



## 論説

### 一番ピン思考による開発革新

マツダ株式会社 シニアイノベーションフェロー 人見光夫(SIC 理事)

## コラム

### 東海道新幹線建設とアポロ計画

東京大学・大阪大学名誉教授 木村英紀(SIC 理事・副センター長)

## 目次

### I センター情報

1. 価値創造をシステムとして実現する「サービスシステム科学講座」開催報告

### II 活動報告

1. 会合報告
2. 会合予定

### III 正会員一覧

## 論説 一番ピン思考による開発革新

マツダ株式会社 シニアイノベーションフェロー 人見光夫(SIC 理事)

### はじめに

私はシステムズエンジニアリングを学んだ経験はないが SKYACTIV エンジン開発を通じて実践した方法がシステムズエンジニアリングの考え方に通じるという話を伺い今回その考え方を記させていただき運びとなった。

### SKYACTIV エンジンの開発に至った背景

まずこのエンジンを開発することになった背景から記す。バブル経済が崩壊しマツダは存続の危機にさらされた。早期退職の募集などを経て何とか生き延びていたが、非常に厳しい環境規制が現実のものとなりそうな時期にマツダは財務的に弱体化していた期間が長く、車の基本骨格、パワートレインなどが一世代古いものを使って凌いでいるという状況であった。

この時期の課題を整理すると

- 財務的に苦しいマツダとしては厳しい環境規制に応えるためには内燃機関にかけるしかない。これではいかに対応するか。(急拡大していたハイブリッド、導入が始まった電気自動車などは、当時の我々が先頭集団で取り組んでもビジネスとして成立する可能性はなかった。)
- 規制対応するためには車両、パワートレインを全車種一気に刷新するしかなかった。財務面でも工数面でも決して潤沢ではないマツダがこのような初めての挑戦をいかに成功させるか。

苦しい時期であっても取り組むべき施策は一過性のものでなく将来にも続くものであるべきである。また課題は山積しているが各々の課題は絶対つながっているのでボーリングのように一番ピンにぶつければすべて転がるというような主要課題(以降一番ピンと呼ぶ)を見つけてそこへ集中することで多くの課題に対応可能にしようと考えた。

### 内燃機関改善

内燃機関主体で大きく燃費改善をするために、また将来にもつなげるために内燃機関の熱効率改善の全体像を描こうと考えた。それが図1である。

内燃機関の効率改善とはエネルギー損失低減にほかならず、排気損失、冷却損失、ポンプ損失、機械抵抗損失が主要なものである。それらを制御できる因子は最上位の概念で書けば制御因子と書いた列の7因子に集約される。エンジンの効率を改善しようとしているいかなる技術も、このどれか、または複数の

