平成28年度

製造基盤技術実態等調査

(第4次産業革命における「知」のシステム化対応の実態調査)

報告書

特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合

目次

1章	はじめ)に	1
2章	イノベ	ベーションを駆動するシステム化	5
	2 - 1	システム化とは	5
	2 - 2	システム思考	5
	2 - 3	システム化は技術の進歩のバロメータ	7
	2 - 4	システム化と IT	7
	2 - 5	よいシステムとは	8
	2 - 6	システム科学技術の現状と展望	8
3章	システ	- - ム化革命としての第 4 次産業革命	12
	3 - 1	CPS(サイバー・フィジカル・システム)	12
	3 - 2	統合度の高い三つの分業体制	13
	3 - 3	代表的な IoT 企業である GE 社の考え方とインダストリ 4.0	
		との考え方の類似性	14
4章	システ	⁻ ム化の遅れに起因する日本の弱点	17
	4 - 1	企業経営の視点から	17
	4 - 2	産業政策からの視点	26
5章	システ	- - ム化が遅れた背景	31
	5 - 1	根源的な要因	31
	5 - 2	制度的な要因	33
	5 - 3	技術的な要因	34
6章	システ	- ム化に関する海外先進事例	37
	6 - 1	インダストリ 4.0 にみる産業政策としてのモジュール	
		構造設計の戦略性	37
	6 - 2	科学技術政策・イノベーション推進のためのシステム	
		ズアプローチの例((米国科学財団(National Science	
		Foundation: NSF)の工学研究センター(Engineering	
		Research Centers: ERC) の成功)	41
	6 - 3	巨大で複雑な製品設計・生産システムにおける SysML	
		によるモデル記述と人材育成	42

	6 - 4	海外製造業にみる製造業務ノウハウの標準化の取組	
		(APICS の活動)	44
	6 - 5	流通領域におけるシステム化の動向	45
	6 - 6	国際輸送におけるシステム化の動向	46
	6 - 7	土木・建設プロジェクトにおけるシステム・アプローチ	
		の例(巨大プロジェクトへのクラウド BIM の活用)	47
	6 - 8	経営の意思決定機構のシステム化 ~欧米企業での導入	
		が進む IBP~	49
	6 - 9	戦略的な標準化機構	51
7章	シスラ	テム化を推進強化するための施策提言	53
	7 - 1	システム化施策におけるシステム科学技術の活用	53
	7 - 2	システム技術とITの分化と融合	53
	7 - 3	システム化のための人材育成	54
	7 - 4	人材交流の促進	56
	7 - 5	システム化を柱に据えた研究プロジェクトの実施	56
	7 - 6	標準化活動の活性化	57
	7 - 7	統合知システム研究所の設置	59
	7 - 8	システム化推進センターの設置	60
8章	あとか	き	62

付録1 研究会委員名簿

付録2 委員会開催状況

1章 はじめに

日本の国際競争力の低下については 1990 年代後半から様々な形で顕在化している。「失われた 20 年」と言う言葉があったが、今やそれが「失われた 30 年」になりつつある。例えばよく引き合いに出される IMD による国際競争力のランキングは、日本は 2016 年では世界 28 位、先進国で最下位である。それに整合するように、2016 年の日本の一人当たりGDP は世界 28 位である。これも先進国で最下位である。1988 年には世界 3 位であったことを考えると隔世の感がある。これに限らず、日本の国際競争力低下を示す指標は数多い。ランキングの例をもう一つだけ挙げる。Times Higher Education による世界の大学ラン

ランキングの例をもう一つだけ挙げる。Times Higher Education による世界の大学ランキングで、上位 200 に入っている日本の大学はわずか二つである。2005 年にはそれでも 10大学が上位 200 の中に入っていた。ちなみに東大は 39 位、アジアでも 4 位である。論文のシェアも急速に落としている。引用されている論文の数でトップ 10%に入る論文の数で、日本は 10年間で世界 4 位から 10 位に転落した。トップ 1%では 5 位から 12 位に落ちている(「科学技術指標 2016」科学技術政策研究所)。論文のシェアがすべてを語るわけではないが、「科学技術創造立国」を宣言して科学技術に大きな予算を投じている研究の分野でも、国際競争力が急速に低下していることは否定できない事実である。

国際競争力と言っても様々な要因があるが、そのなかでも製造業における日本製品の世 界シェアの低下は、国民にとってもっとも分かりやすい。日本の製品が海外で売れなくな ったということは何よりも国際競争力が弱くなったことの直接の証しといってよい。素材 や産業用ロボット、自動車、工作機械など市場の確立した伝統的な分野では日本製品のシ ェアは幸いなことに依然として健在である。しかし半導体、PC、携帯電話、次世代ロボッ ト、ソフトウェア、医療機器、バイオ産業など、技術の進歩が速く市場の要求が激しく変 動する先端分野では後退に後退を続け、いまやグローバル市場での日本の企業、製品の存 在感は乏しい。それを実証するデータはすでにさまざまな形で入手出来る。製造業からサ ービス業に目を転じても小売業や流通業では市場が国内のみに限定され、海外に展開して 稼いでいる日本企業はごくわずかである。物流では国際的なネットワークのもとに効率化 が進みつつあるが、日本ではそれらとは切り離された離れ小島の状態にあるといってよい (6-5参照)。エネルギーやインフラ、水の分野では市場をリードする国際複合企業の中に 日本企業はないし、巨大な市場が見込まれている途上国のインフラ建設も受注に成功して いるとは言い難い。経営における意思決定の遅さとビジネスモデルの保守性は指摘されて 久しいが、一部の企業の努力はあるものの全体として改善の兆しがあるとは言えない。こ れらの様々な事象はこれまですでに多くの分析が試みられ、その実態がある程度明らかに されてきている。半導体やPC、ソフトウェアなどの分野では、実証的なデータを踏まえた 日本凋落の原因を詳細に分析した優れた著作も数多い。しかし、そこでの議論は、製造業 の個別業種、サービス業、経営、科学技術など個々の事象を別々に取り上げその原因や実 態が分析されており、それだけでは個々の業種に特化した表面的な対策が語られ、結果と

して「。。。をなすべきである」との精神論に終わってしまう場合が多い。競争力低下がこれほど多方面にわたっている現状からすると、それらの背後には共通するもっと深い原因と背景があるのではないだろうか? それを掘り起こして議論の俎上に乗せ、徹底した分析を加えなければ日本の競争力低下に対する本当の対策は出てこないのではないか、とわれわれは考える。

35 年前にアメリカは「国家の危機」と題するレポートを発表した。これは当時のアメリカの教育がいかに遅れているかを実証的に示す衝撃的な内容であったが、同時にアメリカの現状と将来に対する深い危機感が表明されていた。当時のレーガン大統領はこのレポートを真剣に取り上げ、初等中等教育の抜本的な手直しから始まって大学教育、さらに研究開発の人材育成までを含む幅広い改革を実行した。こうして「国家の危機」は1990年代におけるアメリカの産業競争力回復の原動力になった。当時のアメリカは教育の崩壊が国家最大の問題点であるという共通認識に立って危機感を燃え上がらせ、課題を克服することに成功したといえる。苦境にあることを率直に認め、そこから生まれた危機感をバネに政策を主導するのはアメリカ政府の伝統的な手法であり、日本がそれをそのまままねする必要はないが、競争力低下に対する危機感があまり感じられず回復への一貫した強力な政策が構想され実行される兆しがないのは不安である。おそらく競争力低下の原因の分析が個々の事象に切り離されて、その背後にある共通の根本的な原因を探り出せていないことが問題なのではないかと思われる。

日本の国際競争力低下の根本的な原因を浮き彫りにしつつあるのが現在ドイツとアメリ カの主導で進行しつつある第 4 次産業革命である。第 4 次産業革命は生産活動全体をモジ ュール化しそれを巨大なシステムとして再構成しようとする壮大な試みである(3章で詳 述)。本報告は第4次産業革命が、日本の技術、生産、経営全体にわたる共通の本質的な弱 点を照射しつつあることを明らかにする。すなわち、日本の国際競争力低下の主な原因を、 第 4 次産業革命を含めて急速に変動しつつある技術、生産、経営の現局面が要求している システムを作り出す能力の獲得に日本が立ち遅れており、そこから来る様々な弱点が先端 的な製造業における技術の壁、サービス業における国際展開の未達成、企業の経営におけ る意思決定の遅れ、エネルギー・インフラ部門における国際商戦での苦戦、そして研究開 発の停滞をもたらしていることを示す。第 4 次産業革命が革命であるゆえんを敢えて単純 化して表現すれば、付加価値が単体の「もの」から「もの同士の繋がり」あるいは「人と ものとの繋がり」へのシフトである。単体としてのものの価値はすでに飽和し、ものの繋 がりに新しい価値が生まれていることを認識すべき時に来ている。繋がりはシステムを構 成する。この事態の進行に立ち遅れ、「システム化」あるいは「システム統合」の能力の重 要性が認識されていないため、それを行う経験、技術が貧弱なことに日本の競争力の低下 の原因の多くが帰せられることを本報告書では明らかにしたい。

「システム化」「システム統合」と言う言葉は一般の人々だけでなく、製造業やサービス 業に関わる人々にとっても決して耳慣れた言葉ではないであろう。それが日本の課題を集 約する概念であると言っても、多くの人はすぐには納得できないに違いない。第一の疑問 は、システムと言う言葉が日常的にも頻繁に使われるあまりにもありふれた言葉であり、 われわれの身の回りにある工業製品や機器、我々が日々の生活で利用するサービスはすべ てシステムであり、システムとして機能が発揮されていることは一目瞭然だからである。 このようにあまりにもありふれた言葉であり存在であるシステムをことさら取り上げても 意味のある議論が出てくるはずがないだろう、と思われるのではないだろうか。しかし、 システムには「よいシステム」と「よくないシステム」があり、両者の間にはシステムが 発揮する機能、それが実現する価値の大きさ、それを作るためのコストなどに大きな差が ある。同じ用途のシステムでも使い勝手のよいシステムと使いにくいシステムがあること はわれわれが日常的に経験することである。短期的にはよいシステムと思われたものが、 時間を経て使われ方が多様化するうちに弱点が顕在化し、あるいはシステムをとりまく環 境の変動について行けなくなってその欠点が露呈することもよくある。システムを作った 人が居なくなると他の人では面倒を見切れなくなって保守や改善が出来なくなってしまう システムもある。システムに取り囲まれて生きているからこそ、システムのよさはわれわ れの生活の質に直結し、生産活動全般における価値創造の決め手になるのである。そして 「システム化」とは、よいシステムを構想し、それを計画通りに作り、そして適切に運用 することである。よいシステムとは何かについては本文2-5でさらに詳しく議論してあ るので参照して頂きたい。

「よいシステム」と「よくないシステム」には差があることは分かったとしても、よい システムを作ろうとするのは誰でもやっているのではないか、そんなことは言われなくて も分かっているし、そんな当たり前のことに日本の課題があるとは思えない、という疑問 を持たれるかも知れない。これが第二の疑問である。この疑問には、よいシステムを作る ことは簡単ではないだけでなくむしろ大変難しく、現代の生産活動全般と研究開発の主要 なボトルネックになっていることを挙げたい。その難しさはシステムが複雑で巨大になる ほど大きくなる。現在では 100 万個の要素をもつシステムはそれほどめずらしくない。こ のようなシステムを構成し故障なく運用することの難しさは容易に想像がつく。製造業で は工業製品が複雑になり、それを作り上げる機器や装置、工程もそれに応じて複雑になり、 よいシステムを作り出す能力が優劣を分ける。システムが大きく複雑になりすぎて面倒を 見切れなくなってしまったシステム、あるいは作ろうとしても要素間の連携やステイクホ ルダーの間の合意が得られず途中で計画が放棄されたシステムについてはすでに多くの実 例が報告されている。よいシステムを作ることがいかに難しいかの例証である。サービス 業でもサービスの質の向上が叫ばれるだけでなく、効率化とコスト低減の要求はシステム を複雑巨大化の方向に向かわせる。経営では多くの要因が絡み合い変動の激しい不確かな 経営環境に対処するための迅速な意思決定システムを持っているかいないかが、経営判断 の成否を分けることになる。システム化の能力が生産にかかわるあらゆる組織に必要とさ れる力である。

それでもまだシステム化についての疑問は払拭されないかもしれない。確かによいシステムを解析したり構成したりすることは難しいかも知れない。しかしそれらはその場に応じてケースバイケースで対応すればよいことであり、体系化された知を用いる必要のないOJTで獲得できる技能ではないか、それにいくら習熟しても日本の基盤的な技術力の本質的な向上には資するところは少ないのではないか、むしろ基礎研究を充実させるべきではないか、という疑問である。これが第三の疑問である。当然のことであるが、よいシステムを作るには多様な知と経験と広い視野を必要とする。それだけでなく、さまざまな要素要因を含み、それらが相互に作用しながら動いている対象の全体像をシステムとして捉えそのメカニズムを明らかにすること自体が想像以上に難しいことであり、多くの異なる分野の知を統合する高い見識と、異分野の専門家の協業が必要不可欠である。そのような知の統合を容易にする科学技術の体系が存在し、それを用いることによってよいシステムを効率よく作ることが出来る。さらに、よいシステムを作ることによってよいシステムをすことが出来る。そしてそれがイノベーションを実現する源泉の一つとなっている。つまり、システムを作り出すことが知の創造の重要な契機となっているのである。これについては本報告書の中に詳しく述べられる。

第 4 次産業革命で強調されている IoT は、ものとものを繋ぐことから生まれる価値である。ものとものを繋げばそこにシステムが生まれる。その意味で第 4 次産業革命はシステム化がコアとなる技術であり、その到来によってシステム化は一つの新しい局面を科学技術にもたらしつつある。すでに述べたように、第 4 次産業革命の根本的な意義は付加価値の実現を要素単体の性能から要素の繋がり方の成否にシフトさせることある。システム化の能力が弱体であるわが国は、その進行とともに製造業、サービス業、経営の弱点がさらけ出され、国際競争力がさらに低下してしまう可能性がある。本報告書では第 4 次産業革命を迎えてシステム化の能力が未熟であることをさまざまな現象の分析を通じて明らかにし、それがどのような形で国際競争力の低下につながっているかを分析する。なぜ日本ではシステム化の能力が育たなかったかの原因を探り、システム化の能力を向上させるための施策を提示する。

最近政府は Connected Industry を提唱しつつある。このスローガンが現実化するにはシステム化が基盤技術として認識されなければならないことを本報告書では主張したい。

2章 イノベーションを駆動するシステム化

2-1 システム化とは

「システム」は日常生活でもさまざまな意味で使われる。CODA[1]によると、「system」はアメリカで 191 番目に頻繁に使われる単語だそうである。冠詞や前置詞も入れて 191 番目であるから、ずいぶん高い頻度である。「システム」を学術的に定義しようとする試みはこれまで数多く行われてきており、「システム」の定義は幾つもある。しかしそれらの定義はいずれも現在の多様化し複雑化したシステムを捉えるものとしては不十分に思われる。しかし、あらためてシステムを定義する試みをここで繰り返すことはこの研究会の能力と報告書の範囲を超える。従って本報告書では、システムの定義はそれぞれの人がそれなりのイメージで捉えている概念に任せておく。それで何か混乱が起こるとは思われない。

すでに述べたように「システム化」は「よいシステムを作ること」であるが、本研究会で考えている「システム化」を以下のように定義したい。

「同種・異種の機器、装置、業務、組織、規範などを繋げて全体としての新しい価値を創造し、機能を高めるシステムを作り出すための計画・設計・開発・解析・実装・評価などの作業の総称」

ここでは機器、装置など目に見える「もの」と並んで業務、組織、規範など人間のかかわる目に見えない「こと」も対象としていることに注意して頂きたい。システム化は単なる技術的なシステムを作るだけでなく、人間のかかわるさまざまの業務のシステム化も本報告書の対象であるし、システム化の重要な範疇の一つと考える。従って、システム化は技術の問題だけでなく、生産を含む企業行動全般、さらには社会組織にまで及ぶ広範な人間活動のあり方に拘わる課題である。

2-2 システム思考

システム化は単なる思いつきや小手先のテクニックだけで出来るわけではない。それを支える心構えが必要である。考え方の基盤、あるいは少し大げさに表現すれば、哲学が必要である。それがシステム思考である。システム思考を敢えて定義すれば「システム化のために対象を全体として捉える思考形式」である。システム化を効率よくしかもスムーズに達成するにはシステム思考が不可欠である。システム思考は抽象的で分かりにくいが、それぞれの要素が全体の中で果たしている役割を的確に捉え、広い視野のもとで分析や意思決定を行うことと言ってよい。たとえば部分最適化と全体最適化の違いはシステム思考を説明するよい例である。部分最適化は自分(自分の属する組織)の担当範囲にとって最も都合のよいやり方を追求する思考と行動の形態であるが、全体最適化は全体システムにとってもっとも大きな価値を生むやり方に各要素が従う思考と行動の形態である。もちろん、システム思考は常に全体最適化を目指さなければならない。

システム思考は残念ながら日本の技術、経営、さらには行動全般に行き渡った思考方式

ではない。一つの専門技術、技能に特化して属人的な能力を磨き上げた職人を尊ぶ伝統的な日本の風土は残念ながらシステム化とは相容れない。要素技術の深堀を高く評価しそれを活用しつつ、個々の要素技術を超えた技術の統合、さらに分野を超えた多様な知の統合に最大の力点を置くのがシステム思考である。

システム思考が日本の技術や経営の現場で根付かないことの背景に日本の製造業の特長とされている「現場力の強さ」がある。日本の経営者は現場を重視し、現場で働く従業員の能力と士気を高めることに大きな努力を払ってきた。現場がトップの指示を待たずに自ら問題を解決する能力を象徴する「カイゼン」が英語になっているのは、日本の現場力の強さを何よりも代弁している。こうして培われた「現場力」は、1980年代に日本の製造業が世界を制覇する一つの大きな力となった。「現場の強さ」は日本の製造業の DNA といってよい。

現場力は、個々の従業員の能力と士気が積み上がって組織の強さとして発揮されるボトムアップの能力であり、日々感ずることのできる目に見える能力である。それに対してシステム化はその効果が直接目に見える形で表れない間接的な行為であり、理念が主導するトップダウンの活動である。システムが目指す全体としての最適化を実現するには、システムに含まれる要素ごとの最適化と矛盾することがしばしばあり、その場合は全体最適化のために要素の最適化は犠牲にしなければならない。しかし現場が強いと現場は現場ごとの部分最適を主張し全体最適への拒否反応を示すことが多い。これに屈するとシステムを作る目的や意義は十分な形で実現できず、システムは個々ばらばらの要素を繋ぎ合わせただけの意味の薄いものとなってしまい、システムとしての特長、利点を発揮することは出来ない。つまり「よいシステム」にはならない。製品や業務、それを取り巻く環境やわれわれが生活している社会が複雑になり、さまざまの要素や要因の間のつながりが深くなるにつれて「よいシステム」を作ることはますます難しくなりつつある。

現場力の強さは裏返せば経営層・管理層の弱さである。部分最適化を主張する現場、あるいは要素に対して全体最適化の理念を貫徹するためのリーダシップや知見が欠けているのである。現在の企業の人事の手法では、経営者になるための体系的なマネジメント教育が欠如しており、財務主導の経営方針が支配的なので、経営をシステムとして捉え実践して行くために必要な知識を備え豊かな経験に恵まれた経営者が生まれにくいのはやむを得ないことではある。伝統的な経営手法を固執する経営者にありがちな、目標だけを与えてあとは強い現場に任せる経営手法は確かに楽であるし責任も逃れることが出来る。システム化が推進できない日本の弱さは、リーダシップの存在が組織の低いレベルに限定されていることにも大きくかかわっている。「現場力」という日本の強みがシステムの時代となった現代では弱みの一つの契機になっていることは皮肉なことではあるが事実である。

