

## I - B374 時間・周波数分析及びPODによるギャロッピングの振動特性評価

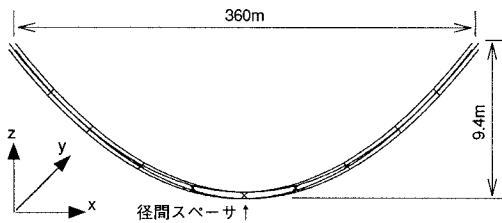
電力中央研究所 正員 清水幹夫\*

東北大学大学院 正員 岸野佑次\*\*

## 1. はじめに

着氷雪した送電線に発生するギャロッピングは、送電線の混触等、事故停電の原因となることから、その予測及び対策について種々の検討がなされてきた。しかし、大振幅のギャロッピング振動の分析は、未だ不十分と思われる。したがって本研究では、大変形を考慮したギャロッピングのシミュレーション結果に対し、時間・周波数分析及び固有直交関数展開（以下、PODと称する）を用いたモード分析により、振動特性を評価した。

## 2. ギャロッピングのシミュレーション



注：1) 初期張力 3070kgf/条、素導体間隔 0.4m、支持点高低差 0。  
2) 電線両端は、各条ごとに全自由度を空間に固定。  
3) 解析結果の出力点は径間スペーサ中央（X字形の交点）。

図1 解析モデル見取り図

表1 解析モデルの諸元

|       | 導体部（ACSR410）                                  | 径間スペーサ                                       |
|-------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 使用要素  | トラス、Saint-Venantのねじり要素                        | はり                                           |
| 要素分割数 | 36/条                                          | 4/個                                          |
| ヤング率  | $8.359 \times 10^9$ (kgf/m <sup>2</sup> )     | $2.100 \times 10^{11}$ (kgf/m <sup>2</sup> ) |
| ポアソン比 | 0.300                                         | 0.300                                        |
| 断面積   | $4.808 \times 10^{-4}$ (m <sup>2</sup> )      | $3.849 \times 10^{-3}$ (m <sup>2</sup> )     |
| 密度    | $3.480 \times 10^3$ (kg/m <sup>3</sup> )      | $2.366 \times 10^3$ (kg/m <sup>3</sup> )     |
| 備考    | Saint-Venantのねじり定数には、要素断面を円形と仮定した極慣性モーメントを使用。 |                                              |

本研究では、ギャロッピングの発生件数の多い4導体の送電線を対象とし、幾何学的非線形性を考慮した時刻歴の有限要素法解析を適用し、ギャロッピングのシミュレーションを実施した。解析モデルの見取り図を図1に、その諸元を表1に示した。4導体を構成する4条の電線それぞれには、既往の風洞実験結果に基づく図2の着氷雪及び空力特性を仮定し、各条間の空力的な連成は無視した。入力として、4条の電線全てに対し一様に分布する、線路直交かつ水平方向の20m/sの一定風速を、準定常空気に近似して用いた。シミュレーションは、重力のみが作用する初期釣合解析の後、0.08秒刻みで6000ステップの動的解析を行った。構造減衰は、1次、5次の固有振動数、0.182Hz、0.406Hzに対し、0.4%、0.8%となるRayleigh減衰を仮定した。なお、試行計算に基づき、初期の迎え角が5度となるように、初期釣合状態における着氷雪角度を設定した。

## 3. シミュレーションの結果

図3に、径間中央に位置する径間スペーサ中央の変位時刻歴を示した。図より、一定風速の下で自励振動の継続がみられ、時刻240秒以降には、大振幅のギャロッピングの発生が認められる。また、シミュレーションされた振動は、時刻240秒を境に、高周波から低周波、大振幅に移行していることがわかる。

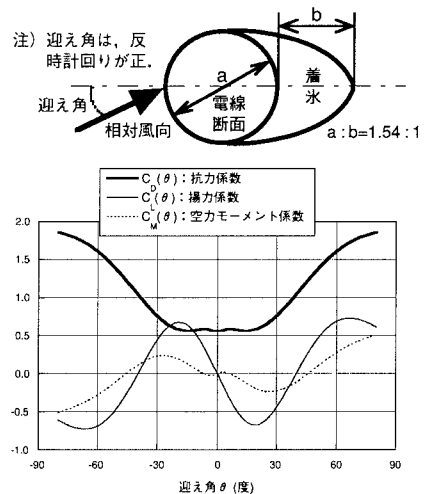


図2 着氷雪形状及び空力特性

キーワード：送電線、4導体、ギャロッピング、ウェーブレット変換、固有直交関数展開

\*) 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 0471-82-1181 FAX 0471-83-2962

