

지스트 김민우 박사과정생, 한국전산유체공학회 우수발표논문상 수상

- 혁신적인 다중-정확도 기법을 이용한 난류 천이 현상 해석



▲ (왼쪽부터) 김민우 박사과정생, 임지섭 박사과정생, 지술근 교수

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 기계공학부 김민우 박사과정생(지도교수 지술근)은 한국전산유체공학회 학술대회에서 우수발표논문상을 수상하였다.

김민우 박사과정생은 논문 '다중-정확도 기법을 이용한 천이 경계층 계산'에서 적은 비용으로 높은 정확도의 해석을 할 수 있는 혁신적인 다중-정확도 기법을 제시하였으며, 이를 공학의 난제인 난류 천이가 일어나는 경계층 유동에 성공적으로 적용하였다.

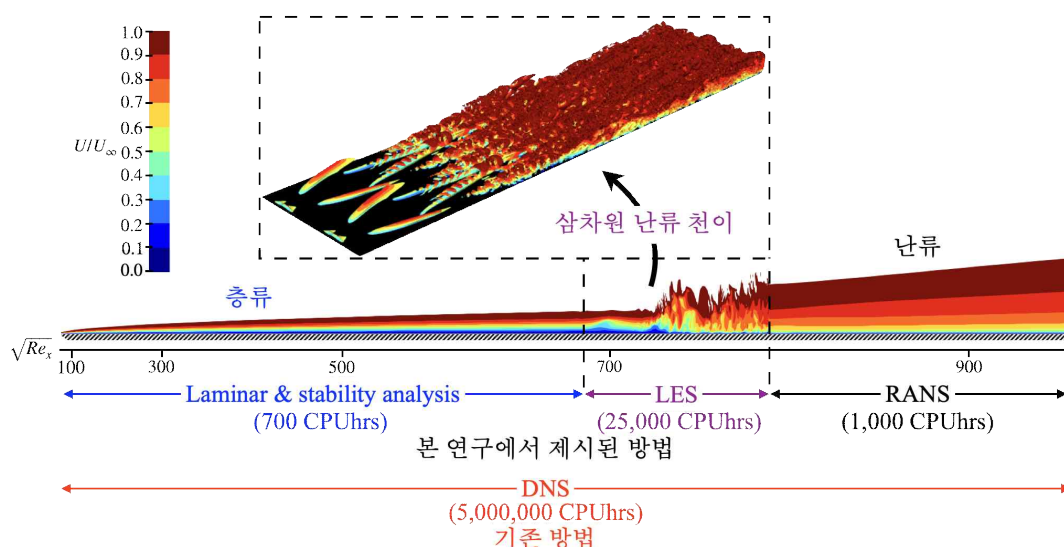
난류(turbulence) 유동은 기계/항공/해양 분야에 흔하게 나타나는 유동이다. 난류는 공학적으로 예측이 거의 불가능한 난제 중에 하나이며, 난류 천이(transition)는 난류가 시작하는 현상으로 이를 예측 및 해석하는 것은 더욱 어렵다.

자동차, 비행기, 배 등의 운송체 표면의 유동을 경계층 유동이라 하며, 경계층 유동에서는 일반적으로 난류 천이가 일어난다. 난류 천이로 인해 운송체의 유동 저항이 급격하게 증가하게 되므로 난류 천이 현상이 포함된 경계층 유동에 대한 정확한 해석은 운송체 설계에 매우 중요한 요소이다.

난류 천이가 일어나는 유동에 대한 기존 연구는 주로 빠른 계산 결과가 나오는 저비용 기법에 관한 것이었으나 낮은 정확도로 인해 다양한 유동 현상에 적용하기 어려웠다.

최근 들어 높은 정확도의 수치해석 연구가 진행되고 있지만 느린 계산 속도로 인해 고성능 슈퍼컴퓨터를 사용하지 않으면 난류 천이가 일어나는 경계층 유동에 대한 수치해석이 현실적으로 불가능하다.

김민우 학생은 다중-정확도 기법을 개발하여 빠른 계산 속도로 난류 천이 현상에 대해 성공적으로 모사할 수 있었으며, 유동에는 층류-천이-난류 과정이 있는 것에 착안하여 각 상황에서 효과적인 기법을 서로 결합하는 방안을 개발하였다.



▲ [그림] 평판 위에서 흐르는 경계층 유동의 가시화. 본래의 층류 유동이 천이에 의해 난류 유동으로 변함. CPUhrs는 (사용된 CPU core 수 × 계산에 걸린 시간)을 통해 계산. 본 연구에서 제시된 방법은 기존방법에 비해 해당 유동을 계산하는데 1000배 이상 적은 CPUhrs가 필요하므로 매우 적은 컴퓨터 자원으로 난류 천이를 예측할 수 있음. 본 연구에서는 층류 유동과 난류 유동은 각각 안정성 이론 및 레이놀즈-평균유동장 해석 기법으로 빠르게 계산하고, 비선형 난류 천이 현상을 대와류모사 기법을 활용해 정확하게 예측.

층류 유동에서는 일반적인 유동 안정성 해석(stability analysis) 기법을, 천이 과정에서는 비선형 천이 현상을 모사하기 위한 대와류모사(large-eddy simulation) 기법을, 천이가 완료된 난류 유동에서는 레이놀즈-평균유동장 해석(Reynolds-averaged Navier-Stokes simulation) 기법을 적용하였고, 각각의 인터페이스에서 기법 간의 변수가 효과적으로 교환되도록 하였다.

기계공학부 지술근 교수는 “김민우 박사과정생이 개발한 다중-정확도 기법은 고속 비행체 유동의 난류 천이 현상을 매우 정확하게 예측할 수 있으며 계산 비용도 슈퍼컴퓨터 없이 개인 컴퓨터로도 가능한 상황으로 크게 발전시켰다”고 연구의 중요성을 강조하였다.

또한, “김민우 학생이 다양한 유동 해석 기법의 장단점을 명확히 알고 있어서 이러한 기법들의 장점만을 취하는 참신한 접근 방법을 개발할 수 있었다”며 난류 천이 유동에 대한 전문성을 크게 칭찬하였다.

김민우 박사과정생이 발표한 논문 '다중-정확도 기법을 이용한 천이 경계층 계산'은 부산대학교 항공우주공학과 박동훈 교수와의 공동연구 성과로, 국내 전산유체역학 분야에 공헌하여 2021년 우수발표논문상으로 선정되었다. 시상식은 지난 11월 11일(목) 한국전산유체공학회 추계학술대회에서 진행되었다.