혼합 비정렬 격자를 사용한 점성 유동장 계산

강호철*, 박창범**, 신동신***

*홍익대학교 대학원, **홍익대학교 대학원, ***홍익대학교 기계공학과

(E-mail : dsshin@wow.hongik.ac.kr)

비정렬 격자는 복잡한 형상에 격자형성이 용이함으로 비점성 유동계산에 많이 이용되어 왔으나 점성 유동계산에는 요구되는 물체주위의 큰 밀집도를 갖는 비정렬 격자 형성이 어렵고 또한 플럭스 차분화에 따르는 정확도의 감소를 수반하게된다. 이러한 경향은 레이놀즈수 증가에 따라 경계층이 얇아질수록 정도가 더 심해진다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 본 연구에서는 모서리 기준 데이터 구조를 유지하면서 고체경계 부근에서는 정렬된 사각형 격자를 사용하고 고체에서 멀리 떨어진 영역에서는 비정렬 삼각형 격자를 사용하여 점성 유동장을 계산해 보았다. 모서리 기준 데이터 구조는 격자구조와 관계없이 모서리 정보만 저장되므로 효율적임이 입증된 바 있다. 계산셀은 격자구조에 관계없이 격자점을 중심으로 형성되는 듀얼셀이고 대류항 플럭스 계산은 모서리로 연결된 인접 격자점들과만 이뤄지므로 격자 형상에 관계없이 하나의 일관된 알고리즘이 적용될 수 있다. 대류항의 이산화는 Roe의 flux difference splitting을 사용하였고, 고차정확도를 얻기 위해 MUSCL 알고리즘을 비정렬 격자해에 맞도록 수정하여 적용하였다. 점성항과 해의 재구성에 필요한 해의 격자점에서의 기울기는 Galerkin FEM 방법을 이용하여 구하였다. 이는 격자구조의 형상함수을 사용하는 방법으로 중앙차분의 특성을 가진다. 또한 위의 방법으로 구한 기울기는 격자점을 공유하는 요소들의 경계 모서리를 따라 사다리꼴 적분공식과 그린-가우스정리를 적용한 것과 동일하다. 시간적분에는 4차 Runge-Kutta법과 국소시간전진법이 사용되었으며, 난류모델링에는 two-layer k-ε 모델이 사용되었다. 유동장 계산은 10% bump 비점성유동과 Skebe가 실험한 충격파 경계층 간섭문제 및 AGARD 03 인 RAE2822 천음속 난류유동을 격자형상을 바꾸거나 혼합해서 계산하였다. 계산 결과 실험 결과와 잘 일치함을 알 수 있었다.