



Title	Assessing oil palm growth condition in Indonesia using remote sensing techniques [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Marimun, Heri Santoso
Citation	北海道大学. 博士(農学) 甲第13144号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/70185
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Heri_Santoso_Marimun_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称： 博士（農学）

氏名 Heri Santoso Marimun

学位論文題名

Assessing oil palm growth condition in Indonesia using remote sensing techniques
(リモートセンシング技術を用いたインドネシアにおけるアブラヤシの
生育状態の評価)

アブラヤシから生産されるパーム油の量は、栽培的要因、管理的要因、経済的要因、社会的および環境的要因の影響を受けて変化する。その中でも栽培的要因には 2 つの大きな問題がある。第一は、インドネシアとマレーシアにおける最も深刻なヤシの病害、*Ganoderma orbiforme* によって引き起こされる Basal stem rot (BSR) である。BSR に対する効果的な治療法はなく、現在適用されている対処法は、アブラヤシの寿命を延ばす処理だけである。第二の問題は、ヤシの生産に影響を与える重要な要因であり、農園の経費総額の 40~50% を占めている肥料である。アブラヤシに対する肥料必要量は、葉の栄養成分の分析に基づいて決定されるが、簡便な分析法が必要であり、第一の問題と合わせリモートセンシング技術の利用が望まれている。

序章では、アブラヤシやリモートセンシングに関する既往の研究を総括し、本研究の目的を BSR 感染個体の検出とモニタリングのための迅速かつ効果的な手法の開発、並びに肥料の投入量を最適化するための安価で迅速、また正確な葉の栄養状態をモニタリングする方法の開発とした。

2 章では高分解能マルチスペクトル衛星画像を用いたアブラヤシの検出手法の検討を行った。従来から様々な方面で要望の多いアブラヤシ密度の計測は、人手によりプランテーションで個体を数えることによって実施されてきた。本研究では衛星データを用いて樹齢と密度が異なっているアブラヤシを対象として解析した。使用した衛星画像は QuickBird 画像であり、これに 6 種類のパンシャープン法を適用し、パンクロマチック画像と比較した。処理の手順は、(1) アブラヤシの個体位置の検出、(2) 赤バンドを用いたアブラヤシ領域の抽出、および (3) アブラヤシ個体の計数と精度評価である。解析ではパンシャープン法として改良 IHS 解像度マージ法、カラー正規化法、差分解像度マージ法、PC スペクトルシャープニング法が密度別や樹齢別に見ると好成績を示した。アブラヤシの樹齢や植栽密度によって最良の手法は異なったが、全対象地域に対しては、カラー正規化法とウェーブレット法が、それぞれ 98.9% と 98.4% の精度でアブラヤシの個体検出を可能とし、総合的に適したパンシャープン法であるといえる。既往の研究では 90~95% の精度での検出であったので本研究で開発した手法は精度を大幅に向上させた。

3 章では機械学習を用いてアブラヤシのプランテーションにおける BSR の分類を検討した。QuickBird 画像を用いて BSR 感染に関して健全・感染の 2 つのクラスに機械学習により分類した。使用した機械学習モデルは、サポートベクターマシン、ランダムフォレスト (RF)、回帰ツリーモデルである。2008 年 8 月 4 日に観測された QuickBird 画像を 3 つの分類法に適用した。全データから教師データとして 75%、テストデータとして 25% を使用して分類した結果、RF 法は全体精度 91.4% を示した。3 手法を比較すると、全体精度、プロデューサ精度、ユーザ精度、カッパ係数の全てで RF 法が適することが判明した。カラー正規化法で検出された 49,937 本のアブラヤシに適用したところ、健全が 37,617 個体 (75%)、感染が 12,320 個体 (25%) に分けら

れた。

4 章では WorldView-3 画像および機械学習アルゴリズムを用いたアブラヤシのプランテーションにおける感染程度の段階的な分類について検討した。使用したデータは総数が 1923 本で、健全な個体および 3 段階のレベルの感染程度の個体からなる。分類法として機械学習アルゴリズムの決定木法、ランダムフォレスト法、サポートベクターマシン法を適用した。外れ値をデータから削除した後も全体精度は低く、約 1~5 ポイントの向上であった。低い精度の原因は、調査段階における BSR 感染レベルを決定するのに使用した感染程度の判断基準の不適合にあると考えられた。そこで、新しい感染程度の判断基準としてバンド 4 の反射率の分布に基づいて決定した閾値を用いる手法が考案された。本研究に基づく BSR 感染程度の新しい基準によると、健康なアブラヤシの木 (H) は完全な樹形をしている。感染程度が最も低い感染程度 1 (UH1) は、2 本までの未展開葉および一部の黄変があり、葉の一部に壊死の出現または小葉のサイズの減少が見られるものとした。中程度の感染程度 2 (UH2) は、3 本以上の未展開葉、壊死の出現を伴い、群落の中部から底部に黄変した葉を有する。最も激しい被害の見られる感染程度 3、(UH3) には 4 本以上の未展開葉があり、ほとんど全ての葉が黄変し、壊死の幅が広がり、果実が付かず根や茎に腐敗した部分が見られるものである。将来は、BSR 感染程度を示す新しい判断基準に基づき、マルチスペクトルカメラを搭載した UAV を使用して、アブラヤシのプランテーションで BSR 感染程度の識別が可能になると考えられる。

5 章ではインドネシアのカリマンタンにおける分光放射計を用いた反射率測定によるヤシの葉の栄養成分分析について検討した。窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ホウ素、銅、亜鉛などの最も重要な葉の栄養素の含有量を予測するのに適した波長を探索するために、分光反射率データに基づいて葉の栄養成分を調べた。サンプルは、インドネシアのカリマンタン中央部のプランテーションから採取した。従来から使用されている植生指数、新規に開発した植生指数、およびステップワイズ重回帰分析を用いて、葉の栄養成分を予測するためのモデルを構築した。波長 1423nm と 1877nm を用いた植生指数を使用したモデルは、N 含有量と強い正の相関を示し ($r = 0.731$)、1164nm と 1238nm を用いた植生指数は Ca 含有量と強い相関を示した ($r = 0.707$)。P, K, Mg, B, Cu, Zn は中程度の正の相関を示し、 r 値は 0.575~0.699 の範囲であった。葉の栄養成分を予測するのに一般的に使用されるいくつかの植生指数は、本研究で提案された植生指数よりも低い r 値を示した。次に、ステップワイズ重回帰分析を用いて分光反射率から栄養成分の推定を試みた。まず、波長範囲を G1 (紫外線 A) から G6 (遠赤色) までの 6 波長帯に分け、波長帯ごとに栄養成分推定モデルを作成した。続いて、G1 および G3 (緑色) から G6 (遠赤色) 波長帯で選択されたすべての変数を含むモデルを作成したところ、これは波長帯ごとに作成したどのモデルよりも高精度であることが判明した。

終章では、各章の検討が総括され、高解像度リモートセンシング画像や分光反射率の計測がアブラヤシ生産のプランテーションにおける有望な情報収集手段の一つとなりうることを明らかにした。