Sentinel 衛星データを用いた鄱陽湖都市群における時系列洪水解析と都市拡張動態の重ね合わせ評価

潘　毅*・森本　健弘**

Overlay Assessment of Time-Series Flood Analysis and Urban Expansion Dynamics in the Poyang Lake Urban Agglomeration Using Sentinel Satellite Data

Yi PAN*, Takehiro MORIMOTO**

Abstract: 鄱陽湖は中国最大の淡水湖であり，モンスーン気候や流域からの流入水の影響を受けて洪水災害が頻発し，周辺での都市発展や環境保全深刻な影響を及ぼしている．近年，鄱陽湖周辺の都市群は急速に発展しており，とりわけ南昌市と九江市においては，都市拡張と洪水リスクの関係が注目されている．洪水の変化特性とその影響要因を把握することは，防災・減災を進めるための重要な前提である．本研究では，Sentinel 衛星データを用いて，鄱陽湖西側に位置する南昌市全域および九江市の沿岸地域を対象に，2016 年から 2025 年までの 10 年間にわたる洪水頻度と都市域の時系列解析を実施し，さらに GIS 技術によって毎年の結果を重ね合わせることで，都市拡張と浸水頻度の空間パターンを体系的に評価した．その結果，(1) 南昌市は都市域の広がりが大きくかつ拡張傾向が顕著で四方に広がる傾向を示したのに対し，九江市の都市域は相対的に小さく分散し，地形の影響を強く受け，河川や湖沼沿いの平地に集中していること，(2) 鄱陽湖の水域面積は顕著に変動し，北部は山地に制約され浸水範囲が比較的小さい一方，主湖区は平坦かつ開放的な地形により水域変動が著しく，全体として湖心部を中心に外側へ拡散する特徴を示したこと，および (3) 南昌市の北東部および東部では，伝統的耕作地域が都市の拡張区域と湖区域の交差部に位置し，開発と環境保全の両面から大きな課題に直面していることが確認された．本研究は，Sentinel データに基づく時系列解析が都市拡張と洪水リスクの時空間的特徴を効果的に明らかにし，洪水リスク管理，耕地保全および持続可能な都市計画に対して科学的根拠を提供し得ることを示す．

Keywords: 時系列，洪水，都市拡張，鄱陽湖都市群

１．はじめに

洪水は都市が直面する主要な災害の一つであり，住民の健康を深刻に脅かすとともに都市の発展を制約しており，近年ますます注目を集めている．洪水災害研究において，従来の現地観測手法は空間的なカバー範囲が限られており，大規模な動態監視の需要を満たすことが難しい．一方，光学リモートセンシング（例えば MODIS, Landsat シリーズ）は，高分解能の地表情報を提供し，NDWI などの指標を算出することで洪水を識別できる（Feng, L., et al., 2012）．しかし，洪水期に多発する雲や降雨の影響を受けやすく，大量のデータ欠損を招く．

１.１　研究背景

鄱陽湖流域は中国最大の淡水湖を有し，「渇水期は一筋の線，豊水期は一面に広がる」と形象的に表現され，長江と直接つながっており，中国において洪水災害が最も頻発する地域の一つである．頻繁に発生する大規模な洪水は環境や経済に甚大な損失をもたらし，約 1,000 万人の生命の安全を脅かしている（Li, X., et al., 2015）．同時に，鄱陽湖周辺地域は急速な都市化の進展期にあり，省都南昌市を中心とする鄱陽湖都市群が形成され，江西省のみならず長江中流都市群においても重要な地位を占めつつある．

洪水の時系列的変化を解明し，地域における都市拡張の空間的パターンとの関係を明らかにすることは，鄱陽湖都市群の持続可能な発展を実現する上で極めて重要である．

１.２　研究目的及び意義

本研究は，Sentinel 衛星の長期時系列リモートセンシングデータを活用し，鄱陽湖都市群における洪水時系列解析を行い，都市区の変化モニタリングと結び付けることで，洪水災害を背景とした都市拡張の空間的安全性を体系的に評価することを目的とする．本研究の成果は，鄱陽湖流域における持続可能な発展を推進し，さらに長江経済帯戦略を実現する上で，重要な意義をもつ．

２．研究方法

２.１　対象地域

広義の鄱陽湖都市群には鄱陽湖沿岸のすべての都市が含まれるが，鄱陽湖周辺の大都市は西側に集中しており，かつ，湖の西側は伝統的な洪水多発地域でもある．本研

*　学生会員　筑波大学地球科学プログラム（Univ. Tsukuba）
〒305-8573　茨城県つくば市天王台 1-1-1　E-mail：panyigeo@gmail.com
**　正会員　筑波大学生命環境系（Univ. Tsukuba）

究では鄱陽湖西側の南昌市（なんしょうし）全域および九江市（きゅうこうし）の鄱陽湖沿岸地域を研究対象とした（図 1）.

両市は鄱陽湖の大部分を包含しており，代表性を有している．そのうち，九江市の鄱陽湖沿岸地域の面積は約 11,194.8 平方キロメートル，南昌市の面積は約 7,266.1 平方キロメートルである.

