

# 機械工学分野の技術革新への戦略

日本機械学会（東京大学）

大富浩一

## 1. はじめに

“技術革新への戦略”という共通テーマを受けて、“機械工学分野の技術革新への戦略”と題してお話します。機械工学は共通基盤技術的性格が強く、また多くの個別の要素技術から成り立っている。従って、機械工学を一つの技術として述べることは難しい。そこで、日本機械学会の一つの活動である技術ロードマップ委員会の活動を通して、機械工学分野の技術革新への戦略のあるべき姿を一側面として紹介する。技術ロードマップは2007年の本会創立110周年記念事業の一環として、各部門に呼びかけて開始した。この十年余りで非常に中身の濃い技術ロードマップに仕上がっている。一方で、日本機械学会は機械工学に関する多くの分野を包含する唯一の総合学会でもある。ある技術領域に特化した技術ロードマップに加えて、機械工学全体としての技術ロードマップを世に問うことも日本機械学会のミッションの一つと考える。これが結果として、機械工学分野の技術革新への戦略にもつながるのではと考えている。

## 2. 機械工学全体の技術ロードマップから見た機械工学分野の技術革新への戦略

### 2.1 技術ロードマップとは？

そもそも技術ロードマップとは何であろうか。一つは今後を予測し、これに向けてどのような技術が必要かを考えることである。半導体の集積度向上は18-24か月で集積度が倍になるというムーアの法則に従う形で実現してきた。こうなるための半導体の微細化の技術を極め、これが半導体の集積度向上のための技術ロードマップとなった。しかしながら、ムーアの法則にも限界がある。原子レベル以下の微細化は不可能だからである。そこで、ムーアの法則を超えた段階での半導体の集積度はどうなるかを考える必要がある。この場合、これはこうなるであろうではなく、こうしたいという思い（アイデア）が必要となる。

このように技術ロードマップの作成方法としては（1）技術のトレンドを読む、（2）技術のトレンドを創るの二通りがあるように思う。多くの技術ロードマップは前者の“技術トレンドを読む”に沿っており、日本機械学会の部門発の技術ロードマップの多くもこれに準じている。例えば、横軸を年代として縦軸にピーク性能（超大型計算機）、燃焼ガス温度（エネルギー機器の効率）、加工分解度（加工技術）、比強度（材料）、発電コスト（風力発電）、熱流束（熱工学）、熱伝導（断熱材）、熱効率（エンジン）、自由度数（動的現象の解析）、燃費（自動車）がこれに相当する。一方、後者の“技術のトレンドを創る”に関しては知能レベル（ロボット技術）が対応する。

機械工学全体の技術ロードマップ作成にあたって、機械工学自体が多くの技術の集合体であることから、“技術トレンドを読む”ことは難しい。そこで、“技術のトレンドを創る”方向で考えたい。ただ、技術そのもののトレンドを創ることは難しいので、機械工学のミッションから紐解き、機械工学の目指すところを明確にし、これを具体化するプロセスを“機械工学全体の技術ロードマップ”として示してみたい。機械工学のミッションも多様ではあるが突き詰めると“ものづくり”のための技術と考えることができる。

## 2.2 機械工学の現状と目指すところ

機械工学はものづくりのための重要な技術群を有している。ここでは機械工学の現状を分析、ものづくりの視点から目指すところを明らかにする。最初に機械工学の技術群を幾つかに分類してみたい。図 1 に分類例を示す。日本機械学会の各部門が機械工学の各技術領域に該当していると考えられるので技術分類に合わせて各部門も分類して見た（細かくは部門の分類に意見もあろうと思うがご容赦いただきたい）。ここでは技術の目利きを行う“基盤技術”、技術を応用した製品開発のための“応用技術”、技術と製品を束ねる“システム技術”の 3 つの領域に分類した。基盤技術はいわゆる 4 工学に代表されるものづくりのベースとなる技術である。システム技術は設計工学に代表される基盤技術をベースに製品化に至るプロセスを支援する技術である。応用技術は製品開発という具体的目標に向かって基盤技術とシステム技術を如何に適用していくかという技術である。一般に基盤技術を縦糸にシステム技術を横糸にして強固な布を構成、その上で製品開発（応用技術）を行うのが理想である。

