HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | Study on the impact of atmospheric pollution on eco-environment changes using satellite remote sensing technique [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review] |
| Author(s) | 鐘, 国盛 |
| Degree Grantor | 北海道大学 |
| Degree Name | 博士(農学) |
| Dissertation Number | 甲第12874号 |
| Issue Date | 2017-09-25 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/67748 |
| Rights(URL) | https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/ |
| Type | doctoral thesis |
| File Information | Zhong_Guosheng_review.pdf, 審査の要旨 |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士（農学）　　氏名　鐘　国盛

審査担当者
主　査　准教授　王　秀峰
副　査　教　授　鮫島　良次
副　査　教　授　野口　伸
副　査　客員教授　廣田　知良
副　査　准教授　谷　宏

## 学　位　論　文　題　名

Study on the impact of atmospheric pollution on eco-environment changes using satellite remote sensing technique

（衛星リモートセンシングを用いた生態環境変化への大気汚染の影響に関する研究）

本論文は 7 章からなり，図 64，表 23，引用文献 204 を含む 180 ページの英文論文で，参考論文 2 編が添えられている。

大気エアロゾルは，直接的および間接的に地球放射収支を左右し，グローバルな気候変動に重大な影響を与えることが認識されている。大気エアロゾルの研究は，エアロゾル粒子の発生源検出，エアロゾル・大気汚染物質の輸送と広域分布測定および地球気候系への影響を解明することが重要な課題である。衛星リモートセンシングは，広域にわたる情報が取得できる非常に有効な手段のひとつであり，特に温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)の打ち上げにより，放射強制力を要因とする温室効果ガスとエアロゾルの情報が同時に提供できるようになった。

本研究の目的は，(1)衛星データからエアロゾル情報を抽出するためのアルゴリズムを開発して，大気のモニタリングに利用すること，(2)得られた情報から植生状態評価のモニタリングを改善するため，大気補正手法を開発することである。

1. GOSAT 衛星に搭載される雲・エアロゾルイメージャー(CAI)は大気と地表面の状態が観測できる。エアロゾルの重要な光学特徴である光学的厚さ(AOD)は，大気エアロゾルの濃度を表す。観測データから AOD を算出するには，地表面からの反射率を見積る必要がある。そのため，放射伝達モデルを用いて計算された 0.67 μm バンドの地表面反射率と 1.6 μm バンドの大気上端(TOA)反射率の関係を解析した。エアロゾルフリー植生指数(AFRI)による新しい表面反射率の推定手法，更に GOSAT 衛星の広い分野への応用と発展のため，AOD 推定アルゴリズムの開発にチャレンジした。アルゴリズムの検証は AERONET サイトからの AOD との比較を行い，強い相関関係が示された。

2. 地球表面で反射した太陽光は衛星に到達する間に散乱・吸収が起こり，実際の地表面状態を把握することが困難である。ここで，大気の影響を調べるため，MODIS 衛星データから ARVI，EVI，EVI2，VARI および AFRI 植生指数を計算し，異なる AOD レベルで植生指数のパフォーマンスを評価した。検証を行う際，空間・時間的に一致した MODIS と AERONET データを利用した。TOA 植生指数と大気補正した(AC)植生指数が MODIS により提供された TOA 反射率データ(MOD02HKM)と表面反射率データ(MOD09HKM)から計算した。その結果，異なる AOD のレベルで，AFRI には AOD の影響が最も小さいことが判明した。

3. 正規化植生指数(NDVI)は最も広く使用される植生指数である。しかしながら，大気による散乱光の影響を受けやすいため，精度の低下が懸念される。植生指数への大気の影響を最小限に抑えるため，補正手法を開発した。ここではAOD値が大気状態の基礎情報を与えるものと考える。放射伝達モデルを用いた計算結果から，赤色と近赤外バンドにおけるエアロゾル影響を補正するための経験式が導出された。補正されたNDVIは，赤色と近赤外バンドの大気影響が大幅に除去され，補正手法としての優れた能力が証明された。

4. 赤色および近赤外線バンドに関する大気影響の補正手法は2.1 μmバンドに基づいて開発されたが，そのバンドは持たずかわりに1.6 μmバンドを持つ衛星センサに対しては，前述の補正手法を適用できない。この問題を解決するため，MODIS表面反射率プロダクトを用いて1.6 μmと2.1 μmバンド両者の反射率の関係を解析し，1.6 μmバンドのセンサに適合させる補正法の開発を試みた。解析結果により，2.1 μmバンドの反射率が1.6 μmバンドにより推定できる経験式を導出した。2.1 μm-basedの補正手法を1.6 μmバンドのセンサへ適用することが実現できた。更に異なるAODレベルにおける補正手法の性能をテストした。その結果，1.6 μm-based補正手法により赤色と近赤外バンドの大気影響が効果的に除去された。

5. MODIS Dark Target(DT)アルゴリズムにより生成されたプロダクトCollection 5とCollection 6は，観測幾何条件と植生生育状態の情報を考慮し，2.1 μm バンドから0.6 μm バンドの反射率を推定している。MODIS DTアルゴリズムの特徴を利用し，GOSAT CAI DTアルゴリズムの開発を行った。しかし，GOSAT CAIでは短波赤外線(SWIR)波長帯に1.6 μmデータしか受信できないので，$NDVI_{SWIR}$の算出ができない。そのため，AFRIと$NDVI_{SWIR}$共にエアロゾル影響に対する感度が低い植生指数であることから，GOSAT CAI DTアルゴリズムにAFRIを$NDVI_{SWIR}$の代わりに使用した。また，既に解明した1.6 μmと2.1 μmの関係を用いることで2.1 μm バンドの反射率が推定できた。解析結果に基づいて地表面反射率の計算手法および AOD 推定のアルゴリズムを開発した。算出されたAODはAERONETサイトからのAODと比較すると，高い相関関係が示された。

本研究では，大気エアロゾルモニタリングのための新しいアルゴリズム，また，大気による散乱・吸収の影響を含めた衛星観測データを補正する手法を開発し，可視，近赤外，短波赤外の反射率を測る衛星センサに対して理論的に適用することができた。以上の成果は，衛星データを用いた生態環境変化への大気汚染影響の検出に貢献でき，学術上，応用上，高く評価される。

よって，審査員一同は，鐘　国盛が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。