

2010
5/31



アドバンスソフト技術セミナー 流体ソフトウェアのご紹介

産業界からのユーザー事例のご紹介

アドバンスソフト株式会社
技術第3部 主事研究員
塩谷 仁

8.

Advance/FrontFlow/redによる主な解析実績

LESによる流体解析

- **ASMOモデルによる車体周り流れの解析**
- エンジンポート非定常解析
- **ITER-テストブランケットモジュール内部の冷却材流動解析**

スライディング格子機能を使用した解析事例

- 遠心圧縮機の空力騒音低減の研究
- 遠心ファン流体騒音解析
- **ポンプ内流れの解析**

各種物理モデルを使用した解析事例

- **オリフィス出口におけるキャビテーション噴流解析（キャビテーション）**
- 消防隊員用防火服の耐熱性能評価（燃焼、輻射）
- 微粉炭燃焼解析（燃焼、粒子追跡機能）
- 液体ロケットエンジン燃焼器解析（燃焼、実在ガスモデル）



事例テーマ: ASMOモデルによる車体周り流れの解析

東京大学 生産技術研究所殿
革新的シミュレーションPJ ご提供

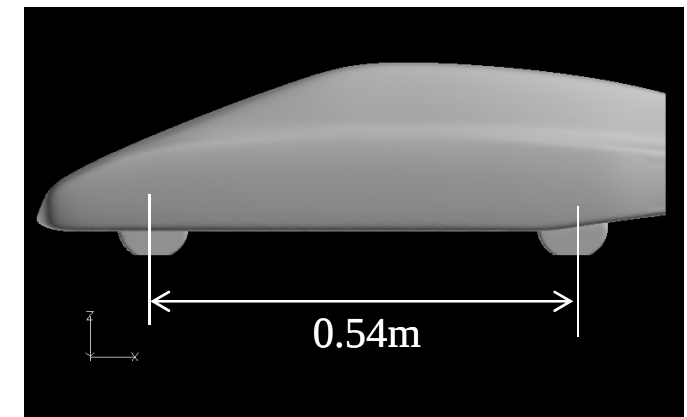
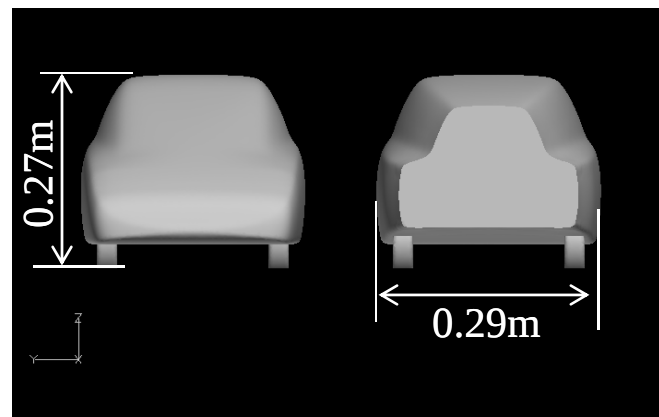
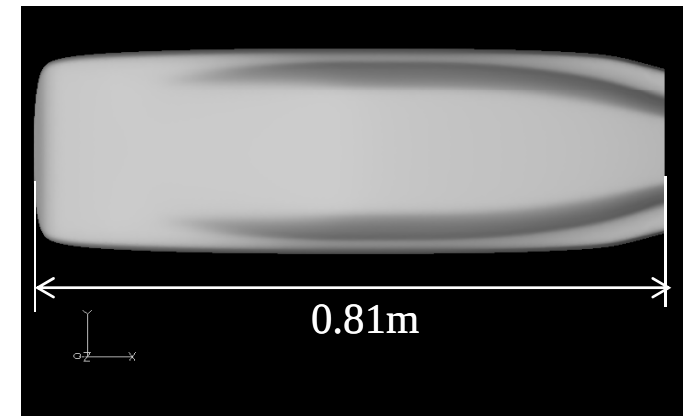
[目的]

LESおよびRANSを用いた車両周りの非定常流れの数値解析を行い、それぞれの乱流モデルによる予測精度の比較を行った

[解析対象]

ASMOモデル (Aerodynamics Studien Modell)
単純な車体外形形状と平坦床下形状を持つ
標準モデル

1/5 wind tunnel model



ASMOモデル形状

事例テーマ: ASMOモデルによる車体周り流れの解析

[解析条件]

支配方程式	非圧縮NS方程式
乱流モデル	LES(標準スマゴリンスキーモデル) 標準k-εモデル
対流項離散化	2次精度中心差分+5% 1次精度風上差分
時間積分法	Adams-Bashforth法
主流速度	50.0(m/s)
解析領域	12.2×2.2×1.1(m)