因子を制御しようとしているものである。従ってこの制御因子を理想状態にできれば内燃機関のゴールともいえるわけである。

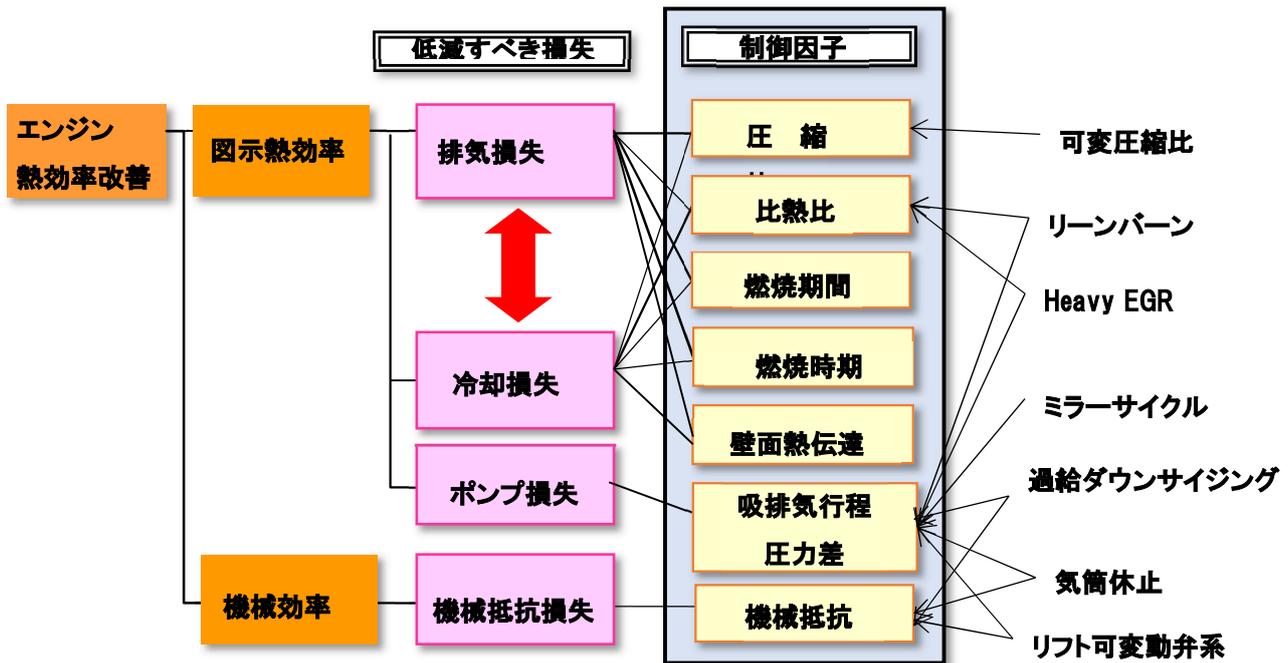


図 1 内燃機関の効率改善

オットーサイクルの理論熱効率は次の式であらわされる。

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$$

熱効率  $\eta$  は圧縮比  $\varepsilon$  と比熱比  $\kappa$  で表される。図 1 の 7 つの制御因子のうち燃焼に関与する部分は上から 5 番目までの 5 つであるが主たる因子が圧縮比と比熱比で、その他 3 つは圧縮比と比熱比が見かけ上変化するのを制御するための補助因子的なものとなる。(あくまでも学術的な厳密さにはこだわらずに話を進める)

エンジンの細かな説明は主旨に沿わないのは理解したうえで述べるのは、何に焦点を当てれば将来に渡って進化を続けることができるか、つまり技術開発においても一番ピンを定めることが重要であるということ述べるためである。

ガソリンエンジンは圧縮比を上げるよりも空気過剰(リーン)で燃やすこと、つまり  $\kappa$  を大きくすることが効率を大きく上げることにつながる。しかしリーン化を進めようとしたら圧縮比を上げて圧縮温度を高めることが必要になってくる。誤解を恐れずに言えば、圧縮比を高めること自体は幾何学的なものであるから簡単である。最大課題は高圧縮比に伴う異常燃焼をいかに抑制するかにある。従ってゴールに進むための一番ピンは高圧縮比に伴う技術課題克服ということになる。第 1 世代、第 2 世代の SKYACTIV エンジンは燃焼成立にも苦労したが、高負荷域の異常燃焼克服があってこそ実現できたものである。さらに次の世代に進むためにも一層の進化が必要になる。

ディーゼルエンジンはすでにリーンで燃やせているので $\kappa$ は十分高いかというそうではない。ディーゼルエンジンに使う軽油は高温にさらされると非常に簡単に自着火してしまう。従って燃料を噴射したら十分空気とミキシングする前に着火してしまうので実際に燃えているところはかなり濃いところもあるため、その部分は $\kappa$ は低い。さらに十分ミキシングしていないということは燃焼が起きる範囲が狭いということなので狭い範囲ですべての燃料が燃えるために燃えているところの温度は高くなる。そうするとNOxが生成され、濃いところではすすが出る。このNOxとすすの対応で多くのコストがかけられており、さらには燃費にまで犠牲を払っているのが現状である。つまりディーゼルエンジンの燃費改善とコスト低減の一番ピンは着火するまでの短時間で、いかに燃料と空気をしっかりミキシングさせられるかということにある。第1世代 SKYACTIV ディーゼルエンジンでは自着火するまでの時間を稼ぐために圧縮温度を低下させるべく低圧縮比化という手段を使った。次は燃焼室形状や噴射系の工夫でミキシングという機能を進化させ段々圧縮比は上げていく予定である。ただし第1世代で圧縮比は下げたとはいえ従来の高圧縮比エンジンより効率は高くなっている。高圧縮比のままではNOx やすすを減らすためにはピストンが一番上にある時期(上死点)は温度が高すぎてミキシングする前に自着火するためピストンが下降し始めてから燃料を吹かざるを得ない。従って爆発圧力による膨張仕事が低下してしまう。低圧縮比だと圧縮温度が低いので上死点で燃料が噴射でき、膨張行程すべてで膨張仕事ができるということになる。仕事をするのは圧縮でなく膨張であるから低圧縮比のほうが有効な膨張比は高まるということである。

