

特集 「協調学習と AI」

PBL と AI

PBL and AI

福田 収一
Shuichi Fukuda

スタンフォード大学機械工学科
Design Division, Stanford University.
shufukuda@cdr.stanford.edu

Keywords: project based learning, global PBL, reflective practice, cyclic approach, continual prototyping.

1. はじめに

本稿では、著者の 10 年に及ぶ、スタンフォード大学とのネットワークを介した日米のグローバル PBL の体験から、PBL のもつ意義、日米の教育の相違、協調学習の課題などについて AI との関連の視点から考えてみたい。

2. 時代の変化：戦術から戦略へ

20 世紀は鉄道の時代に例えることができよう。鉄道には線路がある。目的地も行き方も明確である。したがって、いかに早く、正確に目的地に到達するかが重要であった。しかし、21 世紀を迎え、社会は急速に多様化し、変化が激しくなった。このような時代は航海に例えることができよう。航海には多くの要因が影響する。天候によっては、寄港地を変えなければならないし、嵐が過ぎるのを待つ必要もある。さらに、あまりにも天候が悪ければ、当初の目的地を変更しなければならない。そのような場合には、「一体そもそも何のために出港したのか？」が問題となる。

また、20 世紀と 21 世紀は農耕の時代と狩猟の時代と例えることもできる。農耕では、耕地が決まっている。したがって、経験を集積し、知識として構造化していけば収穫の増加、品質の向上につながる。しかし、狩猟では、どのような獲物に出会うかは未知である。出会った獲物が弱ければ殺して食べる。自分が弱ければ殺されてしまう弱肉強食の世界である。

農耕では、知識の構造化が極めて重要な課題である。しかし、狩猟では、相手との強弱の判断が重要となる。獲物がどのような動物であるのかは基本的に問題ではない。自分よりも弱いか強いかを瞬時に判断する必要がある。すなわち、判断力がより重要となる。

さらに、農耕では、耕地の産物を購入する人は 1 人ではない。多数である。20 世紀の製品開発は地理的に固定されたマーケットを指向してきた。こうした既成のマーケットは、生産者にとっての耕地である。いかに良い

耕地（マーケット）を確保するか、そして耕地（マーケット）での経験を集積し、それを基礎にいかに収益を増大していくかが 20 世紀の企業活動であった。現在でも企業は、まだこうしたマーケット経済論から脱却できていない。中国市場などと地理的に固定されたマーケットを考えていることがその証拠である。

しかし、狩猟は、相対（あいたい）の世界である。マスとしての対象ではなく、個々の関係である。状況判断が最も重要であるが、同じ種類の獲物を対象にしていけば狩猟の効果をあげることができる。これは本質的に、価値「感」を共有するコミュニティを創造しようとする Web 2.0 の世界にはかならない。

また、20 世紀においては、行く道は線路しかないの、どの路線を取るか、早期の決断が良い結果をもたらした。しかし、21 世紀となると潮目を見て、適当なタイミングで決断することが重要となってきた。すなわち、遅延評価（lazy evaluation）の重要性が増大してきている。

すなわち、20 世紀は、戦術の時代であったが、21 世紀は戦略の時代となる [福田 05, 福田 06]。「何が本来の目標であるのか」を常に問う必要がでてきた。このような時代背景が、PBL を生み出した。

3. PBL: Project Based Learning, Problem Based Learning

PBL は、Project Based Learning の略としても、Problem Based Learning の略としても使われている。しかし、著者は、Problem Based Learning と Project Based Learning は全く異なるアプローチであると考えている。

Problem Based Learning は、発祥の地北欧で非常に普及している。著者は、Problem Based Learning とは、基本的には、従来の「基礎から応用へ」の展開を、「応用から基礎へ」と逆展開した学習方法であると理解している。逆展開をすることにより、学生の動機づけなどに役立つことが採用の大きな理由であろう。

PBL と同じ略称で呼ぶので紛らわしいが、Project Based Learning は、Problem Based Learning とは全

く異なる思想から生まれてきたと思われる。Project Based Learningの起源は明確ではないが、最初に医学部から始まったとの説が有力である。医学部からProject Based Learningが始まったとすれば、その事実が、Project Based Learningの独自性、Problem Based Learningとの相違を示す最大の証左となる。

4. Donald Schon

1980年代は大きな変貌の時代である。ソ連の崩壊を始め、多くの社会的な変化が生じた。技術の世界では、インターネットが急速に普及し、コンピュータが集中型から分散型へと移行した。CSCWが話題となり、協働がキーワードとなった。AAAIの第1回は1980年であり、また第五世代コンピュータプロジェクトの開始は1982年である。ソフトウェア分野での大きな変化だけではなく、ハードウェア分野でも、例えば光造形技術が誕生し、プロトタイピング技術に大きな変化がもたらされ、短時間でのアイデアの可視化が可能となった。すなわち、1980年代は社会、技術分野で大きな変化が生じた時代である。

