、コミュニケーション作業で、誤解が生じることの主要因である。ここでも、H.Simon の「限定合理性」が悪さをしている。

生命体は、常に消費エネルギーを最小にするように、無意識に行動する。このことは、会話においては、できるだけ既知の情報を省き、必要な情報（言葉）を継ぎ足して行く行為（交換情報量の抑制）となって現れる。これにより、伝達時間の短縮も図れる。このことは、会話という行為が状況に応じ相対的であることを示している。脳の蓄積情報の不足部分が、会話における情報伝達で補足されている。情報の送り手は、共有されていると信じる情報に注目し、受け手の脳が、自身と同じ推論結果に至ったと思った段階で、以後の自立的行動を信じ会話を終わらせる。しかし、残念ながら、しばしば、期待は裏切られる。

また、繰り返される行為では、言葉の省略化が促進される。しかし、環境の変化と言葉の省略化によってもたらされた、情報伝達方法の変更に対する双方の認識のズレが間違いを引き起こす。特定分野でしか使われない用語は、特に注意すべきである。短縮（抽象）化された表現は、それだけで、他の集団との間で、コミュニケーション不足の要因になる。

さらに、問題が複雑になると、推論に必要な情報としては十分に伝達

されていても、送り手と受け手との間では、個人の経験の差から、各々の情報に対する重要度の重みの配分が異なるという事態が生じる。このことにより、処理内容・手順に差が生じる。さらに、脳の検索処理能力が限られているために、情報の切り捨てが行われ、会話を通じて形成される共通認識の内容が相違してくる。これが、さらに、拡大し伝達誤差・誤解を作り出す。このことは、よく認識しておく必要がある。

情報科学を学ぶ上で、言葉は、時間・環境に応じて意味範囲が変動する不安定な存在であるということを理解しておくことが大変重要である。

2.10.5 人類の発展の原因は遺伝子以外の情報蓄積・伝達手段（文字）を確立したこと

人間が、他の生命体に比較し、格段に進歩をしたのは、生命の歴史の中で考えれば、ごく最近のことである。一般の生命体は、世代間の情報の継承は、遺伝情報と共同生活環境での直接的伝承情報により行われる。それに加えて、人類は、新たに文字による間接的な情報の伝達手段を獲得したのである。

これは、脳の言葉の記憶量の制約からの解放という点から、とても重要なことである。文字がなければ、情報継承は生活環境情報の範囲を超えるのは難しい。最近の類人猿の研究において、体験情報の伝承が行われているケースが見られるとの報告がされている。また、近代に至るまで、文字を持たない種族が、地球上の一部に存在した記録がある。その調査記録では、その人達は、長文の口頭による情報伝承を行っていた。だが、その内容は、民話の類いの物語形式によるものに限られていた。周囲の生活環境から体験的に認識できるもの以外を、言葉の情報だけで解釈することは脳には困難な作業であることから妥当な話である。そして、彼らの生活は、文明的にはかなり貧しいものであった。しかし、その人達が文字を習得し、現代社会に融和した後の生活状況を観察すれば、それ以降の生活では、先進国の一般人と比べて個人の能力的な差は見られない。豊富な語彙が現代の人類にもたらした効果は、かなり大きなものと想像できる。人間の脳の能力の高さは、我々が認識している文字の獲得

以降の進化の歴史の範囲では、ほとんど変化していないと考えてよいであろう。

以上のことは、二つのことを教えてくれる。一つは、人類の発展の道を歩むためには、我々は、まず、「表 2.1 Newell's Time Scale of Human Action」の SOCIAL BAND 以上のレベルの推論を満足させるだけの脳の記憶・思考能力を十分に活用する手段・方法を獲得する必要がある。もう一つは、現在の知恵は、何世代にも渡る、長期間の記録情報、その整理・抽象化という作業の積み重ねによって獲得した結果であるということである。それが、近代社会では、書籍情報と教育システムによる、エピジェネティックなシステムとして、人間社会に組み込まれている。このことは、人間が、日常の生活において高度な装置を使用する技術は、その時代の習慣であって、本人の基本的な知的推論能力の高さを保証することとは異なることを教えてくれる。例えば、車の運転より、馬に上手に乗ることの方が多くの知恵と判断力を求められる。また、発達した文明の上に経済的に豊かな生活を獲得することは、より多くの幸福を人にもたらすことと同一ではない。人間の幸福の本質について絶えず意識することが必要である。

2.10.6 語彙の新陳代謝

本来、言語そのものは、その時の情報伝達内容に対応する認知事象を表現するのに必要な符号群である。当然、当初は、論理的表現を持っていなかった。一方、表現対象の自然界は、多くの規則性のある自然法則（パターン）を元に生み出されている。文字の発明以降、人間は、自然界を表現する言葉を整理・統合発展させ、後天的に言語に論理的表現や数学的表現等を付け加えたのである。言語情報は、日常生活の中で自然に身につけるのは不可能なので、その継承のためには、教育という手段が必要となる。

伝達したいと思う内容が多様化・複雑化するとき、それに対応した語彙が生成される。社会の肥大化と機能分散による構造の複雑化が、さらに、語彙を増加させる。過去からの蓄積としての語彙は、相当な数にな

る。しかし、生命体としての人間の言語処理能力は、当然、処理能力制約の枠を持つ。言語観察の研究結果によれば、社会の自動調整機能が働き、日常生活に使用される語彙は、どの言語社会も似たような数になっているようである。社会の変化に応じ、言葉は変わり続けることになる。

人間社会の構造が複雑になるに伴い、言葉の新陳代謝は激しさを増してきている。このような状況にあつて、言葉の扱いを間違うと、弊害が生まれることに留意する必要がある。人間の脳の処理能力は、すでに最大限に発揮されており、脳の能力を拡張することは不可能である。特に、社会が全体で用いる語彙が、個人が日常体験を通じて身につけることの可能な認知情報の範囲を超えている現代では、自然な形で調整することはできないからである。今までは、五感による情報調整機能の一環として語彙の取捨選択が行われていたのが、現在は、その機能が十分に働かず、人間自身の選択に委ねられている。すでに、現代社会にその弊害の兆候が見られる。例えば、複雑化した制度が生み出した非日常的語彙に圧迫され、日常生活会話の貧困が起きている。

2.10.7 効率的な情報の継承のためには、言葉の他に、経験で確認させる必要がある

コミュニケーションの効率化を図るには、単に語彙の記憶量を増加させるだけではうまくいかない。人々は、日常の簡単な会話がそれなりに機能していることから、言語会話だけでは十分に意味が伝わらなくなる境界が存在することを意識せずにいる。かつて、人間の会話の内容は体験に連鎖した範囲に多くが収まっていた。しかし、現代社会は複雑化し、体験認知することのできない大きな流れの中に組み込まれ、解説なしには理解できない多くの言葉（情報）が使用されている。言葉の解釈・推論は、五感の経験的な情報で補完され十分に機能するのである。日常のコミュニケーションは五感によって成せる行為である。情報伝達を、言語知識だけで行おうとすれば、その知識領域の構造を理解する（言葉のシソーラスが構成できる）のに十分な情報を記述した大量の書籍を読んで勉強する必要がある。言語は体感フレーム（認知ボックス）に連鎖

することで、理解の効率が上がる。仕事の場合でのOJT (ON THE JOB TRAINING) の活用は重要で、有効な手段である。考える行為も、重要な経験的体感である。その後、できる限り、経験した結果を検証することで、シナプスの繋がりを補強してより精度の高いものにするのである。

教育の内容も重要である。13歳までは、基本的な日常生活サイクルにおいて使用される語彙・知識をしっかりと体系的に身に付け、生活空間においては表現力を高めることに重点をおくべきである。仕事の現場における詳細なフレーム（認知ボックス）で使用される語彙は、13歳以降に体系的に身につけて、初めて、効果がある。

2.11 意識脳と無意識脳の対話を身につける

ここまで説明してきたように脳は、長い進化の過程で、数々の有機生命体の制約条件を乗り越えて生み出された優れた構造を持ったシステムである。このシステムの特徴を活かして、バランスの取れた、より賢明な生き方をしたいと願うなら、意識脳と無意識脳の対話を心掛けるべきである。

人間は、変化し続ける不条理な存在（環境の複雑さに対応するには処理能力が大いに不足している）である。その状況で生きて行くことが義務づけられている。

確かに、変化に対応するための機構が脳に組み込まれている。しかし、社会の変化が、ここまで速くなると、人間が、よりよい方向に向かうためには、この仕組みだけで対応して行くことはできない。論理性を持った思考により検証を行いながら、さらにより選択を行っていく必要がある。

ただ、このとき、意識による言葉の思考に頼り過ぎてはいけない。言語検索作業は、意識の束縛（言葉による既成概念）と、近傍情報の優先（脳内記憶活性化レベルの制約）を受けており、現代のような複雑な社会では「限定合理性」がより強く働いて推論が歪んでしまうからである。

脳は、体験的に蓄積された情報を引き出し、意識脳（論理）と無意識脳（経

験)のバランスのとれた対話を通じて結論を導くことを求められている。それを実行するには、十分な時間が必要である。

例えば、脳の働かせ方の一つとして、次のようなものが思い浮かぶ。まず、最初に、強い意識をもって現状の問題を検討する。その後、意識を解放し、リラックスした状態にする。問題となるオブジェクトに対して、意識が集中されたことで、脳の中に広く検索信号が送られる。それに反応し、関連するオブジェクト群が信号を返す。それが、意識に対して言葉呼び起こす。その言葉を加味し、再び検討する。その繰り返しの中で、より優れた論理的思考を行うことが可能となる。

脳システムにおいて、意識脳(論理)と無意識脳(経験)が存在し、それらが互いに関連し合っているということは、とても重要な意味を持つ。これらの有効な働かせ方を理解することは、結果的に、脳の能力を高めて行くことになる。

2.12 まとめ

これまでに記述してきたことがらから、これからの社会への課題をまとめると、次のようなことが思い浮かぶ。現代情報科学に求められていることは、これらの問題に対してどのような解決策を見出し、現実社会をより良いものにするかということである。

- 脳の処理の中で、言葉の思考により行っている部分は限られている。大方は、経験関数で処理される。それにも関わらず、社会のシステムが巨大で複雑になってしまった現代社会では、個人が全体象を体感する機会は限られている。そこから生まれる「限定合理性」の問題の拡大、および、本質的な言語機能のコミュニケーション能力不足への対応策が確立できていない。
- 脳の神経細胞が遅い演算処理能力しか持っていないという問題は、数の多さでカバーする分散並列処理型の仕組みを築くことにより解決が図られた。しかし、その仕組みによって、現在、外部の各

種媒体に蓄積された莫大な量の文字の知識情報をうまく扱うことは難しい。脳の内部のように、機能的に脳システムと外部情報が連動して機能する有効な手段を確立することの可能性を見いだせるメドが、いまだついていない。

3 章

日常生活の中で脳システムが
どのような仕組みにより
意思決定を行っているか
ということに関する考察

3.1 はじめに

1章では、人類が誕生時に、すでに、進化の流れにより形成されたさまざまな宇宙環境からの制約・特性等を継承していることを論じた。2章では、人間は、脳という指揮官に自身の運命を託して生活をしているということ、また、その脳がどのような仕組みではたらき、どのような性質をもつかということについて論じた。最後に、この3章では、人間が環境ならびに自身の経験をどのようにして脳に写し込み、それを次の行動に反映させていくのかということについて、その一連の流れを、具体的に構造的に分析し考察してみたい。

2章の説明の中で、人間の脳は意識が自覚して思考する明示的な部分以上に、無意識な非明示的部分で大変多くの仕事をしていることを述べた。このことは、人間の活動目的にも全く同様にあてはまる。すなわち、人間の活動目的にも、意識が自ら思考して明示的に決定した目的が存在する一方で、それ以上に重要な、生きるという大目的が存在する。食べる、寝る、生殖活動を行う等の目的が、本能、感情、習性等の言葉で表現され、絶対的な行動目的として存在する。心理学者の S.Freud は、この両者を関連付けて説明するためにリビドーという概念を提唱した。本来、人間の行動は、総て、運命的な生き継承するという根本的な目的を達成するために実行されるのであり、その過程で問題が生じた場合には、それに対処するために、局所的目的を設定し、意識による論理的思考による解決を図るのである。そして、その意識化された目的行動領域が、実際に合理的で効率的に機能するということになると、その領域は日々拡大を続け、社会システムにまで発展するのである。しかし、今日まで、心理学も深層心理に言及してはいるが、その間を繋ぐ具体的な非線形的関係の説明をするまでには至っていない。

では、それらの非明示的目的を、また、非明示的目的と明示的な目的との関係を、脳の中では具体的にはどのように取り扱っているのだろうか。

人間の行動分析の重要な手法として A.Newell 等が提唱した G O M S モ

デルがある。これは、人間の行動の本質的仕組みを体系的に表現した大変に良いモデルである。しかし、今日まで、この適用は明確な目的を達成するための線形的行動対象に限定されてきた。もし、人間の行動の非明示領域から明示的領域までの広範囲を取り扱う手法に、このGOMSモデルを応用（EXTENDED GOMS THEORY FOR THE EVERYDAY LIFE）できれば、日常的な人間行動における意思決定メカニズムについて論理的で明示的な解析を可能にする道が開けるかもしれない。

本章では、非明示領域の目的行動を明示化する方法について、これまでの研究成果をもとに、具体的に考察してみたい。脳の知識処理機構が非線形的多階層構造により構成されることに着目し、GOMSモデルの適用について考える。本章では、G (GOALS) に対象を絞り考察を行う。O (OPERATORS,OBJECT)、M (METHODS)、S (SELECTION RULES,SYSTEM) については、G (GOALS) と歴史時間に依存し、その時点の人間生態と社会システムの状態で二次的に決定され则认为、今後の課題とする。

また、考察の方法としては、心理学等が用いる特異点（異常）での事象を対象とした要因分析のような方法をとらず、生命体の基本構造から導き出し得る仕組みの中から、安定的で存在確率の高い仕組みを見出すことを目指す。この仕組みが、主な役割を担う概念構造を定める。この方法をとる理由は、人間自身が複雑系の「ゆらぎ」の影響を比較的強く受け、存在の安定度が低く、特異点（異常）自身も確率的に広く発生し、特異点（異常）の発生を一般化して特定することが難しいと考えるからである。

3.2 行動の目的の非線形階層性と意思決定の論理と基準

地球上の生命活動は、太陽エネルギーの消費行為として、水の中に発生した有機化合物による生命誕生に始まる。その後の進化で、植物系の光合成を備えた太陽エネルギーを直接取り込み成長する仕組みが現れ、また、動物系の食物の捕食と消化を経るとも効率の良い循環機構も出現した。これら生命体は、死亡後に腐敗分解することで再び地中に分子

群として戻され、全体として大きな循環構造を形成している。現在、それらが拡大発達し多様に連鎖して、地球上に複雑で巨大なエネルギー循環網を築き上げている。

この長い歴史を経て複雑化した生命選に、高い適応能力を発揮する高度な知能を持って加わった人間には、すでに、多くの行動に定められた生理（体内にプログラミングされた行動目的）が組み込まれている。人間は、その制約的枠組みの中で、変動する環境下での最善を模索し、状況に応じ行動目的を設定しながら行動する。

その中で、一般的に我々が社会システムの問題であると捉え意識的に設定した局所的な行動目的については、線形的空間の問題に帰着でき、大方、従来の手法の枠内で解決できる。しかし、継続的日常生活の中で設定された行動目的については、簡単な線形的将来予測が不可能な場合が多く、「心」の状態という曖昧なものに依存し、行動目標の設定や、行為の選択に係る意思決定が行われる。

私は、この「心」は、身体为非線形多階層構造において各時点でとられ得る状態の総和に対して与えられる表現と捉えているが、もっと、特別な存在と受け止めている人達も多いので、今後、本章では、「心」を使わず、「感情」という表現を使うことにしたい。

人間が取り込み判断に利用する情報は、エネルギー循環密度の状態に依存して異なるので、少なくとも、次の3つの種類に分類される。

1. 体内活動層：エピジェネティックな仕組みにより誕生までに基本構造が完成し、誕生後、活動により強化される
2. 身体活動層：エピジェネティックな仕組みにより誕生までに基本構造が完成し、誕生後、他者の模倣を利用し動作方法の確立が行われる
3. 家族・集団活動層：模倣から出発し、他者との調整を経ながら動作方法の確立が行われる（血縁関係の親和性や近親相姦の禁止という面から見た境界は、動物生態や人類の生活史を検討すれば、明確な生命体の層分離としては確立されていないと考える）

人生において体験した経験の総和が、以上の非線形多階層構造に写像され、そこから導き出されたものが「感情」であると考え。

この「感情」による決断を行うとき、当然、結果として達成したい目標基準が必要になる。設定する目標は、価値が多次的に存在するので一意には決まらない。しかし、それらを単純に直線上に写像すれば、最低のただ生き続ける状態から、最高の満足した状態までであるはずである。この満足した状態を「幸福」と呼ぶことにする。

人間の意思決定には、人間の意識の線形的空間論理で導き出した結論に、この自身の「幸福」の価値観がバイアスとして作用するものと考えられる。その影響の仕方は問題により様々であることが予想される。それを、これから、解析の基軸を変えながら分析し、全体の動きを浮かび上がらせていく。

3.3 経験の評価の仕組み（幸福感）

最初に、「幸福」について考えてみたい。長いこと、脳の中で、行動の評価がどのような仕組みで行われているかについて知る手掛かりが掴めないでいた。「感情」として沸き上がる幸福感が身体内の生命活動と連動しているとは理解されなかった。そのため、人間にとって良い状態とは何かを静的に考え、理想の状態を想定し、それに近づくことが良いこととして常識的な仕組みを作り、実体をブラックボックスにしたままで色々な推論を重ねてきた。基礎的な食料の安定供給、死の回避、性の平等が理想的な状態として想定され、その実現が目的化され、人間の行動を意識づけてきた。生産性が低く、環境条件が悪い時代には、この目標設定は、とても有効であったし、それが実現されることが幸福につながった。しかし、ある程度まで、努力の成果が上がり生活状況が改善された段階から、予測とは異なった受け止め方が多くの人に見られるようになり、ついに、さらなる生活改善が進んでも、格別、人の幸福感がそれに比例して向上しているとは思えない状況に至っている。

生命は有機化学反応で支えられていることから考えても、その中での

仕組みとして成立する評価法で説明されることが求められる。現代の脳の生理学的解明が進み、ようやく、「感情」として沸き上がる幸福感が身体内の生命活動と連動していることが理解されるようになってきた。改めて、これらの成果を体系的に分析してみたい。

3.3.1 幸福時における「感情」と身体内活動の一致

脳生理学の研究が進み、脳細胞が作り出す演算の基本はパターン演算であり、その処理が経験的確率判断であることが明白になってきた。また、個体間の情報継承はエピジェネティックなシステムを形成しており、脳の推論内容は生後体験の影響を大きく受け、環境の変化に対して可塑的であることが知られてきた。この脳の仕組みから、人間の行動が単純に理想とした静的な状態（天国、悩みがない状態）を目指しているとするには無理がある。自身を顧みれば、最初に、行動は先人の模倣（現代は言葉の知識的理屈）から始め、その行動結果の幸福の体感度から、その行動決定判断条件の修正を行っていることが思い浮かぶ。また、時代の流れの中で、幸福への方法として形成した人類の生活形態の基軸を考えると、不安定で不足な状態への対処として宗教的救済を軸にした時代から、近代以降の科学的手法が導いた経済合理性の追求による救済を軸にした時代に変遷してきている。そして、現代人には、新たな行動の多様化がみられる。この変遷を冷静に考えると、固定した幸福の目標（静的な安定状態）が一貫して共通的に機能していない実態を表している。特に現代における変換点は重要な意味を持ち、量から質への変換点と見ることができると思う。環境条件が悪く、エネルギー供給が不安定な時は、状況のより良い改善（経済合理性）は、生命体にとって広範に共通する目的として受け入れられる。しかし、状況が改善され、生命維持の最低条件が安定的に保証されると、それ以降は、質の向上となる。しかし、質の受け止め方は個人の生活環境条件に左右され特定されない。

このように考えてくると、評価の仕組みは、生活する環境での体内反応に依存する極めて個人的な仕組みであることが推測される。

近年、この分野の重要な研究成果として Antonio R.Damasio のソマ

ティック・マーカ仮説（【参考文献27】を参照）が公表された。これは、前頭前・腹側内側領域に体験事象パターンに応じて結果の良否を身体感応状況として記憶する部分が存在するとの実証研究である。これは、大変重要な発見といってよい。将来予測のために、過去の体験のフィードバック機構を備えているのである。

