

はじめに

筆者は、機械工学を学んだ研究者である。しかし大学での授業で教えている科目は幅広く、いままで担当した科目の一部を挙げてみると「コンピュータシステム概論」、「機械の基礎」、「電気基礎実習」、「流体工学」、「環境システム論」、「環境シミュレーション入門」、「自然エネルギー入門」となり、多様な専門分野の科目を教えてきた。大学院科目では「生物機械システム特論」、「環境数理特論」を教えていた。よく人からどのような科目を教えているのかと聞かれたときに、的確な返事に困ってしまうことがある。すべての科目をいちいち述べるか、「機械関係を中心にいろいろ教えている…」とごまかして言うてしまうかのどちらにしようかと迷ってしまう。

また研究分野も同様に多様で、主に研究している分野は、都市エネルギーシステムや分散エネルギーシステム（太陽光発電や燃料電池など）のネットワーク化（スマートグリッドなど）、人工生命シミュレーション、生物形態モデルの機械への応用、大気汚染のシミュレーションなどである。よく言えば広い研究分野に取り組んでいるといえるが、悪く言えば軸足がなく節操がない。多くの学会に顔をだすが、どの学会でも中心的な存在にはなれないアウトローの研究者であるといえるかもしれない。授業科目と同様に人から研究のテーマをよく聞かれるが、これも答えに困ってしまう。「いろいろ…」、これでは明らかに変な研究者である。

このような研究者になってしまった背景を簡単に述べるとしよう。もともとは機械工学を学び、修士課程までは流体工学を専門としていた。特に流体の流れをコンピュータで解く数値流体力学（CFD）と呼ばれる分野を研究していた。その後、いわゆるシンクタンクと呼ばれる組織に就職したのであるが、そこでは、主に環境分野の調査研究を行った。特にエネルギーシステムの分析や地球温暖化防止技術の導入予測などであり、さらには流体の知識を応用して大気汚染の拡散シミュレーションなども手掛けた。その後、前任の大学では、これらの経験を応用して研究を進めるとともに、かねてから興味があった生物の機能や原理を工学に応用するバイオミメティクスなどの分野にも取り組んだ。シミュレーションの

技術を用いて、細胞の複製過程のシミュレーションなども実施している。

このような背景のため、いろいろな分野の科目を担当することになり、また研究分野も多様になってしまった。大学の中でも何か一つの研究に特化して、世界の先端を目指す研究室に較べて、学生からみても分かりにくい研究室になってしまっているのではないかと日頃気にしている。とはいっても研究テーマを一つに絞る勇気もない。なぜなら一つに絞って、その分野で研究成果を出し続けることができるかといった不安があるからである。

そんなカオス的な研究者が、授業科目として担当していた「環境システム論」の講義ノート（学生に授業中に配布しているプリント）を、再編集して教科書にまとめることを考えているとき、ふと「文明設計工学」という発想が思い浮かんだ。この科目は、環境問題や地球システム・生命システムを「エントロピー」や「エクセルギー」（これらの用語の意味は第2章で解説）を切り口にしてみていくもので、その中の1回分の講義として、古代文明や江戸時代の社会構造をエクセルギーやエントロピーの視点でみていくという授業をしていた。そして、社会構造をエクセルギーなどの視点で考えることをさらに一步進めて、エクセルギーやエントロピーの視点から将来の望ましい社会や文明の構造を導きだすことができるのではないかと、いわば「文明の構造を設計」することができるのではないかと考えた。

そして「文明設計工学」という着想から、文明の構造の設計を考えているうちに、取り組んでいる研究テーマや授業で教えていることが、一つの線で結ばれていくことがわかった。「文明」をエネルギーという視点でみるときは、授業で教えていたエントロピーやエクセルギーという視点が役に立つし、「文明」を進化というキーワードでみるときは、生物の進化の知識が当てはまった。「文明」を物質の流れでみるときは、環境関係のシミュレーションや機械工学の視点が使える。さらに「文明」を設計という視点からみると機械設計やシステム設計の視点が利用できる。最後に未来の文明を支える基礎的な技術として、筆者が研究テーマとして行っている「自己複製シミュレーション」や「自己組織化エネルギーネットワーク」が使えるのではないかと気が付いた。

