

No.152

March 28, 2013



Information

講 演

2011年7月27日(水)・第169回談話サロン(芝浦工業大学芝浦キャンパス)

講師・演題

福田収一：「EmotionとEngineering」

社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

日本工学アカデミーの使命

社団法人日本工学アカデミーは、広く学界、産業界及び国の機関等において、工学及び科学技術並びにこれらと密接に関連する分野に関し、顕著な貢献をなし、広範な識見を有する指導的人材によって構成されており、工学及び科学技術全般の進歩及びこれらと社会との関係の維持向上を図るため、下記の諸活動を通じて、我が国ひいては世界の発展に資することを目的とする。

記

- 1) 国内外の工学・科学技術政策、教育等に関する調査研究、提言活動を積極的に行う。
- 2) 国内外における学際・業際的及び新技術領域の活動を推進することに資する調査研究等の諸活動を積極的に行う。
- 3) 国内外の工学、科学技術の健全な進歩発展に寄与するための教育活動、及び一般に対する普及、啓発活動を推進する。
- 4) 上記の諸活動を効果的に実施するため、国内外の諸団体、特に海外の工学アカデミーとの連携を強化し、共同事業等を推進する。
- 5) 上記の一環として国際工学アカデミー連合の主要メンバーの一員として、特に近隣諸国における工学アカデミーの設立に対して、良きアドバイザーとしての責務を果たす。

2000年7月19日理事会

演題：Emotion と Engineering

講師：福田 収一

趣旨:Emotion（感情）は再現性を尊ぶ工学では非合理的であるとして排除されてきた。しかし、Emotion はラテン語の move out が原義であり、Motivation と語源は一緒である。したがって、人間の行動と深く関係し、状況が大きく変動する未知世界の開拓ではきわめて重要な役割を果たす。また脳科学も感情と理性が不可分であることを実証しつつある。今回は、デザイン工学を中心に、大域最適、強化学習、意思決定、意図理解などにおける Emotion の果たす役割、その重要性を述べる。さらに、今後 BoP(Bottom of the Pyramid) の発展により現在の交換分業経済の継続が急速に困難となり、自己発展経済へと移行する必要性、その可能性が大きいことを指摘したい。自己発展経済システムの構築には感情が大きな役割を果たすと期待される。

講師紹介：1972年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了（工学博士）。東京大学精密機械工学科勤務を経て、1978年大阪大学溶接工学研究所助教授（協調工学の研究）。1989年東京大学生産技術研究所助教授(客員、併任)を経て、1991年東京都立科学技術大学生産情報システム工学科教授。工学部長、図書館長、東京都大学管理本部産学公連携推進室室長（併任）、West Virginia University, Stanford University, 大阪大学の客員教授を勤め2007年定年退職。以後、Stanford University, Consulting Professor, 放送大学、Cranfield University 客員教授（いずれもデザイン工学）。現在の関心 Emotional Engineering, 協調工学、技術経営。

* 本文は談話サロンでの講演を改めて書き下ろしたもので、後半に収録した当日のパワーポイントとは1対1の対応をしていない。

Emotion と Engineering

福田収一 (Stanford University)

1. はじめに

Emotion(感情)は再現性を尊ぶ工学では非合理的であるとして排除されてきた。しかし、Emotionはラテン語の move outが原義であり、Motivationと語源は一緒である。したがって、人間の行動と深く関係し、状況が大きく変動する未知世界の開拓ではきわめて重要な役割を果たす。また脳科学も感情と理性が不可分であることを実証しつつある。今回は、デザイン工学を中心に、大域最適、強化学習、意思決定、意図理解などにおける Emotionの果たす役割、その重要性を述べる。さらに、今後 BoP (Bottom of the Pyramid)の発展により現在の交換分業経済の継続が急速に困難となり、自己発展経済へと移行する可能性が高いことを指摘したい。自己発展経済システムの構築には感情が大きな役割を果たすと期待される。

2. 感情と Emotion

題目が「Emotion と Engineering」と英語になっているが、Emotionは日本語の感情と少し異なる。そこで、あえて英語の題名とさせて頂いた。もともと、実は日本語の感には触れるという意味があり、触れて情を生じるのであるから、その意味では感情も Emotionと同じような意味を持っていると考えられる。しかし、一般的に言われている感情は英語の Emotionとは少し異なる意味で使用されている。ここでは感情=Emotionとして考えて頂きたい。Emotionはラテン語の Ex (=Out)+ Movere (Motion)であり、主体的に外へ起こす行動をさしている。また動機の Motivation, Motiveも同じ Movere から来ており、いずれも Motion (動き)と関連している。

また工学とせずに Engineeringとした理由は学問としての工学よりも広い意味で、ビジネスも含めて Engineering全般を考えたいからである。

3. 品質機能展開 (Quality Function Deployment)

QFDが工学において重要な役割を果たすことは周知のとおりである。しかし、機能を表現するのは動詞である。さて、日本で開発されたQFDがなぜアメリカから広まったのであろうか?筆者はその理由は日本語と英語の違いにあると考えている。英語は、日本語の「たたく」、「焼く」に相当する動詞がたくさんあり、それが状況を表現している。また英語は

言語自体動詞が基本であり、動的な言葉である。一方、日本語は名詞が主体で静的である。したがって、お客が品質（ここでは期待する機能）を述べたときに、英語の場合は即ほぼ状況が把握でき、技術機能に容易に展開できるが、日本語の場合は状況を改めて確認する必要がある。これが多分 QFD がアメリカから広まった大きな理由であろう。

機械工学の基礎は力学であるが、力学とは動きの学問であるから、動詞と深く関係している。

4. 人工知能(Artificial Intelligence)

さて、ハードウェアの世界で QFD が重要な役割を果たしたように、ソフトウェアの世界で AI は大きな役割を果たした。それまでは手続き型として知られていたプログラミングで、グラフのリンクはどのリンクも単に処理順序を表現するだけであった。言い換えれば、手続き型ではノードが重要で、リンクはいわば副次的な意味しかなかった。

AI はリンクにさまざまな意味を持たせ、リンクの意味に応じて、パターン（記号）を基礎にプログラムが処理される方式へと大きく転換させた。AI の導入時にプログラミング言語として Prolog が話題となったが、Prolog は、一階述語論理を基本にしている。パターン駆動とは、リンクに意味を持たせ、ある処理をした後に、どの処理を次に行うかをリンクの意味（正確には記号のパターン）で判断して、処理を進める方式である。Prolog では、このリンクに動詞をあてる。

AI は、問題が複雑となり、従来の手続き型では対応ができなくなり、そうした複雑な状況下でも、計算機がその解決に相当と思える処理を次々とリンクの記号のパターンに応じて処理をしてゆく。計算機を人間に例えれば、複雑な状況下で、状況の変化に応じて適切に意思決定をして行動してゆく方法が AI である。

従来の手続き型は、それまでに構築された知識を適用して処理をしてゆく方式であり、「考えてから歩く」方式であった。しかし、AI は、知識よりも、むしろ状況判断を重要視した方法であり、「歩きながら考える」方式である。

動きとは変化であり、行動である。人間の場合、次にどのような行動を取るかは重要である。しかし、どのような行動を取るにせよ、その基本にはなにがしかの動機がある。したがって、動機に基づいての行動は実は英語の Emotion と深く関係している。Motivation と Emotion はサイクル関係にある。

AI の分野で GPS (General Problem Solver) を開発した Simon は、限定合理性を唱えた¹⁾。経済主体は限定された範囲では合理的に行動するが、問題が大きくなり、複雑となると計算量が爆発し合理的対応ができなくなり、Emotion に基づいて行動すると主張した。Keynes も短期期待では経済主体は合理的に行動するが、長期期待となると Emotion で行動すると述べている²⁾。

この Emotion を日本語の感情と直接対応すると違和感があるかもしれない。しかし、Emotion を move out として理解し、上記のプログラミングの世界と対比して考えると理解しやすい。プログラミングの世界では、問題があまり複雑でないうちは、手続き的な対応

で、問題が複雑となると動詞を主体にしたパターン駆動へと変化した。社会が複雑化し、ますます予期ができない状況となっている今日、従来の合理的アプローチ（いわば手続き的）だけでは対応できず、動詞と深く関係する Emotion を考慮したアプローチの必要性が増していると言うことができよう。

5. 感情

英語の Emotion は工学と関係しそうであるが、日本語の感情は Emotion とは異なるのではないかという議論があるかと思う。たしかに、幸せなどの感覚は、長期的で、英語では Mood であり、Emotion と多少異なるとも言える。しかし、怒りなどの短期的な場合は情動と呼ぶが、これも感情である。例えば、怒りの場合は、脳の情報処理機構に割り込みが入り、その処理を優先する。感情を考慮している工学の一つに防災工学がある。火事などの場合、他にドアがあるにも関わらず、皆が同じドアに殺到して多数亡くなる例が少なくなる。これは割り込み処理が優先し、他の処理（広い視野で眺めてみる）がされないためである。この場合は、感情が意思決定、行動に関連しているので、Emotion に対応していると言えるであろう。

また、幸せなどの長期的感情も経験がその背景にあると考えられる。経験は活動の結果として生じる。すなわち、Motivation-Emotion サイクルの時間的経過が経験であるから、その意味では Emotion の問題であると解釈できる。

