

三次元アニメーションによる高密度観測記録の効果的分析支援ツールの開発

正会員 ○廣野 衣美*1 同 福和 伸夫*2
同 飛田 潤*3 同 護 雅史*3
同 小島 宏章*4

多点同時記録 立体振動 三次元アニメーション
可視化 強震観測

1. はじめに

観測機器の発展や観測体制の整備により、地盤-建物系で多点の振動記録が得られるようになってきた。建物については、免震・制振建物や超高層建物、大規模発電施設などの重要構造物で多点多成分地震観測体制を整えている場合が多い。加えて、地盤・建物の常時微動計測や振動実験などの多点多成分観測記録が得られている。

このような多点多成分の高密度観測記録から、時間的に変化する複雑な立体振動挙動を適切に捉えることは、波形やスペクトル等の一般的な分析のみでは困難であり、高度な分析技術や経験を必要とする。また、振動実験現場では、短時間のうちに観測状況の確認を行う必要もある。そこで、前報¹⁾で紹介した振動性状分析ツールに改良を加え、さまざまな分析条件を加えて結果を確認できるウェブ上で稼働する観測記録分析支援ツールを開発した。

2. ツールの機能と特徴

本論で紹介する観測記録分析支援ツールは、前報¹⁾と同様に Flash(Adobe 社)を用いたが、スクリプト言語が Action Script 3 となったことで処理速度が格段に速くなり、ツールの機能の充実化が図れるようになった。主に以下の2点の変更を加えている。

・インタラクティブな設定の変更を可能にした。

ツール内部で図1に示す処理を行えるよう変更した。これにより、記録が得られた際にすぐその場でアニメーションを確認できるようになる。また、表示されたスペクトルや伝達関数を見ながらフィルタ処理を施す振動数範囲の変更が容易に行え、効率的に各次数の確認ができるようになる。表示する波形等も任意に変更可能である。

・観測対象の建物形状と観測点配置の多様性に対応した。

具体的には、建物形状や観測点・観測成分についての情報を外部ファイルとして管理し、それらをツール側が読み込む方式とした。これにより、様々な観測対象・観測記録に対して臨機応変に対応できるようになる。さらに、ツール側で建物の回転や拡大・縮小、移動を行えるようにしたことで多面的な分析を可能にした。システムの構成イメージを図1に、また、それに対応する画面例を図2に示す。

観測記録については、当然ながら時刻同期が必須であり、強震記録の同期が取れていないデータに関しては、前処理として、長周期域のフィルタリング波形に対して相互相関関数を算定し、時刻合わせを行っている。

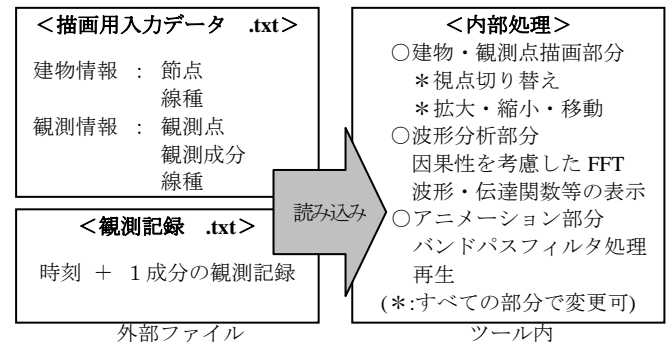
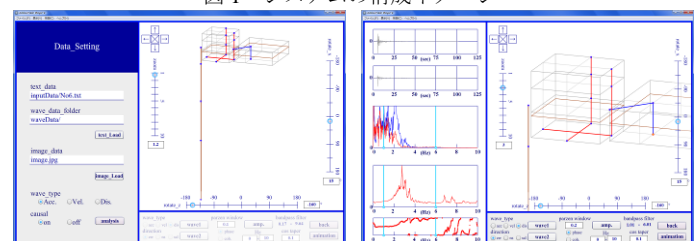
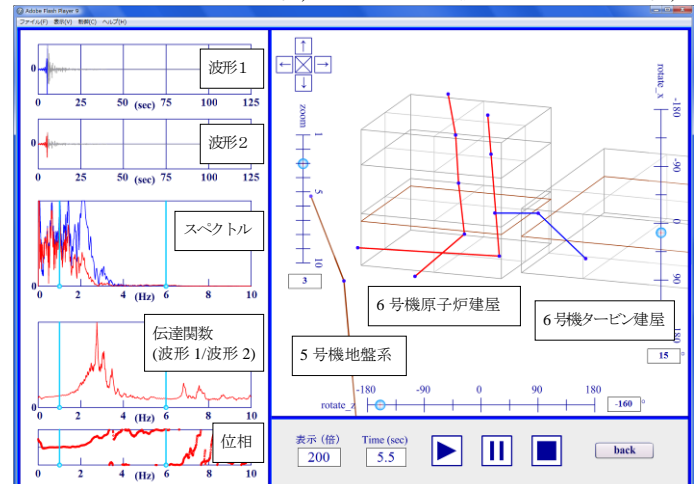