このように社会が大きく変貌する状況の中で、Donald Schonは、理論を適用する、従来の演繹的アプローチでは解決が困難な問題が多数出現してきている事実に注目した。彼は、医学、経営、設計などの分野では、演繹的アプローチが有効ではないことに気づき、これらの分野の専門家がどのように知を形成し、実践しているかを検討した。彼は、そのアプローチを実践知(Thinking in Action)と呼び、「Reflective Practitioner」としてまとめた[Schon 95]。

彼は、これらの分野の専門家は、構造化された理論を適用するのではなく、実践の中で反省し、活動の中で合理的な対応方法を見だし、それを適用していくことで問題を解決していると主張した。これは、まさに農耕と狩猟の相違に対応する。

笠信太郎[笠 87]の言葉を借りれば、それまでの方法は「考えてから歩く」アプローチであった。しかし、これらの分野では「歩きながら考える」アプローチが実践されていることをSchonは指摘した。実際、私達の日常生活でも、昔は、どこかに出かける場合はまず地図を見て出発したが、現在は、携帯電話をもち、歩きながら行き方を考えている。

心理学でも、状況論[加藤 01, 茂呂 01, 上野 99, 上野 01]が注目を浴びてきている事実が示すように、21世紀は航海、狩猟の時代であるとするれば、Schonのアプローチの重要性が増大してきており、学習もそうした方向へと転換する必要がある。

5. 試行錯誤、失敗に学ぶ

Reflective Practiceの考え方は、アメリカのPragmatismがその根底にあると理解している。Pragmatismは、アメリカの開拓の歴史と深い関係がある。フロンティア開拓では、明日の世界は未知であり、今日までの知識がそのまま適用できるとは限らない。未知の世界へと一歩、いや半歩でも進むためには、試行錯誤が基本となり、失敗に学ぶことが重要となってくる。

設計に有用な理論として注目されているAbductionが、Pragmatismの哲学を代表する1人であるともいわれるCharles Sander Peirceにより提唱された事実は極めて興味深い。Reflective PracticeとAbductionの間の深い相関を感じる。Peirceは、思考と行動を結びつけ、信念は行動のための規則であると述べている[魚津 06]。すなわち、ある事柄が観察された場合、それを説明できる仮説を用意し、それを適用し、疑念が生じればまた考え直して新しい仮説を適用すると述べている。これはThinking in Actionと唱えたSchonと同じ考え方である。

Problem Based Learningは、試行錯誤が基本ではない。成功に学ぶ戦術的アプローチである。成功事例から、もとに戻って考える。すなわち、「鉄道でいえば、目的地から逆に出発地を考えれば、どのようにすれば成功するかが理解できる」との考え方である。Problem Based Learningの基本は鉄道、農耕の考え方である。

一方、Project Based Learningは、試行錯誤のアプローチである。その基本となるPragmatismの哲学ももとはイギリスが起源である。島国であるイギリスは、航海で世界を制覇した。

著者の経験したPBLは、Project Based Learningである。そこで、以下ではPBLをProject Based Learningの略として用いる。

6. 知の獲得

PBLがいずれの略であれ、それらは学習効果を向上させるための方法である。すなわち、いかに知を獲得するかを支援する方法である。

さて、ここで赤ん坊を考えてみよう。赤ん坊は、あちらこちらを触ることで知恵をつけていく。すなわち、赤ん坊は試行錯誤を重ねながら知恵をつけていることを忘れてはならない。赤ん坊にとって外部環境は全く未知であり、未知の世界を開拓するために、試行錯誤を重ねて外部環境を理解し、対応するための知恵をつけている。

触る感覚(触覚)が知の獲得に重要であることが最近注目され始めている[福田 08]。触覚は、外部環境とのコミュニケーション手段である。触覚は、物理での作用-反作用の原理に直接対応し、しかもリアルタイム性がある。赤ん坊は、外界という相手と触覚という手段を通じ

てコミュニケーションを行っている。赤ん坊の行動は、知の獲得、知の創造におけるコミュニケーションの重要性を示す一つの事例でもある。

7. 線形の世界からサイクル (循環) の世界へ

20世紀は線形のアプローチが主流であった。例えば、製品開発も、設計⇒生産⇒使用という線形の流れとなっている (図1)。



図1 線形方式。
産業革命以降専門化が進み、設計、生産などが分離され、逐次処理となった

線形の考え方は、産業革命がもたらした専門化による分化が背景となっている。それ以前、特に太古には、1人の人間がすべてを行っていた。実際、Homo Faber (道具をつくる人) という言葉が示すように、人間は道具をつくり、それで夢 (目的) を叶えていた。道具が目的の実現に適さなければ、道具を改善したり、目的を変更したりした。すなわち、設計、生産、使用はサイクルで流れていた (図2)。

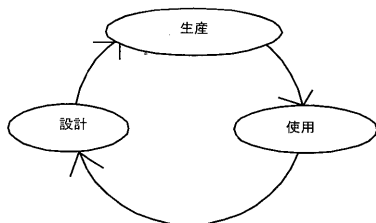


図2 サイクル方式。
大昔の人間の活動 Homo Faber (道具をつくる人間)

