

審査の結果の要旨

氏名 許峰旗

天然資源の消費と地球温暖化抑止のために、社会中に蓄積されている素材を二次資源として有効活用することが重要な課題となっている。そのためには、社会中の素材のライフサイクルにおけるフローと蓄積を把握する必要があり、マテリアルフロー分析 (Material Flow Analysis, MFA) が盛んに行われてきている。しかしながら、既存の MFA 研究では、データの利用可能性により適用できる範囲に限られる問題があった。そのような背景のもと、本論文では、衛星画像および地理情報を用い世界の土木・建築鋼材蓄積量を推計する手法の開発に取り組んでいる。

第 1 章では、MFA の資源運用における重要性を説明し、さらにその課題を示している。MFA は統計データに依存することにより、データが整備されている地域しか適用できず、世界大での適用は困難であった。一方、衛星画像は、地球全体を観測しているほか、データとして品質が均一しており、また定期的に更新されているなどの特長を有している。衛星画像の中でも、特に夜間光衛星画像は人間活動と正の相関があるため、社会における素材の蓄積量の推計にも適用できることを提案している。さらに本論文では、最も消費量の大きい土木・建築用途の鋼材に焦点を絞り、その蓄積量を夜間光衛星画像から推計する手法を構築・検証することを目的とすることを述べている。

第 2 章では、本論文にて使用した衛星画像および追加の GIS(Geographical Information System)データに関して、その制作の歴史、及び本論文での加工手法を説明した。本論文では、2006 年の輝度調整 (Radiance calibrated) 夜間光衛星画像を作成している。そして建築鋼材は、その大部分が都市部に集中していると考えられるため、地球地図運営委員会 (ISCGM) が制作した世界土地被覆データ - GLCNMO を用い、都市部の夜間光を抽出していることを述べている。また、油田やガス田などから発生したガスフレアは夜間光としてきわめて明るいが、土木・建築鋼材蓄積量との相関が低いゆえに、ガスフレアの位置情報を使用し、ガスフレアを削除した夜間光衛星画像を制作したことを述べている。

第 3 章では、夜間光衛星画像および追加の GIS データを用いて、土木・建築鋼材蓄積量を推計する手法を提案している。まず日本・アジア四カ国での分析を行い、日本都道府県において土木と建築鋼材蓄積量が夜間光総量及び都市部夜間光とよい相関があることを示し、その回帰結果を用いて、中国、韓国、台湾の土木・建築鋼材蓄積量を推計している。次に解析対象をアジア地域 15 カ国

に拡大し、ガスフレアの削除により回帰結果が向上したことを示している。さらに中国各省の土木・建築鋼材蓄積量を推計することにより、夜間光衛星画像を用いることで土木・建築鋼材蓄積量の地理分布を推測できることを示している。そして、この結果を踏襲し、解析対象を世界全体（102カ国）に拡大し、風土や文化などの地域差異を考慮し、世界各国を七つの地域に分けて地域別で分析を行っている。結果として、世界における土木・建築鋼材蓄積量は新しく 8.74 Gt が存在していることが推計され、その中の 15%が本論文にて新しく推計した 61カ国の寄与であることを示している。さらに、夜間光の空間分布を応用して、世界の土木・建築鋼材蓄積量分布地図を作成している。

第4章では、第3章にて考慮した地域差異が建築鋼材蓄積量に対する影響を検証している。これらの要因が建築鋼材蓄積量へ影響は主に建築形式組成及び原単位に通じて由来していると考察し、世界各国の建築形式組成と構造別原単位を収集し、26カ国の建築鋼材平均原単位を算出している。その結果、国毎に建築鋼材の平均原単位に大きな、最大30倍以上の違いがあることを定量的に示している。アジア地域とヨーロッパ地域において、各国の建築鋼材の平均原単位を一人当たりGDPと比較した結果、アジア地域がヨーロッパ地域より、相対的に高い建築鋼材の平均原単位を持つことを見出している。その理由は、アジア地域がヨーロッパ地域より高い地震頻度を持ち、地震による被害も大きいためと考察している。しかしながら、一人当たりGDPが低い中国などでは、未だ建築鋼材の平均原単位が低いいため、将来、建築鋼材蓄積量の成長するポテンシャルが大きいと予想している。

以上のように、本論文は、夜間光衛星画像による土木・建築鋼材蓄積量推計手法を提案し、世界全体を対象に、その実用性を検証している。夜間光衛星画像を使用することにより、従来の統計データに基づいたMFA手法では推計できなかった国・地域の土木・建築鋼材蓄積量を把握することが可能としている。さらに衛星画像が持っている空間分布情報を応用することで、土木・建築鋼材蓄積量が存在している地理位置を把握する可能性を示している。そして、本論文にて開発した手法は、他の素材にも適用することが可能と考えられ、素材の循環利用に関する政策の提言などに大いに貢献できるとしている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。