

建設関連業界でこれから必要とされる人材像とは？

新潟大学 正会員 安田浩保
小野組 正会員 八幡和雄
小野組 正会員 小野貴史

1. はじめに

建設関連業界において、担い手不足の問題が顕在化して久しい。しかし、現在においてもなおその問題の解決の兆しは見えないとの見方が大方であろう。本稿では、まず、科学技術全般の趨勢と、日本の土木工学の研究力について俯瞰し、これらの視点から今後建設関連業界において必要な人材像がどのようなものであるかを論じる。

2. 4度の産業革命

人類はこれまでに4度の産業革命¹⁾を起こしてきたと言われている。図-1に示したとおり、1度目の産業革命は、18世紀後期から19世紀中期にかけての石炭を用いた動力の獲得である。図中の縦軸は生産性の度合いを示している。この動力の獲得により、土木工学においては、それまでの人力に代わり、建設機械を用いることが可能となり、大規模な土木事業が可能となった。19世紀後期から20世紀初期にかけては石油を用いるようになり、土木工学をはじめ、人類全体の生産性がさらに飛躍的に向上した。その後、20世紀後期になり、人類は、半導体により計算能力の飛躍的な向上にも成功した。しかし、他国と比較すると、日本は、GDPの成長率や、後述する研究力の停滞などから、半導体による産業革命の恩恵を十分に受けられていないことが推測される。このことは、日本という国としてだけでなく、土木工学や建設関連業界の発展についてもそのまま当てはまる。そして、現在、世界各国やさまざまな科学技術の分野は、第四の産業革命と言われるデータによる産業革命の黎明期に立っている。

3. 土木工学の研究力

日本の土木工学は世界的に高く評価されてきた。それを支えているのは、土木工学のさまざまな分野についての学術研究である。図-2は2018年から2020年の3年間ににおける世界各国の土木工学の学術論文（構造力学、水工学、地盤工学、材料工学のそれぞれの分野におけるトップジャーナル）の発表数²⁾を整理したものである。2018年から2020年の3年間に世界全体で約1.5万編の論文が発表され、この中の日本の発表数は350編に留まり、順位としては14位である。

紙面の関係で図としての掲載は割愛するが、医学、物理学、化学、生物学などについても同様に集計したところ、米国、中国、ドイツ、英国に続き日本は第5位であった。また、世界各国の研究者人口については、UNESCO³⁾の集計によると、中国、アメリカに続き第3位である。研



図-1 人類が経験してきた4つの産業革命

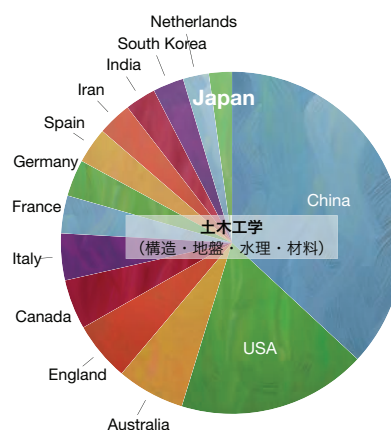


図-2 土木工学のトップジャーナルに占める日本人の論文数 (集計対象論文: *Eng. Struct.*, *J. Struct. Eng.*, *Eng. Geol.*, *Geotechnique*, *J. Hydrol.*, *Water Resour. Res.*, *Water Res.*, *J. Hydraul. Eng.*, *Ocean Eng.*, *Coast. Eng.*, *Constr. Build. Mater.*, *Cem. Concr.*, *Cem. Concr. Compos.*)

究者の数としては第1位の中国のおよそ1/3程度である。GDPの日本の順位は第3位もしくは第4位である。これらのことから、日本の土木工学の論文の発表数が14位であることは、日本全体の国力の低下などを要因としては考え難い。日本の土木工学の固有の問題であるものと推測される。また、この結果から、日本の土木工学の研究者の多くは、すでに世界的な競争力を失っていると云わざるを得ない状況にあることが推察される。次に、この状況が看過されれば、早ければ今後10年ほどで土木技術を他国から輸入せざるを得ない状況にまで状況が悪化することが予想される。

2021年度より、文部科学省は、博士人材の育成強化事業を開始している。博士人材の数の増強が重要であることは言うまでもないが、特に土木工学の分野においては世界的な競争力を有する質の高い博士人材の育成を意識することが非常に重要である。繰り返しになるが、すでに日本の土木工学の研究力は世界的な競争力を失っていると云わざるを得ない状況にある。日本の土木工学の

Key Words: 人材育成、研究開発、デジタルトランスフォーメーション全体が一丸になり、明確な目標の設定と、それを実現す
〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町 8050 TEL 025-262-7053

る有効な手段を選択しない限り、質の高い博士人材の育成の実現は非常に難しい状況にある。また、今後も土木技術を自国での開発が可能とするためには質の高い博士人材の育成は極めて重要である。

