

航空用エンジンにおける後方ディストーションと ファン動翼の干渉による離散周波数音の発生機構

楠田, 真也

<https://hdl.handle.net/2324/7329388>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 楠田 真也

論文名 : 航空用エンジンにおける後方ディストーションとファン動翼の
干渉による離散周波数音の発生機構

区 分 : 甲

論文内容の要旨

航空用エンジンのファン後方には、航空機の機体とエンジンを繋ぐパイロンが設置されている。パイロンによって、ファンダクト内の流れに非一様な静圧分布（ディストーション）が生じることが避けられない。このファン後方のディストーションがファン動翼と干渉することで、ファン回転数に起因する離散周波数音である **Pylon-Rotor-Interaction (PRI)** 騒音を発生させ、騒音増加の一因になることが問題になっている。さらに、PRI 騒音は、遷音速域で増大することが知られているものの、先行研究は特定条件下の実験と数値解析に限られる。すなわち、過去に、PRI 騒音発生の詳細な機構を、空力音響学的に明らかにした研究事例は見られない。こうした背景を受けて、本論文では、航空用エンジンのファン下流に設置されるパイロンによって生じるディストーションとファン動翼が干渉することによって発生する PRI 騒音の機構を、亜音速から遷音速域にわたって、実験的、数值的、理論的に明らかにしている。

本論文の構成は以下となっている。

第 1 章の序論では、まず、航空機騒音低減に対する世界的な要求の中で、航空用エンジンのファン騒音の発生機構解明と低減の重要性を説明する。次に、動翼と静翼の干渉音や広帯域騒音など様々なファン騒音の種類を紹介する。なかでも特に高速の遷音速域で PRI 騒音に関する先行研究が少なく、騒音の発生機構が明らかでないことを示す。こうした研究の動向を受けて、PRI 騒音の発生機構解明を目指す本研究の目的と位置づけを明確にしている。

第 2 章のファン騒音実験では、数種類のパイロンを模擬した円柱形状を含む、ファン騒音実験の供試体と実験条件、そして、騒音ならびにダクト壁圧の計測方法を述べる。ファン回転数を亜音速域から遷音速域まで幅広く変化させた実験の結果として、ファン後方に円柱を設置することで、ファン騒音が有意に増加することを示し、後方ディストーションがファン騒音に与える影響を定量的に明らかにしている。特に遷音速領域では、後方ディストーションの影響が顕著に大きいことを実証している。

第 3 章の数値計算では、3次元非定常数値流体解析 (CFD) の手法と計算モデルを説明し、亜音速から遷音速域にわたって、本 CFD が後方ディストーションを含む騒音実験を再現できることを検証する。その上で、ファン下流ディストーションによって生じる動翼の非定常空力負荷（双極子音源）を CFD の結果から抽出している。その結果、亜音速域では動翼の前縁で非定常空力負荷が大きいものに対して、遷音速域では衝撃波発生位置で非定常空力負荷が極端に大きくなることを明らかにした。現象を詳細に分析した結果、遷音速域では、ファン下流ディストーションに伴ってファン動翼の背圧が周方向に変化するため、動翼面の衝撃波位置と強さが周期的に変動し、非定常負荷が顕著に増大することを説明している。以上から、PRI 騒音の発生機構が亜音速と遷音速で異なる

こと，そして，遷音速域で PRI 騒音が増大する機構を解明している。

第 4 章の理論解析では，ダクト音響モード理論を適用することで，PRI 騒音の音響モードと音響パワーを定量的に算出している。その結果，遷音速域ではダクト内流速が速いため，ダクト内を伝播する音響モードが亜音速よりも多くなることで，衝撃波の影響で増大した音響モードが伝播する結果，遷音速域で PRI 騒音が大きくなることを理論的にも裏付けている。

第 5 章の結論では，実験，数値計算，理論解析で得られた多面的な考察と結果を整理し，航空用エンジンにおける後方ディストーションとファン動翼の干渉により生じるファン回転数に起因した離散周波数音である PRI 騒音の発生機構が明らかになったことを述べる。