6. Closed World と Open World

20世紀は生活圏が狭く、状況の変化が少ない Closed World であった。境界は明確であり、住んでいる世界が狭いので、目標も容易に見出すことができた。また境界、条件が明確であるから、集合論が適用でき、帰納、演繹的アプローチが可能であった。20世紀の世界を例えれば、鉄道、農耕に相当する。鉄道は線路があるので、目標は明確であり、いかに早く、あるいは安く行くかだけを考えればよい。そして出発前にどの路線で、どの列車でゆくかを定めることが重要であるから、最初に決断することが重要であった。農耕は耕地が決まっているので、経験により知識を深め収穫を上げてゆくことができる。まさに帰納、演繹の世界である。こうした時代は予測が可能であり、戦略よりも戦術が重要であった。すなわち、世界が狭いために、そこには山が一つしかない（単峰）ので、その山にどのように登るかが問題であった。

しかし、21世紀となり生活圏が急激に拡大し、状況の変化が著しくなってきた。いわば航海、狩猟の時代となってきた。いずれも予測することは容易ではない。航海では今日はよい天気でも、明日は嵐となるかもしれない。嵐がくれば予定しない港へ寄港せざるを得ないこともあれば、最終目的地へ到着できないこともある。そうなれば、一体なんのために航海に出たのかと改めて航海の目的を検討する必要がでてくる。狩猟では、どんな動物に遭うか分からない。世の中は弱肉強食であるから、相手の動物がどんな動物であるかなどと考える前に、相手が自分より強いのか、弱いかを判断する必要がある。さもないと、

逆に自分が喰われてしまう。すなわち、こうした世界では状況判断力が知識よりも、そして戦略が戦術よりも重要となってくる。

さて、Open Worldにもいくつかの異なる Open Worldがあることに注意する必要がある。いま、Worldを境界 (Boundary:B), 対象 (Object:O), 問題解決方法 (Process:P) で分類してみると、未知 (Unknown:U), 既知 (Known:K) の二通りの場合があるので、 $2^3 = 8$ 通りの組み合わせで表現される (表1)。

表1 Worldの分類

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
B	K	K	K	K	U	U	U	U
O	U	K	U	K	U	K	U	K
P	U	K	K	U	U	K	K	U

このうちI, Vは問題にならないので除くと、IIが典型的な Closed Worldの問題となる。また、IVも問題解決の方法を発見すればIIとなる。IIIはいわば学者やベンチャーの世界であり、境界も方法も分かっているが、それを適用する対象が不明な場合である。したがって、II, III, IVは内容的に異なる点があるにせよ、これまでの Closed Worldの世界である。

一方、VIはいわば中世の航海で、目的は分かっており、船で行くという方法は分かっているが、境界が不明である。しかし、この問題は、自分で境界を設定すればよいので、この種の Open Worldは、問題設定 (境界の設定) に帰着する。最近、問題解決よりも問題設定が重要であると言われているのは、この種の問題が増大してきているためである。しかし、これも意思決定の問題であり、境界を自分が解けるように設定すれば従来の Closed Worldの問題となる。Simonの限定合理性の議論はこの点を指していると理解している。

したがって、VII, VIIIが典型的な Open Worldの問題となる。VIIは、Pが既知であるので、問題解決の手段はあるが、まわりの世界が未知で広大で理解できない場合に相当する。このような場合が人間の場合にあるかとさがせば、それは赤ん坊の世界である。赤ん坊は手足という手段はあるが、周囲に対する知識はまったくない。したがって、はいはいをして周囲環境と Interactionをして周囲に対する知識を深めてゆく。赤ん坊だけではなく、人間の知覚 (Perception) - 認識 (Cognition) は赤ん坊と同様の過程をたどっていると考えることができよう。

VIIIの問題は対象は分かっているが、それに至る方法が不明な場合である。ただ、境界も不明なので、Closed Worldの場合のように、境界が分かっている、そこに至る方法が不明な場合と異なり、新しい対応が必要となる。いわばアメリカの西部開拓のような場合である。試行錯誤が問題解決の基本となる。Pragmatism, 強化学習などがこの場合に相当す

る。

== Open World (World VII) ==

これはまったくの Open World である。すなわち境界も確定していなければ、対象についての知識もほとんどない。例えば、狩猟に行き動物を取ることにしていても、どこに行き、どのような動物を取るかも決まっていない場合に相当する。いわば「行き当たりばったり」である。しかし、現実には人間の行動範囲から、また計算可能性からも境界が存在せず、対象も不明と言う場合は考えられない。境界が容易に定義できないほど問題領域が広く、対象に関する知識がほとんどない場合がこの Open World に相当する。これが赤ん坊の例である。また Stark の目の研究³⁾ などから、人間の知覚(Perception)－認識 (Cognition) はもともとこの場合に相当すると考えることができると思われる。

== Open World (World VIII) ==

もう一つの Open World は、境界は確定し、対象に関する知識もあるが、そこにどのように行けばよいか不明の場合である。これは例えば、ボートで向こう岸に渡る場合に相当する。ロボットの強化学習などがこれに相当する。

7. Interaction

赤ん坊は未知の世界を這いまわり、触り、(動機－意思決定－行動－知覚(Perception)－認知 (Cognition) －動機――) のサイクルを繰り返して知識を深めてゆく。大人になると視覚情報が75%ぐらいを占めるので、情報処理においても視覚情報の処理が大部分を占めているが、それは触覚情報が次第に視覚情報へと変化し、cross modal 情報として処理されているためである(前頭葉における異種感覚情報の統合)。すなわち、赤ん坊は未知の世界との Interaction を通じて未知の世界を理解している。認知は知識に関連するが、動機－意思決定－行動－知覚が Emotion に深く関連している。

最近ロボットを中心に触覚情報の重要性が注目されている。その理由は対象が柔らかく変形しやすく、その変化が予測できない例が増大し、赤ん坊のように Interaction で対象を理解する必要があるからである。触覚は、時間遅れもほとんどない直接的な Interaction (Communication) 手段であり、未知の対象を把持することは触覚がなければ不可能と言える。

また運動することによる情報収集である Active Touch も Interaction であり、これも Emotion に深く関係している。

8. 試行錯誤

このような Interaction は、別の表現をすれば試行錯誤である。実際ロボットハンドの把持も、触覚で対象と Interaction を行いながら、その性状を試行錯誤で理解して把持ができる。

これは、従来のような対象についての知識が十分にあり、その知識を適用すれば問題が解決する（把持できる）のとはまったく異なる試行錯誤の方法であり、「結果がよければすべてよし (All' s well that ends well)」⁴⁾ の考え方である。

試行錯誤の考え方は World VII, VIII のいずれの Open World でも必要となる。この考え方を基本にした哲学が Pragmatism⁵⁾ である。

9. Pragmatism

試行錯誤を基本にした「結果がよければすべてよし」の考え方はアメリカの哲学となっている。もともとはイギリスから生まれた考え方であり、イギリスは航海、アメリカは西部開拓で、状況の変化が激しく、世界が拡大してゆく、明日が予測できない世界から生まれた考え方である。

設計（むしろ英語の Design）において有効とされる Peirce の Abduction の考え方⁶⁾ は、Pragmatism の考え方に基づく。Abduction とは原義が誘拐であるから、適当なモデルを持ってきてそれで問題が解決すればよしとする考え方である。第3の論理と言われているが、プログラミングの世界に例えれば、従来の論理は手続き的、Abduction は Prolog のような一階述語論理的であると言うことができよう。

周囲との Interaction を重ねながらモデルを適応させて最終目標を達成するという意味で、Pragmatism は Motivation-Emotion のサイクルを繰り返す考え方、アプローチであると解釈できる。

10. モデル

Pragmatism は、別の言い方をすれば、最初からモデルが確定していて、そのモデルを適用するのではなく、状況に応じてモデルを適応させながら、問題を解決する考え方である。

従来はモデルを確定してから行動に移る「考えてから歩く」アプローチであったが、これは「歩きながら考える」アプローチであり、Schon が言う Thinking in Action, Reflective Practice⁷⁾ も Pragmatism の一つの考え方である。Schon は経営、設計、医療の分野では合理性が成立せず、試行錯誤が基本となっていることを明らかにした。実際、医療では患者は一人一人異なり、患者ごとに試行錯誤で医師は対応しているし、経営も日々状況が異なるので、試行錯誤で対応してゆかなければならない。設計も本来の設計 (Design) は、創造であるから試行錯誤が基本であることを忘れてはならない。

また、日本では PDCA サイクルとして知られている方法は、もともと Shewhart が考え出した方法である。Shewhart は PDCA (Plan)-D (Do)-C (Check)-A (Act) と呼ぶことに強硬に反対した。Shewhart は実験計画法の大家である。日本語の実験計画法という訳も誤解を招きやすい訳であるが、本来は Design of Experiments で、自分の仮設が妥当かどうかを実験で確認する方法である。したがって、仮説が適当でなければ、また別の仮設を立ててその妥当性を検証しなければならない。すなわち、基本的な考え方は Peirce の Abduction と変わらない。したがって、Shewhart は PDCA ではなく、PDSA (S は Study) サイクルと呼ぶべ