人間のような高い意識思考能力を身に付ける以前の祖先は、本能・習慣的日常の中での成功体験を記憶し、もっぱら、その再現を試みたはずである。

最近の脳の生理学的成果を考慮すると、現代人は意思決定時に、次の三つの行動誘導を行っているといえと推測される。

1. 弱い行動誘導力

生命体は、出来るだけ不要なエネルギーの消費を抑制しようとする。そのために、常に意識は安定化を指向する。これが、常に弱い行動誘導力として機能する。

2. 強い行動誘導力

環境を不安定化する行動では、行動に移る初期の段階で、エネルギーレベルを上げることが必要であるが、一般にそのことには抵抗感を感じる。しかし、その同様な行動で過去に良い気持ちになれたこと（結果）が存在する場合、その期待感が抵抗感を上回ると行動を実行する強い行動誘導力として機能する。

3. 新しい強い行動誘導力

さらに、現代の人間には、非明示的目的を意識的な思考により明示化した目的による行動が強い行動誘導力として加わる。行動が生じるときには、すでに、思考の演算がエネルギー消費に見合う期待値がはじき出されている。つまり、過去の経験にプラスして、初めての行動であっても期待値を見積もることにより実行に導かれる。

最新の研究成果をもとに具体的に整理すると、上記の行動誘導力が機

能している各局面に対応して幸福の体感を得る機会を記述できる。そのときの脳の中で起きる生体活動の動きを含めて、以下にそれらを説明する。

(1) 特別な努力もない中で偶然に幸運と出会う。

1. 予期せぬ喜びの刺激（プラスのストレッサー）が発生したとき、その程度に応じ脳に幸福感をもたらす受容体（エンドルフィン、アナンダミド等）が生まれ気分が高揚した状態になる。その幸運に続いて、さらに良いことが続くと、その幸運を改めて追認し幸福感が増大する。

(2) 身体からの要求と環境変動への対応が原因として生じた行動の中で良い結果が得られる機会に巡り会う。そのときに、関連するプロセスと共に記憶する。

1. 目的行動の達成の困難さ（マイナスのストレッサー）の程度に応じて行動刺激物が脳に発生（アドレナリン等）する。
2. マイナスのストレッサーの強度が増すに従い、それらの苦痛の緩和目的で脳に幸福感をもたらす受容体（エンドルフィン、アナンダミド等）が発生する。
3. 適切な許容時間内（行動刺激物の継続的発生可能時間）に目的が達成されるとマイナスのストレッサーが一挙に消滅し、脳は強い幸福感をもたらす受容体（エンドルフィン、アナンダミド等）で満たされる。
4. 無意識下で成功体験が記憶される。

(3) 予測される身体からの要求と環境変動に対し、事前にそのことに対応する目的行動を自身の思考で決定し実行した結果、良い成果が得られた。

1. 行動の必要性を認識し行動目標の設定、実行プロセスの選択を行う。
2. 目的行動の遂行で予測される困難さに応じて行動刺激物が脳に発生（アドレナリン等）する。

3. マイナスのストレスの強度が増すに従い、それらの苦痛の緩和と目的で脳に幸福感をもたらす受容体（エンドルフィン、アナンダミド等）が発生する。
4. 適切な許容時間内（行動刺激物の継続的発生可能時間）に目的が達成されるとマイナスのストレスが一挙に消滅し、脳は強い幸福感をもたらす受容体（エンドルフィン、アナンダミド等）で満たされる。
5. 成功に導いた行動のプロセスを認識し記憶する。

最近の脳生理学の研究から、人間が幸福感を感じている時には、脳の中にエンドルフィン、アナンダミド等の成分が受容体から出されており、この成分が麻薬と非常に近い組成をしていることが解明されてきている。そのため、これらの成分を脳内麻薬と呼ぶ人達もいる。今後の研究で、同様なメカニズムを実現する酵素類が多く発見されると想像される。「感情」が脳の働きの状態の反映であるように、幸福感も体内生理の状態の反映なのである。

幸福は安定的な静的状態（不安がない）にいないことではない。行為と結果（進歩）の関係の中で育まれるのである。

3.3.2 動物行動学者 Desmond Morris の幸福を体感する人類の行動分類

著名な動物行動学者である Desmond Morris は、【参考文献 2 5】で、3.3.1 で記述したメカニズムに基づいて人間が幸福を感じる行為を分析し、17 の行為に分類している。以下にそれらを示す。

1. 目的の設定と達成
2. 競争の勝利
3. 協調の成果
4. 種（遺伝）の繁栄
5. 官能（性と食）
6. 知的想像（脳の活性）

7. リズム
8. 痛みへの忍耐
9. 危険への挑戦
10. 執着的意思の遂行
11. 瞑想（現実の遮断）
12. 献身
13. 苦悩からの解放
14. 化学的刺激（麻薬、酒、etc）
15. 空想
16. 笑い
17. 偶然がもたらした利

以上は、集団生活を営む動物であれば、多くが普通に観察される行為である。動物生態学の第一人者である Desmond Morris の経験を通じた分類であり、常識的に受け入れることのできる示唆に富んだ内容である。人間に繋がる進化の系譜の中で、生存に有効な行動が遺伝的レベルで継承する仕組みとして体内活動に組み込まれたということであろう。

14. 化学的刺激（麻薬、酒、etc）のように、現代では人間にマイナス面の影響を与えるものもあるが、これは、身体に害を加えるウィルスの発現のように、進化のプロセスでは、予知ができなかったものである。また、プリミティブなレベルで反応する 7. リズムのように、単純に生命体に内在する基本パルスに同期することで幸福感を感じるメカニズムも存在する。この場合は、他のケースと異なり環境に対して受動的に働く側面が強く、生命環境全体の同期を維持する役割を担っているのではないかと想像できる。

3.4 脳に形成される線形的階層とその間の非線形的結合の形成を考察する

ここで、改めて、無意識から意識への目的の非線形的遷移と、意思決

定時の幸福の追求のバイアスの働きを理解するために、人間の生命活動を詳細に考察してみたい。

3.4.1 活動の分類：無意識的活動と意識的活動

人間の生命活動は脳の働きの観点からみると、大きく二つに分けられる。

(1) 無意識的活動：脳の思考を伴わない活動。

- 体内の基礎活動（自律神経）
- 意識を通さずに行われる肉体的行為

(2) 意識的活動：脳の思考により制御された活動。

- 自覚活動（受動的行為）：地球の生命還の循環機構の一員に組み込まれた人間は、自身に割り当てられた役割を遂行する。その過程において、日変化、季節変化、肉体の成長変化等の変化に同期して暗黙的に行うようにプログラムされている非明示的目的（生命・種族維持メカニズム：睡眠、食事、性欲等）を達成するために意識に対して出された作業要求を（脳は行為の必要性を自覚する）実行する。そのときの活動のこと
- 自決行動（能動的行為）：人間は他の生命体と大きく異なる特徴を持つ。人間は雑食性と集団性、それを支える大きな脳のおかげで、環境の変動に対応していくために与えられた自身の裁量的活動領域（食物の確保、遊び、性交遊等）がとても大きい。具体的には、事前の希望と予測に基づき行動することが可能なまでに進化し、自身の思考により、かなり先の行動目的を策定し活動を行う。自覚行動（経験）に、分離自立した論理思考型活動が加わったのである。その活動領域は、日々、自覚活動への長期的な備え、生命還への積極的な働き掛けへと適応範囲を広げている

全体的にみると、生活時間の多くは、日常的に繰り返される習慣的行為が大半を占めている。これらは、無意識活動に自覚活動を付随した行

動である。食事時間、睡眠時間、労働時間等、かなりの部分がスケジュールされており、体験のない新しい経験を選択する場合でも、ほとんどが他人の実行していることの模倣を行っており、見たことのない全く新しい体験を行う機会など、人生を通して、ほんの少しあるかないかである。人類の生存空間は、それほどに制約されているのである。

脳システムを備えた生命は、多少なりとも同様な活動体系をしている。しかし、行動中の自決行動の占める割合は、人間が圧倒的に高い。その比率は、自決行動の対象時空間域（生活圏）の拡大と連動して高まっている。

人間の悩みは、その自決した目的を達成したにも拘らず、事前に予測した満足感が実行後に得られないことに由来する。今まで、人間の努力は、その多くが基礎的な食料の供給、死の回避、性の平等に向けられてきた。その成果には大変なものがある。それにも拘らず、状況が改善されないと感じているのは、非明示的目的に対して抱かれる満足度と明示的目的に対して想定される満足度に違いがあることに関連している。このことは、後の方で深く考察を行う。

3.4.2 活動の生成

次に、活動構造の面について考えてみよう。

環境全体でみれば、人間は、ガイアの一員としての役割を、周囲の環境情報を五感で検知情報（刺激）として受け止め、それに適応した自身の意思の力で肉体を動かす（脳脊髄神経系に支配される随意筋に支えられた動き）ことで果たす。そして、その行動は、自身の個体の生命の維持活動として肉体内部で絶えることなく行われる循環的活動機構（自律神経系の支配下で活動する不随意筋に支えられた動き）で支えられている。

この行動は睡眠、食事、活動の3つの要素で構成される24時間（一日）のサイクルが基本となっている

人間の行動は、下記の関係構造の上で、外部環境の変動との調整をしながら進行する。

以上の活動を行って行く過程で、脳は、外部からの情報（既存の安定したエネルギー循環で線形的）を写像として取り込み、対応する各線形的階層の情報の充足をはかり、経験に従い層間の非線形的（個人に固有）な結合の強化を進める。

では、この活動過程において、この二つの本源的要求は、人間の行動を決める意思決定の段階で、どのような優先順位をもって機能しているのでしょうか。それは、常識的に継続することを最重要課題と想定すれば、その人間の置かれた状況により、次のような三つの場合があると想像できよう。

- 選択肢の限られた非常に厳しい環境条件下
最低限の生命活動の維持（食、睡眠）を最優先として考え行動する。
- 多少の選択肢が考えられ、多少、先の見通しが立てられる環境条件下
生命の維持を前提としているが、最低限の種の継続（性）を最優先として考え行動し、時には、種の継続（性）が保証される可能性があれば、自身の生命の維持を放棄する場合も起きる。
- 多くの選択肢があり、生存がある程度保証された環境条件下
状況に応じて、両者の成果の最大値の獲得を目指して行動する。

以上に述べてきたように、人間の行動は多次元的要素で成り立っている。日々の習慣的生活の中で、与えられた経路選択の機会と時間の経過に伴う各次元の変化による環境条件が、うまく整った時に変化が訪れる。

3.5 人類の社会システム形成が脳の階層構造に及ぼした影響について考察する

さらに、人類は高い言語機能の働きにより、他の生命体と異なる発展をした。それは、家族・集団活動層に顕著に現れている。本節では、この層に注目し、考察を進めたい。

今まで述べてきたように、最適な選択は、過去の経験の統計的蓄積を基にした推論機構の基に行われる。その推論機構の処理は、複雑さのレベルと基準時空間の大きさの異なる認識階層ごとに実行可能性と有効性について予測処理を行い、各非線形的階層での平行処理の間で同期を取りながら進める多階層多重意思決定方式で行っている。簡単な例として、山の上に必要なものがあるとしよう。そこにそれを取りに行く判断は、自身と自身の属する集団の必要性に言語論理を用い意識が判定する。それと同時に、無意識下で、身体活動層では、その山の険しさが自身の肉体で克服できるかを判定し、体内活動層では、そこに辿り着くまでのエネルギーがあるかを判断する。この条件の総てが満たされたとき、実行に移す。

人間以外の生命体では、体内活動層の体験評価記憶機構と、身体活動層ならびに家族・集団活動層が密接に連動して生活し、生活環境の必要情報の習得も体験の範囲で十分に行うことができた。しかし、人類は強力な言語能力を獲得し、言語は高い情報継承力を持っているため、その力で、高度な発展的社会システムを構築するようになり、それを支える機能として、言語教育という手段を開発した。この教育により脳の階層構造に変化がもたらされたのである。

ここでは、改めて、人間の脳の知識処置と言語の役割に注目して、実際に人間が選択したことによってもたらされる結果と現在の知識を駆使して得た選択の予測結果の乖離について考察していく。具体的に、人間がどのように自身の行動を評価しているかを考え、問題点を明らかにしたい。

そこで、最初に、人間が作り上げた社会システム、脳の中の認知階層、その中で言語の3者について、それぞれの位置と役割を検証する。次に、脳が行動の結果の評価をどのように行うかについて、その仕組みを検証する。

3.5.1 人類 (HUMAN) が形成した脳の中の認知階層と言語思考

生命体は環境の変化に対応して柔軟に対応して行くためのメカニズム

として選択的行動という手段を身に付けた。それは脳と呼ばれる器官において、個々の神経細胞自身では処理能力不足であることを克服する手段として生みだされた。2章で説明したように、具体的な処理方式は平行処理と分散処理の二つの方法で、手法的には確率分布の利用と限られた精度補完にツリー構造の分解連鎖を用いる。この仕組みでは、脳細胞の数に比例して、処理能力を高めることができる。また、脳の処理限界と生存可能な実践有効限界が釣り合うまで処理の複雑さを上げることができる。

生命体の中で、最も進化した行動形態を持つ人間は、脳の処理もそれに応じた進化を遂げた。これを可能ならしめた主な理由は、生命界が安定的なエネルギー循環型の構造をしている（Ilya Prigogine の理論が証明した非平衡系散逸構造の特性）ことにある。そのことが、比較的容易に、階層化による処理の複雑度を高める機構を脳の中に実現させた。

3.5.1.1 人類 (HUMAN) の脳の中の認知階層構造

2章でも、脳の処理の多階層構造については言及したが、改めて、ここでの考察に必要な形に整理して述べる。この階層化はエントロピーの法則によってもたらされ、次の様に進む。まず、基本となる機能群の要素が、環境に適合して行く中で再利用性の高い順に区分される。次に、同一区分の機能の中で確実に高い接続関係にあるものがまとまり一つの新たな高機能を作る。それらが、増加してある水準に達すると、偶発的に高機能間連結による新しい循環が形成される。なお、この時に留意しておくべきことは、新たな高機能階層は元の階層より実現手段の多様性が狭められている（指向性を持つ）ことである。また、生命の代謝においても、階層化が完了し環境が安定して推移する状況になれば、それ以降は、各階層は隣接する階層と相互制約関係が築かれるので安定的に継承が行われる。すなわち、新たに下位層から各階層の生成を行った場合には、その最終構造の結果は予測不能であるが、各層同時に徐々に過去の構造を写像継承しながら進めれば、その層間の非線形的関係も近似的に継承され、変動も小さな範囲に収まるようになる。

このようにして、循環内での確率分布に基づく実行効率の飛躍的上昇を可能とする非線形な認知階層構造が形成される。階層分離が行われても、新しい機能群は元の階層での機能を継承する機能で構成されているので生命体の目的の実現は保証されている。

階層が上になるごとに、その中に含まれる脳関数は複雑になり、処理構造は複雑度が増す。そして、その脳関数群から組み立てることのできる時空間の大きさは拡大する。その結果、階層が上がるほど合理的な選択が行われ、より複雑な問題に対して、より効率的に処理が行われる。ただし、効率を高めるための選別（指向性）で選択は狭められる。脳の中では、階層ごとの認知処理において、個別に要求された目的を達成できるかどうか検証している。その多階層適合の中で最適な判断を選択することにより脳は意思決定を行う。

どの程度の階層化が行われるかは、状況により不定である。しかし、想定される時間内に意思決定を行わなければならないことを考えると、少なくとも確実に生成される可能性のある階層を示すことができる。生成時の環境による影響で、さらに多くの階層に分離される場合もあるが、概念的の基本としては次の大枠の中の何れかに属すると考えてよい。

以下に具体的にそれらを示す。

「一層」 BODY AND INDIVIDUAL（多くは本能としての非明示領域にある）

- 複雑さのパターンのレベル：個人と個人、個人と環境の関係（自身の肉体の動作で組み立てられる範囲）
- 実行時間：COGNITIVE BAND (100ms-10sec) AND RATIONAL BAND (minutes-hours)
- 処理：体験論理
- 目的：体内活動と身体活動の同期、生命活動の維持行動（食、睡眠）

「二層」 FAMILY AND COMMUNITY（本能として非明示的部分と、集団共生での自律システム共存法則として生まれ形成された規範とがある）

- 複雑さのパターンのレベル：個人と集団と環境の関係（自身と集団の協調的動きで組み立てられる範囲）
 - 実行時間：RATIONAL BAND (minutes-hours) AND SOCIAL BAND (days-months)
 - 処理：体験論理
 - 目的：種の継続（性）、共同作業、共生関係の維持
- 「三層」 ORGANIZATION (GOVERNMENT AND ENTERPRISE)（一層と二層の中で発生確率が高く、経験的に自身への高い関連性が確認された事象について、それらの抽象度を高めることにより、日常行動の高速処理を可能とするような指標的関数群。それに、コミュニケーション道具の言語が付帯する）
- 複雑さのパターンのレベル：一層と二層の階層の活動パターン、および、それらを抽象化することより見出された法則を利用して、抽象的な論理演算（言語）を発展的に用い、パターンの複雑さと予測可能時空間の拡大が実現されたパターン
 - 実行時間：COGNITIVE BAND (100ms-10sec) , RATIONAL BAND (minutes-hours) AND SOCIAL BAND (days-months- ∞)
 - 処理：体験論理＋抽象論理演算
 - 目的：効率の向上と機能の専門化（職）

一層と二層は、動物種の雌雄の生殖を行うものにおいては、両者とも必要不可欠な機能的存在として、脳の処理パターン構造として基本的に備わっている。ただ、そのパターンの種類の複雑さのレベルが個々の生命としての能力に応じて異なっている。そして、両層の共存の仕方についても、各層が長い進化の歴史の中での経験的選択を経て形成されたことが反映されている。各層は、種の生存が確保されることを満足するように、それぞれ独自のバランスと優先ルールを身に付けている。この両層は、知識処理システムの形成過程において、単純なパターンから複雑なパターンへ、機能の活動開始時期の親子の上下の関係から徐々に対等な関係へと発展してきたことに対応しているが、相互の関係を維持し、

かつ、密接な関係をもちながら成長してきた。

それに対し、三層は、一層と二層が抱える人間の長い寿命と生活圏の広い変動帯域から生ずる長大な情報量を効率良く処理するために生成されており、質を異にする。一層と二層の情報集合を生活に必要な識別精度（人間の認知精度）で、情報の中の自身の行為を制御するのに必要な分析的視点で重要な構成要素（オブジェクト、オブジェクト属性、オブジェクト関係）を体系的に分類し、その抽象度の高い要素で推論演算を行えるように構築されている。人間は、集団生活を行い、子供へ継承する情報量も多い。そして、それらの情報交換手段の主要な部分に音声による識別子（言語）を用いている。よって、三層の各種要素の多くに、その識別子（単語＝シンボル）が割り当てられることとなる。そのことにより、単語と脳関数の対応付けが進むと、言語（単語の集合）を用いた推論演算を行うことが可能となる。

日常的な行動下では変化する状況に対応し、無意識的な視覚をはじめとする五感からの入力情報から、脳は問題のオブジェクトの存在を認識し、そのオブジェクトをキーにそれぞれの認知階層にシナプスを經由して現在の状態を伝える。それぞれの認知階層は与えられた情報を元に、自身の複雑さのレベルと時空間の範囲で過去の経験情報から問題への対応の可能性を検証する。その中で、許容時間内に解が出たものを解決策として採用して実行する。

それに対し、自身で問題を設定する能動的な行動については、最初に自身の三層の思考に関連するオブジェクトを洗い出し、そのオブジェクトをキーにそれぞれの認知階層にシナプスを經由して問題を伝える。それぞれの認知階層は与えられた情報を元に、自身の複雑さのレベルと時空間の範囲で過去の経験情報から問題への対応の可能性を検証する。三層の思考の主導の下で他の階層からの通知（類似経験の抽出）を参考に、許容時間内に収まる解決策を実行する。

3.5.1.2 第三層に密着する言語処理機構

すでに、2章で言語についての話をしているが、改めて、脳内部での

言語処理の視点から、簡単に話をしたい。本来、単語は、脳が取り込んだ情報の中の構成要素（オブジェクト、オブジェクト属性、オブジェクト関係）に基づいて識別認知した結果に対して付与される音声識別子（シンボル）である。だが、これを使用するときには、4次元時空間構造を持つ脳の情報構造の中での使用となるので、言語の一次元配列で表現することが必要になり、文法が脳の処理に組み込まれた。しかし、この変換を完全に行うことは大変に困難を伴う作業であるため、多くを暗黙知が共有されているという前提条件が満たされると安易に仮定し表現の簡略化を行ってしまう。往々にして、このことは情報伝達誤差の原因になる。

また、会話・文章での使用例、思考（情報の再構成）を通じ、単語は単語接続網を構築する。これは暗黙知の一部である。そのことから、自然に単語の用法に制約が働く。また、その言葉の使用時には、同時に、単語に連鎖した経験情報も検索が行われる。これにより、単語の組み合わせは自由に行えても、経験情報層で検索エラーになれば、その組み合わせはリアリティーの欠如から意味不明となり、使用を除外される。逆に、推論のベースである経験情報検索層はパターン情報なので、経験主導の思考では、その中のパターンの組み合わせとして問題がなければ、今まで使用したことのない用法でも、言葉の組み合わせとして自然に用いることができる。