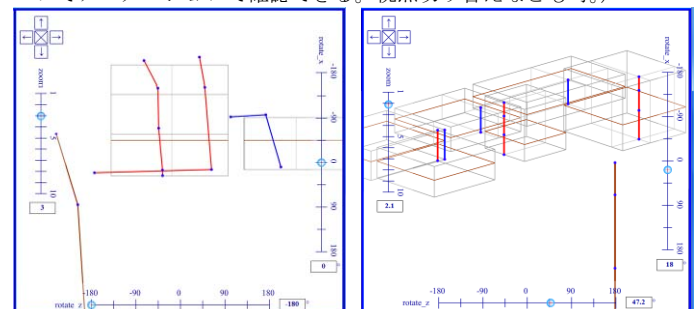
図1 システムの構成イメージ



1) 建物・観測点描画部分 (左部分で読み込むファイルを指定し、読み込み・描画を行う。)
2) 波形分析部分 (右上で表示する観測点を選択し、右下で数値などの設定を行う。)



3) アニメーション部分 (経過時間:5.5秒 振動数範囲:1~6Hz)
(スペクトルや伝達関数上のスライダーで指定した振動数範囲についてアニメーションで確認できる。視点切り替えなども可。)



4) 視点の切り替え(3と同範囲)

5) 入力データ変更

図2 Flash画面

3. ツールの適用例

3.1) 柏崎刈羽原子力発電所

2007年7月16日新潟県中越沖地震の際に柏崎刈羽原子力発電所で観測された記録を基に作成したものである。この記録の特徴は、隣接した建物・地盤で多点多成分の記録が得られていることであり、個別の建物群に着目したもの(図2)と全体を捉えるために概略の模式図であらわしたもの(図3)を作成した。これらのアニメーションから、地盤増幅、建物応答、そして地盤-建物動的相互作用、隣接建物間相互作用などに関するさまざまな特性を見ることができる。たとえば基盤と地表の間の地盤増幅、地表面から建屋内への入力の変幅や位相の変化、建物がスウェイ・ロッキングしている様子などを周波数帯域毎に分析でき、複雑な応答特性を視覚的に理解することで、重要な挙動を確認できる。

3.2) 高密度常時微動計測

大規模な事務所建物で行われた高密度な常時微動計測記録を基に作成したものである。常時微動計測は、短時間のうちに計測システムや機器のチェックを行う必要があり、さらに、次の計測へのステップとしてその場で記録の確認を行うことも重要となる。本格的な計測の前に本ツールで全体の様子を捉えることにより、計測体制の確認を行うことができる。また、対象となった事務所建物は、比較的整形なフレーム構造の事務所建物であるが、低層張り出し部として壁の多いホールがあるため、複雑なねじれを含む立体挙動を示している(図4)。また、屋上に通信鉄塔があり、建物応答との関係も重要である。これらの応答特性を即時に把握できれば、観測点の変更・移設なども容易になる。また、応答性状を適切に把握するためには、モード分離が重要となるが、本ツールは振動数範囲を変えながら応答を確認できる点で有用である。

3.3) 長周期地震動を受ける高層建物の振動台実験

2008年3月に防災科学技術研究所のE-defenseで行われた長周期地震動を受ける高層建物の振動台実験の記録を基に作成したものである。試験体は、地上21階、高さ80mの高層建物を想定したもので、1階から4階までを実規模の鉄骨造仮構とし、その上に5階以上の揺れを模擬するシステムが組み込まれている(図5-1))。図5-2が実験の試験体の様子をそのまま再現したもの、図5-3が想定されていた地上21階の建物として高さを与えて表現したものである。試験体そのままの揺れを見ているだけでは高層建物の揺れとしてイメージすることは難しいが、想定していた条件で表現することにより受ける印象は変わってくる。実験で仮想的に模擬したものを、想定時の条件に戻して確認できることも本ツールの利点と言える。