きであると主張した。Deming もアメリカでは PDSA サイクルと呼んでいる。

1 1. 強化学習 (Reinforced Learning)

上の例は、World VII, VIII いずれにも当てはまるが、World VIII の例に相当するのが強化学習である。通常の学習は、知識が確立しており、それを、教師を通じて学習する。この場合は出発点と到達点は分かっているが、どのようにゆけばよいか分からない。例えば、ちらかった部屋の中をロボットに目標に到達させようとする場合を考えればよい。予めロボットに行き方を教示することができない。ロボットが試行錯誤を重ねながら到達する。ちらかった部屋であれば、来た道を再現できるかもしれないが、砂漠をゆくような場合は周囲環境、状況が絶えず変動しているので、結果的に到達できても来た道を再現することはできない。こうした問題の解決法が強化学習である。強化学習は試行錯誤が基本で、Pragmatism 的アプローチである。

1 2. 大域最適

さて、住んでいる世界が狭ければ山は一つしかなく (単峰)、最適化は容易である。しかし、住んでいる世界が広くなると山はいくつもあり (多峰)、高い山だと思って登るともつと高い山があることがある。すなわち、住んでいる世界が狭ければ、言い換えれば Closed World では局所的な最適解は容易に求められるが、World が Open 化すればするほど大域的な最適解を求めることが困難となってくる。こうした大域最適の問題に対応する方法として焼きなまし法 (Simulated Annealing) が知られている。SA は、現在の解の近傍をランダムに探索し、よりよい解がないか探索する。もともとの金属の焼きなましも熱を与えることで原子の動きを活発化して、新しい安定した状態を実現する。したがって、金属の焼きなましも、SA も揺らぎを与えることが基本的に重要な役割を果たしている。

これは Noise の持つ重要性を示す例と考えることができよう。分野はまったく異なるが、Astumian は分子モータのエネルギーはブラウン運動にあることを示している⁸⁾。Noise の持つ意味について再考する必要があると思われる。

Emotion もこれまでは、再現性がない。したがって、Signal として容易に取り扱えないために、いわば Noise として工学では処理されてきた。しかし、Emotion は、人間が種々の状況に適切に対応する (大域最適化を図る) ために存在するのでなかろうか?

動物よりも人間は泣いたり、笑ったり忙しいが (動物も泣いたり、笑ったりするかはよく知らないが、しかし、人間ほど泣いたり、笑ったり忙しくはないと思う)、その理由は人間の世界 (文化的世界) が動物の Closed World と異なり、Open World であり、適切な判断、行動をするために Emotion が存在するのではなかろうか?

とすれば、これからの機械は、これまでの機械のように Master-Slave として人間の指令通り動作するのではなく、人間とともに笑い、泣ける Emotion を備える必要がある。人間と Emotional Communication を活発に行って、人間が適切に判断、行動できるように支援しなければならない。そのためには、従来のような Actuation を主体にした設計から、Sensor

を重視した設計へと転換する必要がある。これからの機械は人間のパートナーとなるべきである。

13. チームワーキング

機械が人間とチームを組む重要性を指摘したが、もちろん、人間同士でも World が Open 化すればするほど、多様な知恵を結集する必要があるからチームワーキングが重要となる。しかし、このチームワーキングも日本的な戦術的に協調して作業を行う活動ではなく、むしろ異なった戦術を持ったメンバーでいかに適切に戦略目標を設定して、その戦略目標に向けてそれぞれが活動するかが問題となる。そのためには、協調作業において意図理解が重要な役割を果たすが、意図理解に感情 (Emotion) が重要な役割を果たすことは言うまでもない。チームワーキングは World VII の問題への対応においてとくに重要となってくる。

14. プロセスの重要性：一時価値から生涯価値へ

Feedback が重要な時代、試行錯誤の時代にはプロセスが重要となってくる。鉄道のようにプロセス（線路）が決まっていれば目標（プロダクト）だけが問題となる。しかし、航海のように状況を見ながらどのように進むかを検討しながら前進しなければならない場合は一歩、一歩に意味があり、その一歩の意味を評価しながら次の一歩を踏み出さなければならない。さもなければ未知の世界を開拓することはできない。従来のエンジニアリングではプロダクトだけに注目し、プロセスはいわばプロダクトを実現するための単なる手段としてしか看做されなかった。しかし、激変する 21 世紀にはプロセス自体が大きな価値をもつようになってくる。

行動経済学が経験価値の重要性を指摘する理由は、こうした背景からである。しかし、経済学者は使用経験の重要性を語ることはできても、創造の経験を語ることはできない。エンジニアリングは創造であり、プロダクトだけではなく、経験も創造できることを忘れてはならない。経験とはプロセスであり、設計、生産、補修のあらゆる面でユーザーを関与させ、彼らに様々な経験を与えることで、プロセスを価値化でき、しかも、プロダクトの価値自体も増大させることができる。

実は、ソフトウェアの開発は、プロセスを重視している。ハードウェアは、設計仕様に基づいて最終製品が所定の機能を有するように機能固定方式で開発される。ソフトウェアも以前はハードウェア同様機能固定方式を採用していた。しかし、ソフトウェアが大規模になると、機能固定方式では対応が困難となってきた。また AI が開発され、開発システムと実用システムの差がなくなったこともあり、機能成長（進化）方式へと転換した。機能成長（進化）方式は継続的プロトタイプング方式とも呼ばれる。最初に基本的な機能を持つシステムを提供し、それにお客がなれてくると、お客の要求にしたがって、次第に機能を高級化してゆく。この方式は、お客にとっても、複雑なシステムが最初から提供されるよりも、第 1 歩として提供されるシステムが単純な機能しかないので、習熟するにつれて自信をもて、しかも必要な機能が明確となってくる。したがって、的確な要求を開発者に

伝えることができ、お客と開発者にとって Win-Win の関係が容易に築ける。またこうして自分になじみ、また自分の要求も聞き入れられてゆくので、お客は次第にシステムに愛着を持ち始め、そのシステムから離れられなくなる。最近、BCP (Business Continuity Plan) が話題となっている。ソフトウェア開発は、本来の BCP の定義とは少し異なった意味ではあるが、BCP を巧みに実現していると言えよう。すなわち、ソフトウェア開発は、プロセス価値の重要性を認識した方式であるだけでなく、感情 (Emotion) を十分に考慮した方式である。このようにプロセス価値に注目すれば、これまでのようなプロダクトだけに注目した、いわば出荷までがビジネスであるという一時価値のビジネスから、出荷後にビジネスが始まるとも言える生涯価値を基本にしたビジネスへと転換できる。

このようにエンジニアリングでは経験を創造できることを忘れてはならない。これまでのハードウェア開発ではプロセス価値は一顧だにされず、プロダクトだけが考慮の対象であった。プロセスは安く、効率的であることが求められ、いわば必要悪で、コスト増大要因でしかなく、プロダクトの機能だけが問題とされてきた。しかし、顧客は能動的で、創造的である。Maslow に従えば、人間の最高の欲求は自己実現、挑戦である⁹⁾。設計、生産、そして保守にまでユーザーを関与させることができれば、彼らのこうした欲求を満足させることができプロセス自体が大きな価値を生み出す。極端に言えばプロダクト価値を超える場合すらある。お客のソバ打ちなどがその例である。ソバは本職が打ったほうがプロダクトとしてはおいしいであろうが、顧客は自分が打ったという経験、そして自分のソバであるという保有効果もあり、自分で打ったソバは絶妙の味となる。

15. 交換分業経済から自己発展経済へ

最近、BoP (Bottom of the Pyramid) ビジネスが注目を集めている。しかし、日本の多くの議論には雇用の増大の視点が不足している。しかも夢の議論がない。エンジニアリングは人工物を創造する活動であると同時に夢を売るビジネスである。明日はまた別の世界が出現するかもしれないという期待が大きな価値を生む。20世紀は夢の世紀であった。今日の夢が明日は現実となったのが20世紀であった。BoP ビジネスで重要なことは単に廉価に製品を売ることではない。いかに夢を持たせられるかの努力が重要である。

この意味で焼け野原から出発した日本は、その成上りの知恵を売るべきである。アメリカ人は starting from garage と言って、いかにゼロから出発して成上ったかを自慢するが、日本人は starting from nothing or from zero であり、ガレージすらなかったのである。それが今日では成上ったプロセスを忘れて、金持ちであることを自慢している。しかし、世界中を見渡しても金持ちは少ない。一時のビジネスであれば、金持ちを相手にするビジネスもパトロン相手のビジネスとして成立するかもしれない。しかし、ビジネスの基本は永続性である。まさに BCP である。ビジネスを永続させるためには、顧客の懐、感情に入り込み一緒に夢を見て、その実現を目指すことが共存共栄への道であり、BoP ビジネスである。日本は、戦後だけではない、江戸時代には鎖国で自給自足経済を215年の長い期間に渡り経験をして、しかも文化を発展させた¹⁰⁾。日本が売るべきなのは、こうした状況下