以上のことから、先行して記憶させた単語（教育と称し、しばしば、行われる）は、その後、経験情報層との連結（シナプス結合、体験の追認）がなされなければ、推論と切り離された情報でしかあり得ず、有効利用されることはないということ十分に留意する必要がある。

3.5.2 人間 (HUMAN) が行動する時の判断基準となる幸福体験の種類とその幸福を生み出す認知階層の関係

3.3.2 で記述したように、著名な動物行動学者である Desmond Morris は、【参考文献 2 5】で人間が幸福を感じる行為を 17 に分類して解説をしている。ここでは、この分類が脳の認知階層のどこで発生する可能性があるかを考え、対応関係を表 3.1 に表してみた。

表 3.1 Desmond Morris の幸福感を生む 17 の行為と
その行為を司る認知階層

Desmond Morris の幸福の分類\認知階層	第一階層 BODY AND INDIVIDUAL	第二階層 FAMILY AND COMMUNITY	第三階層 ORGANIZATION (GOVERNMENT AND ENTERPRISE)
1. 目的の設定と達成	◎	◎	◎
2. 競争の勝利		◎	◎
3. 協調の成果		◎	◎
4. 種（遺伝）の繁栄	◎	◎	
5. 官能（性と食）	◎	◎	
6. 知的想像（脳の活性）	◎	◎	○
7. リズム	◎	◎	
8. 痛みへの忍耐	◎		
9. 危険への挑戦	◎	○	△
10. 執着的意思の遂行	◎	○	△
11. 瞑想（現実の遮断）	◎		
12. 献身		◎	○
13. 苦悩からの解放	◎	○	
14. 化学的刺激（麻薬、酒、etc）	◎		
15. 空想	◎		
16. 笑い	◎	◎	
17. 偶然がもたらした利	◎	◎	◎

幸福の可能性 ： ◎強い ○普通 △弱い

表 3.1 は、人間の幸福は、生存の状態、単純な善悪の評価とは異なるものであることを示している。同時に、人間の行動のモチベーションは体内に仕組まれた 17 の幸福感の獲得メカニズムと連鎖（＝還元出来る、＝シナプス結合された）した時に高められることが理解できる。

ここで、注目すべき点があるので指摘しておきたい。人間社会で、最も多くの時間を使い、教育においても最も重点を置いて行っている、第三階層のもたらす幸福の体験の種類が少ないことである。

長い人間の人生で考えると、14. のような幾つかの避けた方が賢明と思われる経験を除き、早い段階で、より広範囲にわたる幸福経験を積むことが、その後の長い人生において遭遇する多様な環境変化に柔軟に対応して生きて行く上で重要だろう。この表から理解できるように、現代教育の幸福への寄与の範囲は限定的であり、そのことは、年少期のコミュニティの豊かさの重要性を示している。

人間生活は認知階層ごとのタイムスライスの不連続な切り替えを行いながら営まれている。この表の各幸福に個人が設定したプライオリティが、このタイムスライスの幸福感の総和を決定する。より平均的に高い得点を積み上げたいものである。

3.6 日常生活の目的の設定の仕組みの概要

（日常行動は時空間的位置を接続点とした目的ごとの行為の連続するタイムスライスの繋がり）

3.6.1 時系列的目的群の生成

今までの話を整理すると、人間は、同時に並行して複数の意識化した目的を追求しているが、それらの間には、無意識から意識まで多階層の非線形的繋がり（写像）の関係があり、常に、この全体的関係の中で、優先順位の相互調整をはかっていると理解できる。

人間は、日常行動の中で、異なる複数の目的を同時に追求しバランス良く達成する方法を見出さなくてはならない。これは、限られた時間を

どのように目的ごとに配分することが合理的かということを見出す問題と見ることもできる。現実には、次のような仕方で日常行動が行われる。身体は一つであり、それらの目的を時系列的に連続して行うときの切り替えは環境に依存する。その上、明確に目的の終わりを示す節目がないので、究極的な目的を“幸せ”のような抽象的な表現で表す。そして、結局、人間は、その個々人の想定する幸福目的に合致すると思う明示的な行動目的を適当な期間で設定し実行することになる。

往々にして、具体的な行動目的は、その達成のために、さらにその前段階で達成すべき副次的目的の設定を必要とする場合がある。このようにして設定され、目の前に並べられた時系列的目的群は、難易度、必要時間、作業場所、優先順番等の要素を考慮して整理して、合理性を考え、継続的に最適な目的作業が選択され切り替えを行いながら具体的行動が進められて行く。この時、行動の切り替えが必要か、あるいは、現在の作業を継続するかの判断は、頭の中で、それぞれの目的または副次的目的の休止・完了時（結果に関わらず）に、事前に整理した作業項目リストを参照し、もし新たに実行要求のあった項目が発生していればそれも加味して行われる。

現代社会は、この切り替えの多くが規則化（労働規則等）され、人間の行動への制約条件にまでなっている。これは、一面では、脳の負荷の軽減であるが、行動の最適化の妨げとしても作用する場合があります、切り替えの判断を難しくする。

3.6.2 行動の実行優先順位の決定

人間の行動への報酬は、日常生活での習慣的行動の中で生じる変動の結果として得られた成果の静的な状況比較による確認から感じる静かな力（日常の喜び）と、意識的な激しい挑戦的行動を行ったときの動的な状況でのプロセスの困難さとそれに見合った成果との相対的關係に対して感じる強い力（記憶に残る達成感）がある。今日まで、主に、前者の静的成果を生み出す論理的な思考により導き出される目的を、人間が行うべき行動を選択するときの理論的判断基準に用い、それが幸福へ導く

最良の手段であると教えられてきた。しかし、現実の生活の中では、脳の中に生じる行動報酬としての刺激量（幸福の体感度）が重要な意思決定の判断に用いられている。もし、日常生活において、家族の成長、各種技量の向上、仕事の成果などが感じられなく変化が乏しく静かな力からの刺激量の低下が長期に渡ると、行動の選択の基準に変化が生じる。この仕組みがあることで、人類は現状に対して変化を求め、現状のシステムを壊し次の進化へ向かうエネルギーを得ることになる。このとき、身体内部から意思決定に影響を及ぼす基本的要素としては、次の三つがあげられる。

- 現在の生活循環の安定性と変化率

日常生活において、生活環境が安定しており、成長的变化が伴っている場合、その個人の意志は、多くの場合、現状の継続を選択する。しかし、安定状態であっても、コミュニティとしての活動が低調であれば、環境からの刺激に対し過敏に反応する可能性がある。

- 過去の幸福体験の特性

人は、現状に不満足な状態に陥ると、幸福体験を求め新しい行動を起こすことを考えるようになる。当然、その幸福の手掛かりとしては自身の過去の幸福体験が重要な意味を持つことになる。

- 食欲と性欲の充足度

人の人生は大きく成長期、成人期、老齢期の3つの特性の違う期間に分けることができる。成長期は体内からの自身の衝動が環境に対し強く作用する。成人期は自身の衝動と環境とのバランスを維持することを基本に行動する。老齢期は環境に順応するように行動する。その大きな流れの中において、性的欲求の衝動度は、強さ、時期において個人差が大きく、全体の変化に対しては不確実さを増すように作用する。

日々の環境変動に反応して、以上の三つの要素が複雑に絡み合い、個

人の行動選択に影響を及ぼすことになる。

日常生活下の人間が、自身のこれまでの経験と現状の状態の体感認識の相関の下で、行動において経路選択を求められたとき、その意思決定時に現れる傾向は、次のように四つの状態に整理され、その何れかに属する。

- (1) 予測される成果 $>$ 過去的成功体験
⇒ 確実な日常生活の持続を選択
- (2) 予測される成果 $<$ 過去的成功体験
⇒ 何らかの機会を捉え環境の変化を選択
- (3) 予測される成果 (小) $\asymp$ 過去的成功体験 (小)
⇒ 偶然の欲望への刺激に過敏に反応
- (4) 予測される成果 (大) $\asymp$ 過去的成功体験 (大)
⇒ 状況を冷静に判断し行動を選択

社会が、良い安定状態にあるということは、日常生活の豊かさ（個人の生活において選択肢が豊富であること）を伴うことが求められる。

3.7 人間の生態構造と現代の社会システムとの関係に内在する問題

これまでの考察で、人間の意思決定は自身の幸福感に左右され、それは過去に体感した成功体験からの影響を強く受けていることが明らかとなった。しかし、現段階は、ようやく、体系的なレベルでの全体的構造の枠組みが明確になってきた段階であり、人間の意思決定の無意識領域の影響を解明するためには、非明示的目的を明示的にし、さらに、それらを比較演算の対象として扱う手法 (Computable) を確立する必要がある。

しかし、理論的解明以前に、本来の人間の本性に、自分達が自ら作り上げた文明、社会システムのあり方が、上手く適合していないということ

を強く感じる。そこで、本節では、この人間生活の改善の問題を、複雑化し、困難なものにしている要因について検討をしておきたい。最初に、脳の認知階層全体に影響する問題、次に、認知の一層と二層に影響する問題、最後に、認知の三層に影響する問題について考察する。

3.7.1 脳の認知階層全体に影響する問題

今までの話の中でも多少触れてきたが、人間は、進化の過程でプログラムされた生体メカニズムの制約に加え、自分達で自ら築き上げた文明が定めた多くの習慣・制度等の新たな制約を無意識のうちに課してしまっている。当初は、効果的であったこれらの人間の知恵は、現代に至り、

予期せぬ弊害を生んでいると言える。何故ならば、生命はエビジェネティックなシステムで、一層から三層までを、自身の体験を通しての環境からの写し込み作業を経てバランス良く作り上げないと、脳の処理に必要な情報が欠落する可能性が大きいからである。三層の拡張として理屈の上に築かれた文明は、一層と二層との不整合を生んでいる可能性がある。現代の幸福について考えると、社会が掲げる明示的目的と生命体として内在する非明示的目的の不整合問題が起きていると思われる。現代社会の問題として語られる多くに、原因がこの点に由来していると思われる。推測できるものがある。

ここでは、認知階層間の不整合を中心に、認知階層全体のバランスに影響を与えている現代の問題を取り上げる。

3.7.1.1 認知階層の不整合化のメカニズム（知の三極構造）

我々が生活をしている場には次の三つの情報構造が存在する。

- 実空間の活動：実社会に形成されている現実の情報構造
- 静的仮想空間での演算を基にした行動：言語を用いて導かれる静的限定合理性を内在した情報構造
- 動的仮想空間での演算を基にした行動：行動目的の許容時間の制約のもとで脳の中のシナプス結合分布（経験量）をもとに導かれ

る動的限定合理性を内在した情報構造

人類の誕生直後は、本能的で体験的な存在をもとに実空間を写像した動的仮想空間情報構造と静的仮想空間情報構造が生み出され、以下の関係が成立していた。

動的仮想空間情報構造 ㄢ 静的仮想空間情報構造

しかし、言語が独自に発展したことにより、静的仮想空間情報構造と動的仮想空間情報構造の関係が変化した。つまり、言語によりもたらされた実空間での安定的関係を記述する用法が拡張され、その情報を継承再利用する社会環境が築き上げられることにより、必ずしも動的仮想情報構造に包含されない関係となった。

動的仮想空間情報構造 ㄨ 静的仮想空間情報構造

当然、静的仮想空間での演算を基にした行動に変化が起き、実空間を変化させ、それが動的仮想空間情報構造に反映するという連鎖的変化スパイラルを描くようになった。だが、人間社会集団で、単純に静的理論で効率化を目指し制度的システムの複雑度を高めると、静的仮想空間情報構造の時空間が動的仮想空間情報構造の許容時空間規模を超える所まで拡大し、限定合理性が静的な知識欠乏と動的な経験欠乏（シナプス配線不足）の二段階構造で生じてしまう。共通目的が維持される間は、両者は補完関係にあるが、バランスが崩れると、例えば、知識があっても経験不足では有効時間内での達成は不可能となり、また、より許容時間がタイトになると理屈（知識層）でなく経験（脳関数ダイレクト処理）で動くことになり制度に適合しない行動がとられる場合が生まれる。

3.7.1.2 三層（仕事）がお金を経由して一層、二層と結合

三層と一層・二層との間の不整合を生み出す人間が自ら創出した最大の制度は、貨幣（抽象的認知シンボル）を媒体に行う交換システムである。

このお金の創出により、人間集団内のエネルギー循環システムの時空間のサイズは飛躍的に拡大した。このシステムは、完全に言語機能に依存して存在している。体感することのない言語知識層に、生活が支配されることになった。

人間は、複雑で多様な環境の影響を受けて動いている。しかし、大きなエネルギー循環システムの流れで見ると、現代経済社会における個人の生活は、特別な資産家を除き、生きるためのエネルギー等（衣食住）の確保を含め、総ての生活を自身の労働の対価として受け取る貨幣に依存している（経済的欲求）。その貨幣を、目的に応じ、自身、異性、家族、コミュニティー等のために消費することで個人の生活を充足させる（個人的欲求）。よって、現代社会では、環境が人間に及ぼす影響の原因を、経済的欲求と個人的欲求の性格の異なる二つの大きな要因に分けて見る事が可能である。

この二つの関係は、利害が複雑に交差している。まず、時間軸においては、相反する関係にある。より多くの貨幣を得るためには、より多くの時間を費やす必要があり、より多くの個人的欲求を満たすには、より多くの時間が欲しくなる。また、両者は協調関係にもある。より多くの貨幣は、より容易に個人の欲求を満たす助けをしてくれる。

また、生まれた当初からこの貨幣依存環境に生存することは、人間の貨幣に対しての過度の依存をもたらすことにもなる。表 3.1 により理解できるように、幸福は多くの手段によって得られるが、人間は貨幣を媒体にして得る方法（三層）に傾斜させられる。

貨幣の出現が多くの恩恵を人間に与えた。しかし、幸福への道を複雑にしたのも事実であろう。卑近な例として、「お金は人を幸福にするか」との問いがあれば、知識の豊かな賢明な人間には選択肢の増大として肯定的な回答となり、愚かな人間には生命の危機的状況の回避にはとても有効ではあるが、特に肯定的な回答はできないこととなる。何故なら、強い幸福感は人間的な苦勞の結果で得る報酬だからである。

3.7.1.3 三層（論理的思考）の幸福感は一層、二層の幸福と分離（過剰に満たされた社会）

これは、ここでのテーマの重要な問題点である。言葉の論理的思考により導き出された結論は、人間の過去の平均的な経験をもとにした成功確率が高いと想定される解である。しかし、個々の人間の環境条件は総て異なり平均的な人間は存在しない。したがって、ここでの結論は、幸福の話ではなく、幸福へのヒントとして解釈した方が賢明である。現象が安定的な科学的法則を除けば、言葉が伝達する意味の範囲は非常に曖昧なものである。また、言葉の文明が追い求めた社会生活の中において、人間の生理的メカニズムが求める幸福が社会生活を安定化させるものとは必ずしも同軸にはならない。人間は言葉なしでは生活ができない存在である。この三層の一層・二層からの乖離は避けられない問題である。

三層と一層・二層との間の不整合を生み出す原因として、過剰に満たされた社会があると思う。人間の最大の意思決定の要因の最優先項目が、生命の維持であることは永久に変わらないであろう。しかし、意思決定の要因としての重みが、確実に変化し始めていると思われる。それは、例えば、エンゲル係数の変調として観察される。従来、近代社会における生産性の向上の生活の質の改善への寄与は、エンゲル係数で読み取ることができていた。すなわち、収入の増加に反比例して食費が低下する傾向があった。衣・食・住・遊興の中では、生きるという基本的目的で食が一番切実な問題であることと、日常的行為であることから情報としての安定性が保証されていることで、エンゲル係数は、その集団の経済生活状況を判断する指針となってきた。しかし、近年、先進国社会では、この傾向に変化が現れている。

個人によらず全体的に一樣に見られた配分比率の変動傾向が変わり、個人的に大きなバラツキを示すようになってきている。このことは、とても重要なことを示唆している。それは、社会生産性が、大方の衣食住について生命体としての要求充足レベルを上回る状態に到達したことを示すと受け止められるからである。食物で考えると、飢えを満たすレベルを超え、希少性価値（値段）の影響を大きく受ける段階に入ったこと

になる。この現象は、衣料品にも見られる。住環境だけは、もう少し、全体の充足には時間が掛かるかも知れない。いずれにしても、この変化は、脳のバランスに影響を与える。生産効率に対する非明示的目的の要求レベルが低下するからである。生命のリスク回避のための生産効率の向上を至上命令としてきた人間社会から、目的が多様化し、新しい秩序が形成される過渡期に入ったと考えられる。何故かと言えば、今まで説明してきたように言語思考（三層）により創出された現代の人間社会のルールは、それまでの経験で得られた人間の行動傾向（幸福の結果）を取り込んで、幸福の最大化を目的に生み出されたものであるが、単なる希少性という意味だけでは、肉体の生理メカニズムの反応（幸福感）は少ないからである。幸福を得るには、その希少性が自身の欲求と連鎖していることの確認が必要であるが、従来の生命の維持という観点から自然に得られていた満足感とは異なり、自身の反応と連鎖させるには特別な努力をすることが求められ、従来と同様な幸福が得られ難い状況になってきているのである。

そのことから、旧世代の理論（旧世代の幸福感）の上の意思決定の社会ルールを、新世代の理論（新世代の幸福感）の上の意思決定の社会ルールに置き換えることが必要になる。しかし、このことが完全に達成されるまでには、少なくとも環境伝達情報が変更されるのに費やされる三世代間程度の入れ替え時間が必要である。この人間の本質に関わる変化への対応は、もっと調整時間が必要となるかもしれない。

また、前述のような環境変化は、脳の意思決定の中での要因の優先順位と重み付けに、個人的な差が大きくなることにもつながる。例えば、変数として飢えを凌ぐレベルとして共通して認識されたものが、幾つかの好き嫌いの個人的変数に支配されるようになり、新たな幸福の生理メカニズムとの結びつきが構築されるからである。このことは、従来のままの生活スタイルの延長では幸福感が低下することを意味する。個人レベルで幸福のあり方が多様化することにつながる。それは、社会の変動要因が増え、個々の変動に敏感になり、その「ゆらぎ」がより不規則で細かく動く時代の始まりであることを予感させる。

この時に、適切な対応が行われないと、社会は不安定化に向かう。人間の脳は、処理能力が小さい上に、その知識処理メカニズムは経験に基づき形成される。この脳が、常時、不安定な「ゆらぎ」にさらされる状態で成長すると、脳の中の処理系は、三層の乖離が進み、その複雑さに適応できずに、逆に、単純な処理単位の集まりの変動に対して適応能力に欠けた不安定な処理系となってしまう。

生命体の基本的な Desmond Morris の幸福感を生む 17 の行為をもとに、合理的な議論から導かれた明示的目的地で方向付けが行われ、意識付けされたビジョンに基づき、行動が行われるようにすることが必要である。

3.7.1.4 弱いバランスの上の安定

意識の中では一つの問題として捉えていても、常に脳の内部では複数の属性について合理性の審査をしている。脳の一次記憶容量を考えれば、それは最大7つ前後の範囲であると推測される。人間が、突然の不幸に遭遇しても破綻しないでいられるのは、今までの他の幸福体験に支えられているからである。古の人間は、今と比べ、一人の人間の行動帯域は広く、危険度も遥かに高かったはずである。当然、その行動過程で生理メカニズムが生み出す刺激量も多く、その人間を支える多様な幸福体験も強い力のバランスを形成していたであろう。その後の、急激な文明化によってもたらされた生産性の上昇局面では、生活の安定化（生命の危険の低下）により幾つかの幸福体験の力は弱まっても、他の面での向上が、それを補ってきたと思われる。3.7.1.3 で述べたように過剰に豊かで安定した現代では、その補完力も低下し、全体的に弱いバランスで人間は支えられていると想像される。この状態では、強い刺激を体験すると全体のバランスを崩す可能性が高い。バランスを強化するには、一層と二層のコミュニティ体験の密度を改めて高めることが有効である。これに通じる体験として、肉体の鍛錬に要する努力や自然治癒力を高めるために行われる療法等が考えられる。実例を積み重ねることにより体内生理に影響を与えるということが起こるのに必要な活動変移の幅を考えてみ