システム思考が根付く現場力の強さを作り出すことは日本の競争力低下を防ぐための重要な課題と言ってよい。

2-3 システム化は技術の進歩のバロメータ

システム化は今起こったことではなく、技術の発展がもたらす自然の傾向であることを 強調したい。成熟した技術は多様な要素技術を開花させ、それらを結びつけ機能を統合す ることによってより高度なさまざまなシステム製品が生み出される。技術の成熟は必然的 にシステム化をもたらすのである。自動車、船舶、航空機などの輸送手段、電力、ガス、 水道などのエネルギー供給、電話、テレビなどの放送通信システム、化学や建設、素材な などの生産装置やプラント、これらはいずれも巨大なシステムとして誕生進化してきた。 技術の進歩はシステム化の進行と軌を一つにしている。

最近では一つの分野でのシステムの進化ではなく、異なる技術分野が結びついたシステム化が顕著になっている。身近な例で言えば、プリンターやファックス、コピー機が統合された複合機、モーターとガソリンエンジンを統合したハイブリッド自動車、発電機と熱供給を統合したコジェネレーションなどである。これは産業技術におけるシステム化の新しい方向である。

システム化の進展は工業製品や生産手段におけるシステムの進化から、業務や経営におけるシステムの進化に拡大しつつある。物流、交通通信、サービス、金融、医療など人間活動のあらゆる分野でシステム化は急速に進みつつある。システム化は現代文明の象徴と言ってもよい。第4次産業革命の進行はシステム化を極限まで進め、製造技術、サービス、経営など生産行動全体をシステムとして統合していく現代文明の未来像を提示しつつある。システム化を通してイノベーションを実現する筋道についてはすでに科学技術振興機構研究開発戦略センターがその構想を発表している[2]。

2-4 システム化と IT

IT は現代技術において付加価値を作り出す最大の源泉と言われている。日本は IT の価値を十分生かしていないことは、何年も前から報告されてきた。日本におけるシステム化の遅れについてはまだ納得していない人も、IT 活用の遅れには首肯するに違いない。実は IT 活用の遅れこそがシステム化の遅れの結果であり、システム化の遅れこそが日本に IT が根付かない主な原因のひとつである。

すでに述べたようにシステム化は技術の進歩や組織の進化の指標の一つであり、計算機や IT が現れる以前から技術の世界では活発に行われてきた。日本ではシステム化を IT 化 と混同することが多いが、システム化は IT とは別の技術活動であることは十分認識する必要がある。たとえば、1960 年代後半において一つの製鉄所の生産量を増やすことへの阻害要因になっていたのが生産管理の複雑さであった。鉄は注文生産であり、注文品すべての工程を時々刻々追跡しなければならなかったからである。日本の鉄鋼各社がその制約を突破して年産1000万トンの製鉄所を幾つも作ることが出来たのは計算機を導入した生産管理システムの確立であったが、それを作り上げたのは計算機を全く知らない技術者達であることは今ではよく知られた事実である。1960 年代後半では日本には IT の技術的基盤はま

だ根付いていない。この事実は、システム化は IT とは異なる技術であり、むしろ IT に先立ち、IT の活用の枠組みと舞台を作る役割を担っていることを示している。また、システム化にはツールである IT の技術者とは異なるスキルと経験が求められることは、あまり理解されていない。IT の目覚ましい進歩によりシステム化は IT 化の一部であると考える人々は日本には多い。

特に日本のITの専門家でそう発言する人は多い。その結果、システム化をIT機器やソフトウェアの導入を入り口として考える傾向が強いが、これはシステム化を失敗に導く原因となるので注意する必要がある。IT機器やソフトウェアを導入しても何も起こらない。

システム化は IT 化の一部ではない。システム化を成功に導くには、IT を有効に活用するシステム科学技術が必要であること、システム化の能力は IT を使いこなす能力とは別であり、その能力を IT とは切り離して評価し、育てることが必要であることを強調したい。

2-5 よいシステムとは

前章ではよいシステムとよくないシステムがあることを指摘したが、ここでよいシステムの持つべき条件を列挙しておこう。

- ・作られた理念が明確に理解でき、出来ること出来ないことの境界がはっきりしている。
- ・ユーザにとって使いやすく、十分目的が達成される。
- ・システムの全体構成が理解しやすい。
- ・運用がしやすく、故障への対処が容易である。
- ・拡張可能性がある(scalability)。
- ・環境の変化に応じて進化できる。
- ・利害関係者 (ステークホルダー) の多くを満足させることが出来る。
- ・堅牢で十分な持続可能性がある。
- ・システム構築のコスト、運用のコストが安い。

上の条件が一つでも満たされないシステムは「よくないシステム」である。「よくないシステム」がわれわれの周りにはいかに多いかが実感されよう。

2-6 システム科学技術の現状と展望

システム科学技術についてはいろいろな捉え方がある。科学技術振興機構研究開発戦略 センターではシステム科学技術の俯瞰を行っているが[3]、それによるとシステム科学技術 は次の7分野から構成される。

- (1) システム構築方法論
- (2) 制御
- (3) モデリング
- (4) 最適化
- (5) ネットワーク

(6) サービスシステム

(7) 複雑システム

システム研究がいつから始まったかは議論のあるところであるが、ここでは次の二つを 嚆矢としてあげておく。すなわち、フォン・ベルタランフィ等の「一般システム理論」[4]、またノーバート・ウイナーの「サイバネティクス」[5]である。特にノーバート・ウイナーは、現代の情報化社会の礎となりその到来を見越したような概念を提案している。誤解を 恐れず大胆に要約すると、ウイナーはその著書で次のような二つのことを主張している。 一つ目は、情報を基軸とすると、機械であれ、生物であれ、社会であれ、一つの理論的枠 組みの中で統一的に取り扱えるということである。また二つ目は、情報のフィードバックが、システムの機能において非常に重要な役割を果たしているということである。

「一般システム理論」あるいは「サイバネティクス」が提案されて以来、いくつかのシステムの概念の提案、システム研究が行われてきている。それらを系統的に挙げるのは困難であるが、たとえば免疫系、生命系の分野からの新しいシテムの捉え方である多田の「超システム」[6]、マトゥラーナとヴァレラの「オートポイエーシス」[7]また物理系の分野から提唱されたハーケンの「シナジェティックス」とそれを基にしたアプローチ[8]、またサンタフェ研究所のグループが提唱し社会現象ともなるようなブームを引き起こした「複雑システム」[9]などが挙げられる。これらの概念は主に生命系や物理系から提案されてきたもので、ここで考えているシステムズアプローチにおける重要な要素である設計という考え方が入っているとは言えない。これに対して主として工学の分野で提唱された設計を含む研究もいくつかあり、以下のようなものが挙げられる。

多くのサブシステムからなる大規模なシステムの解析、設計をあつかう「大規模システム」[10]、システムに分散と協調と言う機能をもたせる「分散協調システム」[11]、システム全体の管理機構がなく、各サブシステムや要素が自律的に行動を決定することにより全体の秩序を形成する「自律分散システム」[12]、またこれにミクロとマクロの相互作用から新規な機能や構造を生み出す設計論を加えた「創発システム」[13]、さらに時間駆動システムと事象駆動システムが結合している「ハイブリッドシステム」[14]、などである。

このような流れの中で、最近、Cyber-Physical System (CPS)[15]と System of Systems (SoS)[16]の概念が提唱され非常に注目されている。CPS はハイブリッドシステムや創発システムの概念から生まれたもの、また SoS は大規模システムから、分散協調システム、自律分散システム、創発システムに至る流れの中で生まれたものと見ることもできる。このようなシステムおよびシステムズアプローチの概念の変遷は、時代の移り変わりにより取り扱うべきシステムの範囲の拡大したこと、またベースとなる技術の発達、コンピュータなど情報技術の著しい発展により実現できるコトが質的にも量的にも向上したこと、さらには生命系や物理系の分野などで提案された新たなシステムの概念との融合がすすんだことなどが挙げられる。CPS については次章で詳しく述べる。

これからのシステムを扱うためにさらなる知の創出が必要で、これまでのシステム科学、

システム工学、システム思考、システムズアプローチを統合し、さらなる知を創生する必要がある。これらを総称してシステム学と呼びことが出来る。その課題は以下のとおりである。

- ■工学システム生命、エネルギー、環境、経済、社会まで広がり、個別にではなく、 複数同時に取り扱う必要性。
- ■時間的、空間的スケールが大きく異なる要素、サブシステムが混在するミクロとマクロの問題。
- ■またこれらが重層的に結合している問題、階層構造が定義できないあるいは、層間 の相互作用や浸透がありこれが本質となるシステムの分析と設計
- ■人工物のライフサイクルである計画・設計・製作・テスト・運用・廃棄のモデル化 と統合的な制御(垂直統合の理論構築)
- ■ヒトをどのように扱うかの問題

きわめて大規模化、複雑化し、またモノ、コト、ヒトがネットワークで直接つながるシステムを取り扱うために特に、ヒトをどのように取り扱うかが問題となる。とくに、システムの構成要素、主体としてのヒト、システムを見る、またシステムを扱う客体としてのヒト、これらの関係が変化する、また両方の立場をとるヒトをどのように取り扱うかが問題となる。

■目的や価値が変化

従来のシステムズアプローチでは、システムにまず目的を決め設定することが常套手段であった。ところが、あらかじめ目的や設定できない問題、あるいは目的自身が変化する問題も多く、これらを適切に取り扱う必要がある。また、価値についてもあらかじめ設定できることはまれであり、むしろシステムに新たな価値を創出できるような進化の仕組みを組み込むことも考える必要がある。

■システム境界の問題

従来のシステム科学・工学においては、まず対象とするものや問題に対しその領域、 境界を定め、そのモデルを作成することから始めるのが一般的な方法となっている。 ところがあらかじめ境界が決められない、また境界が変化するシステムが多く存在 し、この問題をどのようにするかも問題となる。

参考文献

- [1] http://www.wordandphrase.info/frequencyList.asp
- [2] 科学技術振興機構研究開発戦略センター:システム構築型イノベーションの重要性とその実現に向けて、JST-CRDS プログレスレポート CRDS-FY2013-XR-03

https://www.jst.go.jp/crds/report/report07/CRDS-FY2013-XR-03.html

[3] 科学技術振興機構研究開発戦略センター:システム科学技術俯瞰報告 http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2015/FR/CRDS-FY2015-FR-06.pdf

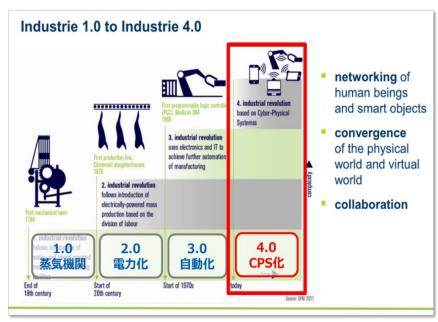
- [4] L. von Bertalanffy: General System Theory, George Braziller, New York (1968) (日本語訳 長野敬他訳:一般システム論、みすず書房 (1973))
- [5] N. Wiener: Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine 2nd edition (1961), The MIT Press (池原 他訳:サイバネティクスー動物と機械における通信と制御 第2版、岩波書店 (1962))
- [6] 多田富雄:免疫の意味論,青土社 (1993)
- [7] H. R. Maturana and F. J. Varera: Autopoiesis and Cognision, D. Reidel Pub., (1980) (河本英夫訳:オートポイエーシス、国文社 (1991))
- [8] H. Haken: Information and Self-Organization -A Macroscopic Approach to Complex Systems, Springer Berlin Heidelberg, (1988) (奈良重俊訳:情報と自己組織化ー複雑系の巨視的アプローチ、シュプリンガー・フェアラーク東京 (2002)
- [9] Melanie Mitchell: Complexity: A Guided Tour, Oxford University Press (2009) (高橋洋訳:ガイドツアー 複雑性の世界、紀伊国屋書店(2011)
- [10] たとえば、ミニ特集「大規模システム」、計測自動制御学会誌、Vol.25, No.3 (1986)
- [11] たとえば、特集「分散と協調」、計測自動制御学会誌、Vol.26, No.1 (1987)
- [12] たとえば、特集「自律分散システム」、計測自動制御学会誌、Vol.29, No.10 (1990)
- [13] たとえば、特集「創発システム-人工システムの新たなパラダイムをめざして」、 計測自動制御学会誌、Vol.35, No.7 (1996)
- [14] たとえば、P. J. Antsaklis ed.: Special Issue on Hybrid Systems: Theory and Applications, Proceedings of IEEE, Vol.87, No. 7 (2000)
- [15] E. A. Lee: "Cyber-Physical Systems Are Computing Foundations Adequate?. NSF Workshop on Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap, pp.16-17 (2006)
- [16] たとえば、M. Jamshidi(Ed.): System of Systems Engineering -Innovation for the 21st Century, John Wiley & Sons, 2009.

3章 システム化革命としての第4次産業革命

3-1 CPS(サイバー・フィジカル・システム)

ドイツ科学技術アカデミーが提出した「インダストリ 4.0 ワーキンググループ報告書」[1] では第4次産業革命の定義がなされている。そこでは第3次産業革命がIT とメカトロニクスに代表されるロボットなどを活用したオートメーションと紹介されている。

第3次産業革命は、特に PLC(プログラマブル・ロジック・コントローラー)などコントローラに搭載するソフトウェアを活用して、機械設備、ロボット、プラントなどが制御されたことだという定義である。つまり、単体の機械設備、ロボットだけの議論であれば、又、IT(プロセッサやコンピュータやネットワークとパッケージソフトやアプリケーションソフト)だけの議論であれば、それは、第3次産業革命の領域であり、第4次産業革命ではない、ということになる。第4次産業革命は、システム化革命として表現され、CPS(サイバー・フィジカル・システム)と表現されている(図3-1)。



出所) Acatech Prof.Dr. H.kagermann の2014年4月講演(於: 英国王立工業アカデミー) 公開資料より抜粋

図3-1 第4次産業革命は「システム革命」CPS(サイバー・フィジカル・システム)

【CPS の基本的な考え方】

CPS は NSF(米国国立科学財団)で提案された概念である。サイバーとは、インターネット経由でアクセスするクラウドの巨大なスケールのデジタル空間のことである。フィジカルとは、現実の物理空間のことである。

CPS とは、サイバー空間に、物理空間に対応したモデル空間(数学的表現ではいわゆる"同型空間"、スローガン的にはデジタル・ツイン、さらにわかりやすく言うと"コピー")を設け、

現実空間のモデルをサイバー空間に構築し、製品や部品の 3 次元の設計図にとどまらず、 生産活動を含む企業活動全てをモデルとして可視化し、構造を含めてシミュレーションで きる仕組みを構築することである。「モデルを活用することにより、物理空間で発生する 様々な業務の課題を、デジタル空間の巨大なコンピュータ資源を活用しながら解決するこ と」と考えると理解しやすい。

ここでいう業務とは、製品企画・設計・物理解析(熱伝導・振動・応力解析など)・生産加工工程設計・生産設備設計・生産ラインの設計・生産活動シミュレーション等を意味する。こうした業務全てが、デジタル空間上で全て可能となり、高度化してきた各種センサー技術を活用して、現実の物理空間との対応関係がリアルタイムに維持されるシステムを構築しようということである。

3-2 統合度の高い三つの分業体制

第 4 次産業革命における CPS の具体的なイメージとして、ドイツ科学技術アカデミーの報告書[1]では、下記の三つの統合度の高い分業体制の構築が提案されている(図 3-2)。

- ① バリューチェインの水平統合
- ② エンド・トゥ・エンドのエンジニアリングチェイン
- ③ 垂直統合と製造システムのネットワーク化

① バリューチェーンの水平統合



企業・国境を超えた緊密な国際分業体制を 実現するネットワーク

② エンド・トゥ・エンドのエンジニアリングチェーン



製品企画・設計、生産準備(生産工程設計、 ライン設計、アフターマーケット、サービス) までのエンジニアリングチェーン

③ 垂直統合と製造システムのネットワーク化



工場の現場と中枢とをリアルタイムに連携する、 グローバルで動的な、 製造ネットワーク+知識データベースシステム

出所 Acatech "Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie4.0 Working Group" にNRI加筆図 3-2 CPS として「統合度の高い 3 つの国際分業体制」が提案されている。

【バリューチェインの水平統合】

「バリューチェインの水平統合」とは、「企業・国境を越えて緊密な国際分業体制を実現 するネットワーク」を構築することである。ここでいうネットワークは、単に部品や半製 品の供給連鎖構造をさしているわけではない。ESO(Engineering Service Outsourcing)のような製品設計領域や出荷後のアフターマーケットでの保守作業などの緊密な分業体制をも、国境や企業を超えて実現することを意図している。

【垂直統合と製造システムのネットワーク化】

「垂直統合と製造システムのネットワーク化」は直観的なイメージは、"スマートなマザー工場"と考えるとわかりやすい。

海外に多数の工場が稼働していることをイメージして欲しい。各現場では、日々様々な問題(例えばチョコ停:瞬時停止)などが発生する。まず現場で問題に対処することは現状と変わらない。しかし、ここでは問題の発生時の検出、問題の発生原因(設備に設置されている各種センサーデータを活用した分析を踏まえて自動的に提示される)や対応方法の選択肢等が、デジタル化された知識データベースにより提示される。世界中の工場は常に最新の知識データベースを参照することができるという仕組みである。

さらに、例えば過去に発生していない問題がはじめて発生した、または一旦問題を解決した場合でも、ある一定周期で同様の問題が繰り返されるという現象が発生した場合に、中枢のマザー工場へ、世界中どこからでも問い合わせができ、その中枢のマザー工場は、問題解決に即応できる仕組みを構築するというイメージである。マザー工場の支援の結果解決された問題や新たに明らかになった有効な解決策が知識データベースに反映されるわけである。

【エンド・トゥ・エンドのエンジニアリングチェイン】

「エンド・トゥ・エンドのエンジニアリングチェイン」とは、こうしたスマート工場の機能を実現するための仕組みといってもよい。つまり、製品企画・設計・物理解析(熱伝導・振動・応力解析など)・生産加工工程設計・生産設備設計・生産ラインの設計・シミュレーション等)などのエンジニアリング情報について、世界中どの工場のどの設備に対しても、常に最新の情報が全て3次元モデルでCPSとして管理できていることである。

世界中どの工場において、関連する誰でも製品・部品はもちろん、生産設備等に関連する最新の情報や履歴(いつ保守が行われたか、過去の問題は何だったか)が参照でき、問題解決に即応できるシステムを構築しようということである。こうした仕掛けは、アフターマーケット(出荷後顧客が活用している段階)でも常に活用でき、また更新され続けるのである。CPS は、既に日本企業では実現しているのではないか、という印象をもたれる方も多いかと思うが、現実にこうしたことができている企業は、極めて少ない。

3-3 代表的な IoT 企業である GE 社の考え方とインダストリ 4.0 との考え方の類似性 (1) GE 社の考え方

図3-3は、GE 社の報告書[2]にあるインダストリーインターネットの考え方を整理した図に、インダストリ 4.0 のアイデアを重ねたものである。近年の GE 社は「新興国を含めた世界の社会基盤(インフラストラクシュア)整備に貢献する企業になる」という明確な戦略の

下で、航空輸送・交通ネットワーク、電力ネットワーク、医療ネットワークなどの、いわば社会システムの最適化を実現するソフトウェアサービス・プラットフォームを提供する企業に変貌してきている。

GE 社の考え方は、単に最下層の機器にセンサーを組込み、ビッグデータを収集し、それを分析することで機器の設計最適化やメンテナンスサービス提供の効率化を果たすことだけが狙いではない。

機器レベル、システム機械レベル、運用レベル、社会システムレベルにおいて、社会システムの最適化、オペレーションの最適化、システム機械設計・保守の最適化、設備資産の最適化、という全ての階層で「システムの」最適化を実現していこうということなのである。

GE、ドイツインダストリー4.0の基本的な考え方 電力ネットワーク 航空輸送•交通 医療ネットワーク 製造ネットワーク 社会 社会システム システム オペレーションの 運用 最適化 システム機械 システム機械 設計・保守の 最適化. インテリジェント 機器(wセンサー) 最適化

