

房総半島中央部における長周期地震動の特徴

—速度計および加速度計による観測結果—

加藤晶子 荻津 達

1 はじめに

長周期地震動に関しては、地点毎のゆれの大きさの違いは震源からの距離以外の要因が大きい（距離が大きくなるほどゆれが小さくなるとは限らない事例がしばしばみられる）ことから、ゆれ方の地域的特性について調査研究を進めてきた。千葉県で観測された長周期地震動については、酒井ほか（2005）¹⁾で、建造物のゆれやすさを示す速度応答スペクトルのピークが、房総半島中央部で周期 10～12 秒にみられることを示している。この地域は地震基盤とされる先新第三系の上面深度が 4000m 以深と見積もられている（千葉県 2005）²⁾。これは房総半島で最も深い部分となっており、長周期地震動は深い地質構造との関りが大きいと考えられる。

本研究では、この先新第三系が深い地域において、速度計および加速度計による観測結果を検討した。また、表層が沖積層や埋立層の観測点も含めて増幅・周期の伸びの浅層の地質による影響について比較を行った。

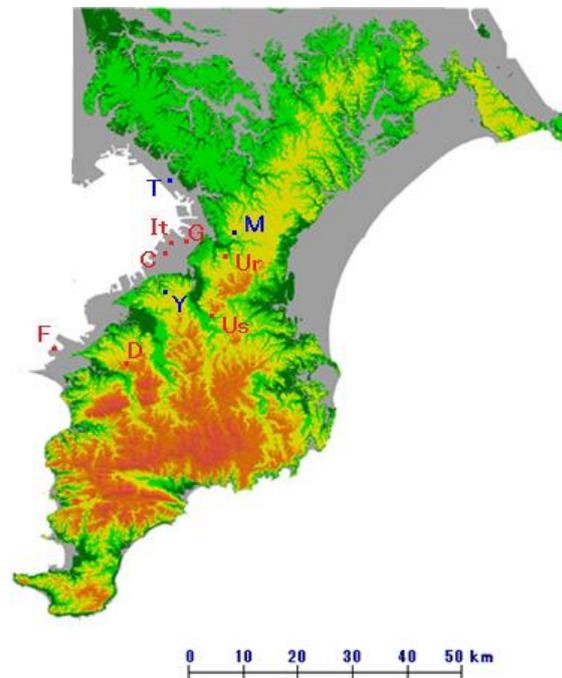
2 観測点及び対象とする地震

房総半島中西部を対象とし、速度計（測定範囲 0.01～100 秒）を、市原市有秋台 Y、同市ちはら台 M に設置している。各々の先新第三系上面深度はおよそ 5000 m、3500m、表層地質は更新統下総層群、標高はともに約 40m である。また、表層が埋立層である千葉市美浜区高洲 T（標高 3m）には測定範囲 0.01～50 秒の速度計を設置している。

加速度計は、更新統の木更津市鎌足 D（先新第三系上面深度 4500m）には測定範囲 0.03～10 秒、市原市湿津 Ur（先新第三系上面深度 3500m）には測定範囲 0.05～10 秒のものを設置している。また沖積層上の地

点として、市原市牛久 Us（先新第三系上面深度およそ 4500m）、市原市沿岸部の五所 G、岩崎 It、千種 C（先新第三系上面深度およそ 3500m）、埋立層上の富津市新富 F（先新第三系上面深度およそ 4000m）では測定範囲 0.05～10 秒の加速度計で観測した。

対象とした地震は、最近 2 年間に観測されたものから、A：震源が遠い・大規模（マグニチュード 5.5 以上）、B：震源がやや遠い・大規模、C：震源が近いものを選定し、各観測点での波形データから速度応答スペクトルの解析を行った。



