

フォトニクスによる知的機能構造の構築

Intelligent Nanophotonic Architecture

○成瀬 誠¹、青野真士^{2,3}、金 成主⁴ (1. 情通機構、2. 東工大、3. JST さきがけ、4. 物材機構)

○Makoto Naruse¹, Masashi Aono^{2,3}, Song-Ju Kim⁴ (1.NICT, 2.Tokyo Tech, 3.JST PRESTO, 4.NIMS)

E-mail: naruse@nict.go.jp

フォトニクスを含めた先端技術の高度化に伴い、電子情報通信システムには、単なる演算や通信機能を超え、「インテリジェンス」が期待されるようになった¹⁾。しかし、現在の電子デバイス・光デバイスでは従来の二値論理を基礎とした構造を踏襲しており、パラダイム転換を可能にする新たなアーキテクチャが待望されている²⁾。そこで本講演では、光と物質の相互作用に固有な代表的な物理を活用し、「知的フォトニック構造体」とでも呼び得るような新規な情報機能実現を指向した最近の研究のいくつかをレビューする。具体的には次の3個のシステム構造を議論する。

(1) エネルギー移動を利用するシステム構造

Naruse, Aono, Kim は単細胞生物である粘菌が示す時空間ダイナミクスとナノ領域での光と物質の相互作用に類似性があるという着想を契機として、光物質系を基礎とした非ノイマン型コンピューティングを示した³⁻⁵⁾。最近の事例として NP 完全問題の解探索システム^{4,5)}や多本腕バンディット問題と呼ばれる意思決定問題解決 (decision maker)^{6,7)}の実験的実証を示す。

(2) 階層性を利用するシステム構造

フォトニクスが基礎とする幾つかの物理現象に階層性が存在すれば、空間スケールに依存した機能を備えさせた階層型のシステムを構築できる⁸⁾。最近の実験的な実現例として、ナノ人工物メトリクス⁹⁾及び量子ドットポリュームディスプレイ¹⁰⁾を示す。

(3) 近接場光の運動量の多様性を利用するシステム構造

近接場光の有する運動量は伝搬光の運動量よりも多様になる。この特徴を用いることで、2層構造を有するナノ構造において、「往路」の X→Y 偏光変換効率と「復路」の Y→X 偏光変換効率が相異なるという意味で非相反的な光伝搬を構築できる¹¹⁾。これは新たな原理による光アイソレータやマジックミラーの可能性を示唆する。

謝辞 本研究の一部は日本学術振興会「研究拠点形成事業 (A.先端拠点形成型)」の助成による。

参考文献 1)人工知能型コンピュータ・ワトソン他 2) International Technology Roadmap for Semiconductors <http://www.itrs.net/> 3) M. Naruse, M. Aono, S.-J. Kim, *et al.* Phys. Rev. B **86**, 125407 (2012). 4) M. Aono, M. Naruse, S.-J. Kim, *et al.* Langmuir **29**, 24, 7557-7564 (2013). 5) M. Aono, S. Kasai, S.-J. Kim, M. Wakabayashi, H. Miwa, M. Naruse, Nanotechnology **26**, 234001 (2015). 6) S.-J. Kim, M. Naruse, M. Aono, *et al.* Scientific Reports **3**, 2370 (2013). 7) M. Naruse, M. Aono, S.-J. Kim, *et al.* J. Appl. Phys. **116**, 154303 (2014). 8) M. Naruse, T. Inoue, and H. Hori, Jpn J. Appl. Phys. **46**, 6095 (2007). 9) T. Matsumoto, *et al.* Scientific Reports **4**, 6142 (2014). 10) R. Hirayama, M. Naruse, T. Ito, *et al.* Scientific Reports **5**, 8472 (2015). 11) M. Naruse, *et al.* J. Opt. Soc. Am. B **31**, 2404 (2014).