

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-他-F-01-0097_改1
提出年月日	2021年11月11日

解析コード「NX NASTRAN」又は「MSC NASTRAN」を使用している計算書等の
固有ベクトルの正規化について

1. はじめに

女川原子力発電所第2号機の工事計画認可申請における解析業務にあたっては、過去の事例^{*}を踏まえた適切な管理を行っている。本書では、解析コード「NX NASTRAN」又は「MSC NASTRAN」を使用している添付書類及び補足説明資料（以下「計算書等」という。）における固有ベクトルの正規化方法の妥当性について、その確認結果をまとめたものである。

※：2018年9月5日に確認した「東通原子力発電所1号機 炉心スプレイ系配管等の耐震評価の解析誤りについて」（以下「当該事象」という。）を踏まえ、2018年12月3日に原子力規制庁へ報告した当該事象に対する原因と対策において、本解析誤りの事象・原因等について社内文書に明記することに加え、解析業務毎に計算式の妥当性の確認方法や解析結果の検証方法を検討することの重要性を関係者に周知徹底し、注意喚起している。当該事象は、解析コード「MSC NASTRAN」を用いて応答スペクトル解析を行う際に、固有ベクトルの正規化方法のオプション指定として「MASS（固有ベクトルを質量マトリックスで正規化する方法）」を指定せずに「MAX（固有ベクトルの各成分の最大値を1として正規化する方法）」を指定して荷重を算定したため、不適切な解析結果となっていたものである。

2. 対象となる計算書等

解析コード「NX NASTRAN」又は「MSC NASTRAN」を用いている計算書は、添付書類75図書、補足説明資料8図書が該当する。（表1参照）

3. 確認結果

対象となる計算書等について、下記及び図1に示す手順により固有値解析における固有ベクトルの正規化方法を確認した。

- (1) スペクトルモーダル解析を実施している機器が含まれているか。
 - ・「有」の場合、(2)へ進む。「無」の場合、確認終了。
- (2) 固有値解析における固有ベクトルの正規化方法を確認する。
 - ① 固有ベクトルを質量マトリックスで正規化（「MASS」による正規化）
 - ② 固有ベクトルの各成分の最大値を1として正規化（「MAX」による正規化）

