

## 本能を活用した意思決定

## Decision Making Using Instinct

福田収一

Shuichi Fukuda

## 1. 激変する現実世界

現実世界は昔から変化していた。しかし、昔は変化が滑らかであり、微分できたので将来が予測できた。しかし、最近では変化がシャープとなり微分できない。そのため将来が予測できなくなった。

また、昔は生活空間も狭く、境界が明確で閉じていた。しかし、世界は急激に拡大しており、現在は境界が消滅した開いた空間となった。そのためパラメータが同定できず、また次元数が急激に増大したので数学的処理が急激に困難となってきた。

さらに、大きな変化はモノ (Material, Product) が材料工学の発達により急激にソフト化してきたことである。従来は、モノはハードであり、そのためハードウェアと呼ばれてきたが、ソフトウェアへと大きく変化してきた。図 1 に激変する現実世界を示す。

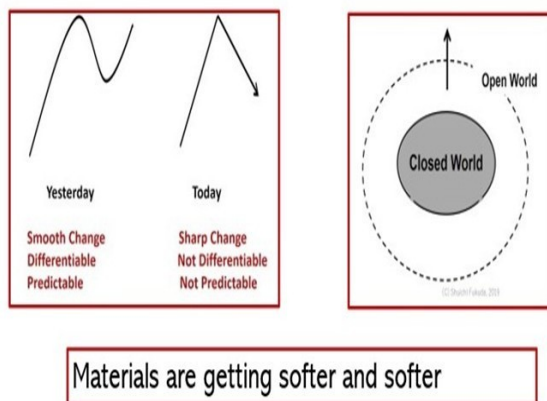


図 1 現実世界の変化

## 2. 生物は Creature. 何を Create する？

生物は英語で Creature と呼ばれる。何を Create するのかと言えば、Create movement to survive で生きるとは「動く」必要があるからであると言う。確かに食べなければ、生きてゆけないし、また植物もまわりの環境、状況の変化に合わせてなければ生存できない。「動き」が生存の基本であることは理解できる。

しかし、動きも人間と他の生物では異なる。人間以外の生物は「今」生きるために動く。一方、人間は未来を考慮することができる。人間も生物であるから、「今」生きるために動かなければならないが、それ以外に人間には「未来」を考え、自分の夢をかなえたいという欲求がある。自然界 (Natural World) にない世界を作りたいという欲求がある。

すなわち、Create movement for now と Create movement for tomorrow が一般の生物と人間の違いである。人間は単に生存のために「動き」を創造するのではなく、まさに新しい世界を「創造」することにその特徴がある。一般的な情報処理は、既存世界の情報をいかに整理し、構造化し知識としてまとめて、効率的に、柔軟に処理するかに力点がある。例えば、DX は、複雑化、多様化する情報を次元を減らし、効率的、柔軟な処理を可能にする。ただし、現実世界はアナログがほとんどであり、例えば人間も細胞というデジタル要素から成り立っているが、いちいち細胞に立ち戻って議論されることはほとんどない。一般的にはその集合体である人間というアナログ要素を基本に議論を行う。すなわち、デジタル化にはどのような視点からデジタル化を行うのがもっとも重要であるが、その視点での議論が実はあまりなされていないことが多い。すなわち、デジタル化とはある目標が決まっているときに、その処理を容易化するために次元の削減を行っているのであり、最近の AI も同様の問題を抱えている。AI はソフトウェアの発達というよりも、むしろハードウェアの発達により従来処理できなかった問題が処理できるようになったのであり、極限すれば、筆者が 50-60 年前に研究していた AI のソフトウェアからの発達はほとんどないと言っても差支えない。現在の AI の素晴らしさは、ハードウェアの目覚ましい発達によるのであり、「自分が若い時にこんなハードウェアがあったらな」と常に思っている。

