



システムイノベーションセンターの人材育成

木村 英紀*

Education Policy of Systems Innovation Center

Hidenori KIMURA*

Abstract– The philosophy and perspective of education policy of Systems Innovation Center is described. The poor situation of Japanese recurrent education is pointed out, as well as a crucial fallacy of traditional way of IT human resource development taken in Japan so far is also pointed out. It is a main target of our education to correct it by introducing the notion of systemic human resource. The idea, target, perspectives of our program of systemic human resource program is stated in accordance with our view of systems innovation which is based on the fundamental understanding of systems innovation. Some of our education programs are introduced, as well as the qualification of systemic human resource.

Keywords– Systems Innovation, Human Resource Development, Education Program

1. はじめに

科学技術の各分野における進歩は加速している。先端的な科学技術の成果を社会がバランスよくしかも十分に享受するにはシステムが必要である。システムは科学技術と社会の接面である。システムイノベーションとは、「システムを構築、運用、進化させることによって新しい価値を生み出す活動」である [1]。システムイノベーションセンターの役割はシステムイノベーションを推進することであり、そのための人材を育成することはセンターの三つの主要な活動の一つである。本稿ではシステム人材育成の必要性を日本の産業界の現状の下で明らかにし、システムイノベーションセンターにおける人材育成の理念を述べるとともに、そのもとで人材育成のプログラムを作成する基本方針を説明する。

2. 日本におけるリカレント教育の現状

人材育成に関して日本ほど議論の盛んな国はない。例えば企業に困っている問題をアンケートで聞くと、どの企業でも人材育成がトップの一角を常に占めている。おそらく各企業は、例えば収益低下、業務効率化、海外進出

など様々の死活的な問題を抱えているはずである。それらと並んで、あるいはそれらを押しつけて人材育成が常に大きな課題となるのは不思議と言えば不思議である。

ここに少し古いが一つの衝撃的なデータがある。大学あるいはそれに準ずる教育機関で 25 歳を超える学生が占める割合の国際比較である (OECD 教育データベース 2009 年)。日本以外の国の平均が約 20 % であるのに対して日本はわずか 2 % である。日本では各大学が社会人学生の枠を強化しているが、にもかかわらず驚くほどの国際ギャップである。日本のリカレント教育の貧しさを感じさせる。日本では企業による自社教育が盛んであると言われているので、このギャップはそこで埋めているのだらうと考えるのは自然である。

しかし実態はそうではない。(財)日本生涯学習総合研究所の『「企業における人材育成」に関する実態調査』報告書 (平成 26 年度) を見ると、企業が社内教育として最も力を入れているのは新入社員教育である。中堅社員の教育でも、「コミュニケーション力」「リーダーシップ」「プレゼンテーション力」「ストレスマネジメント」などの対人スキルの養成に重点が置かれていて、大学教育を補完し、技術の進歩にキャッチアップさせるための高度の技術教育をやっているようには見えない [2]。それよりも人間的な成熟、もっと言えば社風に合った人格の形成を強調しているように思われる。「コミュニケーション力」などを中堅の社員にお金をかけて講義する必要があるのか、疑問に思えてならない。前述の 25 歳

*一般社団法人システムイノベーションセンター人材育成協議会 東京都新宿区西新宿 6-12-7 ストック新宿 1F B-19 号

*Systems Innovation Center, Stoke Shinjuku 1F B-19, 6-12-7 Nishi Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo

Received: 21 February 2020, Accepted: 24 April 2020.