さて、21世紀は航海、狩猟の時代となり、線形モデルでは対応できなくなってきた。Schonの指摘は、サイクルのアプローチの有効性を主張しているというのが著者の解釈である。

彼の考え方は、本質的に、日本であまりにも有名な Deming Cycle (図3) と同じである。

Deming Cycle は、もともとは統計的品質管理の父と

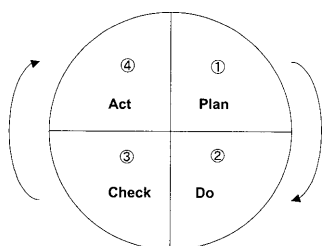


図3 Deming Cycle

いわれる Shewhart が生み出した考えである。興味深いことに、Shewhart は統計学者であるにもかかわらず Pragmatism の考え方に非常に強く影響を受けていることが知られている。彼は、オペレーションに関心があった。しかし、そのオペレーションは極めて戦略的な文脈で考えていたのではないと思われる。すなわち彼は、統計を極めてダイナミックに、文脈の流れの中で捉えていたのではないかと想像している。

さて、本特集の主題の学習分野では、Schon が活躍した MIT では、1990年代の終わりに、航空宇宙工学科が、それまでの教育方式では、多様化、複雑化、変化の激しい時代に対応できる技術者教育はできないとして、CDIO と呼ぶ新しい学習方法を提案した。

CDIO は、Conceive-Design-Implement-Operate の略であり、図4に示すサイクルとして表現される。

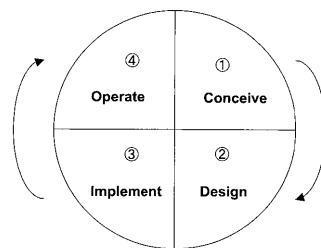


図4 CDIO

Schon の Reflective Practitioner の仕事は1980年代の後半に行われたので、当然 Schon の影響がある。CDIOでは、チームワーク、コミュニケーション能力の向上、さらに実問題との取組みの重要性が強調されており、その考え方は PBL にほかならない。

8. PBL の基本は継続的プロトタイピング

著者は1998年以來、スタンフォード大学大学院設計コース ME310 に関わってきた。同大学の PBL の父である Larry Leifer は、PBL の基本は継続的プロトタイピングであると主張している。

その意味を考えるために、現実の製品開発について少し考えてみたい。ME310では、パートナーとなる企業から、抱えている現実の問題を与えられ、プロジェクトチームを組んで解決する。学生主導でプロジェクトは進行するが、所与の問題を解決する設計案を案出しただけでは不十分であり、その有用性を試作品 (プロトタイプ) によって実証しなければならない。すなわち、ME310は、現実の企業の製品開発を大学で行っているとも解釈できるからである。

製品にはハードウェアとソフトウェアがある。両者の製品開発方式を比較すると図5、図6となる。

ハードウェアの製品開発は機能固定方式であり、顧客の要求する機能を設計、生産で実現して顧客に出荷する。

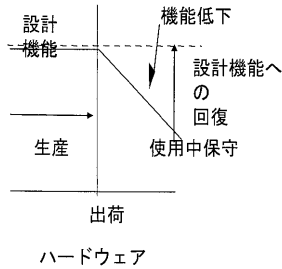


図5 機能固定方式

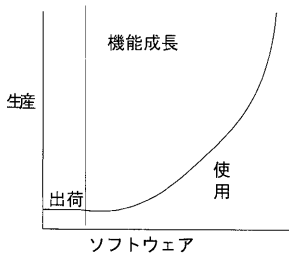


図6 機能成長方式

出荷後は、劣化が進み、機能は低下する。したがって、ハードウェアでは、劣化する機能を、もとの設計機能レベルまで戻す保守が極めて重要となってくる。これに対して、ソフトウェアは、機能成長方式である。昔は、ソフトウェアもハードウェアと同じ方式を採用していた。例えばソフトウェア工場などの名前がその実体を表していた。ソフトウェアの機能成長方式は、継続的なプロトタイピングがその根底にある。

9. 継続的プロトタイピング

なぜ、ソフトウェアの開発方式が変更されたのであろうか？ その根底には、ソフトウェアのバグ除去の困難さ、ソフトウェア開発に必要な人的資源の膨大さなどの問題がある。さらに後述する可視化の問題がある。

1980年代に、ソフトウェアの需要が急増し、従来方式で対応できなくなり、継続的プロトタイピングの考え方が導入された。それまでは、プロトタイプといえば線形の製品開発の流れの中で、実用品を生産する直前の試作品であり、問題点の抽出と改善が目的であった(図7)。