でも発展した知恵である。他国と知恵を共有し、共存共栄を図るためには感情コミュニケーションが大きな役割を果たす。

現在の経済は交換分業経済である。そのため世界の平均化が進むかのような議論が多い。しかし、筆者はこのような集中系システムはエネルギー的にも早急に維持できなくなってくると思っている。ちょうど、電力の世界が集中系から自律分散系へと進み Smart Grid が話題となってきているように、これからの経済はそれぞれの地域が自律分散的に独自の資源を活用しながら発展を図って行く自己発展経済へと移行してゆくと予想している。そのような動きをソフトウェアの世界で実現したのが Web 2.0 の世界である。ハードウェアの世界、そしてハードウェア、ソフトウェアの共存するシステムの世界で Web 2.0 の世界を実現してゆく必要がある。

これからの時代はストックではない。フローの時代である。筆者はこうしたフローの時代をスマートフローの時代と呼びたい。

文献

- 1) Herbert Alexander Simon, “Administrative Behavior”, Free Press, 1997
(4版、初版は1947年)
- 2) John Maynard Keynes, “The General Theory of Employment, Interest and Money”, Kessinger Publishing, LLC (Kindle版で入手可能)
(The State of Confidence が Uncertain の Long Term Expectation では重要と指摘)
- 3) <http://www.universityofcalifornia.edu/senate/inmemoriam/lawrencestark.htm>
- 4) http://en.wikipedia.org/wiki/All's_Well_That_Ends_Well
- 5) 魚津郁夫、「プラグマティズムの思想」、ちくま学芸文庫、筑摩書房、2006
- 6) 米盛裕二、「アブダクション」、勁草書房、2007
- 7) Donald A. Schon, “The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action”, Ashgate Publishing, 1995
- 8) <http://perso.ens-lyon.fr/michel.peyrard/HOUCHES2006/LECTURES/astumian1.pdf>
- 9) Abraham Harold Maslow, “A Theory of Human Motivation”, Psychological Review, 50 (4), pp. 370-96, 1943
- 10) 西山松之助、「甦る江戸文化 人びとの暮らしの中で」、日本放送出版協会、1992

福田の編著書

- (1) 福田収一、「価値創造学」、丸善、2005
- (2) 福田収一、「ものづくり大論」、丸善、2006
- (3) 日本機械学会編、福田収一責任編集、
「HCDハンドブッカー人間中心設計」、丸善、2006
- (4) 日本機械学会編、福田収一、綿貫啓一責任編集、
「感覚、感情とロボット」、工業調査会、2008

-
- (5) 福田収一、「デザイン工学」、日本放送出版協会、2008
 - (6) 福田収一、「良い製品＝良い商品か?」、工業調査会、2009
 - (7) Shuichi Fukuda, “Emotional Engineering: Service Development”,
Springer, 2010
 - (8) 福田収一、「一杯のコーヒーから」、機械の研究 連載コラム、
養賢堂
 - (9) 福田収一、「自己発展経済のための工学—スマートフローの時代」、養賢堂、2011

Emotion と Engineering

福田 収一
Stanford University

日本工学アカデミー
第169回談話サロン
芝浦工業大学
2011年7月27日

(C)Shuichi Fukuda, 2011

感情と工学 相容れない？

これまでの工学

Closed World 境界明確、変化少ない 静的
予測が可能 数量データの入手容易

→ 再現性、状況独立

人間もmissionを達成する要素
機械要素とモデルは同一
(経済学も同様。役割でモデル化)

状況依存の感情

(C)Shuichi Fukuda, 2011

工学と言っても様々

筆者が従事した分野から
(念のため、
筆者の専門: デザイン工学、信頼性工学、協調工学、感情工学、技術経営)

機械

人工物、最高指向

溶接

Heuristics, 再現性、多くの関連分野

造船

自然、システム指向

土木

自然、最低確保、人間

経営系

人間

電子

人工物、論理、IEEE Reliability Society

制約(Constraint) Hard Soft

(C)Shuichi Fukuda, 2011

アメリカのEngineering教育 K-12

Why

Engineering

人工物の創造

なぜそんなものを

わざわざ作る必要があるのか？

なにを期待しているのか？

期待マネジメント → *Design*

Expectation Management

(C) Naoki Fukuda, 2011

4

Engineering

科学とEngineeringは違う

科学 発見、真理

Engineering 作ってナンボの世界

商品を作る
よい製品 ≠ よい商品

期待を満足する
お客の期待
技術者の期待

期待 → 品質

(C) Naoki Fukuda, 2011

5

QFD : Quality Function Deployment

品質機能展開 (QFD)

赤尾洋二、水野滋 が開発

なぜアメリカから広まったか？

英語は動詞が基本 動的 Situational awareness

⇒ お客の状況と期待が容易に理解できる

動詞

期待(動機) → 行動

日本語は名詞が基本 静的

擬音語を多用 韓国語

Sustaining Innovation

Disruptive Innovation

Clayton M. Christensen, "The Innovator's Dilemma",
Harvard Business School Press, 1997

← 期待マネジメント Expectation Management

(C) Naoki Fukuda, 2011

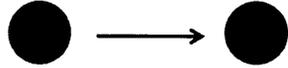
6

英語では動詞が重要

たたく
hit, pat, strike, beat, thrash, slap, tap, clap, maul, rap, spank, knock,

焼く
bake, broil, toast, roast, grill,

一階述語論理
Link (動詞) 重要 dynamic
Prolog Programming in Logic
論理プログラミング
verb (subject, object)
love (I, you).



日本語 Node (名詞) static
眠りが浅い (日本語)
I cannot sleep well. (英語)

**手続的プログラミング
フローダイアグラム**

**Artificial Intelligence
意味ネットワーク、パターン駆動**

(C) Shuichi Fukuda, 2011

Emotion

Emotion
ラテン語
E = Ex (Out) + Movere (Move)
Move Out 主体的、能動的

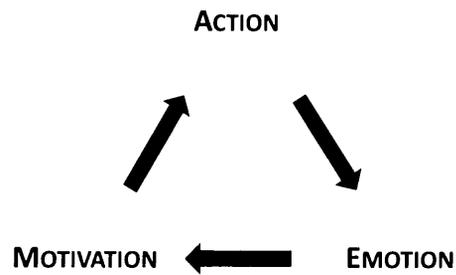
(日本の感情 感には触れるという意味がある)
(通常 日本の感情 受動的ニュアンス)

欧米の文化 吐く 呼
日本の文化 吸う 吸
北岡裕子

Motivation, Motive
Movere (Move)

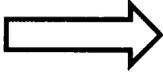
Emotion, Motivation, Motive
Motion

Motivation-Action (Motion)-Emotion



(C) Shuichi Fukuda, 2011

10

システム  外界

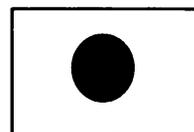
(C) Shuichi Fukuda, 2011

11

Closed World

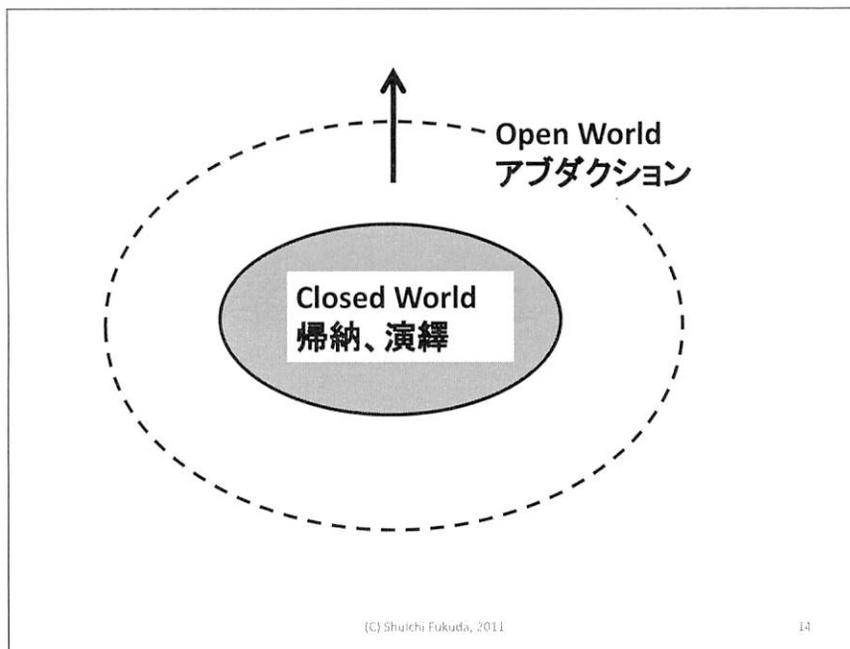
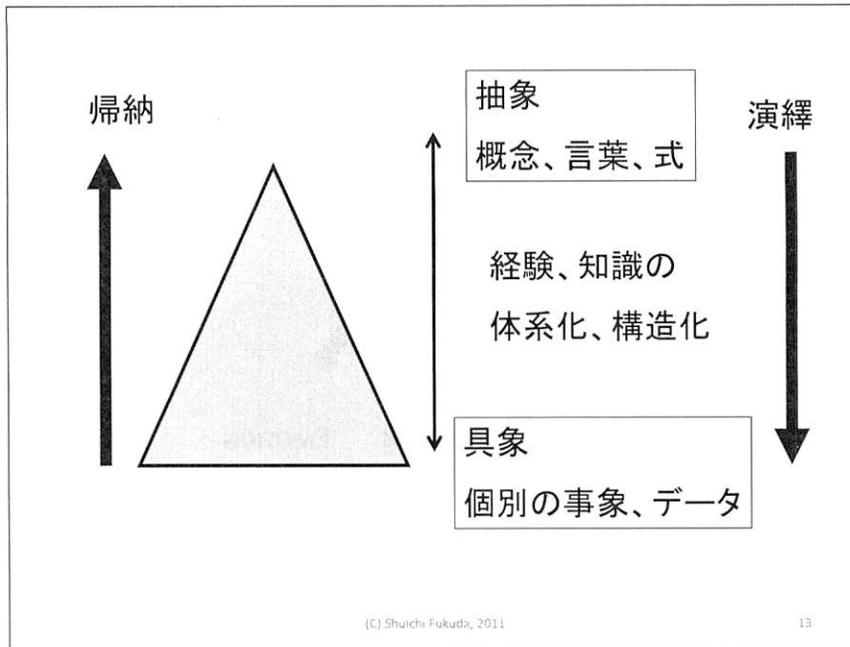
境界が明確 鉄道、農耕、
対象世界の定義容易、モデル化容易
問題解決が重要 戦術
今日の続きはまた明日