※対流項離散化および時間積分法はLESの場合

[解析規模]

格子形状	テトラメッシュ
格子数	約2,500万、550万、130万
並列数	256CPU
メモリサイズ	150GB
計算時間	35.6(h)

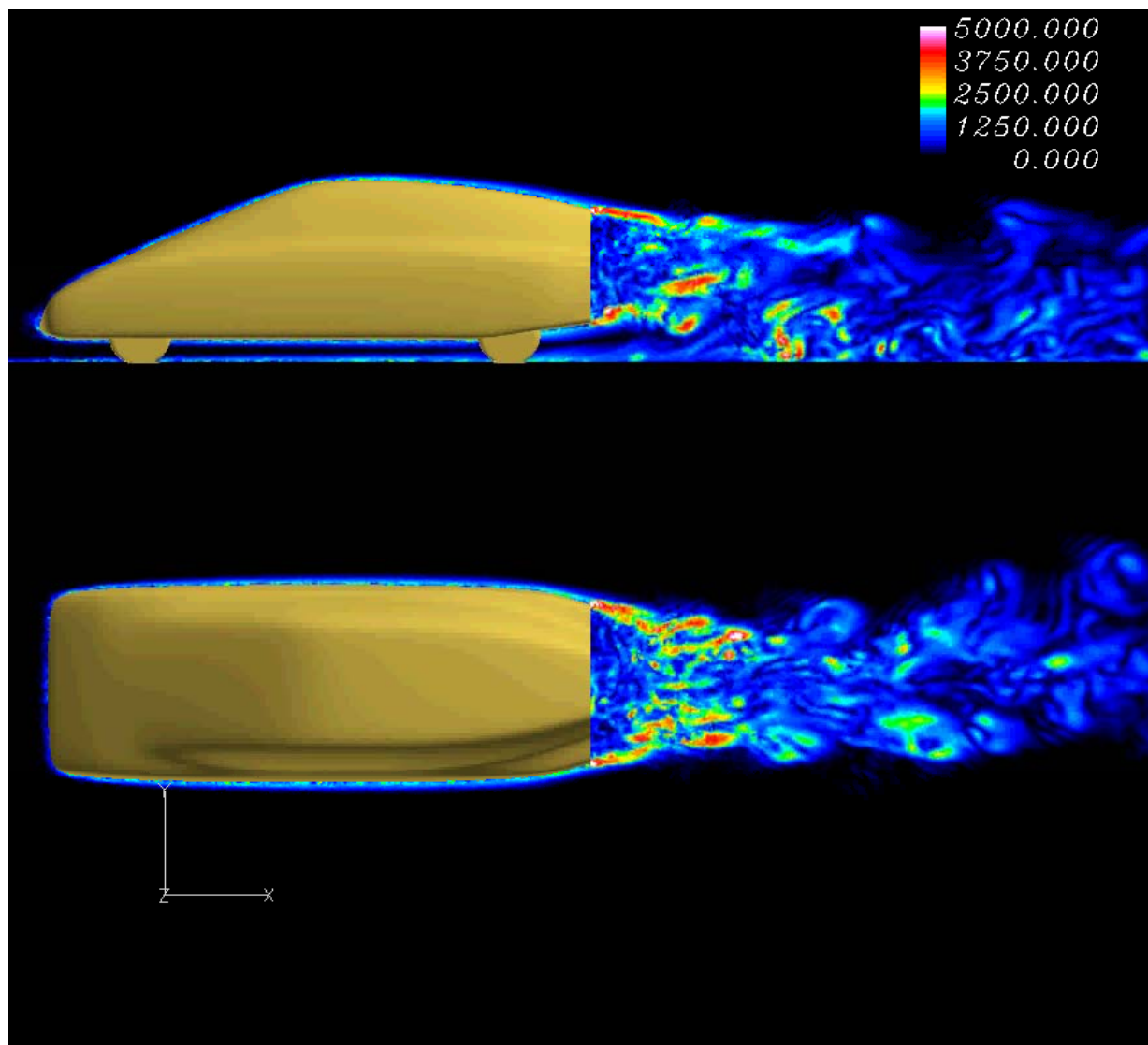
※並列数、メモリサイズは格子数2500万の場合



事例テーマ:ASMOモデルによる車体周り流れの解析

[解析結果]