圧縮比を下げることで排ガス対応コストを抑え、燃費も従来以上に改善でき、燃焼室内最高圧力を低下させつつ高トルクを実現できている。最高圧を抑えられているので内部の部品剛性も抑えられ抵抗低減もできてさらに燃費が改善できるという天使のサイクルが回せている。第一世代としては低圧縮比化がまさしく一番ピンであったと考えている。しかし真の一番ピンである短時間でミキシングを可能にする技術を、低温に頼らない方向で追い求めていくことで最終的には圧縮比を高めて実質的な膨張比を高めていこうとしている最中である。

細かな話になったが、要は技術開発において、あるいは技術開発に限らず究極のゴール、理想状態を描いてそこに至るroadmapを描き(図2)、課題全般を見渡して一番ピンを定めてから取り組むべきだということを行わなければならない。

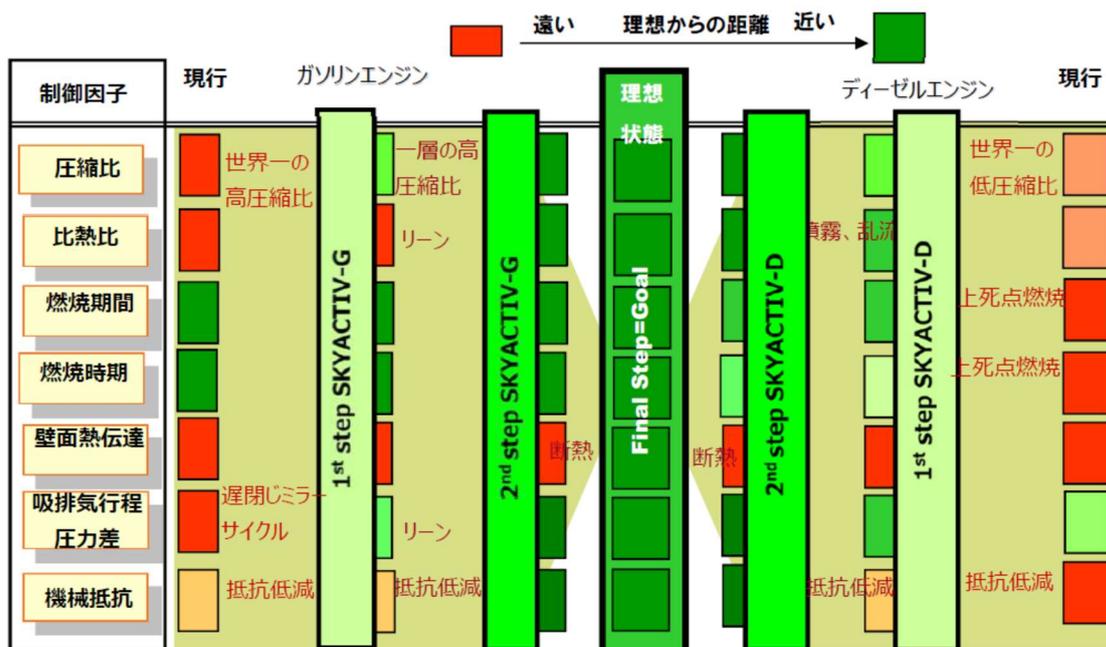


図 2 内燃機関改善の roadmap

## 開発革新 CAE からモデルベース開発

次の課題は少ない人数で一気に派生エンジンまで開発するのをどう考えてやったかということである。それまでの開発はアイデアを設計図面にして試作し、実機運転をして問題点を見つけ改善するという昔ながらの試行錯誤の繰り返し開発であった。このようなやり方では到底対応できないのでやり方を革新する必要があった。

まず徹底的に CAE 化を進めることであった。これは SKYACTIV エンジンを開発する前から取り組んでいたことであるが、SKYACTIV 開発に大いに威力を発揮できたのと、その後のモデルベース開発(以降 MBD と呼ぶ)への本格移行への序章として非常に有効であったと考えている。

なぜ CAE の活用に注力しようとしたかという、先行開発領域はバブル崩壊後に多くの人員を商品開発領域にシフトされており、極度の人員不足となつてなかなか新しい技術への挑戦が進まなかったこと、商品開発部門は慢性的な開発遅れ、品質問題、コスト問題、人材育成の停滞、等々色々な問題を抱えていたのでこれらを解決するための一番ピンは何かと考えた結果である。

