

Visible and Near-infrared Laboratory Demonstration of a Simplified Pyramid

Wavefront Sensor

Julien Lozi, Nemanja Jovanovic, Olivier Guyon, Mark Chun, Shane Jacobson,
 Sean Goebel, and Frantz Martinache

Publications of the Astronomical Society of the Pacific, **131:044503 (9pp)**, 2019 April

天体光を地上望遠鏡によって観測する場合には、大気による揺らぎなどの影響により、乱れた波面となり観測される。光波面が乱れてしまうと、実際に観測装置によって検出する際に、ターゲット星の解像度が低下してしまう。このような大気揺らぎによって乱れた波面を平面波へと補正するため、補償光学(AO)と呼ばれる技術が不可欠である。この技術は、高速で変化する乱れた波面を、波面センサーを用いて測定し、可変形鏡を用いてリアルタイムに補正するというものである。そのため、波面センサーでどれだけ波面乱れを高精度で測定できるかが非常に重要となる。

ピラミッド型波面センサー(PyWFS)は、その乱れた波面に対しての優れた測定精度により、波面センサーの中で一般的になりつつある。PyWFSは焦点位置にピラミッド型のプリズムを設置し、その頂点部分に入射した光を4つに分割する。その分割された4つの光の強度分布から、波面の傾きを演算する。そして演算されたデータを元に可変形鏡で波面補正を行う。しかしながら、PyWFSの課題の一つに、このピラミッド型プリズムの製造に関して、ピラミッドの頂点に対しての要求精度が高いことが挙げられる。PyWFSは、ピラミッド型プリズムの頂点が可能な限りシャープであることで波面の乱れに対して最大の測定感度が得られる。

本論文で、著者らは、この問題に対処するために、2つのループプリズムを組み合わせた、PyWFSの代替実装としての波面センサーを新たに提案する。ここで用いられるループプリズム(Fig.1)は、製造が容易である。著者らは、8mクラスの望遠鏡での可視-近赤外波長領域でのループプリズム型PyWFSの正常な動作を実証した。また、実験室でのデモンストレーションに、SAPHIRA HgCdTe 検出器を初めて使用した。この検出器は、高フレームレートを可能にしており、現在すばる望遠鏡で使用されている。本論文では、SAPHIRA HgCdTe 検出器を利用した実験室デモンストレーションで、2つのループプリズムを用いた光学素子の精度、およびループプリズムPyWFSの測定精度を評価した。Fig.2のOpen loop(青色)が示すグラフはループプリズムPyWFSを用いて波面補正を行った場合の焦点面画像の強度の動径平均を表している。理想値であるlab no turbulence(桃色)が示すグラフと比較すると波面を補正する性能がきわめて高く、ループプリズムPyWFSがWFSとして波面の揺らぎを高精度で測定できることを示した。

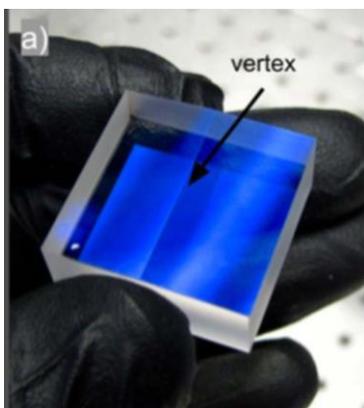


Fig1.提案する PyWFS で実際に用いるループプリズム

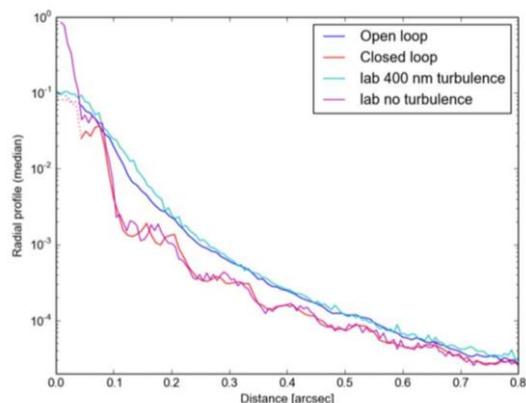


Fig2. 提案する PyWFS を利用した AO を用いて得られた恒星モデル像の動径平均

Coupling of evanescent and propagating guided modes in locally resonant phononic crystals

Yan-Feng Wang^{1,2}, Vincent Laude² and Yue-Sheng Wang¹

¹ *Institute of Engineering Mechanics, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, People's Republic of China*

² *Franche-Comté Electronique Mécanique Thermique et Optique, CNRS UMR 6174, Université de Franche-Comté, Besançon, France*