しかし、AI は現実問題を認知しているのではない。単に大規模な処理を高速で処理できるようになったに過ぎない。

幼児学習の専門家の Jean Piaget は幼児は 2 歳までに現実世界と直接 Interaction し、現実を認識できる能力を有する

ようになることを実証した[1]。またアメリカのスケッチ画家の Betty Edwards は子供は 7 歳までは現実世界を描くが、それ以降は概念を描いていると指摘している[2]。

### 3. 人間の動き

人間の動きは身体の外部の動き Motion と筋肉などの身体内部の動き Motor に分類される。Nikolai Bernstein は Motion について明らかにした [3]、(図 2)。最初の段階では Motion の軌跡は大きくぶれる。しかし、対象物に近づくと筋肉が硬化し、骨格と一緒になり筋骨格系として一体化して動く。そのためこの段階ではパラメータの同定が容易であり、軌道の Control が可能となる。人間の動きの研究の大部分はこの段階を対象としている。

しかし、それではなぜ最初軌道は大きくブレるのであろうか？それは周囲の環境、状況の変化に応じて、身体の部品を総動員して対応しようとするためである。すなわち、Coordination の世界である。

現実世界の変化が激しくなり、その変化に対応するためにあらゆる身体要素を動員して対応しようとしているのであり、Coordination は、Team Formation and Operation の問題に他ならない。

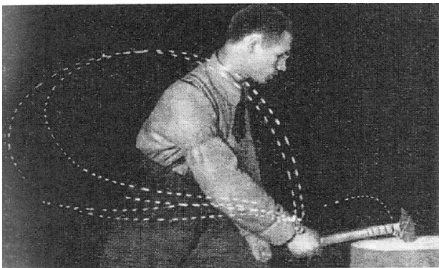


図 2 Motion の軌跡

### 4. 人間の欲求

Abraham Maslow は人間の欲求を明らかにした [4]、(図 3)。最初は、人間も他の動物と同様に食料を確保し、また外部環境から自分を守るモノ (Material, Product) が必要であった。しかし、人間は未来を考えることができるので、次第に技術を磨き、産業革命を達成した。産業革命は分業を導入したので、私達は初めて自分のためではなく、他人のために働くこととなった。しかし、人間は時間がたつにつれて、こうしたモノ (Material, Product) から精神的な満足を求めるようになった。そして、自己実現が人間の最高の欲求であると Maslow は主張している。

また、同じ心理学者の Edward Deci と Richard Ryan は Self-Determination Theory [5] を提唱し、人間は自分がしたいことを自分の意思決定で行ったときに最高の満足、達成感を得ることを実証した。また彼らはそれが人間の成長への欲求も満足することを指摘している。

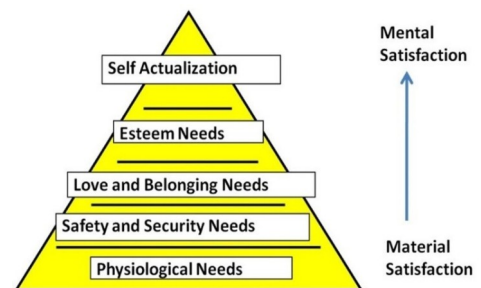


図 3 人間の欲求

### 5. Product から Process へ

人間の欲求は Product から Process へと変化してゆくことが Maslow, Deci & Ryan により明らかとなった。ユーザーから見ると、Product 時代は生産された製品を受け取るだけの単なる Consumer であったが、Process 時代となり、自分が望むようにモノが生産されるので、まさに名前の通り Customer となってきた。実際、例えば有名製品のブランドも昔は名前だけで売れたが、現在は生産する職人などがその苦勞を語ることで Customer を捕えようと努力している。すなわち、単なる名前ではなく、Story の共有を目指している。そこでは失敗は当たり前で、Learning from failure, すなわち、いかに試行錯誤をして新天地を開拓したかという発想、成果を売っている。まさに Pragmatism の世界である [6]。

