

# 全天写真を用いた林床部での日射量推定

1130063 黒木 康晴

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

本研究の目的は全天写真を使った林床部での日射量推定である。衛星画像を用いた林床部の日射量マップが作成できれば、植物の自生環境の解析、適地選定の評価に大きく寄与する。しかし、現存する日射量のデータは、天空の開けた部分でのデータである。今回は全天写真の作成、ラスタ計算による3データの分類、3値化、太陽の日周運動のグリッド化、画像のオーバーレイにより、日射量の推定の計測値と計算値を求めた。

**Key Words** : 全天写真, 分類, 3 値化, 日周運動, 日射量推定

## 1. はじめに

衛星画像を用いた林床部の日射量マップが作成できれば、植物の自生環境の解析、適地選定の評価に大きく寄与する。しかし、現存する日射量のデータは、天空の開けた場合のデータである。

そこで本研究の目的は、全天写真を用いて林床部での日射量推定することである。戸田らは、既に全天写真を用いた日射量推定手法を開発しているが、葉の透過光を考慮していない。そこで我々は、葉の透過光を考慮した日射量推定を行う。

今回、本研究では、写真の撮影のために、図 2.1 に示すデジタル一眼レフカメラ PENTAX K-30 を使用した。



図-2.1 PENTAX K-30

## 2. 使用した機材

- ・デジタル一眼レフカメラ (PENTAX K-30)
- ・焦点距離 8mm の魚眼レンズ (Samyang 製)
- ・トータルステーション (以後 TS と呼ぶ)
- ・スタッフ (4 本)
- ・水準儀
- ・三脚

使用した焦点距離 8mm のレンズの画角は、PENTAX K-30 の APS-C フレームサイズ 23.7mm×15.7mm より、水平方向  $\theta = 111.95^\circ$ 、鉛直方向  $\theta = 88.92^\circ$  である。

### 3. 全天写真の撮影

#### (1) 写真の撮影

鏡野公園の南側のクスノキ林にて撮影を行った。

全天写真には、水平線の目印が必要となるので、目印にスタッフを4本を使用した。スタッフを東西南北の4方向にカメラからほぼ等距離に設置した。撮影状況を図-3.2に示す。

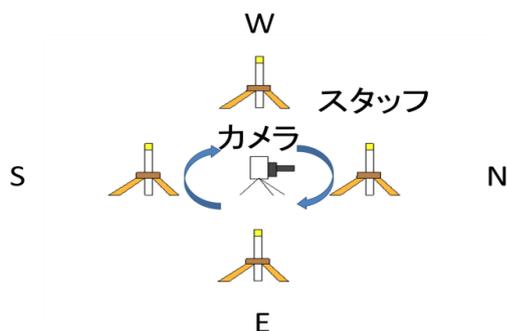


図-3.2 撮影状況

次に、カメラ設置位置で水準儀を用いて水準測量を行い、水平線となる位置をスタッフの目盛りから読み取った。

撮影は、20%のオーバーラップを考慮して、水平方向  $\theta = 90^\circ$ 、鉛直方向  $\theta = 70^\circ$  ずつカメラをずらして、写真を6枚撮影した。ただし、撮影時には縦置きで撮影したので、水平方向と鉛直方向の画角が逆になることを注意して撮影を行った。

#### (2) パノラマ合成による全天写真の作成

撮影した6枚の写真を、パノラマ写真合成ソフト Hugin を使用することにより、全天写真に変換した。合成により得られた写真を図-3.3に示す

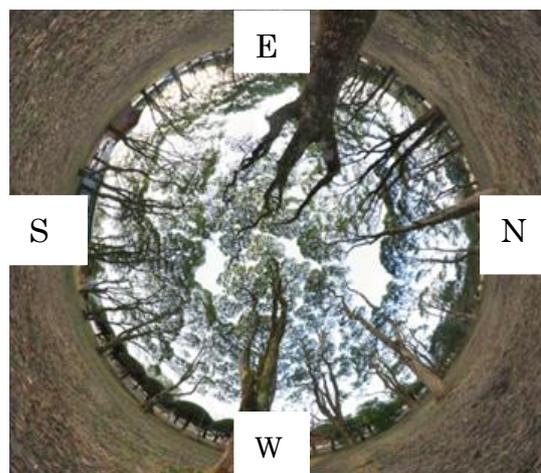


図-3.3 パノラマ合成した全天写真

### 4. 天空・葉・幹の分類

QGISにより、全天写真から天空・葉・幹の3種類のデータに分類を行った。分類のためには、ラスタ計算機を使用した。ラスタ計算機は、画素値を用いたバンド間演算ができる。QGISでは、画像情報がRGBの3色で表される。バンド1がR(赤色)、バンド2がG(緑色)、バンド3がB(青色)の情報である。分類に用いた条件式は以下のとおりである。