渦度分布

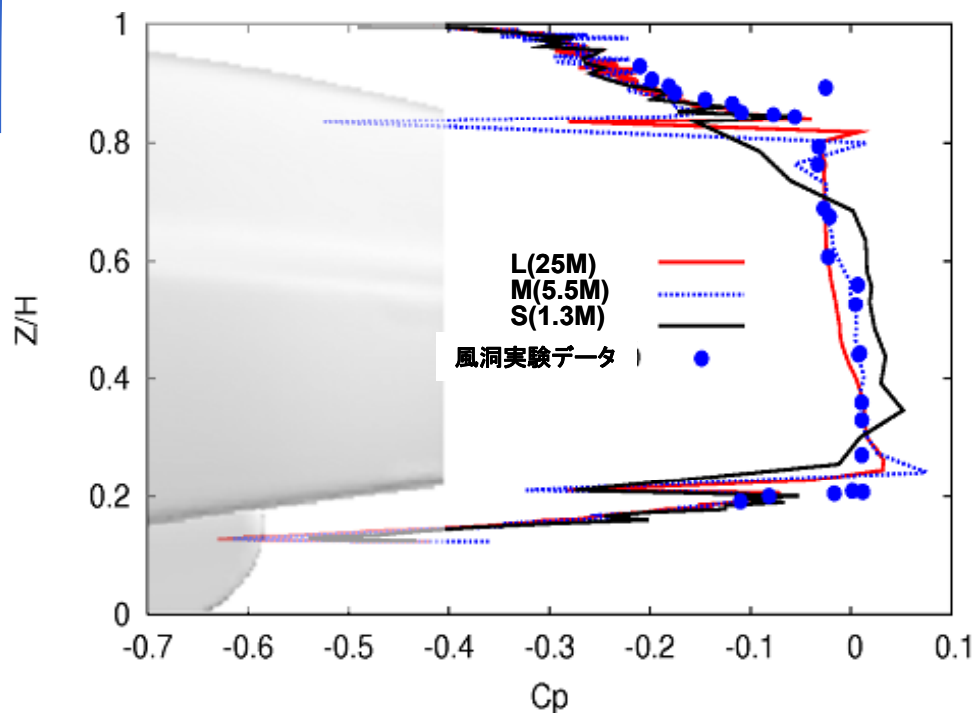


事例テーマ: ASMOモデルによる車体周り流れの解析

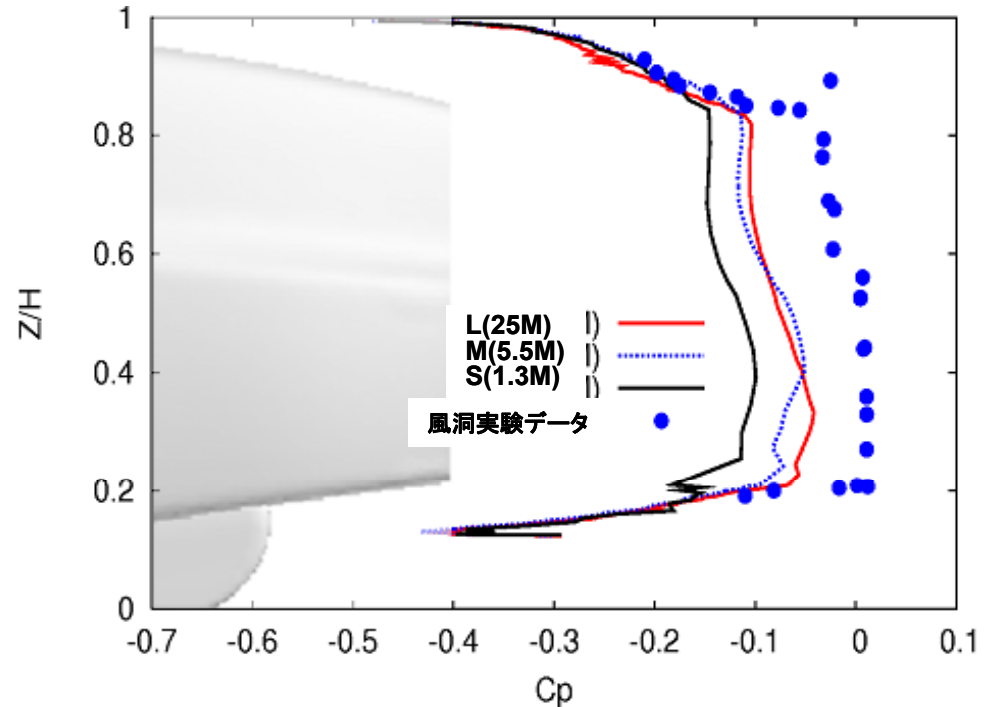
東京大学 生産技術研究所殿
革新的シミュレーションPJ ご提供

Base pressure

LES
(Standard Smagorinsky)