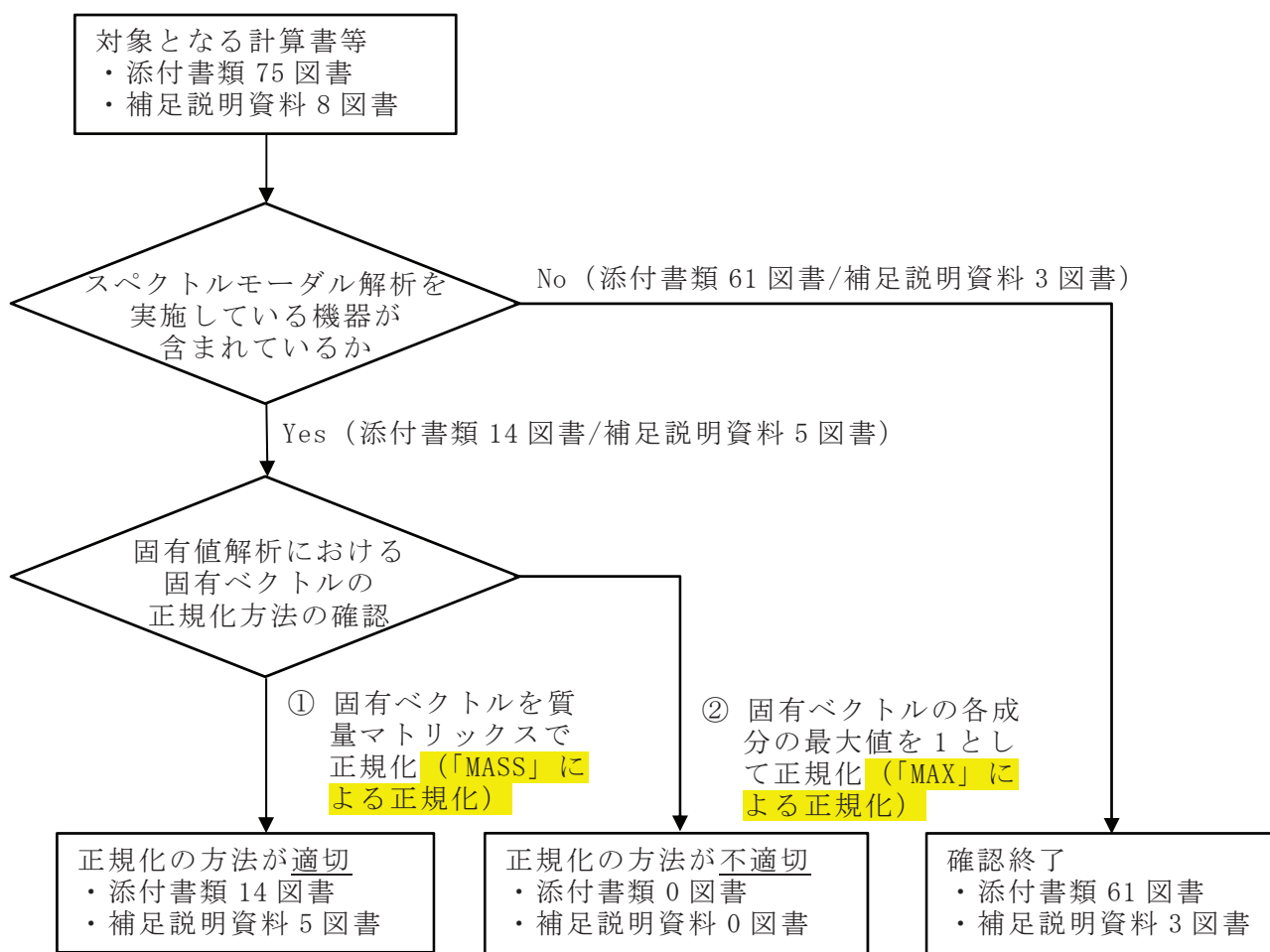


図 1 固有値解析における固有ベクトルの正規化方法確認フロー

確認の結果、スペクトルモーダル解析を実施している機器について固有ベクトルの正規化方法はすべて質量マトリックスで正規化しており、正規化の方法は適切である。(表 1)

なお、振動モード図の描画については、「VI-2-9-4-4-3-1 静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書」において、固有ベクトルの各成分の最大値を 1 とした正規化（「MAX」による正規化）を適用しているが、当該設備は剛構造であり、スペクトルモーダル解析は実施していない。

以上

表1 解析コード「NX NASTRAN」又は「MSC NASTRAN」を使用している計算書等の固有ベクトルの正規化方法に関する適切性確認結果

No.	工認図書番号	工認図書名称	解析コード	スペクトルモーダル解析を実施している機器の有無	固有ベクトルの正規化方法 ①質量マトリックスで正規化 ②各成分の最大値を1として正規化	注記の記載内容
1	VI-2-1-12-1	配管及び支持構造物の耐震計算について	NX NASTRAN	無	—	
2	VI-2-3-4-2-2	原子炉格納容器スタビライザの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
3	VI-2-3-4-2-3	制御棒駆動機構ハウジング支持金具の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
4	VI-2-3-4-3-11	中性子束計測案内管の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。
5	VI-2-4-2-2	使用済燃料貯蔵ラック（第1,2号機共用）の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
6	VI-2-4-2-3	制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
7	VI-2-4-2-5	使用済燃料プール水位/温度（ヒートサーモ式）の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
8	VI-2-5-3-1-2	管の耐震性についての計算書（主蒸気系）	NX NASTRAN	無	—	
9	VI-2-5-4-1-2	残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
10	VI-2-5-5-1-1	高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
11	VI-2-5-5-2-1	低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
12	VI-2-5-7-1-3	原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
13	VI-2-5-7-1-6	管の耐震性についての計算書（原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系）	NX NASTRAN	無	—	
14	VI-2-5-7-2-3	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
15	VI-2-5-7-2-5	管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系）	NX NASTRAN	無	—	
16	VI-2-6-3-2-2	管の耐震性についての計算書（制御棒駆動水圧系）	NX NASTRAN	無	—	
17	VI-2-6-5-1-1	起動領域モニタの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	固有値解析より得られる各次数の刺激係数に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。■
18	VI-2-6-5-1-2	出力領域モニタの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	固有値解析より得られる各次数の刺激係数に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。■
19	VI-2-6-5-4-2-1	ドライウエル温度の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	

