
Technical science (Analogy)

In the past, it has been said that Japan is a great manufacturing country. The government is pushing forward industrial policies of technological bias as it seems to be. In order to have industrial competitiveness, it is necessary to have a method to produce large quantities of products in good quality, efficient and inexpensive, and technology to support them. It was based on the premise that labor cost is low to make things at low cost. Engineering has been highly developed from the viewpoint of increasing scale and efficiency. Besides, each technology requires skill of individuals, and skills and design skills of craftsmen are required. (Traditional crafting is a technique of individual craftsmen, it is required for the skill of a craftsman and the ability of a unique design, so it is excluded from the category of engineering.)

On the other hand, STEM, science, technology, engineering and mathematics are said to be important for contemporary science and technology education. For technology innovation, science and mathematics are important as well as technology and engineering. The arrival of the era of artificial intelligence AI is close at hand. In the AI era, labor cost can be greatly cut. Then, outsourcing in developing countries where personnel expenses are inexpensive, and the production base themselves need not be transferred overseas. Production can be made near the point of consumption by remote control, so you can cut logistics costs. AI seems stuffy good, but simple workers lose their jobs, those with poor brain labor become poorer.

In order to develop AI technology, computer software, mining from huge data and statistical analysis are required. (note: To add a word, AI and expert system are not the same. An expert system with a predetermined decision table is not an AI. It can rewrite his Decision Table by yourself.) Mathematical sense such as advanced scientific knowledge, programming etc is required for those with a good command of AI. For that reason, in order to maintain industrial competitiveness, priority should be given to science and mathematics. In particular, my opinion is that math education should be the top priority.

It does not mean that we should not dispense with technology. However, even if you compete in industries with quantities, quality and price, they will be overtaken and then outstripped by the later producers. In order not to be overtaken it is necessary to continue to produce creative products that have never existed. Design is also important there, but furthermore, innovation by new science & technology is important. For that reason new fields of science and math are needed.

For example, it is a research field of science of technology, that is, technical science which consist of modeling, quantification, measurement, discretization, calculation. (It is different from the model theory to discuss mathematical structure and stability)

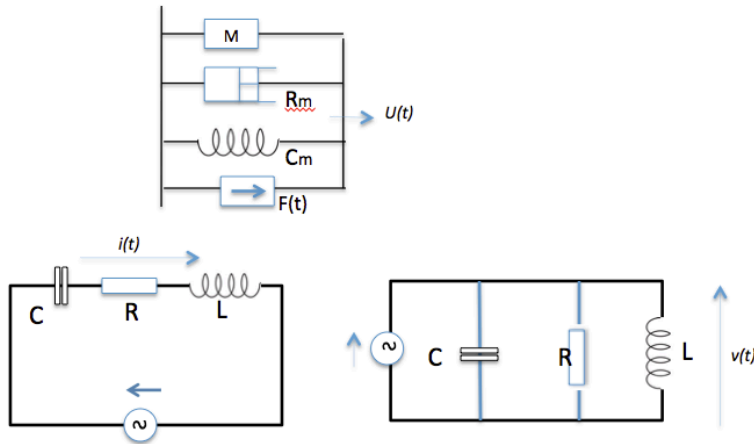
More than 400 years ago, Galileo Galilei said that nature is described in the language of mathematics. Einstein's relativity theory changed the universe 100 years ago.

The view of space can be said to be mathematics. Furthermore, in modern times, the viewpoint of discrete things, how to divide, how to calculate has become useful. Science handling information became the premise of all sciences, following mathematics.

(note: Information science is discrete mathematics.)

