

関西大学大学院  
関西大学

学生員 ○山本 航  
正会員 飛田 哲男

1. はじめに

中村<sup>1)</sup>によって、水平成分の微動加速度時刻歴データのスペクトルを同様の鉛直成分で除して求められるH/Vスペクトル比が提案されている。各地点のH/Vスペクトル比から得られる卓越周期は、その地点の表層地盤の固有周期を示すことが知られており、工学的基盤や堆積層厚の推定に利用されている。さらに地震動の増幅倍率とH/Vスペクトル比が概ね一致することが確認されており、H/Vスペクトル比は卓越周期のみでなく、H/Vスペクトル比の形状そのものが、その地点の地盤特性を表しているとも考えられる。したがって、多くのH/Vスペクトル波形の集合から、その波形の特徴を的確に捉えることで観測地点を分類することができるものと推察される。本研究では、H/Vスペクトル比の振幅を色情報に変換したカラースペクトルを用い、これを機械学習と組み合わせることによって、観測地点を分類できるかどうか検証し、本手法の適用性を検討することを目的とする。

2. 研究方法

強震観測網 K-NET<sup>2)</sup>で観測された地震波から地盤震動スペクトルを算出し、振幅の最大値を赤、最小値を青とするカラースペクトルとして画像に変換する。作成したカラースペクトルを、畳み込みニューラルネットワークの入力として使用し、画像解析によるアプローチで地盤構造推定を行う(図1)。

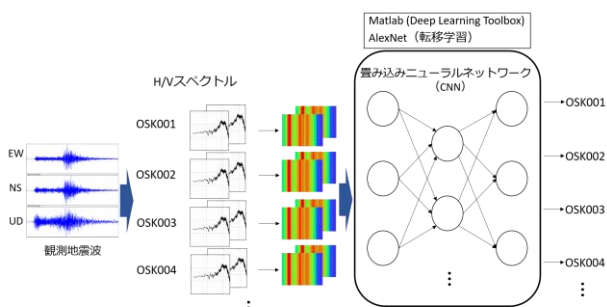


図1 提案手法の概要

3. 対象とする地震動

本研究では、K-NETで実際に観測された地震動に対して検討を行う。大阪市近郊の5地点(OSK001~OSK005)と北海道厚真町近郊の3地点(HKD127, HKD128, HKD184)の計8地点の観測点に対して地盤構造を分類できるかを検討する。使用する地震動は観測時期が1996年1月から2021年6月までであり、地盤の非線形性の影響が小さいと推定される最大加速度が50gal以下の計1677波使用する。図2に示す各地点のH/Vスペクトル比を用いて機械学習に用いるカラースペクトルを作成する(図3)。

