

第 15 回数値流体力学シンポジウムにおける 機械系の講演について

Presentations concerning with Mechanical Engineering
in the 15th Symposium on Computational Fluid Dynamics

山本 誠
東京理科大学

Makoto Yamamoto
Tokyo University of Science

E-mail: yamamoto@rs.kagu.sut.ac.jp

1 はじめに

2001 年 12 月 19 日(水)から 21 日(金)まで、第 15 回数値流体力学シンポジウムが盛大に開催された。200 件を超える講演は、基礎的流れ、並列計算、分子プラズマ、音響、可視化、格子ボルツマン、乱流現象、LES、RANS、燃焼、混相流、極超音速流れ、圧縮性流れ、計算スキーム、気象・環境、生体流れ、移動境界、実用問題というセッションに分類され、4 室の平行セッション方式で発表が行われた。本稿では、これら多数の講演の中で機械系の実用問題に関するトピックスを紹介し、著者の感想を含めてその動向について概観することにする。

2 機械系の講演

2.1 波力発電用ウェルズタービンの流れ場と数値解析による解明：鈴木，荒川（東大）

この講演は、Fig.1 に示すような波力発電用の特殊なタービンの流れを数値計算したものである。計算法は SIMPLE アルゴリズムに基づく有限体積法であり、対流項にハイブリッドス

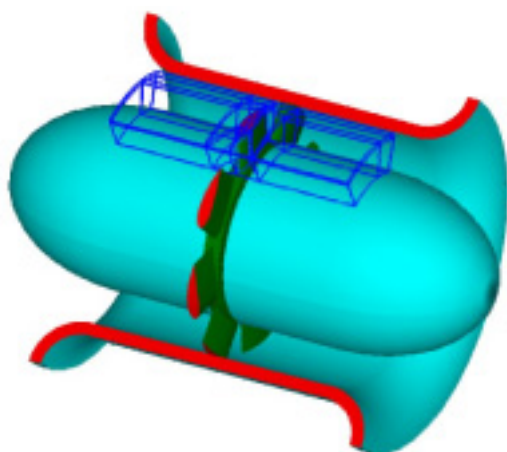


Fig.1 Wells Turbine and Grid System

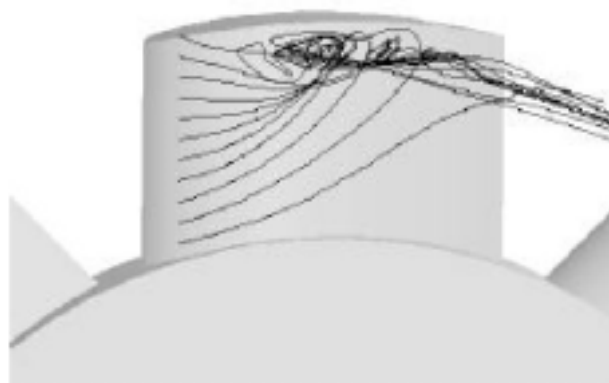


Fig.2 Vortex on Blade

キームを使用し、総格子点数は 32 万点となっている。失速状態を含む幅広い流入上条件について数値計算が行われ、油膜法による実験結果との比較から、失速時に Fig.2 に示すような竜巻状の渦が形成されていることを明らかにしている。失速状態における実験データとの定量的な一致は十分とは言えないようであるが、失速メカニズムの把握にはきわめて有効なデータを提供しているように思われる。

2.2 風力タービン用翼型に発生するはく離泡の数値解析：木枝（(株)エイ・イー・エス）、小垣、松宮（産総研）、谷口、小林（東大）

この講演は、風力発電用に開発された 2 種類の翼型（MEL012, M-F071）に対して、Dynamic SGS モデルを用いた LES を実施したものである。計算法はコロケート系有限差分法であり、対流項に QUICK スキームを用い、総格子数は約 120 万点となっている。Fig.3 に MEL012 翼型と計算格子を、Fig.4 に翼面上の流れパターンを可視化実験と比較した結果を示す。数値計算の結果、翼面上の圧力係数分布が実験データと一致すること、はく離泡のメカニズムがはく離した層流境界層の発達と渦への巻き上がりおよび 3 次元化であることなどを明らかにしている。