Well, here is the main question. Technology was first and it was common to make a scientific interpretation later. However, by abstracting the technology that can exist in the real world, recognizing it as a model, and mathematically interpreting it, we can find invariant meaning and develop it. That is model theory. The modeling approach starts with analogy. Abstract

phenomena or events are described mathematically. Analogy similarity appears between different phenomena / events.
The correspondence is logical, not physical.



$$M \frac{du(t)}{dt} + R_m u(t) + \frac{1}{C_m} \int u(t) dt = f(t)$$

$$L \frac{di(t)}{dt} + R i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = v(t)$$

$$C \frac{dv(t)}{dt} + G v(t) + \frac{1}{L} \int v(t) dt = i(t)$$

From these equations, look at correspondence between mechanical system and electrical system.

mechanical system

force f
velocity u
distance x
mass M
mechanical resistance R_m
compliance C_m
dynamic energy $1/2 M u^2$
potential energy $1/2 C_m x^2$
energy consumption $R_m u^2$

electrical system 1
(force → voltage)

voltage v
current i
charge q
inductance L
resistance R
capacitance C
magnetic energy $1/2 L i^2$
electrostatic energy $1/2 C q^2$
energy consumption $R i^2$

electrical system 2
(force → current)

current i
voltage v
magnetic flux ϕ
capacitance C
conductance G
inductance L
electrostatic energy $1/2 C v^2$
magnetic energy $1/2 L i^2$
energy consumption $R v^2$

(topology)

parallel
direct

direct
parallel

parallel
direct

Impedance is a word expressing the ratio of pressure and flow. The product of pressure and flow is power rate, i.e. the rate of doing work. Electrical impedance is the measure of the opposition that a circuit presents to a current when a voltage is applied. Reactance is the ratio of voltage and current in an inductor or a capacitor of an AC circuit. When the impedance is represented by a complex number, its imaginary part is called reactance, and the real part is called resistance. Resistance can be compared with viscosity of mechanical system, frictional force and so on. When impedance is represented by a vector, the horizontal axis is resistance and the vertical axis is reactance. The magnitude of the reactance of the coil of the inductance L is ωL , and the magnitude of the reactance of the capacitor of the capacitance C is $1/(\omega C)$. ω is the angular frequency \rightarrow the angular velocity.

Reactance has the same dimensions as electric resistance, and has ohm, Ω as a unit, but reactance is a pseudo resistance which does not consume energy. Inductive reactance, also called sensitive resistance. Reactance is the coefficient of the first-order differential term of the differential equation of the current and the coefficient of the first-order integral term, and is a coefficient indicating the ratio of the phase component that is shifted.

$$v(t) = L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{1}{C} \int I dt$$

When an AC power supply is connected to the inductor, self-induced electromotive force in the direction opposite to the power supply voltage is generated. At this time, the voltage-current ratio of the inductor is expressed as $X_L = \omega L$ [Ω] (ω : angular frequency, L: self inductance) and can be regarded as a pseudo resistor. This voltage-current ratio X_L is referred to as inductive reactance. The forces acting in the opposite direction, such as induced resistance of aerodynamics, induced drag force and so on, are all the same as the concept of inductivity here. At this time, the phase of the power supply voltage advances by $\pi / 2$ rad (90 degrees) than the current flowing through the inductor.

When an AC power supply is connected to a capacitor (capacitor), since the voltage of the power supply changes, the capacitor repeatedly charges and discharges, and the current generated by the power supply and the current discharged and charged by the capacitor cancel each other. At this time, the voltage; It is expressed as $X_C = 1 / \omega C$ [Ω] (ω : angular frequency, C: capacitance) and can be regarded as a pseudo resistance. This voltage-current ratio X_C is referred to as "capacitive reactance." At this time, the phase of the power supply voltage is delayed by $\pi / 2$ rad (90 degrees) from the current flowing through the capacitor. This is similar to the 90 degree delay due to the moon tide.

The subject of model theory also extends to social science. Math is not just computation, it is also the science of thinking. Moreover, the new field of math called discrete mathematics is useful. We refer to technology theory as discrete mathematical position as model theory. To introduce AI, understanding and development of model theory is important.

S. kusafusa
Сейджирос Кусафуса, В жаркий летний день 2018

技術の科学 (抽象化とモデル化)

かつて、わが国はものづくり大国といわれてきた。これからもそうであるようにと、政府は技術偏重の産業教政策を推し進めている。産業競争力を付けるには、大量の製品を品質良く効率的かつ安価に生産する方法と、それらを支える技術が必要である。低いコストでものを作るには、労働力コストが低いことが前提に立っていた。大規模化、効率化という観点で、エンジニアリングが高度に発達してきた。しかも、技術を扱う個人は、まだ多少の職人の熟練が求められる。(伝統工芸の世界では匠の技術と意匠力を要求されるが、科学技術には入れないで置く。)

