

テラヘルツ波を応用したナノマシンの通信制御の プロトコル戦略に関する調査研究

(一財)高度情報科学技術研究機構 部長 飯塚 幹夫

近年の中国、韓国等の日本の製造技術へのキャッチアップは凄まじい。しかし、その一面は組み立て産業化であり、日本は高い品質・機能を持ったコア部品の供給者としての役割を果たし、アジア地域での水平分業化が窺え、中国、韓国等はこの状況の打開を目指している。このため、次世代を見据え、日米欧に加えて中国、韓国などの各国は市場における優位性を先んじて確保するために、先端技術開発への傾斜的投資を高めている。特に、ナノテクノロジー分野は重点的であり、電子デバイスをはじめ環境、医療、安全保障へ応用を目指して新しいナノ材料、ナノマシン等に焦点を当てており、それら研究開発競争は激しさを増している。

こうした中、我が国はナノテクノロジーの提唱国であり、すでにナノ炭素、シリコンワイヤ等のナノマテリアル開発やその電子デバイス等の新技術創造には一定の先導性を示している。一方、米国国家標準局（NIST）のナノカーボンデータの標準化などの様に、先端技術の製品や汎用化を目指す長期的戦略として、欧米は先んじてプロトコル化を図り、その市場における指導権を確立する狙いも明らかである。我が国では技術的な先端性、新規性の追求に研究開発の重点が置かれやすく、こうした実用化、市場化した時点を見据えた研究段階からのプロトコル化等の戦略的対応には、後手になりやすい傾向がある。

世界におけるナノテクの発展は依然、米国、欧州、中国を中心として盛んであり、ナノマシンの現実化へ向けた研究開発も盛んである。その大きな方向性として、例えば、新奇材料の発見から静的な構造体の創成がこれまでの主流であったが、今後感覚・知能・駆動力を有するナノ構造体、いわゆるナノマシンへの創成が始まりつつある（DDS、ナノダイヤモンドなど）。さらには、自律的な知能を持たせたナノマシンシステムへ発展していくことが予想される。これは、近未来的には、人体、機械、電子装置における到達が困難な部分への分子レベルでの治療、修復を行うなど高度な役割を行うことに発展する。ナノカーボンの健康影響が問題視されたが最近の評価研究ではその影響は限定的であるとされている。がん治療はもとより、細胞、臓器補修等、医療へ用途は相当広く、それだけでも市場価値は計り知れない。また、環境、農業、さらには安全保障への活用が想定される。したがって、有望な次世代技術体系となり、莫大な製品市場が期待されるため、各国間の競争は激しさを増すのは自然である。

こうした戦略的対応への一つに、研究開発段階からプロトコル化を目指した視点を取り入れた技術開発を行うことが考えられる。具体的には、日本が優位性を保っている分野を

組み合わせる（異分野連携）等して、競争国が十分な研究開発力を持たなければ、容易には手を出せない高度なプロトコル化を進めること、また研究開発段階においても、製品、汎用化の思想方向性を明確にして我が国の優位性を確保できるプロトコルとすることである。

そこで、本調査研究は、我が国がオリジナル性を持ちかつ先導性を持つ二つの技術、例えば、テラヘルツ波（連続波）とナノマシンを融合させた新しい技術分野、すなわちナノマシンテラヘルツ通信制御を取り上げた。特に、ナノ空間では、人間が日常過ごすマクロ空間とは異なる物理則などが存在し、これまでの通常のネットワークのような通信制御法が適用しにくい面がある。こうした特徴をうまく活用し、ナノマシン及びテラヘルツ波受発信、周波数、通信制御などについて概念設計の時点から、戦略的にプロトコル化を検討し、我が国の先端技術の戦略性を高めるため方策等に資することを目的とした。

具体的には、(a) テラヘルツ波を応用したナノマシンの通信制御に係わる重要な標準、規約（プロトコル）として基本的または重要な技術を挙げて、(b) 将来の先端技術として何をすべきかの方策等に資することにした。

調査は、ナノマシン・テラヘルツ通信制御に焦点を当て進めた。機能や性能制限が厳しいナノマシン技術に、ナノ通信機構は強く依存するにも関わらず、ナノ通信機技術の研究開発はナノマシンの機構・性能・制約等を反映したものになっておらず、通信分野の研究者によるマクロスケールの通信技術からの類推に依存した研究レベルであること等、本技術が初歩的、萌芽的段階にあることが分かった。そこで、調査をナノマシンの研究開発全体の動向へ、またマクロからナノスケールまでのナノマシンの通信も含めたシステム的な要件、特性の検討等へ展開した。

以上の調査結果を基に、欧米の動きに先んじるべく、日本が得意分野であるテラヘルツ波技術をベースとしたマクロスケールから細胞スケールでのプロトコルの試案を、発振・受信法、周波数帯等の方式・ルールについて作成した。さらに、今回の調査を通して見えてきた、今後プロトコル化を検討すべき重要技術項目、例えば、通信、MEMS との接続、OS、アプリ層、材料、エネルギー等の方式・ルールとその課題を挙げた。それらの調査をもとに、「戦略的なプロトコル化の研究開発計画」について、約 20 年程度の開発期間を想定する計画を立案した。

ナノマシン技術は、これまで未開拓領域であったナノスケール領域を工学的に利用できる領域へ変える技術として期待される。そのようなレベルになれば、ナノスケールの持つ、多くの可能性を利用できるようになり、医療、食糧、エネルギー等の基本的な領域で革新的進歩を得ることができる。この技術により、日本において固有な、また世界にも貢献できる新しい技術を開発し、より豊かな社会創成へ貢献できることになろう。