

着氷 4 導体送電線に作用する非定常空気力の一定式化

九州工業大学工学部	正 員	木村吉郎	石川島播磨重工業	正 員	井上 学
東京大学工学系研究科	フェロー	藤野陽三	関西電力総合技術研究所	正 員	雪野昭寛
三井造船	正 員	井上浩男	三井造船	正 員	森島弘吉

1.はじめに 発電所から都市部への電力の供給に用いられる大容量多導体送電線が着氷すると、鉛直・回転が連成した大振幅空力振動（慣例的に「ギャロッピング」と呼ばれる）が発生し短絡事故などを生じさせることがある。短絡を防ぐ目的で相の異なる送電線間の距離を十分に大きくとよう設計されるが、そのためには、ギャロッピング発現時の最大応答振幅を正確に予測する必要がある。着氷送電線の応答予測シミュレーションにおいては、無次元風速が大きいこともあって準定常空気力が用いられているが、回転運動も連成しているためにその適用性は明らかではない。そこで測定された、大振幅振動時に着氷 4 導体送電線の部分模型に作用する非定常空気力の特性については既に報告した[1]が、定式化については検討が十分ではなかったため、ここでは非定常空気力の定式化についてさらに検討した結果を報告する。

2.非定常空気力の特性と定式化の検討 非定常空気力は三井造船昭島研究所の風洞に設置された大振幅非定常空気力測定装置によって測定された。鉛直加振時においても、非定常モーメントが準定常空気力とは異なる値をとるなどの現象がみられたが[2]、定式化については主に回転加振時に作用する非定常空気力について検討した。図 1 に回転加振時の非定常モーメントの時刻歴の例を準定常モーメントと比較して示す($\alpha=0^\circ$, $U=8\text{ m/s}$, 加振振動数: 0.3 Hz)。時刻歴でみると、非定常モーメントは準定常モーメントと大まかには一致しているように見えるが、図 2 に示す係数の形で比較すると、非定常モーメントの位相の遅れが明確に示され、非定常モーメントは大きなループを描いているのがわかる。回転運動が連成する着氷多導体送電線のギャロッピングにおいては空力モーメントが応答に及ぼす影響が大きいので、こうした実際の非定常モーメントの特性を定式化において正確に表現しておくことは重要である[3]。そこで、回転運動時に作用する非定常空気力を、回転変位だけでなく、回転速度の関数としても表現することを試みた。

回転速度は、導体中心間隔 B ($= 0.247\text{ m}$) と風速 U で無次元化した、無次元回転速度で表現することとした。無次元回転速度は、回転運動によって生じる個々の導体に作用する風の相対迎角の 2 倍にほぼ対応する。非定常空気力を動圧と投影面積の積などで無次元化した係数を、回転変位と無次元回転速度の関数で表現することにより、以下に示すように係数を無次元風速などの影響をあまり受けない形で表せることになる。

図 3, 4 に回転加振時の非定常揚力およびモーメント係数の 3 次元プロットを、図 5, 6 にそれらのコンター図を示す。これらの係数を求めるための非定常空気力の測定は、回転振動の中心となる迎角や加振振動数をそれぞれ $\alpha = 0 \sim 10^\circ$, $0.3 \sim 0.4\text{ Hz}$ などと変化させて測定したが、これらのパラメータの違いによっては、係数の値はあまり変化しないことを確認している。これらの係数の値が、非定常空気力の測定風速が異なることによって（無次元風速が異なることに対応）どのように変化するかを、非定常モーメントについて回転変位 θ が 0° と 10° の断面において示したのが図 7 である。無次元回転速度の絶対値が $1 \sim 1.5$ 程度以上になると風速によって非定常空気力の係数の値がかなり異なってしまうことがわかるが、別途行った弾性支持模型実験[3]において観測された模型応答の無次元回転速度の絶対値の範囲（約 1.2 以下）では、係数はほぼ同じ値となっており、本報告で示した定式化により非定常空気力の特性をほぼ表現できることがわかる。

参考文献 [1]井上他, 54 回年講第 1 部(B), 742~743, 1999, [2]木村他, 構造工学論文集, Vol.46A, 1055~1062, 2000, [3]井上他: 非定常空気力を考慮した着氷 4 導体送電線の応答予測と実験結果の比較, 第 55 回年講第 1 部, 2000.

キーワード: 着氷送電線, ギャロッピング, 非定常空気力, 準定常空気力, 応答振幅予測

連絡先: 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1, 建設社会工学科, TEL: 093-884-3466, FAX: 093-884-3100