しかし、プロトタイプを顧客に提供し、顧客とともにその機能を向上させる機能成長方式、継続的プロトタイピング方式を採用すれば、急増する需要に対処できる(図8)。

さらに、多様化、複雑化、激しい変化にも、この方式であれば、より適切に対応できる。すなわち、継続的

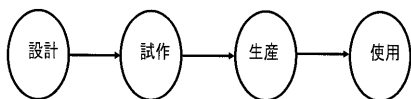


図7 試作としてのプロトタイピング

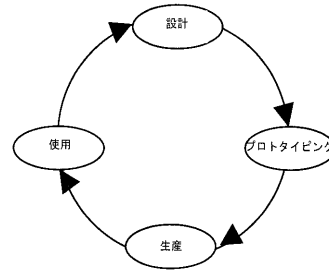


図8 継続的プロトタイピング

プロトタイピングは状況に適応した製品開発を可能とする。継続的プロトタイピングのほかの利点は、顧客も自分自身が開発に関係していると感じる点である。それにより、顧客はより製品に愛着をもつ。

従来の製品開発は、生産者と使用者の間にある情報の非対称性を基本としていた(図9)。

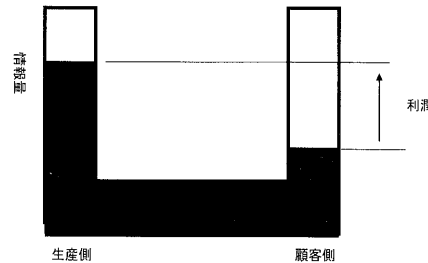


図9 情報の非対称性

すなわち、これまでの使用者は、受身であった。しかし、社会の情報化の進展により、この情報の非対称性は急速に消滅している(図10)。

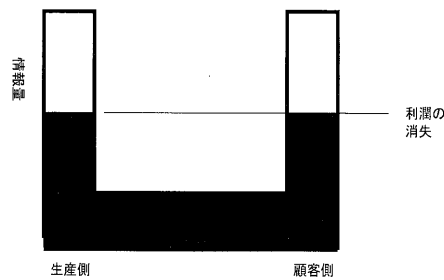


図10 情報の非対称性の消失

生産者が利潤を上げるためには、情報の非対称性に注目するのではなく、使用者と一緒に価値を協創することが重要となってくる(図11)。

図11は、ミシガン大学の Venkat Ramaswamy が主張する価値協創の考え方につながる [Prahalad 04]。また生産者と使用者の区別が消滅するという Tim O'Reilly の Web 2.0 の考え方でもある。すなわち、生産者と使用者の区別がなくなり、使用者は受動的な使用者から能動的な使用者へと大きく変化し始めた。

ソフトウェア分野が、継続的プロトタイピング方式の

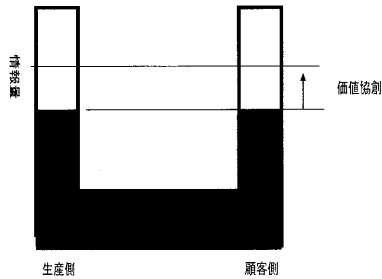


図 11 価値協創

採用で先行した背景には、ソフトウェアの可視化の困難性があげられよう。ソフトウェアはハードウェアと大きく異なり、中身が見えない。しかし、極めて単純な機能から出発し、機能を高度化していけば、使用者もその機能を理解し、機能の拡充、発展についていくことができる。すなわち、継続的プロトタイピングはソフトウェアの可視化に役立つ。

現在は、ソフトウェアだけではなく、ハードウェアでも可視化が大きな問題となってきている。まず使用される技術に、未体験技術が多くなってきている。さらに、製品のライフサイクルが急速に短縮化された結果、先導役の使用者の様子を見て、製品の良否を判断する時間的余裕がなくなってきた。従来は、マーケットの20%の顧客が先導役となり、新製品を購入し、その使用した評価を基礎に、残りの80%が購入した。このような流れが急速に消滅している。

PBLは、教育の視点で論じられることが多い。しかし、PBLが継続的プロトタイピングを可能にする点に注目すれば、PBLを、ハードウェアの可視化に活用することが可能となると期待される。

実際、継続的プロトタイピングによる機能成長の曲線と(正の)学習曲線は、形状が類似している。すなわち、ソフトウェアが現在行っている機能成長方式を、ハードウェア分野へと拡大できる可能性がある。これからの時代は、顧客は生産者とともに価値を創造していかなければならない。継続的プロトタイピングを導入すれば、顧客は機能をしだいに学習し、必要な機能を生産者にフィードバックすることにより、生産者とともに新しい価値を創造していくことが可能となる。すなわち、ソフトウェアの機能成長方式とは、ある意味で生産者と使用者が協調して学習し、価値を協創する方式であるとも解釈できる。Web 2.0の世界もある意味では協調学習の世界である。なお、学生も将来の顧客であることを考えるならば、PBLは新しい産学連携の道を示していると解釈することも可能である。

10. チームワーク、リーダーシップ

PBLではチームワークが強調される。チームワークという日本の特売特許であると考えている日本人が多

い。しかし、あるアメリカ人は自分達こそチームワークを知っているという。著者もそれを聞いたときに、「え！アメリカ人は個人主義でしょう？それがチームワークですか？」と聞いてしまった。しかし、その答えを聞いてなるほどと納得した。

