

ヤンゴン市内の地盤増幅率の推定

指導教員 池田 隆明

地震工学研究室修士2年 松本 拓未

1. 背景

本研究は、詳細な地質・地形・地盤データや地震記録が存在しないエリアを対象とした地震リスク評価手法を検討した。地震被害と地盤増幅率には相関があり、上記エリアに対するリスクの評価には増幅率の推定手法を確立する必要があると考えた。そこで本研究は、上記条件に一致するヤンゴン市をターゲットに地盤増幅率の評価（評価手順の確立）を試み、増幅率マップを作成した。



図-1 ミャンマーの地震リスク

2. 推定方法と研究の流れ

対象エリアはヤンゴン市内の全 568 区域である。ヤンゴンには上記のような詳細データが存在しないため、以下のステップによって地盤増幅率の推定精度の向上を試みた。

Step1：簡易評価（事前検討）

Step2：詳細評価

Step3：検証

Step4：修正

Step5：その他評価

また、各ステップの内容と研究全体の流れは以下の通りである。

Step1-1：地形・地盤条件と増幅率に関する既往研究調査（東京都の方法）

Step1-2：ヤンゴンを地質図を基に分類、増幅率を推定

Step2-1：常時微動観測地点の選択・観測の実施

Step2-2：観測データを分析・増幅率の推定

Step3-1：ボーリングデータの収集・増幅率の推定

Step3-2：常時微動とボーリングの増幅率の比較

Step4：最終的な増幅率の決定

Step5：微地形による推定精度の確認・関係の評価

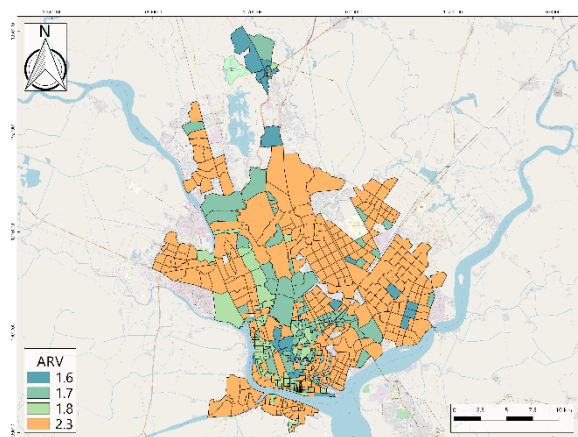


図-2 Step1 の増幅率マップ

3. Step1

Step1 は、簡易的に増幅率マップを作成し、ヤンゴン市内の増幅率の傾向を掴むということが目的である。東京都の調査により定義されている地盤分類と増幅率を利用し、ヤンゴン市内を地質図を基に分類することで増幅率マップを作成した。その結果、ヤンゴン市内は4種類に分類され、沖積層が大半を占めていることが明らかとなった。Step2 ではStep1 で作成した増幅率マップを参考にして調査地点を選択した。

4. Step2

Step2 では、対象エリア全域で常時微動観測を実施し、観測で得られる卓越振動数 (F) を反映した詳細な増幅率を推定した。140 地点で観測を実施し、区域ごとの脆弱性の違いを明確に表したマップを作成することができた。また、Step2-2 と次に説明する Step3-1 では、式 (1) と (2) を利用することで増幅率 (ARV) を算出した。Step2-2 では、式 (1) の表層厚 (H) を式 (2) を提案した翠川らに従い 30m と仮定することで平均 S 波速度 (AVS) を算出した。

$$AVS=4H \times F \quad (1)$$

$$\log ARV=1.83-0.66 \log AVS \pm 0.16 \quad (2)$$

5. Step3-1

Step3 では、詳細な地盤特性が分かるボーリングデータを用いて増幅率を推定し、Step2 の結果を検証した。入手できたボーリングデータは全部で 129 個であり、ボーリングデータが存在する 62 区域に対して増幅率を推定した。

