

## 複合物理シミュレーションによる光物質相互作用の解析 Analysis of Light-Matter Interaction by Multi-Physics Simulation

○大貫進一郎<sup>1</sup>, 芦澤好人<sup>2</sup>, 佐甲徳栄<sup>3</sup>, 塚本新<sup>2</sup>, 中川活二<sup>2</sup>, 羽柴秀臣<sup>4</sup>

\* Shinichiro Ohnuki<sup>1</sup>, Yoshito Ashizawa<sup>2</sup>, Sako Tokuei<sup>3</sup>, Arata Tsukamoto<sup>2</sup>, Katsuji Nakagawa<sup>2</sup>, Hideomi Hashiba<sup>4</sup>

Abstract: Authors are developing multi-physics computational methods and performing simulation to analyze light-matter interaction, mainly focusing on industrial applications, such as high-density magnetic recording. In this report, we introduce our recent progress of multi-physics simulation in MEXT-Supported Program for the Strategic Research Foundation at Private Universities.

### 1. はじめに

著者らのグループでは、光物質相互作用解析のための複合物理シミュレーション法を開発し、高密度磁気記録方式の実現などに向けた研究を行っている。本文では、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の援助を受けて行われている、最近の研究成果の一部を紹介する。

### 2. 光直接磁気記録の記録安定性評価

塚本、伊藤らにより発見された、円偏光を照射し磁化反転を行う光直接磁気記録が注目されている<sup>[1,2]</sup>。著者らは、高密度化実現に向けた記録安定性の向上を目的とし、局所的円偏光生成アンテナの性能評価を行っている。Fig. 1 のアンテナは、 $x$  及び  $y$  方向の長さを適切に選択し、中央に位置する青色で示す粒子媒体内部

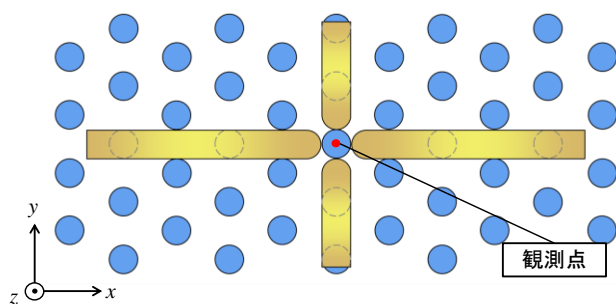


Figure 1. Computational model of the antenna and particulate media for all optical magnetic recording.

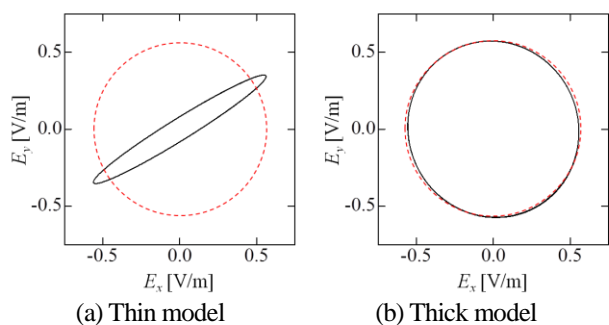


Figure 2. Lissajous curve of two antenna models.

にのみ、円偏光を生成するように設計した。

アンテナの長さを最適値から僅かに変化させた場合、観測点における電界ベクトルの軌跡を Fig. 2 に示す。 $z$  軸方向に厚みのあるモデル(b)は、記録安定性が高く、円偏光が保たれる。

### 3. 微小金円柱列の表面プラズモン

プラズモニック導波路への応用を目的とし、微小金円柱列に伝播する局在表面プラズモンを検討した<sup>[3]</sup>。

Fig. 3 に示す直径  $a = 10$  nm の金円柱 5 本を  $x$  軸方向に等間隔で配置し、円柱 C1 内部は一樣な電界で励振する。 $y$  成分のみを持つ電界で励振した場合の C5 内部のダイポールモーメントを Fig. 4 に示す。円柱間距離  $d$  が長くなるにつれ、ピーク値となる波長は短波長側に遷移し、ピーク値は小さくなる。

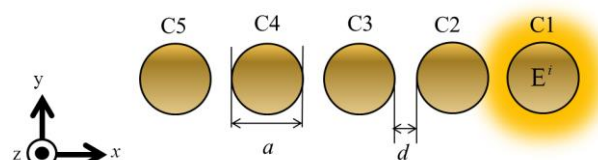


Figure 3. Geometry of a gold cylinder chain.

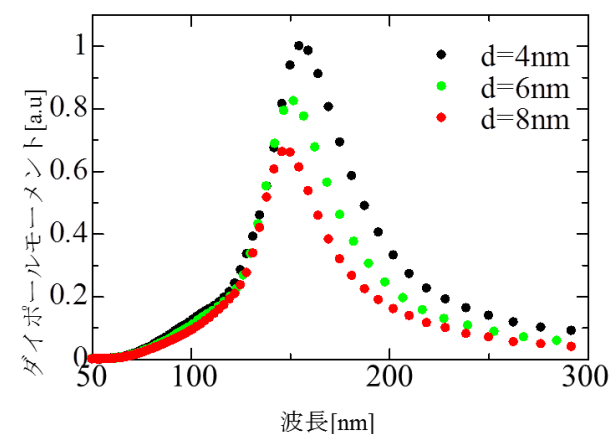


Figure 4. Wave length responses of dipole moments.