その関係を示したのが図 3 である。様々な問題の根源は実機に頼った試行錯誤による開発のやり方にあると考えて CAE を駆使した開発へ移行しようと考えた。これが意味するのは、すぐに物を作るのではなく作る前にしっかりと考える、そして思考実験の手段として CAE は使ってよいということである。よく考えないうちに出来が悪いものを作ると本質的でもないようなところで時間と工数が無駄に使われてしまうということと、とことん考えないですぐものに頼ると正しくメカニズムを理解しようとする習慣がつかなくなるからである。

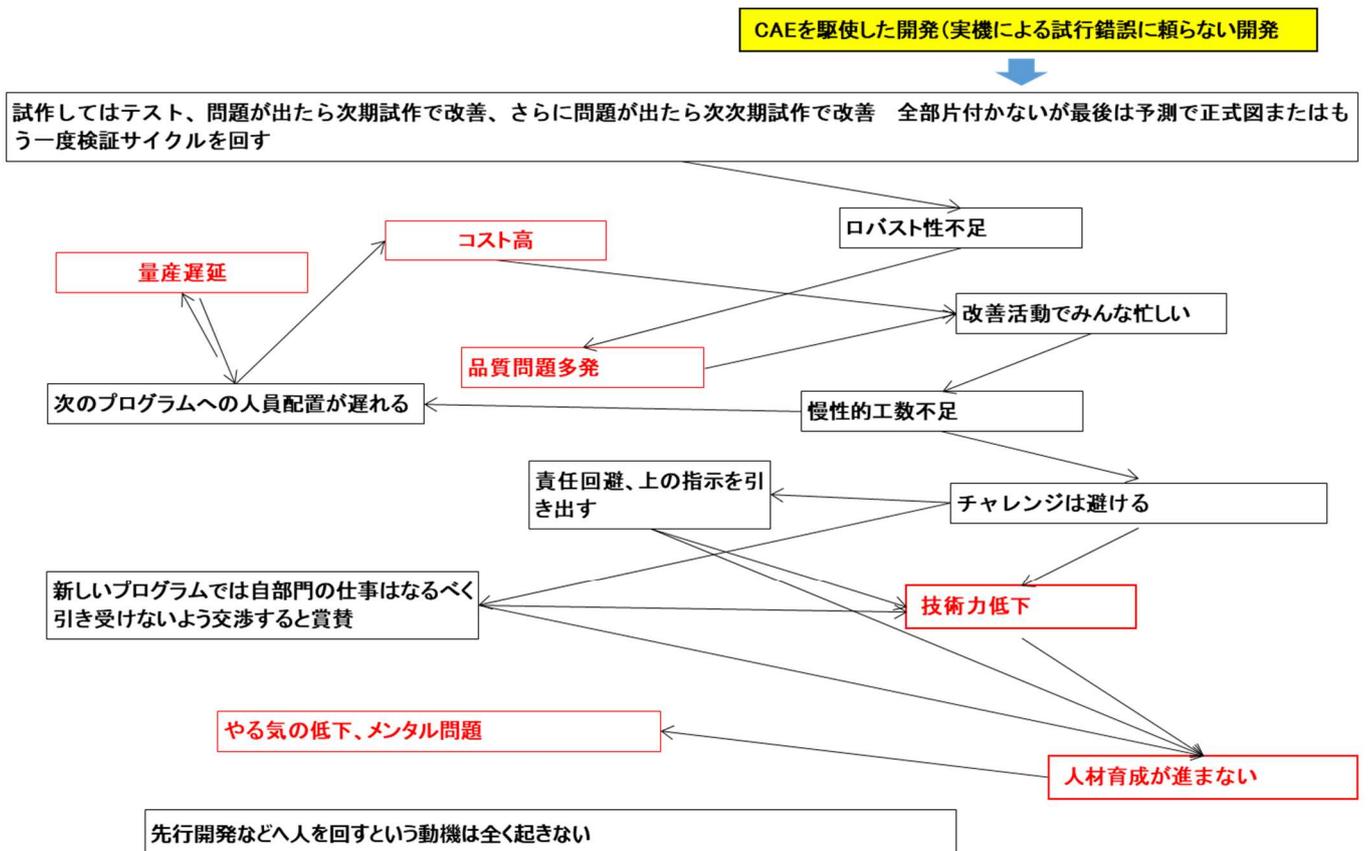


図 3 CAE 強化が多くの課題解決の一番ピン

そしてこの CAE を駆使して実行したのがコモンアーキテクチャーである。エンジンの排気量展開などの際には共通化というのは当然考えることである。では何を共通化するかである。ハード部品で共用化できるものは特に言わなくても同じ指揮系統に設計者がいれば同じものを使うはずである。共通化して最も有効なものは派生展開するうえで最も工数を使っているものである。商品開発面での課題を色々聞いているとエンジンの適合に多大な工数を費やしていることが分かった。担当者もエンジンごとに分担されていたり、同じエンジンでも日本向けとアメリカ向けでさえ担当者が別々というのが実態であった。多くの機種展開を少人数でやるためには適合の共通化が効果的であると考え実行することにした。

適合とはロボットなどに教え込むことである。エンジンもロボットも同じであるから教え込むことでよい燃費、きれいな排ガス、滑らかな走り、音の連続性などが得られる。効率化のためにはハードの共通化ではなく特性の共通化が有効であるという発想である。エンジンの主要特性を決める大本は燃焼であるから燃焼特性を同じにしようと考えた。

燃料噴霧や空気流動が CAE で検討可能になるように実機実験と並行しつつ CAE 精度を上げるというやり方にはなったが CAE がなければ SKYACTIV エンジンそのものも、コモンアーキテクチャーも実現していなかったであろうと思う。

この開発を通じて CAE 活用に懐疑的だったエンジニアも CAE の有効性を認識し、今では当然のごとく活用している。第 2 世代の SKYACTIV エンジンも CAE による燃焼解析が大いに威力を発揮してくれて実現したと思っている。

CAE の効能は、人数の非常に少なかった先行部門のアイデア発想も助長し、商品開発部門の開発効率化にも大きく貢献し、適合などはかなりの部分が実機、実車に頼らないでできるようになったため、試作エンジンや試作車の数も減るといった効果をもたらした。今ではモデルベース開発へと進化しており、業界内では開発人員がかなり少ないマツダが様々な種類のガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、トランスミッションを自前で開発できるようになった主要因の一つと考えている。