増幅率の計算の過程で Step2 と異なるのは、表層厚 (H) と卓越振動数 (F) を N 値によって求めた点である。N 値が 50 より小さい地盤を表層地盤と定義し、卓越振動数は表層を多層地盤として考えた式 (3) を用いて算出した。

$$F=\frac{\sum V_{si} H_i}{4(\sum H_i)^2} \quad (3)$$

6. Step3-2

Step2 と Step3 の増幅率マップを比較すると、増幅率の大小関係は大まかに一致した。さらに詳細に検討するために、50 個のボーリングと微動調査地点を対象に増幅率の比較 (Ratio=ボーリングによる増幅率/微動による増幅率) を行った結果、Step2 の増幅率が大きく出ていることが分かった。ボーリングデータより、ヤンゴン市内の表層厚の平均は 40m であることが判明した為、Step2 の表

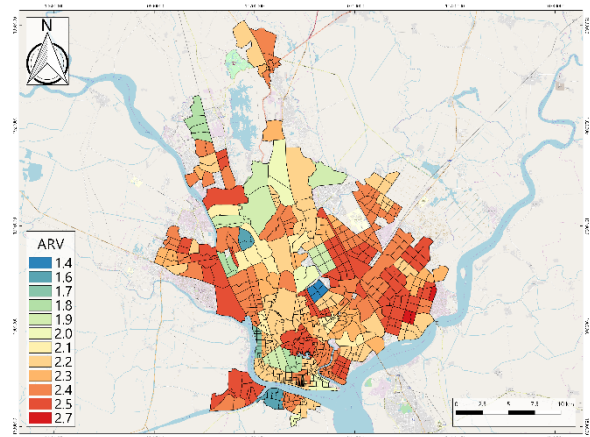


図-3 Step2 の増幅率マップ

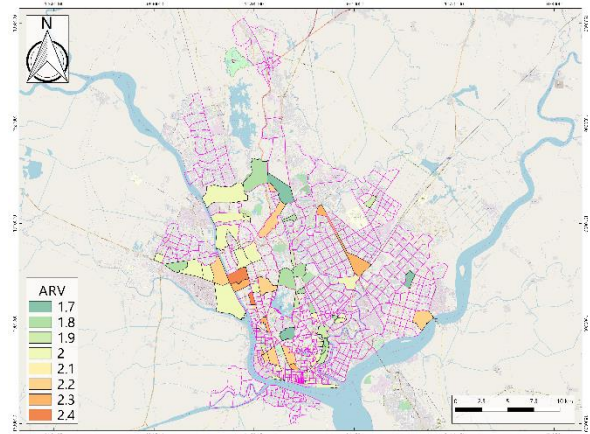


図-4 Step3 の増幅率マップ

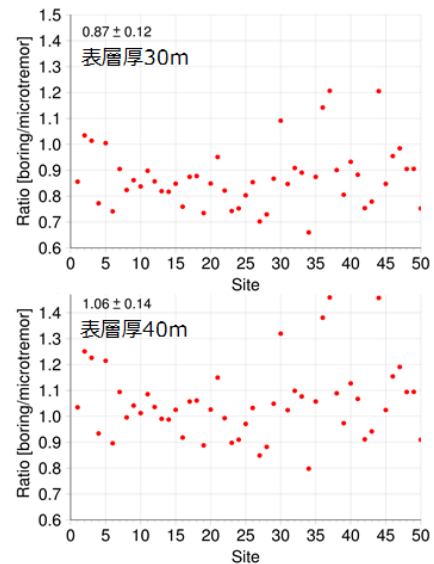


図-5 Step2 と Step3 の比較

層厚を 40m に変更し再計算を行った。その結果、Step2 と Step3 の値は図-1 の様に近似し、増幅率は 30m と仮定した時の 0.83 倍になった。

7. Step4

最終的な増幅率マップは、Step2 をベースにボーリングデータが存在する区域のみ Step3 に書き換えて作成した。また、Step2 の結果としては、安全側の評価にするために、表層厚を 30m とした時の増幅率を採用した。最終的なマップでは、ヤンゴンの東側で増幅率が大きく、中央部は相対的に小さい結果となった。標高が低く地質年代が新しいエリアでは増幅率が大きくなる傾向があることが明らかとなった。