彼は、西部開拓を考えてみろと言う。西部開拓では、自分の家族しかいない。そこで半歩でも前進するためには、極端に言えば赤ん坊でも使えるものは何でも使う。いかに、あらゆる資源を目的実現のために活用するかがチームワークであるという。

これを聞いたのは、著者がME310に関係する5年ぐらい前であった。その後、ME310に関係し始めると、アメリカのチームワークと日本のチームワークは、同じチームワークと呼んでいるが、その実体は全く違うことがしだいにわかってきた。日本のチームワークはお神輿担ぎである。お神輿は見えていて、それを担いで行く先もわかっている。いかに上手にお神輿を担ぐかが日本のチームワークである。しかし、アメリカのチームワークは、何を担ぐか、どこに行くかを定めることが最大の課題である。

すなわち、日本のチームワークは目標が決まっているときに、その目標をいかに全員で効率的に実現するかに重点を置いている。これに対して、アメリカは目標を決めることがチーム活動の最大の狙いであり、ひとたびチームの目標が決まれば、後の対応は個人、個人に任せられる。その意味で、日本のチームワークは戦術的であり、アメリカのチームワークは戦略的であるといえよう。

リーダーシップもこの枠で考える必要がある。アメリカ人がいうリーダーシップとは、自分の考えをいかに実現させるかである。そのために必要な人材、資源をいかに集めるかがリーダーシップである。もし自分の考えを達成できる資源が結集できなければ、自分の目標を変更しなければならない。結集した資源(人的、物的)で目標が達成できると考えれば、自分の目標を周知徹底しなければならない。周知徹底とは、後述するように命令ではない。自分の意図をいかに構成メンバに理解させるかである。

日本では、チームワークというと協調といわれるが、協調とcollaborationは異なる。協調の基本は調子を合わせることである。しかし、collaborationの語源はlabor、お産である。お産は苦しみである。いかに対立する中で、新しいモノを生み出すかがcollaborationであるから、交渉(negotiation)は、collaborationの重要な活動となってくる。すなわち、あちらこちら異なる方向を向いている人に、自分の向いている方向がいかに重要かを理解させなければならない。しかし、協調は、基本的に同じ方向を向いている人が調子を合わせることであり、運動会の二人三脚と同じであると著者は考えている。

11. 多 様 性

教育における多様性の議論が最近活発となってきた。しかし、ここでも日本の多様性とアメリカの多様性の議論には大きな相違があると感じている。

これは教育をどのように考えるかに起因しているように思われる。21世紀の最大の産業は教育であるとアメリカではいわれている [Palmisano 05]。最近、日本でも教育を産業と呼んでもあまり抵抗はなくなった。しかし、日本では、まだまだ教育が極めて神聖視されている。日本の教育の原点には、教育とは個人の能力を伸ばす活動であるとの意識があると思われる。

しかし、アメリカの教育を見てみると、その戦略は、アメリカという国などの組織がいかに生き長らえていくかを目標にしているように思われてならない。日本の教育における多様性の議論は、個人の学習者がいかに多様な教育環境を提供して、個人の能力を向上させるかに力点がある。しかし、アメリカでは、個人ではなく、組織としての能力の向上に焦点が置かれていると感じている。アメリカで教育における多様性という場合は、学習者の多様性であり、そうした構成員の多様性がいかに教育を「進化」させるかを論じている。

「進化」と「成長」は異なる。「成長」は、個々の生命体の話であり、太郎君、次郎君の話である。しかし、「進化」は人類の話である。「進化」とは、個々の太郎君、次郎君が亡くなっても、人類としての発展永続を指している。日本の教育は「成長」を指向し、アメリカの教育は、「進化」を指向しているように思われてならない。

12. 教育は個人のためか？ 組織のためか？

なぜ、アメリカ人が教育における多様性を重視するのか？ それは、構成要素が多様化すればするほど、いくつかの要素が減びても、種全体としては生き長らえるからである。日本でも昔は、教育は国家のためであり、ある意味ではけっして個人のためではなかった。

スタンフォード大学では、性格を考慮したチーム編成方法が開発され、成果を上げたと主張されている [飯野 07]。しかし、この成果とは、チームがベストチームとなり、チームとしての成果が上がったことを指している。個々のメンバの能力向上とは直接関係がない。

日本でも、PBLはチームワーク能力の育成に役立つとされている。しかし、何のためのチームワークなのかを考える必要がある。もし、自分にない知識、経験を求めてチームを組むのであれば、どうすれば、自分と異なる知識、経験をもつ人材を見いだすことができるかが重要であり、その能力の育成こそが重要であろう。しかし、どうすれば、自分に不足する、異なる知識、経験をもつ人材を見いだせるかの方法論が議論されたことは日本で