出所)「インダストリ・インターネット報告書GEよりNRI加筆修正

図3-3 GE のインダストリーインターネットも第 4 次産業革命も「システム化」革命である。

(2) インダストリ 4.0 の考え方と GE 社の考え方の類似性

インダストリ 4.0 は、製造領域での社会システムの最適化を狙ったものと考えると理解しやすい。インダストリ 4.0 は、ロボット動作や設計の最適化だけではなく、工場ラインの最適化、工場全体オペレーションの最適化、さらには、グローバルなマザー工場による工場ネットワーク管理の最適化を実現していくことがねらいと考えられる。

(3) 「IoT、ビッグデータ、人工知能」

日本では、CPS(サイバー・フィジカル・システム)という言葉が、日本語として受け入れ

られにくいという懸念から、「IoT、ビッグデータ、人工知能」という表現が採用されはじめたようである。日本での IoT の議論が、デバイスからのボトムアップ発想であり、「センサーデバイスからのデータをビッグデータとして蓄積し、今後発達する人工知能で解析すれば、何か将来凄いことができるようになる」というように聞こえがちなのは、CPS という「システム」コンセプトの定着を早々と諦めてしまったことも遠因ではないだろうか。重要なのは、「システム」の目的設定と、それをどうやって実現するのかというアーキテクチュア(構造)設計なのである。

参考文献

- [1] Acatech National Academy of Science and Engineering: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group, , April 2013.

 http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accesible.pdf
- [2] Peter C. Evans and Marco Annunziata: Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines, November 26, 2012 GE https://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf
- [3] 藤野直明、近野 泰: インダストリ 4.0 とわが国製造業への示唆、知的資産創造 2016 年 4 月号 Vol.24 No.4、株式会社 野村総合研究所 http://nricis1.wwws.nri.co.jp/chitekishisan/201604/2404 00.pdf

4章 システム化の遅れに起因する日本の弱点

この章では、我が国のシステム化の力が弱いために生じていると思われる事象について、 企業経営の視点と産業政策の視点に分けて述べる。

4-1 企業経営の視点から

(1) 高度なシステム製品開発の立ち遅れ

すでに1章で述べたように、日本の製品開発力は進歩の著しい先端技術分野でシステム技術の弱さのために大きな壁にぶつかっている。その象徴的な例がシステム LSI である。日本が圧倒的なシェアを誇っていた DRAM の需要が飽和し、韓国の追い上げが始まった1990年代末期から2000年代初めにかけて、日本の半導体メーカは主力を DRAM から新しい半導体製品であるシステム LSI(システム オン ザチップ)に移した。システム LSI は一つのチップに MPU、メモリー、クロックドライバーや専用プロセッサなどを搭載した典型的なシステム製品であり、その設計製造には高度のシステム技術が必要となる。残念ながら日本のメーカはシステム技術の弱さのためにこの製品の開発競争に勝つことは出来なかった。その後システム LSI は半導体全生産量のなかで33%を占める最大の市場をもつ製品に成長したが、日本のシェアは特殊な用途を除き汎用システム LSI はほとんどゼロである。日本の半導体産業の未来を託した DRAM からシステム LSI への転換は、システム技術の弱さのために残念ながら失敗に終わった。と同時に日本は現代のもっとも複雑なシステム製品で膨大な市場を抱えて日進月歩している MPU チップを設計生産する技術基盤を喪失した。

もっとも高価な精密機械と言われる半導体露光装置はかつて日本の光学メーカの独壇場であった。しかしこれも近年オランダの ASML 社のシェアが大きく伸び、日本のメーカは苦戦を強いられている。ASML 社は装置の各部分をモジュール化し、基本部分を共通プラットフォーム化することによって部品を外製化し、開発設計のコストを下げ製品の汎用性を高めることが出来た。ASML 社がやったことは装置と工程のシステム化である。一台一台手造りに近いすり合わせの名人芸で装置を作ってきた日本のメーカに対してシステム思考によって対処した ASML 社の勝利と言ってよい。

最高品質を誇る内視鏡、優れたマニピュレーションの技術、内視鏡手術の技術では世界一と言われる医師集団を持ちながら、手術ロボットの実用化で日本はアメリカに後れを取った。複数の内視鏡と複数のマニピュレーターを結び付ける高度なシステム技術と、術式の標準化や医師のトレーニングを含む手術全体のシステム化を構想実現するシステム技術が壁になったことは容易に想像がつく。日本の次世代ロボットの開発はこれまで要素的な動作を実現することに主力が注がれていた。阿波踊りが踊れるロボット、人と共同して机を運ぶことが出来るロボットなどはメデイアで大きな注目を集めたが、残念ながら実用化にはつながらない袋小路の要素技術である、というよりはメデイアでのデモを目的とした研究開発であったと言っても過言ではない。介護とリハビリの分野では多少の存在感があ

るが、日常的な場面で役に立つロボットのヒット製品は残念ながらまだ姿を現していない し、その兆候も見えない。

日本初のジェット旅客機の開発も大幅な遅れが発生している。これまで海外の旅客機の部品の製造には優れた実績を持つわが国の代表的なメーカが、航空機全体の開発製作にこのような大きな障害に遭遇したのは、複雑な航空機に対するシステム的な視点での分析や設計、製造に経験が不足していたことが原因と推測される。ちなみに、旅客機の部品数は少なく見積もっても 100 万個、それに比べて自動車はネジなども部品に含めても 3 万個である。100 万個の部品をもつ高度なシステム製品を一般の民生市場に提供した経験は日本の企業にはない。

その他類似の事例は携帯電話やロケット開発などでも顕著である。このように、日本が次々に先端システム技術から撤退を余儀なくされていくと、その行き着く先はローテクものつくり大国である。先端的な技術の基盤を欧米に依存するようになってしまうことは、日本の国力低下だけでなく日本の安全性にも繋がる重大な問題である。

(2) 要素技術偏重

産官学を問わず成果が目に見える要素技術の開発が過度に尊重され、要素技術を統合して市場に最も受け入れられやすい形で提供するために必要なシステム技術への関心が薄い。 売れるか売れないかは営業の努力次第で、自分たちは技術の最先端を深堀して「尖った技術」を世に示すことが技術者の役割、という考え方が研究開発の現場では依然として支配的である。そしてそれを生み出すためには基礎研究を重視すべきである、との主張は研究開発のリーダの立場にある人から常に聞かされる言葉であるが、実際は最終的な市場価値に結びつかない「基盤的技術の創出」に終わってしまい、成果は死蔵され研究費の無駄使いに終わるケースが多い。

研究会では元ソニー勤務で、ソニー退社後サムソンで働いた技術者の話を聞いたが、ソニーはまさしく「尖った技術」偏重の社風の中で統合技術へのシフトが遅れ、それが事業転換にも響いて結果として急速に競争力を失ったことが述べられた。このソニーの凋落の歴史はその他幾つかの日本の優良企業の歴史でもある。過去 20 年の製造業の GDP を概観すると 1997 年に約 114 兆円でピークを迎え、その後は減少が続き、近年は約 90 兆円。そうした中、業種別では最も減少が大きいのが「電気機械」である。「電気機械」の特徴は、その業種特性から、他の産業に比べていち早く製品やビジネスモデルにおいてデジタル化の影響が現れた分野である。その結果、日本の電気産業は縮小の一途を辿ったことは、GDPに占める電気機械部門のシェアの急速な低下に表れている(図 4-1)。

IoT はものと人、業務と組織が繋がることによる価値の創造を目指している。単品の価値よりも繋がることの価値を高く評価している。単品の性能を上げるための要素技術の価値は相対的にますます低くなっている。その意味で要素技術偏重の文化風土は転機を迎えていると言ってよいだろう。

我が国製造業のGDPの推移

製造業のGDPは1997年(約114兆円)をピークに減少が続き、ここ数年は約90兆円。業種別には、「電気機械」の減少率が高く、他方「輸送用機械」や「一般機械」は、ほぼ同額で推移。

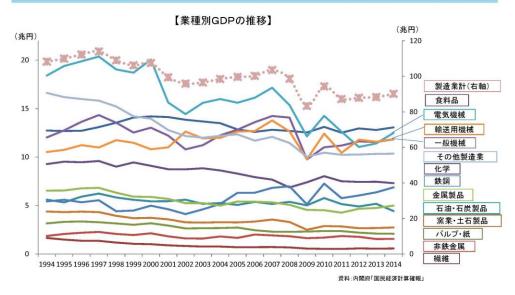


図4-1 我が国製造業の GDP の推移

(3) IT をうまく活用できていない

日本ではITのインフラは整っているが海外に比べてその利用は遅れている、という調査結果は毎年の情報通信白書の決まり文句である。この事実の背景には様々な要因があると思われるが、生産と経営をシステムとして捉えることの不十分さ、すなわちシステム思考の未熟さも忘れてはならない要因の一つである。

まず指摘すべきは、IT 技術者の所属が日本ではソフトウェアベンダーに偏っており、IT のユーザーサイドには少ないことである(図 4-2)。このことは IT を活用したシステム構築の重要性が認識されていないことを意味していると同時に、システム導入がベンダ主導で行われていることを示している。企業経営者の多くは IT を導入する理由として業務の効率化を挙げており、IT を用いて新しい生産、経営の仕組みを作り、事業の新しい展開を図ると言う発想はあまり見られない。図 4-3 は海外と比較した日本の経営者の IT 導入に対応する保守性を示している。

世界の電子情報産業市場では、IT ソリューション・サービスの成長率が 156%(2017 年生産額見通し/2010 年生産額)と大きく、かつ、市場全体に占める比率が 29%と高いのに対して、日系企業の IT ソリューション・サービスの成長率は 125%、全体に占める比率は 17%と低位に止まっている (図4-4)。電子情報産業市場で、日系企業の世界シェアがもっとも高いのは、電子部品で 38%を獲得しているが、世界の電子部品市場はやや逓減の動向にある。日系企業が IT ソリューション・サービスへの傾注度合いが低いのは、事業規模が小さく、部品事業や単品製品事業に比べて利益がとれないことが起因していたと思われる。

しかし、サービスビジネスのプラットフォーム化は、これまでの常識を変え始めている。 AWS (Amazon Web Services)は、2016年1月 \sim 9月の営業利益率74.4%を記録している。

IT技術者はどこに

- 欧米では、新たなソフト製品の発表会には、ユーザ企業の技術者が押し寄せ歓喜する。日本では、ベンダー技術者が押し寄せ舌打ちする。
- 受託開発が価値ではなく、量の取引になっていることが日本の I T技術者の価値を下げている。

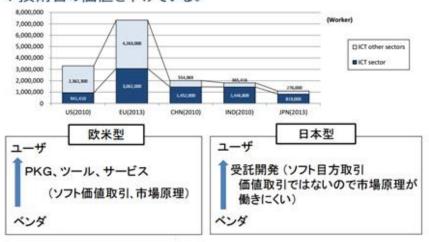


図 4-2 IT 技術者の所属に関する国際比較 出典 田中: IT 技術者の動向 \sim I T人材白書から \sim 、2015

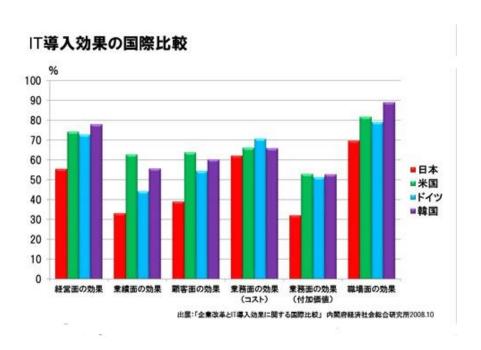
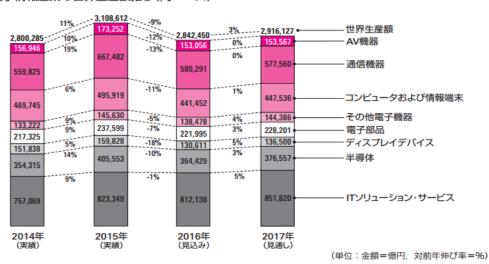


図4-3 IT 導入効果の国際比較

■電子情報産業の世界生産額推移(円ベース)



■日系企業の生産額推移

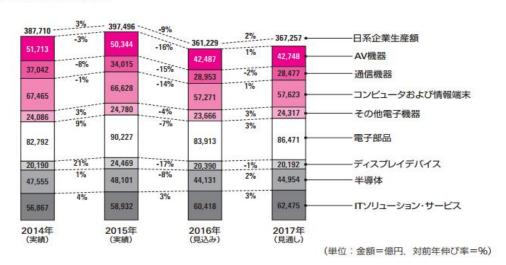


図4-4 電子情報産業の世界および日本系企業の趨勢 出典 電子情報産業協会:電子情報産業の世界生産見通し、2016

業務用ソフト ERP は日本でも普及が進んでいるが、海外と違って日本では導入に関わる それぞれの現場でのカスタマイズの要求が強く、それに妥協して現場の業務変革の実があ がらずコストが膨れ上がって行くのが実態と言われている。ユーザ側に IT の理解者が少な いためにベンダとの有効な対話が成立しない。

例えば次のような例がある。銀行の勘定系開発にパッケージを適用しようとしたが、カスタマイズが多すぎてベンダはパッケージの変更提案まで行う羽目となり、結局は開発断念に至った。本訴訟は最高裁まで争われ、2013 年 9 月にベンダ側が 42 億円を払うことで判決が確定した。一審判決によれば、パッケージのカスタマイズ作業が相当量想定されていたにも関わらず、ベンダ側がカスタマイズ作業について十分検討していなかったことが

強調されている。日本ではパッケージをそのまま活用するという状況にはないことを象徴 するような事件である。

このような事例が頻発するのは生産や経営全体システムとして捉える視点が欠如しているからであり、各現場での部分最適が優先され全体最適が犠牲にされているのが業務ソフト導入の現状と言ってよい。

また、運用レベルで生じた予期しない現象についての対応が甘く、そのために大きな損失が発生したケースが数多く報告されている[1]。業務の全体をシステムとして十分把握していれば避けることのできると考えられ、システム思考の弱さの一つとして捉えることによって対策が得られるのではないかと思われる。

業務をシステムとして把握できていないために作られた業務ソフトも属人的であり、他者が理解することが困難な職人芸で作られることも多い。このように作られたシステムは時を経るに連れて、当初のよいシステムからよくないシステムに転化する。企業や組織の基幹情報システムで、長期間の運用を経て、新しい技術が備わっておらず、また、効率性が著しく劣るシステムは ν ガシーシステムと呼ばれる。日本情報システム・ユーザー協会(JUAS)の調査によると、現状では約3割、今後でも2~3割の企業が、保有しているシステムの半分以上がレガシー化の課題(技術面での老朽化、システムの肥大化・複雑化、ブラックボックス化)の課題を持っていると回答している(図4-5)。課題への対応のために、

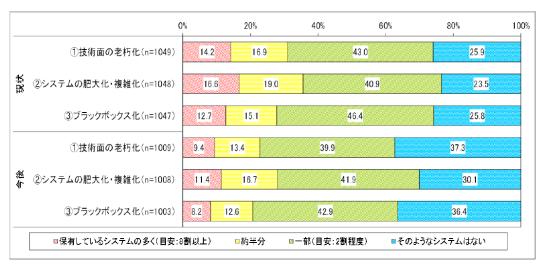


図 4-5 レガシーシステムの問題点の現状と今後 出典 (独)情報処理推進機構(IPA)ソフトウェア高信頼化サンター(SEC): システム 再構築を成功に導くユーザガイド、2017

システムの再構築が求められるが、現行システムに関する業務知識が失われていることが 大きな阻害要因となっていると同時に、レガシーシステムの更新は膨大なコストがかかる ために、体力の衰えた企業はその負担に耐えられず、仕方なくレガシーシステムをだまし だまし使っているという深刻な状況も生まれている。この問題に対処すべく、再構築の手 法化が検討されている。政府情報システムについては、2012年から、1450の分散した情報システムの基盤共通化等の刷新が進行中で、2018年度までにシステムを半減し、約4000億円の運用コストを2021年度までに3割圧縮することが目指されている[2]。

(4) 技術の移転がうまく出来ない

海外に工場を建設する場合に日本の親工場の技術者がその立ち上げに現地に派遣され、現地の従業員や技術者を工場の稼働に向けて指導する。その際、親工場の技術を現地に移植することがうまく行われず、現地の生産がなかなか軌道に乗らなかったり、生産が軌道に乗って親工場の技術者が帰国した後トラブルが続出したり、製品の品質に想定通りのものが出なかったりして何度も指導に足を運ばなければならない、と言う話しはよく聞かれ、日本の海外進出の基本的なバリアーの一つになっている。この原因は日本の工場の生産にかかわる技術が、操業の基盤的な部分で経験と暗黙知に頼っており、技術者のノウハウが他者に伝達が容易な形式知として明示されていないためである。文化や教育の背景が異なる現地の従業員や技術者にそのノウハウを伝えるのが難しいことは容易に推察がつく。生産現場のラインや工程をシステムとして捉え、そこで起こる様々可能な事象をシステムの基本的な属性として明示的論理的に組織として把握する生産技術のシステム化が未成熟であることに問題があることは、ようやく多くの企業で認識され始めている。3-2で述べたスマートマザー工場は、この課題に対する有力な処方箋である。

日本の企業は他の企業を買収した場合その企業の技術を自社の技術にうまく取り込み自 社の生産に統合することが不得手であるとの声もよく聞かれる。これも、それぞれの要素 技術が企業内で独立に割拠し、それらをシステムとして結び付ける糸が弱く、企業のコア コンピテンスが属人的で暗黙知的な部分を多く含む固有の技術文化を前提にして成立して いることが原因であろう。逆に欧米に買収された日本の企業は、親企業のシステムに完全 に同化されることが多い。

(5) 迅速かつ適切な経営判断の欠如

最近日本を代表する幾つかの企業の経営が破たんし、倒産あるいは海外企業に買収される事例が相次いでいる。そこまで行かなくても、かつて世界ランキングの上位に常時顔を出していた日本の企業がその地位を次々と失っている。(1)(2)で述べたような技術面での日本の遅れが経営の面でも起こっていることが感じられる。と言うよりも、経営の側面での遅れの方がより深刻と思われる面もある。

日本では財務のみを基盤とした古い経営体質が支配的である。数字で表れる財務状態が経営者の主な関心であり、産業のエコシステム全体の現状を展望し、その中での自社の位置づけや未来への展望、それにもとづく事業の開発などには関心が薄い。現代の経営環境は変動が激しく多くの要因が絡み合って複雑な様相を呈している。四半期、半期ごとの経営判断、意思決定では変動する環境に応じて適切な対応を行うことは出来ない。現状のよ

うな旧態然とした経営から脱皮できないのは、経営の全体構造をシステムとして捉え、その進化する構造(内部、外部)を設計するためのシステム思考が欠如しているからではないかと思われる。欧米でビジネスに成功している多くの企業は、これまでに幾つかの深刻な経営判断を経てコアコンピテンスと業種の大きな変更、思い切った企業買収を通しての業容の拡大を行ってきた。その背景には企業とそれを取り巻く新しい環境に関するするデータにもとづく詳細なシステム分析がある。日本の企業のように経験と勘に頼った経営判断は欧米の大企業ではすでに姿を消していると言ってよい。6-8での述べるように、欧米ではすでに多くの企業では企業の日常的なオペレーションを支える IBP(Integrated Business Planning)と呼ばれる新しいシステムが使われている。日本でIBPを使っている企業は数えるほどしかない。

日本の経営者教育は「人間的な資質」の獲得が主な目標とされ、経営者にとって必要な IT 技術や発展しつつある LCM(Life-Cycle Management)、SCM(Supply Chain Management)、IBP などの経営システム学の素養を身につけさせる教育コースはあまり見られない。技術と同様暗黙知に寄り掛かる経営の体質が支配的なことは、今後企業を取り 巻く経営環境がますます厳しくなることから憂慮される。