8. Step5

ボーリングデータが存在する区域に対しては、Step3-2 で精度を検証することができたが、ボーリングが存在しないエリア（主に東側の増幅率が大きいエリア）においては別の方法で Step2 の精度を確認する必要があった。そこで、ヤンゴン市内の微地形に注目し、推定精度の確認と増幅率との関係性を評価した。

(確認 1)

標高 (H)、各区域と河川との距離 (D)、微地形区分 (a,b,c) をパラメータとした平均 S 波速度の算出式 (式 (4)) を用いて増幅率を推定し、Step2 による増幅率と比較した。その結果、増幅率の大小関係は大まかに一致した為、Step2 による増幅率の信頼度は高いことが確認できた。

$$AVS = a + b \log H + c \log D \pm \sigma \quad (4)$$

(確認 2)

Step2 において、増幅率が大きいエリアを対象に地形を調査した。その結果、増幅率が大きいエリアは、地下水位が高いという特徴が見られた。地形などの見た目から脆弱性をイメージすることは防災上重要であり、ヤンゴンにおいては地下水の露出は脆弱性を評価する重要な指標となることが分かった。

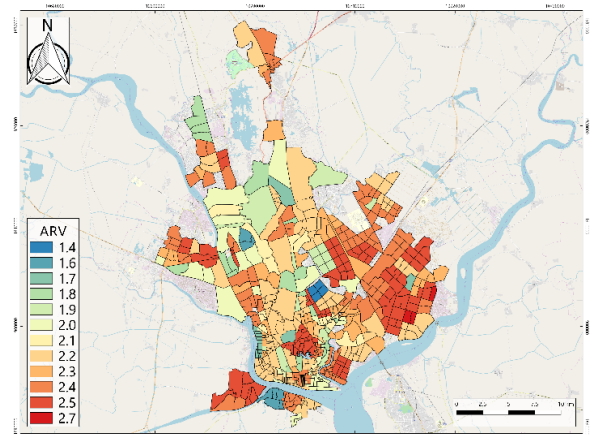


図-6 最終的な増幅率マップ

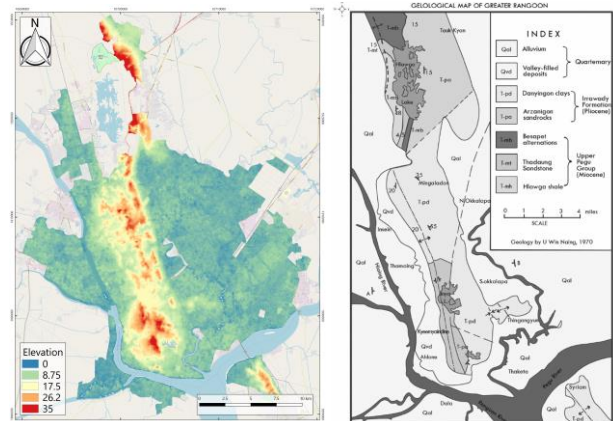


図-7 ヤンゴンの標高と地質

9. まとめ

本研究では、地盤や地震データが少ないエリアに対し、幾つかの推定方法を組み合わせて増幅率を評価する手法（手順）を確立した。また、推定した増幅率は微地形との相関が見られたため、今後はヤンゴン市内の地形の成り立ちなどを検討することで推定精度の向上や推定方法の拡充が可能であると考えている。本研究の結果は、地震リスク評価の浸透や地震被害軽減に対する意識の向上に繋がると思われる。

【参考文献】

- 1) Midorikawa, S., Matsuoka, M., Sakugawa, K: SITE EFFECTS ON STRONG-MOTION RECORDS OBSERVED DURING THE 1987 CHIBA-KEN-TOHO-OKI, JAPAN EARTHQUAKE, japan Association for Earthquake Engineering, No.9, 1994