以上の大学生が他国と比べて極端に少ない理由の一つもこの辺りにあるのではないかと思われる。

これと関連しているのが、日本の企業で大学院修了者の割合が極めて低いことである。日本の企業の研究者で博士号所持者の割合は4%であるが、アメリカは10%である。アメリカでは上場企業の人事部長の14.1%がPh.D.保持者で、61.6%が修士修了者である。日本では従業員500人以上の企業役員で大学院修了者は5.9%に過ぎない（「教育再生会議」配布資料2013年4月）。博士の人事部長は日本ではないだろうし、修士修了者も大変珍しい存在である。

かつて日本の大企業が海外のMBAに留学することを社員に奨励した時代があり、一時ブームとなった。しかしそのブームは姿を消して久しい。MBAの修了者が帰国しても納得できる報酬や充実感を覚える仕事を与えられず退社する例が相次いだからである。最近ある会議の席上そのことが話題になった時、開明派で知られた某大企業の社長経験者が、「たかが二年くらい勉強したって役に立つわけがない」と切り捨て発言をされて驚いたことがある。

現在、先端技術は大きな変革期を迎えている。イノベーションを起こすために必要な学ぶべき知の総量は急速に増えつつある。にもかかわらず、日本の産業界に蓄積されている知の総量は相対的に急速に減少しつつあるという気がしてならない。材料・素材、メカトロニクス、センシング、工作機械、光学機器、半導体など、かつて世界のトップを走っていた分野では日本の企業に技術の蓄積があり、それが見えざる遺産となって企業のコアコンピタンスを何とか維持していると思われるが、それもいつまで続くか分からない。通信、情報、計算機、システム、バイオ、認知科学、行動科学などの現在最先端で発展が加速しつつある分野では、大変お寒い状況である。社内の地位の梯子を昇るためのスキルだけでなく、分厚い知のリーダー層を生み出し、少しでも全社的な知の総量を増やすことが必要である。

3. IT人材育成の歪み

人材育成の議論で主役を占める分野がITである。ITの分野ではすでに1970年代末から人材不足が危機感をもって語られてきた。情報処理推進機構（IPA）ではこの状況を経時的に把握するために10年前から「IT人材白書」を毎年出している。IT人材の不足はすでに日本の科学技術の恒常的な課題となっている感がある。政府もその解消のために様々のプログラムを実施し、多額の国の予算が使われてきた。しかし一向にそれが改善されたという話は聞かない。例えば2018年の「ものづくり白書」でも、全体の1/3はIT人材の育成に関連する記

述で占められている。

これまで延々と続けられて来たIT人材不足の議論は、人材の量的な側面が強調されすぎてきた感がある。たとえば1986年に通産省の産業構造審議会は、2000年にはソフトウェア技術者が97万人不足すると警告し話題になった。そのため対応する施策も、ITリテラシーの向上、プログラマー養成、ソフトウェア教育の拡大など、IT人口の増加を目指すものが多く見受けられる。当然のことではあるが、量的な側面と並んで質的な側面も充実させなければならない[3]。IT人材のレベルの低さが実は人材不足の根本的な問題であり、それが解決されないからIT人材不足がいつまでも声高に叫ばれるのではないだろうか？

それでは「レベルの高いIT人材」とは何か？これについてはIPAが「ITスキル標準」を提案している[4]。その中でスキル標準として7段階のランク付けを行っているが、それによると、最高のレベル7は次のように定義されている。

「プロフェッショナルとしてスキルの専門分野が確立し、社内外において、テクノロジーやメソドロジ、ビジネスを創造し、リードするレベル。市場全体から見ても、先進的なサービスの開拓や市場化をリードした経験と実績を有しており、世界で通用するプレーヤとして認められる。」

この定義は技術のレベルよりもむしろ職階と経験のレベルに対応しているように思われる。このレベルの人材を育成するIT教育を考え出すのは難しい。人材育成の質の面での向上が進んでいないのは、スキルの定式化にも問題があるように思われる。

「ITスキルレベル」を考えるにはITが何に使われるか、を考えると一つの答えが浮かび上がる。IT技術者には様々の専門分野があるが、ITの適用プロセスがもっとも一般的に定型化されており従事しているIT技術者の数が最も多いのは企業の業務システムの構築である。そこではプロセスの上流から下流に向かっての流れが、さまざまの変形はあるにしても一般的な原型が共有されている。上流に行くほどその仕事は困難で選択肢が多く高いレベルのスキルが必要とされる。つまり、業務システム構築における上位レベルのタスクに携わることのできる人ほど高いスキルをもつと考えてよいのである。

