



지스트(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도시기

배포 즉시 보도 부탁드립니다.

배포일

2020.12.22.(화)

보도자료

홍보팀 김효정 팀장

062-715-2061

담당

홍보팀 이나영 선임행정원

062-715-2062

자료 문의

기계공학부 지술근 교수

062-715-2773

지스트, 초음속 난류 유동의 시작 예측해 고속 비행체 공력 특성 분석에 기여

- 초음속 유동이 층류에서 난류로 변하는 현상 예측... 고속 비행체 개발 기대

□ 지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 기계공학부 지술근 교수 연구팀은 부산대학교 항공우주공학과 박동훈 교수와 함께 물체 주위 초음속 유동* 상황에서 난류 유동의 시작인 천이** 현상을 시뮬레이션(수치해석)을 통해 정확하게 예측하는 기법을 개발하였다.

* 초음속 유동: 유동의 속도가 음속보다 빠른 유동

** 유동 천이 (flow transition): 유동이 층류***에서 난류****로 변하는 현상

*** 층류 (laminar flow): 유체가 매끄럽게 흐르는 현상이며 속도의 변화도 완만함.

**** 난류 (turbulent flow): 유동의 속도, 압력 등이 급변하며, 매우 다양한 크기의 소용돌이가 존재함.

- 이번 연구 성과는 고속 비행체의 항력과 가열을 야기하는 난류 유동의 시작점을 예측했다는 데 있다. 항력과 가열 현상은 난류 시작점에서 크게 증가하는데 이는 비행체의 성능 저하로 이어질 수 있다.
- 수치해석 기법 중에 가장 정확하다고 알려져 있는 직접모사기법*의 경우 계산량이 매우 크다는 한계점을 가지고 있다. 본 연구에서는 유동의 안정성 이론**에 대와류모사***를 접목시키는 참신한 방법을 제

안하여 공학적 난제인 유동의 천이현상에 대한 수치해석에서 고정밀과 고효율 두 가지 목표를 달성하였다.

* **직접모사기법**: 난류 유동은 다양한 크기의 소용돌이(eddy, 와류)가 존재하는데, 작은 크기의 소용돌이까지 모델 없이 직접 수치 해석하는 기법을 직접모사기법이라고 하며 계산량이 크다는 한계점을 가지고 있다.

** **안정성 이론 (stability theory)**: 층류의 안정성이 줄어들면서 불안정한 요소들이 증폭되어 유동이 난류로 천이되는 현상을 야기하게 된다. 층류의 안정성에 대한 이론적인 접근을 안정성 이론이라 한다.

*** **대와류모사 (large-eddy simulation)**: 난류 유동의 다양한 크기의 소용돌이 중에서 운동에너지가 큰 소용돌이를 모델 없이 직접 수치 해석하는 기법을 대와류모사라고 한다.

- 고정밀은 수치해석 기법 중에 제일 정확하다고 알려져 있는 직접모사 기법 만큼의 정확도를 보장한다는 의미이며, 고효율은 직접모사기법에 대비 계산량이 100배 이상 감소함을 의미한다.

□ 전투기나 우주왕복선과 같은 고속 비행체 개발은 국방과 우주탐사 시대의 핵심기술이다. 난류 유동 방정식의 수학적 해를 구하는 것은 수학 분야에서 풀리지 않는 난제 중에 하나로 꼽히며, 슈퍼컴퓨터를 이용하는 시뮬레이션을 통해 복잡한 난류 유동 방정식의 해를 구할 수 있다.

- 연구팀은 아음속 유동(유동의 속도가 음속보다 느린 유동) 상황에서 검증된 고정밀, 고효율 계산 기법을 초음속 유동으로 확장하였다. 초음속 유동에서는 충격파와 같은 아음속 유동에서 나타나지 않는 물리적 현상들이 발생하므로 더 복잡한 유동 상황을 다루게 된다. 연구팀은 해당 기법을 이용하여 초음속 유동 상황에서 층류에서 난류로 천이되는 과정을 효과적으로 모사하였다.

□ 지술근 교수는 “이번 연구는 초음속/극초음속 고속 비행체 개발에 필요한 경계층 천이 예측에 활용될 수 있는 기초연구이다” 면서, “본 연구에서 개발된 유동 모사 기법으로 난류가 시작되는 천이 현상을 명확히 규명하여 초음속 비행체 설계에 기여할 것으로 기대한다”고 말했다.

- 이번 연구는 지스트 지술근 교수의 지도 하에 임지섭 박사과정생이 제1저자로 참여하였으며, 공기역학 전문가인 부산대학교 항공우주공학과 박동훈 교수가 유동의 안정성 이론에 기반한 해석을 수행하고, 지스트에서 안정성 이론과 결합된 대와류모사를 진행하였다.
- 본 연구는 과학기술정보통신부 우주핵심기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 한국과학기술정보연구원(KISTI) 국가초고성능컴퓨팅센터의 초고성능컴퓨팅 자원인 누리온을 활용하였다. 연구 성과는 기계·항공 분야의 대표 국제학술지인 Aerospace Science and Technology에 11월 24일 온라인 게재되었다. <끝>

