



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on the effects of anthropogenic activities and climate change on atmospheric environment by remote sensing technology [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	殷, 帥
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第13143号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70152
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shuai_Yin_abstract.pdf, 論文内容の要旨



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 殷 帥

学 位 論 文 題 名

Study on the effects of anthropogenic activities and climate change on atmospheric environment by remote sensing technology

(リモートセンシング手法を用いた人間活動と気候変動が
大気環境に及ぼす影響に関する研究)

現在、グローバルな環境変化が益々重要な研究課題になっており、人間活動は大気環境の変化の主な影響要因として注目されている。特に発展途上国において都市化、工業化などの急劇な進行に伴う大気質の悪化が著しく現われている。一方、気候変動と大気環境は複雑な関係を持っており、CO₂など温室効果ガス濃度の上昇は地球温暖化の原因となるだけでなく、オゾンなどの大気組成に影響を与え、大気汚染を加速させる。海洋は最大の炭素吸収源として、80%以上のCO₂を吸収していると指摘され、海面温度（SST）の変動はCO₂濃度に大きく左右する可能性がある。大気変化の特徴とプロセスのメカニズムを把握するため、様々な情報を解析する必要がある。そのため、飛躍的に進歩発展しているリモートセンシング技術を用いて、気象データおよび地上観測データと共に、大気汚染と気候変動などを解析することが期待されている。

本研究は、人間活動と気候変動が大気環境に及ぼす影響を解明することを目的とし、(1) 人間活動の影響について、中国における作物残渣燃焼とPM_{2.5}（直径2.5μm以下の微粒子状物質）濃度変化の空間分布を調べ、さらに深刻なスモッグが進んでいる北東部での形成条件を検討し、(2) 気候変動の影響について、頻繁に森林火災などが発生しているインドネシアにおけるCO₂濃度変化および影響要因を解析し、エルニーニョ・南方振動(ENSO)イベントによるオーストラリアのCO₂濃度と降水量の空間変化に関する解析を行った。

1. 人間活動の影響について、MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) データを用い、中国全地域を対象として2014年と2015年の日別作物残渣燃焼スポットを抽出し、ピクセル化などの手法を利用して、燃焼分布マップを完成した。また、2014年と2015年の日別大気質データをクリギング補間して、日別と月別のPM_{2.5}分布図を作成した。解析の結果、作物残渣燃焼は季節的なパターンで発生し、その時・空間分布は農作業と密接な関係を示した。研究対象期間の全地域から見ると、PM_{2.5}濃度は西部や南部より東部と北部で高く、夏と晩秋にPM_{2.5}は作物残渣燃焼から2~3日ないし1週間遅れて変化する傾向が見いだされた。中東部の夏の作物残渣燃焼について、PM_{2.5}と作物残渣燃焼スポット数との相関係数は2014年に0.6921 (P<0.01)、2015年に0.5620 (P<0.01)であった。北東部では、晩秋のPM_{2.5}と作物残渣燃焼スポットとの相関係数は2014年に0.5670 (P<0.01)、2015年に0.6213 (P<0.01)であった。全地域において、作物残渣燃焼によるPM_{2.5}の上昇効果は夏より晩秋に強かった。さらに、年度別の比較により、作物残渣燃焼スポット数の変化が地域のPM_{2.5}に影響することを明らかにした。すなわち、夏と晩秋の作物残渣燃焼地域に高いPM_{2.5}が示された。

2. 本研究では、中国北東部において、複数の衛星データ、気象データおよび地上観測の大気質データを用い、2015年10月~11月に発生した強度のPM_{2.5}汚染のエピソードを調べた。PM_{2.5}汚染の発生期間におけるCO、NO₂、SO₂などの空気成分について日別変化および空間分布を検討し、北東部の3省における3回のエピソードにおいてPM_{2.5}の発生源は完全に異なっていたことが判明した。また、MODIS データから得られた作物残渣燃