(6) 自前主義と縦割り制度が依然として強く、オープンイノベーションに関心が薄い

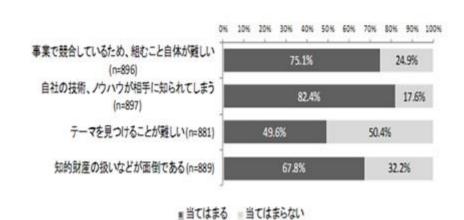
オープンイノベーション推進の掛け声とは裏腹に、日本の企業では依然として自前主義が支配的である(図4-6)。自前主義は、自社の外にある技術や考え方を取りこんで、生産と経営をスケールアップして行くシステム化には大きな障害となる。経産省の調査によれば、日本の企業が行う研究開発の70%近くは自社単独での開発であり、外部と連携して開発することが少ない。特に、同業他社と共同で行う比率は3.6%しかない。企業がオープンイノベーションに後ろ向きな最大の理由は、自社の技術やノウハウが他社に漏れることであり、そのため自社内部、あるいは系列企業内部で技術や業務のプロジェクトが実施完結できることは、そのプロジェクトへのインセンテイブを高めることになる。他者を巻き込み、技術のエコシステムの高度化を高く評価する海外の企業とは大きく異なる。また、オープンにする部分とクローズにする部分を戦略的に考えていこうとする方向性に欠ける。自前主義がさらに強化されると各事業部の独立採算制の強化に結びつく。企業は縦割りの徹底で、短期の右肩あがりの収益目標を問われるようになったが、そこには固定的システム思考しか育たないし、多様な価値観から組み合わせで生まれるイノベーションが生まれる可能性は低い。自前主義の弱点とオープンイノベーションの利点については、6章の海外比較の検討であらためて詳しく議論する。

(6)企業の自前主義によるオープンイノベーションの未熟さ-1

	合計 N=833	大企業 N=430	中堅企業 N=284	中小企業 N=119
a. 自社単独での開発	67.7	65.7	69.4	70.6
b. グループ内企業との連携	8.8	9.4	9.5	4.7
c. 国内の同業他社との連携	3.6	3.7	3.7	3.1
d. 国内の異業種の他企業との連携	5.5	5.5	5.4	5.6
e. 国内の大学との連携	5.9	62	5.1	7.0
国内の公的研究機関との連携	2.4	25	1.9	3.1
g. 国プロとの連携	12	1.6	0.6	1.0
h. 国内のベンテャー企業との連携	0.7	0.8	0.5	0.7
i. 海外の大学との連携	0.3	0.5	0.2	0.0
j. 海外の公的研究機関との連携	0.1	0.2	0.0	0.0
k 海外企業との連携	1.4	1.7	1.2	1.1
1. 海外のベンテャー企業との連携	0.3	0.5	0.1	0.0
m. 他企業等からの受託	2.1	1.7	2.2	3.2

出典:経度省平成23年度度業技術調査「イノベーション創出に責する我が国企業の中長期的な研究開発に関する実際調査」

(6)企業の自前主義によるオープンイノベーションの未熟さ-2



出典:経度者平成23年度度業技術調査「イノベーション創出に資する数が固企業の中長期的な研究開発に関する実際調査」

図4-6 オープンイノベーションに対する企業の取組み現状

財務指標の到達値を各部門の KPI として割り当てることは日本の企業経営の通例であるが、これは部分最適化によって全体最適化を犠牲にすることにつながり、システム化に反する経営手法であると言ってよい。部門ごとの経営内容は原理的に相反する場合も多い。つまり自社のある製品が売れれば別の製品が売れなくなることは普通に起こり得ることで

ある。またある部門を効率化することは他の部門のコストを増やすことになるケースが頻繁に起こり得ることである。そのような場合、部門ごとの最適化は無駄であるだけでなく、経営の基盤を損なう可能性がある。経営が複雑になり、環境変動が激しくなった現在、経営をシステムとして考えることが今こそ重要である。

4-2 産業政策からの視点

(1) 国際標準化への対策の遅れ

国際標準化については近年積極的提案や議長幹事の獲得を努力しているが、まだまだ企業、国ともに受け身の対応となっている。欧州では EC 発足検討当初から制度の異なる国間の経済性を考え重要視されてきたし、米国も州毎法規制が異なる背景から標準化への対応が進んでいる。さらに、近年はシステム化、システムのシステム化への対応を意識して欧米の国際標準化の動きは次のような意図を持って進められている。

○ スマートグリッドなど新規技術(分散型再生可能エネルギーなど)と情報技術などの 組合せにより、新たな産業の市場創生を進める際、分野への参入を容易にするために、新 たな産業のモジュール構造を国際標準化の場を通して早期に設計する。

○ その際、例えば設計された各モジュールを円滑に繋ぐため、基本的部分のインターフェイスの要件が、いわゆる目に見える「国際標準」として提示される。こうした標準インターフェイスを確定させ、一方でインターフェイスには各社の競争領域を確保しつつも、実質早期にシステムとして実装し、実績を確保した企業が優位になる。

ドイツが先行する Industrie4.0 では産業全体のモジュール化が展望されており、モジュールのプロファイルの定義とモジュールを相互に結び付けるインターフェイスとしての管理シェルの策定が始まっている。これは別の見方をすれば産業全体の標準化であると言ってよい。標準化のレベルが要素からそれらを繋ぐアーキテクチュア、さらにシステム全体に拡大して来たことは実感として受け止めて来たが、Industrie4.0 ではその方向を極限まで進めようとしている。モジュール化はシステム化のための第一歩である。よいシステムを作るには適切なモジュール化が必要である。その意味で、現在の国際標準化の強い流れは、日本におけるシステム化の弱さを浮き立たせると言っても過言ではない。

既に、欧米からは多数の産業において WTO/TBT 協定に従い、ISO などのデジュール規格を通じて、当該国際標準に適合した製品の調達が要請されるようになってきている。例えば、JR が Suica を調達しようとして、始め Suica が国際標準規格になっていなかったために、急遽 Suica の仕様を国際標準化提案して対応したエピソードは有名である。この他、機能安全規格では、あらゆる分野に横断する基本規格が存在し、鉄道や制御機器ほか様々な分野でその対応の遅れ、安全性確保に対する考え方の違い、産業構造の違いなどにより日本は後陣を拝した。スマートグリッド関連で見ると、日本の垂直統合モデルに対して欧米の産業構造の違いもあるが、そもそも、理想的ユースケースを元に、機能を抽象化し議論を進める欧米の検討活動に、電気・機械側の多くの日本の技術者が付いていけなかった

(第4次産業革命の議論でも大事な論点になっている電気・機械技術者とIT技術者のギャップ)。

企業では標準化がノウハウの漏えいにつながる恐れがあると言う点で標準化への抵抗がある。実際には標準化は次のステップのイノベーションを誘導するものであることを理解する必要があり、そのために産業政策として標準化を正しいシステム化認識の下、技術で縦割りになっている日本の標準化活動を連携させ、日本技術の提案偏重ではなく、国際協力で進める国際標準化への積極的国際貢献を通した主導権確保を強力に推進する必要がある。標準化については7章の提案施策の柱の一つとして取り上げている。

(2) ソフトウェアの競争力の欠如

ソフトウェアの国際競争力の弱さはわが国産業技術の宿阿として古くから取り上げられてきた。今世紀初頭では貿易収支、技術収支ともに 1:100 前後であるとのデータが開示されていた。現在はその種のデータは入手できていないが、その数字が大幅に改善されている兆候は見えない。業務用、研究開発用を通じて、日本発のハイエンドのソフトウェアパッケージはほとんど存在しないと言ってよい。

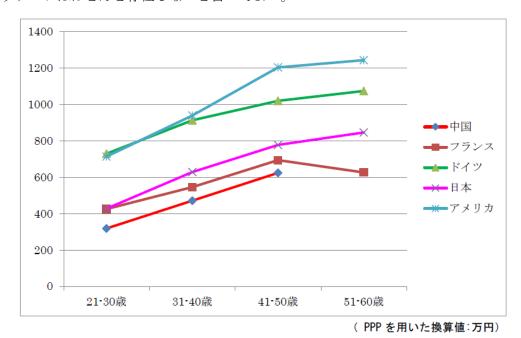


図4-7 ソフトウェア従業者に対する報酬の国際比較

ソフトウェア技術者の待遇も、海外に比べると給与、勤務時間において大きな差がある (図4-7、4-8)。ソフトウェアの分野の人材不足もすでに 30 年以上前から議論されている課題であるが国の幾度に及ぶ振興策にもかかわらず功を奏していない。我々はこれがシステム化の重要性に対する認識不足から来ていることを主張する。これは IT の捉え方位置づけに対する捉え方の問題であることを指摘したい。これについてはすでに 2 章で述べたのでここでは詳しく述べることはしないが、要するに IT はシステム化の強力な武器で

あるが、IT 自身はツールに過ぎないことである。IT 化は常にシステム化が主導する必要があるが、その認識が欠けていることが IT の健全な発達と利用を妨げている、というのがわれわれの主張したいことである。

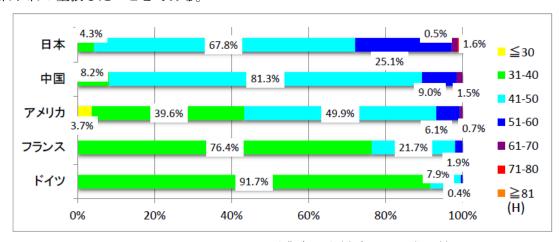


図4-8 ソフトウェア従業者の労働時間の国際比較

(3) システム産業の欠如

わが国では欧米に数多くあるシステム技術をコアコンピテンスとする企業あるいはシンクタンクは存在しない。ソフトウェアソリューションを売り物とするコンサルティング会社は存在するが、その規模は小さい。日本にはエンジニアリングを売り物とする企業、業界が存在する。これはある意味でのシステム産業であるが、そのカバーする事業範囲が化学プラントに限定されている。生産技術、インフラ、医療、災害対策、リスク管理など現在広範な分野で大きなニーズが発生しているシステムインテグレーションに対応する企業も業界も存在しない。アメリカ、ドイツで第 4 次産業革命を主導しているシーメンスやGEなどは、個々の製品技術生産技術に優れているだけでなく、それらを俯瞰し統合するシステム技術を売り物にしている。第 4 次産業革命は、このようなシステム産業が主導し、その恩恵を享受する形になっていることに注目すべきである。

システム技術は多くの分野業種業態に共通して必要とされる技術である。しかしわが国の官庁は分野業種ごとに分かれた縦割りの部署が各々担当する部分の振興策を行ってきた。システム技術システム産業はその谷間におかれた空白地帯で、各種各分野にそれぞれ分厚い技術の蓄積を有するわが国の産業界でのミッシングリンクとなっている。この点を克服し、システム技術の振興を担当する分野横断型の組織を作ることが必要である。

(4) 研究開発費配分における要素技術偏重

国が大学や民間の研究開発の補助のために提供する資金については、資金供与が行われた後のフォローが必ずしも十分に行われているとは言えない。評価は随時行われるようになりこれまでよりは改善されたが、基本的には資金供与した後はあまり関与しないことが慣習化している。これは研究担当者の自主性を重んじる風土もあるが、資金給与の対象を

決定する際、何について(what)、誰が(who)研究を行うのかに評価の比重が置かれており、 資金使ってどのように研究を行うか(how)についての評価が重視されていない点にも原因 がある。例えば NSF では常に研究の進捗状況についての対話が研究所側の PI と資金供給 側の PD の間でなされており、資金供与機関の権威が貫徹している。そのため研究費の有効 な使用に関する資金提供機関の理念が研究開発にうまく生きていない。

基礎研究重視は研究開発のリーダ格の学識経験者の一種の決まり文句である。これに抵抗することは難しいし、このこと自体は間違っている訳ではない。しかし、政府主導のプロジェクトや国からの予算で行う研究の多くが基礎研究重視の名のもとに実用化に繋がらず、成果が社会に価値を生まないままに忘れられ放置されているのも事実である。その理由の一つが研究開発におけるシステム化の軽視である。要素技術が価値を生み出すにはそれらを結び付け社会のニーズに接地させるシステム化を重視する資金供与の構造を作り出すことが要求されている。それなしに第 4 次産業革命が志向する水平統合、垂直統合への志向は育っていかない。6章で紹介されているアメリカの大学の Engineering Research Center はそのために大いに参考になると思われる。

(5) サービス産業の生産性の低さへの対策の遅れ(中小企業対策)

「第 4 次産業革命」はシステム化革命であることを3章で述べた。このドイツの政策は 中小企業対策でもあると言われている。

図4-9は日本生産性本部の「日米産業別労働生産性水準比較研究 WG」で実施された 調査結果についての座長である東洋大学滝澤淳教授からの報告である。

縦軸は、2010~2012年の期間における米国の労働生産性を100とした場合の日本の各産業の相対的な割合を、横軸は、各産業の経緯財全体の付加価値に占める割合を示している。

これによると広義のサービス産業分野全体の平均(棒グラフの青の部分の産業分野)は 米国の約半分の水準となっている。

日本再興戦略の目標である GDP600 兆円に向けた中小企業へのシステム化対策は、産業政策の観点から必須である。日本のサービス業の大半は中小企業が占めており、中小企業において IT をうまく活用できていない企業が大半である事実からも中小企業経営のシステム化の取組みは深刻な課題である。

日本の労働生産性はほとんどの産業で米国に及ばない 2010年~2012年の日米の産業別生産性(1時間当たりの付加価値)と付加価値シェア

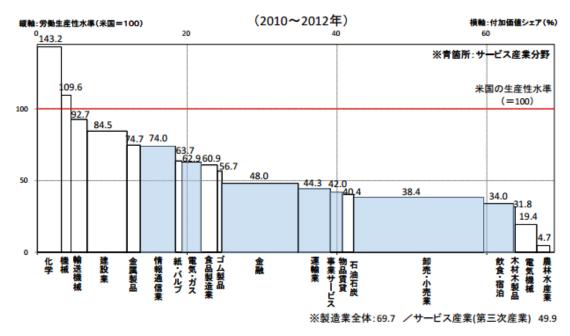


図4-9 サービス生産日米比較

出典 滝澤美帆:日米産業別労働生産性水準比較、生産性レポート Vol. 2、2016

参考文献

- [1] 情報処理システム高信頼化教訓のリンク集(IT サービス編)、情報処理推進機構 http://www.ipa.go.jp/files/000057871.pdf
- [2] 内閣官房 IT 総合戦略室:政府情報システムの改革のロードマップの改定案について、 2016

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/cio/dai60/siryou1-1.pdf

5章 システム化が遅れた背景

4章で、システム化が遅れて産業の発展や国際競争上の厳しい状況をもたらしている日本の現状と直面する課題を具体的に述べた。この章では、なぜ、日本ではシステム化が遅れたのか、その根源的な要因は何かを検討した結果を示す。検討のまとめは図5-1のとおりで、この図は、4章で示したさまざまの事象に対して、技術的な要因、制度的な要因を検討し、根源的な要因へと遡行したものである。

5-1 根源的な要因

(1) 現場力への過信

これについては1章ですでにある程度述べたが、日本固有の問題でありシステム化の阻害要因として重要なので、ここで再度議論したい。

日本の経営者は伝統的に現場を重視し、現場で働く従業員や技術者の能力と士気を高めるために努力を払ってきた。現場とは、価値を生み出す主体であり、企業の経営ビジョン・戦略を実現する日常のオペレーションの場である。経営トップと現場とが一体となって卓越したオペレーションの実現に向けて弛まない改善をし続ける日本企業は、欧米企業にはない強みを形成してきた。また、国民の教育レベルの高さや終身雇用制などが追い風となって、現場は単独で問題を発見し解決する能力を身に着けるようになったと言われている[1]。そして現場の強さは1980年代、日本の製造業が世界を制覇する原動力の一つになった。「カイゼン」が英語になったことは日本の現場力の強さを象徴している。現場力の強さはその意味で日本的生産のDNAであるといってよい。

しかし、現場力の強みがシステム化の時代を迎えて弱みに転化しつつある。すでに4章で述べたITの効果的な利用の壁となっているのが現場力の強さである。手作りの処理、独特の商習慣、人間関係を重視する業務の形態などにこだわり、業務の仕組みを変え、部分最適から全体最適に向かう業務の改革に立ちはだかるのが強い現場である。自分の部署の担当する業務、技術の縄張りに固執し、狭い要素技術の深堀に向かわせるのも現場の強さである。現場力の卓越性は、事業環境が急速に個別要素技術よりも統合システムに付加価値が移動しつつある現在、事業の新しい展開や業務の全体最適化には障害となる。

実は現場の環境も著しく変動しつつある。最近の契約社員、派遣社員の増加は現場の士気を低下させ、さらに現場力の最も大きな部分である現場での解決能力の学習に対する熱意も今までのように強くなくなっている。現場力の強さが本当に企業の現場で今でも行き続けているかについては今後十分な検証が必要であろう[2]。現場力の過信は、迅速・的確な事業運営を損ねるだけではない。業界を超えた事業連携など、現場からの水平展開だけでは実現できない経営トップの戦略的な取組みを疎かにしかねない。

事業はシステムであるとの認識は、経営の革新に止まらず、その企業活動におけるあらゆる場面でのシステム化を促進し、環境条件に適応した進化と最適化をもたらすと期待さ

れる。現場力を保持し生かすことの出来るシステム化の理念と方式の開発が望まれる。 なおシステム化についての企業の認識については調査報告[3]があるので参考にされたい。

(2) IT の捉え方の歪み

劇的なビジネスの成功をおさめ、世界を牽引するIT企業GAFA(Google、Apple、Facebook、Amazon)がもてはやされ、ITが事業の成功の鍵と思われているが、その利活用の先進性について踏み込んで言及されることは少ない。

日本の情報化は、1950 年代から始まり、その施策は、巨人 IBM に踏みつぶされない計算機技術力の獲得やデータ通信ネットワークの構築、分散コンピューティング時代の新たなソフトウェア開発能力の開拓、米国情報スーパハイウエー構想に対抗する e-Japan 戦略など、IT の供給サイドに巨額の投資がこれまでなされてきた。この結果、今では世界でも最高水準の IT インフラが構築されることとなった。しかしその利活用は海外に比べて大幅に遅れており、また IT を活用した新事業の創成は米国 GAFA とは比較にならない。

IT が汎用技術(GPT: General Purpose Technology)であり、その重要性は疑う余地はないが、これを活用して初めて社会的な価値が生まれるにもかかわらず、利活用を横断的に捉え、IT が生み出す新たな繋がりによって価値創出をするシステム化を通したシステム・イノベーションの思想や技術にはまったく社会的に関心が寄せられておらず、これまで、国家的な研究開発投資もほとんどなされてきていない。日本企業の IT 活用の狙いが、米国企業の攻めの IT 投資に対して、業務の効率化や経費削減等の守りの投資となっていることは、しばしば指摘される事柄であるが、システム化に対する無関心に起因していることは、まったく見過ごされてきている。

IT を効果的に活用するには、業務論理やビジネス構造を的確に構成するシステム化力を必要とするが、日本ではいかに効果的・効率的に IT システムを構築するかという面にしか関心が寄せられず、IT 技術者教育でもシステム化力の育成は力を入れられていない。 高度システム製品・サービス開発や IT による業務プロセス改革において、業務論理の構築等のシステム化を先行して、あるいは、システム化と IT 実装とを両輪として取組む必要がある。

(3) タテ割りが支配的な日本の組織と文化

日本の社会でタテ割りの構造と行動形態が支配的であることは、すでに 60 年以上前に指摘されている。専門や担当分野、業務による組織の分割分業が「うちとそと」の分化を強く生み出し、集団の結束力を高めるためのタテ割り文化が形成される。大学では学部学科のタテ割り、企業では事業部によるタテ割り、官庁では省庁間の壁、である。タテ割の組織文化はそれぞれの集団の士気を高め、目標を明確にする点でプラスの面もあるが、分野、専門を超えた統合的な対話と知の結集が不可欠なシステム化には大きなハードルとなる。このハードルは目に見えない心理的、文化的なものであるだけに、その克服には適切な政策の確立と長期にわたる努力が必要である。

(4) 人材の流動性の乏しさ

日本企業は、今日の厳しい事業環境の中で様々な模索しているものの、これまでの曖昧な契約に基づく雇用慣行を継続してきている。このことが、要素技術への過度の偏重をもたらし、人間関係の局所的な重視(属人性、役割分担・責任不明確)から出発する情報システムの構築や、業務知識の形式知化への取組みをおざなりにして次に述べる暗黙知支配を引き起こしている。

