

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 11097 号
------	-----	-----------

氏 名 中山 周一

論 文 題 目

ヘリコプタ前進飛行時のロータ・ワール安定性

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	佐宗 章弘
委員	名古屋大学	准教授	坂本 登
委員	名古屋大学	准教授	池田 忠繁
委員	名古屋大学	教授	井上 剛志
委員	大阪大学	教授	山田 克彦

論文審査の結果の要旨

中山周一君提出の論文「ヘリコプタ前進飛行時のロータ・ワール安定性」は、ヘリコプタが前進飛行を行う際に観測されたロータのふれまわり（ワール）運動について、その発生原因とワール運動の不安定化を防止するための対策について明らかにしたものである。本論文は全5章で構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本論文の動機付けとなる研究背景と目的を詳述している。ヘリコプタ・ロータの動力学問題として、空気力学と弾性力学が連成した不安定現象であるフラッタが知られているが、ロータ回転軸の弾性変形に対するワール・フラッタについては実機での報告事例があるものの発生原因は未解明であることが説明されている。

第2章では、ワール運動を検討するための動力学モデルについて詳述している。4枚ブレードのヘリコプタ・ロータについて、ロータ回転軸の弾性変形を含む運動方程式を導出し、この運動方程式をもとに、ロータに働く空気力を考慮しない場合の振動モードを解析し、ロータのワール運動に寄与するのはそのうち4つの振動モードであることを示している。

第3章では、上記の運動方程式に基づいて、ブレードに働く空気力の影響を数値計算から検討している。はじめにブレードに働く空気力のモデルについて詳述し、その空気力モデルを用いた場合のワール運動の安定性を、ブレードの1回転にともなう周期解をもとに、その周期解の回りの線形摂動方程式の安定性から調べている。ヘリコプタの前進飛行速度をパラメータとして、数値計算から得られた安定性と実機試験の安定性とを比較した結果、ワール運動が不安定となる条件において両者がよく一致することを述べている。

第4章では、ロータの運動方程式においてブレードに働く空気力の影響でワール運動が不安定化する原因を、定数変化法を用いて解析的に検討している。運動方程式において空気力の影響を摂動的に扱ってワール運動の安定性を検討した結果、ロータの定常回転周波数においてロータのワール運動に影響するのは、第2章で述べた4つの振動モードのうち、2つの振動モードのみであること、これらを詳細に調べた結果、ワール運動の不安定化に働くのはそのうちの1つのみであること、この不安定化は空気力が周期的に変化することによる不安定化であり、パラメータ共振に分類されるものであることを明らかにしている。さらに、この結果は実機でロータ回転周波数を下げた場合にワール運動が安定化する結果と整合することや、ロータ回転軸の支持剛性を高めることでワール運動を安定化できることが示されている。

第5章では、本研究の総括を述べている。運動方程式に基づく数値計算の結果が実機での振動発生条件にほぼ一致しており、数値計算モデルに対し定数変化法を適用した解析結果も飛行試験結果と整合していることから、実機におけるワール運動の不安定化の原因は、ブレードに働く空気力を介したロータ回転軸の振動とブレードの振動との間のパラメータ共振であるとの結論を得ている。また、このことからロータ回転軸の支持剛性を高めることがワール運動の不安定化を回避するのに有効であることを述べている。

以上のように、本論文は、ヘリコプタが前進飛行を行う際に実機で観測されたロータのワール運動の不安定化について、その発生原因とそれを防止するための対策について明らかにすることにより、ヘリコプタの安定飛行に大きく貢献するものであり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者中山周一君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。