RANS
(Standard k-e)



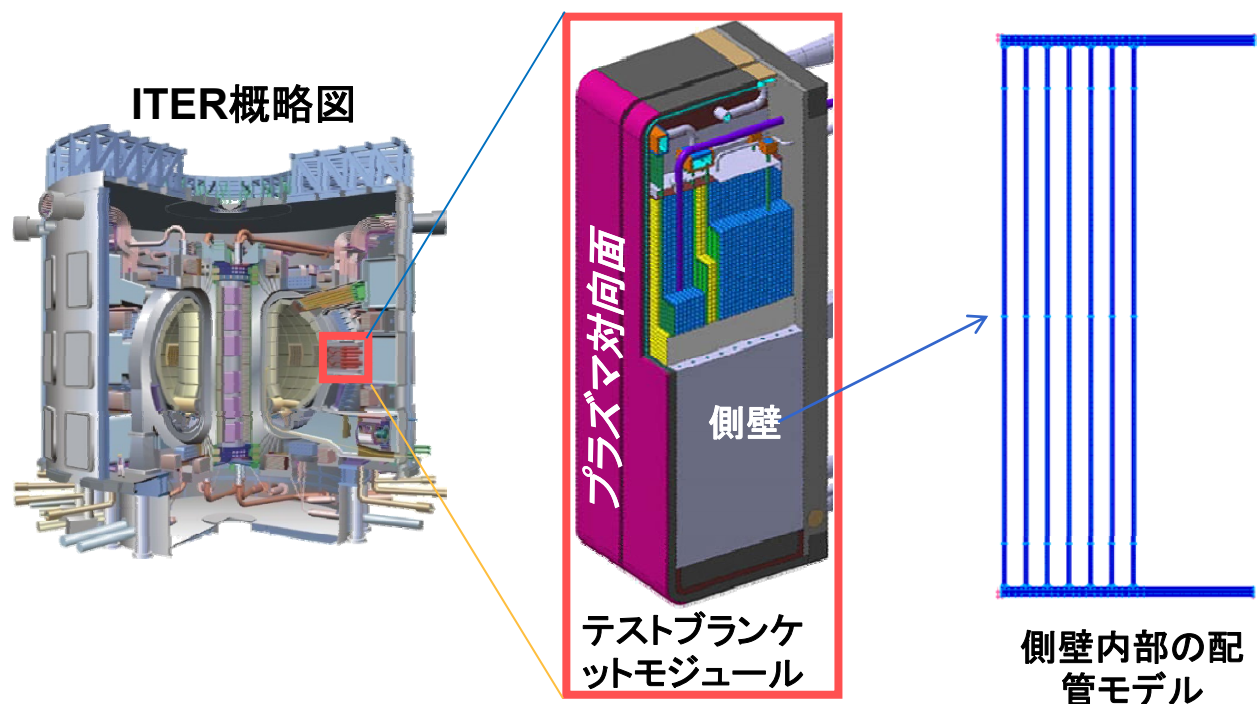
LESはベース圧を良好に再現、RANSは空間解像度に従う収束解が風洞データに一致しない(25M)

事例テーマ:ITER-テストブランケットモジュール内部の冷却材流動解析

[目的]

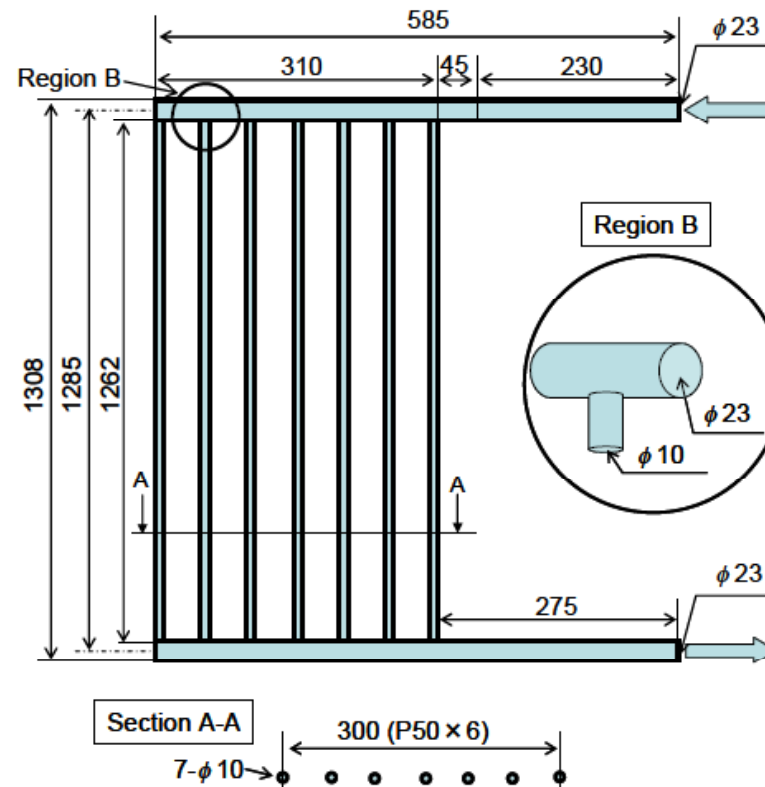
独立行政法人 日本原子力研究開発機構
核融合研究開発部門
ブランケット工学研究グループ殿ご提供