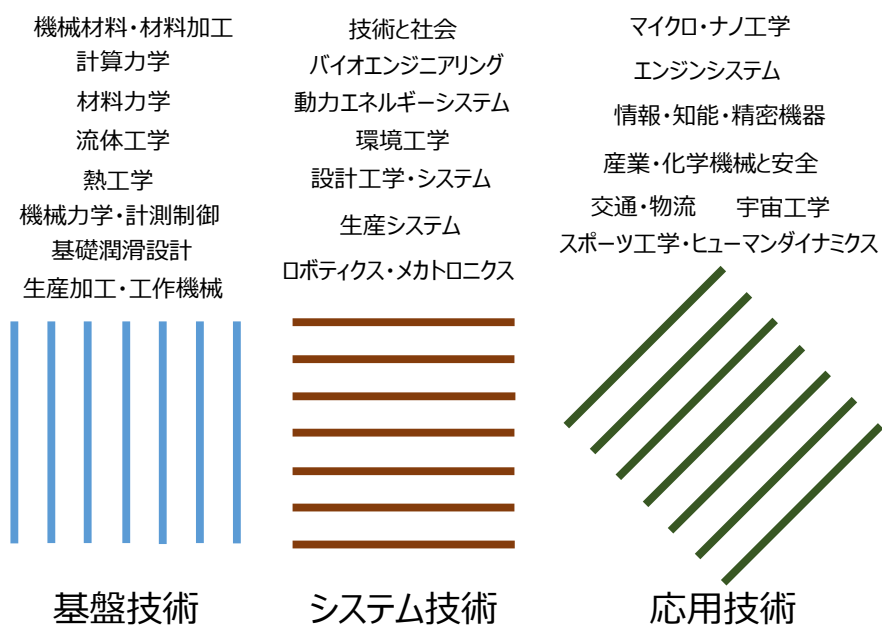


図 1 機械工学の技術分類例（部門と対応付け）

それでは、機械工学の 3 つの技術領域の現状はどうなっているのだろうか。図 2 の左図に現状例を示す。すべてがこうなっているわけではないがこのような状況が多々見受けられる。得てして宝はこれらの境界領域に存在する。あるべき姿とは前述のように図 2 の右図のように基盤技術、システム技術、応用技術の 3 つの技術領域が相互に連携し、相乗効果を発揮する状態にあることである。

図 2 の機械工学の現状とあるべき姿を時間軸で表現すると目指すところが見えてくる。図 3 にその状況を図示する。現状の（すべてとは言わないが）3 つの技術領域が独立に存在する状態から、3 つの技術領域が相互に連携し、相乗効果を発揮する状態に移行するプロセスを考え、これを機械工学全体の技術ロードマップとする。3 つの技術領域の目標をものづくりという共通のものに設定することにより、自然と図 3 に示す流れが見えてくると考える。