ると、強いバランスの回復に効果が確認できるまでには、かなりの活動量が要求されると想像できる。

3.7.2 認知の一層（BODY AND INDIVIDUAL）と二層（FAMILY AND COMMUNITY）における現代の問題点

生命体は、それぞれがガイアのエネルギー循環の重要な担い手である。その生命体の基本的使命は、自身の与えられた役割を担い続けるための生命の維持と種（性）の持続である。人間の場合、生命の維持については、一日の生活の一年（365日）変動の繰り返しという時空間サイクルを基本のエネルギー循環としており、その上に、生産システムの高度化に伴って発生した複雑な連鎖サイクルを加えた循環系を形成している。種の維持については、人生約五十年の間に子供を産み、育て、自身の継承者として引き継ぐまでの大きな一つの変動を示す時空間変移である。種（性）の持続は、生命の維持の上に成り立っている。また、生命の維持目的が一生を通して定常的に要求され、意思決定時におけるその優位性は外的環境変動に応じて変わる。種（性）の持続目的は、青年期の特定期間を中心に大きな振幅をする変動曲線を描く中でパートナーとの出会いに応じて不定期に高い優位性が求められる。個人の環境状況に応じて、求められる優位性は複雑に交差し入れ替わる。

古では、心身にわたり強いことが良いとされ、様々な重要な事柄の決定要因として位置づけられてきた。つまり、全人生期間にわたって最適化を保証するための不可欠な要素として認識されていた。それが、集団生活が複雑化した社会の中では、生命の維持に関わるエネルギー循環の分業化に応じ、強さはポジション（役割）に変移することになる。これは、強さの分散型多様化である。この変移（強さの分散型多様化）により、生き方の個体ごとの多様性を保証することとなった。それ故に、現代の人間社会では、自己のポジションの獲得・維持が個人の重要な目的になっている。このことは、組織構造を築く人間の宿命である。人間は、生命の維持のために組織の中に自己の役割を確定する必要がある。これは、単純に強い物が良いと言ったこととは異なる性質のものである。こ

れは、他者からの認知を要求し、自己と他者、家族と組織等の、時には同じ、時には相反する関係を作り出す。複雑化し層分離が起き二層になるだけでなく、相互の関連も複雑化する。

そして、エネルギーの蓄積（情報と貨幣の蓄積）の方法を編み出したことが、さらに、人間社会の動きを複雑化させた。このことが、個人の生存条件の平等性を壊し、個人の意思決定にもとづく判断行動の多様化を促し、全体の共通の価値基準の認知を曖昧にした。

今日まで、宗教は、複雑さによりもたらされる不安定な状態をバランスさせ安定化させるための新たな指針（秩序）を提供してきたと考えられる。

これからの情報科学は、人間の行動メカニズムを解明することにより、目的達成追求的な社会活動と家族生活の幸福のバランスを維持する、新しい合理的指針を与えることになるかもしれない。

現代社会における人間の行動について考えてみると、貨幣を媒体にして、生きるためのエネルギー等（衣食住）を確保することを目的（経済的欲求）としてとられる行動と、その貨幣を、自身、異性、家族、コミュニティの欲求に応じて消費することで個人の生活を充足させることを目的（個人的欲求）としてとられる行動とに大きく分けて見ることができるといった話をした。人間の意思決定の方向は、この両者のバランスを何処に定めるかで決まるのであるが、それがどのように決まるかを理解することはかなり難しい。両者は全く異なる価値構造をしており、それぞれの評価基準も全く異なり、両者の連鎖関係は状況に応じ変化をする。その上、後者の個人的欲求の充足をどのように評価するかが問題である。それは、合理性を超えた生理メカニズムに多くが支配されており、現在の情報科学の範囲では知識が及ばず、その評価基準等の想定は困難な状況にある。ただ、単純に考えれば、特定の個人にとって、より多くの時間と貨幣がある環境が、一般的な傾向として、少なくとも良い結果を生むであろうと仮定するだけである。

現状では、多くの生活時間が、経済的欲求を満たす行為に目が向けられており、日常の生活リズムも経済的欲求行為を優先することが基本に

なっている。また、経済的欲求行為は、基本的に合理性に支配されていると考えられ、解明も容易で進んでいる。

以上から、現在、日常の多くの意思決定行為は経済的欲求の充足に導く合理性に支配されて行われ、経済的欲求と個人的欲求のバランスをとることは、時間配分を適切に行うという問題に帰着され、単純に定量的に処理されると見なせる。

個人的欲求は、意思決定の不確定要因として存在することに留意し、将来の課題であると認識されたい。そのために解決すべき問題点を、次に考察する。

3.7.2.1 現代の「限定合理性」下では暗黙知の恒常的な欠乏状態が発生する

H.Simon は「限定合理性」として、人間の判断（意思決定）の合理性は、獲得（認知）した情報量に依存して制約を受けることを説明した。改めて、簡単に説明しておく。それぞれの個人の行動が場を形成し、それぞれの個人は、その場の動きを自分の認知能力（経験）に応じて脳に写像する。それは、全体の中から個人の認知フィルターを通過することができたものによる部分的写像である。そのために、個人の行動は常に、全体の合理的最適値とは異なる結論を導く。

しかし、古来、人間は、自然界の事象が非常に複雑であるにもかかわらず、影響を受ける範囲がガイアのエネルギー循環の網の中の限られた帯域にあり、その変動が基本的に周期性を示してきたことに助けられ、情報の全体の詳細を知らなくとも、自然に体感する現象の範囲で脳が作り出す経験関数群を適用して行動し生きていくことができた。

現代社会は、人間社会のエネルギー循環の網を自身の支配下に置き、常に変更を加えている。そして、それは、すでに、日常生活が影響を受ける範囲だけに限定しても巨大で複雑な網を形成している。H.Simon の「限定合理性」による誤差が強く作用する環境に進んでいるといえる。人間社会は、エネルギー循環の網をより広い範囲で合理的で安定的なものに変えて行く努力をしているのであるが、その反作用として、「限定合理

性」が強く作用するのである。そして、その結果として、全体の場の動きも、その影響をうける。例えば、個人の満足度の総和の向上を担う民主主義という制度が、衆愚政治と呼ばれる状況を生み出してしまふ。

常に、社会は、形成されたエネルギー循環の上で、相互作用し、「ゆらぎ」続けながら進行して行く。

H.Simon の「限定合理性」の作用する状態には三つのレベルがある。それは、「表 2.1 Newell's Time Scale of Human Action」の SOCIAL BAND、RATIONAL BAND、COGNITIVE BAND に相当する状態である。SOCIAL BAND では、思考する十分な時間が許容されるが、主に獲得した言語知識情報の不足が原因となる「限定合理性」が強く働く。RATIONAL BAND では、比較的許容時間が短いために、事前の言語知識情報を十分に利用することができないことによる「限定合理性」が作用し、認識ミスが生じることがある。その結果、選択ミスが起こる。COGNITIVE BAND では、許容時間が数秒と短いために、問題空間が膨大で総ての可能性を考慮に入れることができないことがある。この場合は、近傍のみを考慮することから「限定合理性」が働く。

状況の判断は、判断を促すイベント情報と、その判断に使用される環境情報（暗黙知）の両者の融合によって行われる。しかし、要求された判断行為が必要とする情報量が、日常生活で体感する範囲を超える規模である時、必然的に、十分な暗黙知（事前取得情報）が得られていない状態が生じてしまう（「限定合理性」）。その結果、見えている（認識）情報の範囲で適当な解釈を行ってしまう。その僅かな誤差が、時間の経過とともに増大し、修復のきかないレベルになることがある。現実的な例として、選挙の問題がある。間違いの修正の機会は数年に一度しか与えられない。そのために、無為に問題による被害が増大する。その対策として、能動的な情報の取得を、常に広く意識的に習慣的に行うように心掛け、良い判断を行えるようにしておくことが重要である。日常生活の中では、与えられた情報に対し、勘と呼ばれる、個人のパターン統計に依存した非論理的な機能を働かせ、とりあえず、結論を導いてしまうことが多い。時間が許すのならば、適度に振り返り、結果を検証し、勘の

パターンの精度の向上を図り、自身での修復が可能ならちに対応することを心掛けるのが賢明である。

個人の体験的認知の限界を超えてしまった現代社会に対し、情報科学は「限定合理性」の問題に対処する方法の考案とシステムの構築を、大きな目標の一つであると認識し努力する必要がある。

3.7.2.2 心の不安定は外部の信頼対象を求める（自身の経験からだけでは解決不能）

社会が複雑化すると、個人が、日常的に接することがない多様な事象の変化の影響を受ける状況が多く発生する。その状況においては、関連する情報が直接に届かないという事態が生じる。その結果、本来の環境の変動の影響を、真の発生原因が他に投影され変移した情報として、間接的に本人が接する事象から受け取ることになり、脳の関数は問題の事象の正確な答えを導くことが出来なくなってしまう。この時、脳は、今までの経験的法則と比べ不自然さを感じ不安になる。このようなケースは、複雑さが進む現代では、増々、多くなる。これを解決する方法として、古来、人間の脳は便宜的対処をしてきた。日常の問題解決における最大の制約である時間制約のもとで判断・決定を求められた時、無意識に未知の部分を補完してくれることになった外部のシンボリック存在（信頼の対象）を見出した場合、それを有効な存在として仮想してしまう（処理能力不足）。その対象は、人、メディア、天気、神、おまじないをはじめ様々である。一度、良好な結果が得られたら、その仮想的存在に対し依存（信頼）関係が成立すると、日々、新しく発生する状況の対応で大忙しの脳は、その仮想的存在に関連した部分の思考を任せ、よほどの異常シグナルを感じない限り自身での思考を放棄してしまう。この技法は、生き物が分業型集団社会を営む上で役立っている。

脳の中での動きとしては、この仮想的存在は、環境から写し込んだ脳関数の処理系の中に実態の確認できていないオブジェクトの存在が浮かび上がった時に、偶然的に結びつけられた仮の認知シンボルといえる。

信頼の対象についての検証を日常的に行っていないと、悪い結果が生

じた後での対応ということになり、変化に遅れてついて行くことになる。信頼の対象についての検証を行い、真の理由を考える習慣を身に付けることで、速やかに、場を支配する正しい要因を見極めることが可能になる。如何に、情報科学はこれをサポートするかである。

3.7.2.3 集団的行為での新しい経路の選択のコスト

集団的行為の中で、今までとは異なる新しい方法を試みた場合に、期待した結果が得られないことが多く見られる。この主な理由の一つに、新しい経路（方法）が選択される条件についての認識不足が考えられる。本人が、相手にも利点があると考えた場合に、当然、直ぐに、相手も同様に考え賛同すると思い行動に移してしまう。しかし、個々の人間の脳の中の情報構造は互いに異なり、本人にその問題に関心がなければ、相手からの情報を受け取り検討することすらしない。新しい経路の選択にはコストが掛かり、そのコストに見合う利益が得られない限り、その経路は選択されない。このコストには、次の3つがある。

（１）認知コスト

- 相手に、問題の存在を知らしめ、それに対し、自分の提案が有効であるとの共通認知を確立するまでに必要な時間や労力

（２）経路の移行に掛かる実コスト

- 直接的移行コスト
- 他の関係者との間接的利害調整コスト

（３）信頼の確立コスト

- 変更後の新しい経路が安定した状態に移行し、利益の確保が確定するまで状態が維持されることによって相手の信頼を得るためのコスト

さらに、その問題の大きさに応じたりリスク係数（ $N \geq 1$ ）を乗じたものとなる。

集団での意思決定は、相対的であり、相互認知には比較的高いコスト

が必要とされることに注意する必要がある。

3.7.2.4 行動のパターン制約

人間は、長い時間を掛けて、脳の中で言語を用いてパターンマッチングを行う方法を発展させ、パターンの体系化とそれを用いて論理的な思考を行う手法を習得した。そして、そのことにより、大いなる発展を遂げた。そのために、言語による論理的な思考を、日常行動の判断において、十分に活用していると思い込むようになった。しかし、実際には、論理思考はとても長い時間が掛かるので、動的な行動空間で許されるとも短い判断許容時間の中で、論理思考を有効に働かせることのできる機会に限られる。脳の様々な測定結果から、人間の日常的な行動は、経験パターンに基づく条件反射的な要素が強いことが明らかにされている。したがって、この時間幅では論理思考は有効に働かない。しかし、現代社会では、論理思考の一部が経験パターン化して脳に取り込まれてしまったことで（教育）、本質が隠れてしまったのである。そのことで、ほとんど破綻が生じないのは、そのパターン化した行動判断が、理論的に考えられる可能性より非常に狭いエネルギー循環の安定的再現が保証された行動帯域に収まっているからである。その狭い行動帯域では、その人間の属する集団での、過去の統計的な良好な結果（パターン）に基づき、大方の人間が同様の行動を行う。しかし、状況が大きな変化を遂げる時や、様式の異なる他の集団へ参加した場合等には、対応適正を失い、良い結果をもたらさないことになる。

人間が構成する社会は、それほど論理的でもなく、かなり曖昧な関係構造である。また、経験的な常識に支配されている慣性的な場でもあることを理解しておくことが重要である。

脳に取り込まれる情報について考えると、それは大きく二種類に分けられる。一つは、具体的目的を持った意識的情報交換によって得られた情報である。もう一つは、行動の中で自然に得られた状況認識情報である。環境の変化を無意識に取り込む。これが、脳の保持する情報量の多くを占め、暗黙知を形成する重要な役割を担う。この両者の情報が連鎖

しながら、日常生活の行動が生み出されて行く。その間で、ほとんどの論理思考は、経路選択の判断と行動の結果の追認を目的として行われる。暗黙知の支配を離れて、論理思考で行動を決定するのに足る情報を収集し、論理を組み立てる作業は、非常に労力のいる作業である。それ故に、多くは、暗黙知に支配された行動パターンを取ることになる。

社会の複雑化が進む中で、これから、増々、暗黙知の質の向上が求められ、有効な情報の伝達の効率化と補助的な側面からの知識処理の質の向上を手助けすることが、社会をバランスのとれた状態に保つために、情報科学に求められている役割である。

3.7.2.5 時間制約からの開放

意思決定時に検討の対象に含まれる情報は、その行為の意思決定の許容時間の制約を受けることになる。このことについては、「表 2.1 Newell's Time Scale of Human Action」を参照してもらいたい。

この制約から逃れる方法は、ただ一つ、問題が発生する前に、問題の発生を予測し、十分に解決策を検討しておく方法しかない。しかし、社会構造が複雑化し、日常体験を通じて得られる情報の範囲では問題の発生を予測することが困難な状況になっている。このような状況を改善したいと考えたときには、相当に勉強をすることが必要である。その結果、個人の生活環境の影響が強まり社会の不平等性が高まることとなる。それを避けるためには、情報の整備を行い、豊富な情報に容易に手が届くようにすることと、自身の視野を広げる努力をする習慣が多くの人々に日常的な行為として身に付くことが重要だろう。

もう一つの、時間制約が引き起こす重要な問題点は、脳システムが示す特性に関連して生じる。脳システムは、神経細胞とシナプスが経験の順（情報の取り込み）に認知したパターン処理の枠組みを形成し連鎖拡張して行くハードワイヤードなシステムであるために、強い時間制約下では情報検索範囲が限定され、その結合の順番（認知ボックスの連鎖）が推論結果に影響を与えてしまう。脳システムのこのような特性により、環境が変化をし、従来の習慣化された行動の再検討を要する状況におい

て、問題が生じる。これは日常的に起こる問題である。与えられた目的を適切に表現する（認知ボックス）ことから始めて、許される時間の範囲で適切なズームインをして行く認知ボックス連鎖の系列として形成された思考回路と、偶然に生じた体験を表現する時空間サイズがばらついた認知ボックスの連鎖の順番で形成された思考回路が、たまたま同じ問題で同様な結果を得ることができている場合がある。このような場合に、問題の状況変化が起き対応する時間が限られている時、後者の順番の推論では、重要な点を見過ごしたり、推論結果の精度に前者と大きな差が生じたりすることが起きる。後者が、この問題を修正するためには、新しい十分なシナプス回路が形成される（新しい認知ボックスの連鎖）まで大変な訓練を行う必要がある。できるだけ人間の認知行動の流れを考慮した、合理的な経験手順（良い教育）を身に付けることが望まれる。

3.7.2.6 時間の有効的利用（脳は休まない）

脳は、大変な働き者の器官である。人間が覚醒している間だけでなく、意識が休憩状態でも、無意識部分は情報を取り込み整理し、状況を監視している。また、常に本能的に、少しでもより高い経済的欲求、あるいは、より豊かな個人的欲求の充足を求め、自身の機能が活用されることを求めている。原始の人間は、多くの仕事を一人でこなし、危険度も遥かに高い状態にあり、体感するパターンが豊富なことから、一般的には、脳の活性化レベルは現代人より遥かに高い水準が維持されていたと考えられる。現代社会は全体としては非常に複雑化しているが、反対に個々の人の多くの仕事は単純化され、経済的欲求と個人的欲求の充足も安定した状態にある。人の関心の多くは、さらなる安定化の方向にある。このような状況下では、脳は、余力を持て余した状態に陥る。しかも、さらに、より高い経済的欲求と個人的欲求の充足を求める行動を意識に促すのであるが、社会構造が複雑になり過ぎ、自身の「限定合理性」では、有効な手段が見出せなくなっている。脳は働き者で、退屈な状態（仕事がない）には絶えられない。そのため、何かの切っ掛けにより、経済的欲求と個人的欲求のいずれかの充足の目的に少しでも繋がる作業

を与えられれば、実質的にはほとんど無為な行為であるとしても、その作業をすることを脳は喜んで選択してしまう。現代社会は、脳の適切な活用の方法の指針を提示して行く義務がある。

3.7.2.7 習慣と伝統の錯覚

人間は、自身の本質的な思考に基づく方針により、多くの部分を、暗黙知が形成する習慣に拘束されて行動している。これは、生命のエピジェネティックな情報継承構造から見れば、当然のことである。しかし、人間が作り出した習慣とか伝統と言うものの合理性については、絶えず検証することが賢明である。多くの習慣・伝統を調べると、非常に古くからあると受け止められていたものが、意外と新しいものであることが多い。三世代過ぎると本物との考えがあるが、まさに、一世代を完全に超えて継続されれば、脳は、その情報を初期値として取り込んでしまう。継承された理由は様々で、単なる偶然によるものも意外に多い。環境条件が変われば、意味のないものも多い。

現代のように社会構造が複雑化すると、同じ環境の変化であっても、個々の人間の「限定合理性」のもとでの推論の結果は異なり、対応して行くべき方向が大きく拡散してしまい、自動調節機能が働かない状態が生まれる可能性がある。できるだけ多くの情報が、正確に、直ぐに手の届く状態に置かれることが、これからの社会を良い方向に向かわせるための必要条件であろう。

これからの社会が、情報技術の普及に伴い、さらに、エネルギー循環の輪を大きく複雑なもの（グローバル化）にして行くことは確実である。すでに、現状において、人間の認知能力不足を原因とした「限定合理性」による弊害が散見されるのであるから、真剣にその対応策を考えるべきである。幸いなことに、近年の情報科学（認知科学）における脳の研究が進み、その仕組みを解き明かすことが現実のものになりつつあり、それと同時に、複雑系の科学の進展により人間を取り巻く環境の成り立ちも徐々に解き明かされてきている。今、この両者の成果により、問題の本質への手掛かりをつかむ所に近づきつつあることを実感する。そして

今後、増々、情報科学（認知科学）は、研究への努力を払い、さらなる解明に努めるとともに、適切な教育、社会システムを実現するための対応方法を確立することが求められている。

3.7.3 認知の三層（ORGANIZATION (GOVERNMENT AND ENTERPRISE)）での問題点

人のネットワークの場である社会は、定常状態に収束することではなく、常に波を打つように変動しながら進化して行く。その原因は、個々の人間が自律システムとして他から存在意義を認められた独自のポジションを確保する必要がある、そのために社会にはある帯域の複雑さの維持とその適切な代謝が要求されることにある。社会が安定な状態を継続するためには適度の成長の持続（安定した変化）が効果的である。しかし、それは長い目で見れば外部環境との調和を保つ上で困難なことであり、いずれ、その安定化の条件が破綻し、その状態を変えようとする新たな動きを生み出すことになる。また、それとは別に、常に、地球規模の環境の変動も変化の圧力として存在している。

社会全体のシステムについて考えてみよう。現代の先進諸国の社会では、社会システムは、長年に渡る論理的研究と努力の成果として、簡単には崩壊することは考えられない合理的で強固な経済構造が構築されている。しかし、その安定した状態においても、生命体の宿命として、人間は社会システムの更なる効率化を目指し続け、社会システムの巨大化を進め、その維持のために、機能組織の細分化をさらに押し進める。そして、それは、社会システムの複雑さを増大することになる。皮肉なことに、この複雑さのレベルが、ある水準を超えると、社会システムの構成者である人間の限定合理性が生み出す行動誤差が急増し、安定と効率化の障壁となり始める。このことに対処するための改革として、社会システムの複雑さを減らす努力や情報の透過性を高める努力を、システムの標準化や教育等の手法を用いて試みることになる。このようなことが順番に繰り返されるが、やがて、システムとしてバランスを維持可能な複雑さのレベルを超え、破綻するか、相転移（非線形）を起こし、新た