はほとんどないのではないかと思う。

スタンフォード大学の方法は、性格に注目した異なる人材の発見方法ではあるが、異なる知識、経験をもつ人材の発見方法ではない。もちろん、自分と性格の異なるメンバとチームを組めば、発想も異なるので、新しい知恵が生まれてくる可能性も高くなる。チームとしての成果を考えるならば、性格を考慮したチーム編成は一つの有力な方法であることは間違いない。どうすれば、自分の夢実現に必要で、自分に不足している知識、経験のある人材を探せるかはCSCW (Computer Supported Cooperative Work) の大きな課題であるように思われる。

13. PBLのおもしろい経験

著者は、関係したPBLにおいて、いくつかおもしろい経験をした。これらが、PBLが契機かどうかは今後、研究する必要はあると思われる。しかし、PBLでなければ、このような経験をするこゝもなかったであろうことも事実である。そこで、それらを以下で紹介したい。

13・1 紙製自転車の開発

最初に著者がPBLに関係した課題は、1998年秋の紙製自転車の開発であった。課題は「紙で人間の乗れる自転車を設計し、試作せよ」というものであった。現在は、日本でも高等専門学校などで、紙製自転車の試作が盛んである。しかし、当時は、「紙で人間が乗れる自転車をつくる？」と、日本人学生が、課題を理解するのに1週間ぐらいかかった。日本人学生にとって紙とは折り紙をするような薄い紙しか想像できなかったからである。しかし、アメリカ人学生から、「ファックスの芯を考えてご覧」とか、「ピザの箱を考えてみて」などといわれているうちに、紙にもいろいろなものがあることがしだいに理解されてきた。

しかし、この課題は、企業からの課題ではないので、スタンフォード大学からはいっさいお金が出ない。学生はただで材料を提供してくれるところを探さなければならぬ。日本人学生は、またこの段階ではたと困った。紙にも厚い紙があることは理解できたが、どこで調達すればよいのか？

興味あることに、どこで調達できるかを教えてくれたのは、当時著者の研究室に滞在していたアメリカ人の助教授である。「そばに製紙工場があるじゃないか！」というのである。いわれてみれば学生は、大学のそばの製紙工場の脇を歩いて通学している。毎日「製紙工場」の看板を見、紙のロールを見ているにもかかわらず、厚いロールが紙であるとは頭では理解していても意識には全く上がってこなかった。人間は、なかなか思い込みから抜け出すことは難しい。

この紙製自転車のプロジェクトでは、日本とアメリカでネットワークを介して共同作業をする場合の問題点が

種々明らかになり、その解決方法を工夫することができた。先の紙# Paperの例が示すように、英語と日本語のもつ言葉の背景の違いもあるが、それ以上に問題になったのが意図理解であった。一体、何を意図してそのような提案をしているのかが、なかなか理解できない。

意図理解にはスケッチが一番役立った。ただし、完成したスケッチではない。スケッチを描く過程の共有が意図理解に一番役立った。スケッチは、極めてラフでよい。手書きで白板に書く程度で十分であった。ただし、描画過程を時間的に共有することが重要である。英語、日本語という言葉を超えて、何を考えているのか一番容易に理解できた手段がラフスケッチであった。

Betty Edwardsはスケッチの専門家である。彼女は、スケッチの作成では、描いている過程を右脳が処理をし、それをしだいに左脳に送り構造化していると主張している[Edwards 89]。彼女の説が正しいとすれば、描いている本人も描きながら考えているので、整理され、構造化されたスケッチを見せられるよりも、意図理解が容易になると解釈できよう。

13.2 縦列駐車システムの開発

この紙製自転車プロジェクトは、学生にPBLに馴染ませ、チームワーキング能力などを向上させる準備プロジェクトである。1999年の正月から、トヨタ自動車提供した課題「縦列駐車システムの開発」プロジェクトが開始された。これは1～6月までの6か月のプロジェクトであるが、まず縦列駐車とその英語parallel parkingの相違を克服するのに時間がかかった。日本人学生は縦列駐車をそのまま訳し、line parkingなどといってアメリカ人学生がさっぱりわからず、互いに何をしようとしているのか理解するのに多大の時間を要した。

この相違を克服したのが、ラジコンの自動車である。ラジコンで自動車を走らせる動画を共有して議論しているうちに両者の相違が明確となった。アメリカ人がparallel parkingと呼ぶ理由は、自分の車が、一列に並んでいる車と並行(parallel)になったときに注目している。すなわち、いつブレーキを踏んで、バックすればよいかという駐車動作の開始に注目している。これに対して、日本の縦列駐車は、駐車動作を終了した時点で、自分の車が一列に駐車した車の列に収まっているかを問題にしている。

この両者の違いは、単に縦列駐車をparallel parkingと呼びかえるだけでは対応できない。技術的な視点から重要なことは、両者では必要とされるセンサが異なることである。実際、超音波を利用して非常に安価にparallel parkingの支援システムを開発できた[坂元 01]。

