氏　　名	黒木　太一
学位の種類	博士（情報工学）
学位記番号	情工博甲第３０３号
学位授与の日付	平成２７年3月２５日
学位授与の条件	学位規則第４条第１項該当
学位論文題目	運動物体が生み出す非定常揚力とそれにより巻き上がる渦輪に関する研究
論文審査委員	主　査　准教授　渕脇　正樹
	教　授　田中　和博
	〃　髙橋　公也
	〃　安永　卓生

学位論文内容の要旨

自然界および工学分野の様々な場面で，運動物体から巻き上げられる渦または渦輪（三次元的な渦構造）が観察されている．また，そのような渦または渦輪は，運動物体から非定常揚力が生み出された結果として巻き上げられることも知られている．このことから，国内外の多くの研究者らにより，運動物体から巻き上げられる渦または渦輪と非定常揚力との関連性が注目されてきた．それより，二次元形状の運動物体から巻き上げられる渦と非定常揚力に関する知見は，これまでに多く述べられてきた．しかしながら，三次元形状の運動物体から巻き上げられる渦輪（三次元的な渦構造）と非定常揚力に関する知見は，十分に得られていないのが現状である．そのため，運動物体の運動に伴って，時々刻々とその構造を変化させる渦輪と非定常揚力の間には関連性が十分に見出されていない．本研究では，三次元運動体から巻き上がる渦輪の成長・発達のメカニズムとその運動体に働く非定常揚力の連関機構に注目し，数値解析と定量的流れ場計測により明らかにした．

本研究では，単純な構造の渦輪の動的挙動と非定常揚力を評価するために，数値解析を用いてヒービング運動する円板を対象とする．具体的な方法として，円板から巻き上がる渦輪の動的挙動と生み出される非定常揚力を捉え，円板から巻き上がる渦輪の運動量変化から非定常揚力を概算することが可能であるかどうかを評価する．その後に，円板を用いて得られた知見に一般性があることを導くために，蝶を対象に，蝶の翅から巻き上がる渦輪の動的挙動と非定常揚力に注目する．その具体的な方法として，蝶の翅から巻き上がる渦輪の動的挙動を定量的可視化計測（Particle Image Velocimetry, PIV）により捉え，さらには，蝶の羽ばたき運動により生み出される非定常揚力を小型六軸力覚センサにより実験的に捉えた．円板の数値解析と同様に，可視化結果から得られた蝶の翅から巻き上がる渦輪の運動量変化から非定常揚力を概算し，実験的に捉えた非定常揚力の直接計測結果と比較することで，蝶の翅から巻き上がる渦輪においても，その運動量変化から蝶が生み出す非定常揚力を概算することが可能であるかを評価する．

これらの結果，円板からの渦輪の巻き上がり，発達，放出の一連の挙動は流れ場の運動量変化に伴

って円板壁面近傍に生成された渦度に起因した挙動であることを示し．また，円板から生み出される非定常揚力は，円板から巻き上げられた円板上および円板後流の渦輪の運動量変化から概算することが可能であることがわかった．円板から生み出される非定常揚力を概算する際に，円板後流の渦輪の運動量変化を考慮しなければならないのは，円板後流の渦輪が円板上の渦輪と干渉することで，後流の渦輪の太さおよび形状が変化し，渦輪の運動量が変化するためである．このように，後流の渦輪が円板上の渦輪と干渉し，後流の渦輪が渦輪の運動量を変化させているか否かは，後流の渦輪の運動速度を評価することで判別可能である．具体的には，後流の渦輪が減速運動している間は，後流の渦輪が円板上の渦輪と干渉し，運動量を変化させる．後流の渦輪が等速度運動している間は，後流の渦輪と円板上の渦輪は干渉していないため，後流の渦輪の運動量を評価する必要はない．すなわち，円板上および円板後流で運動量を変化させる渦輪を用いて非定常揚力を概算することが可能であることから，渦輪の動的挙動と非定常揚力は運動量によって繋がれていると言える．蝶の場合においても，蝶の翅上に形成される渦輪の運動量変化に加え，蝶の後流に吐き出された渦輪の運動量変化を考慮することで，蝶が生み出す非定常揚力を概算することが可能であることを証明した．すなわち，蝶の翅から巻き上がる渦輪の動的挙動と非定常揚力においても，それぞれは運動量によって繋がれていると言える．以上のように，三次元運動体から巻き上がる渦輪の成長・発達のメカニズムとその運動体が生み出す非定常揚力との連関機構を明らかにし，自然界における蝶の翅まわりの流れ場からも，その一般性を証明した．また，渦流れの基礎メカニズムを明らかにするだけでなく，非定常流体力の直接計測が困難な飛翔体に対して，流れ場計測から得られる速度および渦度情報から，非定常揚力を概算できる手法も確立できたことから，今後の工学分野に大きく寄与できると言える．

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文に関して，調査委員から渦輪（渦）およびその投影面積の定義方法，渦輪の移動速度と非定常揚力の結果に対する妥当性，後流の渦輪の数と非定常揚力の概算手法および非定常揚力の時間変化に対する考察などについて質問がなされたが，いずれも著者から明確な回答が得られた．

以上により，論文調査及び最終試験の結果に基づき，審査委員会において慎重に審査した結果，本論文が，博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した．