

次世代社会インフラの最適構築に資する大規模シミュレーション技術に関する調査研究

(一財)高度情報科学技術研究機構 研究員 藤原 康広

我が国では、近年、道路、橋梁、鉄道、水道、通信、電力網等、社会の安定維持に必須である社会インフラが一部で老化、劣化し、崩壊の危機に瀕する橋などの交通施設も出現した。このままでは21世紀中盤には、従来の社会インフラの補修・維持のみならず改めて時代に合った新社会インフラを構築する必要に迫られる。これには莫大な社会資本の投下が必要であり、適切な社会インフラ構築でなければ今後の世代に大きな負担を残すことになる。このため、次世代社会インフラを従来延長線上で構築することにとらわれず今後の社会生活・文化の変化、情報通信の進化から引き起こされる社会ニーズを予測した新しい社会インフラを構築することが求められる。

そこで、本調査研究では、次世代社会インフラが必要とされる背景について整理し、次世代社会インフラの定義を行った上で、スマートコミュニティの実証実験、企業の取り組みについて調査し、次世代社会インフラの研究開発の動向調査を行った。都市全体を扱うような大規模社会シミュレーションの調査を行い、次世代社会インフラ構築のためのシミュレーションが可能であるかどうか検討した。

世界の人口は70億人で、今後も増加が続き、2050年には93億人になり、その約7割が都市に居住すると予測されている。人口増加に伴い都市化が進み、経済活動が活発化し現在においても顕在化している都市問題（資源など不足、飲料水の確保、スラム化、大気汚染、交通渋滞等）が、より深刻になると恐れがある。2030年には、全世界のエネルギー消費量の73%が都市で消費されると予想されている。国際エネルギー機関(IEA)の2012年の試算によれば、各国で現状がつけば、2035年には、現在よりも1.5倍エネルギーを消費し、温室効果ガスCO₂が約50%増加し、平均気温が約5℃上昇すると予測している。現状のまま、エネルギー消費を続ければ温暖化が進み環境が破壊され、我々が暮らせなくなってしまう。一方、CO₂削減のために、エネルギー消費を抑制すれば、都市の経済的な発展が損なわれ、豊かな生活が営めない。環境、エネルギー、経済というトリレンマ問題を抱えており、これを解決し持続可能な社会を構築していくことは各国の課題である。持続可能な社会の脅威となる問題は、地球環境に関するだけでなく、大規模な自然災害、突発的な緊急事態、パンデミック、少子高齢化、老朽化したインフラの整備、海外の経済危機、地域紛争、サプライチェーンの崩壊など様々である。被害を最小限にとどめ、社会の機能を維持し、回復できる社会が求められている。

次世代社会インフラに求められているのは持続可能な社会を構築し、支えていくことである。次世代社会インフラの一つであるスマートグリッドの特徴の一つは供給側と需要側が連携して、需給調整を行い発電の効率化を図っていることである。これまでの電力網の

ように供給側から需要家に一方向に電力を供給し、需給の調整は供給側だけ行っていた時よりも発電効率が改善され、電力の設備投資のコストも抑えられる。スマートコミュニティはスマートグリッドの考えを発展させ、電力、水、交通、医療、あらゆるインフラを連携協調させて、都市の機能を高度化、高効率化し、レジリエンスを高め、都市の直面する問題を解決し、持続可能な社会の実現を目指した地域社会といえる。次世代社会インフラの明確な定義はないが、本調査研究では、各インフラが相互に連携協調することによって、一層の高度化、効率化を進め、頑健性、また復元力を強化し、持続可能な社会の構築に貢献するものとする。

次世代社会インフラの研究開発の動向調査として、スマートコミュニティ実証実験の調査を行い、デマンドレスポンス（供給側だけでなく需要家も需要量を調整して電力のバランスを一致させる）が CO₂削減、ピークカット・ピークシフトに効果があることを確認できた。また、ピークカット要請に対して、人の節電行動に何らかの法則性は見出されていないが、効果的なデマンドレスポンスを行うためには、地域全体での人の節電行動を含めた需給予測が必要である。また、IBM 社の次世代社会インフラでの取り組み事例の調査では、次世代社会インフラを扱う場合には、様々なセンサーからの大量のデータを分析して活用することが必須であることが分かった。大規模社会シミュレーションとして、100 万人規模の都市でのパンデミックシミュレーションについて調査を行った。このシミュレーションでは、シミュレーションの手法にマルチエージェントシミュレーションを用いている。介入政策を検討するためには、パラメータの組み合わせが 2×10^6 通りあり、これらをすべてシミュレーションするには、1000 万ノード時間積（スーパーコンピュータ「京」で約 4 日かかる）の計算資源が必要であると見積もった。以上の調査から、次世代社会システムの構築のためのシミュレーションでは、大量のセンサー情報の処理、マルチエージェントシミュレーション、スーパーコンピュータ程度の計算資源が必要であると考えられる。

次世代社会システム構築のためのシミュレーション手法の一つとして、マルチエージェントシミュレーションを選択し、大量のセンサー情報を利用したマルチエージェントシミュレーションの手法を検討した。大量のセンサー情報をいろいろな視点で分析することで、様々なエージェントモデルが得られ、多くマクロな現象を見ることができる。モデル化とシミュレーションの結果の解析には、大規模なデータ処理、シミュレーションの実行にスーパーコンピュータ程度の計算資源が必要となるので、大規模データの処理基盤の動向調査、大規模な計算環境としてクラウドコンピューティングの調査を行った。大規模データの処理基盤のフレームワークとしては、MapReduce エンジンと分散ファイルシステム（Hadoop Distributed File System : HDFS）で構成されたオープンソースの Hadoop1.0 が広く知られているが、MapReduce だけでなく様々な処理方法（インメモリ処理、SQL クエリー、機械学習処理など）を提供する汎用的な大規模データのフレームワークに変わりつつある。クラウドコンピューティングでは、Amazon 社が提供するクラウドサービス (Amazon Elastic Compute Cloud: Amazon EC2) は、スーパーコンピュータに匹敵する計算

資源を提供でき、自社にサーバを置くよりもコスト、保守・管理などの面で有利であり、HPC 分野でも利用が進んでいる。これらの計算環境を利用することで、次世代社会システム構築のためのシミュレーションが可能であると思われる。