ITER(国際熱核融合実験炉)の核融合環境下で総合的な機能試験が実施されるテストブランケットモジュールの設計に際して、冷却材流動現象の実験結果と流体解析の結果を比較し、材料腐食を考慮した設計手法を確立する。流体解析では、壁近傍のせん断応力や乱流エネルギー等、構造材の浸食腐食に対してフィードバックする物理量を取得することを目的とし、テストブランケットモジュール側壁内部の全領域において、大規模な流体シミュレーションを実施した。



事例テーマ:ITER-テストブランケットモジュール内部の冷却材流動解析

[解析対象]



独立行政法人 日本原子力研究開発機構
核融合研究開発部門
ブランケット工学研究グループ殿ご提供

[境界条件]

流入境界	流出境界	壁境界
・質量流量(指定) ・密度(指定) ・乱流ドライバー	・静圧(指定)	・No-slip ・断熱



事例テーマ:ITER-テストブランケットモジュール内部の冷却材流動解析

[解析条件]

支配方程式	非定常非圧縮NS方程式
乱流モデル	LES(標準スマゴリンスキーモデル)
対流項離散化	2次精度中心差分+10% 1次精度風上差分
時間積分法	Euler陰解法
流体温度	300(°C) [573.15(K)]
流体基準圧力	15(MPa)
流入量	1.5(kg/s)

[解析規模]

格子形状	ヘキサメッシュ
格子数	約300万
時間刻み	1.0d-4 (s)
並列数	128
計算速度	500 (step/h)
5秒間の統計量計算に要する 時間	100(h)



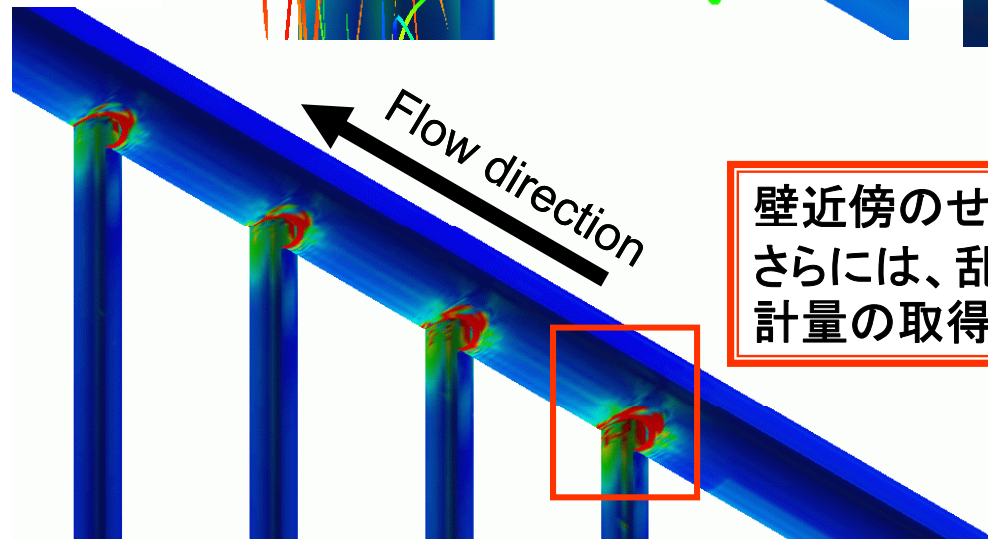
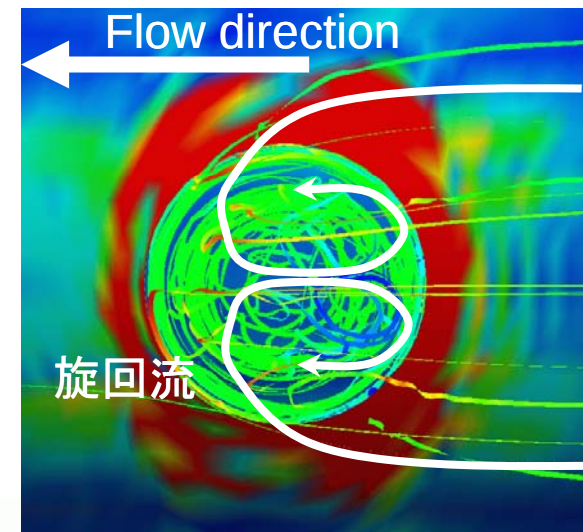
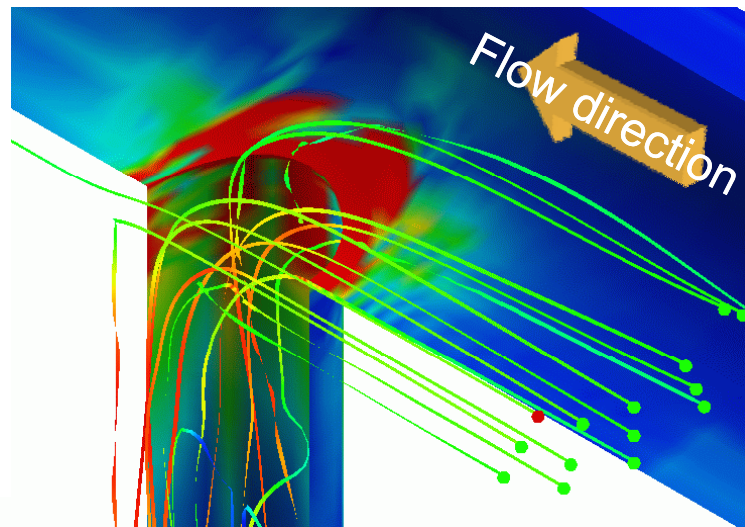
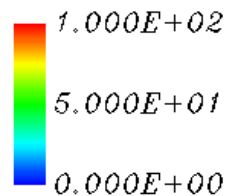
事例テーマ: ITER-テストブランケットモジュール内部の冷却材流動解析