・天空の条件式

$$R < 230 \text{ AND } G < 235 \text{ AND } B < 240$$

・幹の条件式

$$R < 250 \text{ AND } G < 200 \text{ AND } B < 160 \text{ AND } G < R$$

・葉の条件式

$$(G-R) / (G+R) > 0.05$$

各条件式における閾値は、トライアンドエラーを繰り返し、最適と思われる値を導いた。天空・葉・幹それぞれの二値化画像から、葉・幹・空の3値化を作成した。(図-4.1)葉・幹・天空のうち、幹は葉と重なるデータが多くなり、精度が低くなった。そこで、3値化の際には、葉を優先させて行った。

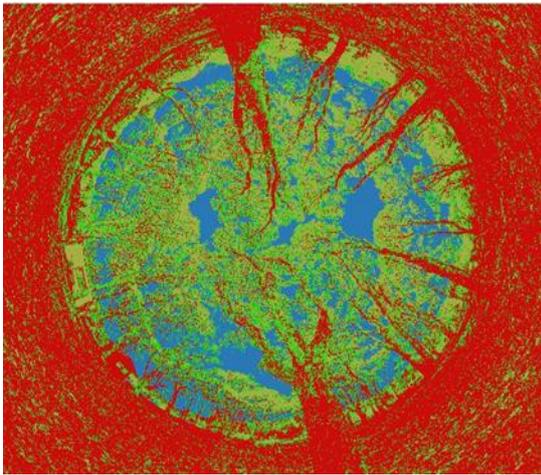


図-4.1 天空・葉・幹の分類画像

## 5. 日射量の推定

### (1) 画像の作成

日射量を推定するためには、太陽の日周運動の情報が必要である。夏至・冬至・春分（秋分）の3日分の日周運動のデータを作成した。

撮影地点での緯度・経度をもとに、3日分の太陽の日の出から日の入りまでの15分ごとの方位角高度を求めた。

3日分それぞれの方位角と高度角は、

#### CASIO-高精度計算サイト-太陽高度(1日の変化)

<http://keisan.casio.jp/has10/SpecExec.cgi?id=system/2006/1185781259>

より、緯度・経度、時差、西暦の情報を入力し、自動計算により算出した。求めた方位角・高度角の情報から、画像座標に変換する。画像の座標は図-5.1に示すように、画像の左上を原点とする行列で(c,r)で表されるが、撮影地点での天頂を原点とした方が計算しやすい。そこで天頂の座標を原点とし、北向きをu、東向きをvとした(u,v)座標を設定した。そして、北からの方位角をλ、水平面からの高度角φとすると、1画素あたりの角度がわかれば、(λ, φ)から、(u,v)座標、そして(c,r)座標へと次式を用いて変換することができる。

$$c = (90^\circ - \phi) \times 22.99 \times \cos \lambda + \frac{5222}{2}$$

$$r = -(90^\circ - \phi) \times 22.99 \times \sin \lambda + \frac{4521}{2}$$

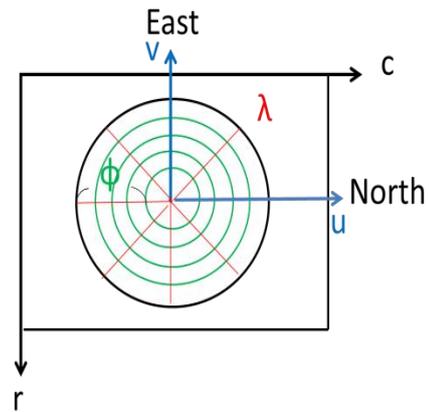


図-5.1 画像座標と方位角高度の概念図

変換式により求めた15分ごとの座標データを、太陽の視直径を考慮した画像に変換した。今回の画像の場合、太陽の視直径は24ピクセルとなった。画像化にあたっては、C言語のプログラムを用い、15分ごとの太陽の位置を直線をつなぎ、日周運動の白黒画像を作成した。図5.2に示す。

