

角度効果に着目した衛星夜間光画像の補正手法の開発 Development of Correction Methods for Satellite Nighttime Light Imagery Focusing on Angular Effects

文山草 / So Fumiya · 竹内 渉 / Wataru Takeuchi



要旨: 衛星から観測される夜間光データは、都市活動のモニタリングに用いられている。夜間光は毎日に異なる角度から観測されるため、観測角度によって夜間光の見かけ上の明るさが変化する「角度効果」が存在し、応用の障壁になっている。本研究では角度効果に着目し、夜間光の明るさの変化を補正する手法を開発した。開発した手法は、上海のロックダウンを例に分析し、補正後のデータはロックダウンに伴う都市活動の停止と再開をより正確に反映していると示した。本研究は、一貫したデータ基盤の整備と夜間光を用いた都市モニタリングの信頼性向上に貢献する。

Abstract: Nighttime light (NTL) data observed from satellites is widely used for monitoring urban activities. However, because the data is captured from different angles each day, the “angular effect” causes apparent brightness variations, presenting a challenge for accurate application. This study focuses on the angular effect and develops a correction method to adjust for brightness variations in NTL. The developed method is applied to analyze the lockdown in Shanghai, demonstrating that the corrected data more accurately reflects the stagnation and recovery of urban activities during the lockdown. This research contributes to the establishment of a consistent data foundation and enhances the reliability of urban monitoring using NTL.

1. Background

- 人工衛星から観測される夜間光は、都市活動を把握する上で重要な役割を担っている。
 - しかし、夜間光観測にはいくつかの不確かな要素があり、その中でも「角度効果」は主なものの一つである。
 - 角度効果とは、衛星の観測角度(VZA)の変化により、見かけの夜間光の明るさが変化する現象である。
 - 角度効果は夜間光の日次データを用いた都市活動の推定に影響する。
- Nighttime Light (NTL) observed from satellites plays a vital role in monitoring urban activities.
 - However, NTL has several uncertainties, and "Angular effect" is crucial.
 - Angular effect is a phenomenon in which the apparent NTL brightness changes with changes in the satellite's observation angle (VZA).
 - Angular effects affect the estimation of urban activities using daily NTL data.