[解析結果]

ITERの核融合環境下で試験を予定している
テストブランケットモジュール内の冷却材流動現象を
RANSおよびLESにより再現

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
核融合研究開発部門
ブランケット工学研究グループ殿ご提供

壁せん断応力 (Pa)



壁近傍のせん断応力や乱流エネルギーを取得。
さらには、乱流エネルギーの収支等、高次乱流統計量の取得に成功。

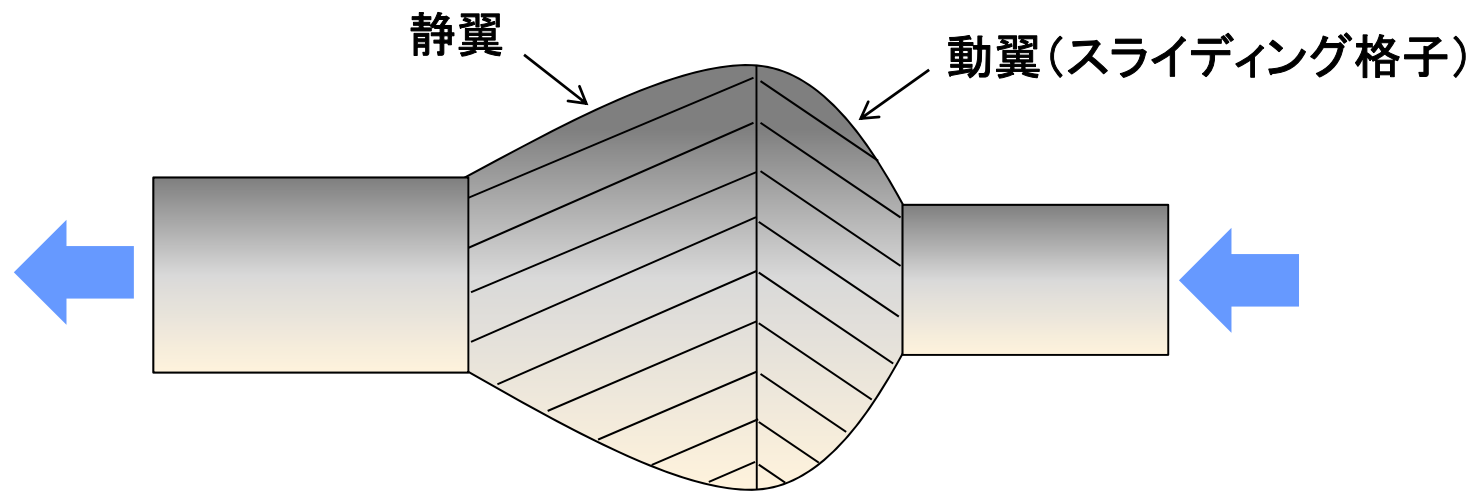
事例テーマ:ポンプ内流れの解析

[目的]

