

# 自動セル分割機能を有する

5T-8

## 3次元希薄流解析プログラムの開発

○井上藤男\* 三輪泰生\* 小倉伸一\*\*

(株)島津製作所 \*東京研究所 \*\*産業機械事業部

### 1 はじめに

近年、コンピュータの高性能化に伴い、直接シミュレーションモンテカルロ法(以下、DSMC法と略す)による真空装置内での希薄流解析技術が実用化されつつある。しかし、実際の真空容器は複雑な3次元形状である場合が多く、これらの装置設計に計算機シミュレーションによる希薄流解析を活用して行くためには、解析対象流れ場の形状定義および計算セル分割作業の省力化が不可欠である。そこで本稿では、市販の形状入力ツールを用いて定義された形状データおよび境界条件などをもとに、計算ソルバ内で自動的に流れ場のセル分割を行い、DSMC法による希薄流解析の計算を行う方法について述べる。

### 2 DSMC法

物理空間(流れ場)はセルに分割され、その中を実際の気体分子を代表させた模擬分子を飛ばすことで流れをシミュレートする。計算は、境界との干渉を含む移動処理と分子間衝突処理とを時間ステップ毎に繰り返すことにより進められる。これは、時間ステップ間隔を分子の平均自由時間より小さく選べば分子の移動と分子間衝突を分けて処理することができるという分離の原理<sup>[1]</sup>に基づくものである。流れ場が定常に達した後、各セル毎に分子の物理量のサンプリングを行い、時間平均により、流速、圧力、温度などのマクロ量を算出する。(図1参照)

Development of Three Dimensional Rarefied Gas Flow Simulator with an Automatic Cell-generator.

Fujio Inoue, Yasuo Miwa, Shinichi Ogura  
SHIMADZU CORPORATION

### 3 プログラム概要

本プログラムにおける処理手順を図1に示す。

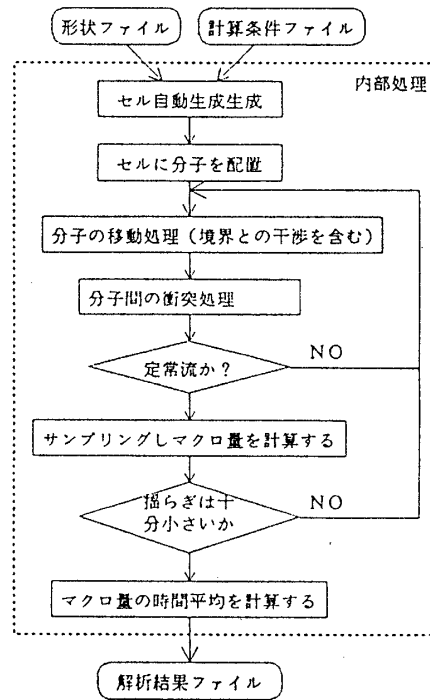


図1 本プログラムにおける処理手順

#### 3.1 データ入力

3次元流れ場の形状および境界条件は、市販の形状入力ツールにより、六面体や八面体などの3次元要素を積み木のように組み合わせることで定義し、形状ファイルとして出力する。また、汎用のエディタ等により、計算ステップ数、時間ステップ間隔、衝突セルの分割サイズおよび分子に関する情報などを定義した計算条件ファイルを作成する。

#### 3.2 計算セルの構成

計算ソルバは、前述の形状ファイルおよび計算条件ファイルに定義されている情報をもとに、計算セルを自動的に構成する。計算セルには、移動セル、衝突セル、サンプリングセルの3種

類がある。移動セルは、市販の形状入力ツールを用いて定義した流れ場の形状を表す3次元要素そのものであり分子の移動計算に用いる。衝突セルは、移動セルと流れ場全体を包括する直交メッシュより自動的に構成されたセルであり、分子間衝突処理の単位である。サンプリングセルは、マクロ量を算出するためのセルであり、本プログラムでは衝突セルと共通に構成する。ここでは、本解析プログラムの特徴である衝突セルの自動的構成の概念図を図2に示す。

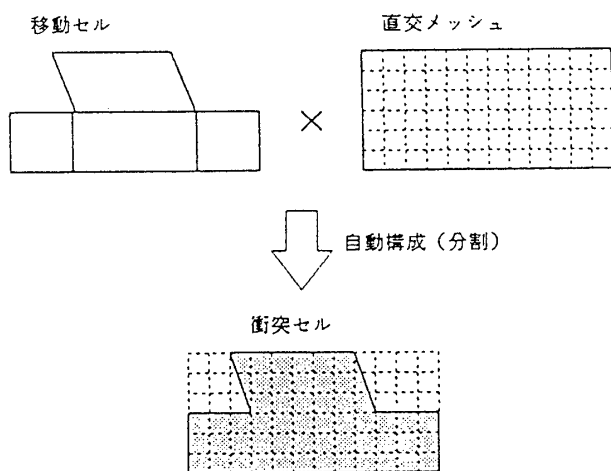


図2 衝突セル構成の概念図

### 3. 3 計算手順

ソルバにおける各時間ステップでの計算手順を以下に示す。

- (1) 移動セルを用いて分子の移動計算および各境界との干渉処理を行う。
- (2) 全ての分子の移動後の位置に基づき、各衝突セルに対応づける。
- (3) 各衝突セルにおける分子間衝突処理を行う。

このように各時間ステップでの処理が繰り返され、流れ場が定常に達した後、各サンプリングセル毎に分子の物理量のサンプリングを行い、マクロ量を算出する。

### 3. 4 結果出力

計算結果は、ソルバで自動的に構成されたサンプリングセルの形状データと共に解析結果ファイルとして出力され、市販の可視化ツールを用いて視覚的に表示される。

## 4 適用例

本解析プログラムを用いて図3に示すような真空容器における圧力分布を計算によって求め、実験結果との比較を行った結果、概ね一致することが確かめられた。

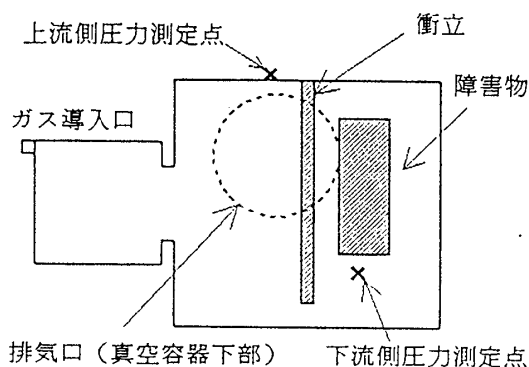


図3 適用例における流れ場の形状  
(真空容器中心部平面図)

## 5 おわりに

複雑な3次元流れ場での希薄流を解析するための汎用性のある解析プログラムについて述べた。本プログラムを用いることにより、市販の形状入力ツール(例えば有限要素解析用形状定義ツールなど)が利用でき、形状入力や計算セル作成の作業を極めて省力化することができる。

今後、本プログラムについては、実際の真空装置の性能解析などへの適用を行いつつ、より有用なツールとなるよう改良して行く予定である。

## 参考文献

- [1] Bird, G. A.: Molecular Gas Dynamics, Oxford University Press, (1976)
- [2] 古浦: 希薄気体数値風洞, 可視化情報, Vol. 10, No. 39, pp. 251-255, (1990)
- [3] 池川・小林: 直接シミュレーションモンテカルロ法による希薄流シミュレータの開発, 機械学会論文集, B-54-507, pp. 3057-3060, (1988)
- [4] 保原・大宮司 編: 数値流体力学, 東京大学出版会, pp. 287-324, (1992)