興味あることに、Emotion と Motivation の語源は同じラテン語 movere である。すなわち、Emotion は状況

によって興味を引き (Motivate)、それを行動に移すことで自分の世界の実現 (move out,  $e=ex=out+Motion$ ) を図る活動をさしており、自分の願いに対応する新世界を開拓しようとする活動である (図 4)。

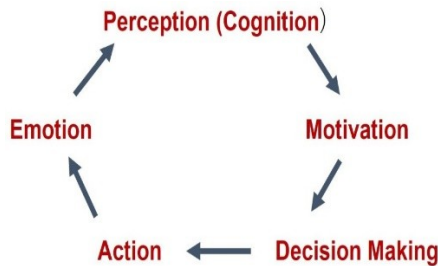


図 4 PMDAE cycle

## 6. Euclidean から Non-Euclidean へ

Product の時代は、そして大量生産が始まるとさらにその傾向が強まり、私達は、定量的、客観的にその価値を評価してきた。それが Euclidean approach である。すなわち、データセットの相互に正規直交性があり、また間隔尺度を基盤にしてきた。ただ、忘れてならない事実は、この間隔尺度の単位は実は身体感覚、すなわち、本能を基礎に定められていることである。すなわち、重さ、長さという概念も、どのように筋肉系を使うかを基礎に決められたことである。この間隔尺度は Cardinal、すなわち、one, two, three,-- という尺度であるが、実は重さという概念だけでなく、その単位も「重い」、「もっと重い」という順序尺度 (Ordinal) を基礎に決めている。すなわち、Euclidean の世界は、まず Non-Euclidean の世界があって、その発展であることを強く認識しておく必要がある。これは Digital ではない Discrete、Analog の世界があることと同じである。Digital と Discrete は異なることも忘れてはならない。Discrete は Analog 世界でも、それぞれの要素が多様、多元化していれば成立している。

これについては 8. Mahalanobis Distance-Pattern (MDP) Approach の章で詳しく論じる。

## 7. Mind-Body-Brain: 気付き、意思決定

ここで Mind-Body-Brain (図 5) について考える。図から分かるように現実世界と直接 Interaction しているのは Body である。Brain は Body が修得した情報を整理し、構造化して Knowledge として処理する。したがって、対応に時間遅れがあり、しかも、Knowledge は個人、個人の経験の集積であるから、客観性はなく、過去の個別の情報にしか過ぎない。一方、Body は直接、real time で Interaction をしている。

Mind は Body と Brain を含んでいる。そのため、誰かに「意思決定を」と依頼するときには”Make up your mind”と言う。

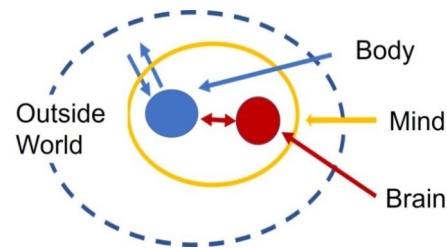


図 5 Mind-Body-Brain

オーストラリアの Peter Godfrey-Smith は Other minds: The Octopus, the sea, and the deep origins of consciousness というきわめて興味深い本を出版している [7]。蛸は子供を産むとすぐに死んでしまう。そのため知識を継承することがなく、それぞれの蛸が自分の本能だけで生きている。しかし、蛸は「逃亡の名人」と呼ばれるようにどのような状況からでも脱出する。驚くべきことにネジ付きの容器からでも脱出する。蛸は大きな頭を持っているが、脳は小さい。その脳力は犬と同程度である。しかし、蛸は 8 本の足を巧みに動かして状況を判断し、適切に対応してゆく。これは蛸が非脊椎系では唯一鏡を見て自分が写っていると認識できることと関係している。すなわち、身体感覚が抜群に優れているのである。脊椎系では人間と猿しか鏡像の自己認識能力がない。しかし、猿は別にして人間は頭で鏡は自分を写していると理解しているので、蛸のようにまったく身体感覚だけで鏡像の自己認識ができるのかは正直疑問である。

