

# Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers における

## Best Paper Award を受賞して

松本 光広\*

### Acknowledgment for winning Best Paper Award in

### Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers

Mitsuhiro MATSUMOTO\*

#### 1. Best Paper Award の受賞

今回、私は Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers に掲載された Circular Truncated Conical Mirror with Cavity Shape and Inner Reflection for Concentrating Diffused Light to Collector Mouth from a Half Celestial Sphere で、Best Paper Award を受賞した。この賞は、一般社団法人産業応用工学会が産業応用に関する優秀な論文に対して、論文誌毎に表彰を行なうものである。以下に、Circular Truncated Conical Mirror with Cavity Shape and Inner Reflection for Concentrating Diffused Light to Collector Mouth from a Half Celestial Sphere[1]に基づいて、研究の概要を示す。

#### 2. 研究の概要

太陽からの直達光を集光装置を用いて集光して、集光した光を集光口にある集熱体に入射させることで、光エネルギーを熱エネルギーに変換する集光型集熱器が広く用いられている[2]。集光装置には、平面鏡、凹面鏡、複合放物面鏡およびフレネルレンズなどが用いられる[2]。しかし集光型集熱器は、太陽からの直達光のみが集光されて、半球である天空全体からの散乱光は集光できない[3]。砂漠地帯のように一年中快晴の続く地域を除いて、世界の大部分の地域において散乱光の割合は多い[3]。日本では、年間全天日射量の約半分が散乱光である[3]。特に山陰から北海道にかけての日本海側は、散乱光のみが日照する平均雲量 8.5 以上の日が 180 日以上ある[4]。したがって日本海側のような場所では、半球からの散乱光のような散光を集光口に集光できる集光装置が必要である。散乱光を集光するために、集光装置の研究が行われている。Winston, Derrick らおよび Rao らは、平行に並べた複合放物面鏡を示した[5-7]。Mather らおよび Mills らは、対称および非対称の円筒形状の鏡を示した[8,9]。Mather らおよび Derrick らは、インポリュート形状の鏡を示した[6,8]。

Bassett らは、対称形状および非対称形状の鏡を示した[10]。Grimmer, Frissora ら, Norton ら, 鈴木, Eames らおよび Wang らは、対称形状および非対称形状の複合放物面鏡を示した[11-17]。Grimmer および Derrick らは、放物面鏡を示した[6,11]。Derrick らは、平面鏡を示した[6]。山田らは、フレネルレンズ、円柱レンズ、水円柱レンズおよび放物面鏡を示した[18]。しかしいずれの研究も、二次元形状の集光装置について示されており、三次元の半球から散光を集光するには不十分である。三次元形状の集光装置について研究が行われている。Sellami らは、正方楕円双曲面鏡を示した[19]。しかし正方楕円双曲面鏡は、直達光を太陽電池に入射させることに重きを置いている。松本は、楕円鏡を並べた多面鏡を示した[20]。しかし多面鏡は、集光性能が低い。

本研究では、半球からの散光を集光口に集光する円錐台鏡を設計して、その性能を評価した。本研究で得られた結果を以下に示す。円錐台鏡に座標系を設定して、設計方法を示した。設計方法を用いて、設定した設計値から、実際に円錐台鏡を作成した。作成した円錐台鏡の性能を比較するために、円錐台鏡を含めた、平面鏡、凹面鏡、複合放物面鏡およびフレネルレンズを測定物とした。測定物の性能を評価するために、実験装置を構成した。構成した実験装置を用いて、測定物に散光として拡散光を照射した。照射した拡散光について、測定物の集光面などに集光した光の照度を測定した。円錐台鏡について、鏡面において光が反射する回数の影響を明らかにした。光が反射する回数が少ないほど、集光口における照度が大きく、光を集光できる。円錐台鏡について、鏡面における反射の影響を明らかにした。円錐台鏡では、集光口における照度から、鏡面における反射の影響は大きい。また光が鏡面において反射する回数が少ないほど、鏡面における反射の影響は大きくなる。円錐台鏡について、集光口における大きさの影響を明らかにした。円錐台鏡では、集光口における照度から、円錐台鏡の高さおよび集光口の面積の影響は大きい。集光性能を示す照度比は、円錐台鏡が 0.236、複合放物面鏡が 0.0541 であった。円錐台鏡を用いることで、従来の複合放物面鏡よりも 4.36 倍で集光できる。円錐台鏡を用いることで、半球か

