

# 戦略意思決定デザイン

## Design for Strategic Decision Making

福田収一（慶應義塾大学）

Shuichi Fukuda, Keio University, SDM Research Institute, 4-1-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, 223-8526, Japan,  
shufukuda@gmail.com

キーワード: 戦略意思決定、非ユークリッド空間、マハラノビスの距離、パターン、パフォーマンス・インディケータ

### 1. はじめに

Design の語源は「企画する」、「計画する」である。しかし、日本ではデザインには企画、開発が含まれていない例が多い。もっとも、インダストリアルデザインは企画、開発と言えるかもしれない。しかし、本稿が基本的に対象としているのはエンジニアリング分野のデザインである。エンジニアリングデザインにおいては、これまでいわゆる設計と呼ばれる詳細設計、あるいはその前段階の設計であっても、基本的には製品設計であり、企画、開発は含まれてこなかった。実際、企業においても、企画、開発部門と設計部門は別である。設計部門は人も多く、活発に活動しているが、企画、開発部門は人も少なく、あまり目立たない。

ただし、最近では新しい市場を開拓する必要があるから、自社で手掛けていない市場への進出を狙って M&A を仕掛ける例が増えている。しかし、大多数の日本企業は、他分野で成功している企業を単に買収するだけであり、自社の資源（企業活動、人員、資金など）との関連性を考えず、その企業が成功しているから買収するという例が大部分である。そのため、失敗も多い。また、失敗とは言えなくても、それを自社の発展に結びつけた例はきわめて少ない。

### 2. 激変する環境

社会環境が激変しているが、一番変化したのは変化である。これまでは変化が緩やかであったので、微分でき、将来を予測することができた。しかし、最近では変化が頻繁に、広範囲で生じるだけでなく、変化が鋭いので、微分できない。したがって、将来を予測することができない。また、生活圏も小さく、閉じて境界が明確であったので、数式的処理が容易であった。これまでは、将来が予測でき、しかも、数式的処理も容易であったので、Product、Control が基本となってきた。すなわち、Product の機能をいかに向上させ、その機能を保持するかが焦点であった。

しかし、環境、状況が激変するようになり、Product の使用状況も予測できなくなったために、いかに激変する状況に対応するか、すなわち Process が重要となってきた。言い換えれば、これまでのエンジニアリングは、戦術であり、問題解決が主体であり、いかに効率的な戦術を開発するかが重要であった。しかし、環境が激変するようになり、いかにその変化に対応するかの Process が重要となり、戦略的な意思決定が重要となってきた。すなわち、目標探索、問題設定が重要となってきた。

Control、Product が中心の世界は基数の世界とすることができ。すなわち、One, Two, Three である。基数の

世界であれば、どのような環境、状況でも数値は変わることはない。One は誰がどのように見ても One である。そして Data は数値を意味していた。しかし、環境、状況が激変する今日では戦略的意思決定が重要となり、それは序数の世界である。すなわち、First, Second, Third である。そして Data も情報を意味するようになり、幅広い情報を基礎にしてどのような意思決定が適切か順序づけをすることになる。別の言い方をすると、これまでのエンジニアリングは、「この道一筋一本道」であったが、これからは、幅広く回りを見渡し、新しいアイデアがないかと探索することがより重要となる

もう一つ重要な環境の変化は、材料のソフト化が急速に進んでいることである。これでの Product はまさに Hardware という言葉が表すように、ハードで変形しなかった。したがって、遠くかつまらでも、眼で見るだけで、それをどのように扱えばよいか即理解できた。しかし、今は材料工学が急速に進展し、材料のソフト化が進んでいる。そのため、実際にその Product に触れてみないとどのように対応すべきかが分からない。上から摘めばよいと思いき、摘まんだところ変形が激しく、舌から支えて対応する必要があることが、実際に触れてみて初めて分かる。

これが産業用ロボットとなると問題はもっと深刻化する。産業用ロボットは、以前は人間が個々に Teaching をしていたが、多種化が進み対応できなくなり、計算機処理で対応するようになった。しかし、Product がハードであれば、その対応は、計算機が得意とする障害物回避のプログラムで対応できる。しかし、Product がソフト化すると、ロボットはまず実際に Product に触れ、その取扱いを判断し、対応しなければならぬ。すなわち、人間と同じ手順で意思決定をし、その動作を決定する必要がある。皮肉を言えば、材料がハードであった時代には計算機（ロボット）も力学という知識処理をしていればよかったが、材料がソフト化すると、計算機（ロボット）は人間的な判断、動作が必要になる。計算機は数値処理をする Hardware であり、ロボットが人間化する Software となった。もっとも、実は計算機の世界でもソフト化が急速に進みつつある。これまでの数値処理を中心とした計算機処理から、最近では量子コンピュータが急速に重要化してきた。量子コンピュータは、数値ではなく、操作方法 (Operation) を問題にする。そして数値が多少ばらついていても問題にしない。これはまさに人間の処理である。

