

## 巻頭言

## シミュレーションと未来予測

(独)海洋研究開発機構理事  
今村 努



2009年の日本国際賞の受賞者にアメリカのメドウズ博士が選ばれた。授賞理由として「成長の限界」報告を基盤とする持続可能な社会形成への貢献が挙げられている。

「成長の限界」は1972年にローマクラブの委嘱によって作成された報告書である。資源、環境、土地など地球の物理的有限性によって、人類の諸活動がこのまま成長を続ければ100年以内に限界点に達し制御不能な危機を迎えるであろうという内容で世界に大きな衝撃を与え、当時日本でもベストセラーになった。この報告書作成に中心的役割を果たしたメドウズ博士はMITの准教授だった。

ローマクラブは、経済成長、資源消費、環境汚染が幾何級数的に拡大する傾向に地球がいつまで耐えられるのかという危機意識を共有した人々によってヨーロッパで誕生した国際団体で、日本からも故大来佐武郎氏他が参画した。今日でこそ持続可能な社会形成は普通に語られることが多いが、今から37年前に出された「地球は有限である」というメッセージが社会に与えたインパクトは計り知れないものがある。また、「成長の限界」には化石燃料の消費に伴う大気中の炭酸ガス増加の問題がハワイの大気中のCO<sub>2</sub>観測データを添えて取り上げられ、「どれくらいの炭酸ガスを放出すると地球の気候に不可逆的な変化を与えることになるのか判明していないが、・・・炭酸ガスが何らかの測定しうる生態学的、気象学的影響をもたらす前に大気中の炭酸ガスの増加を止めることが期待される。」と述べている。気候変動に関する政府間パネルIPCCの設立が1988年だったことを考えれば、その先見性には脱帽するしかない。

この「成長の限界」はシステムダイナミックスという手法を用い、人口、資源、資本、食料、環境汚染の5項目の時間的変動をシミュレーションした一種の未来予測だった。地球上の人間活動とそれを支える仕組みの全体を「世界システム」と呼び、それを定式化するため、システムを構成する様々な因子間の相互関係を経験的に扱った「世界モデル」を構築してシミュレーションを行ったのである。未来予測には明確な目的と採用される方法論が決定的に重要である。「成長の限界」で用いられた「世界モデル」は実際の事象を表現するには単純化されすぎているという批判があった。しかし、報告書に述べられているように、「成長の限界」プロジェクトでは、正確な定量的予測は目的ではなくて、「世界システム」の行動の先行きについて理解をすることに目的があった。報告書が提示した明確な結論は「世界システムの破局は再生不能の天然資源の枯渇によって発生する。」というものだった。もし想定された資源埋蔵量の見積もりが過少だったとしたらどうなるか。この場合は環境の浄化能力に過度の負担がかかることによる汚染の急激な増加によって成長が止まるというのが結論だった。

今日、シミュレーション技術は40年近く前に比べると大きな発展を示している。特にコンピ

ュータの能力は比較にならないほどに発展した。予測したい事象の変化を支配する法則がわかっているシステムを対象とする場合は、アルゴリズムと計算能力を組み合わせた大規模なコンピュータシミュレーションを行うことが可能となり、信頼性が高い結果が得られるようになった。その例として、気候変動予測、異常気象予報、地震波伝播シミュレーションなどが挙げられる。「地球シミュレータ」はこうしたコンピュータシミュレーションの頂点に立つスーパーコンピュータであり、IPCCの第4次報告に大きな貢献をしたことは国際的によく知られている。「地球シミュレータ」は、昨年後半にアップグレードを行い、実効性能を2倍に高めた計算能力を持つES2としてこの4月から再稼働している。ナショナルリーダーシップコンピュータ (NLC) の地位こそ理研で開発中の汎用京速計算機に譲ったが、代表的なナショナルインフラストラクチャコンピュータ (NIC) として、IPCC次期報告に貢献すべきわが国の主力マシーンとしてのさらなる活躍が期待されている。

スーパーコンピュータはより速い計算性能を目指した日米の開発競争によって発展し続けている。スーパーコンピュータの一層の能力向上が実現すれば、地球内部の現象のシミュレーションやバイオシミュレーションなどの分野で大きな発展が期待できる。いずれはコンピュータの中で、生命進化のシミュレーションができるようになるかもしれない。このような地球・生命システムを対象とするシミュレーションにめざましい進展が見られるのに比べて、社会・経済システムのシミュレーションには大きな進展が感じられないのは何故だろうか。すでに40年近く前にシステムダイナミックスの手法を用いたシミュレーションによって「成長の限界」という優れた成果を挙げ、同時に方法論やモデルの問題もその後様々に改善が図られてきたにもかかわらず、飛躍的成果があったとは聞かないのは不思議であり、残念な気がする。

IPCCによれば、これからの地球変動予測においては、地球の平均気温の変化の予測の段階から、気候や生態系など地球システムに与える温暖化の影響を地域ごとに評価することに課題が移ってきている。地球温暖化はCO<sub>2</sub>削減などの緩和策だけでは避けられないとされ、社会の適応が重要になるといわれているが、その場合、地域の社会・経済システムにもたらされる温暖化の影響の把握が不可欠になるだろう。自然科学の法則に基づく地球システムのシミュレーションとは異なり、人間の行動によって動く社会・経済システムは、複雑な現象を記述する法則が十分に理解されていないため、今のところシミュレーションに成功しているとはいえない。しかしわれわれが人類の生存のため、持続可能な社会を形成することを目指すならば、地球システムと社会・経済システムを統合したシミュレーションによる未来予測に取り組む必要があるのではなかろうか。そのようなシミュレーションの目的は、今日の世界から出発して持続可能な社会の形成にいたるクリティカルパスを見出すことである。「成長の限界」が作られた時代から見れば、インターネットによる巨大な情報空間の出現、EUの結成や中国の台頭に見られる地政学的な変化など、社会・経済システムはダイナミックに変化している。そうした変化を分析し、システムの構造と機能やシステム構成要素間の複雑な相互関係の把握とモデル化を行うことは、社会科学の力なくしては不可能であろう。自然科学者と社会科学者の協力の下に地球システムと社会・経済システムを統合した究極の未来予測シミュレーションが行われることに期待したい。

#### 参考文献

- 「成長の限界」ローマクラブ「人類の危機」レポート ダイアモンド社  
「未来を予測する技術」佐藤哲也 ソフトバンク社