* 1：本記載は、東通1号機、女川3号機建設時の当該耐震計算書における刺激係数の記載の考え方と合わせたもの。

No.	工認図書番号	工認図書名称	解析コード	スペクトルモーダル解析を実施している機器の有無	固有ベクトルの正規化方法 ①質量マトリックスで正規化 ②各成分の最大値を1として正規化	注記の記載内容
20	VI-2-6-5-4-2-3	サブプレッションプール水温度の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
21	VI-2-6-5-4-2-4	原子炉格納容器下部温度の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
22	VI-2-6-5-4-4-1	格納容器内水素濃度 (D/W) の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
23	VI-2-6-5-4-4-2	格納容器内水素濃度 (S/C) の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
24	VI-2-6-5-8-2	原子炉格納容器下部水位の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
25	VI-2-6-5-9-1	原子炉建屋内水素濃度の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
26	VI-2-6-6-1-1	管の耐震性についての計算書 (高圧窒素ガス供給系)	NX NASTRAN	無	—	
27	VI-2-6-6-2-1	管の耐震性についての計算書 (代替高圧窒素ガス供給系)	NX NASTRAN	無	—	
28	VI-2-6-7-2-2	衛星電話設備 (屋外アンテナ) (中央制御室) の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
29	VI-2-6-7-2-4	衛星電話設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所) の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
30	VI-2-6-7-3-2	無線連絡設備 (屋外アンテナ) (中央制御室) の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
31	VI-2-6-7-3-4	無線連絡設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所) の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
32	VI-2-6-7-7	統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
33	VI-2-6-7-8	統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
34	VI-2-6-7-18	静的触媒式水素再結合装置動作監視装置の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
35	VI-2-8-2-1-1-1	主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
36	VI-2-8-2-1-2-1	格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
37	VI-2-8-2-1-2-2	格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C) の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
38	VI-2-8-2-1-3-2	フィルタ装置出口放射線モニタの耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
39	VI-2-8-2-1-3-3	燃料取替エリア放射線モニタの耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
40	VI-2-8-2-2-1-1	使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (低線量) の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
41	VI-2-8-2-2-1-2	使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (高線量) の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
42	VI-2-8-3-2-2	管の耐震性についての計算書 (緊急時対策所換気空調系)	NX NASTRAN	無	—	
43	VI-2-8-3-3-1	管の耐震性についての計算書 (中央制御室待避所加圧空気供給系)	MSC NASTRAN	無	—	