(5)暗黙知の支配

経験や勘に基づいており、言葉などでは表現が難しい知識は、暗黙知と呼ばれる。日本企業は、暗黙知の存在を積極的に活用して効率的な事業運営と先端的な技術技能を生み出しているとの指摘がなされていたが、暗黙知への依存は、今日の事業環境において、様々な弊害を引き起こしている。形式知を前提とする業務のIT化の障害、技術移転やM&Aにおける組織再編成の難しさすでに顕在化しており、形式知化が未整備なためにおこる標準化活動の取組の弱さ、経営判断の劣化を引き起こす原因となっている。

5-2 制度的な要因

図5-1に示す要因関連図にもとづいて、制度的な要因を以下に述べる。

(1)システム産業振興策

産業政策の視点からは、システム化が日本の分厚い要素技術を社会的な価値に結びつける重要な因子であるにもかかわらず、そのような産業の振興策が取られていない点にある。これまで IT がシステム化の原動力とすでに繰り返し述べたように、システム化は IT のみでは実現できず、要素を統合して新たな価値を創出するシステム化の技術を柱とする振興策をとる必要がある。

(2) 国際展開施策

対外的にも、新たな視点が必要である。これまでの標準化施策は、先導する技術についてデファクトスタンダードを獲得することによって、世界への販路を広げることを狙いとされてきた。しかしグローバルな国際分業時代にあっては、それぞれのビジネスの領域を戦略的に定めるアーキテクチャ立案がきわめて重要であるが、このレベルでの挑戦を行っている企業事例は極めて少ない。アーキテクチャ立案は技術的に難しいことは事実であるが、ある事業領域で、関連するシステム事業者やキラー部品を持つ中小企業が連携して、アーキテクチャを立案し、また、部品のインターフェイスを定める戦略的な活動が組織としてできていないことが、グローバル展開の遅れやグローバルなリーダシップが取れないことの要因となっていると思われる。

(3)システム化技術振興策

図5-1に示すように、システム化には、多くの技術挑戦課題があり、さらに、その普及の不十分さが様々な弱点を引き起こしていることを考えると、アカデミアに対して、システム科学技術の研究・教育を強く要請することが必要である。今日、システム化に関する学界と産業界とが情報共有する場は始まったばかりである。

(4) 研究開発施策

企業においても、国においても、様々な要素技術中心の研究開発、製品開発が進められているが、これらの果実は、システム化という社会実装の結果としてはじめて得られるものである。システム化の姿を描き、これを規範とした研究開発の推進があらゆる場面で必要とされる。このためには、要素技術開発に対して、システム化技術の面からの助言が不可欠であるが、今日、そのような仕組みはない。

5-3 技術的な要因

図5-1に示す要因関連図にもとづいて、主要な技術課題を以下に述べる。

(1) システム・イノベーション

社会の中に新たな繋がりを形成して、新しい価値を提供する新システムの創成があらゆる事業場面で求められている。これに応える方法として、デザインアプローチへの期待が集まっているが[4]、具体的な成果を生み出すには、一層の技術進化が求められる。AI はこの進化の道筋を与えると期待されるが、今日の AI がレパートリーとする演繹推論、帰納推論を超えて、仮説推論にまで範囲を広げることが必要である。

(2) アーキテクチャ

複雑性を回避し、システムの持続性を実現しモジュール化の指針を与えるアーキテクチャ論は、これまで経験の産物とされてきたが、考慮すべき要素の爆発的な増大、関わる主体の多様化を背景に、あらたな論理構築が求められている。MITでは、システム・アーキテクチャの論理的な体系化が2000年代から進行中であり[5]、アーキテクチャ立案に関する計算機パワー活用の時代を予見させる。

(3) 大規模複雑システムの運営論理

事業運営のシステム的理解の試みは、これまでにもなされてきている。日本企業の優秀さを現場力の強さに立脚した自律分散モデルとして描かれたり、経済環境によって企業運営がどのように形成されるかについてのモデル化[6]がなされたりしてきているが、変化が激しい事業環境の中で、的確に進化し続ける運営モデルの開発は日本企業にとって、喫緊の課題である。

(4) 形式知化

創造的な企業のモデルとして、SECI モデル (Socialization 組織内での体験による暗黙知の形成、Externalization 体験暗黙知の表出、Combination 表出した知識の新結合による新知識の創造、Internalization 創造した新知識の組織展開) が著名である[1]が、様々な課題を引き起こしている暗黙知をいかに形式知化するか、さらに、今日の知識管理体系をどのように発展させてゆくかが課題となっている。

(5)システム化技術体系化

システム・イノベーション、アーキテクチャ等、これまでのシステム学に対して、新たな要求が生まれている。新たな要求に対する的確な対応、さらには、産業政策への適切な助言のために、システム化技術の体系が必要である。なお、米国では、システム工学研究センター(The Systems Engineering Research Center: SERC)、 国際システム工学協会(The International Council on Systems Engineering: INCOSE)、米国電気電子学会コンピュータ部門(The Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society: IEEE-CS)が共同して、システム工学知識体系(The Systems Engineering Body of Knowledge: SEBoK)[7]を、2009 年から教育カリキュラム立案を出発として、継続検討を行い、2016 年には v1.7 として発表している。

参考文献

- [1] 野中郁次郎、竹内弘高:知識創造企業、東洋経済新報、1996
- [2] 内藤敏樹:現場力と日本企業の競争力優位、神戸夙川学院大学紀要 第2号、2011 http://www.shukugawagakuin.net/wp-content/uploads/bulletin/2011_12_naito.pdf
- [3] JST-CRDS: 産業競争力と「システム化」関連調査報告書(CRDS-FY2012-RR-01)
- [4] COCN: イノベーション創出に向けた人材育成、2012年度研究会最終報告、2013
- [5] Crawley, E, et al.: System Architecture, Pearson, 2016
- [6] 青木昌彦: 比較制度分析序説―経済システムの進化と多元性、講談社、2008
- [7] SEBoK: The Systems Engineering Body of Knowledge、2016 http://sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_ (SEBoK)

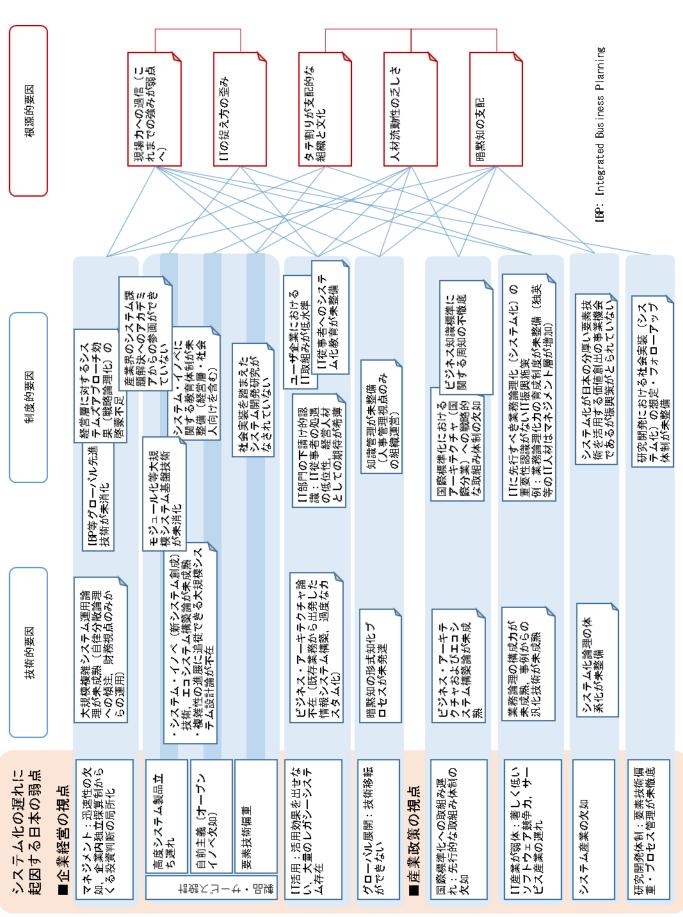


図5-1 システム化の遅れに起因する日本の弱点をもたらす根源的要因

6章 システム化に関する海外先進事例

6-1 インダストリ 4.0 にみる産業政策としてのモジュール構造設計の戦略性

インダストリ 4.0 はドイツの産業政策である。製造設備産業のモジュール構造設計を行い、そのモジュール間インターフェイスを早期に国際標準とすることでオープンイノベーションを加速しようとする動きである。RAMI4.0[1](図 6-1)は、そのための標準化活動のフレームワークと考えるとわかりやすい。一方、オープンイノベーションは、日本企業が得意としてきたフルセット型産業構造を活かした自前主義との対立概念であるため認知や理解も難しく、転換することは容易ではない。

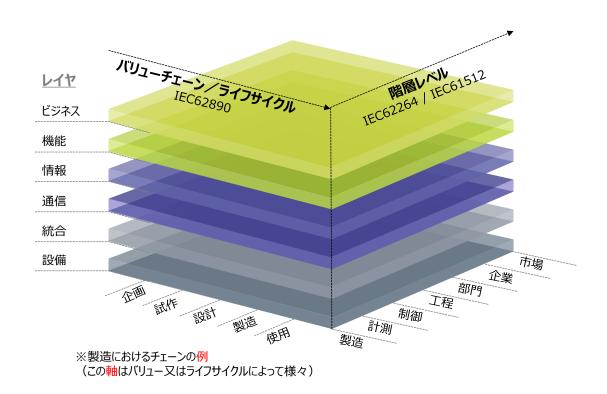


図6-1 RAMI4.0 (レファレンスアーキテクチュアモデルインダストリ4.0)

ここでは、インダストリ 4.0 で最も重要なコンセプトである「システム化」の一環として「モジュール間インターフェイスの標準化」がなぜオープンイノベーションの加速に貢献するかを整理してみたい。

【巨大で複雑な社会システムの設計作業 モジュール化と標準化】

- ① 巨大で複雑なシステムの設計はより広い視野から設計していくことが通常である。システムの設計から何段階かの階層構造を経て要素技術の設計が可能となる。
- ② さらに、システムに継続的なイノベーションをビルトインするためには、モジュール 構造としてシステム設計を行い、モジュールを入れ替えることによりイノベーション

を行うことができる構造設計が重要である。

- ③ オープンイノベーションによりモジュールを入れ替えることを可能とするにはモジュール間インターフェイスの標準化が必要となる。
- ④ IoT は巨大な社会システムの設計作業であるため、階層構造を有するモジュール構造設計やモジュール間インターフェイスの国際標準化活動は極めて重要である。
- ⑤ このため、ドイツ科学技術アカデミーが、前述の報告書において政府に要請したのは 「標準化活動の推進支援」である。

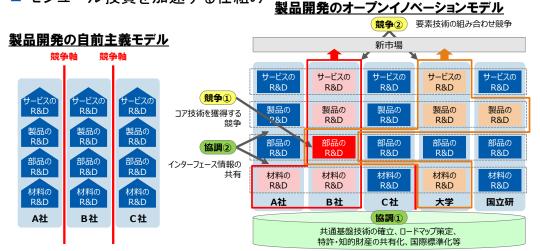
【誤解されやすい「国際標準化」活動の重要性】

一方「標準化」、特に「国際標準化」という言葉は、わが国では誤解を招きやすい言葉の一つである。「技術を標準化したら技術革新が起きなくなる。標準化はイノベーションとは相いれない。国際標準化を推進する際は慎重に。」という意見は少なくない。しかしながら、ここでいう標準は、技術そのものの標準化ではなく、特許性のない「モジュール間インターフェイス」の標準である。

【標準化活動はオープンイノベーションのためのモジュール構造の設計活動】

産業政策としてのインダストリ 4.0 を理解する際には、「オープンイノベーションを目的 とした"産業政策としてのモジュール間インターフェイスの標準化活動"」を理解するのが重 要である。

- ■製品開発は自前主義からオープンイノベーションモデルへ
- モジュール開発は競争。標準化はモジュール間インタフェースのみ
- モジュール投資を加速する仕組み



出所) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部長 岡田武氏の2015年1月講演(ものづくり日本会議)資料にNRI加筆修正

図6-2 製品開発のオープンイノベーションモデル

図6-2は、岡田武氏が整理した「製品開発のオープンイノベーションモデル」の模式 図である。製品開発の方法は、近年自前主義モデルから政策的なオープンイノベーション モデルへシフトしてきた。ここでいう政策的なオープンイノベーションモデルとは、新し い産業を創造する際に、当該産業に関わるユーザ企業や要素技術の提供(ベンダー)企業 が、コンソーシアムを形成し、下記の前競争的(Pre-Competitive)な活動を組織的に行う ことである。

前競争的な活動とは、①新産業の需要表現(ディマンドアーティキュレーション:外部機能・仕様の具体化)、②構成要素のモジュール化(内部構造の設計)、③モジュール間インターフェイスの標準化、④全体のロードマップとレファレンスアーキテクチュアの作成である。

オープンイノベーションを政策的に誘導するためには、新しい産業のモジュール構造を早期に設計し広く公開することが効果的である。

逆に、競争(Competitive)で行うのは、①個々のモジュール機能の技術開発・提供、② モジュールを組み合わせるコーディネーションとサービス提供、である。いわゆる「プラットフォームサービス事業」に該当する産業が台頭する背景には、こうしたオープンイノベーションモデルの存在があることが多い。

【製造設備産業におけるモジュール化がもたらす影響見通】

製造設備産業において具体的には、①従来の設備機器・アセット、②センサー・アクチュエータ、③コントローラ、④マネジメントシステムなど、産業構造の変化が予想される。

現在、コントローラのソフト、MES相当(工程管理、品質管理、在庫管理・・・等)の ソフト、及びERPのソフトは、シュミレーションソフトやAIソフトなどとは、独立に実 行作業指示を与える機能に特化して稼働している。

一方、今後は、これらの実行指示系のソフトウェアが、デジタル・ツインのシミュレータ、データ分析、AI などとデジタル空間でつながることが予想される。既にロボットのアプリケーションソフトが Web アプリで記述される時代である。このシームレスな空間の全てのソフトはオブジェクト指向のモジュール構造化することが予想されるのである。

この結果、①設備機械から③コントローラまでを個々に合わせて作ってきたやり方に対して、現在のiアプリのような、優れたモジュールソフトをタダ同然で使える時代への転換が起こる可能性が高いと考えられる。

【オープンイノベーションモデルの優位性】

従前の自前主義モデルより政策的なオープンイノベーションモデルの方が、巨大システム産業のイノベーションには適している。理由は四つある。四つとは、自前主義の四つの弱点に起因する。自前主義の四つの弱点は以下のとおりである。

- ① 複雑なハイテク産業であればあるほど将来像が見えにくく何の技術開発を行うべきか 焦点・目標が定めにくいこと。
- ② 一旦、製品が開発されても市場開拓(マーケティング・セールス)活動に費用と期間 を要すること。
- ③ この結果、収益を生むまでのリスクが大きく社内の投資資金を集めにくく、製品開発 に期間を要すること。経営層の R&D に対する課題認識は、「技術開発力そのものよりも、 何を開発すればよいのかという点を明確に定められないため投資が分散すること」と

いう指摘は多い。

④ 開発された製品の継続的なイノベーションも自前で行わなければいけない。モジュール化がなされていないため外部からの技術提供を受けづらい。

日本では自前主義が依然として支配的であることは4章、5章でも述べたが、協力会社 やグループでのいわゆる系列的取引が1980年代に有効に機能してきたのは、この4点をク リアすることに比較的成功したからであった。

一方、政策的にオープンイノベーションの場を組織化することは、上記四つの弱点を突破することを狙ったものである。

- ① ユーザーニーズを早期に明確化できることユーザ産業が当初から参画したコンソーシアムにより新産業の外部機能設計が行われることで、マーケティングやセールス上のリスクは圧倒的に小さくなる。
- ② 技術開発のターゲットが早期に明確になること 新産業の創造は、その全てが新技術で構成されるわけではない。モジュール構造を設計することで、既存技術が適用できるところはどこか、新たに開発しなければならない技術モジュールは"何か"、いつ頃までに必要か、その需要規模はどの程度か、が示される(需要表現)ことにより、開発するべき技術のターゲットが早期に絞れる。その結果、自社にとって容易な領域、困難な領域が比較的早いタイミングで明かになり投資領域を絞り込むことできる。
- ③ リスクマネーが投入できること 明らかになったモジュール構造の下で、新規技術開発領域(ミッシング・リンク)が 規定される際に、技術開発にリスクが伴うものについては、ベンチャーキャピタルや ファンドなど資本市場からのリスクマネーの投入が可能となる。資本市場からの資金 調達が容易になる効果は大きい。
- ④ モジュール組換えによるオープン (開放系)経済イノベーションの実現 「複雑性の少ない小型の商品であれば、優秀な現場の匠の技の方が機敏なイノベーションが可能であろう。しかしながら、例えば、スマートフォンなどの小型でも複雑なシステムを有する商品や、ましてや社会システムソリューションのような巨大システムにおいて継続的なイノベーションをビルトインするためには、開放系 (オープン)で新技術をモジュール単位で常に入れ替えることができる構造を持つことが重要である。新技術を常に導入できるためにはモジュール構造が明確で、かつモジュール間インターフェイスが公開されていることが必要である。

モジュール化が進むことにより個々のモジュールでの競争が加速し、当該モジュールでデファクトとなった技術を有する企業の市場が拡大する結果、全体のコスト低減が起こり、さらに需要が拡大する。このことで、当該新産業の成長をさらに加速させることができるわけである。

一方、自前主義のいわゆる囲い込みモデルで巨大システムを構築する場合は、一旦構

築はできたとしても、「その後のイノベーションも自前で設計・開発し続けなければいけない」という閉塞状態を招いてしまうリスクがあるわけである。

6-2 科学技術政策・イノベーション推進のためのシステムズアプローチの例((米国科学財団 (National Science Foundation: NSF) の工学研究センター (Engineering Research Centers: ERC) の成功)

米国では学際的な技術革新の促進や、産業界での研究開発活動に必要な"優秀な技術者"の大量創出の重要性が強く認識された。このため、NSFにより産業界のニーズに合った学際的な研究活動を行うことを目的とし、システムズアプローチを採用した研究センターとして、多数の大学でERCが設立され成功をおさめている。これらの研究センターの特徴は大きく二つある[2]。

(1)「研究」「人材育成」「社会実装」の三位一体の推進

ERC では、日本では同時達成は難しいとされている「研究」「人材育成」「社会実装」の 三位一体の推進を掲げ、実践している。これを可能にしているのは、「人材育成」「社会実 装」における"活動の限界"についての方針を明確にしていることである。

「研究」については制約なしに優れた研究を行う一方で、「人材育成」については、"ノーベル賞を目指した英才教育は敢えて行わず企業の研究開発を指導できる優秀な研究者の創出"を目指している。また、「社会実装」については Pre-competitive (前競争的) な段階にとどめるという方針を明確に打ち出している。

(2) 三層図(Three plane strategic chart)による研究活動のシステム化

「研究」と「社会実装のための技術移転」を結ぶ戦略は、「システム構築」「システム実現アーキテクチュア」「要素技術」の三層図 (Three plane strategic chart) に基づき、研究活動が企画・実施・評価・公開されていることである。三層図のねらいは三つある。

① コミュニケーションツール

三層図は、各大学が新たな ERC を NSF に申請する際や毎年の年次評価時の資料として、NSF と各 ERC 間、ERC 内さらには広く民間企業の研究者を交えたオープンイノベーションのためのコミュニケーションツールとして広く浸透している。

② 前競争的活動としての研究テーマの明確化

本三層図によって、要素技術研究から社会実装までの各研究テーマの連携が常に意識され、新たに研究が必要となる要素技術研究やシステム実現アーキテクチュア (モジュール構造)を明確にすることができる。特に企業にとって、研究テーマの明確化は、大学に期待する前競争的活動として極めて重要である。逆に、大学からするとリスクの高い新領域であれば民間企業やファンドと連携して研究を加速させることも可能となる。