青字：速度計 赤字：加速度計

図1 観測地点

表1 観測地点

| 地震計種類 | 記号 | 設置場所 | 表層地質 | 標高 | N値 ()内は近隣データ | 基盤深度 | 測定範囲 上段:振幅 下段:周期 |
|--------------------|----|--------------|-------|------|------------------|-------|------------------------|
| 速度計 VSE-355G3 | Y | 市原市 有秋台西 | 上部更新統 | 40m | 30 以上 | 5000m | ±200kine 0.01~100s |
| | M | 市原市 ちはら台 | 上部更新統 | 40m | 20 以上 | 3500m | ±200kine 0.01~100s |
| 速度計 VSE-355JE | T | 千葉市 美浜区高洲 | 埋立層 | 3m | — | 2500m | ±200kine 0.01~50s |
| 加速度計 AS-303D3BH | F | 富津市新富 | 埋立層 | 3m | — | 4000m | ±3000gal 0.005s~ |
| | Ur | 市原市湿津 | 中部更新統 | 67m | 2 | 3500m | ±3000gal 0.005s~ |
| 加速度計 SA-355CT | D | 木更津市 鎌足 | 中部更新統 | 110m | 30 | 4500m | ±2000gal 0.03~10s |
| | Us | 市原市牛久 | 完新統 | 27m | 2 | 3500m | ±2000gal 0.03~10s |
| | G | 市原市五所 | 完新統 | 2m | (11) | 3000m | ±2000gal 0.03~10s |
| | It | 市原市岩崎 | 完新統 | 2m | (3) | 3000m | ±2000gal 0.03~10s |
| | C | 市原市千種 | 完新統 | 2m | 14 | 3000m | ±2000gal 0.03~10s |

3 結果

地震波の伝播には、短周期成分は距離減衰が大きい一方、長周期成分はエネルギー規模(マグニチュード)が大きくなければ伝播しにくい距離減衰は小さいという特性がある。震源距離や深さによる地震波の減衰傾向から、観測される地震動の特徴は、①遠く・浅い地震の場合は規模がかなり大きければ主に表面波の長周期、②遠く・深い地震の場合は、規模が大きければ直接波・表面波等が伝播し広帯域の周期、③近く・浅い地震の場合は規模がある程度大きければ広帯域、規模が小さければ短周期、④近く・深い場合は規模がある程度大きければ短周期を中心にピークがみられる。また、地震計の性能の限界から、加速度計については、周期10秒以上の検出がほとんどできていない。

A: 遠く・大規模の地震の場合、速度計のスペクトルでは、ゆれが大きくなる周期は、Y(有秋台)10~12秒および1.5秒、3秒、M(ちはら台)9~11秒および2.5秒、T(高洲)9~11秒および0.9秒、5秒にみられた。基盤が浅い方が短周期側にピークが出る傾向にある。震源が浅く、ごく遠いネパールの大規模地震では、減衰されにくい表面波のみが12秒前後の長周期地震動として観測された。

加速度計では、熊本県の地震波でD(木更津)・F(富津)で周期10秒を観測したが、これ以外では長周期は記録していない。震源の深い小笠原西方沖の地震では、1.2~2.3秒にピークがみられる。

B: やや遠い大規模地震の場合には、速度計・加速度計とも、宮城県の地震では2~3秒にピークがみられ、基盤の深度による差はほとんどみられない。埼玉県北部の地震は規模がやや小さく、震源も深いため短周期側の0.4~0.7秒でピークがみられ、基盤深度が浅い方がより短周期となっている。

C: 近い地震の場合には、比較的規模の大きい地震(マグニチュード5以上)では周期0.6~1秒前後にピークがみられるが、規模の小さいものは0.5秒以下となっており、速度計と加速度計で大きな違いはみられない。比較的規模の大きいものについては、基盤深度が浅い方がわずかに短周期側にピークがみられる傾向があるが、同様の基盤深度では表層地質がよりやわらかい方が周期が長くなるものがみられた。