集合 (Crisp Set, Fuzzy Set)
帰納-演繹
学習 経験、
知識の体系化、構造化



(C) Shuichi Fukuda, 2011

12



感情と工学 新しい時代

時代はOpen World
航海、狩猟

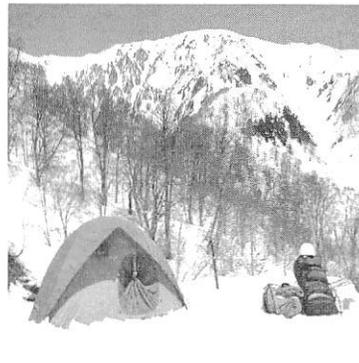
境界は拡大、激しく、頻繁な変化
動的, 状況依存

予測が不可能 数量データの入手困難

知識よりも状況判断力が重要



Closed World



Open World

(C) Shuichi Fukuda, 2011

16

Open World

境界がない、未経験、未知の世界

どのような対象世界を考えるか、モデル化困難
問題設定が重要 戦略

Tomorrow is another day

どのようにモデル化するか？

(C) Shuichi Fukuda, 2011

17

World の分類

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
B	K	K	K	K	U	U	U	U
O	U	K	U	K	U	K	U	K
P	U	K	K	U	U	K	K	U

↑ World Closed
 ↑ ベンチャー 学者の世界
 ↑ Worldへ Closed
 ↑ 問題設定
 ↑ 赤ん坊 Open World
 ↑ 強化学習 Open World

(C) Shuichi Fukuda, 2011

18

Closed World から Open World へ

Closed World

境界が明確

対象世界の定義容易、モデル化容易 - 鉄道、農耕

問題解決が重要 戦術 What, How

今日の続きはまた明日 「考えてから歩く」

Open World

境界がない

どのような対象世界を考えるか、モデル化困難 - 航海、狩猟

問題設定が重要 戦略 Why, What

Tomorrow is another day 「歩きながら考える」

(C) Shunichi Fukuda 2009

19

Open World -- Abduction

どのようにモデル化するか？

Abduction 第3の論理

1865年頃 西部開拓時代

Charles Sanders Peirce

Abduction の原義 誘拐

Abductionの方法

適当なモデルをもってきて、適用

解決すればそれでよし。

ダメなら別のモデルを探す。

(C) Shunichi Fukuda 2009

20

Open World -- Reflective Practice

Donald Schon

設計、経営、医療

合理性 (Rationality) が成立しない

Closed Worldではない

Reflective Practice

Thinking in Action

"The Reflective Practitioner:

How Professionals Think in Action",

Basic Books, 1984

1989年 ベルリンの壁 崩壊

1991年 ソ連 崩壊

1980年代 インターネットの普及

1990年 WWWの公表

1980年 Rapid Prototypingの特許 普及は90年代

(C) Shunichi Fukuda 2009

21

Open World -- PDSA Cycle

Walter Andrew Shewhart

品質

Shewhart Cycle

日本ではDeming Cycle PDCA Cycle

として知られているが、

Deming の先輩のShewhartが考案

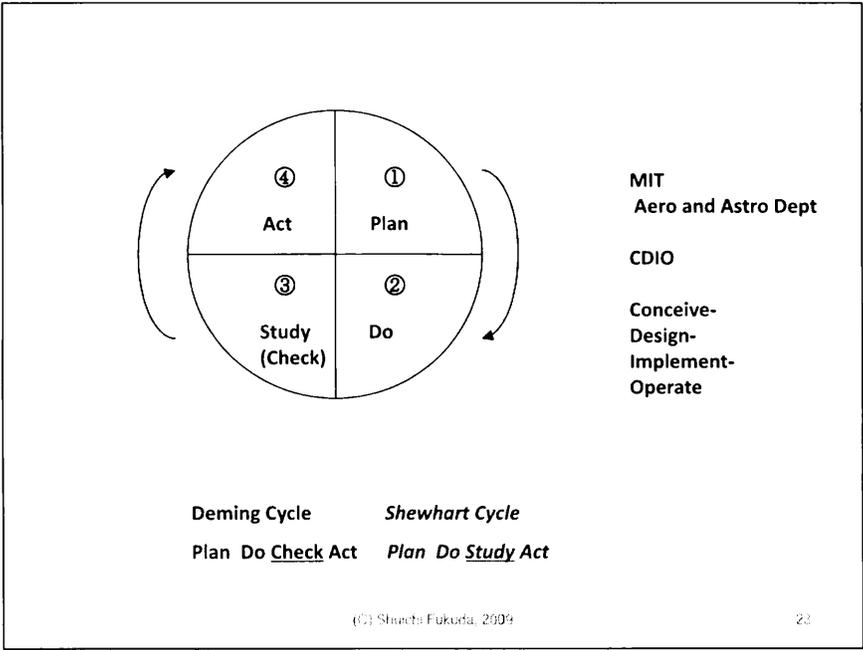
ShewhartはPDSAと呼ぶように主張

実験計画法

Design of Experiments

(C) Shuichi Fukuda, 2009

21



(C) Shuichi Fukuda, 2009

22

マーケット戦略

従来

既存マーケット
 既存需要、購買力のある層を対象
 Product 価値

これから

(1) 別のマーケットを探せ
 "Blue Ocean Strategy"
 W. Chan Kim, Renee Mauborgne

ビジネスモデル
を変えよ

Disruptive innovation

(2) マーケットを創造せよ
 Bottom of the Pyramid (BoP)

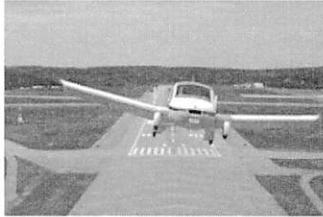
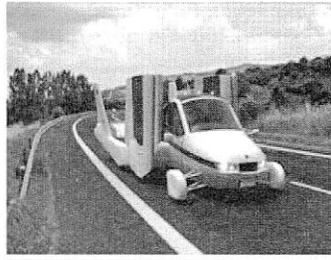
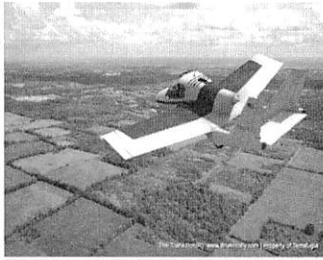
ビジネスモデル
を創造せよ

(3) Processを価値化せよ

発想を転換せよ

(C) Shuichi Fukuda, 2009

24



MIT Aero-Astro Department TeraFUGIA

(C) Shuichi Fukuda, 2011

25

経済学とEmotion

Herbert Alexander Simon

限界合理性 Bounded Rationality
 “Models of Man”, Taylor & Francis, 1987
 経済主体 (Economic Agent)の行動
 合理的ではない。
 計算可能性 多すぎる要因
Emotion

Artificial Intelligence
 GPS (General Problem Solver)

John Maynard Keynes

短期予測
 十分なデータ -- Rational
 長期予測
 データが不十分 -- Emotional

(C) Shuichi Fukuda, 2009

26

Open World → Pragmatism

Open World

Charles Sanders Peirce	Abduction
Walter Andrew Shewhart	PDSA
John Maynard Keynes	Emotion
Herbert Alexander Simon	Emotion
Donald Alan Schon	Thinking in Action

→ **Pragmatism**

(C) Shuichi Fukuda, 2009

27

Pragmatism = 試行錯誤、結果がすべて

終わりよければすべてよし
William Shakespeare

結果がよければよい
試行錯誤

Learning from failures

失敗に学ぶ モデルをいかに状況に適應させるか？

fail one's expectation 期待に反する

アメリカの教育で重視 適應モデル Adaptive Modeling

アメリカの哲学
イギリス 発祥地
イギリス 航海
アメリカ 西部開拓

(C) Shoichi Fukuda, 2011

28

Pragmatism = Action

Donald Schon

Reflective Practice
Thinking in Action

笠信太郎 ものの見方について 朝日文庫 1950年

イギリス人は歩きながら考える (航海)