ポンプ翼部の非定常流れ解析により各種物理量のデータを取得し、数値解析によるポンプ性能の予測を行った

[解析対象]

動翼・静翼部近傍の解析を行った。動翼部についてはスライディング格子機能を使用し、回転の効果を検討した



解析形状の概略

事例テーマ:ポンプ内流れの解析

[解析条件]

支配方程式	非定常非圧縮NS方程式
乱流モデル	LES(標準スマゴリンスキーモデル)
対流項離散化	2次精度中心差分+10% 1次精度風上差分
時間積分法	Euler陰解法

[解析規模]

格子形状	ヘキサメッシュ
格子数	約30万
時間刻み	7.0d-6 (s)
並列数	4



事例テーマ:ポンプ内流れの解析

[解析結果]

圧力分布の経時変化

結果はスライドでご紹介いたします



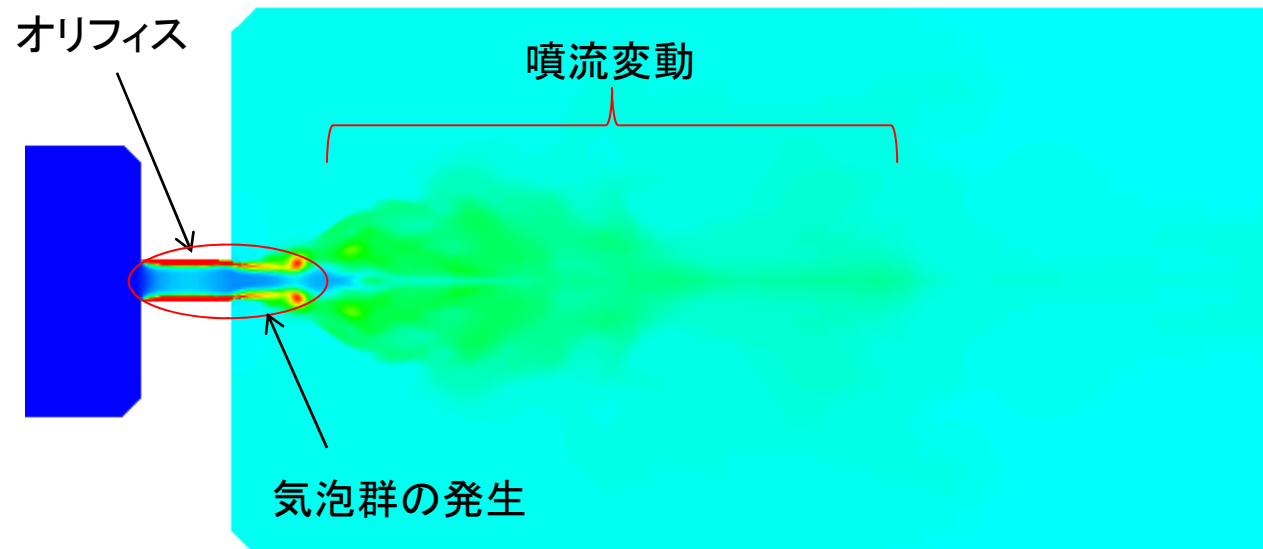
スライディング格子機能の改良により安定性が向上
翼部前後における全水頭のデータを取得

事例テーマ:オリフィス出口におけるキャビテーション噴流解析

[目的]

オリフィス部における噴流変動と気泡群発生の解析を行った

[解析対象]



事例テーマ:オリフィス出口におけるキャビテーション噴流解析

Advance/FrontFlow/redのキャビテーションモデルについて

- 東北大学 井小萩研究室で研究されているモデルを使用
- 気液二相局所均質媒体モデル 気液二相媒体中の微小体積要素内に無数の微細な気泡または液滴が均質に分布すると仮定

圧力

$$p = Y\rho R_g T + (1 - Y)\rho K_l(T + T_0)\frac{p}{p + p_c}$$

音速

$$c^2 = \left. \frac{dp}{d\rho} \right|_s = \frac{C_2}{C_0 - C_1/C_{pm}} T,$$

$$C_0 = 1 - (1 - Y)\rho K_l(T + T_0)\frac{p_c}{(p + p_c)^2}$$

$$C_1 = R_g Y + K_l(1 - Y)\frac{p_c}{p + p_c}$$

$$C_2 = R_g Y + K_l(1 - Y)\frac{T + T_0}{T}\frac{p_c}{p + p_c}$$

(参考文献) Y. Saito, R. Takami, I. Nakamori, T. Ikohagi, “Numerical analysis of unsteady behavior of cloud cavitation around a NACA0015 foil”, Computational Mechanics (2007)