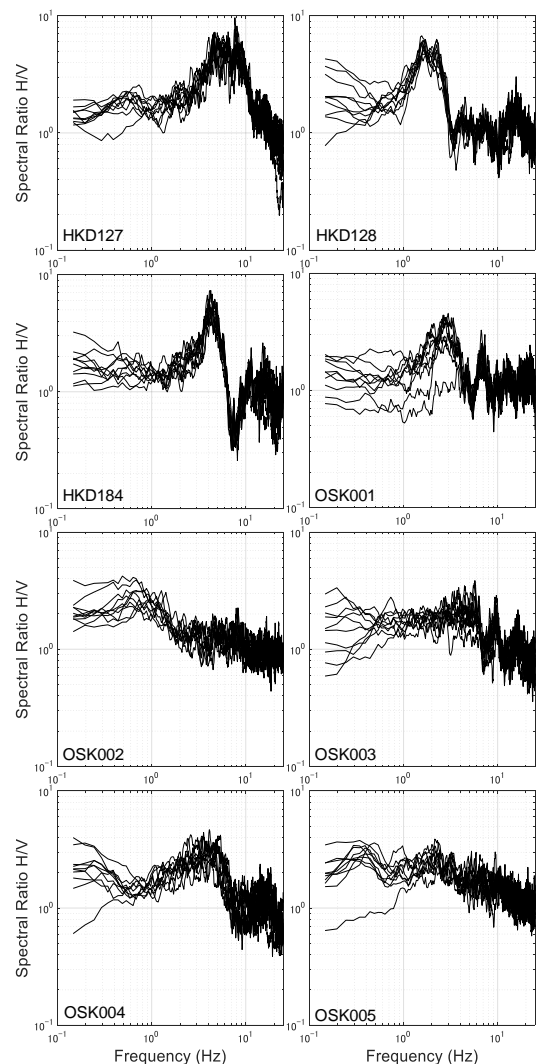


図2 各地点10波の地震動のH/Vスペクトル比

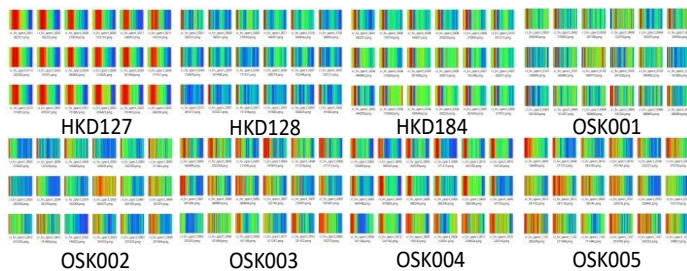


図 3 観測地震動から得られるカースペクトル  
(一部抜粋)

4. 機械学習による学習結果

機械学習には、多層パーセプトロン的一种であり、畳み込み層とプーリング層を主体に構成される畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いて、各観測地点の分類を行う。本研究では事前に学習されたネットワークの重みを活用し、限られたデータから高精度なモデルを作成することが出来る転移学習を使用する。学習モデルには層構造が比較的浅く、学習に要する時間が短いことを考慮して AlexNet<sup>3)</sup> 使用する。使用画像は各地点の画像枚数に対して、学習用と検証用を7:3の割合で分割し、CNNによる学習を行う (表1)。

表 1 観測地震動による観測点の分類に使用する  
学習データの枚数

Category	HKD127	HKD128	HKD184	OSK001	OSK002	OSK003	OSK004	OSK005
Train	175	175	175	176	138	127	151	57
Test	75	75	75	76	59	55	64	24
Total	250	250	250	252	197	182	215	81

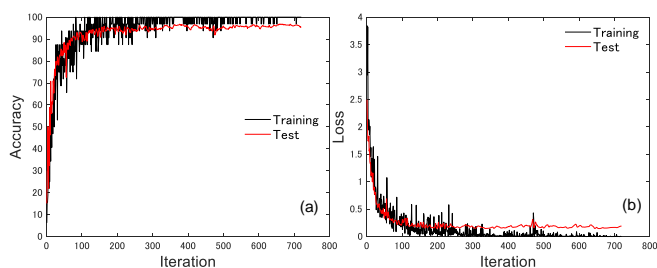


図 4 観測地震動の学習における  
(a) 学習曲線, (b) 損失関数

表 2 各地点の観測地震動を分類した結果

True Class	Predicted Class								Recall
	HKD127	HKD128	HKD184	OSK001	OSK002	OSK003	OSK004	OSK005	
HKD127	75	0	0	0	0	0	0	0	1.00
HKD128	0	75	0	0	0	0	0	0	1.00
HKD184	0	0	75	0	0	0	0	0	1.00
OSK001	0	0	0	76	0	0	0	0	1.00
OSK002	0	0	0	1	50	4	1	3	0.85
OSK003	0	0	0	0	1	52	2	0	0.95
OSK004	0	0	0	1	1	0	62	0	0.97
OSK005	0	1	0	0	3	0	0	20	0.83

図4に示す学習曲線と損失関数より、両者ともに一定値に収束していることから、学習は正常に進んでいることが推測される。CNNによる学習は計10行うこととし、その平均の学習精度で学習モデルを評価した。学習精度の平均は95.6%であり、各地点の地盤構造をカースペクトルから分類できることを示した。最も精度の高い学習モデルにおける検証画像の正答数を表2に混合行列として示す。北海道3地点においてすべての検証用画像を正確に分類できているが、大阪4地点では誤って分類する地震動が18波あることが確認できる。

5. まとめ

K-NET8 地点 (大阪 5 地点, 北海道 3 地点) で観測された最大加速度 50gal 以下の地震動を基に作成したカースペクトルから、CNN を用いて各地点の地盤構造の分類を検討した。その結果は、平均の学習精度は 95.6%であった。以上の成果から、K-NET で観測された地震動に対して、本手法を用いることでH/V スペクトルの形状から地点ごとの地盤構造の判別を行うことができる可能性を示した。

6. 謝辞

本研究では、防災科学技術研究所の強震観測網 (K-NET) の強震観測記録を使用しました。記して謝意を表します。

7. 参考文献

- 1) 中村豊: H/V スペクトル比の基本構造,物理探査学会第3回地震防災シンポジウム「微動と地震防災」, 2008.
- 2) National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience: NIED K-NET, KiK-net,National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, doi:10.17598/NIED.0004, 2021
- 3) Krizhevsky A, Sutskever I, and Hinton GE : ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks, Proc. of NIPS, 1097-1105, 2012.