本書で述べることは、筆者が授業等で話している内容や、研究成果を中心にまとめたものであり、そこにいくつかの新しい考えを付加して、次にくるべき新し

い「文明」を「設計」という可能性を考えてまとめたものである。もちろん本書でこれからくる文明の設計が完全にできたわけでもなく、また文明の設計手法が確立したわけでもないが、新しい検討分野の可能性を提示できたのではないかと考えている。

本書を読むうえでは、前提となる知識がなくても読むことができるように心がけたつもりである。特にエクセルギーなど熱力学に関する部分は、別枠の解説をいれるとともに、数式などは極力用いずに説明した。理科系の人でも文科系の人にも、新しいアイデアを楽しんでもらえればと思う。また本書を読んだ読者の中から、筆者の考えを超えるアイデアが飛び出してきて、衰退していく日本の処方箋を考えだす人がでてくればと願っている。

本書を執筆するにあたり、このような突飛なアイデアの企画を受け入れていただきました大学教育出版の佐藤守氏、並びに編集を担当していただきました安田愛氏に改めて感謝申し上げます。

システム工学で描く持続可能文明の設計図
—文明設計工学という発想—

目 次

はじめに	<i>i</i>
第 1 章 文明は生きている !? 生物進化に対比してみる文明の興隆と衰退	1
1. 文明は「進化」する	1
2. 文明の「誕生」と「死」；文明の世代交代が文明進化を引き起こす	6
3. 文明の博物学；文明の「進化系統樹」	8
4. 文明の相移転；人類史の2つのパラダイムシフト（農業革命と産業革命）	14
5. 次のパラダイムシフトの可能性	16
第 2 章 エネルギーの視点でみる文明	21
1. エネルギーでみる文明の水準	22
2. エクセルギーとエントロピーの視点でみる文明の構造	24
3. エネルギー資源問題とは無縁の自然界のシステム	45
4. 農耕文明のエクセルギー・エントロピー過程	52
5. 化石燃料文明のエクセルギー・エントロピー過程	56
6. 再生可能エネルギーによる持続可能文明の可能性	60
第 3 章 物質の流れの視点からみる文明	66
1. 文明と科学技術の関係	66
2. 「物質エントロピー」でみる生産工程	69
3. 産業革命の終着点；人間はどこまで複雑な技術をつくれるか	79
4. 新たな産業革命の可能性；3D プリンタは新しい産業革命を起こすか	83
5. 生物に学ぶ新しい機械；自己組織化機械による持続可能文明の可能性	87

第4章 文明を「設計」できるか？	99
1. 文明の将来予測；予測の可能性と限界	99
2. 「予測」から「設計」へ；文明の設計図を描くという発想	102
3. 新しい地球の姿を設計図として描く方法；システム工学の手法の利用	105
4. 次の文明の設計目標と設計仕様	109
5. 次の文明のパラダイムシフトを支える要素技術	112
6. 22世紀文明（次の文明のパラダイムシフト後の世界）の設計図	120
第5章 日本から生まれる太陽と海の文明.....	128
1. 文明のパラダイムシフトが生まれる条件；日本から起こるパラダイムシフト	128
2. 文明の設計図の日本への適用1；太陽の文明（エネルギー立国へのシフト）	133
3. 文明の設計図の日本への適用2；海の文明（資源循環の国へのシフト）	139
4. 地球の「腎臓」の必要性；新しい文明に求められる有害物・放射性物質除去システム	145
第6章 パラダイムシフト後の文明世界の俯瞰	150
1. 文明によって変わる生態系；文明進化は生物進化を加速する	150
2. 文明によって変わる人類；そして「惑星生命体」への進化	152
3. 「惑星生命体」がつくる宇宙生態系への進化	155
さいごに	157