な秩序の形成に向かう動きをすることになる。

個人と社会の両者は、複雑に関連しながら、全体が「ゆらぎ」続けて進む存在なのである。

今まで人間が解明してきた様々な原理や法則は、科学・社会の分野に関わらず、ベルギーの科学者 Ilya Prigogine が証明したように、宇宙が複雑化して行く非線形的階層化進化過程における各層内の秩序として出現した規則性を持った現象パターンの一つであり、人間が、それらを、線形な性質を示す範囲で体系的に定義してきたものである。それらは、特定した時空間に大きさを限定し、その中で、指定された観察軸で、決められた範囲のセンサー感度により観測を行うと現れるパターンである。総ては、観察者に相対的な存在であると言える。

人間の社会構造も、同様な仕組みのもとで、複雑化と秩序階層化の過程を経て、現在に至っている。この秩序化の、主な役割を担ってきたのが認知の三層の言語思考の力である。ここでは、この秩序の持つ問題点について考察したい。

3.7.3.1 場を構成する集団の構造と性質

人間は、集団を形成して生活を営む。他の生命体にも、同様に集団生活をするものは沢山存在する。集団を形成することにより、種の保存の目的において優位性が確保できるからである。その仕組みは集団により異なっている。集団の一員は、その仕組みを機能させるのに必要な役割のいずれかを担っている。人間が、他のものと比較し、明らかに相違する存在であるのは、他が、長い時を経て形成した比較的固定的な単純な機能集団構造を持っているのに比べ、人間の集団は、複雑な多機能多目的な多次元的構造を持ち、さらに、それを、常に、環境に適応させ、自ら変更して行く柔軟さを持っていることである。すなわち、複雑な行動経路選択を行う能力が高いと言える。それが可能なのは、人間は高度な知能に支えられ、自律的環境適応性が他に比べ非常に高いからである。

現代社会では、人間が形成する場の形態は、基本的に三つある。これは、歴史的に進化する過程で形成されたものである。明確な組織構造を

持たない共同生活体にはじまり、生産性が向上し知識が発展すると、それは、共有資産の管理を含む組織的共同体に発展した。さらに、日常的な生活の糧を得る手段を始めとして、明確な目的を恒常的に遂行するものによる機能的階層分離が起き、新しい全体的な組織管理秩序形態に至る。この三つを、簡単に表現すると、コミュニティ、共益組織、経済活動組織と呼べるであろう。人間は、この三つの形態を社会の中に共存させ、それらを目的別に使い分ける。一人の人間を介して、この異なる構造の場が、多次元的に交差する。その状況下で、場は相互の影響が循環的に生じ変動しながら発展する。

現代は、人類歴史上、全く新しい状況に向かって進んでいると自覚して行動すべき時期に来ている。経済活動組織は巨大化し、複数の共益組織を跨いで活動を行い、共益組織間の交流も増え調整の必要が増大している。これへの対処を、従来の生命体の仕組みである経験の反映による適合メカニズムのみに委ねることは危険になっている。それは、社会システムが、非常に複雑になり、人間の限定合理性との間のギャップを埋めることのできないレベルに到達してしまっていることにある。このことを放置すると、三つのバランスが崩れ予期せぬ事態を招くことになる。

3.7.3.2 環境制約の限界

現代の人間が築き上げたエネルギー循環システムのネットワークは、非常に複雑で巨大なものとなっている。当初は、地球環境の自然な維持能力の許容範囲内であったものが、現在では、石油化合物の大量消費を契機に、地球環境への影響を観測することができる状況にまで至っている。また、それらの生態系への反映も確実に現れ出している。すでに、現代社会は、このエネルギー循環システムの流れの方向を変えるには、無意識的な人間の経験認知に頼っていては不可能な状況に到達している。早急に、現状に対応する手段を構築する必要がある。それは、脳の意味決定メカニズムの特性を考慮して、場に対して社会が意識的に情報を伝達し日常的に働きかける等、脳が状況を正確に見極めた良い判断を行え

るように、適切な情報環境を作り出すことに他ならない。

3.7.3.3 不完全な推論を行う人間（限定合理性）で構成された場の特性

社会を巧く築いて行くのに重要な役割を持つ、人間のネットワークの場について考察をしてみたい。場は、個々の人間をノードとし、その個人が関係する情報循環をリンクとして形成される多次元網として存在する。それは、多様な情報属性ごとにノードが連鎖し、ネットワークが複雑に交差する構造になっている。この場の特徴は、個々のノードが限られた処理能力しか持たず、過去のデータに依存する動きをすることである。そのため、特徴のある幾つかの性質を現すことになる。この系の複雑さは、本質的に相違する関連メカニズムの組み合わせの多さによる複雑さではなく、同一メカニズム上のバリエーションが非常に多いことからくる複雑さである。バリエーションは、個人の過去の経験、居る場所、時間の違いが反映することで生まれる。

以下に、この系の基本的な特徴的性質について述べる。

3.7.3.3.1 処理効率を維持するためには適切な規模を維持する

これまでの説明の中で、何度も触れているが、人間の情報伝達の過程は、限定合理性が連鎖することによる誤差の増幅を伴いながらの伝搬という特性をもっている。それと同時に、言葉の使用時に曖昧な省略と抽象化（まとめ）が多く用いられることの影響も受ける。これらのことから、正確に有効情報の伝達が行われる範囲は、かなり限られてしまうことは推測がつくであろう。一般的に、公知の共通な知識を基盤とした情報交換は、会話者に固有な情報の交換よりも伝達効率面で情報共有（暗黙知）のサポート効果があると考えられる。しかし、社会が変動し続けている以上、常識として認識している内容（暗黙知）も、状況に応じて適切に検証を行うことが必要である。

どのようなシステムであっても、その中での情報交換に介在する人間の数が増大すると、全体情報に対する共通認知情報の共有率が相対的に低下する。これが進展すると、新しい情報に対しての伝達誤差が増幅し

効率を維持する上での許容範囲を超える状況が起こりうる。このことは、環境が変化し、新しい情報の伝達が重要となる状況においては、既存のシステムが追求してきた規模の効果が、逆に、変革のスピードに対しての阻害要因として働きはじめることを教えてくれる。変化への適応力を持つためには、速やか、かつ、正確な情報伝達が可能となるように、個々の機能集団の調整が簡単に行えることが必要であり、それを達成するためには、集団の適正規模をあらかじめ見極めておくことが不可欠である。また、より大きな規模の組織における安定性を維持するためには、全員が全体的な情報の共有をできるように、日常的に、自身の情報の発信に努めるとともに、相互の情報を参照・確認が行えるコミュニケーション手段を確立し、情報の透過性の確保と認知率の向上を心掛ける必要がある。

3.7.3.3.2 日常化と情報品質の維持

組織が巨大化すると、組織構成員の多くは、組織機能の一部分の機能の専任の担当者として従事する。また、一般的に規模が大きくなる程、人の処理能力の限界に応じた業務分散化が進み、人の配置は、管理効率の向上を実現するために、ピラミッド構造に近づいていく。人間の脳の中では、経験に対し意識がつける優先順位が、常に、時間の近さ、頻度、重要度の組み合わせで重み付けされ変動している。当然、現在の仕事を中心に、経験頻度が高い比較的近い事象に対して、高い順位が与えられる。さらに、その後、そのような同一環境が長期に渡り継続し、一連の作業・動作で、情報パターンに変化が生じない状況が続くと、徐々にその作業は無意識的になり、脳は新しい仕事を探し、その業務とは関係のない、新たな興味のある別な刺激に関心を移してしまう。その結果、安定した巨大な組織の中では、機能間の情報連鎖の伝達行為に人間が払う意識の状態は必要最小限のレベルに近づいて行く。人間の脳が許容された時間内で使用する情報は、意識下の重みの順で上位の限られた範囲に限定される。この情報劣化傾向を防ぐためには、関連した情報への定期的な働きかけが重要な意味を持つ。情報環境の質を高めるためには、伝

達情報量と共に、情報の与え方も重要な意味を持つことになる。

3.7.3.3.3 組織効率の維持には、構成員の個人のモチベーションを高めることが有効

組織効率のうち、量的効率の確保については、作業の標準化等である程度の確保をすることが可能である。しかし、質の維持は、その作業に従事する人間のモチベーションに影響されることが避けられない。変化に対応する力は、個人の脳の中の情報対応力に依存するからである。脳は働き者で、常に、ベストを尽くすが、その作業対象は、刺激の変化の多い方向に引っ張られる傾向を持つ。それを是正し、一定に保つには、意識的に脳にそれを抑制する必要がある。その維持に貢献するのが、個人のモチベーションである。モチベーションを高めるためには、個人の参加意識、即ち、その作業が自身に役立っていることが自覚できるようにするのが重要である。目的が明確で、役割が認識でき、結果の自己への反映が理解し易いことが求められる。

3.7.3.3.4 社会形態の変移で可能性のある経路は多様に存在する

現在の社会環境は、現在に至るまでに遭遇した数多くの判断が必要とされた場面において、合理的な推論に基づき決定してきた結果の積み重ねにより築かれたものである。しかし、後から振り返れば、各々の局面で、色々な反省点が思い浮かぶことになる。そこでの判断が変わっていれば、別の結果がある。社会のあり方は、実際に、可能性としては多様に存在しているのである。

予測外れの原因は、実際に事象が受ける影響範囲としての時空間エリアと、個人の認識している時空間エリアとの違い、あるいは、他人の脳の中の優先順位が自分とは異なっていることから、期待の行動が実行されない等である。社会の場は、継続的な場である。想定する未来の期間の設定の仕方により、多様な結果が生まれることになる。この期間の設定にとって、何を最も重要視して予測を立てるかを明確に認識することが、結果に納得するためには必要である。今の状態は、特別に合理的な

選択が行われた結果ではなく、それなりの多様な解の可能性の一つではないことを理解しておくことが重要である。

3.7.3.3.5 安定状態にある社会システムの機能ごとの組織のライフサイクルには違いがある

ある明確な目的のために作られた組織（目的遂行型組織）は、成長過程での調整を経て、安定した合理性を持った機能構造体へと発展していく。その後、この安定期が長期化すると、各々の機能は、他の機能との調整に費やしていたエネルギーを減少させることが可能になり、その分を、自らの機能組織のために、環境の変動要因を吸収することを含め、自己目的の達成を中心に置いた活動に注ぎ込むようになる。その流れの中で、各々の機能が改良されることにより効率の変化が生じるが、機能ごとに変化の内容や速度は異なる。また、各々が外部の関連機能との調整に必要とする時間も異なる。これらのことから、時間の経過とともに、システム全体の内部の組織バランスの変調が起き始める。システム全体として、この各機能単位ごとのライフサイクルの違いから生じた変調に対し、どのようなタイミングでどのような形態で対応するかが、組織の全体の効率を考える上で重要な要件となる。システム全体の目的を再考し、機能ライフサイクルを考慮した適度な戦略的再構造化を行う必要がある。

3.7.3.3.6 大きな社会組織の変化への適応性を高める機能の標準化と独立性の効用

人間の曖昧な脳の処理装置では、情報伝達能力に大きな問題があることが明白である。人間を含む環境で、組織全体を機能的に働かせるためには、全体を構成する各々の機能組織の間で安定した情報交換が行える関係を確保することが有効である。その方法として、それぞれの機能が高い独立性を保ち標準化された構成をしていることが有効である。これにより、相互の認知が容易になる。また、その構造化の体系としては、情報の時系列的流れを考慮して抽象化した機能構造に整理して考えるこ

とが有効である。

3.7.3.3.7 大規模なネットワーク社会のリスク管理

大規模にネットワーク化された社会では、誤謬情報による問題が発生した場合、その問題が影響を与える時空間の規模が広く、情報の伝搬スピードも速い。その上、体験的認知機能が働かないので被害の規模は大きくなり易い。また、解決に必要な情報量は膨大であり、情報収集と分析に時間が掛かり原因の究明が困難になる。逆に、その問題の対応策の伝搬スピードは認知力の個人差が影響し遅れが生じることが多く、そのために、損害がさらに増大する。ネットワーク化を進める上で、このことへの対処法は早い段階で見出して置かねばならない。

3.7.3.3.8 社会的空間の特性を支配する要因に関わる正規性

これまで、観測される総ての法則は、限定した時空間に固有な事象のパターンであると話をしてきた。情報科学の中で、何らかの分析・処理を行うには、収集したデータが重要な役割を果たす。データに持たせる意味とそれらの役割を判断し、データを構造化する基準となる正規軸を見だし収集すべきデータを決定する。その基軸（次元）は、各々が相互に独立な関係にあることが要求され、それを、正規関係にあると言う。

対象が自然科学の問題のような物理的空間の事象では、一般的に人間が関係する時空間（4次元）の範囲では事象の変位が線形的に観測されることから、対象とする自然界の全てに共通する次元要素を選定し、現象に対し普遍的な次元構造を設定することが、大方の場合に可能である。

しかし、社会的空間は、限定合理性の影響の下で判断を行う人間により構成される場であるために、安定が局所的に限定された処理系である。また、その処理系の特徴は、系を構成する要素の関係が大変に複雑な上に、その影響は脳の限られた処理能力の影響による歪みにより非線形的な動きを示すことである。だが、場が安定して動いている間は、問題の局所化された範囲では、多くの場合、脳の処理能力内の要素数に限定されたものが主に機能し、その限定された次元のみの影響下にあると割り

切ることができる。その主に影響を与える要素の中で独立した関係構造を想定し適当に計算した予測結果は、それほど現実とのズレを生じない。これは、脳の切り捨て効果で、その他の種々の影響効果を相殺させてしまうからである。社会に影響を与える要因は多様で複雑であるが、局所的な現象を支配する要因は、多くの場合、比較的限られている。社会的現象の問題を扱う時のデータは、近似モデルであると割り切り、有効時間を明確に理解した上で用いることが重要である。この現象を、どのように体系理論化するかの方法を確立する必要がある。

3.7.3.3.9 認知シンボルの重要性

これまで、何度も説明したように、人の脳の処理能力は限定的であり、人は、個々の過去の経験に依存して固有な行動をする。この巨大な社会システム環境下で、人々が暗黙知を同時に共有し問題に対処することを期待することには無理がある。古では、神を共通の認知シンボルとして行動の統一が図られてきた。現代も同様に、効果的な認知シンボルを設けることで、速やかな共通認識を持たせることは可能である。

どのようにすれば、多くの人に共通の認知シンボルを創出することが出来るのか、その信頼性をどのように担保するのか等について研究する必要がある。

3.8 まとめ（脳の世界を COMPUTABLE（演算可能）にするための方法：求められる他の研究分野との協力）

脳の中の世界は個人ごとに異なり、その状態も日々刻々と変化を続ける。その完全なモデルを作ることは不可能といって良い。ただし、繰り返し述べてきたように、人間は環境に多くの面で制約され、行動の自由度は以前思われていた程には高くない。また、日常生活も、個人の心情には踏み込まず生活のための行動に範囲を限定すれば、日常使用される言葉の語彙数から類推するに、それ程バラエティに富んだものになっているわけではない。これらのことを考えると、実用に供することが可能

な程度の精度のモデルは構築可能であると考えられる。

そのためには、次の問題に取り組むことが必要になる。

- 個人の経験に関する情報を、目的によりどのようにどの程度まで収集するかを見極めること
- 認知の深いレベルにおいて過去の経験は何が重要視され、どのように現在に反映されるかということについて、その仕組みを見出すこと
- 人間の生活環境を GIS(Geographic Information Systems) 上に構築する研究
- 表 2.1 (Newell's Time Scale of Human Action) のような、人間の大きさ、動作速度、動作範囲等の視点を導入した行動目的種別の動作時間スケールの研究
- 言葉の属性を多次元数値化して言語のシソーラスを詳細な網として処理する研究

これらが解決されれば、かなり、自律度の高いモデルが描けることになるであろう。そのために、今後も情報科学では多様なデータの測定が行われることになると考えられるが、それと同時に、他の研究分野の成果に注意を払うことも重要である。医学、生命科学、脳生理学、動物行動学、複雑系の科学、社会学等に有用な情報は沢山存在する。特に、近年の心理学の成果は有効であるとする。

情報科学と心理学とを比べてみると、両者とも同じ人間の心理を扱うのではあるが、大きな相違がある。人間の心の働き（行動理由）については、古くから哲学として語られてきたが、1870年代に、W.Wundt が意識を構成する要素の分析を行った「構成心理学」が大きな影響を与え、改めて、心理学として科学的学問に体系化され発展する道を進んできたとされる。それ以後、ゲシュタルト心理学、行動心理学、精神分析学等の多くの説が展開され多様な発展をしてきている。その多様な心理関連研究分野は、それぞれの研究対象への取り組み方で、視点の中心を何処に

置くかで大きく三つの流れに分けて捉えることができる。

一つは、一般的に心理学と総称される S.Freud や C.Jung が切り開いた精神分析学から発展した臨床心理学を核とし、発達心理学、社会心理学等を含むもので、心の動きを一つの独立した存在として現象面から解析しようと試みる流れである。

一つは、医学と結びつき、心の動きを脳の生体器官の働きの結果として捉え、脳を生体的な仕組みとして徹底的に解析をしようと試みる脳生理学、脳神経科学と呼ばれる流れである。近年まで、この分野はなかなか研究が進まなかったが、ようやく、最近の MRI 等の医療計測機器の発達により急速に成果を生み始めている。

もう一つは、心の動きを機能的構造と働きに注目して解析を試みる認知科学の流れである。この源流は、行動心理学の考え方を発展させた動的心理学にあるとされる。動的心理学では、心の動きを S（刺激）→ O（生体）→ R（反応）の関係で捉えることで、その O（心の動き）が生活体の目的、認知、思考、判断等の機能を果たすと考え解明を試みる。認知科学は、情報科学の H.Simon、A.Newell が中心になり、動的心理学の考え方を情報科学の知識処理システムでの経験を基に新たに捉え直して情報科学的視点で体系化をして公表したのにはじまる。その後、その影響を受けた心理学者 U.Neisser が心の動きを情報処理モデルの形態で取り込み認知心理学として展開した。これにより、共通した認知の名称が付けられた。しかし、認知心理学は、認知科学のハードウェア（神経細胞）を含めた科学的証明を目指す姿勢とは異なり、心理学が認知科学の方法を心理分析に取り入れて、多方面に応用し研究領域を広げたもので、やはり、心理学の範疇に入ると考えるのが妥当であろう。

現在の情報科学（認知科学）の研究目的は、個人の心の働きと言うよりも、人間と言うシステムの理解にある。全体として、心理学と認知科学を比較すると、欲求と深層の関係、遺伝で引き継がれる情報（初期値）、環境と個人との関係、環境情報の写像（写し込み）、意識と無意識の関係の捕らえ方等、大きな枠組みでは、共通点も多くあるが、まだ、かなり大きな開きがあると言えよう。

心理学では、人間の心理行動を、個々の人間の心の動きに焦点をあて、人生の過去にさかのぼりその因果関係を含め詳細に分析整理し、深層心理（抽象概念関係構造）を形成する基本的要因を探り出し、その作用に注目して体系化することを試みている。

一方、情報科学では、一般的な社会現象の中から、環境条件が明確で、事象に規則性を観測することができ、分析により因果関係を推論することが可能と思われる事象を選び、それに当て嵌まる合理性を基本にした定量的で明確なモデルを考え、そのシミュレーションの結果から適合性を評価する。それらの結果から、徐々に仕組みを複雑なモデルへと発展させ、全体像を捉えることを目指している。

研究へのアプローチ方法としては、心理学は、個人の特異性に関心を示し、情報科学は、社会としての一般性に関心を示す傾向がある。

現段階では、情報科学の内部メカニズム的解析が成果を上げるには、長い歴史の心理学の研究成果から種々の研究事例を学び、脳関数の仮想モデルを考えることが有効な手段の一つであろう。神経学者の Antonio R.Damasio の情動と感情にわけて心の動きを捉える考え方とても有効な方法であると思われる。（【参考文献 2 7】を参照）

近年、それぞれの研究分野の相互理解が進んできている。これは歓迎すべきことである。例えば、心理学の中に、生命進化学や認知科学の成果を取り入れ、人間の心の体系化を目指す生態心理学と言う考え方が生まれてきている（この詳細は【参考文献 2】を参照して頂きたい）。すでに、精神療法の中に、精神的病を脳の組織障害が原因として捉え直すことで対処する医療技術（薬品）も開発されてきているし、システム論的な対処療法も取り入れられてきている。全体的な学問体系で見れば、心理学、情報科学、脳生理学は、三極構造をしており、そこに共通領域を持つような形をしている。できるだけ早く、共通領域が大きく広がることが望まれる。

これまでに、今の段階で情報科学が考える、脳の構造についての説明をしてきたが、この程度の理解の詳細さのレベルでは、残念ながら、目的を持った行動においてなされる選択の大雑把な傾向を予測する範囲が