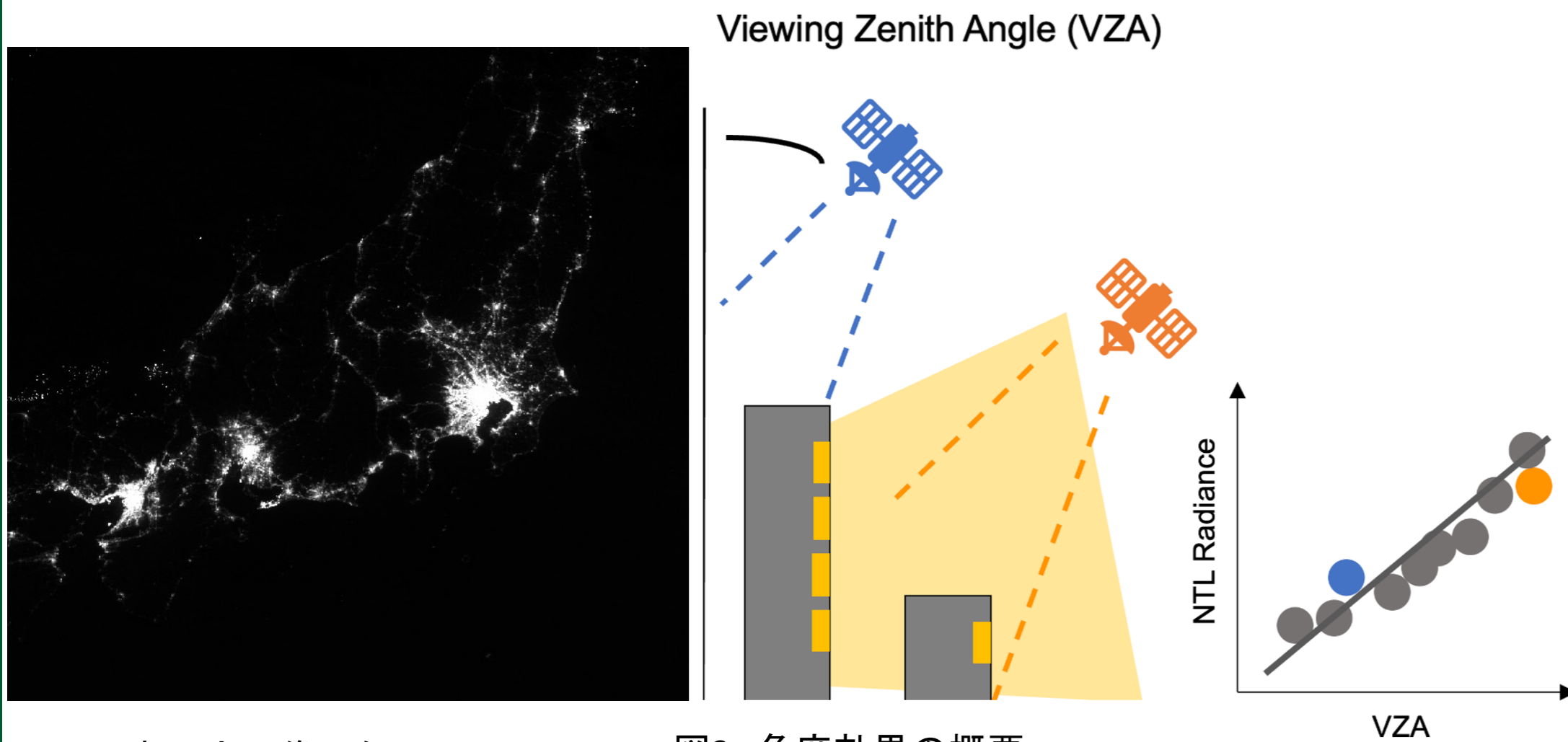


図1 夜間光画像の例
Fig.1 Example of NTL Image

図2 角度効果の概要
Fig.2 Overview of Angular Effects

2. Objectives

1. 角度効果に着目した夜間光の観測原理に基づく観測値補正手法の開発
 2. 提案手法の月次平均データに対する補正効果と、補正結果の都市活動との整合性の検証
1. Development of a correction method for NTL observation values based on the observation principle with a focus on angular effects.
 2. Validation of the corrective effect of the proposed method on monthly composite data, and the consistency of corrected results with urban activities.

3. Methodology

1. 夜間光の角度効果を回帰モデルを用いモデル化する
 2. モデルから観測角度一定下での理論的な夜間光の明るさを求め、観測値に見られる角度効果を補正する
 3. 補正後の結果と実際の都市活動との整合性を検証する
1. Model the angular effects of NTL using regression models.
 2. Derive the theoretical brightness of NTL from assuming under a constant observation angle from the model and correcting angular effects in the observed values.
 3. Validate the consistency between the corrected results and actual urban activities.

4. Results & Discussion

- 角度効果モデルを用い、観測夜間光(青)が常に観測角度0度からの観測値(オレンジ)とみなせるよう補正した。
 - 観測日ごとに補正を行い、月平均をとって比較した。
- Using the angular effect model, we corrected the observed NTL (blue) to be considered as if always observed from 0-degree angle (orange).
 - Corrections were made for each observation day, and then monthly average were calculated for comparison.

