

地震観測に基づく山地における地震動増幅特性—地震動による崩壊リスク評価に向けて

防災科学技術研究所
テクニカルリンク株式会社

○山田隆二・大角恒雄・飯田智之・小倉拓郎・小松義隆
阿部一徳・木村卓・小野寺哲也

1. はじめに

2016 年熊本地震など内陸型地震によって土砂災害が発生し、また近い将来発生が予測される南海トラフ地震などの海溝型地震による土砂災害も懸念される。特に、地震発生時の斜面崩壊による道路閉塞等によって孤立住宅が懸念される地域では、斜面崩壊箇所の迅速な把握が課題となる。斜面崩壊が予測される箇所を事前に把握するためには、斜面における地震動増幅特性を評価することが重要となる。我々は、山地における地震動増幅特性の評価を目的として、既存の地震観測データ分析と併せて新規の地震観測を実施した。当初は中小地震によるデータの蓄積を行い、最終的には斜面崩壊を引き起こすような大地震時の不安定斜面挙動の解明を目指す。

2. 方法概要

(A) KiK-net データによる分析

1995 年兵庫県南部地震を契機として全国の地震動を網羅的に把握するための各種の地震観測網が整備されてきた。ここでは、山地における地震動増幅特性に着目して、地上と地下で同時に観測を行う KiK-net 観測点(全国約 700 箇所)のうち、斜面崩壊の発生が想定される斜面部や尾根部に設置されている 15 観測地を抽出した(図1, 表1)。観測開始から 2017 年 7 月までに記録された 3 成分合成最大加速度(PGA) 20 Gal 以上(一部 10 Gal 以上)の地震情報(PGA・加速度時系データ等;サンプリング周波数は 100Hz または 200Hz)を取得し、周波数特性を把握するために地震ごとの加速度振幅フーリエスペクトルを求めた。解析時間は 81.92 秒に統一し、バンド幅 0.1Hz の Parzen ウィンドウによる平滑化を行った。

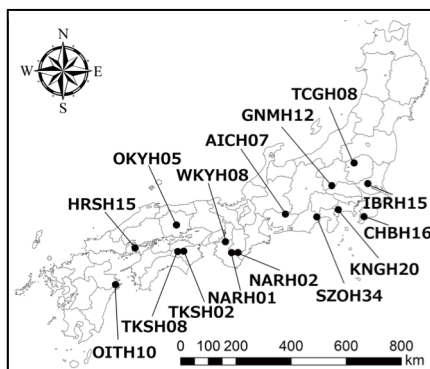


図1 KiK-net 観測点 15 地点の分布

表1 山地に配された KiK-net 観測点 15 地点の諸元

番号	観測点コード	標高(m)	地中深度(m)	都道府県	地形	地質区分	地震数(>20gal)	AVS30(m/s)
1	AICH07	621	201	愛知	遼急点	花崗岩および片麻岩類	13	428
2	CHBH16	160	2003	千葉	緩斜面	第三紀非海成・浅海成砕屑岩	8	330
3	GNMH12	930	102	群馬	緩斜面	古生代・初期中生代正地向斜堆積岩(非変成相)	53	407
4	HRSH15	180	100	広島	緩斜面	花崗岩および片麻岩類	4	579
5	IBRH15	175	210	茨城	緩斜面	花崗岩および片麻岩類	74	692
6	KNGH20	465	106	神奈川	遼急点	中新世・鮮新世海成砕屑岩	26	273
7	NARH01	780	99	奈良	尾根	後期中生代・古第三紀正地向斜およびフリッシュ型互層	60(>10gal)	338
8	NARH02	480	100	奈良	緩斜面	後期中生代・古第三紀正地向斜およびフリッシュ型互層	19(>10gal)	450
9	OITH10	80	100	大分	尾根	古生代・初期中生代正地向斜堆積岩(非変成相)	12	837
10	OKYH05	320	100	岡山	台地	後期中生代・古第三紀陸成火山岩類	6	608
11	SZOH34	540	118	静岡	遼急点	中新世・鮮新世海成砕屑岩	19	430
12	TCGH08	702	203	栃木	台地	第四紀火山岩類	21	723
13	TKSH02	190	100	徳島	山嶺	古生代・初期中生代正地向斜堆積岩(変成相)	26	349
14	TKSH06	605	157	徳島	緩斜面	古生代・初期中生代正地向斜堆積岩(変成相)	4	486
15	WKYH08	560	112	和歌山	尾根	白亜紀海成堆積岩(乱堆積層)	7	344