企業の業務システムの構築プロセスの上流から下流に向かって手順は次のようになる[5]。

- ① システム企画
- ② 要件定義
- ③ 基本設計
- ④ 詳細設計・プログラム
- ⑤ テスト

システム構築の最上流にある「システム企画」は、何

をやるべきかの目的を設定する仕事である。ここでは現状の業務フローの分析とその改変案をその必要性に立ち戻って多くのステークホルダーからの聞き取りを取り込みつつ構築すべき新しいフローを決定する仕事である。次が基本設計である。要件定義（機能要件＋非機能要件）、アーキテクチャ、制約条件などが提示される。そこでのスキルの核となるのはITではなく、もっと普遍的なデザイン力、企画能力、俯瞰能力、調整能力のような「統合スキル」である。制約条件の問題を除くと計算機やソフトウェアとは直接接点がなく、ITというよりはシステム構築が主要なテーマである。計算機の具体的な知識やスキルが必要になるのは、その次の詳細設計やソフトウェア部品購入、実装（プログラミング）の段階である。

日本の製鉄業がかつて日本の高度成長をけん引したことを知る人は少なくなった。1976年にはその生産量の世界シェアが10%強であったのに対し輸出高が世界シェアの30%を占めていたことは、日本の製品が高い評価を得ていたこと、そして外貨の稼ぎ頭であったことを物語っている。製鉄のプロセスはきわめて複雑である。そこでは固体、液体、気体、粒体、粉体など物質のあらゆる態様が出現する。鉄鋼は基本的には注文生産なので、注文品がいまどの工程にかかっているかが常に把握されていなければならない。つまり生産管理が極めて複雑で難しいのである。これがネックとなって、1960年代半ばではひとつの製鉄所の年産量は約500万トンが限度であった。この制約を打ち破って年産1000万トンを実現したのが当時の日本の鉄鋼業である。計算機を用いた巨大な生産管理システムが人海戦術に頼っていた諸外国の生産管理にとって代わり、飛躍的な生産量の伸びを実現したのである。

1960年代後半では日本にまだ計算機技術の十分な蓄積はない。通産省の強い後押しのもとに主要メーカーが競って国産メインフレームのひな型を国立大学や試験機関に納めていた時期であり、その用途は数値計算であった。制御用ミニコンは黎明期にあり、製鉄所にとって計算機はまだ遠い存在であった。従って当時の製鉄所で生産管理システムの設計にあたった技術者たちは、計算機については素人に近いと言ってよい。そのような人々がすぐれた製鉄所の生産管理システムを世界に先駆けて作り出したのである。もちろん出来上がった生産システムは計算機を縦横に駆使したものとなったが、その企画・要件定義・基本設計を行ったのはITの素人の集団であったことは記憶してよいことである。彼らは紙と鉛筆と黒板とチョークでそれを実行し見事に成功した。

システム構築の上流工程を処理することのできる人材を育成することが最も重要であったにもかかわらずこれがうまく行かなかった理由のひとつは、そのスキルが

ITのスキルでないにもかかわらず「IT人材育成」の範疇のなかに押し込まれてきたことにある。これは日本のIT人材育成に歪みをもたらした。

いま日本で最も必要な技術者は、ITの専門家ではない。ITを駆使するシステムを作り上げることのできる人々である。そのような人々を育成するには「IT人材」という枠から離れなければならない。

4. IT人材からシステム化人材へ

「IT人材育成」で欠けていたのは何か？ その答えは、システムを構築できる人材、すなわち「システム化人材」である。50年前の日本の鉄鋼業に輝かしい黄金時代をもたらした生産管理システムの設計者たちは、まさにシステム化人材である。彼らは自らの生産管理の理念、方法、要件、構造、運用を確立してから計算機の導入についてITの専門家に支援を求めたのである。彼らの方法は今から見れば不十分な点、非効率な点があったかもしれないが、ハードウェアとしてのITの知識抜きに世界レベルを抜いた巨大な生産管理システムの設計、構築、運営を達成したのである。このような人材こそが今の日本で最も必要とされているのではないだろうか？

