

2404 専門分野を超えたダイナミクスとモデル化への試み

長松, 昭男 / SUMIDA, Shizuo / NAGAMATSU, Akio / 角田, 鎮男

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

設計工学・システム部門講演会講演論文集

(号 / Number)

12

(開始ページ / Start Page)

329

(終了ページ / End Page)

330

(発行年 / Year)

2002-11-27

2404 専門分野を超えたダイナミクスとモデル化への試み

A Study on Dynamics and Modeling Approach over Specifications

○正 長松 昭男 (法政大) 正 角田 鎮男 (キャテック)

Akio NAGAMATSU, Hosei University, Kajino-cho, Koganei-shi, Tokyo
Shizuo SUMIDA, CATEC Inc.

A concept of dynamics unifying engineering disciplines is put forward. A common expression of governing laws over different specifications as solid, fluid, electrical dynamics is presented. Two kinds of state values, namely flow value and potential value, are introduced as common state values over different engineering fields. New definitions of characteristics such as mass, stiffness, capacitance and inductance are proposed in a common manner directly based on energy theorem. A new approach of modeling is presented based on this dynamics.

Key words: Dynamics, Energy, State Value, Characteristics, Modeling, Functional model

ま え が き

機械は、熱、流体、電気、運動、ひずみ、位置などの間を、エネルギー形態が縦横無尽に移動し変化することによって、機能し使命を果たす。一方工学では、機械、電気、熱、流体などの各分野が、それぞれ固有の支配法則に基づく独自の理論体系を形成し、互いに越え難い壁を作っている。学問の世界ではそれでいいかも知れないが、物造りの世界ではこのようなことは通用しない。このような工学と物造りの乖離が、設計開発の工学・技術面からの筋通しを困難にしている。そして、情報手段が発達しCAD、FEM、CAEのツールが完備した現在でも、現場は人の英知・勘・経験に頼る試行錯誤の繰返しから脱却できていない。

最近、グローバル情報化の下で企業形態が急速に変わりつつあり、その一つに、製品全体をコンピュータ内で再現できる仮想製品を構築し、それを用いて設計開発を同時並行協調して行う動きがある。仮想製品構築の最大の障害は上記の問題であり、異なる専門分野を横断するダイナミクスと、それに基づいて、実体のない段階で製品の機能を直接表現できるモデル化手法を確立することが急務である。

著者らは、機械メーカーでのこのような切迫したニーズにより、この問題を解決する糸口を探っている。本論文では、エネルギーを直接表に出すことにより、異なる工学分野を統合できる可能性を有するダイナミクスへの試みを論じ⁽¹⁾、これに基づく新しいモデル化手法^{(2)⑨}を紹介する。

機械系力学の見直し

機械系の力学を、初心に帰って見直してみる。

1. 力学は文字通り力の学問である。例えば、根幹の支配

法則は力の釣合である。

2. 変位と力を基本の状態量にとっている。
3. 質量、こわさ、減衰が状態量間の関係、すなわち力と加速度、力と変位、力と速度間の関係として定義されている。状態量は特性が機能した結果生じるものであるから、結果を用いて原因を定義していることになる。
4. 質量、こわさ、減衰は同一対象の特性（力学的性質）であるから、何らかの関係があるはずだが、互いに無関係とされている。

これらは、我々研究者や技術者が長年慣れ親しみ何の疑問もなく用いていることであるが、機械系特有の流儀であり、他の専門分野では通用しない。

専門分野を超えた力学の統合を視野に入れるとき、機械系の力学のうち以下の点に関して見直す必要があると考える。

1. 力ではなくエネルギーを直接表に出した力学の概念を構築する。
2. 変位と力ではなく速度と力を基本状態量にとる。
3. 力の釣合の概念を見直す。
4. 変位の連続性の概念を見直す。
5. 特性を見直す。すなわち、質量、こわさ、減衰を力に基づいた状態量間の関係として定義するのではなく、エネルギーに基づいて定義し直す。

エネルギー系を構成する状態量

機械系力学を上記のように見直せば、工学系の専門分野を横断するダイナミクスへの糸口が見えてくる。

まず状態量について、複数の専門分野に共通する事項に

注目し、それを手掛りにして、専門分野を超えた状態量の定義付けを試みる。

エネルギー系を構成する状態量には、多い少ないの言葉で表せる量的状態量と、強い弱い言葉で表せる質的状态量の2通りがある。著者らは、前者を流動量、後者を位差量と呼んでいる。流動量を支配する条件は連続、位差量を支配する条件は釣合である。流動量と位差量の積はエネルギー（正確にはパワー）になる。機械系、電気系、流体系について例を上げれば、流動量としては速度、電流、流量が、また位差量としては、力、電圧、圧力がある。

