

整理番号	7
------	---

研究テーマ概要書

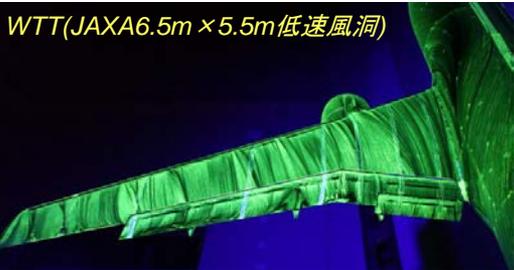
事業名	航空科学技術研究			
研究開発計画/分野	基盤応用技術			
研究テーマ名	離着陸時の低速性能評価の高度化に向けた乱流遷移モデルの課題及び高度化指針の抽出	研究期間	2	
		上限資金 (千円)	総額	1,300
			FY27	500
(1)位置づけ				
<p>航空宇宙機開発の高速化・高度化を実現するためには、設計プロセスを解析に置き換え、CAE技術を活用した最適設計を全フライトエンベロープに適用する必要がある。実際、MRJ開発においても、構造・流体連成解析による主翼最適設計やエンジンナセルと主翼間の最適化などが実施され、多分野統合最適設計技術が開発されている。しかし、CAE技術の土台となるモデルの不確かさや性能不足により、全フライトエンベロープを解析にシフトするのは現状、困難である。特に、バフェット現象下の性能評価や離着陸時の低速性能評価は、モデルの予測性能が不足し、モデル高度化が全フライトエンベロープへの最適設計適用の実現のためには必要不可欠となっている。本公募研究では、具体的課題として、離着陸時の低速性能評価で問題となる高揚力装置上の乱流遷移過程の高精度予測を実現するため、乱流遷移モデルの高度化を取り上げる。</p>				
(2)目的				
<p>本公募研究では、国内外で提案されている乱流遷移モデルの調査、モデルに内在する不確かさ情報の把握、及び、感度解析を行う。感度解析は、既存の遷移データベース（例えば、ERCOFTAC(European Research Community on Flow Turbulence and Combustion)が提供している乱流遷移データベースやJAXA保有の遷移計測データ）を活用し実施する。そして、感度解析結果を活用し、高揚力装置開発に乱流遷移モデルを適用するための課題調査を実施する。これにより得られた成果は、JAXAで検討しているデータ同化によるモデル高度化技術に活用する。</p>				
(3)動向・解決すべき課題・問題点の所在				
<p>JAXAは、データ同化技術(データ駆動型シミュレーション技術)を活用した乱流モデルの高度化を検討しているが、乱流遷移モデルへの応用は未達成である。また、JAXA内の空力設計を対象にしたCFDでは、これまで、遷移はほとんど重要視されておらず、遷移モデルの利用・検証も十分には行われていない。一方で、高揚力装置設計、自然層流翼設計など次世代高効率航空機の開発を目指す中で乱流遷移予測技術の開発・高度化は今後、必須になると考えられる。乱流遷移モデルの予測モデルとしては、e^N法がよく知られている。e^N法の計算コストは、CFDと比較すると圧倒的に低く、開発プロセスの中に組み込める可能性が高い。しかし、e^N法は、翼単体や単純形状の利用に限られ、翼型依存のN値、複雑形状・3次元流れ場での低信頼性など遷移予測にとっては課題が多い。CFDによる遷移予測では、計算機性能の発達からLESの利用により、遷移に特化した特別なモデルを使用せずに遷移予測を実現できる可能性がある。しかし、LESで用いる乱流モデル(SGSモデル等)の信頼性評価や、そもそも、計算コストの点で課題が多く、航空宇宙機の開発プロセスで利用できるまでには、あと数10年の時間を要すると考えられる。航空宇宙機開発プロセスの中で利用可能であり、かつ、複雑形状にも対応できる遷移予測技術としては、RANSベースの乱流遷移モデルが最有力候補である。乱流遷移モデルとして、Menterらが開発したγ-$Re\theta$遷移モデル(FaSTARにも実装済み)、Intermittency遷移モデルがあるが、遷移判定に圧力勾配のない実験から得られた相関式を利用している部分があり、圧力勾配があるような流れ場での利用には検証を必要とする。実際、Menterが所属するANCYSのCFDソルバーであるFluentでは、予測性能を高めるために遷移モデル内の一部パラメータ値を調整できる仕様になっている。また、Walterらが開発した3方程式モデルの乱流遷移モデルも存在している。これは、Menterらのモデルと異なり、乱流の輸送方程式を解き遷移判定を行うが、工学応用の実績はあまり多くなく、今後検証を必要とする。</p>				
(4)期待する成果				
<ul style="list-style-type: none"> ・国内外で提案されている乱流遷移モデルに関する調査、及び、それらモデルの特徴のまとめ ・乱流遷移モデルに内在する不確かさ(パラメータ値等)の感度解析結果(解析対象としては、平板境界層、2次元3要素翼等を想定)の提供(複数の遷移モデルを対象に実施するのが望ましい) ・高揚力装置開発に乱流遷移モデルを適用するための課題調査結果(上記の感度解析結果を活用することが望ましい) 				
(5)JAXAが提供できる事項				
<p>JSS2利用枠、JAXA保有風洞での実験枠(FY28年度予定)、FaSTAR、遷移計測データ(IRカメラによる温度計測データやプレストン管による遷移位置計測データ等)</p>				

概要説明書

研究開発プログラム名	航空科学技術研究
研究開発計画/分野	基板応用技術
研究テーマ名	離着陸時の低速性能評価の高度化に向けた乱流遷移モデルの課題及び高度化指針の抽出

[今後の研究開発の方向性]

今後、次世代高効率航空機開発を考える上で、高揚力装置設計・自然層流翼設計の高度化は必須の課題であり、それらを実現するためには、乱流遷移予測技術の開発・高度化が求められる。その一環として、JAXAでは、データ同化技術(データ駆動型シミュレーション技術)を活用した乱流遷移モデル高度化を検討しているが、乱流遷移モデルに内在する不確かさを十分に把握しておらず、実現には至っていない。また、JAXA内の空力設計を対象にしたCFDでは、これまで、遷移はほとんど重要視されておらず、遷移モデルに関する知見を十分には有していない。本公募研究の実施により、本研究ビジョンを共有する国内の研究者を把握し、一体になって効率的に活動を行いたい。



高揚力装置上の流れ場計測例