\*\*) 〒980-8567 仙台市青葉区荒巻字青葉06 TEL 022-217-7421 FAX 022-217-7423

#### 4. 時間-周波数分析とPOD

波形に含まれる卓越振動数を時刻歴で追跡する際はウェーブレット変換が、複数の時刻歴データに含まれる組織的構造を分析する際はPOD (Proper Orthogonal Decomposition)<sup>2)</sup> がそれぞれ有効と思われる。本研究では、シミュレーションの結果に対しウェーブレット変換、PODを用い、ギャロッピングの振動数及びモードの評価を行った。図4に、図3に示した径間中央のスペーサ変位に対するウェーブレット変換の結果を示した。また、全径間スペーサの変位を対象としたPODの結果を図5に示した。

図4のウェーブレット係数は、水平変位については時刻240秒以降、約0.2Hzで卓越し、特に360秒以降の卓越が顕著である。また、鉛直及び回転変位については、時刻200秒以降、約0.4Hzで卓越している。図5の支配的な振動モードは、水平方向は2ループ（腹

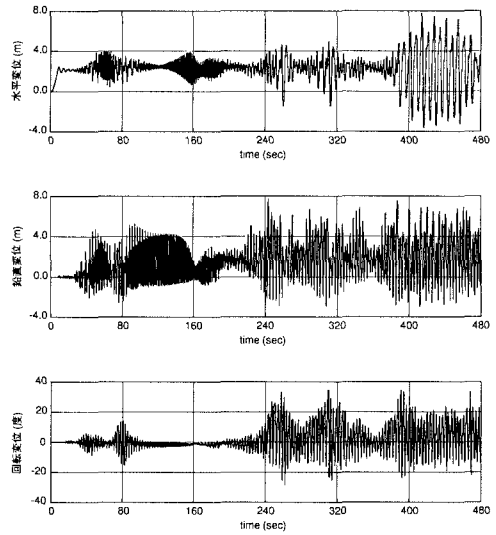


図3 シミュレーションの結果：径間中央の変位時刻歴

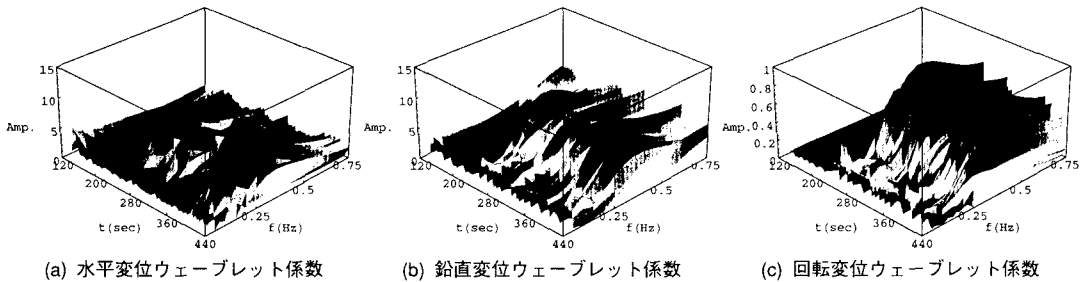


図4 シミュレーション結果のウェーブレット係数（時刻120～440秒）

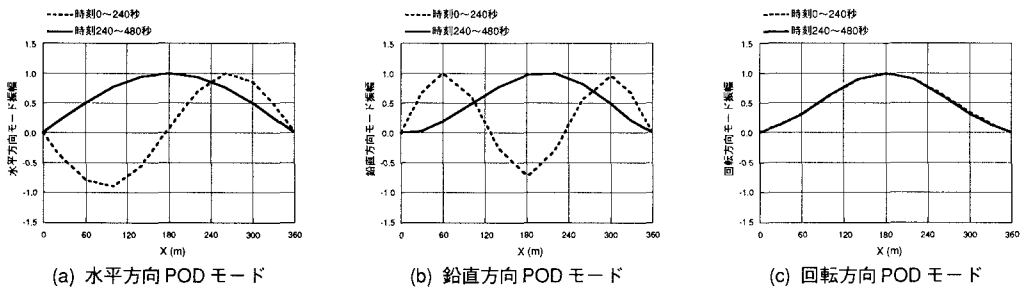


図5 シミュレーション結果のPODモード：ギャロッピング時の支配的な振動モード

の数が2つ）から1ループ、鉛直方向は3ループから1ループにそれぞれ移行しており、回転方向は常に1ループである。したがってシミュレーションでは、時刻約240秒以降、水平、鉛直、回転各方向の1ループのギャロッピング振動が、約0.4Hzあるいはその1/2の約0.2Hzで連成した結果、大振幅に至ったと考えられる。

以上のように、時間-周波数分析及びPODにより、大振幅のギャロッピング時の振動数及びモードが明らかになった。なお、本研究で用いた評価手法は、観測されたギャロッピング波形の分析にも有効と考えられる。

#### 参考文献

- 1) 清水幹夫, 守護雅富, 佐藤順一：送電線のギャロッピングの幾何学的非線形解析, 構造工学論文集, Vol.44A, 1998, pp.951-960
- 2) 田村幸雄：固有直交関数展開のランダム変動場への応用のすすめ, 日本風工学会誌, 第65号, 1995, pp.33-41