フランス人は考えた後で走り出す (農業)

スペイン人は走った後で考える

Salvador de Madariaga

スペインの外交官、ジャーナリスト

"Englishmen, Frenchmen and Spaniards",

Oxford University Press, 1949

イギリス人を一言で言えば Action

Soccer

(C) Shoichi Fukuda, 2011

29

Pragmatism = 試行錯誤

結果よければすべてよし

Pragmatism
強化学習

Darwin 種の起源

賢いもの、強いものが生きながらえるの

ではなく、適應できるものが生きながらえる

適應モデル Adaptive Model

感情

パターン

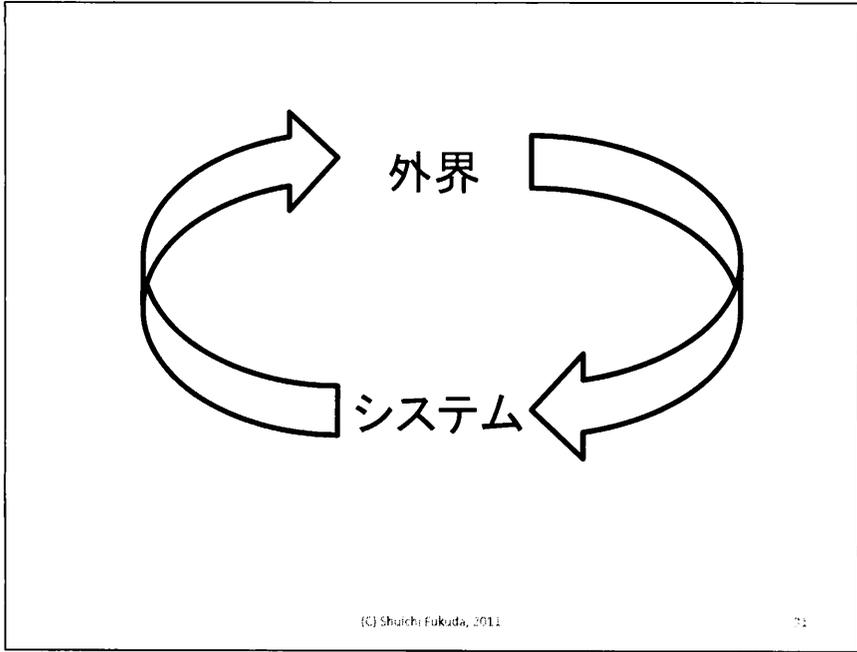
モデル形成の核

ゆらぎ 一次のステップ

分子モーター

大域最適

→ 非常に工学的～？



合理性だけでは対応できない時代

Donald Schon
 経営, デザイン, 医療
 "Reflective Practitioner"
 Thinking in Action

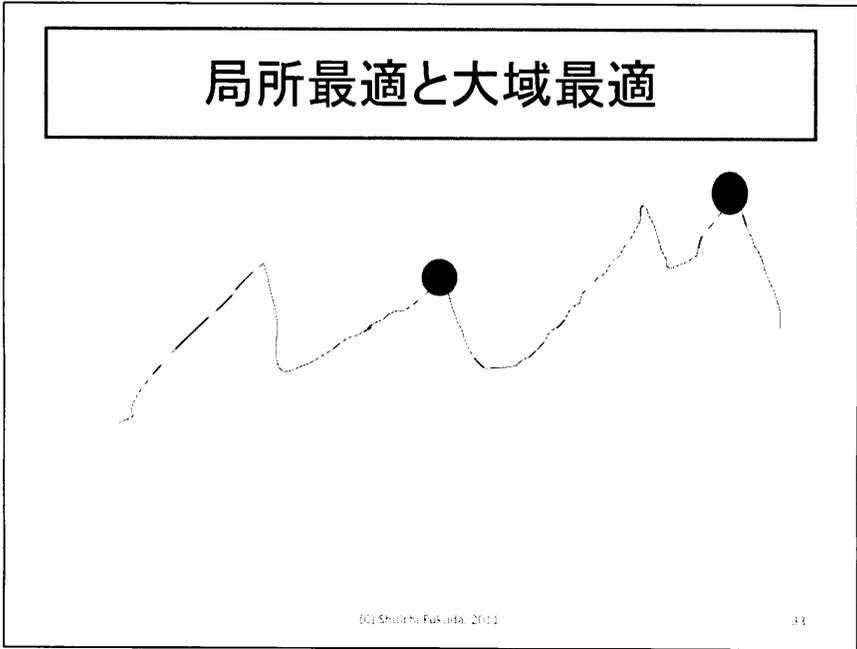
John Maynard Keynes
 短期予測
 十分なデータ -- Rational
 長期予測
 データが不十分 -- Emotional Confidence

局所最適 合理性
 大域最適 Fluctuation 試行錯誤 Simulated Annealing
 Dean Astumian Molecular motor
 Brownian movement

Noiseの持つ意味 熱的活性化 感情 ムダ、ムラの意味
 Signal とは何か？

強化学習

(C) Shuichi Fukuda, 2011 72



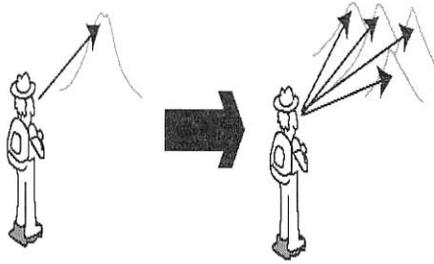
単峰 から 多峰 へ

単峰

その場で
頂上を目指して
頑張ればよい
局所最適

多峰

どの山に登るか
が問題
山、登山路
Robustness
大域最適



(C) Shuichi Fukuda, 2009

34

Reason and Emotion

Antonio Damasio

“Descartes’ Error: Emotion, Reason and the Human Brain”

Reason and Emotion 分離不可

最近の脳科学

Reason and Emotion 密接に関連

Daniel Goleman

Emotional Intelligence IQ → EQ

(C) Shuichi Fukuda, 2011

35

筆者らの研究から

加速度 感情抽出に重要

ドライバーの感情抽出

顔、体、音声

書道

(ダンス

スロー、スロー、クイック、クイック)

筋肉 & 感情

密接に関連

(C) Shuichi Fukuda, 2011

36

Emotional Communication 体の動き

体の動きからの意図(感情)抽出

加速度

Wii

自動車のハンドル

角度に比例 → 加速度に比例

(C) Shoichi Fukuda, 2011

37

Motion

Hermann von Helmholtz

物理学者、生理学者、

Everything is transitory

The real motion <-> The actual light, sound

流れ (*Flux*) Stockではない。Flowではない。

行く川の流は絶えずして、しかももとの水にあらず。
よどみに浮かぶうたかたは、かつ消えかつ結びて、
久しくとどまる事なし。世の中にある人と住家と、
またかくの如し。

鴎長明

方丈記

R. Dean Astumian 生物分子モータ

柔軟, 創造性

ランダムネス, ノイズ

筋肉(人工筋肉)

Mechanics Motion

(C) Shoichi Fukuda, 2011

38

知覚 (変化が本質)

目

動き

生理光学 目は非常に激しく動いて対象を認識

Hermann von Helmholtz, Lawrence Stark, UC Berkeley

赤ん坊

あちこちから触ることで未知世界を探索

haptics 情報 → 視覚情報

感情

感 触れる 感動

touch 触れる touching

言語 認知言語学

rationalではない, 経験を通して形成

変化の中にこそ本質 経験が自己を形成する

(C) Shoichi Fukuda, 2011

39

ハードウェア と ソフトウェア

Hardware

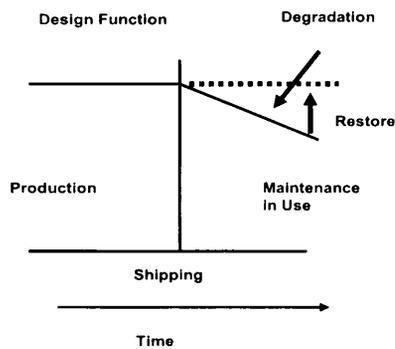
固定機能 一方向
物理的 財 (触れることが可能)
個 太郎、花子
Win-Lose の関係