これらをまとめると、固有周期1秒以上では、基盤が深いほど長周期側でゆれが大きい(震源が遠い地震、浅い地震、規模が大きい地震)一方、1秒以下ではゆれが大きい周期はほとんど変わらないが、表層の地質が影響する(震央が近い地震)。

表2 速度応答スペクトルのピーク周期 (秒)

| 速度応答スペクトルのピーク周期 (最も長周期のもの) | | | | 観測点 | Y | M | T | D | F | Ur | Us | G | It | C |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 表層地質 | 更新統 | 更新統 | 埋立層 | 更新統 | 埋立層 | 更新統 | 完新統 | 完新統 | 完新統 | 完新統 |
| | | | | 基盤深度 | 5000m | 3500m | 2500m | 4500m | 4000m | 3500m | 3500m | 3000m | 3000m | 3000m |
| 日時 | 震央 (遠→近) | マグニチュード | 震源深さ (km) | | | | | | | | | | | |
| 20150425 | ①ネパール | 7.9 | 12 | 12 | 12 | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 20150530 | ①小笠原諸島西方沖 | 8.1 | 682 | 3 | 2.5 | 0.9 | 1.2 | 1.2 | 2 | 1.2 | 1.4 | 2.3 | 1.3 | |
| 20151114 | ①薩摩半島西方沖 | 7.1 | 17 | 11 | 10 | 10 | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 20160416 | ①熊本地方 | 7.3 | 12 | 12 | 10 | 9 | 10 | 10 | × | × | × | × | × | × |
| 20160114 | ①浦河沖 | 6.7 | 52 | 1.5 | 9 | 5 | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 20160401 | ①三重県南東沖 | 6.5 | 29 | 11 | 11 | 11 | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 20150513 | ②宮城県沖 | 6.8 | 46 | 2.5 | 3 | 2.5 | 2.5 | × | 3 | 2.2 | 3.1 | 3 | × | |
| 20110311 | ②茨城県沖 | 7.6 | 43 | 3.5 | 5 | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 20150525 | ②埼玉県北部 | 5.5 | 56 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | × | 0.45 | 0.5 | 0.42 | 0.45 | |
| 20160516 | ③茨城県南部 | 5.5 | 42 | 1.1 | 1 | 0.9 | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 0.8 | 0.7 | 1 | × | |
| 20160207 | ③茨城県南部 | 4.6 | 43 | 0.3 | 0.25 | 2.5 | 0.3 | × | × | 0.4 | 0.55 | 0.36 | 0.42 | |
| 20150326 | ③千葉県東方沖 | 4.2 | 13 | 0.25 | 0.12 | × | 0.22 | 0.32 | 0.23 | 0.38 | × | × | × | |
| 20160719 | ③千葉県北東部 | 5.2 | 33 | 0.65 | 1 | 1.5 | 0.7 | 0.11 | 0.28 | × | 0.7 | × | × | |
| 20150610 | ③千葉県北東部 | 3.9 | 52 | 0.3 | 0.2 | × | 0.25 | × | 0.23 | 0.4 | 0.4 | × | × | |
| 20150407 | ③千葉県北東部 | 3.5 | 31 | 0.3 | 0.22 | × | 0.3 | 0.2 | × | 0.3 | 0.15 | 0.18 | 0.1 | |
| 20150912 | ③東京湾 | 5.2 | 55 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.65 | 0.6 | 0.4 | × | |

周期 (秒) 8~ 1~8 0.5~1 ~0.5

文献

- 1)酒井豊, 楠田隆, 加藤晶子: 房総半島を中心とした地域の長周期地震動に関する検討-2004 年紀伊半島沖地震の観測データから-. 第 15 回環境地質学シンポジウム論文集, 267~272 (2005).
- 2)千葉県:平成 16 年度千葉県地下構造調査に関する調査成果報告書. 千葉県 (2005).
- 3)加藤晶子, 酒井豊, 楠田隆: 表層付近の地質による地震動の特徴 (その 3). 第 17 回環境地質学シンポジウム論文集, 1~4 (2008).