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 논문명 : Cost-effective and high-fidelity method for turbulent transition in compressible boundary layer
- 저널명 : Aerospace Science and Technology
 - * Elsevier가 발간하는 기계·항공 분야 국제학술지
(2020년 Impact Factor: 4.499, JCR 기계·항공 분야 순위: 4.8 %)
- 출판년도 및 호 : 2021년 1월호 (Vol. 108)
- 저자 정보 : 임지섭 (제1저자, 지스트 기계공학부 박사과정), 김민우 (제2저자, 지스트 기계공학부 박사과정), 김승태 (제3저자, 지스트 기계공학부 석사졸업), 박동훈 (제5저자, 부산대 항공우주공학과 교수), 지술근 (교신저자, 지스트 기계공학부 교수)

그림 설명

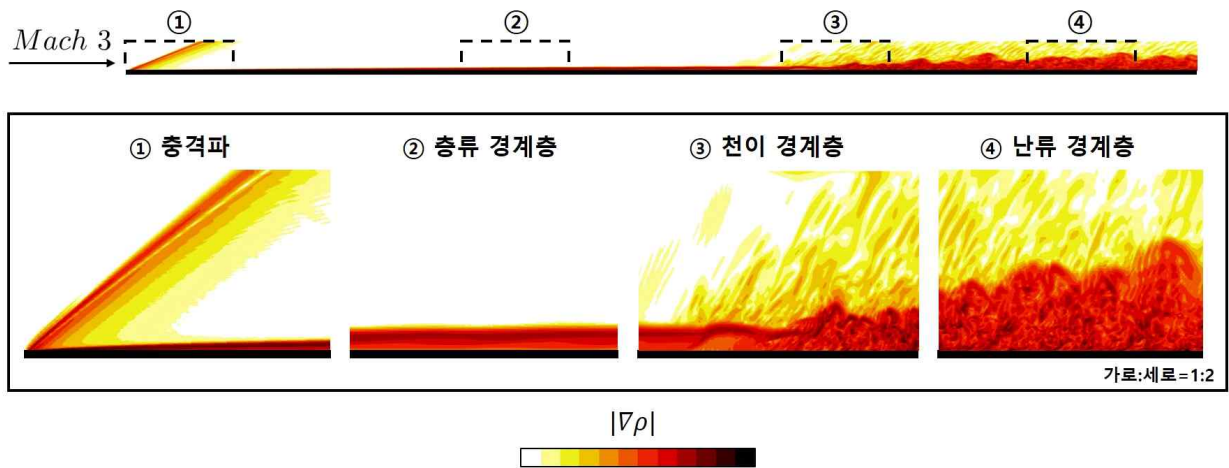


그림 1. 유동의 층류-난류 천이 과정(위)과 위치에 따른 유동 가시화(아래). 마하수* 3의 평판 위 초음속 경계층 유동**에 대한 수치해석 결과(밀도 변화 크기)를 이용하여 가시화함.

*마하수 (Mach number): 음속 대비 유동 속도. 마하수 3의 경우 유동의 속도는 음속의 3배이다.

**경계층 유동(boundary layer flow) : 물체 주변을 흐르는 유동은 물체 표면 근처에 경계층 유동이라 불리는 영역이 존재한다. 경계층 유동 내에는 점성(viscosity) 효과로 인해 속도 변화가 생기게 되며, 속도 변화와 점성효과가 물체에 가해지는 유체의 저항을 야기한다.

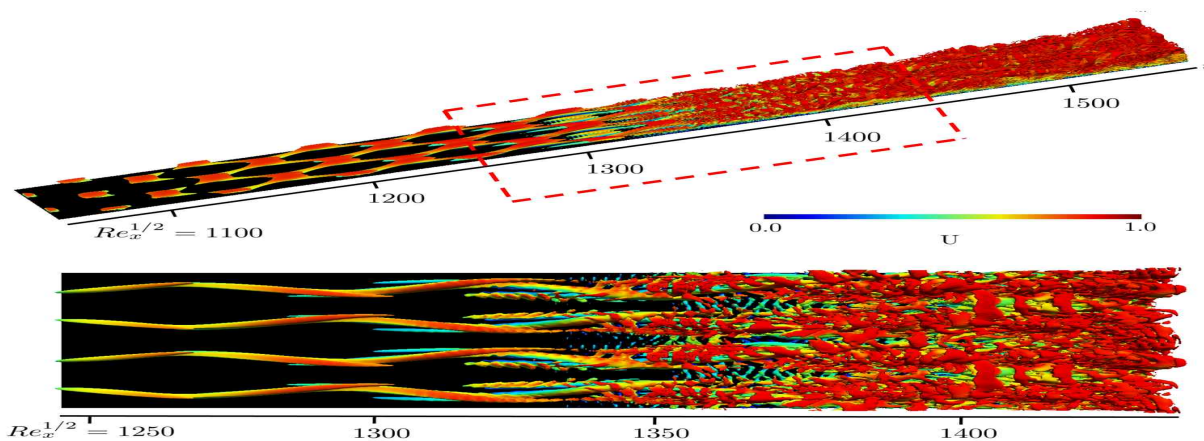


그림 2. 마하수 3 평판 위 경계층 유동의 난류 천이 과정에서 생기는 전반적인 와류 구조(위)와 난류 천이 지점 근처의 와류 구조(아래).