

## LAI 推定における全天空写真の問題点について\*1

河原雄一郎\*2 · 村上拓彦\*3 · 吉田茂二郎\*3 · 今田盛生\*3

河原雄一郎・村上拓彦・吉田茂二郎・今田盛生：LAI 推定における全天空写真の問題点について 九州森林研究 56：210-211, 2003

LAI (Leaf area index) は林冠構造を解析する上で重要な要素の1つであるといえる。全天空写真による LAI の間接測定方法は、LAI-2000 に替わる安価で信頼性のある手法であると考えられる。しかし、構造が比較的複雑で傾斜のある林分においてその有効性を検証しようとした例はまれである。そこで、傾斜地を含む常緑広葉樹天然林において、LAI-2000 Plant Canopy Analyzer と全天空写真のそれぞれから推定した LAI を比較した。LAI-2000 から推定した LAI と全天空写真から推定した LAI はそれぞれ 1.68 ~ 6.69 (平均 3.87) と 1.97 ~ 3.16 (平均 2.42) の範囲に分布した。ただし、今回の結果では、両者の間に有意な相関は認められなかった。LAI を推定する上で、傾斜地を含む林分においては、全天空写真は有効ではない可能性が示唆された。

キーワード：LAI, LAI-2000, 全天空写真

Kawahara, Y., Yoshida, S., Murakami, T. and Imada, M.: **The problems in estimating LAI by hemispherical photography** *Kyushu J. For. Res.* 56: 210-211, 2003 LAI (Leaf area index) is a key determinant of the canopy structure. Hemispherical photography is one of the most useful indirect methods for estimating LAI. The usefulness, however, rarely tested in evergreen natural forest which has complicated canopy structure and inclination. In this study, LAI measured by LAI-2000 Plant Canopy Analyzer was compared with that estimated by hemispherical photography in that stands. LAI measured by LAI-2000 Plant Canopy Analyzer and hemispherical photography ranged from 1.68 ~ 6.69 (Avg. 3.87) and 1.97 ~ 3.16 (Avg. 2.42), respectively. In this result, however, there was no correlation between LAI measured by LAI-2000 Plant Canopy Analyzer and hemispherical photography. This result suggested that hemispherical photography is ineffective device in estimating LAI in inclined stands.

Key words: LAI, LAI-2000, hemispherical photography

## I. はじめに

LAI は林冠構造を解析する上で重要な要素の1つであるといえる。Macfarlane *et al.* (2000) は、ユーカリ (*Eucalyptus globulus* Labill.) 幼齢林において LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (LICOR 社製、以下 LAI-2000 と記す) と全天空写真のそれぞれから LAI を推定し、補正の必要があるものの、全天空写真は LAI-2000 に替わる安価で信頼性のある手法であると結論づけた。LAI の測定方法には直接・間接を含めていくつかのものが存在するが、簡便に LAI を測定する上で、LAI-2000 と全天空写真は有効であろうと考えられる。しかし、全天空写真については、構造が単純な林分で行われた研究例が多く、構造が比較的複雑で傾斜のある林分において、その有効性を検証しようとした例はまれである。そこで、傾斜地を含む常緑広葉樹天然林において、LAI-2000 と全天空写真のそれぞれから一定の条件下で推定した LAI を比較し、全天空写真の有効性を検証した。

## II. 対象地と方法

## 1. 全天空写真の撮影

福岡演習林内の常緑広葉樹天然林10林分を対象とした。各林分において、ラインプロットが設定されている。

各林分において任意に選択した5地点で、林冠に直達光が当たらない条件下でデジタルカメラ (Coolpix 990, Nikon) と専用の魚眼レンズ (Fish-eye Converter FC-E8, Nikon) を用いて全天空写真を撮影した。Coolpix 990 の総画素数は3.34メガピクセルである。三脚を用いてカメラを地上高1.2mに固定し (寺岡, 1995), 水準器により鉛直上方を視準した。露出は自動とし (Englund *et al.*, 2000), 画質は Basic, 画像サイズは VGA とした (Inoue *et al.*, 2002)。

Macfarlane *et al.* (2000) は、フィルムカメラを用いて全天空写真を撮影しているが、フィルム写真とデジタル写真のそれぞれから推定した LAI との間に相関が認められていることから (Frazer *et al.*, 2001), 今回はデジタルカメラを使用した。

\*1 Kawahara, Y., Yoshida, S., Murakami, T. and Imada, M.: The problems in estimating LAI by hemispherical photography

\*2 九州大学大学院生物資源環境科学府 Grad. Sch. Biores. and Bioenvir. Sci., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

\*3 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agric., Grad. Sch. Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