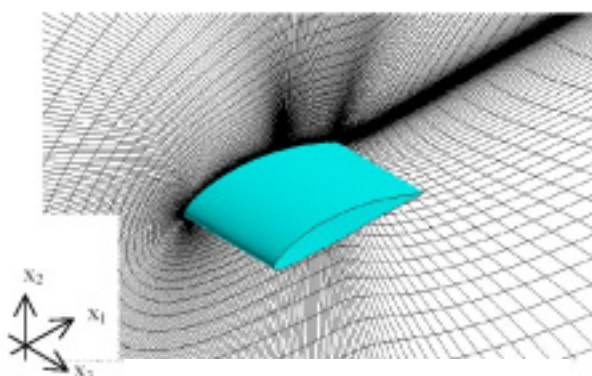


Fig.3 MEL012

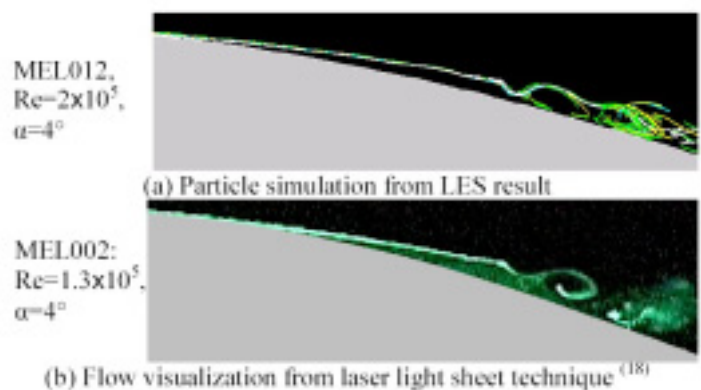


Fig.4 Comparison of Flow Patterns

2.3 アスペクト比に依存する大口径 CZ 法融液の熱流動解析：清野、河野、棚橋（慶大）

この講演は、CZ 法によるシリコン単結晶の成長過程における融液内部の流れ場を 3 次元数

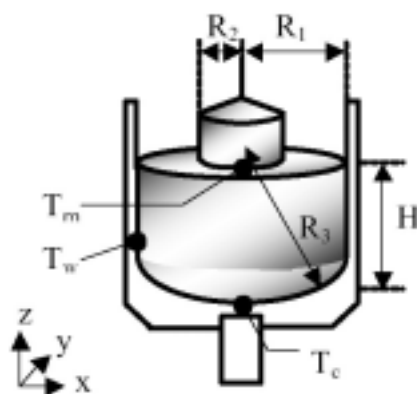


Fig.5 Schematic of CZ Method

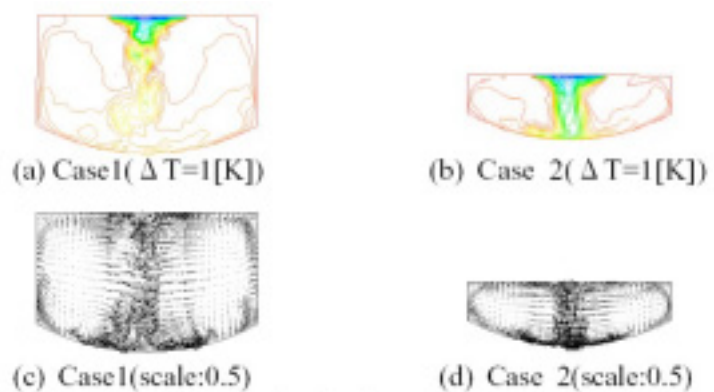


Fig.6 Isothermal Lines and Velocity Vectors at 200s

値計算したというものである．計算方法は GSMAC 有限要素法であり，Smagorinski モデルを用いた LES が行われた．要素数は約 7 万点である．Fig.5 に CZ 法の概要図を，Fig.6 に融液内の等温線および速度ベクトルを示す．これらの数値計算を通じて，融液のアスペクト比が小さくなるほど，融液内の速度場，温度場に影響を及ぼすことが明らかにされた．CZ 法におけるより良い制御条件を見出すために，本講演のような内部流れ場の数値計算が今後大いに利用されるであろう．

2.4 分散型多目的 GA による自動車エンジン排気系形状の最適設計：森川，金崎，大林，中橋（東北大）

最適化手法が産業界で盛んに導入されつつあるが，この講演は，分散型・多目的・遺伝的アルゴリズム（MOGA）を自動車用エンジン用排気マニホールドに適用したものである．1 次元非定常コードと 3 次元非構造有限体積オイラーコードとを結合させた計算手法が採用され，Fig.7 に示すような初期形状から出発して，さまざまな条件におけるパレート解が求められた．例えば，シリンダへの充填効率の高いものは Fig.8 のように管同士の干渉を低減させた形状，排気温度の高いものは Fig.9 のように排気の合流を早めた形状になることが示された．講演の際に強調されていたように，3 次元計算格子の生成が成功の鍵となるようである．