### 3. 人間と計算機、ロボット：その違い

前章で、計算機、ロボットが次第に人間の動作と同じ処理をする必要が急激に増大し、その対応が進んでいること

を述べた。しかし、いまだに人間と計算機、ロボットの間には大きな相違がある。本章では、それについて考える。

### 3. 1. 新しい発想

人間に特有で、計算機、ロボットにない能力の一つは新しい発想を生むことである。もっとも、原理はわかっているが、その利用を考えていない場合（それが以下の2件であるが）、計算機はデータベースとして、そのような対応方法があることは検出できるが、それをどのように利用するかについての新しい発想を提供することはきわめてむずかしい。ここでの新しい発想とは、原理は既知であるが、それをどのように利用するかという知恵を指している。すなわち、知識処理は計算機は可能であるが、知恵の創出はむずかしい。

#### 3. 1. 1. 空気から水を作る

空気から水が作れることは既知であった。しかし、ほとんどの人がこれをある意味でジョークのように捉えていた。技術屋も同様であった。水は水源から送水管で運ぶというこれまでの活動に深い思い入れがあり、それを全く新しい視点から検討しようとはしなかった。

実は講演者は長い間非破壊検査に関係したが、非破壊検査では傷が発見され、その傷の種類が分かると驚くほどのレベルでその対応策が分かる。しかし、欠陥があるのか、また欠陥を発見できても、その欠陥の種類がどのような欠陥であるのか判定できるのは人間である。さまざまな技術が開発されているが、最後の診断は人間が行っている。これはまさに医療の世界と一緒である。医者が高給を得ている理由は、診断をしているからである。診断が確定した後の治療が、現在の非破壊検査である。診断とは認知であり、人間が意思決定をするうえでの状況認識である。診断をデザインと言う人は少ないが、実は、診断は重要なデザイン活動である。それはデザインのラテン語の原義、「計画を立てる」という意味からも明らかである。診断とは状況を見て、どのような治療をすればよいかの計画を立てることだからである。

「空気から水を作る」という知識はあったのであるが、それを実用化すればどのような利点があり、他の方法（既存の方法も含めて）でどのような優位性があるか考えることがデザインである。すなわち、治療も、またビジネスも他の方法と比較してどのような優位性があることを検討するという点はいずれも同じであり、戦略的な意思決定であり、デザインに他ならない。

詳細は省略するが、再生エネルギーを使い「空気から水」を作れば2セントでできることの報告がある<sup>(1)</sup>。まさに、水が空気のようにただで利用できる。そしてその施設の管理に要する費用もきわめて少ない。さらに驚くべきことにMIT, CMUは空気から水をつくる水筒を作った<sup>(2)</sup>。この水筒をもってあれば地球上のどこでも、砂漠でも水に困ることはない。技術屋は現技術にこだわってはいはダメで、いかに既知の知識を有効活用するかという、現有資源の最大活用を目指すべきである。これがアメリカの大統領Theodore Rooseveltが主張する開拓での基本“Do what you can, with what you have, where you are”である。技術屋は日々開拓をすることがこれからの使命であり、いまや改善の時代ではない。

#### 3. 1. 2. 垂直農業

最近タワーマンションの売買価格が不動産業界で話題となっている。これまでは駅に近いというような点が共通の指標であったが、COVID-19によりテレワークが進み、顧客

の要求が急速に多様化し、さらに多くのタワーマンションの経年劣化も目立ってきたからである。こうした状況の中、高層建築を利用して農業をしようという垂直農業が出現し、急速に注目を集めている。これは「空気から水」という既存知識の活用し、実用化を目指した活動ではなく、実用の視点から逆に技術開発が進んでいる例である。垂直農業は急速に普及しつつあるが、これが普及すれば、物流も大きく変化するであろうし、またタワーマンションの売買も、建物だけの価格でなく、こうした利益を生むビジネスも加味されて査定されるので、不動産の売買が大きく変動する。すなわち、不動産ではなく、動産として売買が進むようになり、また物流も大きく変化する。高齢化が進む現状では物流の改革の必要性が増大してきており、2050年には物流は少子高齢化、エネルギー問題などのためはや現状の物流は消滅すると指摘されている。高齢者の都市への移動はますます進むと予想され、そこで食料を調達できれば、高齢者にとって非常にうれしいだけでなく、物流業界も、はるかに低いコストでサービスを提供できる。