日本では1980年代の情報化社会論ブーム以来ITが技術や社会のすべてを支配する「IT万能論」ともいえる議論の範型が人々の考え方に広く根を張ってきた。それを背景としたIT分野のオピニオンリーダーたちの産学官におけるパワーや影響力は極めて大きく、そのためITの正確な位置づけやその限界を指摘する議論は取り上げられにくい傾向にあった。IT人材育成の施策が質よりも量に重点を置いてきたことも、ITの社会的な支配力の強化につながるものとして優先されてきたとも言える。しかし最近では少しずつ状況が改善している。例えばIT人材の不足に加えて「デジタル人材」（「デジタル化人材」）の不足が叫ばれるようになったことはその一つの表れである。2018年と2019年の「ものづくり白書」では、それが随所に強調されている。そこでのデジタル人材は次のように「定義」されている。

「IT, IoT, AIをツールとして様々な場面で使いこなせる人材、あるいはデジタルデータを使いこなせる人材（データサイエンティストなど）、IoT, AIを使いこなすためのシステム設計などを手掛ける人材」

「使いこなせる」という表現が三度も出ているように、ITを明確にツールとして位置づけている。これはこれまでのIT万能論にもとづくIT人材のとらえ方とは微妙に違っている。IT, AIなどをツールとしてシステム設計に「使いこなせる人材」は我々の主張する「システム化人材」そのものといってよい。

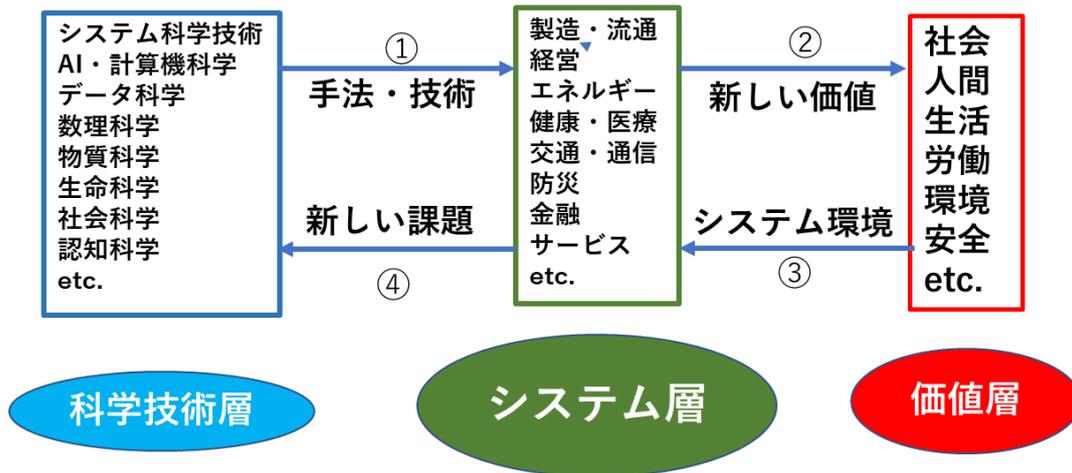


Fig. 1: Structure of systems innovation.

