

# 着氷雪 4 導体および単導体送電線の非定常空気力特性に関する風洞実験

東京大学 学生会員 Pham Van Phuc  
 東京大学 正会員 石原孟  
 電力中央研究所 正会員 清水幹夫

## 1. はじめに

送電線に着氷雪がある場合、空気特性が変わるため、ギャロッピングと呼ばれる大振幅空気振動が発生する。ギャロッピング現象により短絡事故などの問題が起きており、その現象の応答振幅を予測することは必要不可欠である。しかし、既往のギャロッピング解析では入力する空気力係数は準定常的な近似をしてきた。着氷雪 4 導体送電線に作用する空気力の非定常性が風洞実験により測定された例<sup>1)</sup>があるが、着氷雪送電線の非定常空気力特性には未だ不明点が多いといえる。

そのため、本風洞実験では着氷雪を考慮した 4 導体および単導体送電線の部分模型を対象として大振幅回転加振実験を実施した。計測結果に基づき、4 導体と単導体との非定常空気力特性を比較した。

## 2. 実験方法

図 1 に示す 4 導体および単導体の部分模型を用いた。図 2 は 4 導体と単導体との着氷雪形状を示す。これらの着氷雪形状はギャロッピングが生じ易いとされている自然着氷雪形状を幾何学的に定量化したものである。

本風洞実験で非定常空気力を求める大振幅回転加振実験には三井造船昭島研究所の構造物用低速風洞を用いた。また、定常空気力を求める 3 分力天秤実験には東京大学の強風シミュレーション風洞を用いた。

大振幅回転加振実験は風速を 10m/s に、試験体の初期状態の迎角を 0 度とし、加振振動数を 0.3Hz で、加振振幅を ±5,10,20,30,40,55 ° に変化させた場合の各振幅時の空気力と回転角を時系列で測定する実験である。迎角と空気力との正方向を図 3 に示す。

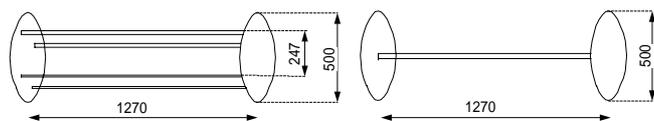


図 1 単導体と 4 導体の試験体（単位：mm）

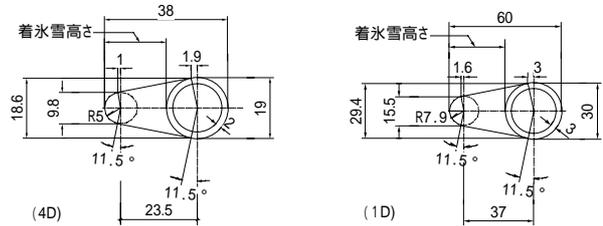


図 2 単導体と 4 導体の断面寸法（単位：mm）

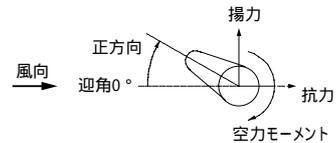


図 3 迎角と空気力の正方向の定義

## 3. 実験結果と考察

空気モーメントに比較して、抗力や揚力の非定常特性は顕著に現れないことが確認された。したがって、本章では抗力、揚力を省略し、空気モーメントについて述べることにする。

### 3.1. 非定常空気モーメントの時系列

図 4,5 に加振振幅 ±55 度の場合について時刻 10 秒までの空気力の時刻歴を示した。図には、同時計測された試験体の回転角、およびこの値と天秤実験時に計測された定常空気力との関係を示した。図により、4 導体の非

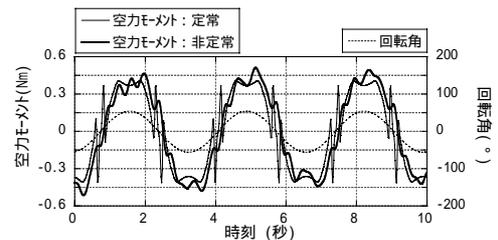


図 4 4 導体の非定常空気モーメント時刻歴

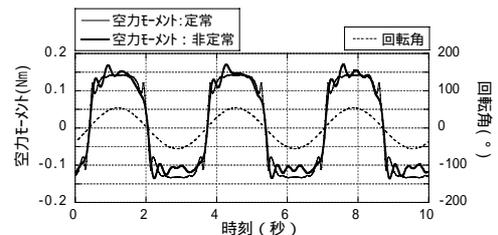


図 5 単導体の非定常空気モーメント時刻歴

キーワード：風洞実験、着氷雪、4 導体、単導体、非定常空気力

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 tel. 03-5841-6099; fax. 03-5841-7454

定常空力モーメントには定常空力モーメントおよび回転角に対して、位相の遅れがみられる。一方、単導体の空力モーメントは非定常、定常ともに、回転角  $0^\circ$  時刻ではほぼ 0 の値を示し、回転角と同位相で変動していることがわかる。以上の空気力の時刻歴から 4 導体の空気力の非定常性は、単導体にはみられない位相遅れとして現れ、これは風上側の導体の後流が影響するものと考えられる。