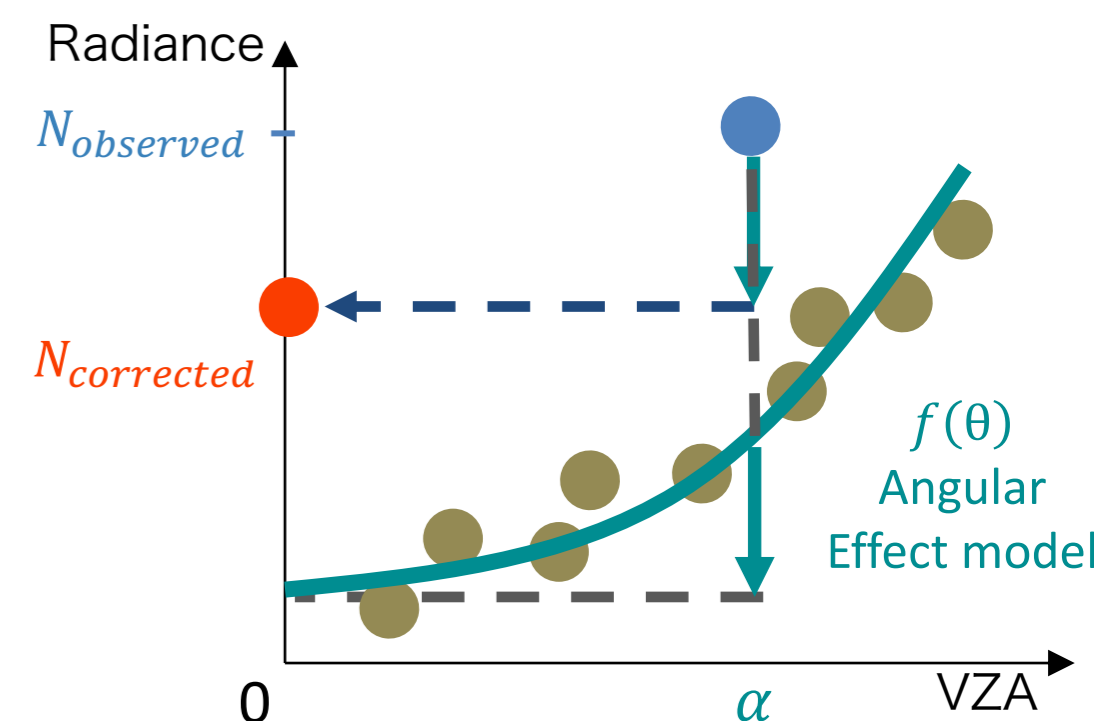


図3 補正手法の模式図 α : VZA in observation
Fig.3 Concept of the correction method

- 補正前のデータ(青)は、COVID19流行前やロックダウン解除後もロックダウン中と同等の輝度低下がみられ、実際の都市活動と相反する。
- 補正後の結果(オレンジ)は、ロックダウン期間に、他の期間に比べ顕著な輝度の低下が見られ、ロックダウン前後の都市活動の状況とより整合的である。

