

リアルタイム地震動予測を可能とする技術の基礎的検討

徳島大学 学生会員 ○西野 左希子 徳島大学 正社員 中田成智

1. 序論

地震を事前に予知する手法は確立されていない．そのため，時として大きな被害を出している．しかし，地震での被害軽減には初期対応と情報がとても重要である．そこで発生直後の地震動を到達する前に予測することで被害軽減を目指す．既往システムに緊急地震速報が挙げられる．緊急地震速報では予想される震度や地域等を発表しているが，本研究では地震動波形を予測できるような技術を考える．このことにより，揺れ時間やどのような揺れが起こるかを予測することができ，制震分野の発展に役立つと考える．

2. 周波数伝搬特性モデルの理論的背景



過去の地震動データを用いて周波数伝搬特性モデルを作成しておき，観測点間の到達時間差を利用して数秒先の地震動を予測する．周波数伝搬特性モデルの手法としては既存する過去の地震動波形から，①フーリエ変換し，A 地点(入力)と B 地点(出力)との観測点間の振幅比を出すことで周波数の伝搬特性を確認する．

②その周波数伝搬特性をカーブフィッティングより伝達関数として表す．③求めた伝達関数より状態方程式の定数 A, B, C, D を求める．状態方程式は入力と出力の関係を表す式であり，本研究の周波数伝搬特性モデルとなる．

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases}$$

3. 適用データ

本研究では茨城県日立周辺を対象とする．使用する地震動データは丸で囲まれた 14 個の地震動である．

図の地震動では日立と鉾田の観測点の P 波の到達時間差は約 9 秒，S 波の到達時間差は約 14 秒であった．この到達時間の差を利用する．



図 1：適用地域

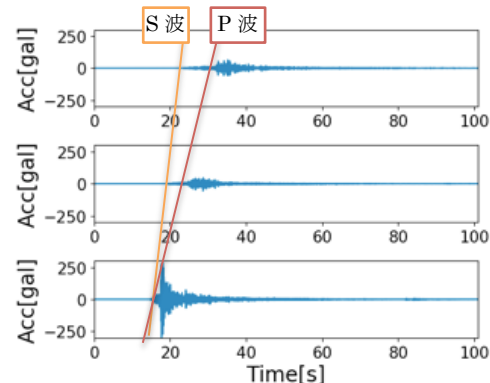


図 2：事例の地震動波形(K-net, KiK-net)

4. モデル手法の事例

適用データより，本研究では日立と鉾田の観測点間のモデルを作成し，鉾田の地震動波形を予測するものとする．また，地震動データは 3 方向のうちの東西方向(EW)を使用する．

4.1 周波数伝搬特性モデルの作成

使用する地震動の中の 5 個の振幅比を確認すると，紫線(2014 年 7 月 3 日発生の地震動)を除く 4 個の地震動に周波数伝搬特性があることを確認できる．この特性を表すような伝達関数を求めたのが図である．これより，モデルとなる状態方程式の定数を求める．

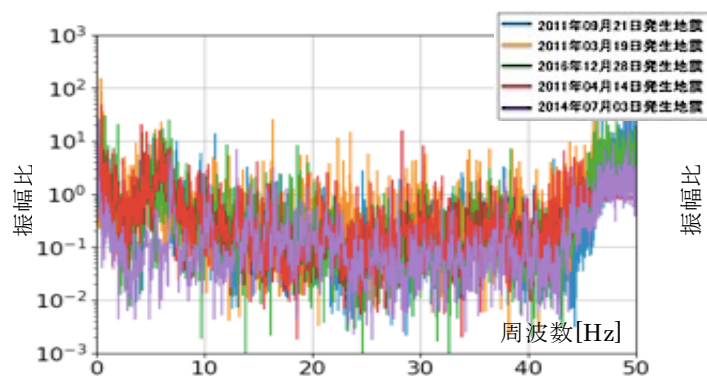


図 3：5 個の地震動の振幅比

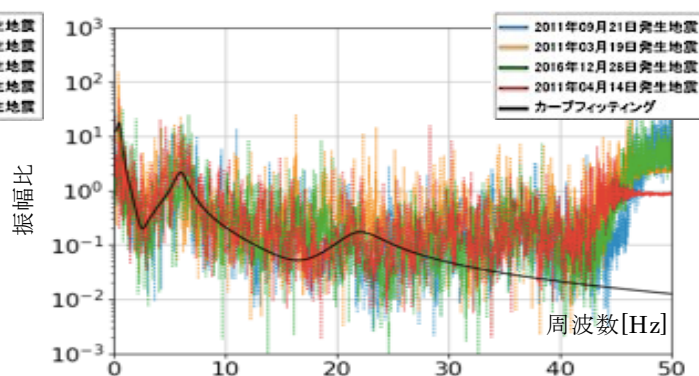


図 4：30Hz までのカーブフィッティング

4.2 周波数伝搬特性モデルの検討(2011 年 9 月 21 日発生地震動)