限界である。しかし、その範囲でも、人間の行動の特性として活用すればそれなりに有効と考えられる人間の行動領域は思い浮かべることができる。「表 3.1 Desmond Morris の幸福感を生む 17 の行為とその行為を司る認知階層」は、その有効領域を見極めるためのアイデアを提供してくれると考える。この研究は、既知の問題の解決ということではなく、内在する、あるいは、これから生み出されるかもしれない問題を予測し、我々の、今後の生活環境のあるべき姿を見出す手助けをすることに非常に強力な視点を提供することになるであろう。

補 A
情報科学の今後の課題

A.1 はじめに

1984年に、私は、その年に出版された「ロボティクス」(James S. Albus 著) (【参考文献 15】)を読み、その当時、日本で一般的に進められていたソフトウェアの研究・開発について、私が抱いていた多くの疑問に対しての答えと呼ぶべき、これからの情報科学が目指す次の新たな指針を見いだした。その本は、多くの示唆に富んだアイディアに溢れていたのであるが、特に印象深かったのは、情報理論の偉大な先駆者である A. M. Turing の言葉 (【参考文献 1】) を引用して語られた一節であった。

Turing の言葉の大意は、次のようなものである。当時、情報科学を始めるにあたり、情報理論としてのアプローチには2つの方法がある。一つは、数学的で論理的な理論を積み上げて行くアプローチであり、もう一つは、目の前の現実的な問題を経験的に解き明かして行くアプローチである。後者も重要であるが、まずは、前者の手法の確立を目指して進んで見ようというようなことが述べられている。1980年代までの情報理論の主流をなす研究と開発の大きな展開は、まさに、1950年代に示されたこの前者の研究アプローチの流れの上の発展であった。しかし、その間にも、後者のアプローチは、一部の先駆者達により人工知能研究等の一部として研究が進められ、徐々にではあるが実績を積み上げ、可能性を切り開いていた。80年代当時、私も、今の方法論だけでは、目の前の理屈で割り切れない矛盾に溢れた人間社会の動きを解き明かすのは不可能と痛切に感じていた。すでに、Albus が指摘したように、前者の方法での探求の限界が見え、問題点が明らかになってきていたからである。そして、Albus の、「さあ、これからは、もう一つのアプローチを試みようではないか」との言葉に、まさに、私は、共鳴したのである。

これは、決して、今までの方法論の有効性の否定ではない。何故ならば、同じ問題の取り扱いに対して、対象問題毎の複雑さと時空間のスケールによって、現れる事象の性質が変化し、適合する方法論を変更する必要が生じるということをいっているととらえられるからである。また、最初の理論的アプローチの成果がなくては、後者は、実現することが難し

い方法論であった。しかも、本格的に展開するには、脳生理学、遺伝子工学、複雑系の科学等の研究成果が上がってくることを必要としていた。ようやく、そこまで、情報科学が扱える問題の対象が高度化してきたのである。

そして、それから 20 年近くが経ち、両方法論が共存成長する環境が整い、研究のフォーカスが大きく後者に向かうようになってきている。

ここでは、最初に、情報科学が専門でない人々にも、基礎知識として現在の情報技術と情報環境の状況を理解して頂くために、情報技術のアーキテクチャー的な面から、現在の情報環境を説明し、その後で、今後の研究に、ここまで述べてきた人間の知識処理メカニズムの研究成果をどのように反映させていくかについて述べたい。

A.2 現代情報技術の枠組み

現在まで、実用で主に使用されてきた情報技術は、アーキテクチャー的に何段階かの大きな変更を加えながら発展進化してきている。それは、ハードウェア技術とソフトウェア技術の両面での、絶えざる進歩により生み出されてきた。その目的とする所を、アーキテクチャーの面から見ると、複雑さへの対応能力の強化といって良いであろう。それ故に、現代の情報技術環境は、古い（単純）ものも、使用領域（複雑さのレベル）を限定すれば、十分にコストパフォーマンス面で実用的であることから、主役の座をより新しいもの（複雑な構造）へ引き継ぎながら、多様な形態が共存して行くような状況にある。

そこで、まず、ここでは、発展の過程を顧みながら、最後に、今後、数十年に渡り使用する可能性のある、最新の情報技術の枠組みの概要について述べてみたい。

当初から、行動の科学としての情報科学は、明確に実用的使用を意識して研究が進められてきた。このことは、他の科学分野とは全く異なるアプローチ方法である。その方法は、単なる探求ではなく、対象問題を解き明かし、それを、情報技術を用い情報空間（コンピュータ）上に再

構築し、検証するまでを目的にする。そして、その結果を実用に供する。今まで、一般的に、技術の成果は、人間社会へ、直接、物の形に具体化して提供することが普通であった。しかし、情報技術は、人間の活動の部分的作業を代行する手段（知識処理）として、人間社会に、並行的に織り込まれるような形態で使用される（写像空間）。情報技術では、最初に、その骨組みとしての構造の創造作業が行われ、一度、構造が確定すると、それ以後、その上に、目的の作業を再現する手法として、合理的なメカニズムの構築にエネルギーが注がれる。

情報技術の基礎構造の枠組みは、簡単に述べると、情報技術の概説書に見られるように、ハードウェア、基本ソフトウェア（OS、言語）、問題解決プログラム（アプリケーション）の3層構造として捉えられる。その中で、ハードウェアは、演算装置、記憶装置、そして、入出力を含む通信装置の組み合わせられたものとして、様々な装置との組み合わせのバリエーションを形成しながら発展を続けている。そして、アプリケーションは問題解決のプログラムそのもので、日々、適応対象を広げながら発展を遂げて成長している。この両者を結びつけ、アプリケーションのプログラム構造を規定する（アーキテクチャー）のが基本ソフトウェアである。また、基本ソフトウェアは、アプリケーションが受けるハードウェアからの制約を極力排除するための役割と、アプリケーションを作成する人々に要求される特別な情報技術の知識の習得に要する負荷からの可能な限りの解放を実現させるための役割を担う。それらは、それぞれ別の役割を持つ二つの機能として提供される。一つは、より自然言語に近い人間に取って使い易い情報処理記述言語と、その中の処理で使用する論理演算および数値処理の関数群の提供である。それらの役割は、アプリケーションで使用する演算処理を、ハードウェアが備えている簡単な演算機能で構成する処理群に変換する機能と、種々のハードウェア資源の有効利用の無意識化等である。そして、もう一つは、処理の効率化のための構造的プロセス記述方式とその実行機能関数の提供である。例えば、一つのアプリケーション処理に必要な機能プロセス群が、複雑なプロセス同期を伴う処理を実行時に要求する等の場合に必要となる、

一連の連鎖的機能プロセス処理網を統一的に記述するための標準化された合理的プロセス処理体系の記述メソッドを提供する。

初期情報技術の歴史は、ハードウェアと、ソフトウェアのこの2者が、相互に関連しながら発展してきた歴史と考えても良いであろう。

A.2.1 処理の構造の複雑さへの対応を可能にする OS の仕組み

アプリケーション問題の解法を行う際に用いる技法を決める上で重要な意味を持つのが、アプリケーションの構造の複雑さに対してどの程度のサポートが基礎的ソフトウェアにより提供されるかである。そこで、次に、一般的に OS 機能と呼ばれるソフトウェアの仕組みについて話をする。現在、OS が商品として製造元から提供される場合には、様々なライブラリーや商品目的に応じた固有なインタフェースと供にパッケージ化して提供されている。商品全体の総称として OS が使用されるが、本来は、実質的にプログラム構造と動作環境を規定する機能群の範囲までを示す言葉である、大きくは、以下の四つの機能を実現するものの総称である。

詳細に知りたい方は、【参考文献 8】を読まれるのが良いと思う。

- プロセスの実行時のスケジューリングアルゴリズム
- プロセスのデータを含む使用領域の管理
- プロセス間の同期処理手順
- プロセス間のコミュニケーションプロトコル

発展の順に、プログラム構造の複雑さをサポートするレベルが高度になるのであるが、以下に、そのレベルが高度になる流れを、OS 体系として簡単に大きく四つの段階に分類して述べる。

1. 最も単純な形態で、アプリケーションプログラムはハードウェア機能を直接指示する命令群で記述され、プログラムプロセスも、ハードウェアの制約を直接的に受け、記憶域（メモリ）に収まる

範囲の単純な一つのプログラムの流れで記述できる問題を対象に作成される。総てのプロセス処理の実現はプログラマに任された。最もハードウェア性能に近い処理能力を実現する。高速性を必要とする部分で使用される。

2. ハードウェア記憶域（メモリ）が多段階に階層構造化されて使用されるようになったことから、ソフトウェアとハードウェアとの密な関係を切り離すために、最も簡単なレベルの基本ソフトウェアが組み込まれる。プログラムは一時記憶域上の実アドレス上で動作するが、プログラムプロセスの分割処理によりその一時記憶域の大きさからの制限からの解放が可能となる。また、多重プロセスの動作、同期機能の提供により、一つの問題を構成する複数のサブプロセスの平行処理が可能となる。それと同時に、重要なプログラム技法がサポートされる。それは、アルゴリズムとデータの分離（方程式と解の関係の考え方と同様な考え方）である。このことにより、プログラムの再利用が可能となる。このレベルのシステムは、高速性を必要とし、ハードウェア性能を限界まで使用しようとする分野では、現代でも用いられている。ここでのOSの進化は、目的の問題に適用する解法モデルで採用された解法メソッドにより作成されたプログラムプロセスを想定した時に、そのプロセスの最も合理的な構造が内包する複雑さを処理する上で、それを効率的にコンピュータが処理するためのソフトウェア技法をOSとして具現化して行く過程での段階的な発展として捉えることができる。開発当初のOSが達成すべき目的は、大きく2つで、一つは、当時、非常に高価であったハードウェアを効率的に有効利用する手段の提供であり、もう一つは、アプリケーションプログラムを作成する人達への効率的な標準的な記述技法の提供であった。

3. アプリケーションプログラムを作る際の、さらなるハードウェア

の無意識化の徹底に、エネルギーが注がれた。主なものは、仮想記憶技術の導入（プロセスのサイズ制限からの解放）、アプリケーションプログラムの動作の自動化、オンライン処理手法の提供である。この時点で、アプリケーションプログラムを書く人達は、ハードウェアの演算処理能力からの制約を別にして、一回の決められた処理で完結する問題のプログラムを記述する上では自由を得たといつて良いであろう。これと平行して、データ管理技法の発展、入出力および通信技法の発展等が進み、現在の技術の基礎が出来上がった。OS としては、現在、すでに次の上位レベルの OS に吸収されて姿を消しているが、限られた範囲で、コスト制約上の理由から部分機能のみを実装して使用される場合がある。（単一空間仮想記憶システム）

4. ソフトウェア動作空間をハードウェアの実メモリ空間から切り離す仮想化を徹底した。処理プロセスの要求に応じて独立した仮想空間を割当てるようにし、プロセスのスケジューリング機能、同期処理機能、プロセス間通信機能のマルチ空間、マルチハードウェア間のサポートへの拡張を行った。これにより、個別のアプリケーションプログラムを複数組み合わせた複雑で大規模な問題解法に対応できるようになった。そして、信頼性の向上のための機能整備、プログラム開発環境の整備、AI と呼ばれるような知識処理技法の開発、CG で代表される視覚表現技術の開発、ネットワーク通信技術の開発等の情報空間を構成する上で必要とされる機能の主なるものの基礎が築かれた。（多重空間仮想記憶システム、複合計算機システム）

80 年代半ばの 4. の段階の仕組みの完成をもって、OS の概念的枠組みは、完成したと考えて良い。それ以降の作業は、OS 自身の開発というよりは、周囲の環境の進歩に適合するための拡張と改良である。現状の仕組みとは異なる機能実現の手法は存在するが、実用的完成度と効率性が

ら、かなり長期にわたり、OS は、主に、この仕組みが使用され続けると考えられる。

現在、最も重要な改良要求はオブジェクト技法への適応である。

A.2.2 ソフトウェア作成技法の再構築

80 年代半ばの OS の概念的枠組みの完成と同時に、情報科学が対象とする問題領域の中で、処理目的とアルゴリズムが明確になっている問題領域については、ほぼ解決の見通しがたってきた。

その時に、今後のプログラム作業の飛躍的な増大を考えると、最初の段階として進めてきた個別の問題解法毎に独自のアプローチをする方法で作業を継続することの効率の悪さが問題として明確になってきた。そこで、今までの情報技術の全体的な評価を行い、ソフトウェアの再利用性を含め次のステップに進むために必要な要項を考慮したソフトウェア作成技法の新しい方法論が検討されることとなった。そこで、多数の ACM(Association for Computing Machinery) の会員が中心的役割を担い様々な議論がされ、現在の仕組みの基になる多数の提案がなされた。

その当時に想定された情報環境の全体像は、長期的な視野に立つ先進的なものであった。イメージ的に簡単に表現すると、非常に多くのコンピュータシステムが相互に連結されたネットワーク上に仮想写像空間を構成する。その内容は、人間の実社会空間に情報構造的に対称に配置した実社会を補佐する種々のアプリケーションモデルプログラムにより、立体モザイクのように埋め尽くされている。その双方の空間を情報がインタフェースを通って行き来しながら、様々な処理を行っていく。そのためのソフトウェア仕様に求められる事項として、実空間の変化に合わせ仮想空間のアプリケーションモデルプログラムも他に影響を与えずに調整可能であること、必要に応じてアプリケーションモデルプログラム間同士で自由に連結可能であることが挙げられた。

以上の結果として、ソフトウェアを作成していくための枠組みが提案された。以下に、それについて述べておく。

この時、人工知能研究で考え出された手法が、多くの面で参考にされた。

この提案に沿って開発が進められ、現在では、ようやく、その枠組みの全体が整備された状況に至っている。

A.2.2.1 オブジェクト技法

オブジェクト技法は、単なるプログラム記述法でなく、クラスというプログラム間の機能構造体系をも規定する。これは、アプリケーションプログラムで扱おうとする問題のモデル化を初めとして、それを最終的に具体的なアプリケーションプログラムとして体現するまでの全体的設計概念の体系として捉えるべきものである。このオブジェクト構造によるプログラムの手法は、人工知能研究の初期の段階から考えられ使われていたものであるが、当時は処理能力的に一般的なハードウェア上では実用化が困難であったために、主流とはなれずにきたのである。何はともあれ、処理スピードの面で実用性を満たすことが優先されたのである。80年代まで、システム開発は、アプリケーションプログラムを開発するにあたり、多くの場合、満たすべき上部の要求仕様から定義することから作業を始め、それを分解して、徐々にそれに必要な機能・データを洗い出していく方法を取っていた。プログラム手法も、必要十分な最小単位で定義・構成することが求められた。また、ハードウェア自体の能力不足を補うために、情報をコード化し、ハードウェアの基本要素の bit に直接対応させるような固定的な扱いをしていた。ソフトウェアは、剛構造をしており、再利用性は低い状態にあった。

しかし、80年代までのアプリケーションプログラムの開発における多様な努力の結果、プロセスの構造、データの構造、情報交換の手法等で、おおよそ、情報空間でのモデル構造の合理的姿と思われる設計概念がイメージされるに至ったのである。それは、システム全体が、自立的に調整されて進化して行くことが可能な柔構造を持つことが最大の特徴であった。そのことにより、大勢の人々が、非同期的に多様な問題に取り組みながら、全体的に連鎖・関連して研究開発作業を進めて行くことが可能になったのである。

オブジェクト技法は、それまでの技法から、全く、異なる二つの考え

方を取り入れている。この考え方の有効性は、人工知能研究の中で育まれてきた。80年代に入り、コンピュータの普及が進むにつれ、プログラムの生産性が大きな議論の対象となった。その中で、プログラムの再利用性に多くの注目が集まり、これらの考え方が改めて評価されることとなったのである。

一つは、システムの基本構成を考える上で、基準として捉える要素を、従来のプログラムでの記述的基礎要素のプログラム命令やデータ構造等ではなく、プログラムを構成するより上位の自立性を備えた抽象的レベルの各種機能単位(オブジェクト)とすることである。システムの動作は、オブジェクト間をメッセージが行き交う流れに沿って遂行される。そのメッセージの中の情報がオブジェクトに作用し、その結果により情報が状態遷移して、次のメッセージとして引き渡されて行くという連鎖過程で、何らかの処理が達成されて行く。オブジェクトは、一つの機能単位として存在し、その内部の実体は、データの集合体であったり、データとプログラム(アルゴリズム)を組み合わせたものであったり、内部は多様な形態をとる。ただ、それは、少なくとも、概念的に一つの役割を担っている。メッセージは名前が示す如く、言語の体裁を整えた記述形式により表現された伝達情報である。しかし、現在は、一般的に、自然言語に比べ、かなり使用される範囲が限定される形式言語である。将来的には、より自然言語的表現に近づくかもしれない。この方法により、各オブジェクトの機能独立が保持されることから、ネットワーク化された複雑なシステムの中においても、状況の変化により生じた機能変更要求に応じて変更対象のオブジェクトだけを置き換えることで、無理なく処理系を変化させて行くことが可能となる。

もう一つは、プログラム作成に対する姿勢を大きく変える性質のものである。従来は、対象問題のニーズを満たすことのみを目的として、その時々、必要最小な範囲の機能プログラムを実装してきた。その多くの作成経験の中で、数学的な処理を初めとして、常識的に共通的な機能(関数)の存在が意識され、それらを整理して特殊な共通ライブラリーとして管理する方法を生み出してきた。しかし、新しい考え方では、最初

に実世界全体に対称的に位置する写像モデル空間（情報空間）を想定し、それは基礎機能単位群、その組み合わせにより新たに作り出された機能群のように順番に積み上げられた複合階層的な重層構造で形成されるという仕組みをイメージし、それらの各種機能を連鎖することで目的の作業を達成する立体ジグソーパズル的な解法を行う仕組みとしてプログラムを捉える。この写像空間上のモデルは、実空間に対して三つの機能を提供する。それらは、過去の履歴情報の検索、現作業の代行、将来の予測である。それらを実現するための写像モデル空間システムを作り上げていく作業は、少しずつ、そこに当て嵌まる新しいオブジェクトをピースとして追加、あるいは置き換えを行い、パズル全体を埋め尽くすように完成していくのに似ている。つまり、宇宙が元素から構成されているように、多様なモデルも、基礎的なオブジェクトから構成されるとして、システムを作成するのである。この考え方の根底には、生命科学の研究成果と機能構造主義の概念が反映している。このことは、問題を分析する際に、プログラム作成者は、実現目的と構成要素の全体的関係の認識において、設計の視点を置く位置関係において上位として捉えるものを、実現目的とは完全に逆の位置にある構成要素に置くことを要求する。これは、従来のプログラマが、新技術に移行する過程で戸惑う大きな壁となっている。また、プログラム作成者は、以前より、問題に対する遥かに高いレベルの洞察力が必要とされることになる。全体の立体ジグソーパズルは、時間の経過と共に埋め尽くされ、実世界に対してのモデルとしての精度を、少しずつ向上して行くように発展して行く。最終的には、現在、情報科学の成果の一つの目標として提案されている Digital Earth が完成されることになる。

この写像情報空間上のモデルがプロセス的（動的）であることを思い浮かべれば、このモデルは、時間軸を含む、4次元を、基本要素として内在する。

A.2.2.2 アドレスの抽象化

常に実社会の変化の影響を受け、変更をする可能性のある写像空間モ

デルのシステムの中で使用されるアドレスは、実際のハードウェアの環境や他のソフトウェアの変更により直接的に影響を受けないダイナミックな取り扱いが可能なものに限られる。その結果、ユーザー領域では識別子として文字表記による固有名を使用し、実行時に、実アドレスに変換して連結実行する仕組みが有効であるとの結論に至った。

A.2.2.3 コミュニケーションプロトコルの文字言語化

オブジェクト手法の採用と同時に、コミュニケーションの方式が、固定的な確定したシーケンスによる情報の伝達から、自立した機能（オブジェクト）間の会話に移行することが求められた。そのために、コミュニケーション手段はメッセージを用いることが有効と考えられた。当面の会話の文法は限定された領域内の形式化（例 SGML）した定型文法を用いることから始まり、いずれは、より人が扱い易い自然言語型表記を可能とすることが求められている。

A.2.2.4 プログラム言語のインタプリタ化

ネットワーク環境下で動作するプログラムは、実行されるどのハードウェアからの制約も受けない必要がある。また、システムの変更は、オブジェクト単位で部分的に行われることから、実行ハードウェア上でコンパイル処理を行う方式では、他のオブジェクトに影響を与える可能性が大きく使用できない。そのために、各ハードウェアは、その上に、実行するオブジェクトに適応した共通のソフトウェア仮想マシン環境を用意し、インタプリタ方式の言語を用いる方法が実用上有効であるとの認識に至った。

A.2.3 モデル化の可能性の範囲を規定する基礎的ソフトウェア環境

これまで、情報技術のアーキテクチャ（フレームワーク）上の進化について話をした。次に、ここでは、実際のアプリケーションプログラムについて、現在、実現することが可能な有効領域と、そこに適用するモデル化の技法について考察する。