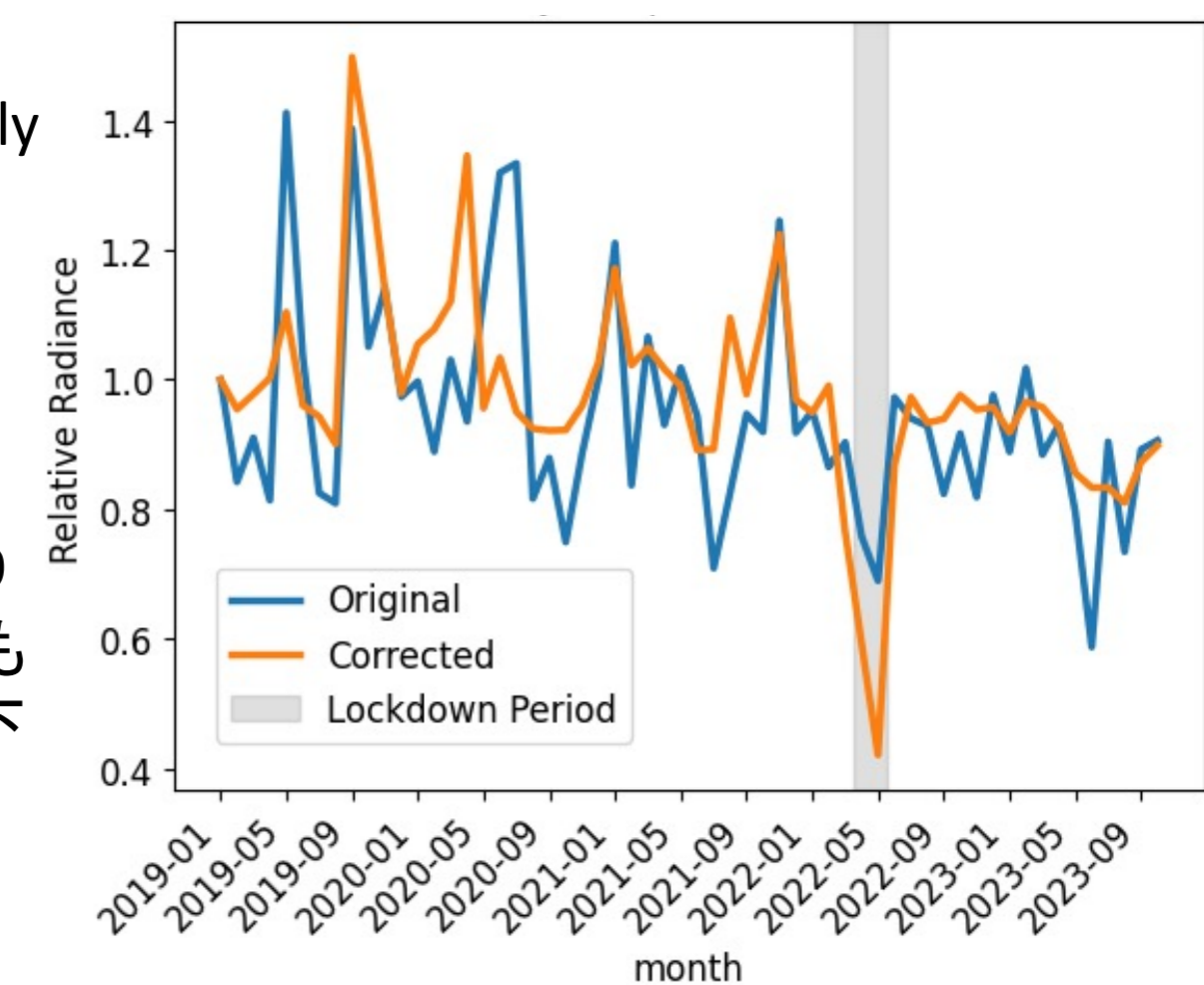


図4 上海におけるロックダウン期間前後の月次平均夜間光輝度の相対値の変化 (基準:2019/01)
Fig.4 Changes in Monthly Average Relative Nighttime Light Intensity Before and After the Lockdown Period in Shanghai (Baseline: 2019/01)

- Before correction, the data (blue) showed a similar decrease in brightness during pre-pandemic times and after lockdowns were lifted, contradicting actual urban activity.
- The results after correction (orange) demonstrate a notable decrease in brightness during the lockdown period compared to other times, aligning more closely with the state of urban activity before and after the lockdown.