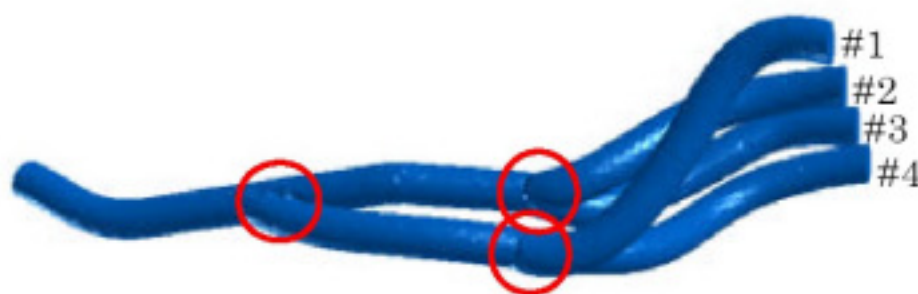


Fig.7 Original Shape



Fig.8 Example of Optimized Shape (A)



Fig.9 Example of Optimized Shape (C)

2.5 マイクロタービンの 3 次元流路解析：釜土，加藤，中橋，田中，江刺（東北大）

この講演では，ボタン電池タイプのマイクロガスタービンの 3 次元流路に関する数値計算が報告された．Fig.10 に断面図を，Fig.11 に電子顕微鏡写真を示す．ロータ径は 5mm である．非構造有限体積法が用いられ，出口マッハ数を 0.3 から 0.5 まで変化させて，ロータ隙間の有無による性能への影響等が調べられた．Fig.12 は静圧分布の一例を示している．サイズが小さいが故に測定がきわめて困難なマイクロガスタービンでは，このような CFD による計算が設計上必須となるであろう．

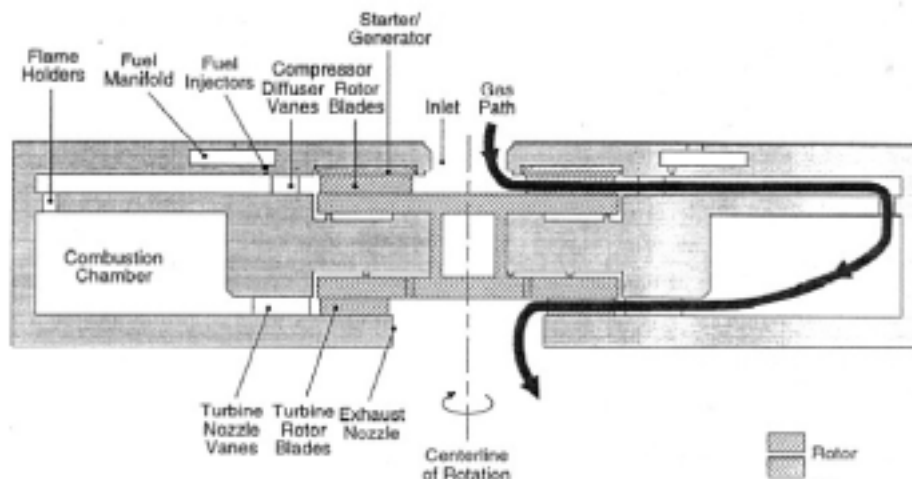


Fig.10 Cross-Section of Micro Gas Turbine Generator

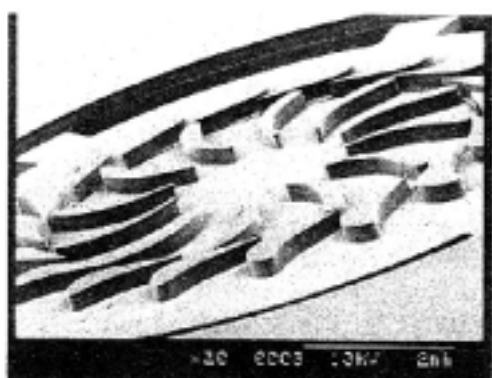


Fig.11 Electron Microscope Picture of Turbine Section

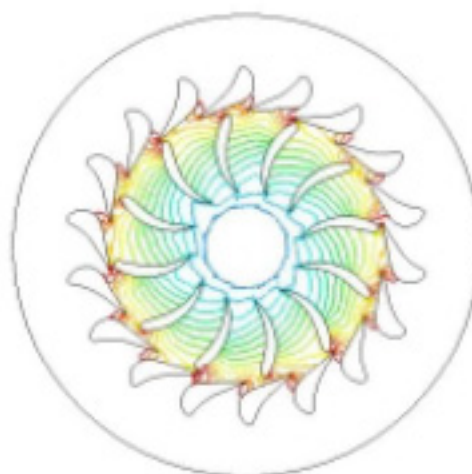


Fig.12 Pressure Contours

3 まとめ

本稿では、第 15 回数値流体力学シンポジウムにおいて報告された機械系実用問題に関するトピックスの一部を紹介した。CFD が工学上、工業上のさまざまな問題に価値ある解を提供できるようになっていることを改めて実感した次第である．ただし，本シンポジウムは企業からの発表が少ないためにより実際上の問題点などを知ることができない点で，やや残念ではあった．次回シンポジウムへの企業からの一層の参加を期待したい．なお，紙面の都合で，燃焼や混相流といったセッションについて触れることができなかったことをお詫びする．