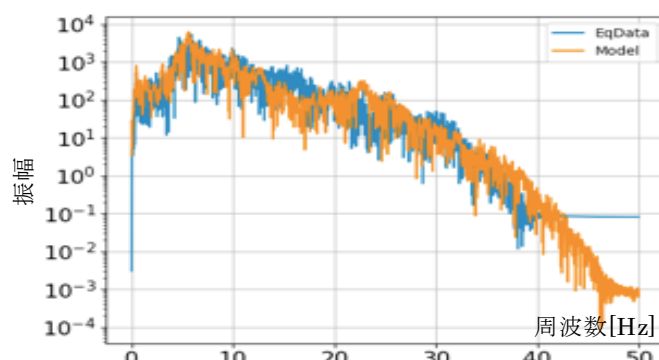
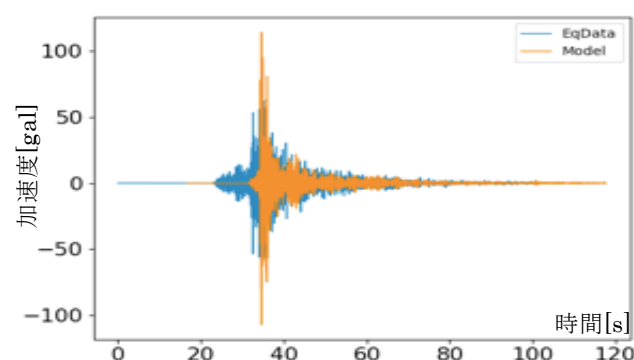


図 5：地震動波形(橙：モデル，青：実際の地震動+フィルタ)

図 6：フーリエスペクトル(橙：モデル，青：実際の地震動+フィルタ)

4.1 で求めたモデルに過去の地震動を入力として代入して求めた結果が図のとおりである。地震動波形を確認すると最大加速度が過大に求められており、モデルから精度良く求められていないことがわかる(図 5)。しかし、この地震動波形をフーリエ変換しフーリエスペクトルを確認すると、こちらは周波数特性をある程度捉えられていることがわかる(図 6)。また、コヒーレンスで相関性を確認すると、相関性が大きくないことも見てとれる(図 7)。コヒーレンスは周波数特性と位相情報を考慮した相関性を求めたものであり、周波数特性はある程度の精度で求められているにも関わらずコヒーレンスはあまり高くない。これより、位相情報をモデルより表せていないことが考察できる。

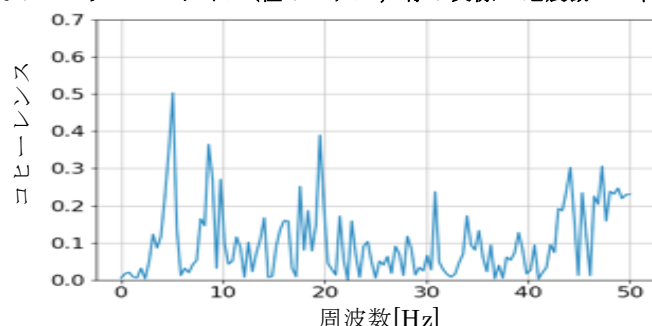


図 7：モデルと実際の地震動のコヒーレンス

5. 結論

本研究では周波数特性を表すようなモデルを作成することはできた。しかし、位相情報をモデルより求められなかったため、地震動波形は精度よく表すことができなかった。位相情報をモデルに組み込むことは難しいため、天気予報などで使われるデータ同化のカルマンフィルタを組み込む必要がある。

参考文献

1. 防災科学技術研究所 強震観測網 K-NET, KiK-net (<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>)
2. 気象庁 緊急地震速報 (<https://www.data.jma.go.jp/svd/eeew/data/nc/>)