

計算工学教育のシラバスと育てる人材について

Syllabus and Target Human Resources for Computational Engineering Education

越塚誠一

Seiichi Koshizuka

工博 東京大学 工学系研究科 教授 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail: koshizuka@sys.t.u-tokyo.ac.jp)

A syllabus for computational engineering education is proposed. Positioning of the computational engineering in the various areas of engineering application is presented. The role of the human resources produced by the present education is discussed.

Key Words : Computational Engineering, Computational Mechanics, Human Resources, Digital Twins

1. はじめに

計算力学および計算工学は、ものづくりにおけるデジタル化の主役であり、これからの高度なものづくりには欠かすことができない学問領域である[1, 2]。また、日本は食料・資源・燃料を輸入に頼り、その一方で高度な工業製品を輸出することで豊かな社会を維持することができている。日本の国土の制約により、こうした構図はこれからも大きくは変わらないであろう。従って、計算力学および計算工学の教育や人材育成は、長期的な視点からも、日本にとって極めて重要である。

計算力学および計算工学の研究・教育については、国内において産学連携が盛んに行われている[3]。海外では計算力学を教育する専門課程の例もある[4]。また、計算工学の普及の方策が検討されている[5]。日本機械学会では計算力学技術者資格認定事業が2003年度より継続して行われている[6]。

ここでは、計算力学および計算工学の教育のシラバスについて、著者の私見を示す。特に、計算力学・計算工学と各領域工学（建築・土木・機械・自動車・航空宇宙・船舶・原子力・化学工学など）との関係を明確にした上で議論する。さらに、このような教育プログラムで育成された人材が産業においてどのように活躍できるのか考察する。

2. 計算工学教育のシラバス

工学は伝統的に対象の領域ごとに専門の名称が付されてきた。建築・土木・機械・化学工学などであり、もう少し細かい領域としては、自動車・航空・宇宙・船舶・原子力・鉄道・道路といった名称であろう。これらの名称を持つ工学を領域工学と呼ぶことにする。固体力学や流体力学はこうした領域工学のいずれにも関わる横断的な学問であり、計算力学も同様な横断的な学問である。従って、伝統的な領域工学とは重なりを持つつも、異なる座標軸での名称である。領域工学は縦糸、計算力学は横糸であると言うこともできよう。

次に計算工学という名称であるが、筆者のこれまでの経験では、計算力学は対象とする領域工学をできるだけ

抽象化して、むしろ普遍的な数学的あるいは物理的な内容を指したい場合に用いられ、計算工学は計算力学において工学的に有意義な内容を指したい場合に用いられている。そこで、図-1に示すように計算工学は、計算力学を含みこれに領域工学を加えた領域と考えたい。

計算力学のシラバスはどのような科目から構成されるであろうか。対象領域を明確にしない工学の専門課程はなかなか成立しがたいが、たとえばフランスのグランゼコールEnseirb Matmecaを参考に、計算力学を構成する科目を大きく3種類に分けると、力学、数学、計算機になるのではないか。力学には、固体力学、流体力学、伝熱があり、いわゆる四力学（ただし、機械力学と材料力学を合わせて固体力学としている）に相当する。数学には微分方程式や統計などがあり、計算力学の基礎である。計算機にはハードウェア、プログラミング、可視化、さらにはV&V(Verification and Validation)も加えたい。その他に、商用あるいは汎用ソフトウェアを用いて具体的な固体解析や流体解析を行う実習が含まれるべきであろう。

もちろん、大学・大学院教育ではこれら以外にもビジネスや一般教養の科目を教育することも必要とされるであろうが、計算力学の専門課程からは除外する。

V&Vはシミュレーションの信頼性を高めるための方法論であるとともに、得られた結果の適用限界を見極めることにもつながる。すなわち、計算力学を工学的对象に適用する際に必要であり、計算力学と計算工学をつなぐ知識である。さらには、理論や実験とシミュレーションをつなぐ知識もある。

大学や大学院でこのような計算力学・計算工学の専門課程を実際に作ることは現実的であろうか。フランスでは実際にそのような専門課程が存在するが、日本では難しいと筆者は考える。第1に対象の領域が明確ではない専門課程は工学分野では認められにくいのではないか。第2にソフトウェアがあまり重視されない風潮がまだ残っており、計算力学あるいは計算工学を学科や専攻にできるほどの規模を持った専門領域とは認められないのではないか。このような場合は、新しい学科あるいは専攻で

はなく、既存の学科群あるいは専攻群の中で、横断的なサブプログラムとして計算力学あるいは計算工学を導入することが考えられる。

3. 計算工学の人材

もし、計算力学あるいは計算工学の専門課程を修了した人材が輩出されるとしたら、社会においてこうした人材はどのように活躍できるだろうか。

文部科学省の調査によれば[7]、企業が求める理工系人材において最も必要性の高い科目は力学であり、その他にシミュレーション技法や統計学も必要性が高いとされている。一方、大学では微積分や線形代数の必要性が高いとされている。力学にシミュレーション技法を加えた分野はまさに計算力学であり、こうした知識を持った人材は企業においてニーズが高いと言えよう。