※地質区分は黒田ほか(1982; 地すべり, 18, 17-24)に基づいて分類した

(B) 新規設置地震計観測データによる分析

表1に示した観測点のひとつ NARH01(奈良県十津川西)は東西に伸びた尾根上に設置されている(図2)。地震時の地中・地表データを補完し、山地斜面の各部における地震動の違いを把握するために、KiK-net 観測点 NARH01 の周囲 4 カ所に加速度計(白山工業 JU210)を新たに設置して 2017 年 11 月に地震観測を開始した。設置箇所は、KiK-net 観測点直近、南北点(尾根線に対して垂直な観測点の北部)、東西点(尾根線の東部延長)、谷底点(南北断面の麓部)である。設置地盤による影響は、常時微動計測を実施し地盤特性を評価した。

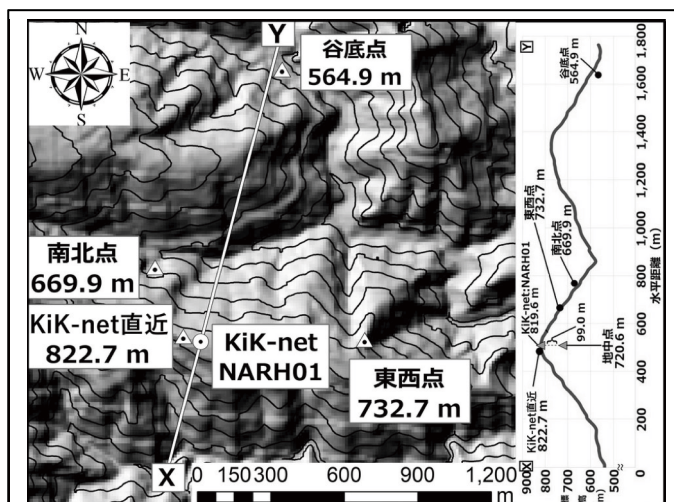


図2 NARH01 周辺に設置した観測点の配置図
(KiK-net 横点・東西点・南北点・谷底点)

3. 暫定的結果と解釈

(A) KiK-net データによる分析結果

地震計が痩せ尾根上に設置されている場合、尾根線に垂直方向の揺れが大きくなることが予想される(たとえば NARH01 地点;図 2)．そこで、山地尾根上に設置された 3 つの観測点(NARH01:東西方向尾根線, OITH10:南北方向尾根線, WKYH08:南北方向尾根線)について、地震の揺れに対する山地地形の影響を成分別最大加速度から比較した(図 3)．地表部の東西・南北成分の最大加速度は、WKYH08 のみ尾根線に垂直方向の揺れが尾根線方向よりわずかに大きい傾向があるものの、明瞭な差異はみられない．最大加速度から見た揺れやすさに関して、尾根線方向による影響はそれほど大きくないことが示唆される．