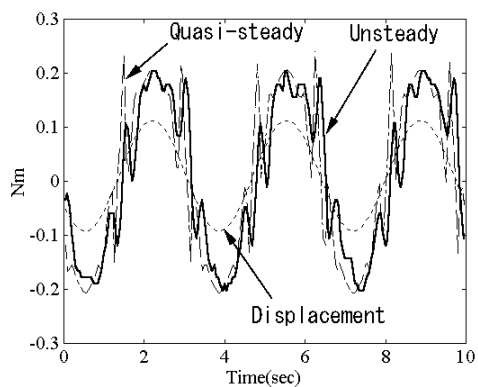


図1 回転加振時非定常モーメントの時刻歴

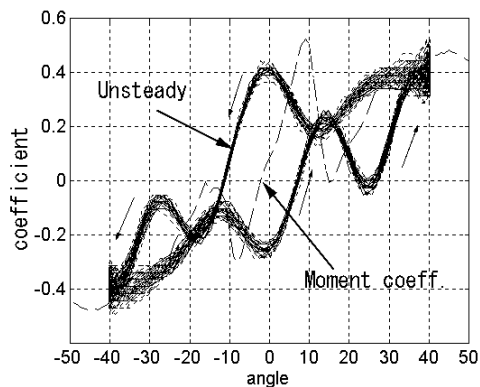


図2 非定常モーメントの係数による比較

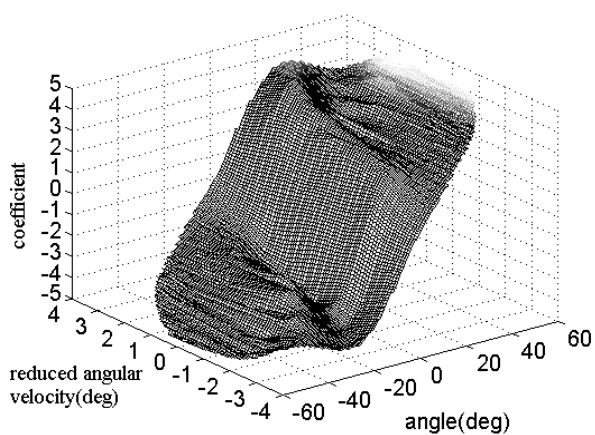


図3 回転加振時非定常揚力の係数

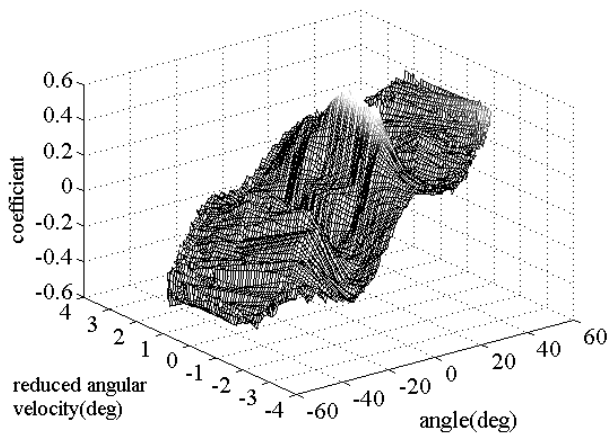


図4 回転加振時非定常モーメントの係数

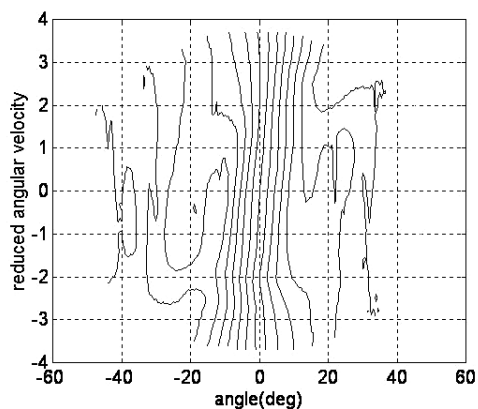


図5 回転加振時非定常揚力のコンター図

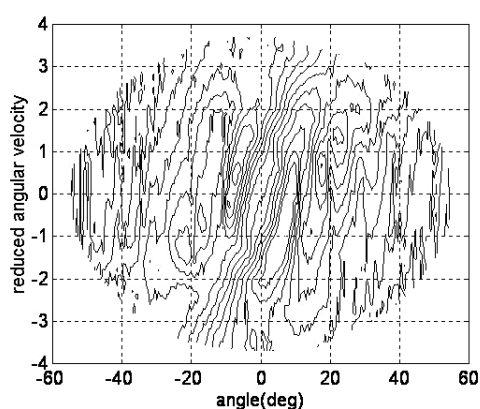


図6 回転加振時非定常モーメントのコンター図

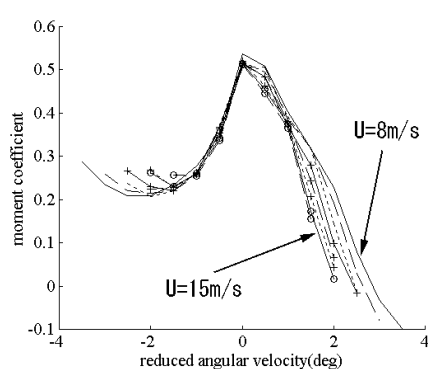
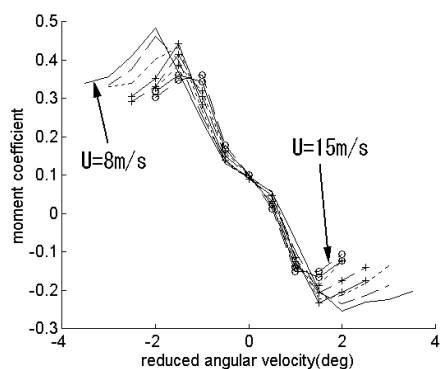


図7 非定常モーメントの風速依存性 (左: $\theta = 0^\circ$, 右: $\theta = 10^\circ$)