## 2. 全天空写真の解析

撮影した全天空写真は画像解析のためパーソナルコンピューターに取り込んだ。Englund *et al.* (2000) は、ディスプレイ上でカラー画像と白黒画像を見比べながら閾値を手動で変化させる相互的二値化を用いている。しかし、画像が多数に及ぶ場合には、相互的二値化はあまりに時間を要するので適用できない (Weaver and Au, 1997)。これに対し、自動的二値化はかなりの時間を節約できるだけでなく、客観的な二値化結果を与える。Lee *et al.* (1983) は樹冠画像を二値化する際、Red, Green 及び Blue 成分の中で Blue 成分が樹冠と背景との間の最も高いコントラストを与えることを見出した。また、Mizoue and Inoue (2001) は 3 種類の自動二値化手法を樹冠画像の Blue 成分に適用し、Otsu (1979) の教師なし判別分析が最も高い再現性をもって示した。したがって、今回の解析では、Otsu (1979) の教師なし判別分析を Blue 成分に適用することによって全天空写真を二値化した。二値化した画像から魚眼レンズの画角と歪みを補正することによって LAI を求めた。以上の解析には、Lia 32 for Windows 95 を用いた。

## 3. LAI-2000による LAI の推定

全天空写真を撮影した直後に同一の地点で、LAI-2000 (LI-COR 社製) を用いて LAI を測定した。2 センサーモードを使用し、2 つのセンサーをマッチングさせた (LI-COR, 1992)。林冠上部と地上高 1.2m で 3 回繰り返して測定し、平均化した。

## 4. 統計処理

LAI-2000 と全天空写真のそれぞれから推定した LAI の関係を相関分析、対応のある *t* 検定および回帰分析により解析した。

図-1 に示す。LAI は 1.68~6.69 (平均 3.87) と 1.97~3.16 (平均 2.42) の範囲にそれぞれ分布した。LAI-2000 から推定した LAI は全天空写真から推定した LAI よりも有意に高い値を示し ( $p < 0.01$ )、その差は平均で 1.459、最大で 4.288 であった。LAI-2000 と全天空写真のそれぞれから推定した LAI との間には相関が認められなかった ( $r = -0.031$ )。

Frazer *et al.* (2001) は、フィルム写真とデジタル写真のそれぞれから推定した LAI との間には相関が認められることを報告している。したがって、今回の結果と Macfarlane *et al.* (2000) が導いた結果との不整合は、用いたカメラの構造上の問題とは考え難い。また、Macfarlane *et al.* (2000) はフィルムカメラによる撮影時の露出の影響について検討している。しかし、今回のようにデジタルカメラを用いて露出を自動とした場合でも、撮影時の絞りとシャッタースピードに大きな変動はなかった。傾斜のある林分では、斜面上部の地表が全天空写真に比較的高い割合で写るので、林分の傾斜が LAI の推定値に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。したがって、LAI を推定する上で、傾斜地を含む林分においては、全天空写真は有効ではない可能性が示唆された。

LI-COR (1992) は、林分の傾斜に対して平行になるように LAI-2000 のセンサーを支持する方法についても触れている。しかし、同様の方法で全天空写真を撮影することは実際上困難である。撮影時には、斜面に対して平行にカメラを設置するよりも水平に設置する方が現実的である。今後は、カメラを水平に設置して撮影した全天空写真から、より客観的な結果が得られる地形の補正方法について検討する必要がある。

## Ⅲ. 結果と考察

LAI-2000 と全天空写真のそれぞれから推定した LAI の比較を

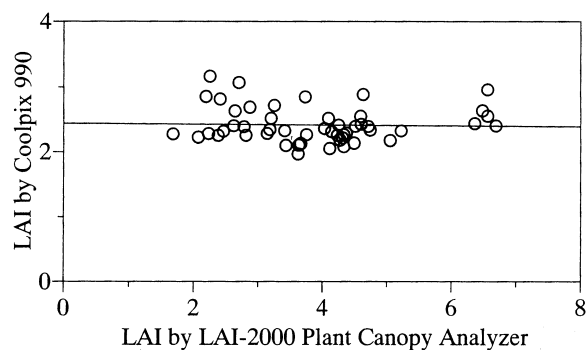


図-1. LAI-2000 と全天空写真のそれぞれから推定した LAI の関係

## 引用文献

- Englund, S. R. *et al.* (2000) Can. J. For. Res. 30 : 1999-2005.  
 Frazer, G. W. *et al.* (2001) Agric. For. Meteorol. 109 : 249-263.  
 Inoue, A. *et al.* (2002) J. For. Plann. 8 : 67-70.  
 Lee, Y. J. *et al.* (1983) Can. J. For. Res. 13 : 956-961.  
 LI-COR (1992) LAI-2000 Plant Canopy Analyzer Instruction Manual. LI-COR, Lincoln, NE, USA.  
 Macfarlane, C. *et al.* (2000) Agric. For. Meteorol. 100 : 155-168.  
 Mizoue, N. and Inoue, A. (2001) J. For. Plann. 6 : 75-80.  
 Otsu, N. (1979) I EEE Trans. Systems Man Cybernet. SMC-8 : 62-66.  
 寺岡行雄 (1995) 日本九州支論 48 : 29-30.  
 Weaver, J. L. and Au J. L-S. (1997) Cytometry 29 : 128-135.

(2003年1月6日 受理)