

저추진력 추력기의 DSMC 해석

DSMC Analysis of Low Thruster Nozzle

박재현^{*}, 백승욱^{*}, 김정수^{**}

^{*}한국과학기술원 항공우주공학과, ^{**}한국항공우주연구소

(E-mail : swbaek@sorak.kaist.ac.kr)

저추진력 추력기라는 것은 추력이 수 N 정도, 노즐출구직경이 수 mm 정도의 소형추력기를 의미하며, 주로 인공위성을 비롯한 우주비행체의 자세제어, 궤도천이 등의 목적을 위해 사용된다. 따라서, 저추진력 추력기의 일반적인 작동환경은 연속체 영역, 천이영역(transition flow regime), 희박영역(rarefied flow regime)을 모두 포함하므로, 기존의 연속체 유체역학에서 사용되는 Navier-Stokes 방정식을 사용할 수 없고, 분자들의 미시적인 움직임과 내부 에너지를 고려한 Boltzmann 방정식을 이용한 해석을 수행하여야 한다.

현재까지 알려진 방법들 중 Boltzmann 방정식을 해석하는 가장 효율적인 방법은 통계기법의 일종인 Monte Carlo 방법을 사용하는 Direct Simulation Monte Carlo (DSMC) 방법이다. 이 방법은 정해진 수의 분자집단을 하나의 모사분자로 모델링하고, 주어진 유동장 조건에 대응하여 형성된 모사입자들을 난수 함수를 이용하여 충분한 이동과 충돌을 반복하게 한 뒤 샘플링하여 유동장의 거시적인(macroscopic) 물성치를 구하는 방법이다. 이런 DSMC 방법은 희박류 해석 뿐만 아니라, 미소기전시스템(Micro Electro Mechanical Systems, MEMS)의 해석에도 적용될 수 있어 현재 세계적으로 연구가 활발하다.

본 연구에서는 DSMC 기법을 사용하여 Roth's nozzle이라 불리는 대표적인 저추진력 추력기의 내부유동 및 희박환경으로 사출되는 경우에 형성되는 플룸유동장에 대한 해석을 수행하여 연속체 유동장과 대별되는 특성들을 고찰하고자 한다.