

## 北陸地方の地震観測点，震度観測点の震度増分評価

福井工業大学 正会員 ○西川 隼人  
 福井工業大学 非会員 宮本 裕司  
 金沢大学 正会員 池本 敏和  
 ライフライン防災総研 正会員 宮島 昌克

## 1. 序論

福井県と石川県では，2020年以降に最大震度が5弱以上の地震が複数回発生しており，軽微ながらも構造物などに被害が生じている．特に2022年6月19日に石川県能登地方で発生した気象庁マグニチュード5.4の地震では，珠洲市正院町で最大震度6弱を記録した．一方，震度6弱を記録した珠洲市正院町の地震観測点周辺では，大きな被害がなかったりことから，この地点，固有のサイト特性の影響で大きな震度階が観測された可能性も考えられる．本研究では，このような地震観測点固有のサイト特性を把握するために，主に福井県と石川県の地震観測点，震度観測点を対象に，計測震度に関するサイト特性である震度増分を評価した．また，表層30mの平均S波速度と震度増分の関係を調べた．

## 2. 解析データ

図-1に解析対象地震の震央と地震観測点，震度観測点の分布を示す．解析対象地震は2000年～2022年に福井県，石川県とそれら周辺地域で発生した13地震であり，気象庁マグニチュード $M_{JMA}$ は5.0～6.9である．地震観測点の内訳は気象庁18地点，K-NET31地点，KiK-net13地点，福井県30地点，石川県19地点の計111地点である．計測震度は，気象庁と自治体は地震・火山月報（防災編）の値<sup>1)</sup>を利用し，K-NET，KiK-netは公開されている地震波形<sup>2)</sup>から求めた．震度データの選定にあたり，解析対象とした観測点の震源距離の上限を， $M_{JMA}$ が6.0未満の地震は80km，6.0以上の地震では福島・田中の距離減衰式<sup>3)</sup>から計算される最大地動加速度が $10\text{cm/s}^2$ 以上となる震源距離とした．震源距離に関する選定条件のもと，3つ以上の地震でデータが得られた地震観測点，震度観測点のデータを抽出した結果，解析に用いた震度データ数は572となった．

## 3. 震度増分の評価

震度増分は以下の距離減衰式を回帰分析によって求めることにより，評価した．

$$I_{ij} = c_{1i} - \log_{10} X_{ij} + c_2 X_{ij} + dl_j \quad (1)$$

$I_{ij}$ は*i*番目の地震における*j*番目の観測点の計測震度， $c_{1i}$ は*i*番目の地震の震源に依存する係数， $X_{ij}$ は*i*番目の地震における*j*番目の地震観測点の震源距離(km)である． $c_2$ は距離減衰に関する係数， $dl_j$ は*j*番目の観測点の震度増分である．右辺第2項の幾何減衰項は，片岡他<sup>4)</sup>を参考に震源距離80kmを境に変化させた．また，回帰分析の際は既往研究<sup>5)</sup>で地震基盤相当の層( $V_s = 3100\text{m/s}$ の層)までの地盤構造が同定されているKiK-net永平寺(FKIH01)を基準観測点に定め，この地点の地震基盤相当の層における $dl_j$ を0として，拘束条件とした．地震基盤相当の層の $I_{ij}$ は既往研究で求めた地盤情報<sup>5)</sup>に基づいて，はぎ取り解析で求めた地震波形から計算した．

図-2に解析の結果，得られた各地点の震度増分の分布を，0.5未満，0.5～1.0，1.0～1.5，1.5以上に分類して示した．震度増分の範囲は， $-0.05 \sim 1.88$ であり，算術平均値は0.97であった．震度増分が1.5以上の地点は，福井県の嶺北地方で2地点，嶺南地方で3地点，石川県では能登地方で7地点あり，2022年6月19日の地震で震度6弱を記録した珠洲市正院町(K-NET正院)は1.60という高い値であった．

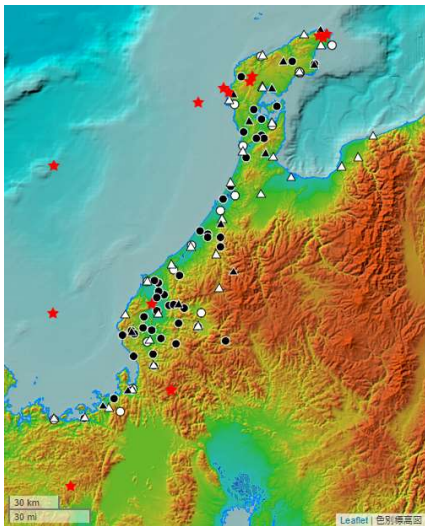


図-1 震央と観測点の分布

(★：震央，○：気象庁，●：自治体，  
△：K-NET，▲：KiK-net)