4. おわりに

本論では、多点・多成分の高密度観測記録を可視化するツールを作成し、その結果として複雑な振動現象の効果的な分析や新たな現象の発見、観測データの妥当性の確認などの効果を期待できることを示した。本システムの完成度に応じて今後ウェブ公開する予定である。

謝辞

例題作成にあたり、東京電力(株)から提供いただいた柏崎刈羽原子力発電所における記録を使用した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 広野衣美, 福和伸夫, 飛田潤, 小島宏章: 高密度強震観測に基づく免震建物の立体振動特性の分析と分析支援ツールの開発, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.965-966, 2007
- 2) 防災科学技術研究所: 兵庫耐震工学研究センター
<http://www.bosai.go.jp/hyogo/> (2008年4月17日アクセス)

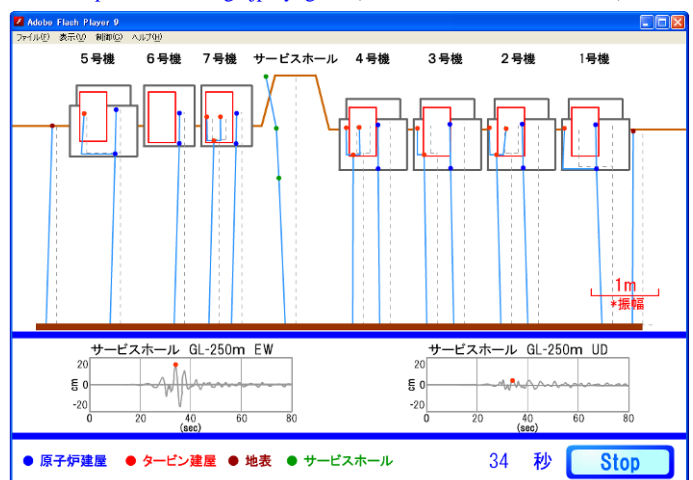


図3 柏崎刈羽原子力発電所の記録

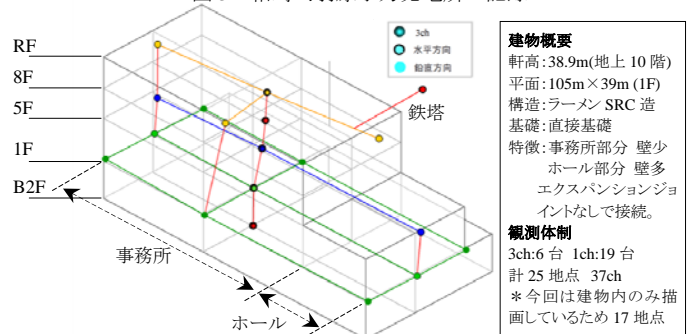


図4 高密度常時微動計測 (経過時間: 15秒 振動数範囲: 1.3~1.6Hz)

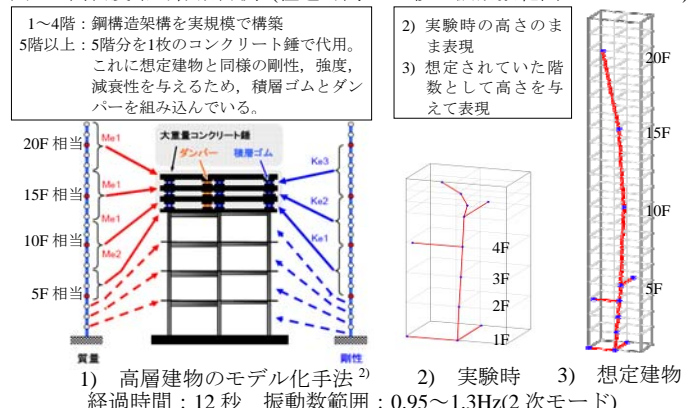


図5 E-defense 振動実験

*1 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生
*2 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博
*3 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・工博
*4 名古屋大学大学院環境学研究科・助教・博士(工学)

*1 Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
*2 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.
*3 Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.
*4 Assistant Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.