すでに、これまでに、非常に多くの分野でシステムが開発された。問題分析技法も進み、自然科学分野だけでなく、経済を初めとして社会科学分野でも大きな成果が得られている。一般的にシステム化が可能な範囲は、目的とアルゴリズムが明確で、線形的な数学モデルが適用可能な領域である。

科学分野の中で、情報システムを実用的に使用できる領域においては、基本的にアルゴリズムが明確なので、用いられる数学の演算手法の開発がおおよそ終了している。この現状から、情報技術の利用は予想される開発コストにより実現を試みるか否かを判断することになる。研究領域では、情報システムは、シミュレーション等の探索の支援ツールとデータの保存等の研究の補助装置として開発され用いられている。この分野での情報技術の役割は、自身の研究開発以外では、良い意味で道具であるといえるであろう。

それに対し、人間社会において解決すべき問題は、その現象が簡単に綺麗に整理された理論に還元できるようなものではなく、問題自身が過去の歴史から継続しておりプロセス的で、複雑な要因が関連し合うことから、全体を解決するプログラムを一度に完成させるのはとても難しい。そのことから、情報システム化による対応方法としては、その中より、その時々状況に応じ、安定的で部分的に切り分けることが可能な範囲を判断し、その部分問題から順に解決して実用化の範囲を広めて行くことになる。

社会は日常の循環的流れの中で、外部の変化を、徐々に織り込んで進行して行く。その様な状況から、この社会の中で情報システムの担う作業と役割は、単に社会科学での研究成果として実用的代行行為として行われるのではなく、情報科学から社会に対しての独自の新しい問題解決の手法の提案としての意味もある。

そこで、次に、人間社会での問題に対して情報科学が適用する理論的枠組みについて考察する。

A.2.3.1 社会問題での有効性について

改めて考えてみると、人類の知恵とは、ストック情報（過去の経験の中で見いだされた有効なパターン）を日常的フロー情報の処理（目の前の意思決定）の中で、有効に活用する手法であるともいえる。

その実現手法としての情報処理システムは、実社会の中の特定対象領域を抜き出し、その写像モデルを情報空間上に近似的に再構築する行為である。それは、経理、弾道計算のような、明確な数学的定義が可能なものを情報空間上に置き換えることから始まり、動的に変動するネットワーク化した社会システムに対応した、多機能広範囲な写像モデルの構築を目指して進む。

その中で、実社会空間と写像空間（情報システム）間を情報が行き交いながら、一つの意味のある情報循環を構成する。

その実現を可能ならしめるのが、以下の関係である。

情報処理効率：実社会空間 << 写像空間（IT）

同時に、マイナス面として、以下の点に留意する必要がある。

柔軟性：実社会空間 > 写像空間（IT）

上記の二つの条件を満たし情報化を進めることの是非は、情報化する対象作業を、人間の社会行動の中に標準化して固定的な仕組みとして組み込むことが、長期的に全体の効率を維持する上で有効であると判断されるかに掛かる。ただ、システム化した後も、常に、「ゆらぎ」による変動にさらされ続ける人間社会では、その有効性の検証を、適時に繰り返す必要がある。

A.2.3.2 社会問題に対する情報環境はどのように変化しているか

現代の情報科学のパラダイムシフトを簡潔に表現すると、静的モデルから動的モデルへの移行といえる。

従来の社会科学では、特定のサンプリング時間でスライスした空間における状態を解析し、それを基に、その時代を代表する関係モデルを考えた。それは、基本的に人間社会の変動の周期性に着目したもので、例えば、四季の変化のような自然界の物理的な循環型変動に連動するようなケースを対象とするのが普通であった。それ以上のスケールにおいては、一年以上の時間間隔での変位の影響を問題にし、適時、修正を加えて対処した。これは、それまでの社会変化が比較的安定していた歴史的状況からは妥当な行為である。また、適切な動的な解析を行う手法も見出されてはいなかった。

しかし、80年代で、組織（企業・組織）が行う貨幣を媒体とした目的が明確な作業の仕組みに対しての解析は、ほぼ終焉したと考えて良いだろう。現代社会で行われている、社会的で組織的な行為は、経済的分野から公共行政的分野までの広い範囲において、その役割と機能構造は十分に考察され、理解できたと考えて良いであろう。すなわち、多少の適用対象に例外はあるにしても、情報システム化を行う上でのひな形としての標準的な機能構造の見極めができたということである。だが、このことが、社会でその情報システムを適用した分野の問題がなくなることをさしてはいない。この領域は、常に競争的環境にあり、絶えず変革にさらされるからである。また、常に、このような不完全な処理系の活動の中では、随時、新たな問題が発生する。

そこで、本格的に動的な解析能力が要求される事態になったのである。

様々な努力の結果、その解析的に体系化された分野の問題への対応の質は、全体的には改善されていっていると考えて良い。

次は、今後を展望した、現実的な研究課題をどのように設定するかに掛かっている。

求められているものは、変化への適応（動的）であり、次の三つが重要と考える。

A.2.3.2.1 目的の合理性の評価の支援

情報システムの課題は、目的を遂行する組織の問題の解決から、社会

が設定する目的自身の評価へと視点を移行する時期が訪れた。社会の目的は、その時代の環境とユーザー側（社会の構成員）の要求に応じて形成される。その評価型情報システムの設計の重要なポイントは、機能構造と組織構造の関係、環境とニーズの変動への対応（モニタリング、フィードバックシステム）にある。それは、個人の意思の理解の問題と言い換えられる。解決の対象とする問題領域を、個人に移し、その環境とニーズの解析へと移行して行く必要がある。それには、先ず、個人としての人間の行動特性の解析と理解が求められる。

A.2.3.2.2 ライフサイクルを反映した再構造化への取り組み

多くの機能は、固有のライフサイクルを持ち変化をしている。その変化の積み重ねにより、多くの大規模な環境の変化は、長い潜伏期間を経て不定期的に顕在化する。

従来、日々に継続する変化を、人間の脳の柔構造が巧く吸収して処理をし、環境の変化による影響の拡大を抑制してきた。また、今までの長い時間の緩やかな変動は、静的な解析でも十分に対応できた。

しかし、社会機能の情報システムへの置き換えは、社会の変化への対応の硬直化をもたらす可能性がある。一度、システム化された機能は視界から追いやられる。その変更は、意識的に行わなければならない。それを怠ると、環境の変化の影響が大きく現れるかもしれない。

さらに、他の機能のライフサイクル上の進化がもたらす効率向上の可能性に対し、システム間の調整が意識的な行為に委ねられることから、その反映が硬直的になり、反映がもたらす恩恵が阻害される可能性がある。

常に、意識的な社会情報システムの再構造化への取り組みが必要になる。

A.2.3.2.3 人間の限定合理性の問題への対処

脳における物事の認識の基底をなす情報は、直接的知覚（経験）から得た情報である。言葉の情報も、この直接的知覚（経験）情報とシナプ

スで結びつけられて、初めて、現実的な思考の道具になる。それ故に、外部（教育、メディア等）から提供を受けた、自身で知覚したことはないが、自身に深く関係する知識と情報に対しては、改めて、脳で相互関連について十分思考を行い、拡張的なイメージ連鎖（経験）をすることで、直接的知覚（経験）情報とシナプスで結びつけ有効認識化（関連付け）する必要がある。社会が複雑化する程、人間の思考の限定合理性（体験の少なさ）により、外部からの情報を拡張的にイメージし有効化することが困難となり、実体との誤差が増大する。

情報科学は、人に対し新しい高い認知適応力を持つ情報提供の手段を生み出している。情報科学は、従来の人間の機能の高性能な代行手段的な範囲を抜け出し、従来の情報科学では不可能な領域で、人間を補完・補助するような新たな役割を求められている。

また、この情報科学の可能性を前提に、多様な戦略・運用が可能であり、それがIT革命等と呼ばれている由縁である。特に、経済分野においての手法は、ビジネスモデルと呼ばれるようになっている。

従来の情報技術は、主に量的な貢献であったが、現在は、質的な貢献に移行することが求められている。

A.2.3.3 質、スピード、精度が現代の基軸

上記課題を、改めて、生命のエネルギー循環システムへの要求として捉え直す。現代の先進諸国の社会状況は、富の遍在による歪みはあるが、すでに、十分に量的に充足している状態にある。その状態に到達してからの時間もかなり経ち、現在の社会構造も安定した状態にある。そして、そこに形成されている人間社会の構造は、民主主義形態として良く機能していると考えて良いであろう。これからは、その成熟過程としての変化を経験して行く時代である。このような時代背景の中にあって、情報技術に与えられた役割は、その循環システムの流れへ、質、スピード、精度の向上をもたらし、それに合わせた、積極的な社会構造の再構造化を進めることにある。

質の向上への要求を具体的に考える。今までは、個人の充足を満たす

ために、量的な供給の増大を一番の目的に努力してきた。しかし、すでに、供給量は、衣食住とも、個々の人間の生命維持レベルを十分に満たしている。経済的競争環境からは、終わりのない供給量の増大となる。しかし、現在、生産・消費の両面からの環境破壊等の、すでに生じている人間社会に対するマイナスの影響を考えると、それが、許されないことは自明である。今後は、環境制約の限界を見極め、その中での対応を考えて行く必要がある。そのために重要なことは、競争条件を、供給サイドから、需要サイドに移し、個々の人間の要求に答えることである。人間が生きること必死になっている時代には、量的にものを蓄えること（所有）が、心を安定に導いた。しかし、供給が量的に継続することが保証されれば、持つことの重みは失われて行く。人の関心は、選択に重点が置かれ、嗜好的になって行く。

スピードの向上への要求を具体的に考える。そこで求められる重要なものは、個人の要求の多様化への対応である。継続的に発生する生命的欲求と異なり、嗜好的要求は感覚的で個人に固有である。一般的に、嗜好的刺激は、短期間で慣れて体感する刺激量が減衰するか、特別視することにより刺激への執着度を高める。これらの多様化する要求に対応するシステムを形成するには多大なエネルギーと時間が必要である。今後、増々、変化を読み取り対応するための速やかな判断と処理能力が求められて行くことになる。

精度の向上への要求を具体的に考える。スピードの向上への要求で述べたような速い変動への対応を環境制約が強まる中で調和的に進めて行くためには、場の乱れを早い段階で感知し、大きなリスクに拡大させない努力を欠かさないことが求められる。そのために、精度の向上は不可欠である。

A.3 今後の課題への取り組み方

問題対象領域として、最初に力が注がれてきた自然科学領域での利用技術が確立され、社会での組織的目的行為に対しての利用技術の確立も

めどがついてきた。次に、個人の生活空間に問題対象領域を広げるにあたり、新たな手法を考案する必要性がある。その目的の達成には、人工知能研究のこれまでの成果が有効になろう。また、今まで、車の両輪のように協調関係で進んできた情報科学と情報技術の関係が、これを契機に、仕事の性格が分かれて行くことになる。情報技術は、本来のソフトウェア実装作業の実現を進めるが、情報科学は、生命の知識処理全般の探求に対象を広げていくことになる。そのために、同様な対象を研究する認知心理学や脳生理学との協調が要求される。ようやく、そのことが可能になるまで、生命体と人間（脳）の研究が進んだともいえる。既に、現代の情報科学は、認知心理学と脳生理学の両者と密接な関係に在る。米国の情報科学関連の学会に参加すると、大勢のこれらの分野の研究者に会う。三者は次のような関係に在る。

認知心理学：人間の行動生態から、心の中（脳）の構造を解き明かし、
その自然界との因果関係を説明しようとする

情報科学：脳生理学が解明した脳のメカニズム（心の実体）を基に、
認知心理学での問題を処理することの可能なモデルを提示する

脳生理学：脳の生物学的構造の解明と、そこでの生理的メカニズムを解
明する

ここでの、認知心理学者は、日本の多くの病理心理学者的な存在ではなく、人間を一般的な生命体と同様に、冷静に観察し、人間生態学として研究をしている人達である。（残念なことであるが、私は、日本人は、この冷静な距離感を持つことが苦手のように感じる。）

今、構築しようと試みている写像情報空間は、人間の実空間の、部分写像モデル群で構成される空間である。すでに、現代社会でのその実現の例が、インターネットという形で目の前に現れている。

次に、その進展のために課せられた課題を、考えてみたい。

A.3.1 技術の新たな挑戦

今後の情報システムに求められる性質として、継続的更新と他との協調動作が挙げられる。そのために、次の三つの問題に取り組む必要があると考える。

A.3.1.1 時間と空間の認識（GIS 基盤の整備）

当然のことであるが、生命のエネルギー循環の総ての要素は、地球の時間変移とそれをパラメタとした位置情報を正規化の基本的要素として内包する。ガイアの一員である人間の認知行動も、これに従う。この辺りの考え方は【参考文献 11】にとっても簡潔に整理されているので、そちらを参考に読んで頂きたい。世界的に共通な GIS(Geographic Information System) 基盤が整備されることで、多様な情報システムを連鎖させ、多階層多次元での解析処理が可能になる。ここで述べている GIS は狭義の地図の管理のためのシステムを指しているのではないことを指摘しておく。この言葉の概念は、多くの学者達が GIS(Geographic Information Science) と呼び改めて使用するようになっていくことが示しているように、物理地図、論理地図、認知地図を一体化して捉える多次元的解析手法の総称である。情報科学の統一化を図るプラットフォームと呼ぶべきものである。

既に、米国で「デジタル・アース構想」が提唱され、その取り組みが開始されているので、その進展を期待したい。

A.3.1.2 知識処理技法

まさに、これが、これからの最大の課題である。今まで、人工知能研究の一端として、多くの知識処理システムが構築されてきている。その中でも、特に、医学と金融の分野で、多くの試みがなされてきた。医学では、診断補助、薬害探索等が実用化されている。ただし、当初は、人間に置き換わるものとして開発が進められてきたが、現在は、情報の絞り込みを行い、候補を提示するような補助システムとしての役割を担っている。現状の知識ベースでは、複雑な因果関係の絡む問題の解決は困

難を極める。金融は、オンライン処理の中で、人間に代わり、自動的に売買の指示を出すようなシステムが稼働している。これは、マーケットの参加者が限定され、その参加者の思考目的・形態も共通基盤を持ち、系の複雑さも限られていることから可能となっている。それが可能となったのは、数学のゲーム理論を人間の振る舞いに対応させる技術が進んだ結果である。しかし、現在のレベルは、まだ、データ収集・蓄積が容易な限定された分野を処理することができる段階でしかない。

現在、知識処理は、主に線形な関係が明確に成立する範囲に限られ、固定した関係を扱ったものが多い。この有効な領域を拡大することが今後の課題である。特に、動的な関係への対応が難しい。ようやく、オブジェクトデータベースの簡単なものが実用化されているだけで、オブジェクト間の動的な関係を処理する等は、データ構造や処理言語等の多くの開発が必要とされる。現在、人工知能研究は、自動的な情報収集（学習）の問題に注力している。そのために、情報技術が、どのような時に役立ち、情報空間上での知識はどのような形態で保持すべきなのか、その情報はどのように収集するのか等、色々な案が提示され、試行されているが、結論を出すにはかなりの時間が必要であると考えられている。これからの情報空間の必要条件として、時間の経過に応じた変移を扱うことを考慮した構造を持たなければならないといえる。人間の脳のような、経験を反映して情報構造を組み替えていく仕組みを持つことも要求される。

A.3.1.3 インタフェース

現代の情報技術の実用面で、最大の目に見える成果は、インフラストラクチャーとしてのインターネットの普及である。だが、利用できる情報は、写像情報空間といっても、限られた部分写像にしか過ぎない。しかし、インターネット網は、全体写像情報空間へ続く扉を提供した訳で、画期的なことといって良い。個人の随意的な要求に対し、それに答えるために不特定多数のアプリケーションの間で情報の受け渡しを行う等、今までとは、比較にならない複雑な処理系（モデル）で対応することが必要になってきている。当然、新たなインタフェースの開発が求められる。

インタフェースは、実空間と写像情報空間との境界である。米国のある研究者は、これを情報の屈折作用に例えた。まさに、名言である。利用者とアプリケーションの目的ベクトルが合っていれば、100%の情報透過率が達成されるが、双方のベクトルにズレが生じると、情報透過率は著しく低下する。近年の認知研究から、人間の情報の受容帯域は、従来考えられていたものよりも、かなり狭いことが分かってきた。利用者の認知力に応じた、動的に適切な情報を提供するインタフェースを考案することは、非常に重要なことである。また、インタフェースの手段を広げる、実用的な TUI(タンジブル・ユーザー・インターフェース)技術の研究も求められる。

最新のインタフェース研究の現状を知りたい方には、【参考文献 10】を読むことを薦める。

A.3.2 情報科学者の社会に対しての新たな責任

実社会空間と情報写像空間の共存の時代に入り、情報科学に携わる者は、自身の仕事が社会に対して与える影響について、常に考察を行い、その内容に応じて適切な社会への働き掛けを行う責任を負うことを認識するべきである。それは、個人が情報写像空間で処理される機能の影響から個人の意志で離れて生活することが困難であり、その機能の具体的処理内容を無意識的な生活体験を通してでは知ることができない(ブラックボックス化)ためである。また、情報技術の有効な利用技術の有無は、個人の生活の利便性の上で大きな差を生み出すことになることも理由といえる。

以下に、情報科学と社会の関係に関して考慮すべき点をあげておく。

A.3.2.1 情報システムの明示性の確保

情報写像空間では、エージェントと呼ばれる、人間に代わって知識処理を行うプログラムが動作して作業をこなす。このエージェントの処理内容は、常に、人間に理解できるように明示され、利用者の制御下に置かれていることが保証される仕組みを社会は構築する必要がある。

A.3.2.2 先端研究コミュニティの責務

現在の情報科学は、従来の学問とは、かなり趣が異なっている。従来の学問は、社会との関係と影響を改めて特別に意識する必要はなかった。しかし、情報科学者は、情報科学が社会と継続的關係性を持つという性質があるということにおいて、常に、社会全体と自分達との関係を意識し、その良好な発展を維持するための相互理解を進めるという感覚を身に付ける必要がある。そのことから、科学者のコミュニティは、開かれたものでなくてはならない。そして、自分の行動の目的・成果・波及効果に対し、冷静な評価を行い、社会に対し慎重に考えを反映させる行動をとるように心掛けるべきである。

A.3.2.3 社会への情報技術の効果の動的变化の監視（モニタリングとフィードバック）

情報科学が生み出した写像情報空間が実体としての人間社会と共存して協調的に運営されて行く上で、両者の機能的関係が安定した状態で維持されて全体が進化して行くことが求められる。具体的には、社会が発展により変化を遂げれば、同時に、その変化により生じた要求を満たすために、写像情報空間構造の再編と、その構造の上で実現されるその時の社会が要求する機能の効率的・安定的実現が必要である。そのためには、常に、実空間の状況、時空間と写像情報空間との間の誤差の影響をモニターしていることが不可欠である。そして、そこから得られた結果を、適時、フィードバックさせ、反映することが求められる。

A.3.2.4 速やかな変化への対応力

現在は、情報社会への移行期にあたる。いずれは、新しい安定状態に行き着くと想像できるが、現在、社会はかなりの速さで変化している。この状態は、かなり長期間に渡り続くものと考えられる。その状況に適切に対応して行くためには、できるだけコンパクトな機能単位での修正・変更を可能とすることが有効である。そのためには、組織構成の抽象性を高め、組織間の情報交換の標準化を進め、独立性を確立するようにす

るべきである。

A.3.2.5 情報写像空間のセキュリティに対する予防措置

今後、システムは、従来の固定的な手続き型（シーケンス）処理プログラムから、学習機能（データマイニング）を持つ自己改良型の自立システムに移行して行く。その時、情報写像空間の十分なセキュリティが確保されねばならない。常に、これを、どのようにして実現するかを考えておく必要がある。

【参考文献 1】

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460. COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE

A. M. Turing

【参考文献 2】

ボディプランと動物の起源 進化発生学

ブライアン・K・ホール著 倉谷 滋＝訳 工作舎

Evolutionary Developmenta Biology. Brian K. Hall

【参考文献 3】

『アフオーダンスの心理学』-- 生態心理学への道

エドワード・S・リード著 細田直也訳、佐々木正人監修 新曜社

Encountering the World : toward an ecologica psychology. Edward S. Reed

【参考文献 4】

Unified Theories of Cognition.

Allen Newel, HARVARD UNIVERSITY PRESS

【参考文献 5】

システムの科学

ハーバート・A・サイモン著 稲葉元吉・吉原英樹訳 パーソナルメディア

The Sciences of the Artificia. Herbert A. Simon

【参考文献 6】

『脳 回路網のなかの精神』-- ニューラルネットが描く地図

M・シュビッツァー著 村井俊哉、山岸洋訳 新曜社

Geist im Netz Manfred. M. Spitzer

【参考文献 7】

コンピュータ言語進化論——思考増幅装置を求める知的冒険の旅

ハワード・レヴァイン、ハワード・ラインゴールド著 椋田直子訳 アスキー

Cognitive Connection. Thought & Language in Man & Machine. Howard Levine, Howard Rheingold

【参考文献 8】

オペレーティング・システムの原理

プリンチ・ハンセン著 田中穂積、真子ユリ子、有沢誠訳 近代科学社

Operating system principles. Per Brinch Hansen

【参考文献 9】

意思決定の認知統計学

繁樹算男著 朝倉書店

【参考文献 10】

HCI Models, Theories, and Frameworks: Towards a Multi-disciplinary Science.