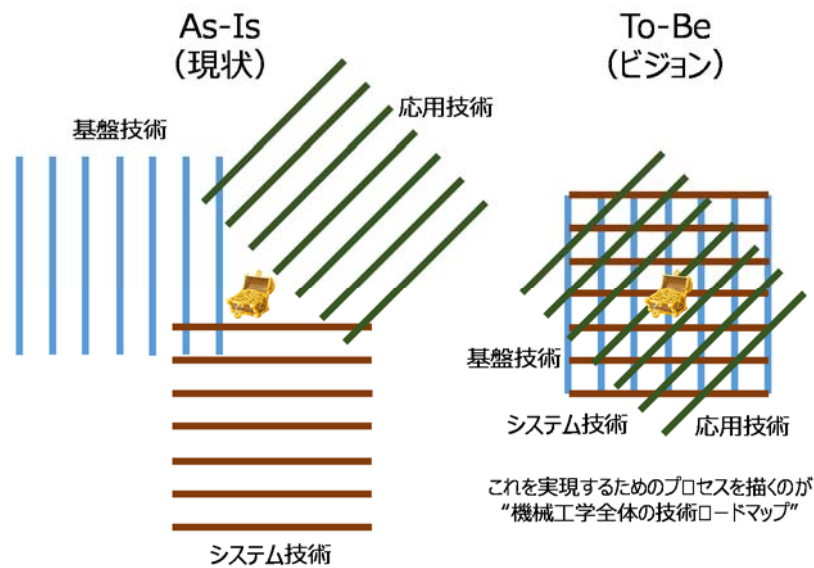


図 2 機械工学の現状とあるべき姿

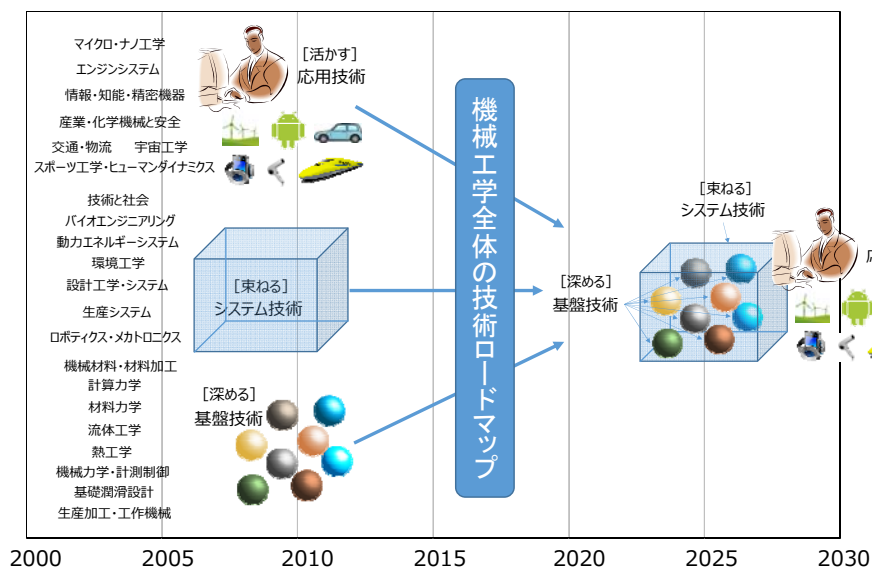


図 3 機械工学の目指すところ

### 2.3 機械工学全体の技術ロードマップ

機械工学全体の技術ロードマップを考える際に社会が機械技術(者)に求める姿を描いて見たい。これもすべてがそうだとは言えないが多くの場合、仕様が与えられればきっちりこなすのが機械技術(者)との印象が強い。これは機械技術(者)にとっての必要条件ではあるが十分条件ではない。恐らく、仕様が与えられればきっちりこなすことに加えて、仕様が仕切れて具体化できる機械技術(者)が望まれていると考えるし、そうなりたいと考えている。こうなるためのプロセスが自ずと機械工学全体の技術ロードマップになるはずである。

図 4 に上述の手順で考えた各技術領域の今後必要となる技術を技術ロードマップとして示す。基盤技術領域では、現状の四力を基本とした基盤技術から、機械工学の常識を超えた基礎研究により革新的な基盤技術が生まれることを期待する。システム技術領域に関しては、現状の要素技術を束ねたシステム技術から全体最適の視点に立った革新的システム技術が必要となる。応用技術領域では、現状の製品の延長から新たな製品の提案ができる仕組みをエンジニアの育成と連携して実現できることを期待する。そして、革新的基盤技術、革新的システム技術、新たな製品が提案できるエンジニアが一体となって、“機械工学による超ものづくり”が実現する。

