

令和7年度  
修士学位論文

藤ヶ谷流域における  
森林密度が河川流出量に及ぼす影響  
The effect of forest density on river discharge  
in the Fujigatani Basin

高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻  
社会システム工学コース国土情報処理工学研究室

川添峻平

指導教員 高木方隆  
副指導教員 佐藤慎司  
論文副審査員 赤塚慎

2026年1月21日

## 論文要旨

森林の量的・構造的な違いが、小規模流域における渇水期の河川流出特性にどのような影響を与えるかに関する研究

河川流量の減少は社会生活や生態系に影響を及ぼす問題として指摘されている。特に降水量の少ない渇水期においてその影響は顕著である。そのため、渇水期における河川流量の安定化が大きな課題となっている。河川流量は降水量や地形条件など様々な要因による影響を受けるが、その中でも森林は、水源涵養機能や蒸発散を通じて流出過程に大きく関与している。森林は洪水緩和や安定した流量供給に寄与する一方で、樹木の生命活動により多量の水を消費し、伐採に伴う河川流量の増加が報告されている。したがって、河川流量を適切に維持するためには、土地被覆と河川流出量の関係性を定量的に把握することが不可欠である。

本研究では、衛星リモートセンシングデータを用いて藤ヶ谷流域の森林構造や地形を把握し、河川流出量との関係性を評価することを目的とした。森林構造の評価には、衛星画像から作成した DSM と国土地理院の DEM の差分から算出した樹高マップを用いて、流域単位で森林構造特性を把握した。一方、河川流量については、山間部の小規模河川を対象に流速計を用いて観測を行い、区分求積法により流量を算出した。さらに、降水量と河川水位の時間変化を重ね合わせたグラフを作成し、降雨に対する流域の応答特性を解析した。その結果、降水後の水位上昇の大きさや立ち上がりの速さは流域ごとに異なり、森林構造や地形条件の違いが流出過程に影響を与えていることが確認された。また、算出した河川比流量と流域内の各要素との関係を個別に検討したが、いずれの要素においても強い相関は認められなかった。これは、流域の流出特性が単一の指標では十分に評価できず、地形条件や森林構造を含む複数要因の相互作用によって形成されていることを示している。さらに、地表面傾斜、立木密度、平均樹高を組み合わせた指標を作成し、流量との関係を検討した結果、単一の要素のみでは説明が困難であった流域間の比流量が、複数の地形・森林構造要素を考慮することで説明できる可能性が示された。特に、立木密度や平均樹高の大きい流域では、流域面積や傾斜が同程度であっても比流量が抑制される傾向が確認され、森林構造が渇水期の流出特性に重要な役割を果たしていることが示唆される。

以上のことから、森林構造が渇水期の河川流出特性に影響を与えている可能性が示された。本研究手法は、衛星リモートセンシングにより広域かつ均質なデータを用いて、小規模流域間の比較に適している点や、従来の森林被覆率や植生指数に基づく評価に対し、樹高・立木密度といった森林の立体構造情報を用いて、小規模流域における渇水期河川流量との関係を定量的に検討した点に特徴があり、今後は森林管理方針の検討や流域単位での水資源管理への応用が期待される。

キーワード 森林構造, 河川流出量, 比流量, 渇水期, 小規模流域, 衛星リモートセンシング

## Abstract

The decline in river flow has been identified as a problem affecting both society and ecosystems. Its impact is particularly pronounced during dry seasons with low precipitation. Consequently, stabilizing river flow during dry seasons has become a major challenge. While river flow is influenced by various factors such as precipitation and topography, forests significantly impact the runoff process through their water conservation functions and evapotranspiration. While forests contribute to flood mitigation and stable flow supply, trees consume large amounts of water through their life processes, and increased river flow following logging has been reported. Therefore, to appropriately maintain river flow, it is essential to quantitatively understand the relationship between land cover and river runoff.

This study aimed to assess the relationship between river runoff and forest structure and topography in the Fujigatani watershed using satellite remote sensing data. Forest structure was evaluated at the watershed level using a tree height map derived from the difference between a Digital Surface Model (DSM) created from satellite imagery and the Geospatial Information Authority of Japan's Digital Elevation Model (DEM). For river flow, observations were made using flow meters on small-scale rivers in mountainous areas, and flow rates were calculated using the segmented area method. Furthermore, graphs overlaying the temporal changes in precipitation and river water levels were created to analyze the basin's response characteristics to rainfall. The results confirmed that the magnitude and onset speed of water level rise after precipitation varied between watersheds, indicating that differences in forest structure and topographic conditions influence the runoff process. Furthermore, while the calculated river specific discharge was examined individually in relation to each watershed element, no strong correlation was observed for any element. This indicates that the runoff characteristics of a watershed cannot be adequately evaluated using a single indicator; they are shaped by the interaction of multiple factors, including topographic conditions and forest structure. Furthermore, an indicator combining ground surface slope, stand density, and average tree height was created and examined in relation to flow rate. The results suggested that the specific flow rates between watersheds, which were difficult to explain using a single factor alone, could potentially be explained by considering multiple topographic and forest structure elements. Specifically, in watersheds with high tree density and average tree height, a tendency toward suppressed specific discharge was observed even when watershed area and slope were similar,

suggesting that forest structure plays a significant role in runoff characteristics during dry seasons.

These findings indicate that forest structure may influence river runoff characteristics during dry seasons. The methodology employed in this study, utilizing satellite remote sensing to provide extensive and homogeneous data, is well-suited for comparing small watersheds. Furthermore, compared to conventional evaluations based on forest cover rate or vegetation indices, this approach utilizes three-dimensional forest structure information such as tree height and tree density. satellite remote sensing to utilize extensive and homogeneous data, making it suitable for comparisons between small-scale watersheds. It also differs from conventional evaluations based on forest cover rate or vegetation indices by using three-dimensional forest structure information such as tree height and stand density to quantitatively examine the relationship with river flow during the dry season in small-scale watersheds. Future applications are anticipated in forest management policy discussions and watershed-level water resource management.

*Keywords: Forest structure, River discharge, Specific discharge, Dry season, Small-scale watershed, Satellite remote sensing*