

双方向反射分布関数測定のためのゴニオ・スタージェム散乱計の開発 VII

Development of a Gonio-STAR GEM Scatterometer for Measuring the BRDF VII

○川手悦男 (有限会社トラス、産総研)

○Etsuo Kawate (TRAS Inc., AIST)

E-mail: nra55960@nifty.com

URL : <http://www.opto-tras.com>

トラスは、『見え方』を定量的に測定する装置の研究開発をめざしている。『見え方』は、アニメ等の CG、自動車等の色管理や製品管理、LED や化粧品等の製品開発、ヒートアイランド現象を緩和させるために建物に塗布する高反射塗料や再帰反射性建材の製品開発のための、キーテクノロジーである。この『見え方』は、物理的には、双方向反射分布関数(BRDF)を測定することである。定量的に BRDF を測定できる装置は、ゴニオ反射率計のみであった。しかし、この反射率計は、試料を取り囲む空間内で、光源と検出器をそれぞれ独立に一点ずつ移動させながら測定するので、測定時間が非常に長いこと、測定結果が数値の羅列で直感的でないこと等が問題であった。

以前から BRDF を測定するために楕円面鏡を使う試みがあったが、すべて失敗した。楕円面鏡では、焦点を出た光は、他方の焦点に集まる。しかし、焦点近傍の任意の点を出た光が、他方の焦点近傍で広がってしまうことが、失敗の原因であった。

トラスは、2 台の同等な楕円面鏡を互の一つの焦点を共通焦点にして、互い違いに並べることで、この問題を解決した。その 3 次元立体図を図 1 に示す。この装置は、検出器に CCD カメラを備えているので、まず試料からの反射光や発光の空間分布を画像として測定できる。この点でも、直感的である。次に、この画像から BRDF を求めている。光源の半導体レーザー光(635 nm)を、完全拡散性試料に垂直に入射させて、8bit の CCD カメラで撮影した反射光分布を図 2 に示す。この画像は、半影の影響を低減するため、試料の法線の周りで 90 度ずつ回転させながら撮影した 4 枚の画像の合成である。この画像は、半空間中の各点の光強度を等距離射影で表現して、擬似カラーで表示している。画像中の任意の方向の BRDF を計算可能である。例えば、図中の緑線に沿った BRDF を、図 3 中の黒色曲線で示す。

ここで、Gonio-STAR GEM 光学系の光損失として、半球レンズの底面へ斜入射光が入射する時の $\cos \theta$ に比例した損失と、半球レンズを透過する光エネルギーはフレネルの式に従って角度の増加とともに減少する損失を考慮した。図 2 にこの補正を加えて、図 4 を得た。図 4 中の緑線に沿った BRDF を、図 3 中に赤色曲線で示す。この図 3 の横軸は、天頂角度で -90 度から 90 度である。縦軸はピークの平均値を 100%としたスケールである。この配置では、天頂角度で 0 度から 80 度まで測定できているので、全半球の 83%を測定している。上記の 2 件の光損失を考慮することで、両端の BRDF が 10%から 35%まで上昇した。

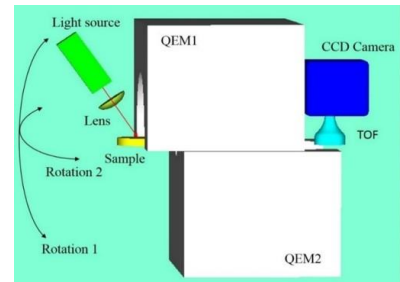


Fig.1 3D solid figure of a Gonio-STAR GEM

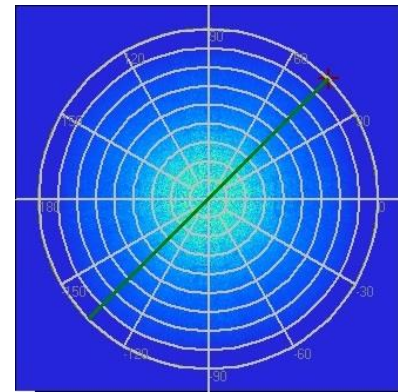


Fig.2 Spatial distribution of reflected light

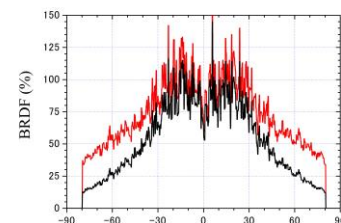


Fig.3 Two BRDF curves of a Spectralon sample

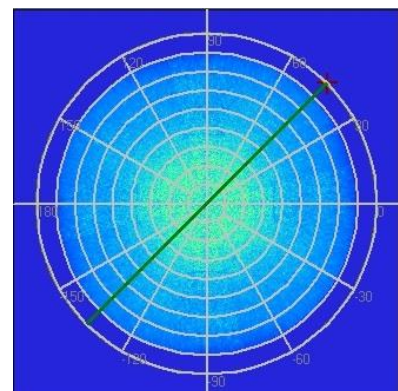


Fig.4 Spatial distribution of reflected light