

可動性メタサーフェス光学素子の研究

研究代表者 池沢 聡
(理工学術院総合研究所 次席研究員)

1. 研究課題

本研究は、切り折り紙構造を用いた伸縮機構をナノ構造を有する光学素子(メタサーフェス)に適用することで、**複層メタサーフェスを相互に駆動できる可動性メタサーフェス光学素子を実現することを目的**として切り紙ヒンジ構造を用いた4節リンク機構の導入を検討する。本提案方式により、複層されるメタサーフェス対の駆動配置を一体成型によってデザインすることが可能である。具体的な構造評価には、数~数10mm寸法のPET材料等を用いた切り紙ヒンジ利用平行スライド構造を作成し、天板と地板の重なり量や、天板と地板の平行度を計測し、天板支持部の応力緩和構造の導入により天板傾斜の抑制に効果的な構造を模索する。次に候補となる構造を用いたスライド機構への従来型光学素子を実装した光学評価や、メタサーフェスに使用される硬質材料への構造的柔化技術を導入した切り紙スライド動作機構を検討する。

2. 主な研究成果

2024年度は、引張によって面外へ起き上がる切り紙構造を4節リンク機構のヒンジ部に使用して、天板と底板が平行に相互移動する2面スライド機構を検討した。切り紙構造は引張により面外への変形する特徴があり、平板の根元に切り紙構造をヒンジとして設けることで平板を基板から起き上がらせる。平面から起き上げをリンク機構に適用すると、引張動作によって2面のスライド移動が可能となり重ねあう板の変位量を変化させることが可能となる。このリンク機構は、2面のスライド移動により効果を発現する可変焦点レンズや可変偏光フィルタなどへの適用が可能であり、平面光学板を製造プロセスの段階で同一の平面から一体としての形成が可能である。切り紙ヒンジ構造(Fig. 1)を提案し、本構造を引張ることで2つの平板を平行にスライドすることが可能な駆動機構を構築した。第一次試作構造では引張に伴い、天板を支持する脚部の応力により天板が著しく傾斜(21.6度)することが判明した(Fig. 2)。そこで脚部と天板の接続箇所に側方支持ミアンダ式応力緩和構造を導入し、さらに天板引張を与える構造を加えた2種類の構造を考案し(Fig. 3)、天板傾斜抑制効果を検証した。検証実験では引張長さを一定($L = 10 \text{ mm}$)とし、試験片を光学キャリアに固定し、マイクロステージで引張量を与え、ワンショット3D形状測定機(VR-6200, Keyence)を使用して天板傾斜角を測定した(Fig. 4)。天板傾斜角は、天板の引張鉛直方向の中央部の傾斜角で定義した。天板傾斜角度 θ_c の測定の結果、天板引張構造を持たない側方支持ミアンダ構造は16.1度、天板引張構造を持つ側方支持ミアンダ構造は14.8度となり天板傾斜を抑制できることが分かった。

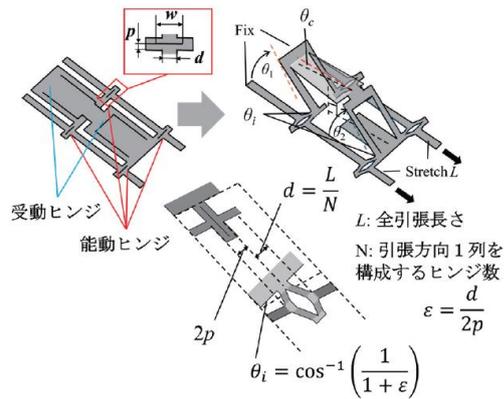


Fig. 1 切り紙ヒンジによる2面スライド機構

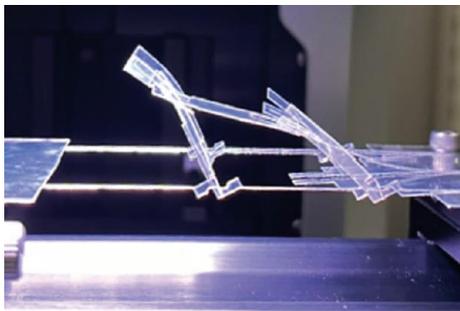


Fig. 2 天板傾斜を示す側面写真

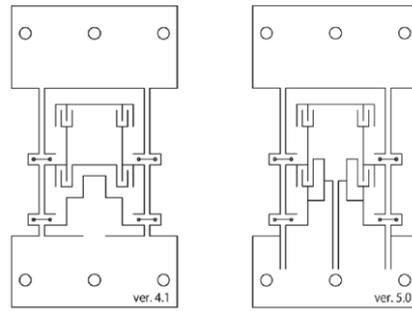


Fig. 3 天板支持脚部に応力歪み緩衝構造を施したデザイン

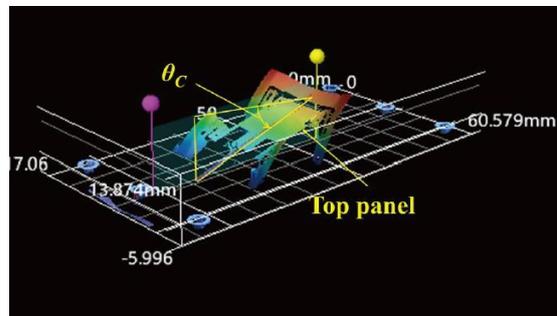


Fig. 4 天板傾斜角抑制構造評価

3. 共同研究者

岩瀬 英治 (理工学術院 教授)

4. 研究業績

4.1 学術論文

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

Satoshi Ikezawa, International Conference on Sensing Technology, Best Presentation Runner-up Award, Dec.9-11, 2024.

4.5 学会および社会的活動

池沢 聡, 杉原 大樹, 岩瀬 英治, “切り紙ヒンジ利用スライド機構における天板傾斜抑制に関する検討”, 電気学会研究会 (マグネティクス/マイクロマシン・センサシステム/バイオ・マイクロシステム合同研究会), pp.1-3, 鹿児島, 2024年12月19日-20日.

Satoshi Ikezawa, Taiki Sugihara, Eiji Iwase, “Rotary Sliding Movement Mechanism using

a Hinge with Out-of-Plane Deformation for Parallel Mobile Optical Devices,” *17th International Conference on Sensing Technology (ICST2024)*, S2B-1, Sydney, Australia, December 9-11, 2024.

池沢 聡, 杉原 大樹, 岩瀬 英治, “切り紙ヒンジを用いた 2 面スライド機構の検討”, 第 15 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 26P3-PN-71, 仙台, 2024 年 11 月 25 日-28 日.

5. 研究活動の課題と展望

今後の課題と展望は、前年度の切り紙ヒンジ機構を用いた 4 節リンク機構の成果を発展させ、メタサーフェスの実装を念頭に、光学素子が積層された面を相互スライドすることが可能な構造の構築に引続き取り組む予定である。具体的には 1 対のレンズを相互スライドさせることで焦点可変性を与える Alvarez メタレンズを切り紙ヒンジスライド機構に実装するモデルを検討する。本年度の研究においては、切り紙ヒンジ機構を用いた 4 節リンク機構のさらなる天板傾斜抑制のための構造を模索し、メタサーフェスのスライド機構への実装を目指す。