一方、現代の科学技術教育には、STEM、すなわち科学(science)、技術(technology)、エンジニアリング(engineering)、数学(mathematics)が重要だといわれる。技術の革新には、技術とエンジニアリングだけではなく、科学と数学が重要だというわけである。人工知能AIの時代の到来が、目前に迫っている。AIの時代には、労働力コストを大幅にカットできる。すると、人件費の安い開発途上国にアウトソーシングや生産拠点そのものを海外に移す必要がなくなる。生産は遠隔操作により消費地と近いところで作ることができるので、物流コストをカットできる、AIはいいことづくめに思えるが、単純労働者は仕事を失い、頭脳労働の劣者は貧しくなっていく。

AI技術を開発するには、コンピュータソフトウェア、膨大なデータからのマイニングと統計学的な解析が必要になる。(一言付け加えておくと、AIとエキスパートシステムは同じではない。

予め決められたデシジョンテーブルを持ったエキスパートシステムは、AIとはいえない。AIは、自分で自分のデシジョンテーブルを書き換えることができる。) AI技術を使うためには、高度な科学の知識、プログラミングなど数学センスが必要になる。そういう理由で、産業競争力を得て維持していくには、科学と数学を優先すべきである。特に、数学教育が最優先ではないだろうかというのが、私の意見である。

技術を疎かにしろと言っているのではない。しかしながら、あなた方が、数量と品質と価格で産業競争していても、いずれは後発の生産国の追いつかれ、outstrippedされる。追い越されないためには、これまででない創造的な製品を生み出し続ける必要がある。そこには意匠も重要であるが、さらに、新たな科学技術による革新が重要である。そのために科学と数学の新たな分野が必要になってきている。

例えば、技術を科学する、すなわち、技術科学という研究分野である。モデル化、計量化、計測、離散化、計算といった科学である。(数学の構造や安定性を議論するモデルの理論とは異なる)

400年以上も前に、ガリレオ・ガリレイは自然は数学という言葉で記述されているといった。100年前に、アインシュタインの相対性理論により、宇宙観は変わった。宇宙観が数学といってよい。さらに、現代は、離散的なものの方、分け方、計算方法の有用になってきた。

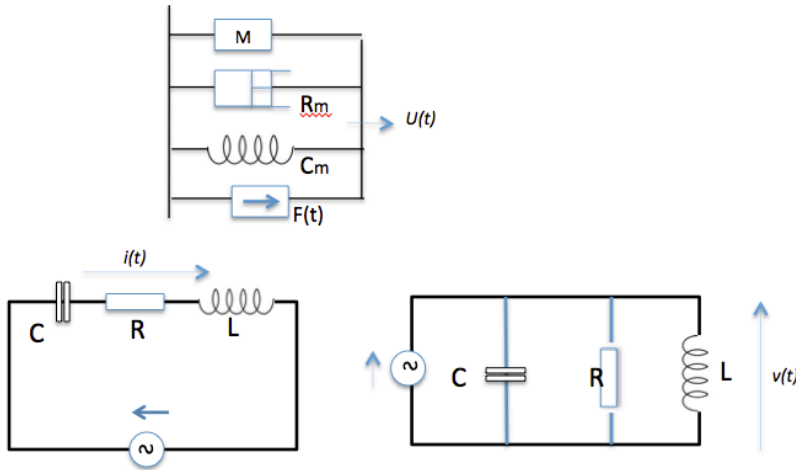
情報を扱う科学が、数学に次いで、全ての科学の前提になった。(情報科学は離散数学である。)

前提となる前話しが長くなった。本題に入ろう。これまでの技術を科学的に捉えて論じることは多くはなかった。技術が先にあって、後付けで科学的な解釈をするのが一般的だった。しかし、現実世界に存在し得る技術を抽象化しモデルとして認識して、数学的に解釈することで、不変的な意味を見つけ、発展させていくことができる。それがモデル化である。

モデル化のアプローチは、アナロジーから始まる。抽象化した現象または事象を、数理で記述する。異なる現象・事象の間に、アナロジー類似性が見えてくる。対応関係は、物理的ではなく、論理的である。