事例テーマ:オリフィス出口におけるキャビテーション噴流解析

[解析条件]

支配方程式	非定常圧縮性NS方程式
乱流モデル	LES(標準スマゴリンスキーモデル)
対流項離散化	2次精度風上差分
時間積分法	Euler陰解法
物理モデル	キャビテーションモデル

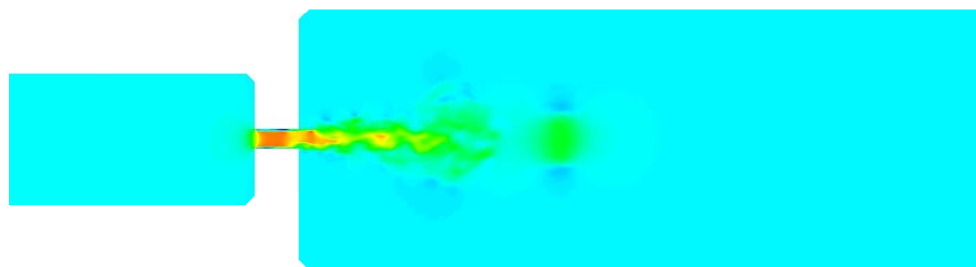
[解析規模]

格子形状	ヘキサメッシュ
格子数	約70万
時間刻み	2.0d-7 (s)
並列数	4

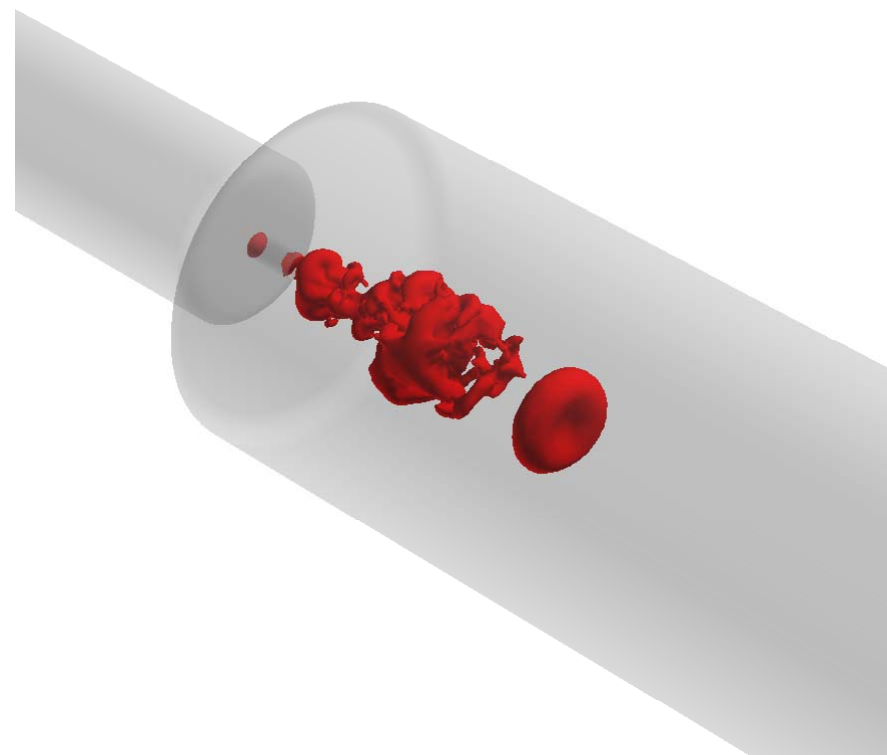


事例テーマ:オリフィス出口におけるキャビテーション噴流解析

[解析結果]



流速



ボイド率

キャビテーション噴流における気泡発生と噴流変動を再現

さまざまな分野においてLESを用いた解析が行われ、高精度な非定常解析結果が得られております。

また、スライディング格子機能の改良やキャビテーションモデルなど新規機能の実装により、解析対象も広がっています。

さらなる基本機能の改良や新規機能の開発を進めて参りますので、今後とも何卒よろしくお願い申し上げます。



謝辞

弊社セミナーの実施に際しまして、解析事例
をご提供下さいました大学、研究所、メーカ
ーの皆様に厚く御礼申し上げます