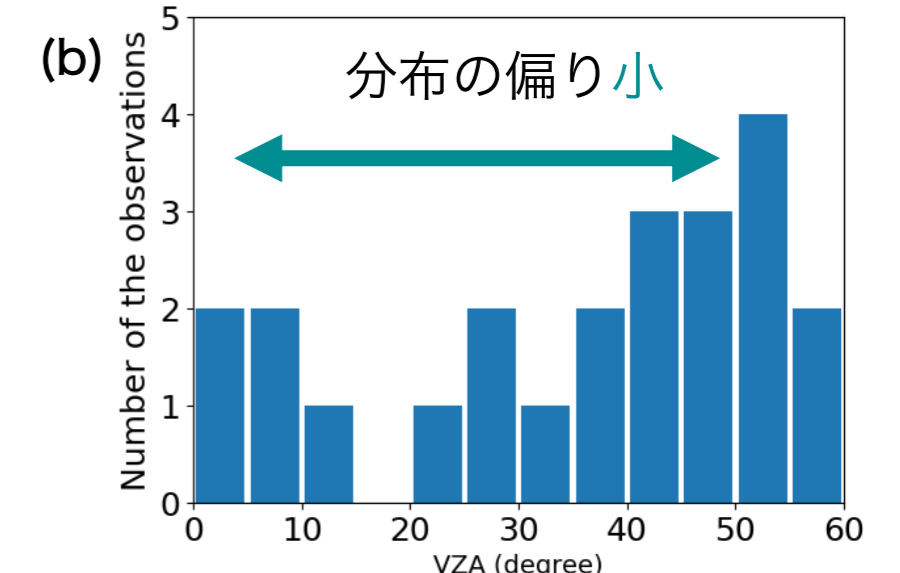
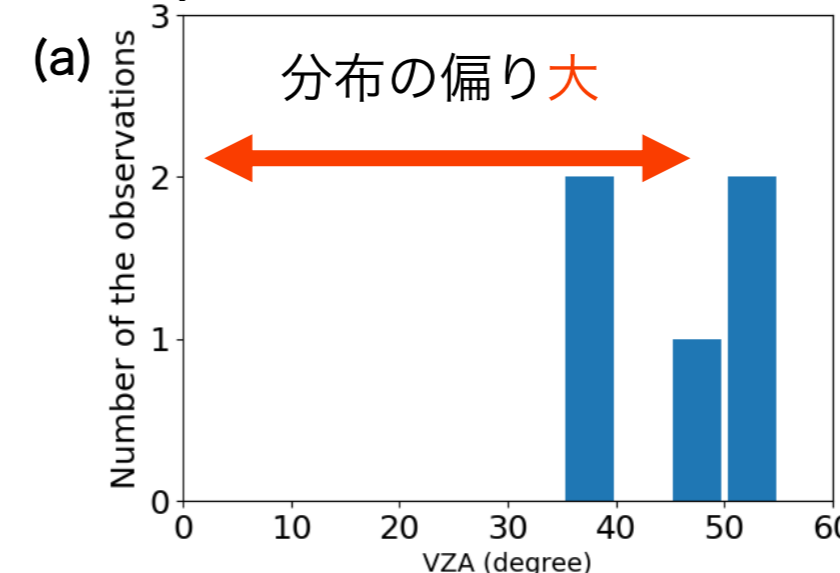


図5 月ごとの観測データの観測角度の分布
観測が(a)少ない月、(b)多い月
Fig.5 Distribution of VZA for Monthly Observation By Months with (a) Few, (b) Many Observations

- 月次平均データにも観測角度の分布の偏りによる、角度効果の影響があり、補正前の月次平均データと、実際の都市活動との整合性は低い恐れがある。
 - 提案手法による補正はより正確かつ動的な都市活動の把握に貢献できる。
- The monthly average data is skewed by the angular effect and may lack consistency with urban activities before correction.
 - The correction by the proposed method can contribute to a more accurate and dynamic understanding of urban activity.

References

1. Li T, Zhu Z, Wang Z, Román MO, Kalb VL, Zhao Y: Continuous monitoring of nighttime light changes based on daily NASA's Black Marble product suite. Remote Sens Environ: 113269, 2022.
2. Tan X, Zhu X, Chen J, Chen R: Modeling the direction and magnitude of angular effects in nighttime light remote sensing. Remote Sens Environ: 112834, 2022.
3. Levin N, Kyba CC, Zhang Q, de Miguel AS, Román MO, Li X, Portnov BA, Molthan AL, Jechow A, Miller SD: Remote sensing of night lights: A review and an outlook for the future. Remote Sens Environ: 111443, 2020.