例えば、機械系と電気系のアナロジーを考えてみる。

振動振動系と交流直列RLC共振回路、交流並列RLC共振回路を方程式から比較する。



$$M \frac{du(t)}{dt} + R_m u(t) + \frac{1}{cm} \int u(t) = f(t)$$

$$L \frac{d}{dt} i(t) + R i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = v(t)$$

$$C \frac{d}{dt} v(t) + G v(t) + \frac{1}{L} \int v(t) = i(t)$$

ここから、機械系と電気系の対応を眺めてみる

機械振動系

力 f
 速度 u
 変位 x
 質量 M
 機械抵抗 R_m
 コンプライアンス C_m
 運動エネルギー $1/2 M u^2$
 位置エネルギー $1/2 C_m x^2$
 エネルギー消費 $R_m u^2$

電気(力→電圧)

電圧 v
 電流 i
 電荷 q
 インダクタンス L
 抵抗 R
 静電容量 C
 磁気エネルギー $1/2 L i^2$
 静電エネルギー $1/2 C q^2$
 エネルギー消費 $R i^2$

電気(力→電流)

電流 i
 電圧 v
 磁束 ϕ
 静電容量 C
 コンダクタンス G
 インダクタンス L
 静電エネルギー $1/2 C v^2$
 磁気エネルギー $1/2 L i^2$
 エネルギー消費 $R v^2$

(トポロジー)

並列
 直列

直列
 並列

並列
 直列

インピーダンス impedance は、圧と流の比を表す単語である。圧と流の積は仕事率 power, the rate of doing work である。電氣的インピーダンスは、電圧が印加されたときに回路が電流に与える反対の尺度である。リアクタンス reactance は、交流回路のコイル(インダクタ)やコンデンサ(キャパシタ)における電圧と電流の比である。インピーダンスを複素数で表したとき、その虚部をリアクタンスといい、実部をレジスタンスという。インピーダンスをベクトルであらわすと、横軸をレジスタンス、縦軸をリアクタン

スという。レジスタンスは、機械系の粘性、摩擦力などに対比できるかもしれない。インダクタンスLのコイルのリアクタンスの大きさは ωL 、また、容量Cのコンデンサのリアクタンスの大きさは $1/(\omega C)$ となる。 ω は、角周波数→機械系では角速度である。

リアクタンスは電気抵抗と同じ次元を持ち、単位にオーム Ω を持つが、リアクタンスはエネルギーを消費しない擬似的な抵抗で、誘導抵抗ともいう。リアクタンスは、電流の微分方程式の1次微分項の係数および1次積分項の係数であり、ずれた位相成分の比率を示す係数である。

$$v(t) = L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{1}{C} \int I dt$$

リアクタンスには2種類ある。インダクタに交流電源を接続すると、電源電圧とは逆向きの自己誘導起電力が生じる。このとき、インダクタの電圧電流比は、 $XL = \omega L$ [Ω] (ω :角周波数、L:自己インダクタンス)と表され擬似的な抵抗と見なせる。この電圧電流比 XLを誘導性リアクタンス inductive reactance という。空気力学での誘導抵抗、誘導抗力 inductive drag などと呼ばれる反対方向に働く力は、皆、ここでの誘導性の概念と同じである。このとき電源電圧の位相はインダクタを流れる電流よりも $\pi/2$ rad (90度) 進んでいる。

キャパシタ(コンデンサ)に交流電源を接続すると、電源の電圧が変化するためにコンデンサは充電・放電を繰り返し行い、電源で発生する電流とコンデンサが放電・充電する電流と打ち消し合う。このとき、キャパシタの電圧電流比は、 $XC = 1/\omega C$ [Ω] (ω :角周波数、C:静電容量)と表され擬似的な抵抗と見なせる。この電圧電流比 XCを容量性リアクタンス capacitive reactance という。このとき電源電圧の位相はキャパシタを流れる電流よりも $\pi/2$ rad(90度) 遅れている。この遅れには月の潮汐力による潮位の遅れが相似する。

モデル化の対象は、社会科学にも及ぶ。数学は計算だけではない、考え方の科学でもある。しかも、離散数学という新たな数学の分野が有用である。