さらにはモデルベース開発を、プロジェクト早期の企画構想段階から有効活用し、全体最適の目標配分、手戻り防止の開発プロセス革新、働き方改革、労働人口減への対応、等々様々な課題対応へと効能を広げていこうと考えている。

CAE 活用からモデルベース開発が、新技術開発、商品開発、開発効率改善、プロセス改善などに大きく貢献し、マツダの開発におけるまさしく一番ピンになっていると考えている。

## 終わりに

関連会社を含めて会社組織もシステムである。つながりをしっかり把握して流れをよくすることを考えればシステムの効能は格段に上がるはずである。組織の中の色々な課題はシステムの中の課題であり、必ず関連性があるはずである。その関連性、つながりを見つけ一番ピンを見つけて対応すれば小さな会社でもそれなりに生きていけるのではないかと考えている。

(2020年8月25日原稿受領)

東海道新幹線の建設とアポロ計画は、ほぼ同時期に日米それぞれで実施された大きなプロジェクトである。両者を比べること自体おこがましい、と思う人は多いかも知れない。一方は月に人を送るといふ長年の人類の夢の実現を目指す世界的なスケールの計画であり、他方はアジアの片隅の国の高速列車の建設である。予算額も参加した人間の数も、そして目標の技術的な困難さもアポロ計画とは比べ物にならないほど新幹線は小さいと思うのが普通である。しかし、敗戦の痛手からまだ完全に回復していない貧乏国が、外国に借金までして世界に例を見ない新しい鉄道の概念を提示して、狭い複雑な地形と人口密度の高い国土に実現することの困難さは、無人の宇宙に向かって無尽蔵の資金をつぎ込み、強大国アメリカが国の威信をかけて遂行した計画とは違う次元の難しさがあったはずである。しかも営業開始以来半世紀以上経ってまだ大きな事故を起こしていないだけでなく、国際的な高い評価を得て類似のプロジェクトがいくつも海外で実現している。これはアポロ計画にはないことである。

どちらのプロジェクトも巨大なシステムイノベーションを実現したが、イノベーションとしては2つの側面がある。ひとつはそれが最終的に作り出した成果物のシステムとしての卓越性である。アポロ計画が作り上げた宇宙船は40万個の部品をもつきわめて複雑なシステムであり、またその打ち上げのために作ったサターンロケットも巨大で複雑なシステムである。新幹線は時速200キロで走る列車を作り出し、それを安全に走らせる運行システムを実現したが、それらは複雑で巨大なシステムである。どちらも「プロダクトシステム」のイノベーションである。