13.3 カーナビゲーションシステムの開発

日米で共同でシステムを開発していると日本人とアメリカ人の相違を感じることも多い。その典型的な例がカ

ーナビゲーションシステムの開発であった。日本人は、目的地にどのように着くのかをきちんと示さないと納得しない。すなわち、画像に出発地、目的地を示し、どのように行くのかを気にする。一方、アメリカ人は、結果として、目的地に到着すればよく、曲がる場所などを的確に指示すればよい。もちろん、制約条件は満足しなければならないが、結果がよければそれでよい。したがって、画像で提示する必要はなく、音声での提示で十分である。この経験から、システム設計では、国民性を考える必要があることを実感した。

13.4 スーパーマーケットのレジの混雑緩和対策

上記は、1998～2005年の間、トヨタ自動車の支援を受けて実施したPBLの体験である。著者は、これ以外に、2005年、2006年と韓国成均館大学、中国上海交通大学、東京都立科学技術大学の間で、東アジア共同体共同設計プロジェクトを実施した。

このプロジェクトでは、ディスプレイ症候群に対応するための空気圧を利用した指圧椅子などを開発し、中国の指圧の知識などを活用しておもしろい、しかも有用な試作品をいくつか開発した。しかし、ここでは著者にとって最も印象的であった事例を紹介したい。

スーパーマーケットでレジに長い列ができると、お客はいらいらするので、どうしたらそれを解消できるかを検討することになった。日本人と韓国人の学生は、レジの処理を早める方法を考えたが、中国人のある学生が次の提案をしたのには皆びっくりした。

すなわち、何もしないで待つことがいらいらを引き起こすので、何かさせればよい。そのためには、カートにゲームをつけて、待つ間ゲームをさせればよい。お客はゲームに熱中し、場合によると自分の番が来ても、次の人に順番を譲るかもしれない。また、ゲームをその時点で記憶させておけば、翌日またそのゲームをしに戻ってくる可能性もある。スーパーマーケットにしてみれば、商品を売るだけではなく、ゲームでも儲けることができるというのである！

これには、びっくりした。日本人の学生、韓国人の学生は戦略目標をあまり検討することはなかった。目標を短時間で決定し、後はいかにその目標を実現するかの議論ばかりしていた。しかし、中国人の彼は、この議論には積極的に加わらず、少し経ってから、このような思いもかけない目標があることを指摘した。それからは、日本人、韓国人もその提案に関心をもち、結果として日中韓でゲームのついたカート開発を行った。この例では、発想転換の難しさ、問題をいかに多面的に考えるべきかを学んだ。

14. コミュニケーションの重要性の増大

PBLでは、コミュニケーションの重要性が強調されて

いる。上記のME310、そして日中韓の3か国間のPBL体験を通して感じたコミュニケーションの問題を述べたい。

トヨタ自動車が支援して実施したME310のプロジェクトは毎年異なる課題であったが、足掛け8年間続いた。その期間中にさまざまな試行をした。例えば、日本チームとアメリカチームがプロジェクトのどの時期にface to faceで会うと効果的かを検討した。その結果から、プロジェクトの開始早々にface to faceで会うと一番成果が上がった。これは、ME310の性格上、戦略的な活動が多いために、どのような人かを知ることが、行動を決めるうえで重要な役割を果たすからではないかと想像される。最も成果が上がった例は、スタンフォード大学の学生が土曜日に日本に到着し、その晩飲み、次の日の日曜日に東京都立科学技術大学へ来て、研究の打合せを行い、月曜日にトヨタを訪問し、火曜日に帰国した。彼らの滞在は極めて短い期間であったにもかかわらず、その後のネットワークを介した作業が非常にスムーズに進んだ。

このときのアメリカチームには仕切り屋と解析屋の性格をもつメンバがいたが、テレビ会議をすると仕切り屋が常にテレビカメラの前に立ち、日本の提案にも、「それはいい！」などとすぐに応じる。しかし、スタンフォードが開発した、受信側で送信側のカメラを操作できるシステムを使い、スタンフォード側のカメラを横に振ると、解析屋がまずい顔をしている。

これでは、今回の日本提案はダメだと日本側で判断をして、次回回しにするなどの対応をとった。このような対応ができた最大の理由は、やはり直接会って、その人柄などを見ていたからであろう（なお、この受信者側で操作できるカメラは現在は市販されている）。

これに関連して、もう一つの重要な点は、国境を超えたグローバルPBLではチーム対チームコミュニケーションとなることである。個人と個人のコミュニケーションについては多くの研究が行われているが、チーム対チームコミュニケーションについては、こうした性格なども考慮する必要がある、これから検討すべき課題が極めて多いと感じている。

特に、企業、社会活動がグローバル化すると、データの伝達ではなく、意思決定のための議論が多くなる。ネットワークを介したPBLはそうしたグローバル、広域での意思決定のための訓練になると同時に、どのような問題があるのか顕在化し、問題解決のための技術開発の指針を与えると期待される。