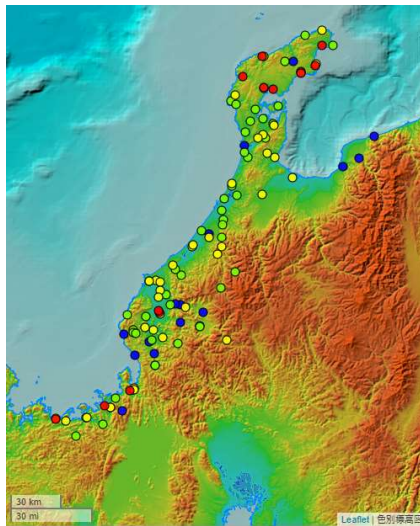
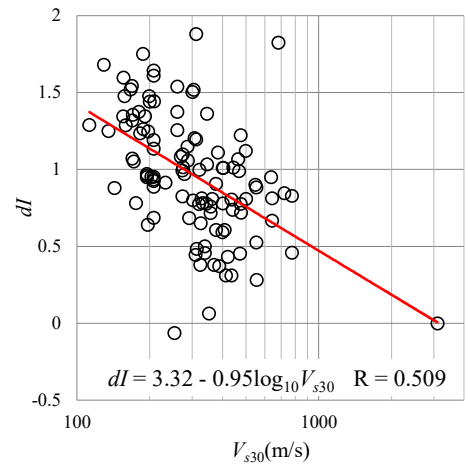


図-2 震度増分分布

(●：0.5未満，●：0.5～1.0，  
●：1.0～1.5，●：1.5以上)

図-3  $V_{S30}$ と $dI$ の関係

#### 4. 平均S波速度と震度増分の関係

続いて、表層30mの平均S波速度 $V_{S30}$ と震度増分 $dI$ の関係を調べた。今回、解析対象としたK-NET観測点では、地表から深さ10～20mまでしかS波速度の情報が公開されていないため、経験式<sup>6)</sup>によって、 $V_{S30}$ を評価した。KiK-net観測点は公開されているPS検層から $V_{S30}$ を評価し、気象庁と自治体観測点の $V_{S30}$ はJ-SHIS<sup>7)</sup>で公開されている表層地盤データの値を用いた。図-3に平均S波速度 $V_{S30}$ と震度増分 $dI$ の関係を示す。図中の赤い実線は、 $V_{S30}$ の常用対数値と $dI$ の関係を回帰分析で求めた結果、得られた式から求めたものである。また、図中のRは回帰分析の際に得られた相関係数である。図-3から分かるように、平均S波速度 $V_{S30}$ と震度増分 $dI$ の関係にばらつきが見られるものの、全体としては $V_{S30}$ と $dI$ に相関関係が見られた。

#### 5. 結語

本研究では、福井県と石川県の地震観測点、震度観測点を中心に、各観測点の震度増分を評価するとともに、表層30mの平均S波速度との関係を調べた。解析の結果、震度増分が1.5以上の地点は、福井県では5地点、石川県では7地点あった。また、表層30mの平均S波速度と震度増分は、ばらつきがあるものの、相関関係が見られた。ただし、KiK-net観測点以外は、直接的に $V_{S30}$ を求めていないことから、今後、微動アレイ観測などにより、 $V_{S30}$ を再評価し、震度増分との関係を再度、検討する予定である。

謝辞：本研究では、気象庁の震度データ、国立研究開発法人 防災科学技術研究所 K-NET、KiK-netの地震波形を利用させていただきました。一部の図の作成では、国土地理院の地理院タイル<sup>8)</sup>を利用させていただきました。標高図の海域部は海上保安庁海洋情報部の資料を使用して作成しました。また、本研究はJSPS科研費JP21H01477(研究代表者：宮本裕司)の助成を受けて実施しました。記して御礼申し上げます。

参考文献：1) 気象庁：地震・火山月報(防災編)，<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/gaikyo/index.html#monthly>，(2022/12/3 閲覧)。2) 防災科学技術研究所 強震観測網(K-NET, KiK-net)：<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>，(2022/12/3 閲覧)。3) 福島他：地震学会1992年秋季大会講演予稿集，p.116, 1992。4) 片岡他：土木学会論文集A，第62巻，第4号，pp.740-757，2006。5) 安井他：土木学会論文集A1，第70巻，第4号，pp.628-643, 2014。6) 翠川他：JAEE論文集，第15巻，第2号，pp.2\_91-2\_96，2015。7) J-SHIS：<https://www.j-shis.bosai.go.jp/> (2022/12/4 閲覧) 8) 国土地理院：地理院タイル一覧，<https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>，(2022/12/3 閲覧)