1 : 日大理工・教員・電気 2 : 日大理工・教員・電子 3 : 日大理工・教員・一般物理 4 : 日大・教員・量科研

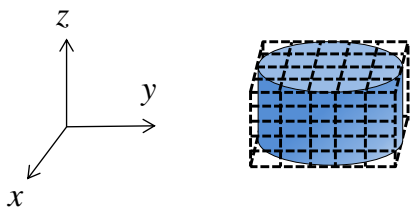


Figure 5. Computational model of a particulate medium.

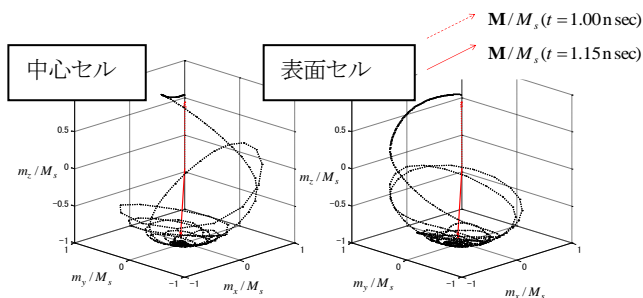


Figure 6. Motion of magnetization during the period from  $t = 1.00$  ns to  $1.50$  ns.

#### 4. 粒子状記録媒体のモデル化

電磁界とマイクロマグネティクスの複合物理シミュレーションにより、高密度磁気記録に向けた粒子状記録媒体のモデル化を検討している<sup>[4]</sup>。Fig.5 に示す解析モデルでは、格子状に記録媒体を分割し、各セル内の全ての磁化ベクトルとそれらの相互作用を計算した。Fig.6 は、粒子の直径と高さを  $30$  nm とした磁化反転過程である。反転過程における磁化ベクトルの空間依存性を、中心と表面のセルに対して明らかにした。

#### 5. 光制御パルス設計法の開発及び検証

放射界の影響を考慮した新しい光制御パルス設計法を提案し、その有効性を検証している。Fig.7 で提案する設計アルゴリズムでは、Maxwell-Schrödinger 方程式混合解析<sup>[5,6]</sup>を行い、従来法では表現できない粒子からの放射界を考慮した。Fig. 8 に設計した光制御パルスの検証例を示す。青の実線で示す従来のパルスでは、目的状態の確率を示す  $|c_1|^2$  は  $0.5$  付近で収束する。一方、提案手法で設計したパルスは理論値の  $1$  に収束し、高い制御精度が実現可能である。

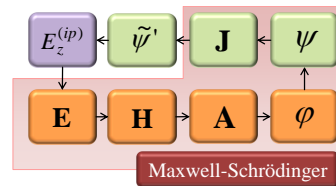


Figure 7. Computational algorithm for design methods of light control pulses.

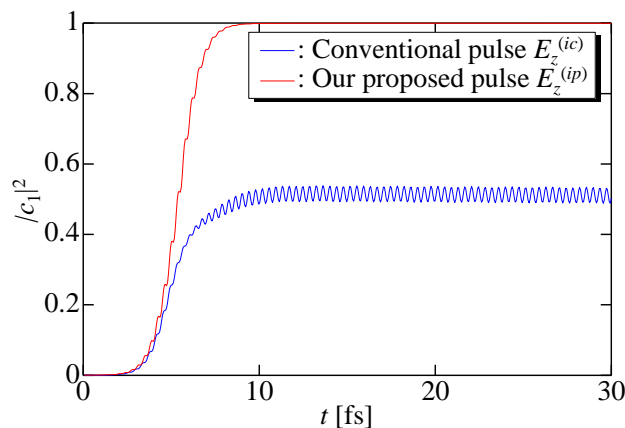


Figure 8. Time response for each  $|c_1|^2$  by irradiating with the conventional pulse  $E_z^{(ic)}$  and our proposed pulses  $E_z^{(ip)}$ .

#### 6. 謝辞

本研究の一部は、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の援助を受けて行われた。

#### 7. 参考文献

- [1] C. D. Stanciu, F. Hansteen, A. V. Kimel, A. Kirilyuk, A. Tsukamoto, A. Itoh, and Th. Rasing, Phys. Rev. Lett., Vol. 99, pp. 047601-1–047601-4, 2007.
- [2] K. Nakagawa, Y. Ashizawa, S. Ohnuki, A. Itoh and A. Tsukamoto, J. Appl. Phys., Vol.109, No.7, 07B735, 2011.
- [3] 長澤和也, 竹内嵩, 大貫進一郎, 電子情報通信学会, 2014年ソサイエティ論文集, C-1-19.
- [4] A. Kuma, Y. Takano, S. Ohnuki, and A. Tsukamoto, IEICE Society Conference 2014, C-15-11.
- [5] T. Takeuchi, S. Ohnuki, and T. Sako, IEEE J. Quantum Electronics, Vol.50, No.5, pp.334-339, 2014.
- [6] T. Takeuchi, S. Ohnuki, and T. Sako, PIER, Vol.148, pp.73-82, 2014.