Software

機能 成長、進化 *Cyclic*
非物理的 サービス
種 人類
Win-Win の関係

(C) Seiichi Fukuda, 2011

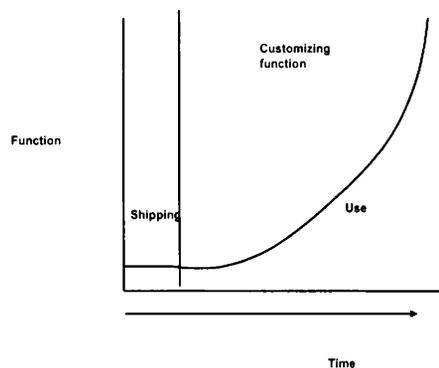
41



ハードウェアの生産方式
機能固定

(C) Seiichi Fukuda, 2011

41



ソフトウェアの生産方式
機能成長、進化
継続的プロトタイプング

(C) Seiichi Fukuda, 2011

42

継続的プロトタイピング

ソフトウェア

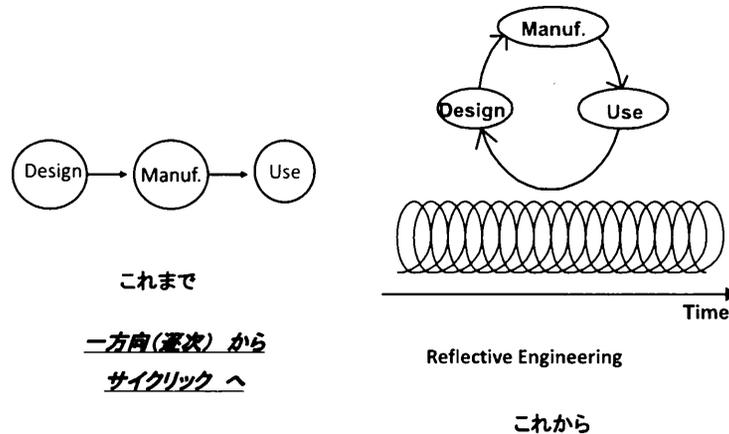
以前はハードウェアと同じ生産方式
ハードウェアとの相違
欠陥除去が容易ではない

AI → 継続的プロトタイピング

低級な機能から機能を次第に高級化
機能成長(進化)曲線 = 学習曲線
顧客 自信 → システム への 信頼
Vertrauen (ドイツ語)
自信、信頼

(C) Shuichi Fukuda, 2011

42



(C) Shuichi Fukuda, 2011

44

価値

従来の価値工学

$$V=P/C \quad \text{Value (価値)} = \text{Performance} / \text{Cost}$$

この価値とは生産者の利潤

Weber-Fechnerの法則

Performanceの向上
理解が急激に困難化
コスト削減で利潤増大

生産 コスト増大要因 いかにか安く、早く

Homo Faber 人間は道具を作る 自己実現

$$\text{Process 価値} = \text{Performance}$$

(C) Shuichi Fukuda, 2011

45

一時価値と生涯価値

一時価値 One Time Value

Product Quality 製品の質
戦術

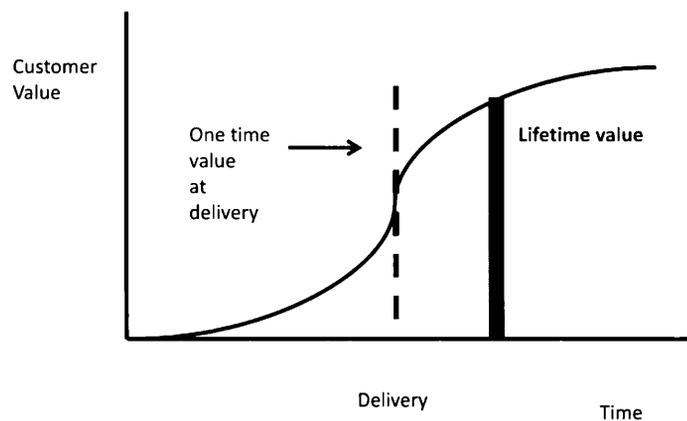
時間価値 生涯価値 Lifetime Value (LTV)

お袋の味
マクドナルド
刷り込み
戦略

©2011 Shuichi Fukuda, 2009

46

一時価値と生涯価値



©2011 Shuichi Fukuda, 2011

47

行動経済学

行動、経験が価値を生む

ただし、経済屋は、行動、経験の創造は困難
技術者は可能

物語の重要性 Prototyping, BoP
20世紀は夢を売っていた

サービス 無形
触れない Intangible → Tangible 触れられる

©2011 Shuichi Fukuda, 2009

48

Weber-Fechnerの法則

刺激が大きくなればなるほど、刺激の変化を認識するには大きな刺激増分が必要となる。

→品質が向上すればするほど、顧客に品質の向上を理解させることがむずかしくなる。

(C) Shuichi Fukuda, 2011

49

品質

品質とは

違い、品はモノではない
品格 品のある人

Making a difference 違いを作る (差ではない)

Segment セグメント

顧客の期待に応える

期待 感情 感情品質 経験価値

品質

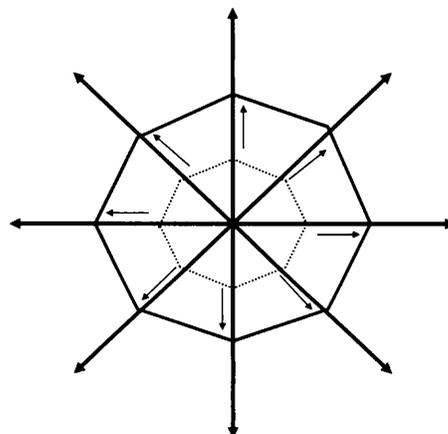
機能ではない !!

Performance

期待、信頼
Emotional Design
Donald Norman

(C) Shuichi Fukuda, 2011

50



くせのない人間は誰も好まない

(C) Shuichi Fukuda, 2011

51

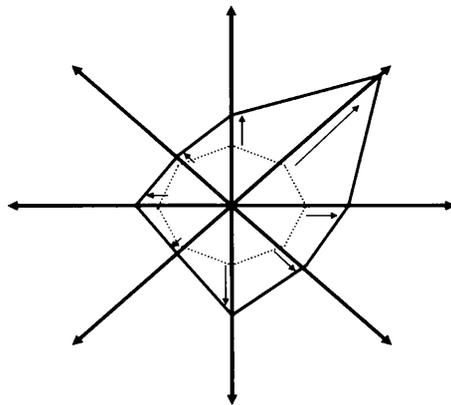
1点豪華主義



1-5

(C) Shoichi Fukuda, 2011

50

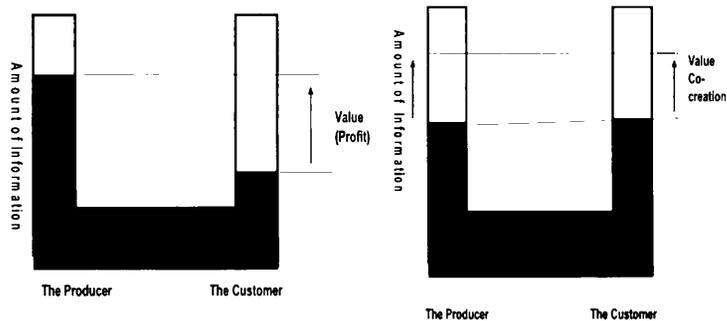


人はくせがあってこそ、好まれる。
陰があって光は輝く

(C) Shoichi Fukuda, 2011

51

価値協創 Value Co-creation



情報の非対称性

(C) Shoichi Fukuda, 2011

54

価値協創 と 創造的顧客

Value Co-creation (価値協創)

C. K. Prahalad and Venkat Ramaswamy,
プロダクト指向

The Creative Customer (創造的顧客)

福田収一
プロセス指向 -- 「価値の創造」が 価値
Customer ← Customize

能動的、創造的
X End User, Consumer (消費者)

顧客

(C) Shuichi Fukuda, 2011

55

創造的顧客



(C) Shuichi Fukuda, 2011

56

創造的顧客



(C) Shuichi Fukuda, 2011

57

ハードウェアはTangible Communication Media

触覚

real time の直接コミュニケーション
聴覚、視覚 間接コミュニケーション
ハードウェア 物理的存在、有形、Tangible 人間の身体 = Hardware

赤ん坊は触れて未知の世界を探検、知識を増す
成長するにつれて触覚情報が視覚情報へ
ざらざら、クロスモーダル

対象不明、対象が柔らかい
ロボットの把持動作
医療ロボットのダヴィンチ 米国企業 Intuitive Surgical 日本の企業の貢献

触れる
touch 感動 touching

触覚の経験

自分のものであるとの意識
iPodの裏面の鏡面加工 燕三条

(C) Shuichi Fukuda, 2011

58

経験価値・プロセス価値

行動経済学 経験価値(使用経験)

◎ 技術者は経験も創造できる ---顧客を巻き込んだ製品づくり

自分で打った蕎麦はうまい
保有効果(Endowment Effect)

茶道、華道、――
プロセス価値 日本の特徴
最近の料理教室 多くの男性
ろう付け カルチャーセンター スポット溶接
溶接の国家試験 芸術系

(C) Shuichi Fukuda, 2011

59

ハードウェアとソフトウェア

ハードウェア	vs.	ソフトウェア
Tangible		Intangible
触れられる		触れられない
物理的		非物理的
Body 体		Brain 頭脳
Inflexible 非柔軟		Flexible 柔軟
Demerit ✕		Merit ○

