

研究当時横浜国立大学大学院 正員 岩本喜洋
 横浜国立大学 正員 宮田利雄
 横浜国立大学 正員 山田 均

1. はじめに 最近アクティブ（能動）型の制御装置の開発が盛んに行われている。そこで本研究においては、運動と共に振動一外力系の特性が変化する性質をもつ、構造物に生じる空力振動現象に対し、簡単なアクティブ制御を適用し、振動制御の状況を調べたものである。空力弾性振動としては、平板翼理論による非定常空気力を適用した曲げ振動と捩れ振動が連成する曲げ捩れ2自由度フラッターを対象としている。

2. 非定常空気力

$$L = -\pi \rho b^2 \left\{ \ddot{z} + U \dot{\phi} \right\} - 2\pi \rho U b c(k) \left\{ \dot{z} + U \phi + \frac{b}{2} \dot{\phi} \right\}$$

$$M = \pi \rho b^3 \left\{ -\frac{U}{2} \dot{\phi} - \frac{b}{8} \ddot{\phi} \right\} + 2\pi \rho U b^2 \frac{1}{2} c(k) \left\{ \dot{z} + U \phi + \frac{b}{2} \dot{\phi} \right\}$$

3. 制御理論 制御系の力学モデルの状態方程式が $\dot{x} = Ax + Bu$ のような系に対して状態変数ベクトル x を全てフィードバックするような制御則（制御入力） $u = -Gx$ （ G ：ゲインマトリクス）を用いて制御系を構築する。ゲインマトリクスは最適レギュレータ理論を用いて求めるものとする。最適レギュレータ理論とは次式のような評価関数を最小にするような最適な制御入力を求めることである。

$$J = \int_0^{\infty} \{ x^T R_1 x + u^T R_2 u \} dt$$

ここで R_1, R_2 はそれぞれ状態変数、制御入力に関与する重み係数行列である。この場合のゲインマトリクスは以下の Ricatti 方程式を解くことにより求められる。

$$PA + A^T P - PBR_2^{-1}B^TP + R_1 = 0$$

$$G = R_2^{-1}B^TP$$

空気力が作用している場合においては、空気力が風速（換算振動数）ごとに変化してしまう為、基本となる状態方程式も変化してしまうので、風速ごとに制御系（コントローラー）の設定（Ricatti方程式を解いてフィードバックゲインを求める）を行った。

4. 制御系モデル 2次元平板翼振動に対しての制御装置としては並進方向、回転方向それぞれに対応するHMD（並進方向、回転方向別々の）を搭載する。3次元振動モデルについては、並進と回転方向のみ変位を伝えるような部材により、2次元平板翼を回転方向中心で連結させた（2次元平板翼を5つ）モデルを使用し、制御装置については真ん中の平板翼のみに2次元と同様の装置（2種類のHMD）を搭載する。

5. 制御効果 横軸に『風速』、縦軸に『振動数の虚数部（減衰）』となるような図を用いて考察していく。2次元モデル（図1～図3）において、このモデル（制御装置無し）のフラッター限界風速は約50 m/secである。またパッシブ型の場合はフラッター限界風速は変わらないが、フラッター限界風速以下の風速域においては制御効果が現れている。アクティブ型の場合はフラッター限界風速はかなり高風速となり、全体で見ても発散しているモードはない。3次元モデル（図4～図6）において、フラッター限界風速はおおよそ52 m/secである。パッシブ型の場合はほとんど制御効果が現れていない。アクティブ型の場合フラッター限界風速はかなり高風速となるが、フラッター限界風速以下の風速域においては制御以前より減衰効果がおちている。