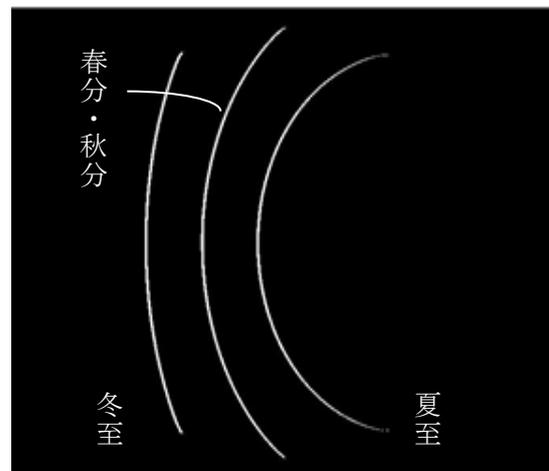


図-5.2 画像化した太陽の日周運動

## (2) 日射量計算

天空・葉・幹の分類画像と太陽の日周画像をオーバーレイさせ、日射量を推定する。今回、日射量を計測するために、SMARTS というプログラムを使用した。SMARTS は、大気モデルを設定し、位置情報と時刻情報を入力すれば、直達光と拡散光の放射照度が計算される。SMARTS で求めた直達光と拡散光の放射照度を、遮るものがない太陽のピクセル数と全天空のピクセル数から、1ピクセルあたりの放射照度に変換した。

SMARTS を使い冬至の12時での天空における放射照度を、1ピクセルあたりの直達光と拡散光を表-5-1に示す。

表-5-1 1ピクセルあたりの放射量と直達・拡散光の関係

放射量	天空	葉	幹
直達光(W/m <sup>2</sup> )	$2.31 \times 10^0$	$6.40 \times 10^{-1}$	0
拡散光(W/m <sup>2</sup> )	$1.05 \times 10^{-5}$	$2.90 \times 10^{-6}$	0

次に、葉を透過してくる光の放射照度を求めた。今回の対象地域は、クスノキバヤシであったため、クスノキの透過率のデータが必要である。透過率は、放射計を用いて、450~650nm の波長帯の平均値を用いた。その結果、27.7%であった。この透過率を用いて、1ピクセルあたりの葉を透過する直達光と拡散光の放射照度を計算した。なお、幹については、透過光は0と仮定した。

これらのデータを用いて、全天写真撮影地点における放射照度を計算する。まず、拡散光は、全天写真における各分類項目のピクセル数に先の1ピクセルあたりの各放射照度を乗ずれば求まる。直達光は、ある時刻における太陽の位置情報を用いて、太陽と重なる天空・葉・幹のピクセル数から同様に求めることが出来る。それらの合計が推定される放射照度となる。図-5.3は、春分・夏至・冬至における時刻ごとの推定放射量を示す。

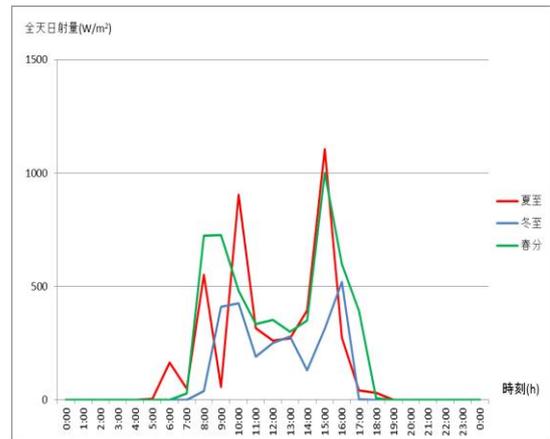


図-5.3 各時刻における推定日射量

## 6. 考察

林床部での放射照度推定のため、全天写真より、天空・葉・幹の分類を行った。分類された画像を用いて、直達光と散乱光を計算し、葉の透過率を考慮して、推定日射量を求める手法を考案した。

今後、実測により、考案した手法を検証する必要がある。

## 参考文献

1) 戸田健太郎・中村彰宏：全天写真を用いた日射量推定プログラムの開発

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsrt1989/27/1/27\\_1\\_154/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsrt1989/27/1/27_1_154/_pdf)

2) 高木方隆：国土を測る技術の基礎