なじみ

私のモノ → Win-Win
ソフトウェアのカスタマイゼーション → 私のシステム

ハードウェアはもともと個別
→ 「私のモノ」の感覚 Emotional Value

(C) Shuichi Fukuda, 2011

60

知の身体化 知恵

暗黙知 ⇔ 形式知
言葉
自転車
技能

機械工学

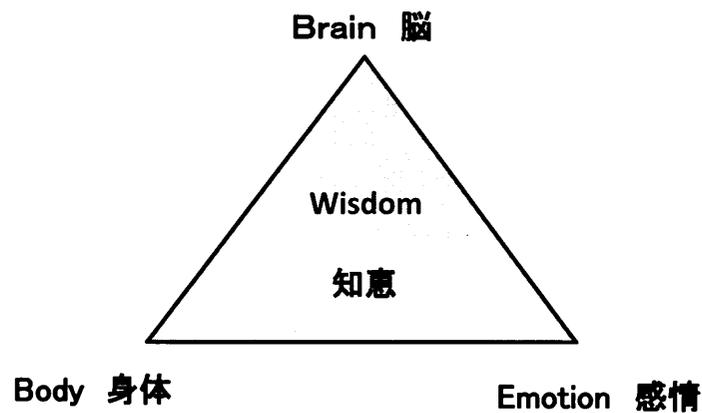
Tangible Engineering

Tangible Media

(C) Shuichi Fukuda, 2011

61

Triangle of Wisdom: 知恵の三角形



(C) Shuichi Fukuda, 2011

62

頭—体—機械

暗黙知 ⇔ 形式知
サッカー 野球
考えながらプレイ 考えてからプレイ

"Brain, Body and Balance"

Dettmer Cramer

サッカーのコーチ

頭、体、機械のバランス

感情

(C) Shuichi Fukuda, 2011

63

発想の転換

Product から Process へ

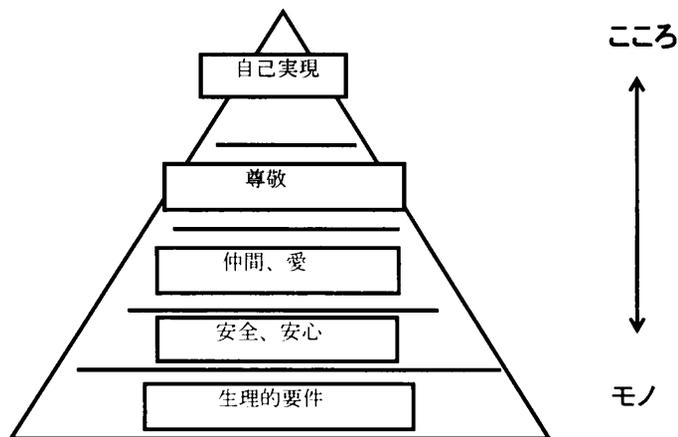
Product 価値 Process 価値

一時価値 生涯価値 経験価値

(C) Shuichi Fukuda, 2011

64

Maslow's Hierarchy of Human Needs



(C) Shuichi Fukuda, 2011

65

人間とは？

Homo Faber

道具を作る

Henri Bergson "The Creative Evolution", 1907
elan vital

心(記憶)と身体(物質)
elan 感情のほとぼしり
実在=流動

William James
Pragmatism

Emotion, Value,
Stream of consciousness

Homo Ludens

人間は遊ぶ

Johan Huizinga ヨハン・ホイジンガ

Homo Loquens, Homo Narrans

人間は喋る

Stories 物語

Homo Movens

人間は移動する

ムダ、ムラ、ムリの重要性

(C) Shuichi Fukuda, 2011

66

これからはFlowの時代

これまで Stock モノ プロダクト価値

これから Flow ころ、知恵 プロセス価値

Cash flow, GDP

**Flow 心理学では最高のノリの状態
完全に没り、集中している感覚**

Peak Experience, The Zone

身もころもとろけるようだ
心にしみる。

(C) Shuichi Fukuda, 2011

67

経験の創造

顧客と協働したモノづくり

設計、生産、使用

価値協創 Value Co-Creation

C. K. Prahalad and Venkat Ramaswamy,

“The Future of Competition :Co-creating Unique Value
with Customers”

製造 Homo Faber

スポット溶接 増し打ち

ろう付け

女性がカルチャーセンターで学んでいる

野外彫刻 自己実現

(C) Shuichi Fukuda, 2011

68

Globalization と Glocalization

Global Village

Marshall McLuhan, “The Gutenberg Galaxy:

The Making of Typographic Man”, 1962

The Medium is the message

Marshall McLuhan, “ Understanding Media:

The Extensions of Man”, 1964

Web 1.0 野球 集中系

Glocalization -- Think Globally. Act Locally

Web 2.0 サッカー 自律分散系

(C) Shuichi Fukuda, 2011

69

現在の経済

- 産業革命以降 専門化、交換経済
モノ中心、生産者中心
効率化 → 集中化 都市への集中
他人のために働く

現在のモノ中心のママでは新興国の発展により環境問題、エネルギー不足は明確

(C) Shuichi Fukuda, 2011

70

交換分業経済

産業革命 18世紀 以降

専門化、分業化

集中、効率 都市化 - 交換経済 - 他人のために働く

この体制では、新興国の発展により環境問題、エネルギー不足が生じる(現在の人口65億、まもなく70億人)

完成品産業 モノ中心

GDP 労働生産人口に比例

日本のGDPは下がる一方

先進国ではアメリカだけが労働生産人口が減少しない。
移民政策

(C) Shuichi Fukuda, 2011

71

自己発展経済へ転換

これから

自己発展経済 - 自分のために働く

自律分散 使える現地資源の最大活用

Prof. Calestous Juma (Harvard Univ)

地産地消

モノではなく知恵をグローバルに展開

Flow の 時代

Stock とFlow Cash Flow GDP (Flow)

Flow (心理学) 最高ののりの時 自己実現

→ Smart Flow

(福田の提案する Concept)

(C) Shuichi Fukuda, 2011

72

楽しむ機械

Homo Ludens Johan Huizinga

Airplane pilot (US) — Sports License

農道空港

AOPA, Japan

修理の問題 — 自作、修理の楽しみ

土鍋の復活 (日経、2011年4月22日)

電気炊飯器 (完成品、いつも同じ)

土鍋 (炊飯で工夫する楽しみ、おこげ)

自作自転車

(C) Shuichi Fukuda, 2011

73

明日の機械 (System)

状況が刻々と変化

人と機械が協働するHuman Machine Teamの時代
機械はもはや単なるSlave (Master-Slave) ではない。

これまでの機械 Actuator

形式知 Explicit (Formal) Knowledge

BMI Brain to Machine Interface

Brain to Body Interface

これからの機械 Sensor-Actuator

身体知、暗黙知 Tacit Knowledge

状況論

MBI Machine to Brain Interface

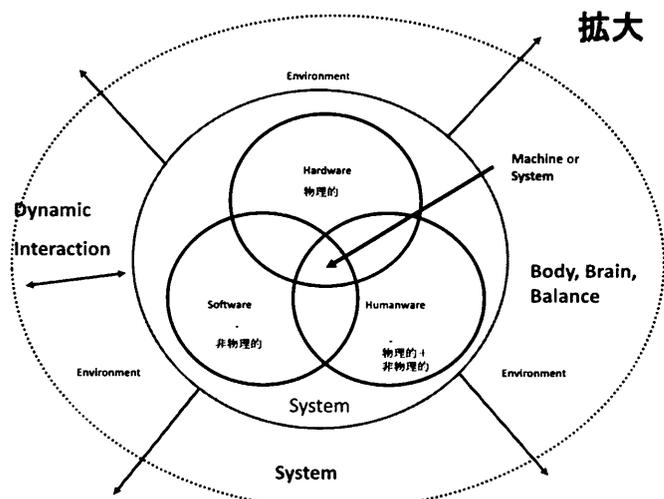
Body to Brain Interface

新しいインターフェイス

外界とのコミュニケーション Emotional Communication

(C) Shuichi Fukuda, 2011

74



(C) Shuichi Fukuda, 2011

75

歩きながら考える時代

野球	から	サッカー	へ
Web 1.0	から	Web 2.0	へ
分業	から	協働	へ
仕事	から	お祭り	へ
他人のため	から	自分のため	へ
分業交換経済	から	自己発展経済	へ
完成品産業	から	道具産業	へ
集中系	から	自律分散系	へ
Eleven Best	から	Best Eleven	へ
Star Player	から	皆が Player	へ
		Libero の時代	

© Shuichi Fukuda, 2011

76

福田収一関係の文献

- (1) 福田収一、「価値創造学」、丸善、2005
- (2) 福田収一、「ものづくり大論」、丸善、2006
- (3) 日本機械学会編、福田収一責任編集、「HCDハンドブッカー人間中心設計」、丸善、2006
- (4) 日本機械学会編、福田収一、綿貫啓一責任編集、「感覚、感情とロボット」、工業調査会、2008
- (5) 福田収一、「デザイン工学」、日本放送出版協会、2008
- (6) 福田収一、「良い製品＝良い商品か?」、工業調査会、2009
- (7) Shuichi Fukuda, "Emotional Engineering: Service Development", Springer, 2010
- (8) 福田収一、「自己発展経済のための工学－Smart Flow の時代」、養賢堂、2011
- (9) 福田収一、「一杯のコーヒーから」、機械の研究 連載コラム、養賢堂

連絡先 shufukuda@gmail.com

© Shuichi Fukuda, 2011

77

ありがとうございました

© Shuichi Fukuda, 2011

78

2013年 3 月28日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒108-0014 東京都港区芝 5 - 26 - 20

建築会館 4 F

Tel : 03-5442-0481

Fax : 03-5442-0485

E-mail : academy@ej.or.jp

URL : <http://www.ej.or.jp/>