図 6 に蛸と人間の比較を示す。Intelligence の語源は Understand である。この Understand とは状況を認識し、理解することを示している。すなわち、蛸は Body Intelligence であるが、その Intelligence は本来の

Intelligence である。言い換えれば、蛸の Intelligence は Wisdom (知恵) である。一方、人間は Knowledge (知識) を基本に対応している Brain Intelligence である。

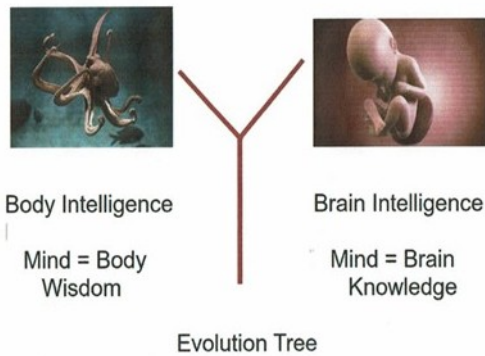


図 6 蛸と人間

## 8. Mahalanobis Distance-Pattern (MDP)

福田は以前顔表情からの感情抽出の研究を行っていた。様々な画像処理の手法を適用したが、時間が非常にかかり、また満足ゆく結果が得られなかった。こうしていろいろと試みているうちに、突然、マンガを見ているときは即登場人物の感情を理解できることに気づいた。当時のマンガは白黒が大部分で、非常に簡単なものであった。しかし、即感情を理解できる。そこで、マンガの感情モデルを作り適用したところ実に簡単に、短時間に感情を判定できた。

また、これを契機に音声からの感情抽出も行ったが、同様に成功した。これらの研究から、時間的に変化を追求するのではなくフーリエ変換をしてスペクトルとしてパターンを基本にすれば容易に判定できることを明らかにした[8]、(図7)。

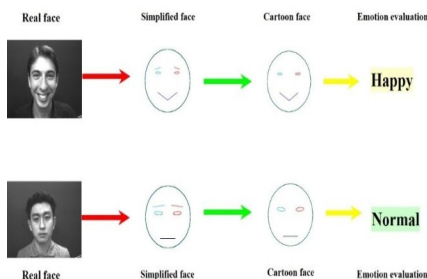


図 7 マンガモデル

筆者達はクラスター分析を基本にこのマンガ顔モデルを生成したが、当時ほとんど同時に品質管理の田口玄一が Mahalanobis-Taguchi System を出版し[9]、Mahalanobis Distance (MD)を利用すれば、品質を工場など全体を基本に望む品質と比較し、品質のマネジメントができることを示した。

それまでの品質は品質管理であり、個別の要素ごとに品質を Control する必要があった。しかし、多くの企業ではそれは実際上実行不可能であった。そこに田口は現実に行われている品質のマネジメント方法の適正化を示したので、多くの企業に喜ばれた。

### 8.1 Mahalanobis-Taguchi System (MTS)

MTS を数字の 2 を例に説明する。数字の 2 は人により、また同じ人でもその時により、いろいろな 2 を書く。それらをパターン化し平均する。その標準的なパターンの 2 を基本 (田口はこれを Unit Space と呼ぶ) にして、そのパターンとどの程度離れているかを Mahalanobis Distance (MD)で評価する。事前にどの程度 Unit Space からはなれていても 2 とみなせる限界を定義し、MD を計算して、MD が限界値以内であれば数字の 2 とみなし、MD が限界値を超えていれば数字の 2 とはみなさない (図 8)。MTS は静的なパターン照合である。