J. Phys. D: Appl. Phys. **47**, 475502 (2014)

フォノン結晶とは異なる物質を周期的に配列した人工材料であり、音響波が存在できない周波数領域(ギャップ)を持つ。この特性を利用し、「音響ダイオード」、「音響フィルター」など新しい素子の開発への応用が期待されている[1]。音響波の伝播特性に影響を及ぼす原因として、フォノン結晶がもつ周期構造によるブラッグ反射と、単位構造内での局所的な共鳴の2つが挙げられる[2,3]。これらの要因によってできるギャップを、それぞれ便宜的にブラッグギャップ、Local Resonance ギャップ(LR ギャップ)と呼ぶ。LR ギャップが現れる周波数領域は格子定数から比較的に独立しており、特に低周波帯にギャップを作る際に有用なため注目されている。

この2種類のギャップを持つフォノン結晶を実際に作成して行われた研究は少ない。そこで本論文では、実際に両者を併せ持つ系を作成し、実験を行なった。さらに、実験で得た伝播特性だけでは現れたディップが何に起因しているか特定する事はできないため、数値計算と簡単な理論モデルを用いて解析を行った。2種類のギャップは、系の分散関係の虚部の振る舞いに注目することで説明できる事、局所的に励起されるエバネッセント波と系を伝わる波のカップリングを考えるモデルでLRギャップのメカニズムを記述出来る事を著者らは主張している。



図：作成した1Dフォノン結晶。
導波管は長さ2m, 内径10cm。

[1] B. Liang, B. Yuan, and J. C. Cheng, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 104301 (2009)

[2] Liu Z, Zhang X, Mao Y, Zhu Y Y, Yang Z, and Sheng P 2000 *Science* **289** 1734

[3] Benchabane S, Khelif A, Choujaa A and Laude V 2005 *Europhys. Lett.* **71** 570

Imaging Intra- and Interparticle Acousto-plasmonic Vibrational Dynamics with Ultrafast Electron Microscopy

David T. Valley, Vivian E. Ferry, and David J. Flannigan

Department of Chemical Engineering and Materials Science, University of Minnesota, 421 Washington Avenue SE, Minneapolis, Minnesota 55455, United States

Nano Letters, **16**, 7302-7308 (2016)

金属に光を当てると、金属表面の自由電子が集団的な振動をして、周囲に電場を発生させる。この電場がその金属表面で共鳴すると、特定の波長の光が強く吸収、もしくは散乱されるようになり、これを表面プラズモン共鳴と呼ぶ。特に、この金属がナノスケールの微粒子である場合、発生したプラズモンはその微粒子内に局在した形になり、これを局在表面プラズモン共鳴と呼ぶ。このプラズモンにより励起された音響的な振動を観測してその性質を解明することで、光と音響振動が効率良くカップリングするナノ構造をデザインできるという、新たな可能性を見出せる。しかし、その観測にはフェムト秒の時間分解能とナノスケールの空間分解能の双方が必要であるため、どちらか一方の分解能しか持たない光学顕微鏡や電子顕微鏡、ポンプ・プローブ法などによっては観測できない。そこで、本論文の著者らは、ポンプ・プローブ法と電子顕微鏡の技術を融合し、電子線パルスを探プローブとした超高速電子顕微鏡 (UEM : Ultrafast Electric Microscopy) を用いることで、この問題の解決に取り組んだ。

本論文の目的は、従来の方法では観察できなかった、表面プラズモンにより励起された音響的な振動をイメージングすることである。イメージングの対象は、長さ 120 nm、直径 40 nm の Au ナノロッド 1 本と、同じものを 4 本ランダムに配置した集合体の 2 パターンである。結果は、いずれの場合についても、UEM を用いて、音響振動を時空間的に可視化することに成功した。この結果により、これまで観測が困難であった、金属微粒子の集合体などの複雑な構造の特性に関する洞察を得られることが期待される。

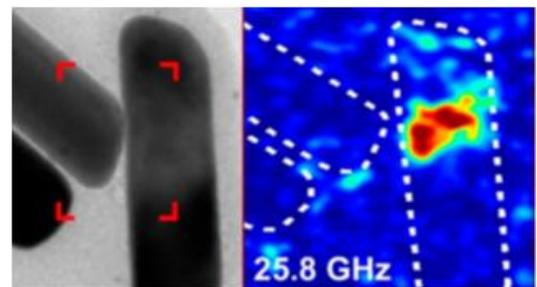


図 1: Au ナノロッドの TEM 像(左)と UEM 像(右)