焼スポットおよびPM_{2.5}などの空気成分変化の解析により、作物残渣燃焼は地域の汚染エピソードに大きく寄与していると結論づけた。研究対象地域においては19,790作物残渣燃焼スポットが抽出され、他の年よりはるかに多かった。11月8日の作物残渣燃焼からの一次粒子と特別な気象条件によって形成された二次粒子および粒子輸送は、最も激しい汚染エピソードの発生原因であったと確認された。NOAA Trajectory モデルを利用し、黒竜江省からの汚染物質が空気輸送によって吉林省と遼寧省の第3回汚染エピソードを悪化させたことを明らかにした。衛星MODIS-エアロゾル光学的厚さ(AOD)、OMI-エアロゾル吸収光学深度(AAOD)、OMI-UVエアロゾル指数(UVAI)およびMOPITT-COデータを地上観測データセットと検証し、UVAIを除き、有意な相関および空間的な一貫性が存在していることを証明した。以上のように、衛星データ、気象データおよび地上観測データの総合的な解析により汚染エピソードに関する発生原因を解明し、モニタリングへの情報提供を可能とした。

3. CO₂濃度と地域環境変化の関係を解析するため、本研究では炭素観測衛星-2(OCO-2)データを利用し、インドネシアのCO₂濃度に対して潜在的な影響を及ぼすSST、森林火災および植生変化を検討した。2014年～2016年、インドネシアにおけるCO₂濃度の増加が示され、島国として、CO₂濃度は海岸周辺のSST変動に直接的な影響を受けることが判明した。CO₂濃度とSSTは同様なパターンが表われ、正の相関性を示した。2015年に最も長く燃焼を続けた森林火災により、MODISから抽出された火災スポットの数は140,699と急増し、地理条件的な影響も受け、全地域のCO₂濃度上昇は引き起こさなかったが、関連する島々のCO₂濃度は増加傾向を示した。森林火災の発生時、すなわち2014年9月～10月にはカリマンタン島のCO₂濃度が上昇し、2015年9月～10月にはカリマンタン島とスマトラ島のCO₂濃度も上昇した。一方、インドネシアの植生指数は森林火災発生直後を除く通年に大きな変動が無く、CO₂濃度との相関性も示されなかった。以上の解析結果で、OCO-2は局部スケールのCO₂濃度の変化をモニタリングできることが証明され、OCO-2レベル2データの効果的な利用が提案できた。

4. CO₂濃度と気候変動の関係を調べるため、温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)とOCO-2衛星を用いて、2009年6月～2016年12月、オーストラリアにおけるCO₂濃度の時・空間変動、また気象要因、気候タイプおよび土地被覆を考慮し、CO₂濃度と降水量の変化を関係づけて、相互の影響を解析した。解析結果によると、研究期間における全地域でCO₂濃度の増加が見られ、中部でのCO₂濃度の空間分布は他の地域より高く、直接に地域降水量の影響を受けたことが推定された。また、Köppen-Geiger気候分類を利用し、CO₂濃度の空間分布は様々な気候タイプと密接に関連していることが明らかになり、海岸周辺のSST、降水量および土地被覆タイプなどが地域のCO₂濃度に影響を与えることを明らかにした。さらに、4つのNiñoゾーンで現われた異常なSSTとオーストラリア全体の降水量との関係を調べた結果、強い相関性が示された。Niñoゾーン-3指数およびNiñoゾーン-3・4指数を用いて、2011年のラニーニャと2015年のエルニーニョのENSOイベントを判明した。ラニーニャ期間において、CO₂濃度の増加は鈍く、降水量は増加した。エルニーニョ期間において、CO₂濃度の増加は加速し、降水量は減少した。ENSOイベントが発生すると、赤道太平洋のSSTの変動が引き起こされると推定できた。

作物残渣燃焼は典型的な人間活動である。衛星データから火災スポットを獲得し、地域のPM_{2.5}に影響したことを解明し、特に2015年中国北東部の汚染エピソードに大きく寄与したと結論した。さらに、気候変動が局部スケール(インドネシア)と大陸スケール(オーストラリア)のCO₂濃度変化と密接な関係を持つことを明らかにした。本研究は、リモートセンシング手法を用い、温室効果ガスデータおよび地上観測データなど様々なデータリソースと結合することで、人間活動や気候変動が大気環境に及ぼす影響を解析し、大気成分の時・空間分布を明らかにした。本研究の結果は大気変化メカニズムの解明に貢献でき、人類生存環境を改善するための措置や政策の決断などに重要な情報が提供できると期待される。