正確な色表現のための日射スペクトルデータ計測に関する研究
Study on Measuring Solar Spectrum for Accurate Color Expression

1w163024-8　榎本　翔悟　　指導教員　坂井　滋和　教授
ENOMOTO Shogo　　Prof.　SAKAI Shigekazu

概要：　近年の MEMS 技術の発展など技術の進歩により、安価で小型の分光スペクトルメーターが登場した。本研究ではこのスペクトルメーターを用いて、日射スペクトルデータ計測を容易に行うことのできるシステム開発を行い、実際に日射スペクトルを計測した。この結果、我々が日々浴びている太陽光は複雑に変化していることが分かり、様々な分野において太陽光やエネルギーを活用するためには、詳細な日射スペクトルデータベースが必要であることが明らかになった。

キーワード：日射スペクトル、 景観シミュレーション、 CG
Keyword：Solar spectrum,　Visual environment simulation,　Computer graphics

1.　はじめに

近年、様々な分野で CG を用いた景観シミュレーションが活用されるようになった。しかし、その中で行われている太陽光シミュレーションでの空の色変化は日射の角度や時刻によるものが主である。実際の空では、同じ天気・時刻であっても日毎に空の色は一定でない。正確な太陽光の表現には日毎・地点ごとの詳細なスペクトルデータをパラメータとして用いる必要があると考えた。そこで、本研究ではスペクトルメーターを用いて容易な計測を可能とするシステムを開発と日射の計測を行い、日射スペクトルデータベースの必要性について議論した。

2.　実験概要

2.1 実験装置の設計と製作

本研究では日射スペクトル計測のために小型の可視光分光器である ezSpectra 815V を用いた。ezSpectra 815V のセンサーは光学系の開口数 0.22、立体角 25.4°であり、正確な計測のためにはこの範囲内に測定光を均一に入射させる必要がある。そこで、溶解石英ガラス製の拡散板を利用して入射光の整形を行った。そして、より広範囲の日射を均一にスペクトルメーターに入射させるために半球状のディフューザーでスペクトルメーターを覆った。

データ解析には楢ノ木技研から公開されている専用のアプリケーションを用いた。実験により取得したデータはスペクトル強度、平均演色性評価数、相関色温度、xy 色度図座標、平均演色評価数、照度、光合成光量子束密度である。加えて、日中 10 分おきに日射を計測するプログラムを製作した。以下に実験環境を示す。

言語：C#　　統合開発環境：Visual Studio 2019
OS：Windows 10 Home バージョン 1903

また計測の様子を次の図 1 に示す。

図 1 計測装置の設置状況

2.2 実験方法

製作した装置を用いて、2019 年 12 月 28 日から 2020 年 1 月 27 日までの中で計 27 日、早稲田大学西早稲田キャンパス上空の全天における日中（16 時 40 分まで）の日射の可視光スペクトルデータを 10 分おきに計測

した。ノートＰＣを Wi-Fi に接続した状態で設置し、Google Chrome リモートデスクトップを利用して、リモートアクセスして計測を開始した。

3. 結果と考察

合計 27 日間のうち、問題のあるデータは 13 個であった。当初は露光時間を長く設定して測定していたが、得られたデータには長波長側が短波長側よりも強く出ている場合と、どこかの時間で一つだけ前後の時間の 2 倍以上スペクトル強度が高くなっている場合があった。この原因は露光時間にあると考え、露光時間を短くして計測をした。その結果、得られたデータでスペクトル強度についてグラフ化をしたものを図 2 に示す。右手系で x 軸を時間、y 軸を波長、z 軸を強度とした。x 軸奥向きに日の入り時間となっており、時刻は 6 時 50 分から 16 時 40 分である。

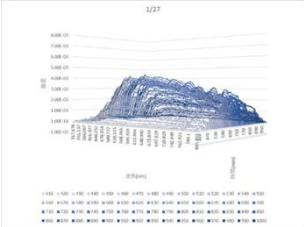

図 2 曇りの日（1 月 27 日）のスペクトルデータ

図 2 について見ると、スペクトルの波形は短波長側から長波長側までが問題なく出ていて、かつ短波長側が比較的強く出ている。さらに時間変化で見ても、正午付近に強度のピークが来ており、信頼性のあるデータが取得できたといえる。

また、信頼性のあるデータの中で、当初の予想と異なったものがあった。これを図 3 に示す。

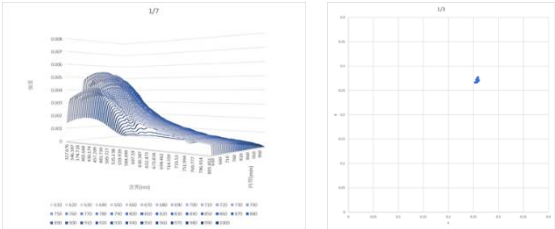

図 3 快晴の日（1 月 3 日）のスペクトルデータ

このデータは 10 時 10 分から 16 時 40 分の計測である。図 3 の右図は xy 色度図であり、横軸に x、縦軸に y を置いている。スペクトルデータから 1 日を通して短波長側が強く出ており、波形のピークは変わっていない。また、xy 色度図を見ると、プロット位置は(0.26, 0.27)付近に固まっている。これらから、1 月 3 日は日の入りまで空は青色であり、夕焼けが無かったと分かる。一般的に、夕焼けが起こるメカニズムとして、太陽光の入射角が大きくなる日の入り時において、大気圏に入ってくる太陽光が空気中のちりに拡散され、赤い波長の光が地上により多く届くことによって、人間の目が赤を認識して、夕焼けを観測する。しかし 1 月 3 日においては、13 時頃から風向きが南方向に変化したことで、午後は太平洋側からのちりが少ない海側からの風が吹いていた。また、冬場は日本においては空気が乾燥し、大気を霞ませる水蒸気量が少ない。このような気象条件により、観測地点において空気中のちりや水蒸気量が少なく、日の入り時に夕焼けが起こらなかったと推測できる。

4. 結論として今後の展望

本研究結果から、簡易なスペクトルメーターでも十分な計測が可能であることが分かった。ただ、計測場所は安定して日照が観測できる場所でなければいけないことが分かり、制限があることが判明した。また、今回の計測期間内では晴れ、曇り、雨以外の気象条件で実験を行うことが出来なかった。これについては今後も計測を継続し、調査をしていきたい。一方で本実験の成果として、同じ天気であっても気象条件などその他の要因によって、天空の色は異なる変化をすることが判明した。太陽光のシミュレーションをより正確に行うには、適宜データを提供できる時間ごとや地点ごとのスペクトルデータベースが必要不可欠である。

参考文献

[1] 太田登, 色彩工学 第 2 版, 東京電機大学出版局, 2009

[2] 国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構　NEDO, 日射スペクトルデータベース, https://www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html, [Accessed: 1. 31. 2020]