

L-6

放射冷却材料設計に向けた傾斜入射条件下の電磁界解析

Electromagnetic Field Analysis under Oblique Incidence for the Design of Radiative Cooling Materials

○伊東隼¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²*Jun Ito¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: For radiative cooling materials to achieve cooling during daytime, it is essential to effectively reflect solar radiation in the wavelength range of 0.3~2.5 μm . In our previous study, we developed an FDTD-based analysis method to optimize the reflectance of materials under normal incidence conditions. However, in practice, the incident angle of sunlight varies with diurnal and seasonal cycles and is not always normal to the surface. In this report, we analyze the reflectance characteristics of radiative cooling materials using electromagnetic field analysis under oblique incidence.

現在、地球は工業化の進展により温暖化が進み、2011年から2020年の世界平均気温は工業化以前と比べて1.09°C高いという報告がされている^[1]。その中で放射冷却材料は熱を電磁波として受動的に外部へ放射することで温度を低下させるため、電力を消費しない冷却手段として期待されている。この材料では、日照時において太陽光の存在する0.3~2.5 μm 帯の光を多く反射することが重要となる。このため我々は、材料の反射率を基礎的に評価する目的として、光が垂直に入射する条件での反射スペクトル解析をFDTD(Finite-Difference Time-Domain)法により開発した^[2]。しかし、実際の太陽光は日周期および季節周期に伴い入射角が変化し、必ずしも垂直入射しない。したがって、より現実に即した評価を行うには、斜め方向の入射を考慮した解析手法の構築が必要となる。

本報告ではFDTD法に傾斜入射を実装した電磁界解析を用い、放射冷却材料の反射率検討を行う。図1の解析モデルにおいて傾斜入射を実現するため、 x 座標に依存して位相を変化させる以下の入射波の式を用いる。

$$\dot{H}_z^{inc} = \frac{E_0}{Z_0} \dot{p}(t) e^{-jk_x x} \quad (1)$$

ここで、 \dot{H}_z^{inc} は入射磁界の z 成分、 E_0 は電界の振幅、 Z_0 は電波インピーダンス、 $\dot{p}(t)$ は複素パルス関数、 k_x は x 方向の波数である。入射面から解析領域内に設置した厚さ d の材料に対して、光を角度 θ で入射させた際の電磁界解析を行い傾斜条件下における反射特性を評価する。

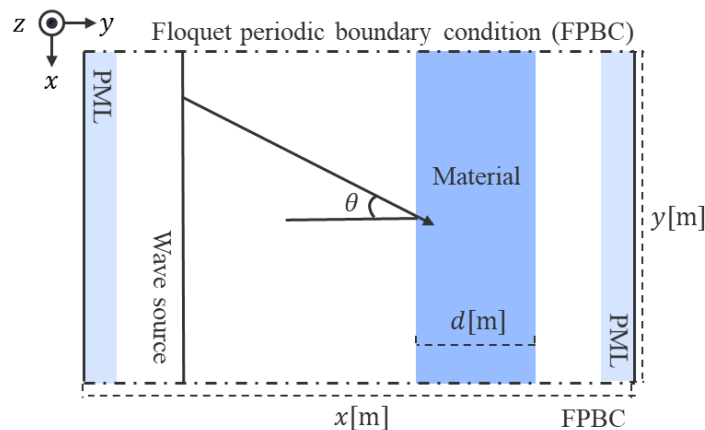


Figure 1. 解析モデル

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP23K03961, JP21K17753, JP25K15151 の援助を受けて行われた。

参考文献

[1] B. K. Bose, "Global energy scenario and impact of power electronics in 21st century", IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol.60, No.7, pp.2638–2651, 2013.

[2] 伊東隼, 岸本誠也, 大貫進一郎: 反射スペクトル解析によるナノ金属のジュール熱抑制評価, 2025年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-15-05, 2025年9月

1: 日大理工・院(前)・電気 2: 日大理工・教員・電気