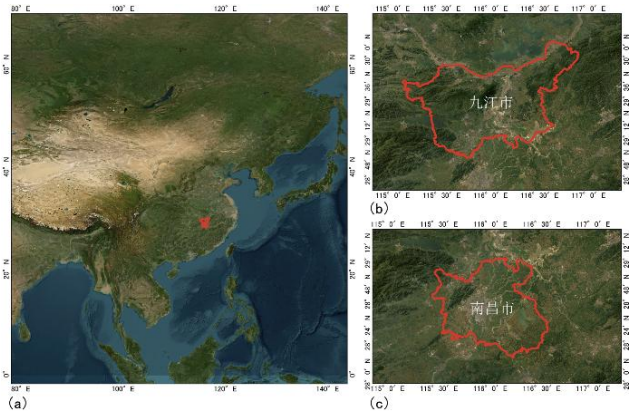


図 1　対象地域（a），九江市（b），南昌市（c）の位置

2.2　データ及び分析方法

Sentinel-1（SAR）衛星は全天候・高頻度観測が可能であり，洪水氾濫域を効果的に識別し，長期的な時系列解析を行うことができる．同時に，Sentinel-2 が提供する Dynamic World Cover 土地利用分類プロダクト（Brown, C. F., et al., 2022）は，建成区域の拡張動態を把握するのに有用である．2016 年以降利用可能となった Sentinel シリーズの高空間解像度（10 m），長期系列，そして優れたデータ品質は，洪水時系列解析と都市拡張を結合させた研究枠組みの構築に強固なデータ基盤を提供する.

この研究では，Sentinel-1 を用いて，2016－2025 年の 10 年間の毎年 6 月（豊水期）と 1 月（渇水期）の水域を判別し，浸水域は 1，非浸水域は 0 の値を与え，これらを重ね合わせた結果を年数の 10 で割ることで，総合的な浸水頻度を評価した．また Sentinel-2 の Dynamic World Cover 土地利用分類プロダクトにより都市地域を抽出し，上記と同様の方法でその動態を評価した．さらに GIS 技術によって毎年の結果を重ね合わせることで，都市拡張と浸水頻度の空間パターンを評価した.

毎年の結果に値 1 を付与して重ね合わせ解析で，最終的な結果は 0 から 1 の範囲となり，値が大きいほど頻度が高いことを示す.

浸水頻度においては，値が 1 に近づくほど 10 年間における浸水回数が多い．都市拡張解析において，値が 1 の場合は当該地域が従来都市区であることを示し，値が 0 に近づくほど新規都市拡張区である.

3. 結果

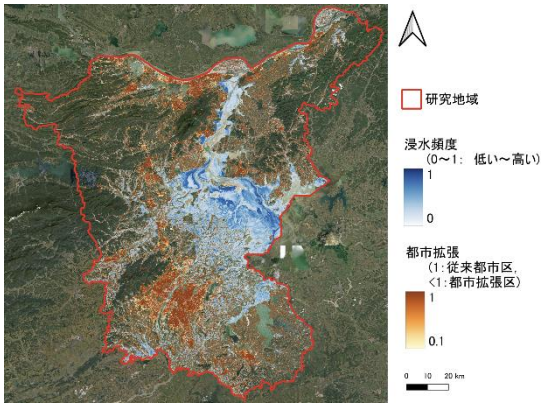


図 2　対象地域における浸水頻度及び都市拡張図

分析結果（図 2）によれば，南昌市は従来からの都市域が大きく，かつ集中しているのに対し，九江市は従来からの都市域の面積が小さく分散している．この差異は主に地形の影響によるものであり，南昌市は西部に一部山地が存在するものの，全体として平坦な地形を有している．一方，九江市域は山地が多く，都市は河川や湖沼沿いの平地に集中している．都市拡張について，両市ともに拡張期にあるが，南昌市の拡張はより顕著であり，四方に向かって拡大する傾向が認められる.

浸水頻度から見ると，鄱陽湖の水域面積は顕著な変動を示している．北部の長江との接点においては，周囲を山地に囲まれているため，鄱陽湖の浸水区域は制限されているが，中部の主湖区においては，地形が平坦かつ開放的であり，水域変動が顕著に表れている.

重ね合わせ解析の結果，都市拡張区域の一部は高い浸水頻度を示す地域と重なっており，洪水リスクを抱えながら拡張が進んでいることが明らかとなった．特筆すべき点として，南昌市の北東部および東部には伝統的な耕作地域が存在し，この地域は都市拡張区域と鄱陽湖域の交差部にも位置している．都市の拡張に伴い，この地域が「都市開発」か「環境保全」か「耕地保全」かという選択に直面することは，今後の都市計画には大きな課題となるであろう.

参考文献

Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B., Birch, T., Hyde, S. B., Mazzariello, J., ... & Tait, A. M. (2022). Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Scientific data*, *9*(1), 251.

Feng, L., Hu, C., Chen, X., Cai, X., Tian, L., & Gan, W. (2012). Assessment of inundation changes of Poyang Lake using MODIS observations between 2000 and 2010. *Remote Sensing of Environment*, *121*, 80-92.

Li, X., Zhang, Q., Xu, C. Y., & Ye, X. (2015). The changing patterns of floods in Poyang Lake, China: characteristics and explanations. *Natural Hazards*, *76*(1), 651-666.