

WCCM VI in conjunction with APCOM '04 参加報告

期日：2004年9月5日～9月11日

出張者：原子核工学専攻博士後期課程1年 今井陽介

出張先：北京，中国

9月5日から11日の間、「The sixth World Congress on Computational Mechanics in conjunction with the Second Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics (WCCM VI in conjunction with APCOM '04)」が中国北京にて開催された。本会議には中国，日本，アメリカを中心とした計算力学の研究者が集い，盛んな議論が交わされた(図1)。

私は「Interface Capturing and Fluid-Structure Interaction in Cartesian-Based Grid System」というミニシンポジウムにて、「A numerical method of IDO scheme for fluid-structure interaction on Cartesian grid」について講演を行った。このセッションは青木先生と創造エネルギー専攻の肖先生が企画されたものであり，理工学における多くの研究対象について重要である界面捕獲ならびに流体 構造連成問



図1：レセプションパーティ会場

題に対し，直交格子ベースの計算手法でアプローチしようというものである。従来の境界適合格子や非構造格子は計算ステップ毎の境界変形に対して計算格子生成に多くの時間を要し，格子の大きな変形は計算精度の低下を引き起こす。実現象の多くは複雑な界面変形を伴う問題であり，これらの計算手法では限界があるため直交格子をベースとした新しい計算手法の開発が期待されている。

今回は，直交格子上での流体 弾性構造連成計算に対し問題となる，“1.境界近傍での高解像度計算”；“2.移動境界面記述”，を克服するためのAMR(Adaptive Mesh Refinement)法，INTERGRID法について発表した。AMR法は高解像度の必要な領域のみ格子を細分化する手法であり，今後の計算力学に最も貢献できる手法の一つであると考えられる。一般にAMR法にはFDM(Finite Difference Method)やFVM(Finite Volume Method)が組み合わせられてきたが，IDO(Interpolated Differential Operator)法を組み合わせることによって，従来の1次精度を3次精度まで上げることができる。図2は複雑な分岐管流れの計算格子ならびに計算結果である。本手法では2次元でも数%，3次元ならばさらに低い計算負荷で複雑形状に対する流れを計算できる。

INTERGRID法はCut-Cell法とIDO法をカップリングさせた手法であり，流れに対して小さい運動スケールの弾性変形を流体計算に反映させることができる。図3は2種類の弾性管形状と拍動流を注入した場合の平均断面流速の時間変化を示したものであるが，管の弾性を考慮することで流入に対するの応答に遅れが生じることが分かる。

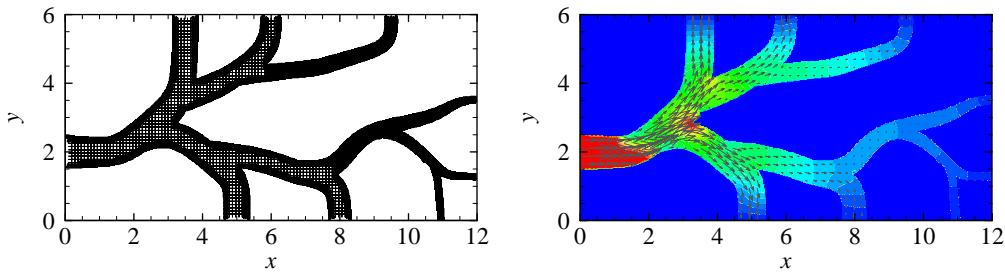


図 2 : (上) 計算格子 . AMR 法では格子点数を数%に削減できる , (下) 圧力 , 流速ベクトル分布 . 分岐部で局所的に高い圧力が生じ , 流れが双方に分かれる .

Semi-Plenary Lecture では有限要素法で著名な Tayfun 先生のパラシュート落下シミュレーションの動画を拝見することができた . Tayfun 先生はこの春 , 機械物理工学専攻の矢部先生のところへ客員教授として来日されており , 有限要素法の講義を聞かせて頂いた . 授業ではパラシュート落下の静止画しか拝見できなかったのが期待していたが , 残念ながら連成計算として最も興味深い挙動である着地後のシミュレーションまではやっておられなかった . 目的の達成にその過程は必要ないというのがその理由らしいが , 非構造格子では困難なのではなかろうか .

最終日の昼食で同席だった Framatome ANP の Kolev 氏の話聞くことができた . Kolev 氏は矢部先生のセッションで原子核工学に関わる Multi-phase flow の講演をされた . 彼は実験を基にいかによりモデリングをするかということが現状の原子炉設計には重要であるということをおっしゃった . 我々やそのセッションの大半が開発しているのはダイレクトソルバーでありそのスタンスは異なる . ダイレクトに界面捕獲や流体 構造連成問題を解くことはまだ発展途上であり , 今すぐに原子炉設計の中心的役割を果たすのは難しいかもしれない . しかし安全かつ革新的な原子炉を構築するためには必要不可欠であり , 大学にいる我々が開発を急ぐ必要があると感じた .

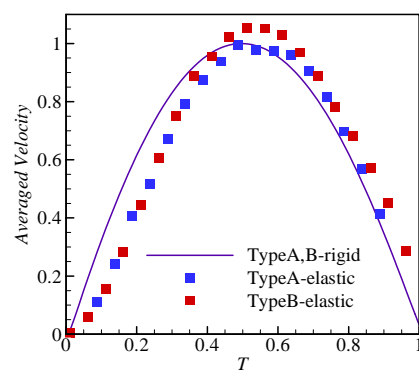
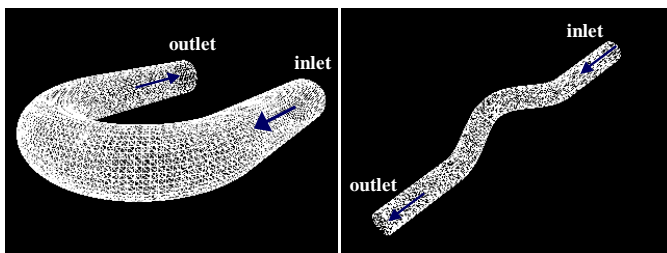


図 3 : (左) 管形状 TypeA , (中) 管形状 TypeB , (右) 管中央部での平均断面流速の時間変化 . 直線で示したのが剛体管内の断面平均流速であり弾性管では管の膨張 , 収縮によって , 赤四角 , 青四角ともに流入に対し遅れが生じている .