グローバルPBLを経験して、非常に重要であると思われたことは、同期、非同期の問題である。どのような情報を同期でコミュニケーションし、どのような情報を非同期で通信すればよいのかは大きな課題である。最近、感情コミュニケーションが注目されている[Goleman 96]。著者らも感情が重要であることをつくづく感じた。日米などで言葉が違うことがしばしば懸念材料として指摘されるが、言葉よりも感情のほうが意味では重要

である。日本側が朝早くテレビ会議に臨んでいるときに、アメリカ側はいろいろな仕事を終えて早く家に帰りたい。議論をしているうちにアメリカ側がしだいに疲れからいらだってくるのがわかると日本側としては、アメリカ側の言いたいことをいかに早く理解しようかと努力をするようになる。聞き出そうとしてコミュニケーションをするのと、聞かされているのでは全く違う。聞き手が話し手の意図をいろいろ推測しながら聞いている場合には、必要ならスケッチでも意思疎通はできる。感情コミュニケーションの果たす重要性を身に染みて感じた。

これは、ある意味では息を合わせることでもある。言葉を文脈の流れの中で理解できるようになる。非同期では、文脈は関係ない。言葉はその意味しか表現していない。しかし、文脈の中で、相手と息を合わせれば状況が理解でき、相手の意図が推定しやすくなる。

著者は、現状のコミュニケーション技術をSpeak Technologyと呼んでいる。すなわち、いかに自分の意図、発言を正確に相手に伝えるかに力点が置かれている。しかし、これからは、Listen Technology、すなわち、相手の発言から、相手の意図をいかに理解し、また状況を理解するかが重要となってくると思われる。グローバルPBLの体験により、その必要性が増大していることを感じた。

15. おわりに

日米、日中韓のグローバルPBLプロジェクトの実施体験から、PBLが果せる役割の可能性、日米の教育の考え方の違いなどについて述べた。PBL、特にグローバルPBLは、AI研究の視点からも極めておもしろい分野である。ぜひ多くの研究がなされ、グローバルPBLが活発化し、日本が世界へと発展する基礎となることを願っている。

最後に、執筆の機会をいただいた明治学院大学櫻井成一朗教授に感謝申し上げます。

◇ 参考文献 ◇

- [Edwards 89] Edwards, B.: *Drawing on the Right Side of the Brain: A Course in Enhancing Creativity and Artistic Confidence*, J. P. Tarcher (1989)
- [福田 05] 福田収一: 価値創造学, 丸善 (2005)
- [福田 06] 福田収一: ものづくり大論, 丸善 (2006)
- [福田 08] 福田収一: デザイン工学, 放送大学教材 1542001-1-0811, 財団法人放送大学教育振興会 (2008)
- [Goleman 96] Goleman, D.: *Emotional Intelligence*, Bantam Dell Publishing Group (1996)
- [飯野 07] 飯野謙次, Wild, D.: ユングの性格論を利用したチーム形成, 機械の研究, Vol.59, No.1, pp.155-162 (2007)
- [加藤 01] 加藤 浩, 有元典文: 認知的道具のデザイン, 状況論的アプローチ 2, 金子書房 (2001)
- [茂呂 01] 茂呂雄二: 実践のエスノグラフィ, 状況論的アプローチ 3, 金子書房 (2001)
- [Palmisano 05] Palmisano, S. J.: *Innovate America: Thriving in a*

World of Challenge and Change, Council on Competitiveness (2005)

[Pralhad 04] Prahalad, C. K. and Ramaswamy, V.: *The Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers*, Harvard Business School Press (2004)

[笠 87] 笠信太郎: ものの見方について, 朝日文庫, 朝日新聞社 (1987)

[坂元 01] 坂元 昂, バーチャル・ユニバーシティ研究フォーラム発起人: バーチャル・ユニバーシティ, pp.195-205, アルク (2001)

[Schon 95] Schon, D.: *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Ashgate (1995)

[上野 99] 上野直樹: 仕事の中での学習—状況論的アプローチ (シリーズ 人間の発達), 東京大学出版会 (1999)

[上野 01] 上野直樹: 状況のインターフェイス, 状況論的アプローチ 1, 金子書房 (2001)

[魚津 06] 魚津郁夫: プラグマティズムの思想, ちくま学芸文庫, (2006)

2008年1月17日 受理

著者紹介



福田 収一 (正会員)

1972年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。東京大学助手, 大阪大学助教授, 東京大学客員助教授, 東京都立科学技術大学 (現首都大学東京) 教授, 工学部長, 産学公連携推進準備室長 (併任), 図書館長, West Virginia University Visiting Professor, Stanford University Visiting Professor, 大阪大学客員教授を経て, 2007年4月から Stanford University Consulting Professor, 放送大学客員教授, Cranfield University Visiting Professor. デザイン工学, 協調工学, 感情工学, 感性工学などに関する研究に従事。著書: *Computer Aided Cooperative Product Development*, *Lecture Notes in Computer Science*, No.492 (Springer-Verlag), コンカレントエンジニアリング (培風館) など多数。