③ 研究開発のリニアモデル(基礎・応用・実用)からの完全なる脱却要素技術と技術移転スキームがシステム化されることによりスムーズな移転が実現できる。三階層は同時に検討されるため研究開発のリニアモデル(基礎・応用・実用)からの完全なる脱却が可能となる。つまり個々の研究テーマの価値評価を常にシステム的視点から行っているわけである。

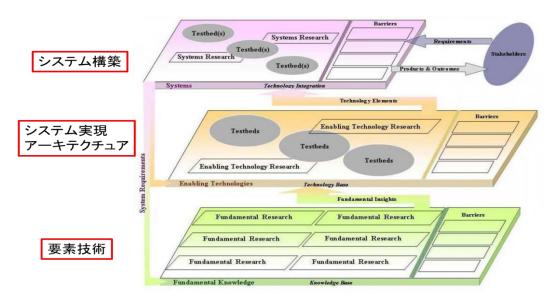


図 6-3 ERC の三層図 (Three plane strategic chart)

注)ERC は NSF の工学部門(Directorate for Engineering)が管轄し、約7000 万ドル(17 拠点)の予算措置が施されている。支援期間は通常は 10 年、3 年目と 6 年目に更新審査が行われ、3 年目の更新審査に「不適格」の評価を受けると、2 年後に NSF からの支援は終了する。ERC における資金源は NSF からの支援だけでなく、他の政府機関、産業界及び大学等、多岐にわたっている。

6-3 巨大で複雑な製品設計・生産システムにおける SysML によるモデル記述と人材育成

(1)巨大で複雑な製品設計・生産システムにおける SysML(Systems Modeling Language) の重要性

現代の人工物システムは、機械+電気+ソフトなどの複合体であり、各領域の知識を融合した開発が必要不可欠である。機械、電気、ソフトの各領域には、情報伝達としての図面が存在する。しかし、領域が異なると図面の内容を相互に理解することは容易ではなかった。

このため、領域間の知識のギャプをカバーし、システムに関する情報を正しく共有化するための言語が必要とされた。SysML は UML(Unified Modeling Language)を起源とする

が、ソフトだけでなく、機械、電気などが融合したシステムについての情報を扱うことが可能な言語である。当然ながら機械図面、回路図面はそのまま残り、SysML との連携となる。

日本のソフト産業では UML は積極的に導入されなかった。UML を記述して情報システムを構築する必要性が十分に理解されなかったという事実がある。少なくとも UML によるシステム記述が契約内容に指定されなく、納品物としての位置付けも弱かった。このため、UML のケースと同様に、システムを記述する言語である SysML によるシステムの情報化は、日本では積極的に進められていないのが実情である。これも UML と同様に、システム開発の条件、納品物としての指定が弱いからである。

米国、欧州では状況は異なり、SysMLによる設計、納品物は必須であり、全てのエンジニアは SysMLによってシステムを記述する必要がある。

もっとも顕著な例が防衛関係である。多種多様な企業によって防衛システムが開発、設計され、納品される。多様な領域を跨いで、総合的に、俯瞰的にシステムを理解する必要がある。これを実現するのは SysML によるモデル記述だけである。したがって、防衛システムのプロジェクトマネジメントでは SysML が必要不可欠であり、システム運用などにおいても必須である。

具体例として、米国海軍の新しい潜水艦の設計では SysML が使用されている。SysML には様々なダイアログ形式の図面があるが、それらの図面に記述されるノード数(システムの構成要素、状態などが表現される)は 100 万を超えると言われる。当然のことながら関与する全ての技術者が協力してノードをコンカレントに追記していく。こうしてシステムの要素がノードによって記述表現され、巨大なネットワーク構造として記述されることになる。このネットワーク構造を利用して、設計要求の変更、部品の性能の修正など、システムの変更による影響が理解でき、変更による必要な再検討箇所が漏れなく抽出される。

人間系ではない、チェンジマネジメントが実施されており、システムの品質が高度に保障されるとともに、プロジェクトのリスクなどもマネジメントされる。

(2) SysML の開発・設計に必要となる人材育成

このように大規模、複雑なシステムの開発ではSysMLによる開発、設計が不可欠である。 したがって、SysMLの記述能力を高め、エキスパートの人材育成が望まれる。

米国の大学では、多くの Engineering School での学科が SysML の教育、研究に注力している。

例えば、ジョージア工科大学では、Model-Based Systems Engineering Center が作られ、 システム技術者の養成にあたっている。

https://pe.gatech.edu/subjects/engineering/systems-engineering

http://www.mbsec.gatech.edu/

10 名弱の教授陣が 200 名近くの学生を教育指導しているようである。SysML によるモ

デリング能力を高め、世界中のシステム会社に就職していき、人気は非常に高いようである。

6-4 海外製造業にみる製造業務ノウハウの標準化の取組(APICS の活動)

海外製造業は、全世界 100 ヵ国以上へ展開している企業も少なくない。しかしながらこうしたグローバルな製造業において各社独自の製造ノウハウを各社で 0 から独自の知識体系として形式知化し世界中に展開することを行っている企業はむしろ少ない。

こうしたグローバルな製造業では、APICS (American Production and Inventory Control Society) の業務標準や知識体系、言語体系を活用することが通例である。APICS は 1957年に設立され、ERP や SCM の概念を提唱し、世界中に知識・言語体系を普及させている専門家団体である[3]。全世界に約 300 のパートナー組織があり、普及活動とテストを実施し、資格(サティフィケーション)を発行している。企業のグローバルな活動を円滑に行うための人材の確保を容易とすると同時に、個人としても同職種でステップアップしながら転職するという流動性を担保する。このため、世界共通の知識体系を整備し、世界中で普及とテストを行っているのである。第 4 次産業革命におけるスマートなマザー工場によるグローバルな工場マネジメントが、ともすると日本では壮大な夢に映るのに対し、海外企業では比較的現実的なモデルと理解される大きな格差の一つはこうした社会基盤に対する知識の有無によるところが大きいと考えられる。

APICS が発行する代表的な資格は CPIM と CSCP とであるが、全世界での認定資格者数は CPIM で 12.7 万人、CSCP で 3.5 万人である。

- CPIM(Certified in Production and Inventory Management) 12.7 万人
- ・CSCP(Certified Supply Chain Professional) 3.5 万人

実は、多数の企業業務アプリケーション・ソフト (ERP や SCM 等) の業務知識、言語体系は、APICS の知識体系・APICS 辞書 (見出し 4000 語以上) を活用しているものが殆どである。

JIS と APICS との説明の詳細度を「APS」(Advanced Planning & Scheduling) を例にして比較してみた。APICS による定義が、明確で誤解を招くことのないように工夫されていることがよくわかる。

● JIS 規格による APS の定義

部品構成表と作業手順を用いてスケジューリングを行い、納期回答をすると共に、設備の使用日程と部品の手配を行う活動 (JIS Z8141-3311)

● APICS Dictionary による APS の定義

APS は、製造及びロジスティクスの計画や解析の技術。短期、中期、及び長期をカバーする。

APSでは、有限資源スケジューリング(FCS)、調達、資金計画、市場予測、需要管理、その他のためのシミュレーションや最適化を行うため、高度な数学的アルゴリズムや理論をベースとしたいくつかのコンピュータプログラムを記述する。これらの技術は、リアルタイムの計画とスケジューリング、意思決定、納期回答や納期確約に関する制約範囲やビジネスルールを同時に考慮しているのが特徴である。

APS は通常、複数のシナリオを提示し評価することができるので、マネジメント側はその中の一つを選択して正式なプランとする。

APS の五つの構成要素として、受注計画、生産計画、生産スケジューリング、配送計画、 そして輸送計画がある。

APICS の内部資料によれば、2017年に APICS 関連の SCM 資格保有者は、米国の 10万人をはじめ、西欧諸国、インド、韓国、中国など 2000名以上の有資格者を有する国が多い中で、我が国の資格保有者は 100余人にとどまっており、シンガポール、台湾、香港、タイ等より少ない世界順位で 38位となっている。

これでは日本ではほとんど知られていない資格と言ってよいだろう。逆に、APICS は日本の製造ノウハウをよく研究している。生産業務に活用されている日本の現場の用語も教科書に取り入れている。英語になった日本語の代表例は下記である[4]。

Andon. Deming Prize-. five Ss. five whys. heijunka. Ishikawa diagram. Just-in-Time (JIT). kaizen kaizen blitz. kaizen event. kanban. keiretsu. poka-yoke. Taguchi methodology, total quality management.

6-5 流通領域におけるシステム化の動向 [5][6]

企業間取引の代表例は流通である。流通業ではわが国においても早期に各業界標準が確立された。例えば、食品や日用品などの流通においては、いわゆる流通 VAN 事業者による EOS (電子的発注システム) と統一仕入伝票方式により、小売店舗と卸業者間の流通ネットワークが確立されている。

一方、海外では、近年の流通業務の高度化に伴い国際的な商品コード(GTIN)や事業所コード(GLN)の標準化、商品マスタの同期化方式の標準化、コード表示方式(バーコード、2次元バーコード、RFID等)の標準化、さらには、需要予測情報や販売計画情報の共有方法の標準化(CPFR)等もなされ、スマートフォンを含むモバイルデバイスでの商品購入の仕組みやアプリのモジュール構造の標準化などがなされている。

わが国の流通業は、国内市場を主に対象としているため、伝統的に国際標準への関心は 薄かったが、アジアを中心として海外事業拡大を考えた場合、これらの仕組みへの対応は 急務といえよう。逆にアジア地域では、欧米では常識となった流通業と消費財製造業のコ ンソーシアムである ECR の各国組織が存在し、欧米型の流通モデルを導入しようと努力し ている。

現在、消費財流通産業は、従来は店舗だけだった顧客接点を、スマートフォン他の多様

なチャネルに拡張した「オムニチャネルネル・リテイリング」産業への進化という大きな構造変化に直面し業務基盤の再設計を迫られている。流通領域での国際標準化組織 GS1 での検討作業は、まさにこうした技術革新を産業としてどのように取り入れるのかを、国際的に、かつ業種横断(流通、製造、IT)で「システム設計」を行っているわけである。学ぶべき点は多いと考えられる。

(1) 国際標準化組織 GS1

流通領域での国際標準化組織は、GS1である。旧くは、UCC(米国)EAN(欧州他)であったが、2000年代初頭のB2BのITバブル崩壊の反省の際に、流通に関わる標準化機関が世界に二つあることがIT活用の遅れを阻害したという指摘が民間からなされ、この二つの組織が統合されて設立された組織がGS1である。

GS1 は、世界 111 組織、150 ヵ国、2000 人のスタッフがサービスを行っている組織である。ボードメンバーは主要な小売業(ターゲット、カルフール、メトロ、Amazon、Google、Alibaba グループ等)や、製造業(コカ・コーラ、キャンベルスープ、P&G 他)約 30 社により構成されている。各国組織 10 組織もボードメンバーであるが、GS1 ジャパンは残念ながらボードメンバーではない。日本からはイオンだけが参加しているのみである。

(2) 国際標準化の内容と目的

GS1 では、①Identification (識別機能:企業・事業所、製品、什器、サービス、ドキュメント等)、②データ Capture (バーコード、2 次元バーコード、RFID)、③データ共有基盤 (Share) (企業間データ交換 (EDI)、商品マスタ同期化 (GDSN)、EPC-IS (データのイベントのコントロール))の三つの視点からの標準化を進めている。

6-6 国際輸送におけるシステム化の動向

【国際標準 EDI の普及】

国際物流業務、厳密には国際貿易物流業務は、最も早期に国際標準の EDI (Electronic Data Interchange: (EDIFACT、ANSIx.12) が発達した領域である。インターネットの普及によりさらに活用は安価になってさらに普及している。

国際標準の EDI を採用している税関や港湾局、荷主、通関事業者他の関連主体は、世界中どこの会社であっても直接の情報交換が可能となっている。つまり、貨物の S/I (輸送指図;シッピングインストラクション) から、船腹の予約、通関の申告、貨物の追跡(今、どこにどういう状態であるのか(通関はリリース他のされたのか、まだか等)、などの問い合わせ情報までが全てオンラインで自動的にやり取りできる仕組みとなっている。

例えば、GXS 社(現在は買収され Opentext; 旧くは GEIS: GE の VAN 事業) や Descartes 社のサービスを活用すると、世界中どこの会社とも貿易物流に関わるあらゆる(予約、追跡、決済まで)の情報交換が可能である。

一方、日本ではこうしたグローバルな標準がそのまま活用できる仕組みにはなっていない。また、海外から参加できる状態にもない。このため、こうした国際標準の EDI を駆使

した国際貿易物流サービス事業のネットワークには事実上参加していない、と言われても 仕方が無い状況にある。こうした状況に危機感を示し、日本の国際貨物輸送事業者や船会 社」は、コンテナ取扱いに関わるシステム開発や運用を海外に移管した企業も出てきてい る。

(コンテナターミナルのグローバルクラウドサービス)

この領域でもっともグローバルな事業展開に成功したのはシンガポール港湾局 (PSA) である。シンガポール PSA は、国際標準 EDI を活用したコンテナターミナルの運用サービス事業を、ソフトウェアを活用してグローバルに展開することに成功した。いわば、運輸事業における第4次産業革命の実現である。

PSA は、いわゆる貿易物流手続きに関わる多数の関係主体の間での情報交換の仕組みが 国際標準化された(1989 年)ことを活用し、荷主、船会社、フレートフォワーダー、カス タムブローカー、税関、等とコンテナターミナルとの間のコミュニケーションを全て国際 標準 EDI で行うことにいち早く取組み、さらにコンテナターミナルのハンドリングシステ ムの最適化アルゴリズムを駆使した最先端のコンテナターミナルのオペレーションシステ ムを構築した。

仕組みの概要は、①48 時間前にコンテナ船の積み付けプラン(ストウプラン)を船会社から申告させ、②引き取りに来るトラックとは分単位での引き取り時間の予約を確定させ、③大口コンテナ船会社には、バーチュアルデディケーテッドバース(仮想専用バース)サービスを提供し、待ち時間を事実上 0 にコントロールする。一方で、④コンテナの搬入予定時刻とトラックの引き取り時刻から、全コンテナのハンドリングの最適化計算を実行しつつ、常時コンテナターミナルでのコンテナのシャッフリングを行い、⑤トラック引き取り時刻には、6~8 段積みのコンテナの一番上に引き取るべきコンテナを配置しておく仕組み、である。高度なオペレーションにより、⑥シンガポール港では輸入貨物の 98%は 24時間内の引き取りとなり、⑦コンテナヤードの高度利用と、⑧1バース当たりの取扱量の最大化(日本のコンテナターミナルの 10 倍以上)を実現している。コンテナバース1バースの整備費用は約 100 億円程度であることを考えると、バース整備費用だけでも約 900 億円の経済効果があるわけで、時間コストを考えた経済効果は莫大である。尚、累積でのシステム開発にかかった費用は数 100 億円程度といわれている。

PSA は、国際標準 EDI であることを活用し、このコンテナターミナルの運用サービス事業をグローバルに展開することに成功している。いまや、香港の HIT と並び、世界のコンテナターミナル運営をサービス事業として受託する事業展開を行い大成功している。いわゆるシンガポールのソブリンファンド、TEMASEC (20 兆円規模のファンドで 20%の運用利益を実現しているファンド) の銘柄の一つとなっている。

6-7 土木・建設プロジェクトにおけるシステム・アプローチの例(巨大プロジェクト へのクラウド**BIM**の活用)[7]

(1) 土木・建設プロジェクトにおける業務活動とシステム・アプローチ (BIMクラウドを活用した巨大プロジェクトのマネジメント)

土木・建設プロジェクトにおいてもプロジェクトの巨大化により、本格的なシステム・ア プローチが採用されはじめている。

土木・建設プロジェクトは、設計(細かくは企画設計、基本設計、実施設計に分かれる)、 施工、運営・維持管理に三つの活動に分けられる。

最初の二つ、設計と施工の段階では多数のステイクホルダーが関わる。構造物同士のほか地中の既存施設と干渉しないように設計しなければならない。設計段階では個別に作成される設計図(構造図、電気設備図、空調設備図、衛生設備図等)が全体で整合が取れている必要がある。同様に施工段階でもゼネコンや設備サブコン等によって作成される躯体図、配筋図、型枠図等が全体として整合していなければならない。多数のステイクホルダーが3次元の設計情報をクラウドで共有することにより、コンカレントエンジニアリング(製品開発プロセスを構成する複数の工程を同時並行で進め、各部門間での情報共有や共同作業を行う設計手法)が容易となり、手戻りやミスの削減による生産性向上のほか、期間短縮を実現できる。

運営・維持管理段階では、設備の稼動・メンテナンス履歴を把握する必要がある。設備の設計情報が必要となる場合もある。しかし、設備メンテナンスの現場では「メンテナンス履歴がわからない」「メンテナンス作業に必要な情報のありかがすぐにわからない」といった事態が起きており、必要な情報を探す時間が業務全体の7割を占めるとも言われている。設備の運営・維持管理にクラウドを活用し、「設備の最新状態とメンテナンス履歴はここにアクセスすれば即座にわかる」状態を維持できればメンテナンス費用を削減できる。実は構造物に関してライフサイクルで発生する費用のうち、約8割は竣工後のメンテナンス費用が占めており、運営・維持管理段階でのクラウド活用は構築物のライフサイクルコスト削減に貢献すると期待できる。

(2) 英国の産業政策 一国家戦略レベルでのBIM活用一

英国は、国家戦略として英国建設業が世界で競争力を強化するために BIM 導入を推進してきた。 BIM とは Building Information Modeling の略称であり、国土交通省の定義では「コンピュータ上に作成した 3 次元の形状情報に加え、室等の名称・面積、材料・部材の仕様・性能、仕上げ等、建築物の属性情報を併せ持つ建物情報モデルを構築すること」である。

英国では、まず 2008 年に BIM 成熟度モデルを公表。続く 2009 年には英国の国際競争力強化を狙ったビジネス・イノベーション・職務技能省 (BIS) を設置。 さらに 2011 年には英国内の公共プロジェクトにおいて「2016 年までにプロジェクトのステイクホルダーが各分野の BIM モデルを互いに参照できる状態に達する」という目標を策定。加えて 2013 年

には独 Industrie4。0の建設業版と呼べる「Construction 2025」を発表、そこでは英国建設業でコスト削減33%、工期短縮50%という目標が掲げられた。このように英国は、国家戦略レベルでBIM活用を位置づけてきたのである。

英国クロスレールプロジェクトは、「クラウドでの BIM 活用」の先駆けとなったプロジェクトであるといえよう。その成果物は大型コンクリート製構造物、電気設備、空調設備、信号・通信設備を含めて管理対象資産数が合計で 200 万点を超える。長いライフサイクルにわたり膨大な数の資産の設計情報・設備稼働履歴・メンテナンス履歴が共有・参照され続けることになる。その際に多数のステイクホルダーが参照する情報がクラウド上に一元的管理されることで、劇的な生産性向上が期待されたのである。英国クロスレールプロジェクトでは、同時に2万人のエンジニアがコミュニケーションできるクラウド BIM が提供された。

例:英国クロスレールプロジェクト

現在、英国で延長 120km 弱の高速鉄道建設が進行中である。この鉄道はロンドンおよびイングランド南東部を横断(クロス)することからクロスレールと呼ばれる。総工費約 150 億ポンドの欧州最大級の建設プロジェクトである。2009 年に建設が始まり、2017 年 5 月に一部区間が、2019 年に全線が開通する予定である。

ロンドン都心部を通るトンネルは延長 42km、計 40 駅のうち 10 駅は地下駅である。ロンドン都心部地下にある地下鉄や電気・通信・上下水道等のユーティリティ設備と干渉しないようにトンネルや地下駅を設計・建設しなければならない。**設計情報も膨大で CAD (コンピュータ支援設計) ファイルの数が 100 万点**にも及んだ。この大型かつ複雑な建設プロジェクトを支えているのが、BIM による関連業務のシステム・アプローチなのである。