このように、日本の土木工学は間違いなく窮状に瀕している。しかし、前章で述べたとおり、現在、データによる産業革命の黎明期にある。特に、土木工学は、世界各国で例外なくこれまでどの専門分野もモデル解析を中心に発展してきた特徴がある。土木工学の研究は、データによる産業革命により大きく前進できる可能性がある。現時点において各国のその可能性には大きな優劣はないと考えられ、いわゆるデータ科学を研究手法に加えることによって日本の土木工学の回復を期待できる。

4. 土木工学の学部教育の現在と未来

日本はこの10年ほど様々な自然災害に見舞われてきた。このことを契機として、著者が知る範囲では、土木工学を志望する学生が増加する傾向にある。しかもそれらの学生は学習意欲にも優れることが多い。これらの学生に対し、おそらく国内のほとんどの大学において、構造力学、水理学、地盤工学、材料工学などを中心とした土木工学の学部教育が実施されている。若干の教育内容の見直しはされているであろうが、中央省庁の入省試験についても昭和時代からの内容が継承されていることなどから、土木工学の教育の基軸は昭和時代から保持されていると考えてよいだろう。

現在、土木工学の実務においては、生産性の向上などを理由として、デジタルトランスフォーメーション(DX)の導入や移行が進められている。この移行を主に担っているのは、大学において力学的な観点からの土木工学を学んだ技術者たちである。しかし、DXの導入や移行において必要となる知識は従来からの力学的な観点からの土木工学の知識に加え、情報学の知識が必須となる。しかし、現在の日本の土木工学の技術者から構成されるピラミッドの中には情報学の知識を携えた技術者は例外である。この状況において、DXの導入や移行は、賢明ではない。また、現在、必ずしも効果的にDXの導入を進められない理由として、土木技術者が情報学の素養に乏しいことを疑い、その改善に努めるべきであろう。

5. 建設関連業界において必要な人材像

著者の一人は、2016年より、信号処理理論と素粒子物理学の研究者ともにデータ科学型の河川工学を構築する取り組みを開始している。この研究の端緒となったのは、河川の物理を従来の100万倍程度の大量な物理量を測定する手法を開発⁴⁾したことである。現在までに、この手法により取得された観測ビッグデータを用い、**図-3**と**図-4**に示した洪水時の河川を制御できるCyber Physical Systemを構築⁵⁾しつつある。一方で、この成果は、観測ビッグデータさえあれば、水理学や河川工学の基礎的な知識がなくても、河川工学の研究が可能であったり、その実務が可能であることを示唆する。

上記の研究成果は、データ駆動型の時代ならではの土

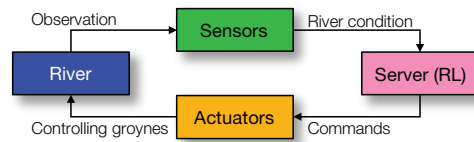


図-3 Cyber Physical System の構成概念図



図-4 洪水時の河道を制御するCPSのプロトタイプ

木工学の研究成果と言えるものである。しかし、この研究成果は、従来の土木工学の技術者にとっては脅威となるものでもある。つまり、このようにデータを中心とした技術体系への移行が進むと、土木工学を習得した技術者以外でも土木工学の実務に容易に参入できるようになることが推察される。担い手の確保に苦慮する中では、他分野からの支援を受けられることは好ましいと捉えられる。一方で、土木工学の基礎を習得していない技術者が大半を占めるようになれば、様々な社会基盤における安全性が担保されなくなることもすぐに予想できる。

このような状況を打開するにあたっては、力学と情報学の両方の知識を携えた技術者を早急かつ計画的に育成する必要がある。また、土木工学におけるDXの推進などの短期的な観点でも有効な対策である。このような人材の方法や場所であるが、その有力な選択肢の一つは、大学院などにおいて、データ駆動型の研究手法による研究活動を通じた育成であろう。

6. おわりに

上記までに述べてきたとおり、現状の日本の土木工学の研究力は好ましい状況にない。また、データ駆動型の時代においては土木工学以外の分野からの参入も容易となることが予想される。この状況の打開に取り組む必要があり、大学院などにおいて、データ駆動型の研究手法により、土木工学の様々な問題を研究し、この研究を通し、特に博士人材の育成に努めることが重要であろう。もしこのような人材を計画的に育成できれば、今後、人口減少が予想されているものの、従来よりも少ない技術者の数で従来以上の質の高い土木工学の技術を実現できる可能性を期待できる。

参考文献

- 1) 国土交通白書(2016).
- 2) Journal Citation Report, <https://jcr.clarivate.com/jcr>.
- 3) https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375148_jpn
- 4) D. Moteki et al.: Capture method for digital twin of formation processes of sand bars, *Phys. Fluids*, 34, 034117, 2022.
- 5) 河川流路制御CPSのためのフーリエ基底による河川健全性評価法, 電気情報通信学会総大会, 2021.