### 3. 2. 意図を察する

人間とロボットの相違は、現状ではロボットは人間の意図を察して動くことはできない。それでは、Ashtonが、IoTで主張する、人間と機械が同じチームでプレイするThings Team<sup>(3)</sup>を構成するためにはどうすればよいか？それを以下で議論する。

## 4. Key Performance Indicator

現在のコンピュータは基数(Cardinal)基盤である。すなわち、数値、One, Two, Threeを処理する。Oneはどこから見てもOneであるから、状況には依存しない。しかし、量子コンピュータは数値データに固執せず、操作方法(Operation)を見出すことを第一と考えている。これはコンピュータが人間に一步近づいたと言える。すなわち、量子コンピュータはどのOperationがよいか判断し、First, Second, Thirdと順位をつける。すなわち、序数(Ordinal)基盤である。

この順位は状況に応じて変化する。そこで重要となってくるのは、この順位付けがいろいろな場合に対しても、できるだけ統一してより広い範囲で適用可能とすることである。これは序数の世界に統一的なPerformance Indicatorを持ち込むことに相当する。ビジネスの世界で言われるKPI(Key Performance Indicator)である。

## 5. ユークリッド空間、非ユークリッド空間

4章の内容を、別の表現で表せば、これまでの基数基盤の方法はユークリッド空間アプローチであり、序数基盤の方法は非ユークリッド空間アプローチである。ユークリッド空間アプローチはデータセットが正規直交性、間隔尺度(単位のある距離)という制約を満足することを要求する。しかし、現実の世界は激変しているため、様々なデータがデータセットに含まれ、この制約を満足しなくなっている。すなわち、これからは非ユークリッド空間アプローチを採用せざるを得ない。

それではどのようにすれば非ユークリッド空間アプローチであるが、KPIとしてパフォーマンスを統一的に処理できるであろうか？

## 6. 序数尺度(順序尺度)

そのためには様々な状況に対応できる序数尺度を決める必要がある。さて、そうした尺度としてもっとも手近にあるのがマハラノビスの距離(MD)である。Mahalanobis が提唱した順序尺度であるが<sup>(4)</sup>、彼は実験計画法が専門であり、実験計画法のデータを向上させるために、外れ値を除去することを目的として提案した。

しかし、データセット間の関係を無視すれば、MDはあるデータセットから、ある点がどの程度離れているかを表しているため、非ユークリッド空間の順序尺度として利用できる。

## 7. 共通プラットフォーム

順序尺度は MD が利用できるが、それでは様々な状況において共通に利用できるプラットフォームについてはどうすべきか？私達は、言語を使い始める以前はお互いの動き(変化)を見てコミュニケーションを行っていた。それは動きを見ることにより相手の意図を察知できるからである。生物は英語で Creature と呼ばれるが、何を Create するのかと言えば動きである。生物は動きを創造して生存している。すなわち、動きをみれば、その人の意図を察することができる。

イメージは非言語情報を伝える。そしてイメージはピクセルのパターンとして表現できる。すなわち、パターンを共通プラットフォームとして活用することができる。

福田らは顔表情からの感情抽出の研究を2000年ごろに行っていた。さまざまなイメージ処理方法を適用し検討したが、時間が非常にかかり、しかも満足のゆく結果が得られなかった。そうした研究の途中で、福田がマンガの登場人物の感情は即理解できることに気付いた。しかも当時は白黒の2値画像であった。早速マンガを基本にしたモデルを作成し適用したところ、実に簡単に、短時間に望む結果を得ることができた<sup>(5)</sup>。

## 8. Mahalanobis Distance-Pattern (MDP) Approach

以上の研究成果を基本に福田が提案するのが MDP である<sup>(6)</sup>。すなわち、順序尺度として MD を使い、共通プラットフォームとしてパターンを活用する。動きであるので、動的数据を処理する必要がある。そこで RNN (Recurrent Neural Network) を用い、さらに Reservoir Computing を導入することにより、出力部の調整が可能となり、さらに Reservoir Computing はマイクロテクノロジーの利用を可能とするので、人間と機械を一体化した、IoT が目指す人間と機械が同じチームで活躍する Things Team を構築することができる。

## 文 献

- (1) Feldman, R.: 日本 MIT 会講演会、2020.
- (2) <https://news.mit.edu/2017/MOF-device-harvests-fresh-water-from-air-0414>
- (3) Ashton, K.: That “Internet of Things” Thing, RFID Journal, 22, June, 2009.
- (4) Mahalanobis, P. C.: On the Generalized Distance in Statistics, Proceedings of the National Institute of Science of India, Vol.2, No.1, pp.49-55, 1936.
- (5) 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 Electronics Engineers of Japan, Vol.30, No.2, pp.111-125, 2001.

- (6) <https://www.springerprofessional.de/en/move-ahead-with-mahalanobis-distance-pattern-approach/18251734>