もう一つは、プロジェクトを進めるマネジメントのシステム化である。どちらも長期にわたる（アポロ計画は約8年、新幹線は約6年）開発の過程で様々な工程が順序良く効率的に実行され、参加者全体の認識の共有が図られなければならない。この過程でもっとも重要なことは、多数の異分野の技術者研究者の知を集め、時間的経過のプロセスでプロダクトの実現に向けてその統合と成熟が図られなければならない。これは「プロセスシステム」のイノベーションである。

プロダクトがシステムとして複雑であれば、それを作り出すプロセスも複雑となる。従ってプロダクトシステムのイノベーションは必ずプロセスシステムのイノベーションを伴う。両者を結びつけるのは「システム統合」である。

アポロ計画のシステム統合がシステム工学を軸に行われたことは周知の事実である。システム工学はアポロ計画以前からアメリカ軍の技術開発で使われていたが、アポロ計画ではそれが本格的に採用され、様々な側面からアポロ計画の成功に大きく貢献したと言われている。システム工学は当時の日本にはまだ入っていない。それでは、東海道新幹線の建設ではシステム統合にどのようなツールが使われたのであろうか？文献[1]はこの疑問に答えているので、一つの見解として紹介する。

JRの前身の日本国有鉄道(国鉄)では1954年ころに業務効率化のツールとしてオペレーションズリサーチ(OR)が導入された。しかし、一部の電気部門の幹部の思い入れはあったが、ORが国鉄の業務改善に生かされることはなかったとのことである。ORに代わって国鉄でその技術文化に影響力を持ったのはノーバート・ウィーナーによって提案されたサイバネティクスである。サイバネティクスは鉄道通信委員

会によって1954年に国鉄に導入された。1948年に出版された有名なウィーナーの著書「サイバネティクス」が日本語に翻訳される3年前である。1960年に発足した電子工学研究委員会(ICE)は、積極的にサイバネティクスを国鉄業務の電子化とシステム化のガイドラインとして取り組むことを決め、国鉄の経営陣もそれを了承した。ICEの委員長は電電公社(現NTT)の前理事長の梶井剛氏である。国鉄は1963年に「鉄道のためのサイバネティクス」と題する国際シンポジウムを開催し、その後少なくとも80年代まで毎年それを続けている。

サイバネティクスをシステム化の指導原理として求めた理由はおそらくサイバネティクスが生物との親和性、生物のシステムとしての優越性を強く意識し、生物と技術の相同性を制御と通信を通して主張していたからであろう。鉄道を生物の血管として捉えその高度化と重要性を理解する見方は多くの鉄道マンにとって魅力ある考え方であったのであろう。「血液は温度を上げると活性度が上がる。サイバネティクスは血液の温度を上げる役割を果たす」というような言葉が鉄道の分野では流布されていたようである。また、ORやシステム工学と違ってサイバネティクスは緩やかな指導原理である。何かを強く指示規制する法則はない。そのシステム観は多様性を許す。サイバネティクスを国鉄内で推進した技師長の島秀雄は、サイバネティクスの部内展開を「アイデアキャンペーン」と考えていたようである。ちなみに島は新幹線生みの親といわれている。

このようなサイバネティクスの浸透が新幹線建設にも影響を与えたのは容易に想像される。新しい鉄道であるから様々な新しい課題に直面し、技術的な意思決定とそれを支える高い技術力が必要である。まずは軌道が広軌か狭軌か、レールの寿命を決める重さ、許される路面の最大傾斜、最小曲率、車体の重量、電圧、風圧、など相互に関連する諸元を決めていくことが必要である。流体力学、機械工学、電力工学、音響学、土木工学など多くの異なる専門分野の間の知の流通と統合、それによる全体最適化が必要となる。新幹線プロジェクトではこれらを「システム解析」とよび、フローチャートを主な手段として知の流通と認識の共有を図ったそうである。アポロ計画でNASAが「PERT」を使って業務の整理と可視化を行ったことに対応している。さらに、東京・大阪を3時間で結ぶ列車を一時間に6本以上走らせる「ビジネスモデル」を正当化するためには、未来の日本社会に対する明確なビジョンとそれを支えるシステム思考が欠かせなかったはずである。