それではシステム化人材とは何か？ 定義は「優れたシステムを設計構築し、運用し、進化させることのできる人」である。別の言い方をすれば「システムイノベーションを実現できる人」でもある。

5. システム化人材育成の理念と方針

科学技術の成果はシステムとして社会に接地する、というシステムイノベーションセンターの基本的な考え方を示したのが Fig. 1 である [1]。科学技術と社会とそしてその両者を接続するシステムが 3 層構造で表現されている。システムイノベーションを担う「システム層」は、「科学技術層」と「価値層」（社会層）の二つの層とシームレスにつなげることを目指す。

三つの層を結ぶ矢印は、層から層へ渡されるものを持っている。具体的には以下のとおりである。

- ① 「科学技術層からシステム層へ」… システム構築に用いられる先端技術・手法・理論など、主としてシステムアーキテクチャの設計や要素の技術的な性能向上を担う。
- ② 「システム層から価値層へ」… システムが生み出す生活の質の向上・新しい価値の創出とそれを受け入れる市場の開拓、企業収益と生産性向上。
- ③ 「価値層からシステム層へ」… さまざまな社会の課題をシステムの課題として捉え、それをシステム構築につなげること、構築を受け入れる環境の整備、例えば縦割り組織や風土の解消、境界領域の推進、規制の緩和、プラットフォームの整備など。
- ④ 「システム層から科学技術層へ」… ミッシングリン

クを含む新しい研究課題の発掘、提起。技術のシームレスな結合の必要性、

図 1 のループを強力に回すことがシステムイノベーションを実現する方法であり、システム化人材とは、図 1 のループを回すことのできる人材である。言い換えれば、システム層に出入りする 4 つの矢印を豊かに膨らませることのできる人材である。そのなかで、システム化人材の育成は主として①と③にかかわる。システムを構築するための科学技術の知の担い手の育成と、社会におけるシステム価値を発掘できるビジネス変革の旗手の創出である。その他の矢印は②、④であるが、②は企業の役割であり④は学界の任務である。

①については、一章で述べた日本の産業界における知の総量の相対的な減量をシステム分野で歯止めをかけるために、企業技術者に現代システム科学技術の体系的な教育を幅広く行う。それを通して、企業におけるシステムの設計・構築、運用、進化を担う技術者・経営者を育成し、さらにシステムイノベーションを引き起こし産業構造の変革をもたらすリーダーを創出することを目標とする。③については積極的に社会・人間の問題を取り上げ、それを「システムの課題」として定式化し、さらにその課題のソリューションへの道筋をつける方法論を探索出来る人材を育成する。そのための方法として、ワークショップ形式を主体とする「システム塾」を開催し、社会・人間の問題を広く議論できる場を設定する。またその上部組織として経営者を対象とした「システム人経営者懇談会」なども構想されている。

システム化人材に要求される資質はなにか？ 高いモチベーションをもち、勤勉で人格的に問題のない、という前提で次のような資質が挙げられる。

- (1) 全体の視点に立って対象を一段高い視点（俯瞰的視

- 点)で見ることが出来る人
- (2) 自分のマインドセットから離れて他者からの視点で対象を見ることが出来る人
 - (3) システムが生み出す社会や人間にとっての価値を中心に考えられる人
 - (4) 単純さよりも複雑さに魅力を感じる人
 - (5) 専門性にとらわれず、専門を越境することを厭わない人

このなかで特に (1), (2) は「システム思考の持ち主」と言い換えてもよい。上記6つの条件をクリアする人材はおそらく稀であろう。従ってこれはあくまでも目標であることを念のため付け加えておく。

6. システム化人材の留意点

これまで述べてきた人材育成のプログラムを実行するうえで必要となる留意点を最後に述べておきたい。

リカレント教育の対象は、すでにある分野を習得した人間がほとんどである。リカレント教育で学んだ新しい知は、これまで獲得した知に足し算されるだけでは効果が十分に上がらない。これまで獲得した知が新しい知によって底上げされ、新しい知と統合されてこれまでになく知の力を発揮できるようになることが望ましい。すなわち $1+1=2$ ではなく、 $1+1>2$ になることを目指すことが肝要と思われる。システム化教育はどの分野とも親和性をもち、その分野の全体的な位置づけを考えさせる側面が強いので、上で述べた意味で、リカレント教育に適している。システム化人材育成ではこの長所を生かすことが必要である。