No.	工認図書番号	工認図書名称	解析コード	スペクトルモーダル解析を実施している機器の有無	固有ベクトルの正規化方法 ①質量マトリックスで正規化 ②各成分の最大値を1として正規化	注記の記載内容
44	VI-2-8-3-4-1	管の耐震性についての計算書（緊急時対策所加圧空気供給系）	NX NASTRAN	無	—	
45	VI-2-9-2-1-2	サブプレッションチェンバの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。
46	VI-2-9-2-1-4	ドライウェルベント開口部の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
47	VI-2-9-2-1-5	ボックスサポートの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
48	VI-2-9-2-2-4	サブプレッションチェンバ出入口の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
49	VI-2-9-4-4-1-5	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
50	VI-2-9-4-4-2-2	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
51	VI-2-9-4-4-3-1	静的触媒式水素再結合装置の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
52	VI-2-10-1-2-1-6	非常用ディーゼル発電設備 管の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
53	VI-2-10-1-2-2-6	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 管の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
54	VI-2-10-1-2-3-5	ガスタービン発電設備 管の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
55	VI-2-10-1-2-4-2	緊急時対策所ディーゼル発電設備 管の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
56	VI-2-10-2-13-1	津波監視カメラの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
57	VI-2-10-2-13-2	取水ビット水位計の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
58	VI-2-11-2-9	燃料交換機の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。
59	VI-2-11-2-12	耐火隔壁の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
60	VI-2-11-2-13	制御棒貯蔵ラックの耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。
61	VI-2-11-2-14	燃料チャンネル着脱機の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
62	VI-2-11-2-21	CRD自動交換機の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。
63	VI-2-13-9	地下水位低下設備制御盤の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
64	VI-2-13-10	地下水位低下設備電源盤の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
65	VI-2-別添 1-4	ガスボンベ設備の耐震性についての計算書	MSC NASTRAN	無	—	
66	VI-2-別添 1-5	選択弁の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
67	VI-2-別添 1-7	消火配管の耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	—	
			MSC NASTRAN			



No.	工認図書番号	工認図書名称	解析コード	スペクトルモーダル解析を実施している機器の有無	固有ベクトルの正規化方法 ①質量マトリックスで正規化 ②各成分の最大値を1として正規化	注記の記載内容
68	VI-2-別添 2-2	溢水源としない耐震 B, C クラスの機器についての計算書 (配管)	NX NASTRAN	無	-	
		溢水源としない耐震 B, C クラスの機器についての計算書 (CUW 再生熱交換器)	MSC NASTRAN			
		溢水源としない耐震 B, C クラスの機器についての計算書 (CUW 非再生熱交換器)	MSC NASTRAN			
		溢水源としない耐震 B, C クラスの機器についての計算書 (TSW ポンプ)	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
		溢水源としない耐震 B, C クラスの機器についての計算書 (CWP)	MSC NASTRAN			
69	VI-2-別添 2-5	タービン補機冷却海水系隔離システムの耐震性についての計算書	NX NASTRAN	無	-	
70	VI-2-別添 3-4	可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震計算書	NX NASTRAN	無	-	
			MSC NASTRAN			
71	VI-2-別添 3-5	可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書	MSC NASTRAN	無	-	
72	VI-3-3-4-1-2-1-4-2	管の応力計算書 (制御棒駆動水圧系)	NX NASTRAN	無	-	
73	VI-3-3-6-1-1-4	ドライウェルベント開口部の強度計算書	MSC NASTRAN	無	-	
74	VI-3-3-6-1-1-7	サプレッションチェンバの強度計算書	MSC NASTRAN	無	-	
75	VI-3-別添 3-2-11-1	取水ピット水位計の強度計算書	NX NASTRAN	無	-	
76	補足 600-14-1	動的機能維持の詳細評価について (新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価について)	MSC NASTRAN	有	①	注記なし**
77	補足-600-40-29	再循環ポンプの軸固着に対する評価について	MSC NASTRAN	無	-	
78	補足-140-1	津波への配慮に関する説明書の補足説明資料	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
79	補足-600-11	サプレッションチェンバの耐震評価における内部水質量の考え方の変更等についての補足説明資料	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
80	補足-600-20	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の耐震性について	MSC NASTRAN	無	-	
81	補足-600-38	東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた機器・配管系の耐震設計への反映事項について	MSC NASTRAN	無	-	
82	補足-600-4	下位クラス施設の波及的影響の検討について	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■
83	補足-600-40-31	原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書に関する補足説明資料	MSC NASTRAN	有	①	刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。■

*2: VI-2-別添 2-2 は、耐震評価結果のみの記載であり、固有ベクトル及び刺激係数は補足-220-1に記載。

*3: 補足 600-14-1 は、各設備の耐震計算書の評価結果の引用であり、固有ベクトル及び刺激係数を記載していないため、本図書には注記なし。