6-8 経営の意思決定機構のシステム化 ~欧米企業での導入が進む IBP~[8]

(1) 統合事業計画: IBP(integrated business planning)

IBP(integrated business planning)とは、中長期のグローバル最適な経営意思決定を適切なタイミングで行い続ける(拙速や遅延を排除する)ために、地域や機能別組織間の計画の整合性を確保するローリングタイプの戦略実行計画立案プロセスである。経営計画(金額)と需給計画(数量)の整合性を中長期(18~24ヶ月)で確保し続けることが特徴である。

従来日本企業は、日本、欧州、北米、アジア他の各地域本部の体制下、各地域でほぼ完結した地域内の調達・生産・販売連関を採用してきた。このような自律分散型オペレーションによって、グローバル SCM の複雑さに伴う困難や、為替変動リスクなどを、一定程度回避してきた。しかし、最近では、各地域で販売・生産を完結させることは難しく、各地域の相互(販売・生産)連関構造の最適マネジメントが課題となってきている。また、経営計画における金額と需給計画における数量が別個に捉えられ連動していないことによる

計画間のギャップが発生している。更には、各種計画の整合性の摺り合わせが頻繁に行われておらず、刻々と変わる国際情勢において計画間の乖離が発生している。

このような課題を解決するために、機能組織横断的な統合事業計画が重要となってくる。本計画の特徴としては、①機能組織横断型の計画であること(エリア別商品計画、エリア別販売計画、グローバル SCM、財務計画を、整合性のとれた形態で構築)、②金額と数量の両方を管理指標とすること(生産供給ネットワーク設計(設備投資・コア部品・原料レベル)を行うため)、③ローリング型の計画管理であること(事業計画を月次サイクルで調整し、常に向う 18~24 ヶ月の中長期の経営意思決定を実施)、④単なる需給調整ではなく経営レベルの意思決定であること(地域別新商品投入タイミング、商品数の絞り込み、設備投資の必要性とタイミング等の経営判断が必要)が挙げられる。

(2) 欧米企業と比較した日本企業の現状

欧米では、多くの企業が本計画に取り組んでいる。刻々と変わるグローバル経済の中で、 事業の「将来機会とリスク」を機能横断型組織で複数シナリオに沿った対応策をシミュレーションし、機能組織間・役員間での共通認識を形成、最終的には経営者の全体最適を目指した適切なタイミングでの意識決定につなげていく手法である。予算策定時に拙速に意思決定を迫られる一方で予算時に計上されていなかった案件は翌期まで意思決定できないというもどかしさを解消できるわけである。残念ながら日本企業においては本業務プロセスの認知度はかなり低いようである。

■ 組織横断・多階層の時系列供給ネットワークを解決する高速エンジンが必要。

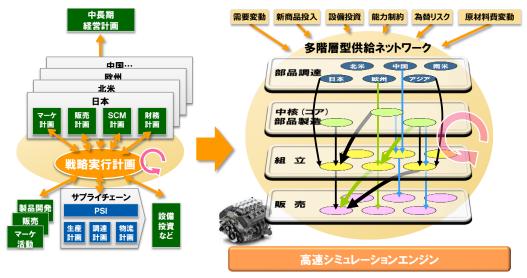


図6-4 IBPの機能イメージ ① 機能横断型統合計画

■ 事業計画を月次でローリングし、中長期の経営意思決定を毎月行う。



図 6-4 IBP の機能イメージ

②ローリング型 戦略実行計画

6-9 戦略的な標準化機構

欧米における国際標準化活動の目的は、産業競争力の強化にある。そこには以下のよう な標準化に対する基本的な考え方がある。

- 新たな産業分野への参入を容易にするためには、新たな産業のモジュール構造を早期 に設計することが効果的である。
- 設計された各モジュールを円滑に繋ぐためのインターフェイスが、いわゆる目に見える「国際標準」として提示される。標準インターフェイスを確定させることにより、 モジュール構造を確定させることができるわけである。

米国 NIST 他各国の標準化機関の活動内容は、単なる完成した国際標準を認証する機能 というよりも、むしろ次世代の産業のモジュール構造を早期に設計し、モジュール間接続 のためのインターフェイスを「国際標準」として ISO で認定する活動である。自国の産業・ 企業を巻き込み先行的に行うことで当該領域への投資を先行的に進め、新産業領域におけ る産業育成と競争力強化を意図している。

先進国だけでなく、アジア諸国においても同様の活動は始まっている。

- ドイツ BMS、DIN
- 中国 CCC (スマートグリッド)
- 韓国 KISA
- 台湾 NIST

参考文献

[1] 「RAMI.4.0 Introduction」 ZVEI

https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-i

 $ntroduction.pdf?_blob=publicationFile&v=3$

[2] 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター 平成 26 年度調査報告書 米国の Engineering Research Centers (ERC) —融合型研究センターの Federal Flagship Scheme—より作成

https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2014/RR/CRDS-FY2014-RR-02.pdf

- [3] 「APICS サプライチェインマネジメントの国際資格」(日本生産性本部,2017)
- [4] APICS Dictionary 英日対訳版、日本生産性本部出版(2016)
- [5] 藤野直明,笹川雅幸、「マスターデータ同期化ネットワークと流通コラボレーションの展望」

知的資産創造 2005年3月号 Vol.13 No.3株式会社 野村総合研究所

- [6] 「オムニチャネルにおける GS1 標準と海外の事例」 流通システム開発センター 市原 栄樹氏の本研究会における講演
- [7] 水谷 禎志、「建設分野でのクラウドによる情報共有 —英国の大型建設プロジェクトの事例から—」, IT ソリューションフロンティア 2017 02 Vol.34 No.02 (通巻 398 号株式会社野村総合研究所
- [8] 藤野直明/森本教稔/梅田小矢、「災害で見直されるグローバル SCM のあり方「機敏でしなやかな攻守共通のビジネス基盤の整備」へ」 知的資産創造 2012年2月号 Vol.20 No.2 株式会社 野村総合研究所

7章 システム化を推進強化するための施策提言

4章ではシステム化の力の弱さ、システム思考の欠如から起こっているさまざまな現象を述べ、5章ではそのような現象が起こる背景と理由について分析を行った。6章では海外において急速に進行しつつある様々な分野でのシステム化の現状を示し日本との比較を行った。この章では、それらの分析にもとづいて、システム化を推進強化するための施策の提言を行う。

7-1 システム化施策におけるシステム科学技術の活用

「科学技術イノベーション総合戦略 2015」では 11 分野のシステム構築が重要課題として挙げられ、第 5 期科学技術基本計画でもそれが Society 5.0 実現のための柱とされている。このように、システム化の重要性についての国としての認識は進みつつあると考えてもよい。しかし残念ながら実態は掛け声ばかりで、プロジェクトの実施や研究開発の現場ではこれまで各担当省庁でばらばらに行われて来た個別要素研究の蓄積が行われていることが多い。要素開発をシステムとして結び合わせ、社会的価値を生み出そうとすることに真剣な努力が注がれているとは思われない。

現在必要なことは、これら 11 分野のシステム構築をシステム化の視点から包括的に捉え、 未来社会に繋げていくための全体システムを計画設計実現するシステム技術を大胆に導入 することである。具体的には、それぞれの分野にシステム化推進のためのチームをシステム技術者中心に設置し、モデリングや最適化など先端的なシステム科学技術の活用を促し、 研究開発全体の目配りと課題提起を行うことである。ちなみに「科学技術総合戦略」では

「複数のシステムが連携協調 するには、AI 等の技術の高度化によりデータを利活用することが重要となる。その際、前述の実現可能性のシステムの組合せにおいて

産業力向上を実現する技術開発から重点的かつ先行的に推進することが重要である。」と述べている。システムを相互に組み合わせることは現代のシステム技術の最大の課題であり、新しい研究成果が続々と出つつある分野である。このような先端的な成果を用いることによって2章で述べた「よいシステム」を作ることが容易となる。

システム化は普遍的な課題であり、ある分野での成功が他の分野の成功を導く波及効果 相乗効果の大きいので、11 分野の連携を強めるためにもシステム化の拠点を各分野が持つ こと大きな効果を持つはずである。すでに研究開発が進行中ではあるが、総合科学技術イ ノベーション会議がリーダシップを発揮して、各分野のシステム化の強力な推進策を付加 することを望みたい。

7-2 システム技術と IT の分化と融合

1章、4章で日本のITの捉え方のある種の歪みについて述べ、それが日本の生産、経営に大きな弱点を生み出していることを述べた。その歪みは、システム技術がITの中に埋没

してしまい、「システム化」が「IT 化」と同一視されている点に原因があることを指摘した。システム化は IT 化ではなくその前にある方針全体であり、IT を使うための枠組みを決める。たとえばビッグデータを使って深層学習を行わせるにも、その目的を問えば必ずシステム構築が姿を現す。そしてそのよしあしがプロジェクトの成否を決めることになる。システム化は IT を社会実装するためには不可欠であることをあらためて強調したい。システム化を忘れた IT 化の支配が日本において IT が効率よく利用できていない大きな理由の一つである。そのために必要なことは、システム化を IT 化からいったん切り離し、システム技術を IT とは独立なものとして定立認識し、その後で両者の協力関係を確立するための組織的な努力を行うことが必要と思われる。欧米の制御や通信の企業では、オペレーション技術(OT)とインフォーメイション技術(IT)の融合の必要性が力説されているが、日本にはそもそも OT という認識がなく工場の管理はすべて IT とされている。

この状況を克服するために、IT の各研究機関にシステム技術の拠点を設置することを提案したい。人工知能技術戦略会議は、総務省・文部科学省・経済産業省連合で開催されており「研究連携会議」と「産業連携会議」で運営されている。個々の活動成果を社会に実装するにはシステム化が必要であり、AI 研究組織(産総研、NII など)にシステム部門を付設し産業連携組織との連携も視野に入れた活動も提案したい。狙いは、システム化部門の設置により AI 活動の共創事業として着実な社会実装を展開することにある。

7-3 システム化のための人材育成

<複雑性に対応できる人材の不足>

航空機は少なく見積もっても 100 万点の部品からなっている。MPU や半導体チップセットはトランジスタを一個の部品と考えれば天文学的な数の部品からなる。日本がこの分野で敗退したため、このような対象を取り扱う科学や技術は欧米の独壇場になってしまった。日本の安全性にもかかわる重大なことと思われる。システム化の最大の課題は複雑性の克服である。これを担う人材が日本では決定的に不足している。

<プロジェクトマネージャーの育成が急務>

システム化を推進するための人材は日本では育っていない。これまで産官学ともにシステム化にほとんど関心がなかったことから当然のことといってよい。システム化のためには日本で強い現場力に拮抗する強いリーダシップが必要であるが、そのために他分野にわたる技術的な見識、不確かさの中に見えてくる新しい事実を見通す力、実行力と豊富な経験が必要だからである。第5次科学技術基本計画ではプロジェクトマネージャー(PM)が現在最も必要とされる人材であることが強調されているが、おそらく PM のもっとも重要な資質はシステム化のリーダシップが取れることであろう。

システム化にはシンセシスの能力が必要であり、高い能力が要望される。シンセシスにおいては様々な統合のパターンがあり、状況に応じた適切なシンセシスの能力が要望される。この能力は、デザイン思考(Design Thinking)、システム思考(System Thinking)など

で注目されているが、これらのデザイン思考とシステム思考を強力に融合した思考を涵養する教育カリキュラムを確立し、それに基づいた人材育成プログラムの確立が不可欠である。日本では、産官学でシステム化人材育成の場もカリキュラムも 決定的に不足している。早急に対策を打つ必要がある。

<企業における人材育成>

システムが分かる人間がいない、という嘆きを経営者からよく聞くようになった。企業での教育にシステム化の柱をすえることは必要であろう。比較的システム化の人材に恵まれている日立製作所では、システム化を背景にした教育カリキュラムをもっており、それをベースに中堅技術者にシステム化の教育を行っている(図7-1)。企業各社が使える標準的なシステム化教育プログラムを策定するための政策的な後押しが期待される。

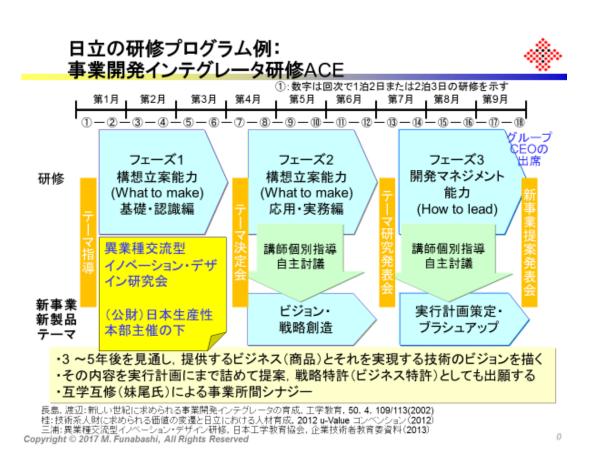


図7-1 企業における研修プログラムの例

<経営者へのシステム化教育>

4章、5章では日本の保守的な経営風土と、「現場力の強さ」によりかかる経営者のリーダシップの欠如が指摘された。また、6章では欧米の先進的な経営の意思決定構造が紹介されている。わが国でも、時代に即した新しいシステム化された経営の風土を作り出すことが必要である。そのために経営層に対する集中的な教育コースを国、あるいは生産性本

部などで連続的に開催することを提案する。

<アメリカの初等教育におけるシステム化教育>

システムダイナミックス(SD)はシステム教育の根幹に位置し、アメリカでは初等教育から SD に馴染みシステム思考力を育てる努力をしている。要素と要素間の相互作用によってシステムが複雑に挙動するということを、人口変動モデルや、気候変動モデル(簡易)などの社会システムを題材に取り、SD を通じて理解し、全体を俯瞰し、要素を分析し要素間のインタラクションの重要性を理解させる教育を行っていることは注目に値する。システムダイナミクスは、シミュレーションだけが意味あるのではなく、シミュレーションモデルを作る過程で、システムを理解し、認知することが重要である。日本の理科教育にも導入すべきでないかと思われる。理科の授業、算数の授業と併用することで、現実世界の理解が深まり、現実世界はシステムでできているという認識が深まる。

7-4 人材交流の促進

5章では産官学に渡る日本の縦割り文化が、統合を旗印にして多様な専門分野の幅広い 交流を必要とするシステム化の阻害要因になっていることを述べた。システム構築は多様 な専門家の協業によって始めて成し遂げられる。すなわち「共創」による価値形成がシス テム化の本質である。従って、人材の交流を豊かにする環境はシステム構築が成功するた めの不可欠の要因である。

共創によるシステム化を推進するためには多種多様な領域知識と、それらの知識を統合化する能力が必要である。共創作業を円滑に進めるためには異なる領域知識を共有化する必要があり、構造化された知識が重要となる。そのような知識の相互交流が可能となる人材育成の場を創設することは、ともすれば縦割り、蛸壺の体制が支配的な日本にとってはきわめて挑戦的な課題である。

この課題を解決するため可能性を秘めた制度としてクロスアポイントメントがある。この制度は二つ以上の職場の正式メンバーとなることを保障しており、人材交流を強化する施策として大きな可能性を持つと考えられる。しかしこの制度の要となる大学に熱意が欠けており、実効を挙げていない。その理由はいろいろあると思われる、その障害を取り除く施策実行を期待したい。

7-5 システム化を柱に据えた研究プロジェクトの実施

日本のプロジェクト研究のほとんどは目標に製品化あるいは社会実装を掲げているが、 実際は次の2つのタイプのどちらかが多い。ひとつは社会実装につながらない基礎研究の 集積に終わるもので、「○○のための基盤技術の創成」と言うタイトルが多い。

もう一つは研究資金の申請が容易で手のつけやすい実用的で手近なテーマにとりあえず 着手し、結果として思いつき研究に終わってしまうものである。「○○に向けた実証研究」 というタイトルが多い。この両者のギャップを埋めることが必要である。本報告でこれま で述べて来たように社会実装や製品化はシステムとして実現されるので、システム化をプロジェクのガイドラインとして設定することによって両者を繋げることが出来るはずである。

具体的には社会実装のためのシステム構築を最終的なプロジェクトの目的とし、そのための基礎研究の実施とエネイブラーの実現を目指す研究の方針に従うことを第一義的に追及する。6章で述べた ERC の三層図によるプロジェクトの構造は、そのため一つの指針を与える。最上位のシステムレベルから俯瞰して必要となる要素技術までを計画的に洗い出し、「システム研究」と「基盤研究」、その間をつなぐ「実現技術研究」の三層で研究を一体的に推進し、その過程で研究のみならず、人材育成や企業への技術移転を総合的に実施する体制を築くことが望ましい。

このようにプロジェクト自体をシステム的に設計することは、わが国ではこれまでなされたことがほとんどない。例えば、科学技術イノベーションを実現するための研究開発プログラムとして、総合科学技術・イノベーション会議が進める戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)などについても、個別の要素技術の研究開発の枠を超えて、上述のような三層での研究をプログラムの仕組みとして実現する役割を担っていくことが必要である。

三層構造により既存技術がマッピングでき、今後技術開発が必要な領域が明らかとなる。 また、三層構造は関連する民間企業にとって極めて重要な情報であるミッシングリンクと なっている『魅力的な技術開発課題』を提示することができる。こうすることで、前競争 的な産学連携の価値を提示でき、産学連携の活性化、リスクマネーの導入も可能(ベンチャー創生等)となる。

さらにこのプロジェクトは、5章で指摘された日本における暗黙知の優位性を克服することをその内容に含むことが必要である。暗黙知が支配的な日本の生産経営は今のままでは第4次産業革命の進行とともにますますその弱点が浮き彫りになり傷が深くなる。暗黙知を形式知に変換する研究プロジェクトは1990年代から人工知能の分野で行われて来たがあまり実効を挙げていないのは、システムの視点が欠けていたからではないかと思われる。システム構築の視点から暗黙知による障害がどのように発生するのか、暗黙知をどこまでどのように形式知化することがシステムとして必要か、を常に精査し、出来ることと出来ないことを見定めつつ進むべきではないかと思われる。

7-6 標準化活動の活性化

すでに述べたように、標準化は第 4 次産業革命の主要なインセンテイブを担う carrying vehicle であり、イノベーションを加速する活動として位置づけられている。以下の表「日本のおける国際標準化の課題とシステム対応」に示すようにシステム的に対応する推進体制が重要である。

日本のおける国際標準化の課題とシステム対応

項目	景準化の課題とンステム対応 国際標準化活動の課題 システム化視点で見た場合	
標準化に対する意識	無関心	規格のライフサイクルから見た、企画、
	 背景として、①規格に対するお上意識。	 検討、運用、改定などに対する仕組みが
	 技術実装時規格を守ればいいという認	必要。
	 識。②規格検討・提案は時間がかかり、	
	 短期成果が見えないので、そうした活動	
	 には消極的。③国際では、学会が標準化	
	の前段活動の場になっているが日本で	
	は学会のそうした意識が弱い。	
グローバル意識	国内指向	欧米との産業環境・構造・文化・習慣な
	日本全体として視点は国内市場、	ど発展形態含めその差異をシステムと
	特にインフラは、参加団体が国内インフ	して捉え、かつ、(国際的に見た)日本
	ラ事業者であり、グローバル意識はな	の良さを主張して、国際貢献していく仕
	い。これに対して米は州で法規制が異な	組みが必要(コミュニケーションしてい
	り標準化が必要、欧州では従来から多国	く異文化交流姿勢)。
	間での標準化の必要性の認識があり、	
	EU による同一経済圏化して益々重要	
	になる。日本にはこうした市場からの要	
	請がない。	
ユーザ指向	ユーザ意識が脆弱	ユーザ運用(理想的運用)をベースに、
	国際では、ユーザの利便性から標準化が	システムとして合理的な姿を民主的に
	議論されるが、日本ではこうした文化が	議論しながら検討する仕組みが必要。
	弱い。背景として、B2B 構造があり、	
	最終メーカなり事業者に対するベンダ	
	(サプライヤー) 意識から、ユーザと彼	
	らとベンダが対等になっていない。一方	
	欧米はベンダの発言力が強いなど構造	
	も違う。	
国際標準化参加意識	地理・語学ギャップ、個人意識の希薄(組	個人としてリベラルな問題意識と発言
	織帰属意識のみ) などから、主体活動が	をできる成熟した(教養)人のシステマ
	情報収集で、議論参加と見なされない。	ティックな育成が必要。
適合性評価と認証	日本では性善説文化故に自己認証、2者	グローバルで言う説明責任という観点
	間認証で十分で第 3 者認証の意識が弱	が必要。論理的=システマティックな説
	い。歴史的に貿易を背景にした保険など	明が必要。
i e e e e e e e e e e e e e e e e e e e	の欧米文化があり、認証レベルでグロー	İ