新幹線建設に携わる数百人の技術者は、国鉄本社の仕切りのない大部屋に詰めて、隔てのない対話と議論を行ったそうである。プロセスシステムとしての新幹線建設はシステム工学の厳密な規範力ではなく、サイバネティクスの精神である生命調和的なシステム力のもとで遂行された。

建設中の新幹線の現場を訪れたことのあるNSFのDirectorであるガイフォード ステーブは、1967年のアメリカの下院公聴会で、アポロ計画と新幹線計画が技術開発の手順と手法が表面上極めて似た形であったことを証言し、国鉄のシステム統合のレベルの高さを高く評価している。両者は同じようにめざましい成功を収めた。しかしその原動力となった技術文化の基盤は全く異なっていたのである。

SICが目指すシステムイノベーションは、欧米の後追いではない日本の技術文化の良い面を吸収したいと考えている。新幹線とサイバネティクスの深い関係は、もしそれが事実とすればSICにとって大いに価値ある情報である。

## 参考文献

[1] Yasushi Sato, Systems approach in the Japanese National Railways: How was the systems integration of Shinkansen done? *Historia Scientiarum*, vol.17-2, pp.65-88, 2007

(2020年9月2日原稿受領)

# I センター情報

## 1. 価値創造をシステムとして実現する「サービスシステム科学講座」開催報告

中野一夫 (SIC 業務実行委員(株式会社構造計画研究所))

主催: SIC 人財育成協議会

開催日: 2020年8月29日(土) 10:00~17:00

開催形式: Microsoft Teams によるオンライン講義、参加費: SIC 会員、非会員とも無料

参加者: 31名

### ① 講師: 小坂満隆氏(北陸先端科学技術大学院大学名誉教授)

略歴: 1977年日立製作所入社、システム開発研究所長などを経て、2008年北陸先端科学技術大学院大学着任、知識科学研究科長などを歴任。工学博士、電気学会フェロー、計測自動制御学会フェロー、サービス学会:実学としての知識科学・サービス科学 SIG の主査。

### ② プログラムと講義概要

進行: SIC 人財育成協議会 主査 木村英紀 SIC 副センター長

時間	講義・討議
10:00~10:30	・挨拶 齊藤 裕 SICセンター長 ・オリエンテーション 小坂満隆 講師 参加者の自己紹介(所属と名前)
10:30~11:50	<b>講義1: サービスの定義とサービス価値創造</b> 伝統的な加賀屋のサービスの捉え方、技術経営(MOT)からの捉え方、最近の新しいサービス科学であるサービスドミナントロジックの捉え方を紹介し、サービスを系統的に定義した。 さらに、サービスの価値が、サービスを提供するコンテキストに依存することを示し、サービス価値創造の考え方とサービス価値創造プロセスを示した。
11:50~12:00	質疑応答
12:00~13:00	休憩時間

13:00～14:30	<b>講義2: ICTの進展と3世代のサービスイノベーション</b> サービスイノベーションは、情報通信技術の進展と共に進化してきた。イントラネット時代、インターネット時代、IoT・AIなどの新ICT時代の3世代と捉え、ICT技術がサービスや価値創造方法論を大きく変えてきていることを理論と実例から示した。
14:30～15:00	質疑応答
15:00～15:10	ブレイク
15:10～15:20	●グループワークの課題設定とガイダンス 課題:これから重要となるサービス(価値創造行為となる製品、システムの提供を含む)を設定し以下の6つの視点で議論する。
15:20～16:10	①サービスを必要とする背景、ニーズ②提供するサービスは何か? ③サービスで利用する技術④価値共創プロセス⑤ビジネスモデル ⑥どのようなイノベーションがもたらされるか?
16:10～16:35	●5グループのグループワークまとめの発表と講師からのコメント
16:35～16:50	<b>講義3: サービス科学の新しい方向性</b> IoT, AIなどの新たな情報技術による第3世代のサービスイノベーションの方向性を示す。Business Innovation with new ICTは、SDGs、CPS(Cyber Physical System)、Society5.0、Platform Economy、ESG経営などが、重要なキーワードとしてあがっている。こうした動向を紹介し、新たな方向性を議論した。
16:50～17:00	・アンケート記入 ・クロージング (木村英紀SIC副センター長)



リモートで講義中の 小坂満隆氏

今回の研修は講義中の講師と受講者とのタイムリーな質疑応答を行うためにチャット機能を利用したが各講義ごとに多くの質問がなされ、それに対し講師が的確な回答をすることにより、受講者全員の理解度の向上が図られたと思われる。また、初めての試みとして Teams の仮想会議室の仕組みを駆使し、全員集合可能な講義室とグループごとのミーティングが可能な5つのミーティングルームを設定しグループワークを行ったが、トラブルもなく、リアルとほぼ同等な成果が得られた。