Edited By John M. Carrol, MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS

【参考文献 11】

Representations of Space and Time.

Donna J. Peuquet, THE GUILFORD PRESS

【参考文献 12】

フラクタル幾何学

B. マンデルブロ著 広中平祐訳 日経サイエンス社

The fracta geometry of nature. Benoit B. Mandelbrat

【参考文献 13】

意識の探求 神経科学からのアプローチ 〈上下巻〉

クリストフ・コッホ著 土谷尚嗣、金子良太訳 岩波書店

THE QUEST FOR CONSCIOUSNESS : A Neurobiological Approach. Christof Koch

【参考文献 14】

構造主義の歴史 〈上下巻〉

ドッス・フランソワ著 仲沢紀雄訳 国文社

HISTOIRE DU SUTRUCTURALISME. Dosse Fran

【参考文献 15】

ロボティクス ニューロンから知能ロボットへ

ジェームス S. アルバス著 小杉幸夫、林巖、亀井宏行訳 啓学出版

Brains, Behavior, and Robotics. James S. Albus

【参考文献 16】

TOEIC ガイダンス

三枝幸夫著 ナラボープレス メールマガジン

【参考文献 17】

現代言語学 チョムスキー革命からの展開

N. スミス、D. ウィルソン著 今井邦彦訳 新曜社

MODERN LINGUISTICS The Results of Chomsky`s Revolution. Nei Smith,
Deirdre Wilson

【参考文献 18】

複雑系思考

クラウス・マインツァー著 中村量空訳 シュプリンガー・フェアラーク東京
Thinking in Complexity. Klaus MAINZER

【参考文献 19】

オートポイエーシスー生命システムとはなにか

H. R. マトゥラーナ、F. J. ヴアレラ著 河本英夫訳 国文社

AUTOPOIESIS AND COGNITION : THE REALIZATION OF THE LIVING. H. R.
Maturana, F. J. Varela

【参考文献 20】

心の社会

マーヴィン・ミンスキー著 安西裕一郎訳 産業図書

The Society of Mind. Marvin Minsky

【参考文献 21】

現代熱力学 – 熱機関から散逸構造へ

イリヤ・プリゴジン著 妹尾学、岩元和敏訳 朝倉書店

THERMODYNAMIQUE : DES MOTEURS THERMIQUES AUX STRUCTURES
DISSIPATIVES. Ilya Prigogine, Dilip Kondepudi

【参考文献 22】

エレガントな宇宙 超ひも理論がすべてを解明する

ブライアン・グリーン著 林一・林大訳 草思社

The Elegant Universe : Superstrings, Hidden Dimensions, and The Quest for The
Ultimate Theory. Brian Greene

【参考文献 23】

シンク なぜ自然はシンクロしたがるのか

スティーヴン・ストロガッツ著 長尾力訳 早川書房

SYNC : The Emerging Science of Spontaneous Order. Steven Strogatz

【参考文献 24】

心を生みだす遺伝子

ゲアリー・マーカス著 大隅典子訳 岩波書店

The Birth of Mind. Gary Marcus

【参考文献 25】

「裸のサル」の幸福論

デズモンド・モリス著 横田一久訳 新潮社

The Nature of Happiness. Desmond Morris

【参考文献 26】

考える脳考えるコンピューター

ジェフ・ホーキンス著 伊藤文英訳 ランダムハウス講談社

On Intelligence. Jeff Hawkins, Sandra Blakeslee

【参考文献 27】

感じる脳

アントニオ・R・ダマシオ著 田中三彦訳 ダイヤモンド社

LOOKING FOR SPINOZA : Joy, Sorrow, and the Feeling Brain. Antonio R. Damasio

【参考文献 28】

ブルックスの智能ロボット論

ロドニー・ブルックス著 五味隆志訳 オーム社

Flesh and Machines : How Robots Will Change Us. Rodney A. Brooks

付録：私論

日本人的特性を表出する
脳の仕組みについて
具体的事象に本理論を用い
解明を試みる

1. はじめに

本論に述べてきたように、人間の生活は環境エネルギー循環の中に相
当にしっかりと組み込まれている。旧来の、未知なるフロンティアに立
ち向かい、叡智と強い意思により導かれ自由を獲得していくという人間
の開かれたイメージは、自己の能力が限られているということ、及び、
立ち向かうべき対象に関する情報が不足しているということにより、築
かれていたといえる。両者の関係は、極めて大きな非対称性を有している。
したがって、このイメージは、両者間の関係を相対化し、それに対する
主観的な認識に基づいて形成されたといえる。

現代に入り、様々な技能を獲得し、環境についての情報も豊かになり、
その非対称性は大きく低減した。それに伴い、経済的環境は著しく改善
されることになった。しかし、個々の人間関係の問題に注目すれば、個
人の開放度や幸福度の向上のような改善傾向は見られないように思われ
る。生活の経済的安定により、特別に自由度が高まったとはいえないし、
個々の人の悩みが特別に減少したとも思えない。

これは、常に一定の多様性を生み出す仕組みが生命体に備わっている
ことに原因があると思われる。つまり、人間社会が、その時点の複雑さ
からくる不安定要因を解決して安定性の向上を達成したように見えたど
しても、それは、一面的なものの見方にしか過ぎない。実際には、そこ
で生じた安定性の向上に貢献する変化に応じて、新たな多様性が生み出
されてしまうのである。これらの多様性のなかには、解決の困難な複雑
さを伴う新たな問題が含まれるであろう。このようになってしまうこと
の根本原因は、複雑系の特性である初期値への鋭敏性である。

その代表的なメカニズムとして、本論の中では限定合理性の問題を取り
上げたが、ここでは、現実の社会に見ることができる現象の幾つかに
ついて、もう少し詳細に脳の知識処理構造からの影響を考慮し、大胆に
私見を交え、その特性の形成メカニズムを考察してみたい。

2. 初期値の相違を生じさせる要因

個々の人間の生活において、初期値に違いを生じさせる要因は、大別して次の二つである。

- (1) 遺伝的継承要因：身体的特性（外形、身体能力）の相違
- (2) 環境要因：個々人の置かれた生活の場の環境の相違

(1) の遺伝的継承要因は、人間同士の関係において相性と呼ばれる生物学的レベルの問題と関連しており、生命活動において協調者を選別する過程で利用される。つまり、注目する特性軸上で、個々の個体は相対的に比較され、順位が付与され、それに基づいて選別される。特性軸上で具体的にとる値が原因となって生じる問題は、社会環境の改善では解決されない。個に対する整形などの対応は、個人間の関係は変えるかもしれないが、規模が小さいので、社会全体には影響しない。一方、(2) の環境要因は、環境変動に連動して変移していくので、その違いによる影響は、遺伝的継承要因に比べて格段に大きいと思われる。両者の関係は、例えとして良く用いられるように、織物の縦糸として(1) が基準色となり、それに(2) が横糸として生活の多様な変化を色模様として織り込んでいくような感じであろう。

では、具体的に(2) の環境要因が、どのような初期値を取り、違いを鮮明にして行くかを生命の仕組から考察しよう。生命の仕組みである以上、基本構造は単純で、それが組み合わせられ複雑化したものであろう。本論で記述した脳の環境情報を取り込み構造化するメカニズムの中から、その可能性のあるものを精査すると、次の三つの仕組みが思い当たる。

- (A) 脳関数の生成順番のハードワイアードな性質
- (B) 脳関数が機能するのに求められるシナプス結合数の1000結合を超えるまでに要する経験数の生活に占める体験確率の閾値の高さの影響

(C) (B) の結果から生活体験で習得した関係性の基礎的パターン

それに、重要な制約的要素として、行動が行われる場を支配するリズム（エネルギー交換のスピード：会話速度、作業速度等）があげられる。これが構造化に影響すると考えられるのは、複雑系の上に生存する生命体が環境との調和を得て安定的に動作する帯域は限定的で、その場の主流のリズムから外れたときにかなり制約的な力が作用することになるからである。卑近な例では、関西人の集団の会話に関東人が加わろうとしたとき、関西人の会話のリズムに慣れるまでに、関東人には会話のリズムのズレがかなりのストレスとして感じられる。

3. 動的環境の静的環境との相違点

現代のように、先進国といわれる地域においては、誰でもが最新の知識情報に触れることが、多少の情報コストに地域差はあるにせよ可能である。よって、知識情報上での静的な推論結果は、地域性が影響する利害面を除けば合理性に裏打ちされた共通的な限られた範囲の結論が導かれることになる。しかし、総論賛成各論反対の言葉が示すように、集団の地域性は現代においても幅広く存在することが確認できる。また、慣習の習性に関連する部分は、文化と呼ばれ不可侵なものとして扱われている。これらのことは、行動決定の要因として、成長期に初期値として周辺環境から脳に写し込んだ情報が強く機能していることを示している。

多くの行動は無意識層の支配下で行われる。したがって、前項に述べた環境要因群は動的な環境下で作用することになるが、その結果は、時間制約を考慮しない静的理論（単純合理性）の場合とは、大きく異なっている。これは、生命体の身体的行動は安定した行動リズムの持続を求められ、そのような行動リズムが生活環境の中の循環的行為には多様に存在し、それらのそれぞれの時間的制約が強く働くからである。

日常連続作業の中で思考に要する時間（分以上）をインターバル的に挿入することが、現実的でないことは自分の生活体験を顧みれば理解で

きるであろう。考える為には、立ち止まり意識を集中しなくてはならないし、それが日常行動に反映する為にはそのことを繰り返し、深く考えることが求められる。残念ながら、そのようなことを日常の中で実行できるゆとりのある人は限られる。

理論的合理性を日常に反映させるには歴史的時間を必要とするのである。

4. 具体的な例を取り上げて考察する

これより、幾つかの日本的・日本人的な特徴といわれるものを取り上げ、その特徴を生み出す脳の中に生成された構造を検討してみたい。

4.1 農耕と狩猟

未だ、多くの現代の評論の中に、日本人は農耕民族であるとの表現を見ることができる。しかし、現代日本は歴然とした近代的工業を基盤とした国であり、その歴史もかなり長い。それでも、このような表現がされ続ける理由が、脳の仕組みから説明できるかどうか考えて見る。

これには、日本人の会話が四季を基準として行われ、生活習慣的にも農業生産の年周期をもとに年度末にひとつの区切りを迎え、新年に、今年は良い年でありますようにと祈ることが依然として続いていることが重要なことを伝えていると思う。この生活環境下では、年少時に（A）メカニズムが作用し、脳の思考は四季を基準軸の縦糸とし人生経験を横糸に織り込む形態で発展し、（C）メカニズムのパターンを形成することになるであろう。工業の仕事は、さらに極端な日周期的連続性の上に成り立っているので、旧来の農耕的システムは無条件に継承されることになる。生活の中での思考で仕事固有の可変的時間軸への適応が求められるのは、かなり、社会的地位が高くなってからである。それに伴って思考の基礎パターンの切り替えが必要とされるが、そのときには（B）メカニズムが障壁として作用するので、実際に適応ができるようになるのはさらに遅れてからになるであろう。

狩猟型は、農耕型とは異なり、個々の目的の作業に適応する可変的時間軸思考が基本となると想像できる。

生活環境において、糧を得る手段に適応した性質をより顕在化するように脳の知識処置構造が構築されるのが理解できる。認知ボックスの連鎖の流れの中に、主に選ばれる接続経路が形成されているのである。

4.2 行動決定時の優先順位

社会を安定的に運用する手段は幾つか考えられる。例えば、次のようなことがあげられる。理想的な指導者がおり、リスペクトして従う。合理的集団目的が良好なコミュニケーションにより共有される。強力な監視的強制力を用いることで行動が制約される。これらの制度環境により、人間の脳の特性はどのような影響を受けるかを、日本を例に考えてみたい。

日本は、江戸時代という300年間に渡り同一制度のもとに安定した状態が維持された時代を経て現在に至っている。この制度を支えた考え方は、士農工商の職能分離、人の流動性を阻止する藩制度下の地域分割管理などの集団の固定化と、その各集団に対する五人組などの制度手法を用いた連帯責任・相互監察・相互扶助を基本にする制約的管理である。

本論の中で述べたが、同一制度が100年を超えて持続すると、それ以降の人間にはその制度は歴史的な存在として受け止められてしまう。よって、明治以降もその環境的制度を、随時、形を変えながら、拘束力は弱体化しつつあるが継承し続けていると考えられるので、依然、以上の制度的影響は、日本人の行動決定時に環境に内在する制約条件として存在すると思われる。日本の教育現場が少人数の指導者で運用が可能であったのは、この環境制約と教育内容が知識伝承を主たる役目としていることに依存している。

この状態が、具体的に脳の中に行動決定メカニズムとしてどのような情報処理構造を写し込むかを考えてみたい。民衆主義を考えたとき、その中で行動する人間のイメージとしては、自分と環境の関係で、自己目的とその戦略的対象である環境の検証を行うことを通じて、行動の優先

順位を動的に決定し、実行に移すという人間観が想像できると思う。しかし、日本人の脳の中では、次の二つの決定要因が働いて、意思決定がなされている。

一つは、トップダウン的なルールの文書規範で、概略的で運用は権力的になされ、脳の中では既定の存在として受け入れられている。

もう一つは、集団内基準で、上記の概略的トップダウンルールを集団内の都合で解釈し具現化したものと、集団自身の性格に基づき生まれた運用ルールを組み合わせたもので、運用は弾力的で非明示的である。違反をすると村八分（いじめ）のような集団制裁が適用されるか、集団の外に引き渡される。

行動の決定は、上記の決定要因のうちの関係の強いものに基づき、調整的に行われる。現代日本のように実体の集団制約が弱体化した状態では、集団内で限度を超えた行動が思慮なく行われる可能性がある。

以上の様な仕組みになるのは、日本は「4.1 農耕と狩猟」で述べたように、職种的には農業から産業に移行しても生活習慣的環境は継承していることと、文書的で明確な倫理規範を持った宗教のようなものの支配を強く受けていないので、循環的で環境に相対的な性質を持つからである。

4.3 職業選択

日本人の職業選択観とはどのようなものであるかを考えてみる。

人間の自己実現欲求については、マズローが次のような欲求段階説を提唱している。人間は自己実現に向かって絶えず成長するとし、下位から順番に充足後に上位の階層へ移行する欲求過程を5段階に階層化して示した。

- | | |
|---------------|------------|
| 1. 生理的欲求 | 生存上の根源的な欲求 |
| 2. 安全の欲求 | 生存上の根源的な欲求 |
| 3. 親和（所属愛）の欲求 | 集団帰属の欲求 |
| 4. 自我（自尊）の欲求 | 他者認知欲求 |

この階層化は、進化過程での欲求構造の複雑化に対しての意味的分類としてはスマートであると思う。しかし、マズローの「優秀な人はどここの段階を駆け上がるのは速い」との解説は間違っている。人間の生活環境には、最初からこれらの総ての要素が存在している。生後の初期的段階では、接する環境は成長とともに広がっていくが、かなり早い段階でこの系は崩れ、その後において日常的環境に放り込まれたとき、生まれた段階で完成された脳装置は、写し込みを並行的に全階層に対して行うことになる。その結果として、偶然に強く写像が行われた欲求層が行動の支配権を持つ。十分に写像されない層もあるので、層間連鎖は個々の人間に独自なものが形成されていく。マズローは自分の価値観（社会性を高く評価＝現代社会の価値観）で単純に線形進化的に表現したと思われる。確かに、実現欲求対象の社会性が強い程、その実現には、階層を段階的に順番に経過する必要度がより高い。しかし、自己実現は、個人の身体的リズム表現の段階でも実現されるであろう。

以上のような条件下で、日本人の職業選択はどのような傾向を示すかであるが、やはり、「4.1 農耕と狩猟」の構造が原因となり特性が現れることになる。生活環境が安定的で、異質な生活環境と交わる機会が限られる日本社会の職業選択は、自身の生育環境で触れることができる職業を順当に継承する確率が高くなるであろう。また、私が観察した多くの日本人の職能習得の方法は経験的で身体的である。これも、同様な理由であろう。

4.4 責任の捉え方

狩猟型の作業目標は、状況に応じ変動する。そのため、システムには柔軟さが必要とされ、各役割は自律的に働くことが求められる。つまり、それぞれの役割が達成すべき目標は、事前には限定的にしか規定されず、作業を進める過程で具体的な達成目標の設定が行われることになる。そのために、各役割には、その役割以外の他の役割の具体的達成目標を認

識し、それらの全体関係から、改めて相対的で調整的に決定される自身の役割を確認し、その作業を継続的に行うことで、環境の変動に関わらず有効なパフォーマンスを維持し、達成すべき結果を導くことも暗黙の内に義務として課せられることになる。そして、その評価は、結果に対し検証的に行われることになる。

それに対し、農耕社会は、定型的で手続き的な作業で形成され自律的要求が少なく、その作業内容も事前に想定することが可能である。狩猟型の作業内容が状況の変動の影響を受け動的に変化するのと対照的である。農耕においては、目標は具体的な数値的な目標として設定されるので、作業の評価は量的な基準をもって行われ、単純な結果の評価となる。状況に想定外の変動があった場合（台風、病気の流行、など）には、そのような場合の評価の手法を脳の中に思考のメカニズムとして脳関数が形成できていないことより、その問題に対しての対処の仕方が曖昧なものとなる可能性がある。狩猟型の社会における役割が、最終的な結果に対して検証的に評価されるのに対して、農耕型の社会では、最終結果に対して各役割の果たすべきであった責任を明確化して評価し、その内容を反映するための思考方法が欠落しているといえる。

以上に述べた日本の特性を変更したいと考えるのであれば、年少の教育を、現状より遥かに手厚い人材で、システム体験的に行い、文章も構造的な色彩の強いものを取り入れる必要がある。そして、それが実現されるには、数十年単位の時間の経過が求められる。

著者略歴

豊田 誠 システムアーキテクト

大学でネットワークとシミュレーションを学び、卒業後は一貫してソフトウェアのシステム開発に従事。大規模な製品開発を主に行い、アーキテクトとしての仕事を担う。自分の会社を設立後はコンサルタント業務も手掛ける。

特に、マルチメディア・インタフェース技術の分野では、日本への先端技術導入での先駆的な仕事を行い、異分野との共同開発作業で多くの実績を持つ。

現在は、認知科学に基づき、人間とコンピューターとの関係の親和性を高める良質なインタラクション・システムをデザインすることを目指し研鑽を続けている。

1974 年 3 月 電気通信大学電気通信学部通信工学科卒業

1974 年 4 月 (株) 日立製作所にてオンライン制御システムの設計開発業務に従事

1976 年 5 月 富士通 (株) にて大型計算機用 OS の設計開発業務に従事

1981 年 1 月 日本 DEC (株) にてスーパーミニコン VAX の設計開発業務に従事

1983 年 5 月 セゾングループで CG システムの構築と作品制作を行う

1983 年 11 月 NEC (株) にて新入力方式ワードプロセッサの技術開発責任者となり日本語処理研究および製品開発 (文豪) を主導

1984 年 7 月 自らのデザインポリシーを実現する為、システム設計開発会社 (株) セプトエンジニアリングテクノロジーを設立

2003 年 2 月～現在

システム・コンサルタント事務所 T Method に改組

2004 年 4 月～2007 年 3 月 (予定)

自身の業務と平行し産業技術総合研究所ユビキタスイインタラクショングループの招聘研究員として脳の知識処理モデルの研究に従事

本書についてのお問い合わせ先

●内容について

株式会社オンブック
TEL : 03-3719-8617

●印刷・乱丁・落丁などについて

コンテンツワークス株式会社 カスタマーサポート
〒112-0014 東京都文京区関口1-24-8 東宝江戸川橋ビル3F
TEL : 0120-298-956 (フリーコール/平日10:00~17:00)
電子メール : support@bookpark.ne.jp

脳：永遠の不確実性との共生

POD 版

2006 年 11 月 30 日 初版発行

2007 年 3 月 1 日 第 2 版発行

本体価格 2,600 円 (税別)

著 者 豊田 誠

発 行 者 橘川幸夫

発 行 所 株式会社オンブック

東京都目黒区鷹番 2-8-16-102 〒152-0004
TEL : 03-3719-8617 / FAX : 03-3716-8443
<http://www.onbook.jp>

Powered by Contents Works Inc.

© Makoto Toyota, 2006, 2007

ISBN978-4-902950-52-6 C3040 Printed in Japan

ON・BOOK