第4次産業革命対応でみると、日本では現在、ロボット革命イニシアティブ協議会のWG1「IoTによる製造ビジネス変革」の中に国際標準化アクション・グループが設置され、そこが、関連するISOやIECの諸活動、国プロジェクト、欧米各国との専門家会合などを連携させ、方向性が崩れないように国際標準化の活動を支援している。

しかし、米国のNISTやドイツのDIN・DKEなどを見るとシステム化の観点から、スマートグリッド、スマートモビリティ、スマートホーム・ビルディング、ヘルスケアなどを全体俯瞰して推進している。

よって、学が中心となって産も参加して、①多数の理想的ユースケースを検討分析し、 アーキテクチャ検討を進められるような支援体制と、②上記スマートな産業や社会全体を 俯瞰して検討できる体制を提案する。

7-7 統合知システム研究所の設置

科学技術の成果を社会に実装するにはどうしたらよいか、は科学技術政策の根本問題であり、これまで多くの人々が議論してきた。おそらくこれまでの議論で根本的に欠けていたのが、技術の社会実装はすべてシステムとして実現する、といういまや当然となった事実の認識である。単体としての要素技術がそのままの形で人々の役に立つことはほぼなくなったといってよい。必ずシステムの部分として利用される。従って社会実装にはシステム化が不可欠である。前章で述べたアメリカの ERC は、この点を認識して作り出された研究開発組織である。この課題を解決する研究機関が必要である。

日本にはシステム科学技術を研究する独立した組織は存在しないし、それを支援する政府資金援助の窓口もない。アメリカには幾つかの大学にシステムの研究所が存在し、またアメリカに数多くあり「第5の権力」とも呼ばれているシンクタンクでは、さまざまな形でのシステム研究が行われそれが現実の外交、政治、社会的な課題の解決に反映されている。NSFにはシステム科学の独立部門が設置され、豊富な研究資金がシステム科学技術の研究に投じられている。これによりアメリカがシステム化の先進国としてすでに様々の分野でその果実を享受していることは6章で指摘したとおりである。ドイツではフランホーファー研究機構の中にシステムの研究を柱にしていると思われる研究所が幾つかある。詳細は不明であるが、イギリスやフランスにもシステム研究をミッションとしていると思われる研究組織が散見される。また、中国には科学アカデミーにシステム科学研究所が設置され、システム科学の研究と同時に政府と連携した経済計画の立案や分析を行っている。このように、システム研究は海外では活発化しており、日本でもそれを担う研究組織が必要である。

「統合知システム研究所」の構想は科学技術推進機構研究開発戦略センターの中で生まれ、その後学術会議の総合工学委員会の下に設置された「知の統合分科会」で議論された。

本報告書ではすでに2章で新しいシステム研究の方向を示唆しており、第 4 次産業革命の進行はシステム研究の進歩を必要としそれを促すものであるので、この計画の実現を強く期待したい。ただし、システム化の研究は、学術的な研究とシステム構築の現実的な経験の蓄積が車の両輪となって進む必要があり、それが適切に進むようにその組織構造の設計には十分な配慮が不可欠である。また、システム化の研究は多様な分野のシナージーが必要なので、領域の統合とそれを結実させるための制度的な保障を行う必要がある。図7-2に現在検討されている構造の組織案を示す。

すでに5章で述べたように日本では人材の流動性が乏しいので、研究所を人材流動のるつぼとすることが望ましい。そのためには7-4で指摘したクロスアポイントメント制度を大いに活用することが望ましい。

なお現下の状況のもとではこの研究所が virtual な Network of Excellence として、大学 か研究所にハブを設置してとりあえず発足することも考えられる。そのようなハブを受け 入れることのできる大学として、東京大学システム創成学専攻がある。

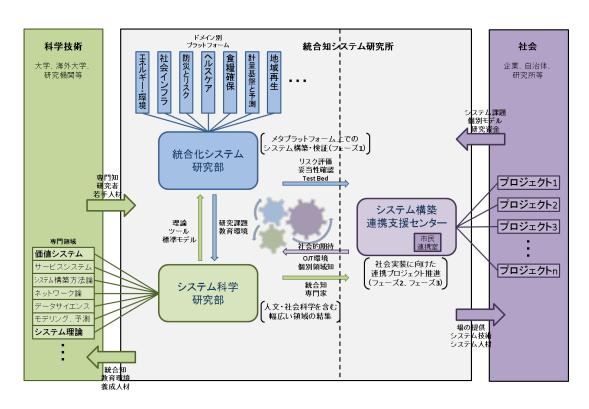


図7-2 統合知システム学研究所構想の組織案

7-8 システム化推進センターの設置

上記の様々の政策提言はばらばらに実施されるのではなくお互いに連携して「システムとして」統合的に遂行されることが望ましい。そのために、日本のシステム化を推進する司令塔として「システム化推進センター」の設置を提案する。この業務は以下のとおりで

ある。

- (1) システム化力強化のための長期的なビジョンの確立
- (2) システムに関わる国際標準化活動の統合的推進
- (3) システム化を推進する人材の育成に関わる政策立案と実行
- (4) 「現場力の強さ」の調査と分析
- (5) システムの視点からの第4次産業革命の詳細分析と情報提供
- (6) システム化を推進するプロジェクトの企画
- (7) システム産業育成策の策定と実施

このセンターの設置形態についてはまだ検討が進んでいないが、官民が協力した形での 実現が望まれる。

8章 あとがき

この研究会は表記の課題を調査検討するために経済産業省の支援を受けて横断型基幹科学技術研究団体連合(横幹連合)のなかに設けられた。メンバーは主査の木村が横幹連合からの推薦にもとづいて選出したが、横幹連合の活動範囲の外にある方々にも広く参加を要請し、産官学の理想的な陣容が出来たと思っている。メンバーの多くが共有していた問題意識は日本がシステム化に大きく遅れていることであり、そのことへの強い危機感が委員の間の絆を強め、研究会の活動を充実したものとし、それが本報告書となって結実した。具体的な活動の内容は付録に示すとおりである。6カ月に足りない短い期間であったが、研究会の例会を7回行い、加えて二泊三日の合宿と有志による2回のブレインストーミングを行った。

調査を進め議論を重ねていくうちに、システム化が日本の直面している課題のほとんどすべてに関連していることが次第に分かってきた。議論の範囲は製造業の課題から次第に広がり、経営、流通、標準化、学術研究、さらに行政や文化に及ぶ広い分野でシステム化への認識が深まることが必要であることが、研究会の委員すべての共通認識となった。多少不遜な表現であるが、停滞が続いている日本の製造技術や企業経営がその根底に抱えている問題点を抽出できたのではないか、と思える。その結果として日本が落ち込んでいる袋小路から救い出す処方箋を、システム化を通して描けるのではないか、とも思っている。

先日行われた CeBIT の Welcome Night のスピーチで、安倍首相は次のように述べられた。「私たちはつながりを殊の外大切にしなければなりません。機械と機械、システムとシステムをまとめる、そのまたシステムとの連携、(中略)そこにどんなつながりを作るか、そのデザインにおいて政府、ビジネス、学界が知恵を絞り競い合っていく時代であります。」

「複雑な問題をシステムとして考えとかなければならない時代、ものは皆、そして人は皆、 繋がる時代には新しい記述法、モデルの書き方。共通の企画が必要になります。これを日 本とドイツで一緒に考えましょう。」

本研究会はこのスピーチに賛同し、その趣旨が実現されることを心から願う。

付録1

第4次産業革命とシステム化委員会 委員名簿

AN - MANAGE OF A PRINCIPAL AND HIM				
氏	名		所属・肩書	
木村	英紀	主査	早稲田大学理工学術院 招聘研究教授、理化学研究所BS I-トヨタ連携センター研究アドバイザー	
藤野	直明	副主査	(株)野村総合研究所 産業 IT イノベーション事業本部付 兼コンサルティング事業本部 主席研究員	
舩橋	誠壽	II	北陸先端科学技術大学院大学 シニアプロフェッサー、横 幹連合副会長	
青山	和浩	委 員	東京大学大学院工学系研究科 システム創成学専攻教授	
貝原	俊也	II	神戸大学大学院 システム情報学研究科副研究科長・教授、3D スマートものづくり研究センター長	
黒江	康明	II.	京都工芸繊維大学 教授	
佐藤	桂樹	II	トヨタ自動車(株)未来創生センター未来開拓室 産官学連携グループ担当課長	
寺野	隆雄	II	東京工業大学情報理工学院情報工学系 教授	
徳増	伸二	II	経済産業省製造産業局参事官 デジタル化・産業システム 担当	
西村	秀和	II	慶応義塾大学システムデザイン・マネージメント研究科 教授	
松本	隆明	JJ	独立行政法人情報処理推進機構 技術本部ソフトウェア 高信頼化センター長	
水上	潔	II	ロボット革命イニシアティブ協議会 IoT による製造ビジネス変革 WG 主査 日立製作所より出向	
安藤	尚貴	オブザーバ	経済産業省製造産業局課長補佐	
久保	忠伴	JI	独立行政法人情報処理推進機構 技術本部ソフトウェア 高信頼化センター 調査役企画担当	
小宮	昌人	IJ	(株)野村総合研究所 グローバル製造業コンサルティング 部	
並木	正美	事務局	横断型基幹科学技術研究団体連合事務局長	

付録2

■第1回「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時:2016年10月5日(水) 13:00~15:15

場所:学士会館3階310号室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明、舩橋誠壽、青山和浩、貝原俊也、黒江康明、

佐藤桂樹、寺野隆雄、徳増伸二(代理:安藤尚貴)、西村秀和、松本隆明、水上 潔

オブザーバ出席: 久保忠伴、小宮昌人

講師:江田哲也氏(JSOL)、久須見健弘氏(JSOL)

事務局:並木(記録)

議題:1.委員紹介

- 2. 趣旨説明
- 3. 海外動向
- 4. 経済産業省の活動
- 5. 意見交換
- 6. 話題提供

演題:「食品産業の IoT の試みーーービッグデータを用いた野菜の収穫予測」

講師:江田哲也氏(JSOL)、久須見健弘氏(JSOL)

配布資料:

No.1:委員名簿

No.2:研究会の目的と計画

No.3:日本の経済社会が抱える強み・弱み

No.4:システムの時代と日本の製造技術の課題

No.5:経産省/RRI/Industrial-IoTの活動

No.6: Lumada ご紹介資料

No.7:農業におけるデータサイエンスの可能性

No.8:戦略的イノベーション創造プログラム

■第2回「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時:2016年11月9日(水) 14:00~17:00

場所: 学士会館 3 階 310 号室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、舩橋誠壽(副主查)、青山和浩、黒江

康明、佐藤桂樹、寺野隆雄、徳増伸二、松本隆明、水上、潔

オブザーバ出席: 久保忠伴、小宮昌人

事務局:並木(記録) 議題:1.話題提供: 演題:「Society 5.0 の実現を目指した産業界の活動 ---進みつつある統合的な産学の連携」

講師: 佐藤桂樹委員

2. 話題提供:

演題:「日立の IoT プラットフォームと日本産業のシステム化の問題点」

講師:水上 潔委員

3. 質疑

4. 総合討論

5. 次回

配布資料:

No.1:前回議事録案

No. 2:委員名簿

No.3:顧客協創方法論「NEXPERIENCE」の体系化

No.4: Lumada ご紹介資料

No.5: 3. 社会イノベーション事業の強化

No.6:報告書目次案

No. 7: WORKING PAPER INDUSTRIE 4.0

■第3回「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時: 2016年12月19日(月) 14:00~18:30

場所:学士会館3階309号室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、船橋誠壽(副主查)、青山和浩、黒江

康明、寺野隆雄、徳増伸二、松本隆明、水上 潔

オブザーバ出席: 久保忠伴、安藤尚貴

講師:中野健次氏(東京工業大学)

事務局:並木(記録) 議題:1.話題提供:

,,,.._____

演題:「ソニーは何処で迷路に入ったか?

---OB が体験したソニーの躓き」

講師:中野健次氏(東京工業大学)

2. 質疑応答

3. 話題提供:

演題:「IBP 統合事業計画~経営意思決定機構のシステム化~」

講師:藤野直明委員

4. 質疑応答

5. 話題提供:

演題:「IPA・SECにおけるシステム化の取り組み」

講師:松本隆明委員

- 6. 質疑応答
- 7. 総合討論
- 8. 次回

配布資料:

№1:ソニーは何処で迷路に入ったか?-OBが体験したソニーの躓き-

No.2: IPA/SEC におけるシステム化への取り組み

No.3:第4次產業革命報告書目次素案

No.4:システム・アプローチが不十分であったためにもたらされたマイナスの例

■第4回「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時:2017年1月17日(火) 14:00~18:20

場所: 学士会館 3 階 310 号室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、舩橋誠壽(副主查)、青山和浩、貝原

俊也、黒江康明、寺野隆雄、徳増伸二、松本隆明、水上 潔

オブザーバ出席: 久保忠伴、安藤尚貴

講師:市原栄樹氏(流通システム開発センター)、伊賀洋一氏(日本規格協会)

事務局:並木(記録) 議題:1.話題提供:

演題:「産業競争力強化のための国際標準化活動と国際標準化

機関の戦略的重要性 ~流通・物流領域~ 」

講師:市原栄樹氏(流通システム開発センター)

- 2. 質疑応答
- 3. 話題提供:

演題:「境界と進化よりシステムを見る

-システム概念・アプローチのこれまでとこれから」

講師:黒江康明委員

- 4. 質疑応答
- 5. 宿題に関しての自由討論
- 6. 話題提供:

演題:「産業競争力強化のための国際標準化活動と国際標準化

機関の戦略的重要性 ~エレクトロニクス産業~ 」

- 7. 質疑応答
- 8. 総合討論
- 9. まとめ

配布資料:

No.1:産業競争力強化のための国際標準化活動と国際標準化機関の戦略的重要性 〜流通・物流領域〜

No.2: コンピューテーショナル・インテリジェンス(CI) - 現状と期待 -

No.3:境界と進化よりシステムを見る

――新たなシステムズアプローチの構築に向けて

No.4:日本におけるシステム化の遅れの実例

電子情報産業における IT ソリューション・サービスの比率の低さ

No.5: 宅配便関連の情報システムについて(システム技術の失敗例)

No.6:第4次産業革命とシステム化研究会中間まとめとこれからの活動

■第5回「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時:2017年2月6日(月) 14:00~18:00

場所:学士会館3階310号室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、舩橋誠壽(副主查)、青山和浩、黒江

康明、徳増伸二、西村秀和、松本隆明、水上 潔

オブザーバ出席: 久保忠伴、安藤尚貴

講師: 稗方和夫氏(東京大学)

事務局:並木(記録) 議題:1.話題提供:

演題:「第4次産業革命を踏まえたものづくりの方向性」

講師:徳増伸二委員

2. 質疑応答

3. 話題提供:

演題:「企業におけるシステム化教育の事例」

講師:舩橋誠壽委員

4. 質疑応答

5. 話題提供:

演題:「大学でのシステム科学/工学関連教育の現状」

(東京大学 システム創成系と MIT の ES/SDM の教育プログラムから)

講師:青山和浩委員、稗方和夫氏(東京大学)

6. 質疑応答

7. 話題提供:

演題:「アメリカの ERC について」

講師:木村主査

8. 質疑応答

9. 総合討論

配布資料:

No.1:第4次産業革命を踏まえた ものづくりの方向性

No.2:企業におけるシステム化教育の事例

No.3: NSF-ERC: アメリカ科学技術の強さの象徴

No.4:第3回議事録案

No. 5: ITSF 2月号(水谷氏).資料

No. 6: ITSF 2 月号(藤野氏).資料

No.7: SKYACTIV テクノロジーの誕生を支えたモデルベース開発

№8:事例にみるシステムズエンジニアリングの特徴

■第6回「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時:2017年2月21日(火) 14:00~17:40

場所:学士会館3階310号室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、舩橋誠壽(副主查)、青山和浩、貝原

俊也、黒江康明、徳増伸二、松本隆明、水上 潔

オブザーバ出席: 久保忠伴、安藤尚貴

講師:北川源四郎氏(情報・システム研究機構)

事務局:並木(記録)

議題:1. 話題提供:

演題「統合知システム研究所構想」

講師:北川源四郎氏(情報・システム研究機構)

2. 質疑応答

3. 目次および報告書内容検討

4. 話題提供

演題:「価値共創の概念に基づく IoT ベースのものコトづくり」

講師:貝原俊也委員

5. 総合討論

配布資料:

No.1:システム科学研究所構想について

No.2:報告書素案(2017・2・19)

No.3:価値共創の概念に基づく IoT ベースのものコトづくり

No.4: これまでの議論のクラスター化

No.5:第1回から第5回までの議題および議事録案

■第7回「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時:2017年3月15日(水) 14:00~18:15

場所:中央大学駿河台記念館 350 号室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、舩橋誠壽(副主查)、貝原俊也、黒江

康明、松本隆明、水上 潔

オブザーバ出席: 久保忠伴、安藤尚貴

事務局:並木(記録)

議題:1. 本日の概要

2. 目次および報告書内容検討

3. 今後の活動について

配布資料:

No.1:報告書「第4次産業革命が示すシステム化の重要性」2017・3・12

No. 2: 図表

No.3: 実施計画書

No.4:報告書作成手順

№.5:オープンイノベーションのためのモジュール構造設計

■ブレインストーミングによる「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時:2017年2月13日(月) 17:00~19:00

場所:(株)野村総合研究所 東京本社 29 階 903 会議室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、舩橋誠壽(副主查)、徳増伸二、松本 隆明、水上 潔

事務局:並木(記録)

議題:1. 共通認識

2. 日本のシステム化が遅れていることの事例

3. 目次案検討

配布資料:

No.1:議事録

No. 2: Brain Storming のために

No. 3:目次案

■ブレインストーミングによる「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時:2017年3月6日(月) 15:00~18:00

場所:(株)野村総合研究所 東京本社 29 階 910 会議室

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、舩橋誠壽(副主查)

オブザーバ出席: 久保忠伴

事務局:並木(記録)

議題:1.報告書の内容検討

2. 今後の活動について

配布資料:

特になし

■合宿による「第4次産業革命とシステム化研究会」委員会

日時: 2017年3月17日(金) 17:00~3月19日(日) 13:00

場所:(公財)日本生産性本部 生産性国際交流センター セミナー室 115

出席者(敬称略):木村英紀(主查)、藤野直明(副主查)、舩橋誠壽(副主查)、青山和浩、黒江

康明、寺野隆雄、松本隆明、水上 潔

オブザーバ出席: 久保忠伴

事務局:並木(記録)

議題:1. 報告書のまとめ検討

2. 今後の活動について

配布資料:

No.1:報告書「第4次産業革命が示すシステム化の重要性」2017・3・12

No.2:(2)物流管理業務における国際標準ネットワークへの対応の遅れ(国際輸送におけ

る第4次産業革命)

No.3:(3) デジュールスタンダードへの取組が弱い(流通部門)

No.4:4章 (11) 経営の意思決定機構のシステム化の遅れ

No.5:戦略的な標準化機構

No.6: 宅配便関連の情報システムについて(システム技術の失敗例)

No.7: Society 5.0 時代の科学教育

No.8: 実データに基づく宅配便物流の地域集約方式による効率化の研究

№9:サービスのためのシステム・サイエンス

No.10:5. 何が問題か?何をなすべきか?

No.11:第4章構成案