

審査の結果の要旨

氏名 金 鎮英

本研究は、「Urban runoff quality modeling with elaborated land-cover identification by IKONOS satellite imagery (IKONOS 衛星画像を利用した精緻な地表面解析に基づく都市雨天時汚濁流出モデル)」と題して、8つの章から論文を構成している。

第1章では、研究の背景と目的、および論文の構成を述べている。

第2章では、都市域における雨水流出解析手法やそのモデル、リモートセンシング技術と地表面の被覆状態の推定などに関する文献について整理されている。特に、高分解能衛星画像の活用例や植生抽出に関する研究事例なども詳細に紹介している。

第3章では、本研究における地表面解析に用いた、IKONOS 衛星画像、東京都都市計画地理情報、細密数値情報など基礎データとその特徴に関して説明がなされている。また、下水道システムを考慮した都市雨水流出解析の際に用いた分布型モデルの構造やその計算手順も説明されている。

第4章では、都市内の重要な浸透域である植生地を高い精度で面積を推定することを目的として、高分解能の IKONOS 衛星画像を利用した詳細な植生地の抽出を試みている。まず、現在まで一般的に使われている正規化植生指数 (NDVI) を市街地に適用した結果、植生域を過大に抽出すること、青や緑色の屋根が誤抽出されることなどがあることを明らかにしている。そして、IKONOS マルチバンド上の反射率情報から、都市域における植生と他の地表面 (屋根、道路、土壌) との分光特性を調べ、二バンドの差分関係から、次式に示す新たな植生指数 (UVI : Urban Vegetation Index) を提案している。指数の有効性の検証を6種のグラウンドトゥルース情報を用いて行っている。

$$UVI = (NIR - Green) / (NIR - Red) \quad (1)$$

ここで、NIR、Red、Green はそれぞれ近赤外、赤、緑のバンド反射率である。そして、緑/青色の屋根を除外しながら、植生域を $0 < UVI < 1$ に範囲で抽出が可能であることを明らかにした。

第5章では、雨水流出解析において重要な入力情報となる、浸透面の詳細な分類を試みている。そして、UVI で特定された植生域から、異なる雨水流出パターンを持つとされる草地・芝地と樹木類とをさらに分類する方法、植生域とともに重要な浸透面である土壌面の抽出方法を検討している。草地・芝地と樹木類の分類は二つのグループの緑と青の分布特性に着目し、以下のような分類のための指標 (I_{gt} : Index for Grass-Tree distinguishment) を提案している。植生の抽出条件である $0 < UVI < 1$ を満足した上で、指標値 $I_{gt} > 0.1$ で草地・芝地、 $I_{gt} \leq 0.1$ で樹木類と識別可能であることを示した。

$$I_{gt} = (Green - Blue) / (NIR - Red) \quad (2)$$

ここで、Green、Blue、Red、NIRはそれぞれ緑、青、赤、近赤外のバンド反射率である。

また、土壌の抽出については、コンクリートやアスファルトの地表面が土壌と類似な分光特性を持つため、IKONOS衛星画像だけでなく、GISデータにある道路と屋根のレイヤー情報を併用することで効率よく土壌面の抽出を行う方法を提案している。その結果、都市内の代表的な土壌面である学校の運動場、野球場、舗装されていない道路などを精度よく抽出可能であることを示した。

第6章では、第4章と5章で提案した詳細な浸透面の抽出方法を二つの地域に適用し、都市雨水流出解析のために不浸透域である屋根面、道路面、植生/土壌の浸透面に加えて、住宅敷地内など浸透面と不浸透面が混在している領域に四分類された地表面レイヤーを作成している。屋根と道路のレイヤーの上に、植生/土壌のレイヤーを重ね合わせることで、GISデータのみでは考慮できなかった屋上緑化、道路植樹帯、ビル付近の植生など市街地内に複雑に分布する植生地を高い精度で抽出できることを具体的に示している。また、本手法による地表面分類と、従来の10mメッシュ細密数値土地利用情報を利用した不浸透および浸透面の分類結果との両者を比較している。

第7章では、都市ノンポイント汚染現象に深く関係する降雨として、頻繁に発生する総降雨量が少ないイベントに着目して雨水流出解析している。新たに提案した地表面を四分類した雨水流出解析モデルでは、小降雨におけるわずかな降雨強度変動に対する雨水流出量の変化を的確に追従することに成功している。そして、この高精度のハイドログラフに基づいて屋根や道路の堆積物由来のSS汚濁流出解析を実施したところ、従来の屋根と道路と浸透面の三分類での解析結果と相当異なるSSの流出パターンや流出量が見られることを明らかにした。そして、精緻な地表面分類に基づいた雨水流出解析が、小降雨に対する都市ノンポイント汚濁解析の精度を向上する上で非常に有用である可能性を指摘している。

第8章では、上記の研究成果から導かれる結論と今後の課題や展望が述べられている。

以上の成果では、高分解能のIKONOS衛星画像と都市地理情報を併用することで、雨水流出解析における有効降雨を算定する際に重要となる地表面状態を詳細に把握することが可能となることを明らかにしている。特に、マルチバンドの反射率情報を活用した都市内植生抽出のための新たな指標の提案、流出解析のための地表面の詳細な分類方法など貴重な成果を挙げている。そして、小降雨時におけるノンポイント汚染物質の流出解析のために、従来十分には把握されていなかった道路植樹帯や植木部分などの都市内の植生域を考慮したことは特筆すべき成果である。今後、都市ノンポイント汚染現象をより詳細に把握するためだけでなく、雨水流出解析を通じた雨水貯留・浸透対策の効果、汚濁流出解析を通じたノンポイント汚染対策を定量的に検討する上で非常に有用な手法や知見を提供しており、都市環境工学の学術の進展に大きく寄与するものである。

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。