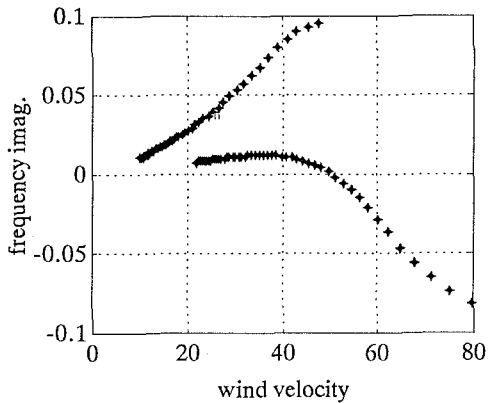


図1 2次元モデル（制御装置無し）

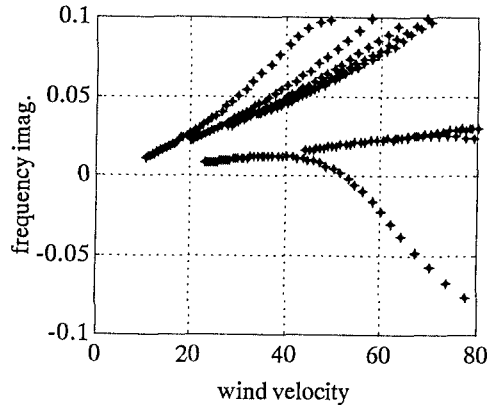


図4 2次元モデル（制御装置無し）

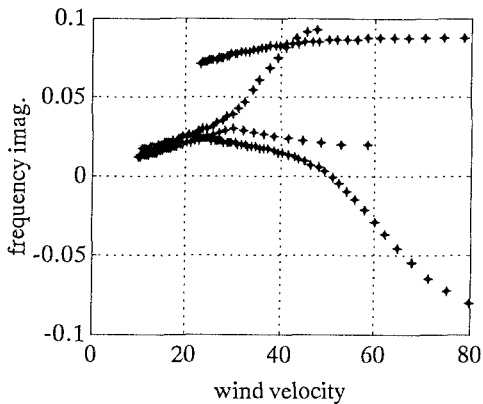


図2 2次元モデル（パッシブ型）

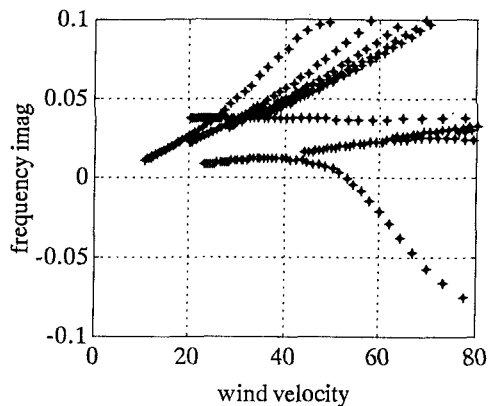


図5 3次元モデル（パッシブ型）

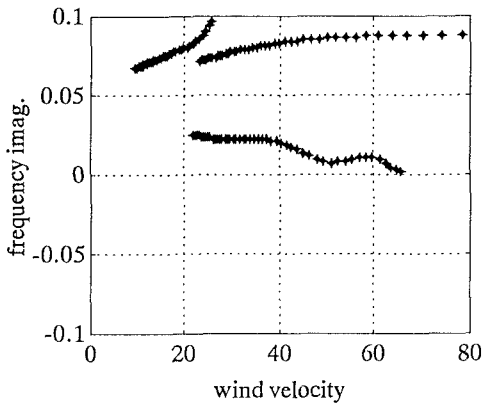


図3 2次元モデル（アクティブ型）

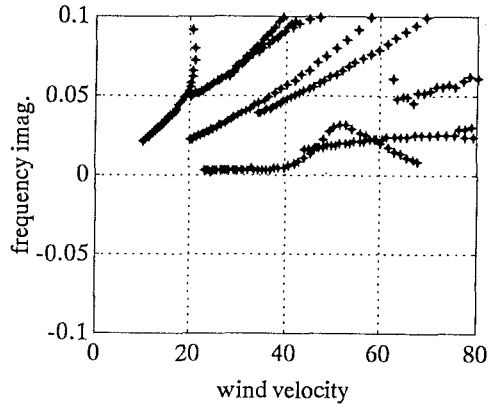


図6 2次元モデル（アクティブ型）

6. 結論 2自由度フラッターにおいては、各風速ごとに振動一外力系の状態がそれぞれの特性について状態方程式として確定できれば特に問題なく制御可能である。

参考文献 1) 加藤寛一郎：最適制御入門 レギュレータとカルマン・フィルタ：東京大学出版会（1991）

2) 土木学会：振動制御コロキウムPART. A 構造物の振動制御（1991. 7）