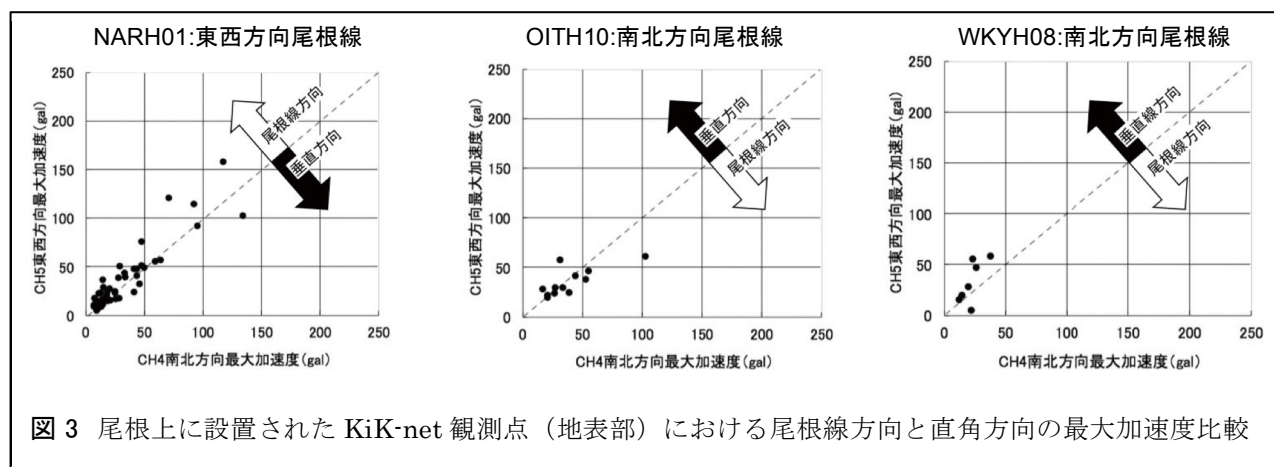


図 3 尾根上に設置された KiK-net 観測点（地表部）における尾根線方向と直角方向の最大加速度比較

(B) 新規設置地震計観測データによる分析結果

2017 年 12 月 11 日 5 時 39 分に NARH01 の西方約 50 km の地点を震源とする M3.6 の地震が発生した．NARH01 では KiK-net のトリガーがかからなかったが、新規設置加速度計は連続記録を行っていたため、当該地点の地震動を記録した．地点ごと成分ごとのフーリエスペクトルを算出し、谷底点の値に対する加速度振幅のスペクトル比を求め増幅率を算出した(図 4)．その結果、すべての観測点で約 0.5Hz 以下ではスペクトル比は概ね 1 であり、増幅は見られない．一方、谷底点に対して増幅が卓越する周波数は、山地斜面の各点と方位によって異なり、10Hz 以下の増幅比では、東西点に比べて尾根部(KiK-net 直近地点)と南北点の方がやや大きい傾向がある．今後、データを蓄積し、山地における地震観測に基づく地形による地震動増幅特性への影響評価を進める．

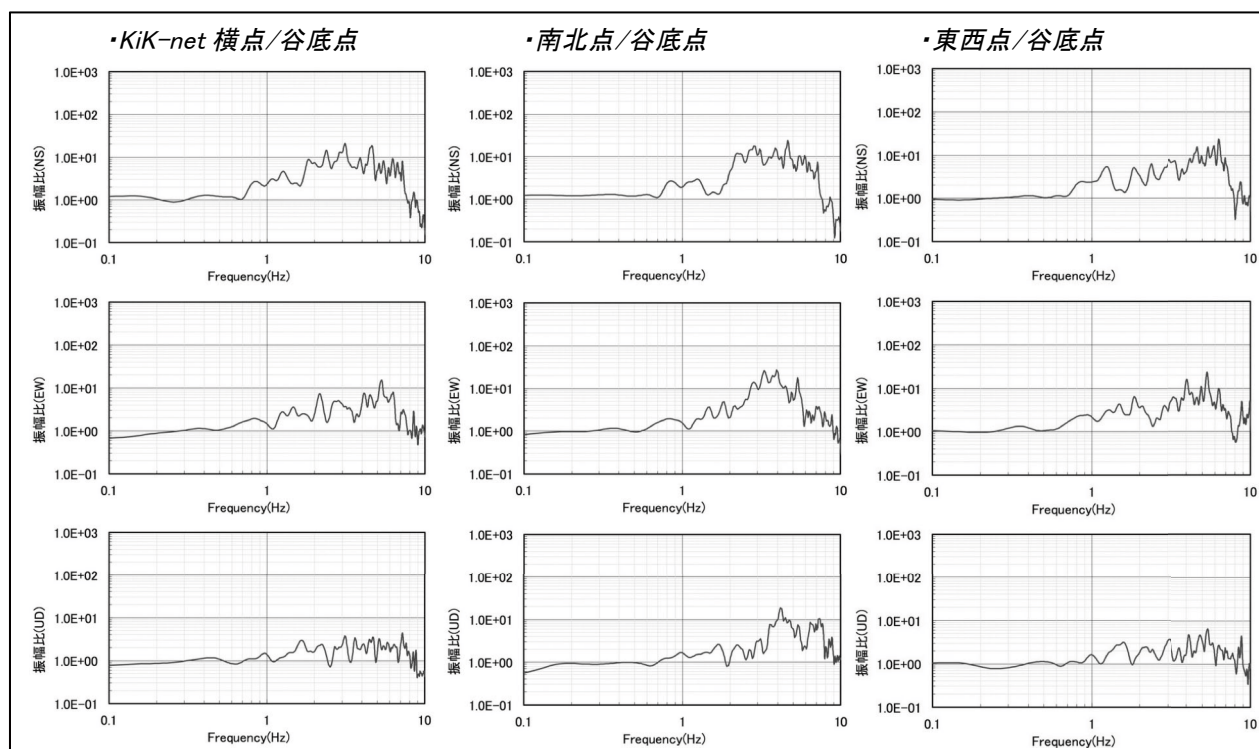


図 4 新規地震計が記録した地震動の谷底点に対するスペクトル比