

された地震動では免震層は鉛ダンパーが降伏する範囲に達しない微小変形レベルであることが分かる。

3. 振動性状分析ツール

高密度観測によるデータ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、一般的な波形やスペクトル等の分析のみでは困難である。そこで、立体振動挙動を直接見て確認できる振動分析支援ツールを開発した。本ツールを用いることにより、地震時の建物の複雑な立体挙動を容易に理解でき、新たな現象解明への足がかりともなる。図 3に作成したツールの画面例を示す。

ツール作成には Flash(Adobe 社)を用い、付属のスク립ト言語である ActionScript で作成した。アニメーション作成環境は多種あるが、Flash を用いた理由として、ファイルサイズが小さいこと、デザインとプログラムが同じ環境で行えること、アニメーションとマウスを用いた操作性を備えたツールを容易に作成できること、ほとんどの Web ブラウザで利用可能であること等が挙げられる。

具体的な手順として、Flash の動作を軽快にするために、10Hz にダウンサンプリングし、バンドパスフィルタを施し着目したい振動数範囲を抽出する。これらの変換作業をあらかじめ行なって振動の時刻歴データを作成し、プログラムに読み込む方法をとっている。

例として、No.6 の地震のねじれ成分、並進成分、逆せん断型モードのモード図を経過時間、抽出した振動数範囲とともに図 3、図 4に示す。変位はそれぞれ拡大して表示している。このように、任意の振動数範囲で抽出したアニメーションを見ることにより、時刻歴での立体振動モードが確認できた。この他にも、建物上部の3点の記録から、面内変形しているモードなども確認している。また、ねじれ成分、並進成分が含まれる振動数範囲で抽出し、時刻歴で見ることにより、初めは並進成分が優勢であるが、途中でねじれ成分が優勢になる様子なども確認できた。

上記の波形変換作業も、本ツール内で行なえるように改良しつつあり、得られた観測記録からその場で着目したいモードをアニメーション等で確認可能となる。また、建物形状や視点も任意に設定可能とすることで、本ツールの適用範囲を広げていく予定である。

4. まとめ

免震建物の多点同時強震観測システムを整備し、記録を蓄積しており、ここではその分析について述べた。複雑な立体振動を3次元で可視化するツールを開発し、それにより立体モードの時間変化を捉えることができた。本建物に隣接して建設中の基礎免震建物との比較も含めて、記録の蓄積と分析を継続する予定である。

表 2 観測記録概要

地震 No.	地震日付	震央地名	規模 (Mj)	深さ (km)	震源距離 (km)	免震最大変位 EW (mm)	地盤最大速度 EW (kine)	地盤等価卓越振動数 (Hz)
1	05.06.02	愛知県西部	2.7	13	16	0.01	0.08	7.0
2	05.06.16	伊勢湾	2.9	15	27	0.01	0.03	11.7
3	05.06.20	岐阜県美濃中西部	4.6	9	73	0.07	0.06	4.8
4	05.08.16	宮城県沖	7.2	42	560	1.46	1.60	0.5
5	05.12.22	三重県北部	3.5	42	65	0.01	0.04	10.9
6	05.12.24	愛知県西部	4.8	43	44	0.53	2.49	5.7
7	05.12.28	愛知県西部	3.8	13	21	0.05	0.11	8.6
8	06.01.09	愛知県東部	3.9	41	61	0.04	0.11	5.2
9	06.02.16	岐阜県美濃中西部	4.4	14	76	0.03	0.07	4.8
10	06.02.18	岐阜県美濃中西部	4.1	13	76	0.02	0.05	6.4
11	06.03.16	岐阜県美濃東部	4.0	43	47	0.13	0.57	7.0
12	06.04.21	伊豆半島東方沖	5.8	7	184	0.09	0.20	2.2
13	06.06.12	大分県西部	6.2	146	522	0.31	0.17	1.8
14	06.07.16	愛知県西部	4	35	48	0.06	0.35	5.8
15	06.08.25	愛知県西部	3.9	43	49	0.06	0.28	8.4
16	06.08.29	愛知県西部	2.9	43	48	0.01	0.04	10.3
17	06.12.14	愛知県西部	3.5	40	47	0.04	0.12	4.5
18	06.12.19	愛知県西部	4.3	10	31	0.16	0.60	5.2
19	06.12.29	愛知県中部	2.6	15	21	0.04	0.08	7.2
20	06.12.29	愛知県西部	2.9	16	22	0.05	0.05	6.9
21	07.01.05	岐阜県美濃東部	4	54	69	0.04	0.17	7.4
22	07.01.22	岐阜県美濃中西部	4.5	13	84	0.03	0.05	5.1
23	07.03.25	能登半島沖	6.9	11	248	1.43	1.71	0.9

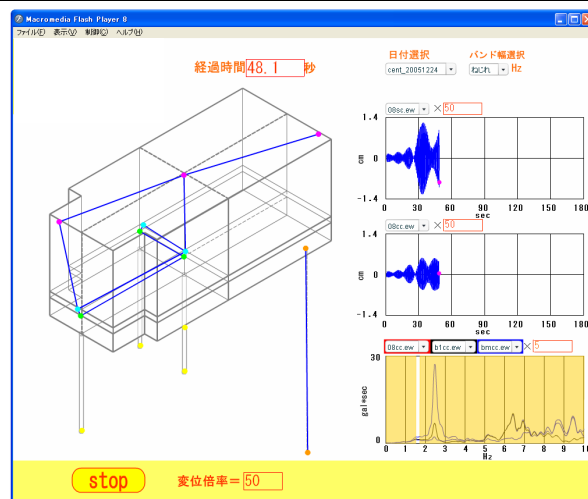


図 3 Flash 画面 (モード:ねじれ振動)

経過時間: 30.8 秒 振動数範囲: 1.5~1.7(Hz)

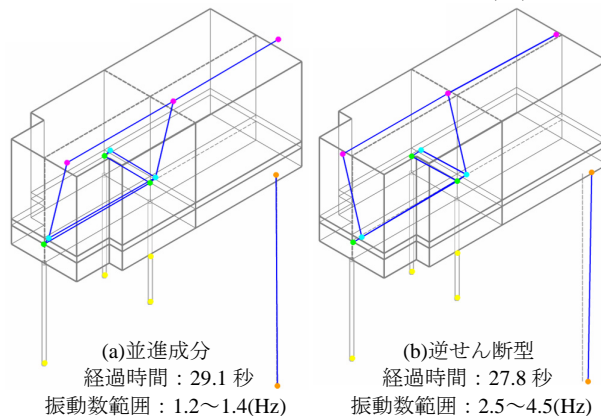


図 4 立体振動モード図

*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.