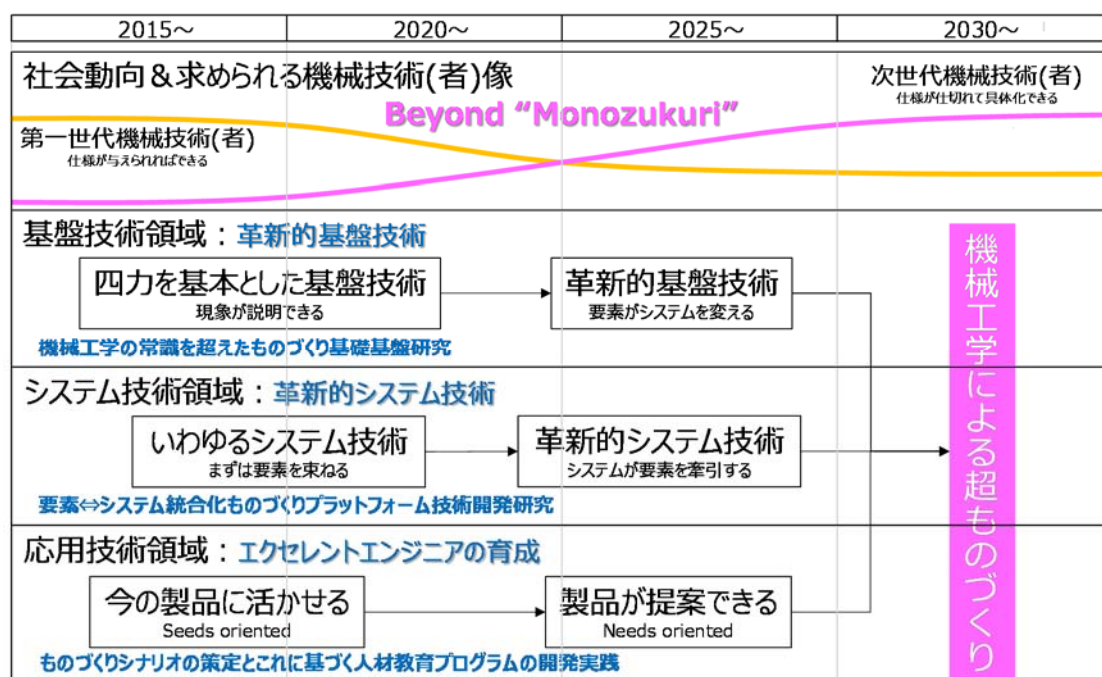


図 4 機械工学全体の技術ロードマップ

次に技術ロードマップの中味について考えて見たい。図 5 に技術ロードマップの具体例を示す。この中のいくつかについて説明を加える。

① 日常現象の理解／説明／モデリング

個人的な事であるが私は企業で長年製品開発に携わってきた。重電機器に始まり、宇宙機器、医用機器、家電機器を対象とし、ものづくりの視点から対象製品の現象を理解／説明／モデリングしてきた。実はこのプロセスが設計であるということを経験的に理解している。そしてこのなかで家電機器の現象理解が最も難しく、かつ解明が遅れている。これは家電製品の場合、試作検証が容易で、現象理解／説明／モデリングの機会が少なかつたこと、境界条件、環境条件が多様でモデリングが容易でないことに起因する。例えば、“ものが乾く”という現象一つを取ってもちゃんと現象を説明し、モデルに落とし込んだ例は見ない。このような日常現象を従来の機械工学の枠を超えて理解／説明／モデリングすることが重要と考える。これがひいては新現象／新材料の発案に繋がると信じる。“ものが乾く”のような事例を 10 個ほど選定して考えて見たらどうだろう。

## ② 1DCAE 概念に基づくものづくり設計教育

原理原則で考え、ものづくり行う概念、考え方、手法を 1DCAE(1)と定義、研究開発、普及啓蒙活動を行っている。この普及活動の一環として、2013 年から講習会を実施、今年の 6 月で第 7 回目を迎える。1DCAE 活動は設計工学・システム部門からスタートしたが、現在では他部門の方々にも参加いただき、学会全体の活動に移行しつつある。ここで目指していることはものづくりの飛躍的向上とこれを実際に行うエンジニアの育成である。これは上記①とも深く関係し、“本質的に物事を理解する”ことの重要性とそのための方法を検討している。先人の知恵に学ぶところ大である(2-4)。

2015～	2020～	2025～	2030～
目指すところ			
第一世代機械技術(者) 仕様が与えられればできる			次世代機械技術(者) 仕様が仕切れて具体化できる
<b>基盤技術領域：革新的基盤技術</b> 日常現象の理解/説明/モデリング <small>身の回りの説明できていない多くの現象を機械工学の力で説明する</small>		<b>新しい領域にチャレンジする</b> 新現象/新材料の発案/説明/モデリング <small>機械工学の力で新しい現象/材料を発案する</small>	
<b>システム技術領域：革新的システム技術</b> ボトムアップ型ものづくりプラットフォーム <small>現状の設計生産技術をベースとしたあるべき姿を描く</small>		<b>システム全体を俯瞰する</b> トップダウン型ものづくりプラットフォーム <small>日本の特性を活かしたあるべきものづくりの仕組みを描く</small>	
<b>応用技術領域：エクセレントエンジニアの育成</b> 1DCAE 概念に基づくものづくり設計教育 <small>原理原則でものづくりを行う力、習慣を身につける</small>		<b>ものごとの本質を考える</b> ものづくりシナリオに基づく人材育成教育 <small>ものづくりのシナリオが策定でき、実行できる人材を育てる</small>	
機械工学による超ものづくり			

図 5 技術ロードマップの具体例

## 3. おわりに

日本機械学会における技術ロードマップ委員会の最近の活動結果(5)を通して、機械工学分野の技術革新への戦略の一端を述べた。機械工学分野のように基盤技術をベースとする技術においては（特に）これを行う“ひと”の意識の革新とこれを支援する仕組みが必要と考えている。

## 文献

- (1) 大富浩一、羽藤武宏、“1DCAE によるものづくりの革新”、東芝レビュー Vol.67 No.7, 2012
- (2) Michael F. Ashby, Materials Selection in Mechanical Design, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann 2011
- (3) Richard P. Feynman, Lecture on Physics, The New Millennium Edition, Basic Books 2011
- (4) 木村建一、“建築設備基礎”、pdf version0.8.1, April 22, 2011
- (5) 日本機械学会誌, 小特集“技術ロードマップから見る 2030 年の社会”, Vol.119 No.1170, 2016