現代のシステム科学技術は、数理的な側面がますます強くなる傾向にある。例えば人工知能の分野ではこれまでどちらかと言えばシンボリックな操作が優勢で、そこで必要とされる数学的な素養のレベルはそれほど高くなかった。しかし、最近の機械学習の分野では巨大な数の数値パラメータを最適化するアルゴリズムが主流であり、かなり高度の数学的な処理がベースになっている。またビッグデータを活用するデータ科学は、統計、モデリング、最適化など、数学的処理のレベルが高くなっている。「数理的知性」が学術の基盤的な能力を占めつつある。システム化人材育成もこのことを認識して、図1の①の教育では数理的素養を中核にした人材育成を行う必要がある。

システム化には多くの異なる分野の専門家の協業が必要である。システム知というようなものがあるとすればそれは「統合知」である。自分の分野にこだわらない広い視野と、分野越境を厭わない旺盛な好奇心と、各分野の本質と限界を見極めることのできる研ぎ澄まされ

た洞察力が必要である。システム化人材育成ではこのような挑戦する精神を涵養するように常に誘導する必要がある。特に図1の矢印③の教育ではこのことが必要である。

7. むすび

システム化人材育成の重要性についてはまだ産学官で認識が浸透しているとは言い難い。その実施には幾多の障害が待ち受けている。その最大のものが、日本の産学官を貫徹している縦割りの文化である。これについてはすでにいろいろな文脈で我々は主張してきたので詳しくは述べないが、一向に改善される兆しはなくむしろ悪化している場面も見受けられる。人材育成を実践するなかで強い意志を持って突破していかなければならない根強い障害である。

人材育成で最も重要なのは、育成されるべき人材が自分の能力向上に強い意欲を持つことである。そのためには、能力の向上が報われることが保証されていなければならない。報酬は必ずしも金銭的なものだけではなく、能力が生かせる価値ある仕事を与えられることでもある。本文中に書いたMBA取得者の退社の続出はこの点で日本の企業が大きな問題を抱えていることを示している。この改善のためには、経営方式の全般的なレベルの向上と経営者の理解が不可欠である。

能力を向上させる意欲を減退させるもう一つの要因は、人的な流動性の低さである。年功序列の給与体系は、能力向上の意欲に水をかける。この問題は中途採用が急速に増しつつあることにより改善されつつあると思われるが、同じ業種の競争相手の企業への転職はまだほとんど行われていない。同じ業種の企業への転職が能力を最も生かせる道であることを考えると、日本の産業界における人的な流動性はまだ十分ではないと思われる。

上記のバリアを改善することは、システム化人材育成を実施するための環境整備として重要である。これについても訴え続けていくことが必要と思われる。

参考文献

- [1] 木村：システムイノベーションとは何か (1), (2), システムイノベーションセンターニュースレター, Vol.1-1, Vol.1-2, https://sysic.org/center_activity/1309.html
- [2] 日本生涯学習総合研究所『「企業における人材育成」に関する実態調査』報告書(平成26年度), <http://www.shogai-soken.or.jp/research.html#report2018>
- [3] 村上：IT業界における人材育成の状況と将来展望, UNI-SIS Technology Review, Vol.105, pp. 69-79 (2010).

[4] <https://www.ipa.go.jp/jinzai/itss/>

[5] 岡, 三宅: 本当に使える開発プロセス, 日経 BP 社 (2012).

木村 英紀



1965 年東京大学工学部計数工学科卒. 1970 年東京大学大学院博士課程修了, 工学博士. 同年大阪大学基礎工学部助手. 1987 年大阪大学工学部教授. 1995 年東京大学工学部教授. 2001 年理化学研究所生物制御研究室 TL. 2009 年理化学研究所トヨタ連携センター長. 2011 年科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー. 2013 年早稲田大学招聘研究教授. 2019 年 (社) システムイノベーションセンター副センター長. 専門 制御理論, 生物制御. IFAC Giorgio Quazza Medal 受賞.
