

## 特集にあたって

栗田 治 (慶應義塾大学), 柳井 浩 (慶應義塾大学名誉教授)

## 1. 文明とインフラストラクチャー (ハードとソフトのペア)

今日、我々は、文明社会に生活している。文明を形成するのは、その基盤をなす設備や装置、そして、それらの活用・運営の方式である。すなわち、ハード・インフラストラクチャーとソフト・インフラストラクチャーのペアである。

例えば、鉄道という交通運輸の手段は文明社会の重要なインフラであるが、それを構成する、車両、線路、駅、車両基地、列車を動かす水、燃料、電力を供給する設備などのハード・インフラのみならず、運行の方法、課金、情報サービスなどのソフト・インフラがこれと対をなして機能している。

同じ交通運輸の手段に自動車がある。自動車そのものがあり、道路、車庫、ガソリンスタンド、整備場などのハード・インフラに加えて交通法規、運転免許制度、車検、税金、有料道路の料金徴収システムといったソフト・インフラがこれと対をなす。

鉄道にせよ自動車にせよ、ともに交通と運輸のためのハードとソフトがペアをなすインフラである。

## 2. インフラの相互作用

インフラの拡充は、他のインフラに影響を与える。自動車関連のインフラが増えれば、鉄道路線の乗客が減り、経営危機になることもある。

ハード、ソフトのインフラも相互に影響を与えあう。例えば、交通法規というソフト・インフラはハード技術の現状に沿っており、反面、交通法規もハードの有り様を規定する。一例が電動アシスト式自転車である。これは免許証なしで歩道を走れる。電動アシスト式自転車は、法規上の条件(ソフト)に適合すべく開発販売された交通手段(ハード)といえる。

ハード、ソフトのインフラはマイクロレベルで対をなすだけではない。対構造は有機的に絡み合い、文明社会を網のように覆い、マクロに見ても、ハードとソフト

トが対をなす。——そしてこれらは、相互にも、また、ハード、ソフトの仲間同士でも影響し合い変貌を遂げる。——これすなわち文明の進歩である。

## 3. 情報技術の飛躍的発達

特に、情報技術の急速な発達は、この変化に拍車をかけ、社会の様相はめまぐるしく移り変わっている。現代の文明社会に生きるものは、個人といわず法人といわず、ハード、ソフトのインフラの端子(パソコンや携帯等々)に取り巻かれ、その対応に忙殺されながらも、少なくとも身体的・物質的には過去の時代にくらべて快適にみえ、能率の高い活動をしている。しかし、端子の操作法はきわめて複雑であったり、また、操作は単純でも結果として大変な時間を費やしてしまったり、重大な結果を生じたり(ネットを通じた大量の情報漏洩)、といった具合に、大きな変化と影響が生じつつある。個人の精神や知性が、このような事態に耐えられるか? という危惧の念がつきまとうところである。このような技術的環境に対応するには、叡智を結集しなければならないが、本稿ではこれを視野の外に置く。

## 4. エネルギー消費量の急増

本特集号が議論の対象にするのはもう一つの問題、すなわち、エネルギーと自然環境という表裏一体の問題である。インフラ、特にハード・インフラの建設と運営にはエネルギーが必要である。インフラの規模の増大とともにその消費量は増加する。今日のように巨大な規模のインフラが数多く存在する場合には、そのエネルギーの消費は莫大なものになる。

ソフト・インフラそれ自身は基本的にわずかのエネルギーしか消費しないはずであるが、ソフト・インフラは多くの場合ハード・インフラに依存するとともに、ハード・インフラの建設と利用を活性化する。情報技術はエネルギー消費の節減に利用されているものの、全体とすれば、目下、結局のところ、エネルギー消費

を増やす方向に働いているようにみえる。

産業革命以前に我々が利用していたエネルギー源は水力、風力、畜力、薪炭の他は人間自らの筋力であり、その量は限られていた。しかし、産業革命以降は、石炭、石油、天然ガスが用いられるようになり、さらに20世紀の中葉には原子力が登場した。

また、電気というエネルギーの形が導入され、他のエネルギーがこれに変換されるようになると、エネルギーの地理的分配（輸送）が容易になり、インフラ規模の拡大と普及、また、各種の新しいタイプのインフラの出現をもたらした。結局のところ、エネルギー消費の総量は増加の一途をたどる。

## 5. エネルギーと環境

ここに問題が生じる。エネルギーを得るために化石燃料を燃焼させれば、二酸化炭素と水が残る。このことから次のようなことが起こりつつあるといわれている：二酸化炭素が大量に放出され大気中の濃度が上がると、地表からの熱の放射が妨げられ、気温が上昇し（いわゆる“温室効果”）、地球の温暖化・気候の変化がおこる。温暖化は植生の変化や砂漠化や海面の上昇をもたらす。——もちろんこれは一学説に過ぎない。しかし、それが完全に否定できない以上、二酸化炭素ガスの放出量を低減させるというリスク・マネジメントに意味があるかもしれない。

これらの問題に対して、今日、実に多様な方策が考えられ、その方向に向けて努力が傾注されている：エネルギーの消費量と、それにつながる各種消費量の節減、CO<sub>2</sub>発生量の少ないエネルギーへの移行、地理的に分散して存在する大小の規模のクリーン・エネルギー資源の開発と活用、エネルギーの効率的な使用と輸送手段と貯蔵技術の開発等々である。

