

5K-1

オブジェクト指向に基づく 数値シミュレーション法の提案と実現例

畠山 正行 横澤 謙二

茨城大学

1 はじめに

流体力学の数値的な解法として、殊に連続流においては差分法が有力な手法の一つとして広く用いられている。[1][2]

一方、対象世界に対するモデリング方法論としてオブジェクト指向がある。これは、モデリングパラダイムとしては、現状で考えられる最も自然なモデリング法であり、一貫したモデリングを実現できる方法論である。特にモデリングの一過程であるプログラミング過程や駆動過程においてもその方法論が実現しているという意味においてきわめてモデリング精度の高いシミュレーションが実現可能になりうる方法論である。[3]

そこで、本研究ではこの手法を数値流体の問題、特にここでは連続流体に対する差分法の解法に適用することを試みた。本稿では、オブジェクト指向の観点から見た差分解法の特徴と簡単な実現例について述べる。

2 オブジェクト指向に基づく シミュレーションの特徴

オブジェクト指向に基づくシミュレーションにおいては手続き型のプログラミングスタイルに比べ、次のような点において特に顕著な特徴を持つことが確認されている。[3]

1. 極めて複雑な流れに対しても手続き型ほど煩雑なプログラミングを必要としない。

2. 対象世界の構造の臨機な変更が可能である。従って非常に柔軟な構成のシミュレーションが可能である。
3. 対象世界におけるオブジェクトが"モデルの枠内"であるが、実世界の物体と同等の扱いが可能である。

本研究においてはこの特徴を連続流体についても実現することを目的としている。

3 差分解法

一般に個々の差分方程式は、離散化された複数の隣合う点の物理量の相互関係(制約)を等式で表現していると見ることができる。この相互関係式を離散格子点に必要な数だけ生成し、それらの方程式を連立方程式として捉え、さらに境界条件・初期条件等を与えることによりこの相互関係式(連立方程式)を解くことが可能になる。この相互関係式を繰り返し解くことにより、流体の動きを把握することが可能となる。

4 オブジェクト指向に基づく 数値シミュレーション

相互関係式を図式表現すると、図1のようにメッシュ点がノードで、関係メッシュ点をアークで結んだ形で表現できる。これをオブジェクト指向で捉えるとすると、ノードである格子点をオブジェクトに設定し、アークである格子点間の相互関係を相互作用(リンク)とみることが出来る。従って、差分方程式は各該当オブジェクト(格子点)間の相互作用のメカニズムを複数点の制約式として表現している「相互作用方程式」と見なせる。

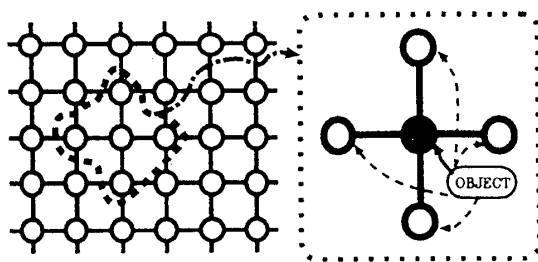


図1. 差分方程式におけるノードとアーク

格子点の数だけオブジェクトを生成すると、このオブジェクト群は相互作用を行ないながら変化していくオブジェクトの集団と見なせる。

この様に、オブジェクトとその相互作用を設定すると、オブジェクト指向特有な駆動機構(メッセージ通信に基づく情報の受渡しと、各オブジェクト内での自己情報処理)を利用して次のような解法を設定することが可能となる。[4] また図2においてそのクラス階層構造を OMT 法で示してある。

1. メッシュ点をオブジェクトと設定。
2. 持っている属性はその点の空間座標と物理量(過度、速度、密度 etc...)
3. メソッドは差分方程式のルーチン。
4. 相互作用方程式に記述された関係オブジェクトに相互作用リンクを張る。
5. 各オブジェクト自身は内部に格納されているメソッドに従って、周辺のオブジェクトの様々な物理量から自身の最新の値を算出し、新しい値はメッセージ通信によって周りのオブジェクトに送る。
6. 全てのオブジェクトを順番に起動させオブジェクトを変容させることにより流れ場は駆動する。

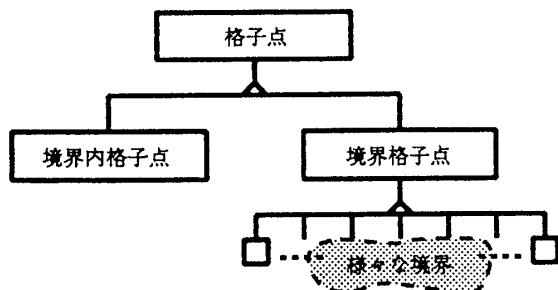


図2. オブジェクト指向差分法のクラス階層

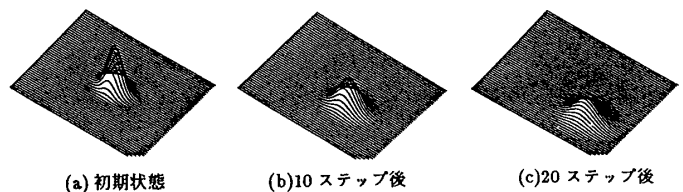


図3. Burgers 方程式によるシミュレーション

5 オブジェクト指向に基づく 差分解の結果

オブジェクト指向に基づく差分法による解析例として Burgers 方程式 [1][2] による波の伝播と拡散の計算を行なった。これは、いわばオブジェクト指向を本格的に取り入れられることの確認を行なうための評価試験であり、予想された通りの結果が得られた(図3)。

6 結び

前述したように、オブジェクト指向に基づくアプローチはきわめて複雑な対象(流れ)世界や、動的な変更がしばしば起こりそれに対処しながらシミュレーションを行なう場合に、殊に真価を発揮する。Burgers 方程式という簡単な例では、オブジェクト指向でシミュレーションするメリットを発揮していない。そこで現在、より複雑な流れに対してのシミュレーションを行なうために Navier-Stokes 方程式 [2] に対する差分解法を作成中である。

参考文献

- [1] 日本機械学会編: "流れの数値シミュレーション(コンピュータアナリシスシリーズ4)", コロナ社, 1988年
- [2] 高橋 亮一, 棚町 芳弘: "差分法 数値シミュレーションの基礎(計算と CAE シリーズ3)", 培風館, 1991年
- [3] 畠山 正行, 金子 勇, 上原 均: "擬似オブジェクトベース機構に基づく DSMC 数値風洞シミュレーションとその直接制御 GUI", 第12回シミュレーションテクノロジーコンファレンス発表論文集, pp317-320, シミュレーション学会, 1993年6月
- [4] 畠山 正行, 横澤 謙二: "オブジェクト指向に基づく差分解法とその実現例", 第7回数値流体力学シンポジウム講演論文集, pp515-518, 1993年12月