### 3.2. 非定常空力モーメント係数

図 6 より、4 導体の非定常空力モーメント係数は、振幅  $\pm 30$  度の段階からループを描き、その形状には振幅の増加とともにピーク及び勾配が減少する傾向がみられる。これに対し、単導体の非定常空力モーメント係数はループ形状の加振振幅による変化は小さいが、迎角  $0^\circ$  付近の勾配が加振振幅の増加とともに減少する傾向がみられる。さらに、迎角の増加時と減少時との間の同一迎角に対する空気力係数の差として 4 導体と単導体の非定常性が現れるところはわかった。

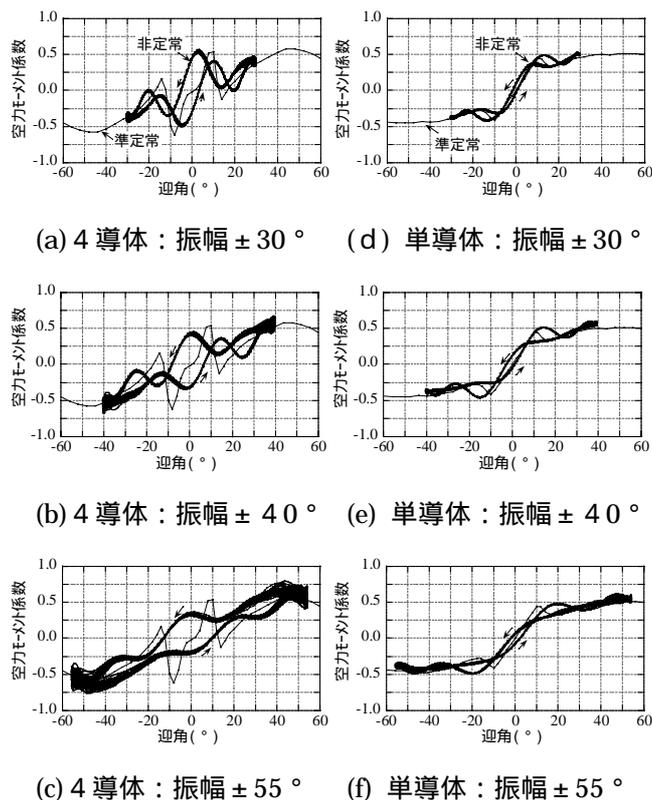


図 6 非定常空力モーメント係数（矢印は加振の増加方向）

### 3.3. 角速度に基づく非定常の空力特性

上記の空気力の非定常性は加振振幅によって変化することから、試験体の回転角度に依存するものと考えられる。そこで以下では、木村ら<sup>1)</sup>と同様、空気力の非定常性と試験体の回転角の換算回転速度  $\dot{\theta}B/U$  との関係

を着目した。ここで、 $B$  は試験体の代表径、 $U$  は風速、 $\dot{\theta}$  は回転角速度とした。

図 7, 8 により 4 導体の非定常空力モーメント係数については、単導体の非定常空力モーメント係数に比較して、換算回転速度 0 における定常空気力係数との差が大きいということがわかる。この原因として 4 導体の非定常空気モーメントは後流の影響を強く受けることが考えられる。

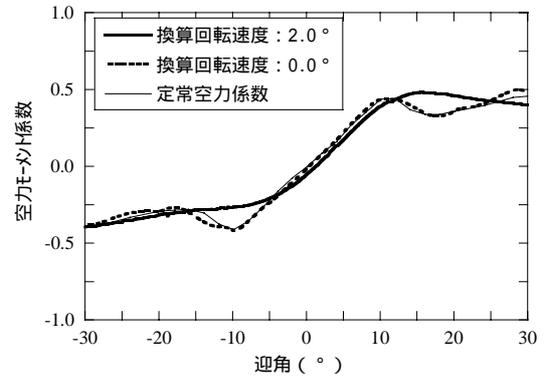


図 7 単導体の定常と非定常空気力特性の比較

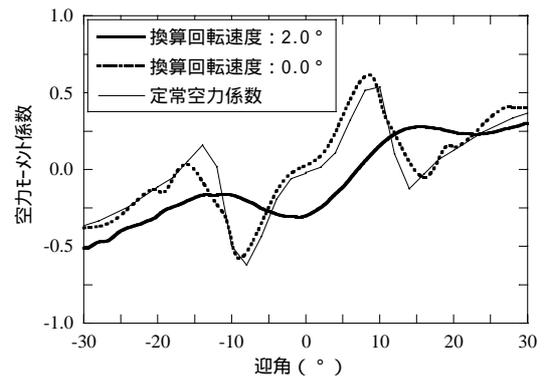


図 8 4 導体の定常と非定常空気力特性の比較

## 4. まとめ

空気力の非定常性は回転角に対する 4 導体の空力モーメントの位相遅れ、迎角の増加時と減少時との間の同一迎角に対する空気力係数の差としてみられることを明らかにした。さらに、空力モーメント係数の非定常性は後流の影響が加わるため、4 導体の空力モーメント係数の非定常性は、他の係数のそれと大きく異なることを明らかにした。

謝辞：本風洞実験の実施にあたり、九州工業大学工学部建設社会工学科の木村吉郎先生、東京大学の大竹完治技術官にご指導、ご助力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

### 参考文献

1) 井上学：着氷 4 導体送電線に作用する非定常空気力の定式化と応答振幅予測、東京大学修士論文、2000。