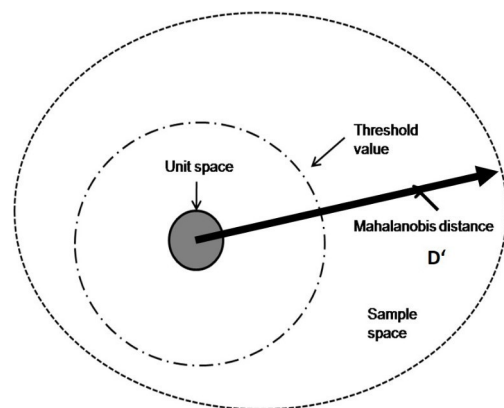


図 8 Mahalanobis-Taguchi System



## 8.2 Mahalanobis Distance (MD)

MD は点 P が、一つのデータセットの平均からどの程度離れているかを示す (図 9)。

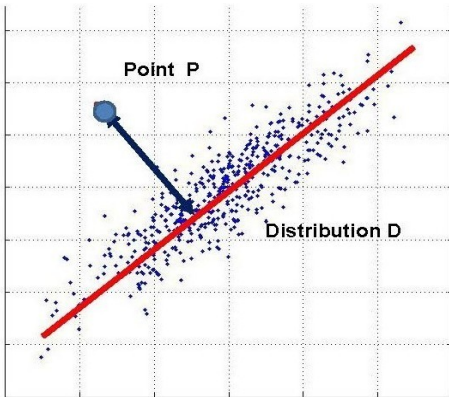


図 9 Mahalanobis Distance (MD)

## 8.3 動的なパターン照合

MTS は静的なパターン照合であったが、RNN (Recurrent Neural Network) を導入すれば動的なデータセットへの対応が可能となる。ただし、RNN は各ノードをつなぐリンクへ重みをランダムに割り当てる。そのため、ブラックボックスとなり外部から操作できない。しかし、Reservoir Computing (RC) を導入すれば出力部において調整ができるので、システムを望むように操作できる (図 10)。

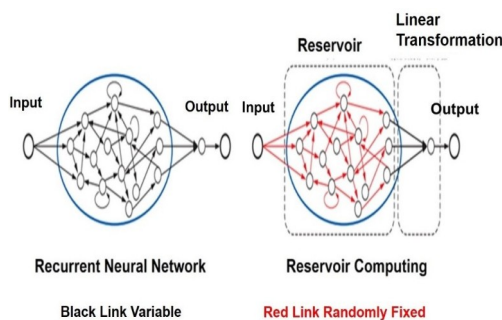


図 10 Reservoir Computing

RC のもう一つの大きな利点は Micro Technologies が利用可能となることである。したがって、sensor, actuator をきわめて微小にして身体の一部とすることが可能となる。これまでは sensor がデータを検出すると、そのデータに応じて actuator が稼働するという逐次方式であったが、このように微小となるとその一体化が可能となり、sensor, actuator を同時に稼働できる。

さらに、sensor, actuator が大きい時には、機械に人間が指令を出し、それに従って機械が動く、機械と人間の世界は分離した世界であったが、機械と人間がチームとして一体化されるので、Kevin Ashton が言う Thing Team が実現できる [10]。言い換えれば、人間機能の拡充 (Human Enhancement) が実現できる。すなわち、本能の拡充が可能となり、認知、判断能力が大幅に拡大できる [11]。

## 8.4 水泳を例に

MDP を分かりやすくするために水泳を例にして説明する (図 11)。水泳では周囲の水は絶えず変化しているので数式的処理ができない。また、人間の身体は個人、個人で大きく異なり、また筋肉などの動かし方も個人、個人で大きく異なる。そのため、例えば、優れた泳ぎのビデオなどを見てもほとんど参考にならない。水泳は自学自習で修得せざるを得ない。そこで泳者に wearable sensor をつけるか、その動きをビデオなどで記録する。すると図の右側にあるような data sheet が得られる。各行はそれぞれの位置の筋肉の動きを表している。そしてある時点  $T_1$  と  $T_2$  の MD を計算し、MD が減少していればその筋肉の動作は適当であり、MD が増大しているようであれば、その筋肉の動かし方を変えて適正化を図らなければならない。このようにして筋肉の Performance Indicator の役割を果たすのが MDP である。言い換えれば、時々刻々大きく変化する状況に対応する Team Formation and Management のツールを開発したことに相当する。それぞれの筋肉が Player であり、それらの筋肉が Team となり、適切な協働をするような支援を行うツールが MDP である。

