

細長い領域内流れに特化した数値計算手法の開発

群馬大学大学院理工学府 電子情報部門 桑名 杏奈

血管や河川など、現実世界には細長い領域内の流れがたくさんある。しかし、細長い領域における流体の数値計算では累加的に誤差が生じやすく、通常の計算時間内で正確な計算を行うことは困難である。本稿では、従来の計算手法・計算時間では不自然な計算結果が出てしまうような細長い領域内流れの計算に対して、同程度の計算時間で合理的な計算結果を得ることのできる計算手法を紹介する。

はじめに

近年のコンピュータの長足の進歩により、シミュレーションは、理論・実験に並ぶ第3の研究方法として限らない可能性をもたらしてくれる。ソフトウェアも充実し、深い専門知識がなくても誰でも簡単に高度なシミュレーションが可能になってきている。しかし、たとえば血管や河川の流れなど、細長い領域における流体の数値計算では誤差が蓄積しやすく、十分な計算時間をとらないと正確な計算を行うことが難しい。ここでは、細長い領域内流れに特化した数値計算手法を紹介する。

研究の要点

図1(上図)は、通常の方法(MAC法)で、変形した流路内の流れ(左端で脈動を与えている)を計算した結果である。この図は速度ベクトルをある瞬間に表示したものであるが、本来は各断面において流量が保存されなければならないのに対して、下流(図の右側)に進むにつれて明らかに流量が減少している。これは圧力の方程式(ポアソン方程式)が(反復回数の制限のため)十分に精度よく解けていないことに起因する。圧力の方程式の収束に十分に注意を払えばある程度改善するものの、代償として計算時間が増大する。一方、本研究の提案手法で同じ問題を同じ反復回数で解いた結果は図1(下図)のように、下流まで流量の保存が満たされている。

提案手法は、領域が細長いという特徴に着目し、1次元流れ(細長い方向の流れ。主流)を厳密に求めた上で、摂動(主流からのずれ)に対する方程式を解くという方法である(図2)。図1にあるような単純な形状における脈動流に限らず、分岐・合流のある流路内での流れ、流路の形状が時間とともに変化する条件下での流れ、熱対流などに対して提案手法の有効性を検証してきた。

まとめと考えられる応用面

図1では一目で不自然とわかる例を挙げているが、

複雑な計算を行う場合、不自然さに気づかず、不正確な結果を正しいものとして信じ込むことにもなりかねない。よって、ソフトウェアが充実した現在においても、計算手法の開発は重要である。

たとえばトンネルや地下鉄構内における火災現象の解析のためには、分岐・合流のある複雑な形状をした細長い領域内の熱対流を解く必要がある。河川は、流れに応じて形状を変化させる自由表面と合わせて解く必要がある。今後は開発した手法を現実の問題に適用し、医療や防災など各分野に貢献していきたい。



図1 (上図) 通常の方法による計算結果
(計算時間は下図と同程度)
(下図) 提案手法による計算結果

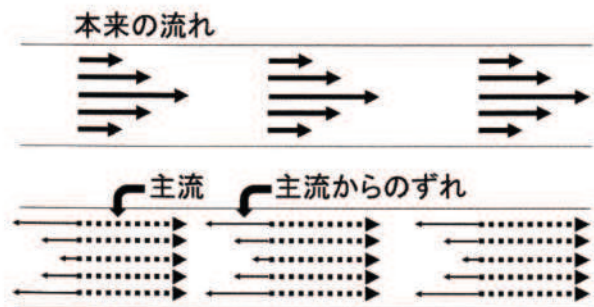


図2 提案手法の概略

<所属、連絡先> 桑名杏奈 (くわなあんな)

群馬大学大学院理工学府
電子情報部門 助教

〒376-8515
群馬県桐生市天神町1-5-1
TEL: 0277-30-1760

E-mail:
kuwana.anna@gunma-u.ac.jp