## 6. 日本 GIF 研究財団

さて、日本グローバル・インフラストラクチャー研究財団（日本 GIF）はインフラ問題の研究と解決促進のための組織であり、故中島正樹氏（1905～1996）の発案によって1990年に発足した。中島氏は南北問題に見る世界経済の不均衡、また、極端な貧困と浪費の併存の原因を、特に、発展途上国のインフラストラクチャー不備に求めた。冷戦時の軍備拡張に投じられていた多額の費用の、ごく一部をインフラ、就中、地球規模のインフラの建設に向ければ、発展途上国に経済的発展の基盤を与えるとともに、ケインズの波及効

果も期待できるものと考えた。当時先進数カ国に設立された GIF 財団の濫觴は日本 GIF である。

## 7. OR 学会との連携

日本 GIF 研究財団は、1992年度以来日本オペレーションズ・リサーチ学会と連携してインフラをめぐる各種の問題の基礎的考究をする研究会をもち、活動を続けてきた（最近の3年間は『未来のインフラストラクチャー』研究部会）。一連の研究会では、上述のごとく、インフラをハードとソフトの対として動的にとらえるという概念モデル、シルクロードに新しい交通インフラを導入する効果、アラブ海の取水と枯渇、ヒマラヤにダムを造るときの具体的な問題など様々な課題を取り扱ってきた。

大規模で複雑な問題に対して、現場の様子をつぶさには知らない少人数のグループが分析に当たるのは、蟻螂の斧の観なしとはし得ない。しかし、GIF 側から示される世界各地の問題に対して、局地的情報がないだけに、構造的な理解につとめることによって、かえって大局を見失わないという利点もある。

## 8. 研究会の OR 観

大枠をモデルによってとらえて、図解して構造をつかみ、シミュレーションを行い、現実の情報とつきあわせれば、ことの重大さや、世でなされている議論の弱点や矛盾に気づくこともある。さらに、代替案の整理ができることもある。我々の研究会は、OR をそのような道具と考え、問題を分析し、できる限り透明で、理解しやすい形に料理して社会に提示するという目標にむかって努力してきた。具体的な問題に取り組むかわら、表現法の洗練、開発、活用も試みてきた。インフラという文明社会の構成要素にかかわる大きな問題に対して行動の断を下すことには、大勢の同意が必要であり、その基本は、人々の偏りのない理解であると考えからである。

## 9. 時代の変遷と問題相の変化

一方、時代の推移とともに、インフラ問題もその様相を変じてきた。冷戦は終結したが、紛争はかえって多発している。2、3の発展途上国の経済発展は急速である。それにつれて、エネルギーと環境の問題が焦眉の急となってきた。懸念される地球温暖化と海面上昇はこれまでとは異質のインフラを必要とする。ベンガル湾沿岸の住民の安全のためのインフラの必要性が

高まる一方、北極海の氷が溶ければ、ここに海上交通の可能性が生まれ、航路と付帯設備という新たなインフラが検討される。シベリア鉄道やシルクロードに並行するユーラシア大陸横断交通路も、省エネルギー指向で構想されている。

インフラ建設は低開発国や発展途上国だけの課題ではない。先進諸国にとっても、従来にまして重要な問題になっている。なによりも意識改革が求められるのは、自然環境こそが我々の文明にとっての最大のインフラだという点である。今日インフラの問題を考えるには、ここに軸足を置くべきである。

## 10. 本特集号の構成

さて、本特集号は、我々の研究会の研究のいくつかを紹介するものである。問題の規模の大きさ、多様さにくらべて、我々のなすところの矮小さ、稚拙さには忸怩たるものがあるが、問題の重要性にかんがみ、諸賢に披見を請うことにした。御批評とともに、志に免じて、一層のご支援とご協力を賜りたい。

古藤浩氏の「ベクトル場構築によるエネルギー利用量の国家群分析」は、世界の主要120カ国の国家別エネルギー利用量の15年間のデータを「一人あたり」と「GDP1\$あたり」の二種類の規準化のもとで分析したものである。エネルギー利用の国家比較ができるベクトル場を構成して、エネルギー利用量の変化傾向や国際情勢の変化の影響などの図解を提供する興味深い試みである。

続く柳井浩 & 高嶋隆太氏の「一次エネルギーの利用率」は、石炭・原油・LNGといった一次エネルギ

ーの輸入量を経済的合理性から議論するためのモデルである。本邦のエネルギー・ポートフォリオを議論するための一助となることが期待される。

三浦英俊氏 & 鳥海重喜氏の「需要予測に基づいたアメリカにおける磁気浮上式鉄道の路線案の検討」は米国に磁気浮上式鉄道(Maglev)を敷設した場合の需要予測を非集計ロジットモデルによって追求したものである。我が国の固有技術であるMaglevは国鉄時代を通じて開発された、いわば国民の財産である。その輸出可能性を探るという意義も持っている。

本間裕大氏の「EVバッテリー交換ステーションにおける安全在庫モデル」は、最近とみに話題となっているバッテリー交換型電気自動車を導入する際に、ステーションが抱えるべき安全在庫を、待ち行列モデルによって解明する試みである。先端技術の普及にかかわるソフト系科学からの接近を目指している。

最後の高森寛氏 & 高嶋隆太氏 & 八木恭子氏による「公民連携-PPP-事業のリスク保証とインフラ投資」は、財政難の国や地方政府がインフラ整備を行うための仕組みとしての公民連携事業(PPP: Public Private Partnership)に焦点を当てる。民間資本をインフラ投資に速やかに誘導する戦略について分析し、その論理と仕掛けを明らかにする試みである。

以上、本特集号では、できるだけ今日的な話題のものを選んで大方の期待に応えることを目指したが、結果としてエネルギーと環境が主題になった。やはり、この二つが、今日人類が対面する最大の問題ということになる。