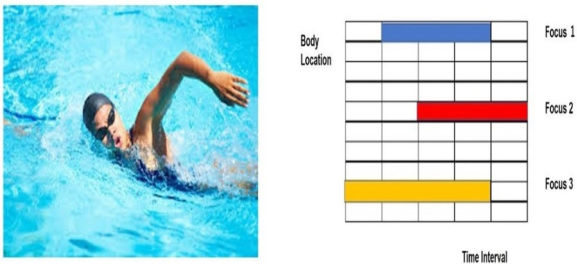


図 1.1 Mahalanobis Distance-Pattern (MDP)

## 9. おわりに

これまでは Product 中心社会であったために、情報処理も定量化、客観性を重視し、いかに問題を効率的に、柔軟に処理するかに力点があった。計算機も 0-1 を基盤としているために、このような問題解決を重視した対応が非常に効果的であった。最近、話題の DX, AI はこの立場での発展である。

しかし、人間が細胞から個別の人間を産み出し、それらが個性を持っているように、分割化ではなく、逆に情報を統合化し、それらに個別に個性を持たせる統合化が、これからは重要であると筆者は考えている。それは現在は Process の時代であり、Process は個人、個人によりどのように挑戦するかが異なり、その挑戦自体が自己実現となり、人間のもつ最高の欲求を満足するからである。

たとえば、音楽は音符があり、そのとおり演奏することは容易である。しかし、なぜ音楽会などへ行くかと言えば、演奏者、指揮者の演奏の仕方とその個性を感じ、共感するからである。これは絵画でも同様で、同じ絵で感動していても、その感動はそれぞれ別の視点からの湧き出たものである。

情報もこれからはこのようにそれぞれの視点から個性を産み出し、その個性に共感する人達で Emotional Group を形成する時代となったと筆者は考えている。そのためには、本能の活用をもっと図るべきであり、本能を支援するツールが必要である。そうした視点から一つの本能支援ツールを開発した。この支援ツールにより、感動の共通の場 (Emotional Platform) を形成できることを期待している。こうしたツールの開発は、人間拡張 (Human Enhancement) につながるので、いろいろな

ツールが今後開発されることを望んでいる。

## 参考文献

- [1] <https://www.simplypsychology.org/piaget.html>[1]
- [2] Edwards, B. Drawing on the right side of the brain: a course in enhancing creativity and artistic confidence, Los Angeles, J. P. Tacher, 1979.
- [3] Bernstein, N. A. The co-ordination and regulation of movements, Oxford, Pergamon Press, 1967.
- [4] Maslow, A. H. A theory of human motivation, Psychological review, Vol. 50, No. 4, pp. 370-396, 1943.
- [5] Deci, E. L., Ryan, R. M. Intrinsic motivation and self-determination in human behavior, Springer, 1985.
- [6] 魚津郁夫 プラグマティズムと現代、放送大学教材、1997.
- [7] Godfrey-Smith, P. Other minds: the octopus, the sea, and the deep origins of consciousness, New York, Farrar, Straus and Giroux, 2016.
- [8] Kostov, V., Fukuda, S., Johansson, M. Method for simple extraction of paralinguistic features in human face, Image & Visual Computing, The Journal of the Institute of Image Electronic Engineers of Japan, Vol.3, No.2, pp.111-125, 2001.
- [9] Taguchi, G., Chowdhury, S., Wu, Y. The Mahalanobis-Taguchi System, New York, McGraw-Hill Professional, 2000.
- [10] Ashton, K. That 'internet of things' thing, RFID Journal, 22, June, 2009.
- [11] Fukuda, S. (ed). Emotional engineering, Vol.9, chapter 2, London, Springer, 2022.