では、企業において計算力学あるいは計算工学の教育を受けた人材は具体的にはどのように働くことになるであろうか。企業における働き方として、専門職か総合職か、あるいはジョブ型かメンバーシップ型か、という分類で考えれば、専門職あるいはジョブ型であろう。計算力学は横断的な分野であり、その人材は固体力学や流体力学のソフトウェアを使うことができるというスキルを有している。資格制度[6]の充実とともに、専門職として企業や社会に認知されるようになると期待できよう。また、専門職の方向性は、計算力学・計算工学が横糸の学問領域であることも整合している。

一般的に、専門職は若者、女性、外国人に有利である。発展しつつある分野では最新の知識が求められ、専門職では教育を受けた直後の人材の価値が高くなりがちであり、若者が有利になる。逆に総合職であると、特定の企業に長く在籍して経験を積むことが有利になる。また、専門

職では切り分けられた仕事を高い専門性を持って処理するというジョブ型の働き方になり、個人生活の事情を反映しやすい。これは女性が不利になりにくい構造である。

4. おわりに

ここでは計算力学あるいは計算工学を専門課程とするシラバスの概要を示した。また、こうした専門課程を修了した人材は企業において専門職あるいはジョブ型として活躍できることを述べた。

参考文献

- [1] 科学技術振興機構: 戰略プロポーザル 革新的デジタルツイン ~ものづくりの未来を担う複合現象モデリングとその先進設計・製造基盤技術確立~, CRDS-FY2017-SP-01 (2018).
- [2] 越塙誠一: Society5.0におけるデジタルツインの不確かさを含めたV&V, 日本機械学会2020年度年次大会, Online, 2020.9.13-9.16, F01108.
- [3] 藤井孝蔵, 松尾裕一: 知識や働きを活かすデジタルツイン・デジタルスレッドの構築に向けて, 日本機械学会2022年度年次大会, 富山, 2022.9.11-14, C011-04.
- [4] <https://enseirb-matmeca.bordeaux-inp.fr/fr/mathematique-et-mecanique>
- [5] 菊地彌: CAEの解析ソフトはなぜ"Black Box"化できないのか, 計算工学講演会論文集, 秋田, 2022.6.1-6.3, D-01-01.
- [6] <https://www.jsme.or.jp/cee/>
- [7] 飯村亜紀子: 「産学連携によるイノベーション人材育成への期待」日本工学会 科学技術人材育成コンソーシアム 第9回 科学技術人材育成シンポジウム (2018).

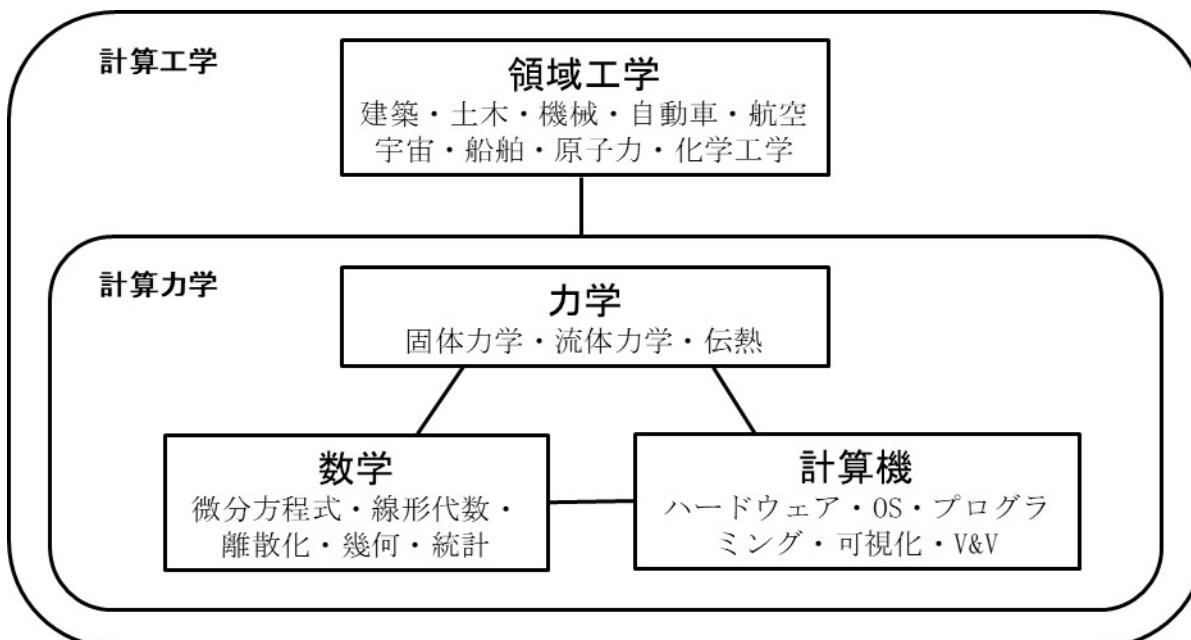


図-1 計算工学と計算力学のシラバス