### ③ アンケート結果(回答者23名/全受講者31名)

#### 1. 受講者の社会人になってからの年数

人数



#### 2. 理解度

人数



### ④ 受講者詳細

#### 1. SIC 正会員企業 13社 20名 (順不同)

KDDI 株式会社(1名)、株式会社東芝(1名)、三菱重工業株式会社(3名)、横河電機株式会社(1名)  
 マツダ株式会社(1名)、ファナック株式会社(1名)、株式会社構造計画研究所(4名)  
 株式会社野村総合研究所(2名)、株式会社テクノバ(1名)、株式会社日立製作所(2名)  
 NTTコミュニケーションズ株式会社(1名)、株式会社富士通(1名)、三菱電機株式会社(1名)

#### 2. SIC 個人会員 3名

#### 3. SIC 非会員 7社(団体) 8名 (順不同)

関西電力株式会社(1名)、独立行政法人情報処理推進機構(IPA)(2名)、日本工業大学(1名)  
 富士電機株式会社(1名)、東芝デジタルソリューションズ株式会社(1名)、日本郵船株式会社(1名)  
 一般社団法人日本電機工業会(1名)

以上

## Ⅱ 活動報告

### 1. 会合報告

2020. 8. 19 10:00～12:00 2020年度第5回実行委員会

開催形式:Microsoft Teams によるオンライン開催

参加者:齊藤裕センター長、木村英紀副センタ長、実行委員、事務局長、合計17名

#### 議題

- |   |           |
|---|-----------|
| ① 挨拶  | 齊藤裕センター長  |
| ② スマートフードシステム分科会 政策提言書の公開に関して                                 | 松本隆明実行委員長 |
| ③ 8月29日開催「サービスシステム科学講座」集客状況報告                                 | 事務局       |
| ④ アーキテクチャーに関する情報共有と討議   | 松本隆明実行委員長 |
| テーマ:「ITS(高度道路交通システム)システムアーキテクチャの紹介」                           |           |
| 講師 :高木 真人様 企画担当業務実行委員、(公社)日本工学会理事                             |           |
| 約20年前の ITS システム構築時の関係者の一人として ETC システムをシステムアーキテクチャの面から解説いただいた。 |           |
| ⑤ その他 プレスリリースの現状報告  | 事務局       |
|   | 以上        |

### 2. 会合予定

2020年度第6回実行委員会開催予定

日時:2020年9月23日(水) 15:00～17:00

開催形式:オンライン

参加資格:実行委員会メンバー

議題等詳細は事務局より別途通知

以上

現時点では SIC 産学交流会、SIC フォーラム等の会合予定はありません、

ともに会員相互の交流が主目的です、コロナ禍での開催方法を検討中です。

### Ⅲ 正会員一覧

インタセクト・コミュニケーションズ株式会社  
NTT コミュニケーションズ株式会社  
KDDI株式会社  
株式会社 NTT ドコモ  
株式会社 Cogent Labs  
株式会社ソビー  
株式会社東芝  
株式会社日立製作所 横浜研究所  
株式会社三井住友銀行  
損害保険ジャパン株式会社  
デンソー株式会社  
日鉄ソリューションズ株式会社  
ファナック株式会社  
マツダ株式会社  
三菱重工業株式会社 ICT ソリューション本部  
横河電機株式会社

SCSK株式会社  
NTT コムウェア株式会社  
株式会社 NTT データ  
株式会社構造計画研究所  
株式会社 JSOL  
株式会社テクノバ  
株式会社野村総合研究所  
株式会社日立物流  
株式会社三菱 UFJ 銀行  
帝人ファーマ株式会社  
トヨタ・リサーチ・インスティテュートインク  
東日本旅客鉄道株式会社  
富士通株式会社  
三井不動産株式会社  
三菱電機株式会社

以上31社(五十音順)

発行: 一般社団法人 システムイノベーションセンター(SIC)

代表理事・センター長 齊藤 裕

URL: <https://sysic.org>

事務局 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-12-7 ストック新宿 1F B-19 号

E-mail: [office@sysic.org](mailto:office@sysic.org) Tel.Fax:03-5381-3567

編集責任者: 広報担当業務実行委員 中野一夫(構造計画研究所)