\*准教授 経営工学科

Associate Professor, Dept. of Industrial Engineering and Management

らの多くの散光を集光できる。

#### 参考文献

- [1] Mitsuhiro, M., Circular Truncated Conical Mirror with Cavity Shape and Inner Reflection for Concentrating Diffused Light to Collector Mouth from a Half Celestial Sphere, *Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers*, 9 (2), 40-51 (2021).
- [2] 日本太陽エネルギー学会編, 新太陽エネルギー利用ハンドブック, 日本太陽エネルギー学会 (2015).
- [3] 日本太陽エネルギー学会編, 太陽エネルギー利用技術, オーム社 (2006).
- [4] 国土地理院編, 日本国勢地図帳, 日本地図センター (1990).
- [5] Winston, R., Principles of solar concentrators of a novel design, *Solar Energy*, 16 (2), 89-95 (1974).
- [6] Derrick, G. H., Bassett, I. M. and Mills, D. R., Comparison of reflector designs for stationary tubular solar collectors, *Solar Energy*, 37 (3), 195-203 (1986).
- [7] Rao, S. S., Lee, H. and Hu, Y., Optimal design of compound parabolic concentrator solar collector system, *Transactions of the ASME, Journal of Mechanical Design*, 136 (9), 091402-1-091402-10 (2014).
- [8] Mather, G. R. and Beekley, D. C., Performance of an evacuated tubular collector using non-imaging reflectors, *Proceedings of the Joint Conference International Solar Energy Society*, (2), 64-78 (1976).
- [9] Mills, D. R. and Giutronich, J. E., Symmetrical and asymmetrical ideal cylindrical radiation transformers and concentrators, *Journal of the Optical Society of America*, 69 (2), 325-328 (1979).
- [10] Bassett, I. M. and Derrick, G. H., Diffuse reflectors in non-imaging optics, *Proceedings of the International Solar Energy Society Silver Jubilee Congress*, (1), 557-560 (1979).
- [11] Grimmer, D. P., A comparison of compound parabolic and simple parabolic concentrating solar collectors, *Solar Energy*, 22 (1), 21-25 (1979).
- [12] Frissora, J. R. and Platt, D. M., Drainable evacuated collector with compound parabolic cusp reflector, *Solar Energy and Conservation*, 1, 113-140 (1980).
- [13] Norton, B., Eames, P. C. and Yadav, Y. P., Symmetric and asymmetric linear compound parabolic concentrating solar energy collectors - The state-of-the-art in optical and thermo-physical analysis -, *International Journal of Ambient Energy*, 12 (4), 171-190 (1991).
- [14] Eames, P. C. and Norton, B., The effect of sky conditions on the partition of incident solar energy between the components of a CPC solar energy collector, *Proceedings of the Solar World Congress 1991 (SWC1991)*, 2, 1884-1889 (1992).
- [15] 鈴木研夫, 日射成分割合をパラメーターとした非結像系集光器の最適設計, 日本太陽エネルギー学会日本風力エネルギー協会合同研究発表会講演論文集, 37-40 (1993).
- [16] Eames, P. C., Norton, B., Tripagnostopoulos, Y. and Yianoulis, P., Modelling line-axis solar concentrators in the medium temperature range, *Renewable Energy*, 16 (1), 743-748 (1999).
- [17] Wang, J., Yu, L., Jiang, C., Yang, S. and Liu, T., Optical analysis of

solar collector with new V-shaped CPC, *Solar Energy*, 135, 780-785 (2016).

- [18] 山田昇, 本田佳之, 拡散光受光板を有する高倍率集光系の光学解析, *太陽エネルギー*, 36 (3), 45-50 (2010).
- [19] Sellami, N., Mallick, T. K. and Mcneil, D. A., Optical characterisation of 3-D static solar concentrator, *Energy Conversion and Management*, 64, 579-586 (2012).
- [20] Matsumoto, M., Multi-part mirror for focusing diffuse light, *Mechanical Engineering Journal*, 4 (3), 16-00520 (2017).