エネルギー系を構成する特性

特性は、流動量と位差量間の相互変換を司る媒体(物質)の性質であり、エネルギーを保存・吸収・放出でき、エネルギー保存場を形成する保存特性と、エネルギーを保存できず熱に変え、エネルギー非保存場を形成する非保存特性に分けられる。保存特性は、エネルギーを流動量の形で保存する流動保存特性と、位差量の形で保存する位差保存特性に分けられる。例として、前者に質量とインダクタンス、後者にこわさと電気容量が上げられる。流動保存特性と位差保存特性は、互いに双対関係にある。非保存特性の例として、機械抵抗(粘性と塑性)と電気抵抗が上げられる。

機能モデル

図1~6に、著者らが提案した機能モデルに用いる主な記号と、機械・電気・流体の1自由度系の簡単な例を示す。

まとめ

機械系力学を見直し、他の専門分野との共通化が可能なように、若干の修正を試みた。そして、工学分野を統一するダイナミクスへの足がかりとして、エネルギー系を構成する状態量と特性の定義を、分野を横断する形で示した。次にこれ

	Potential value	} State value
	Flow value	
	$C = A + B$	
	Partition	
	$B = -A$	
	$B = RA$ (R: Coefficient)	
	$B = PA$ (P: Characteristic)	
	$B = \int A dt$	

Fig.1 Main symbols for functional model

らに基く新しいモデル化手法を提案し、それを具体化する機能モデルを紹介し、1自由度系の簡単な例を示した。

文献

- (1) 長松, 機誌, 104-986(2001), 41-45.
- (2) 長松他, 機論, 64-622, C(1998), 1997-2004.
- (3) 長松他, 64-627, C(1998), 4216-4223.
- (4) 角田他, 65-632, C(1999), 1403-1410.
- (5) 角田他, 機論, 65-635, C(1999), 2601-2608.
- (6) 平松他, 機論, 65-638, C(1999), 3926-3933.
- (7) 平松・角田・長松, 機論, 68-671, C(2002), 2074-2081.
- (8) 平松・角田・長松, 機論, 68-671, C(2002), 2082-2089.
- (9) 平松・角田・長松, 機論, 68-671, C(2002), 2090-2097.

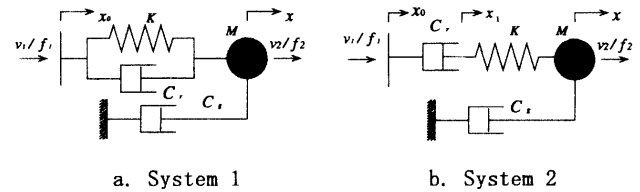


Fig.2 Conventional model of SDOF(single degree of freedom) mechanical system

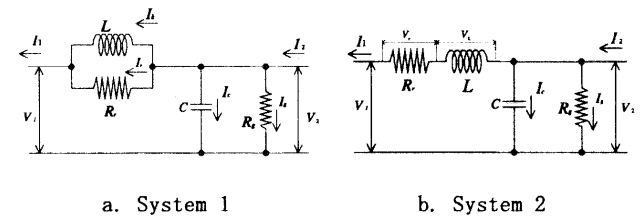


Fig.3 Conventional model of SDOF electrical system

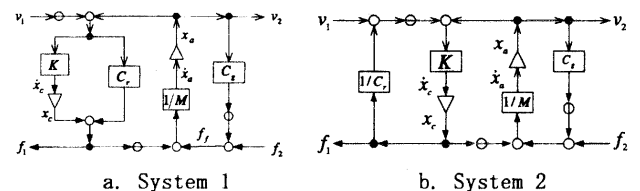


Fig.4 Functional model of SDOF mechanical system

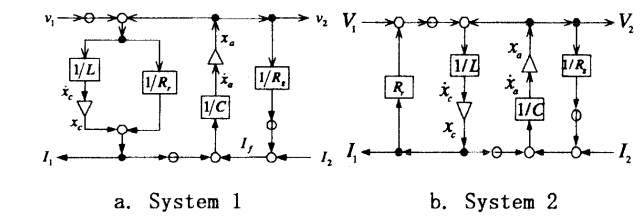


Fig.5 Functional model of SDOF electrical system

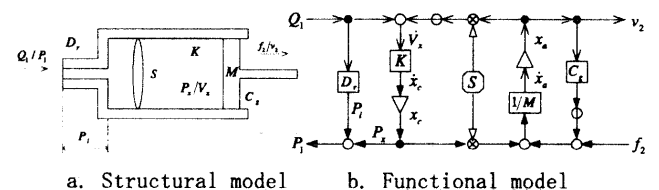


Fig.6 Pneumatic cylinder