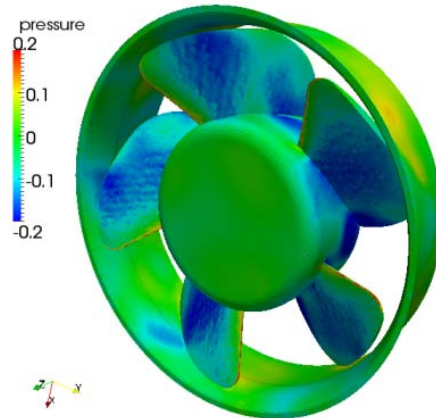


特徴

次世代流体解析ソフトウェア「FrontFlow/blue」は、東京大学生産技術研究所 加藤千幸教授のもとで開発された、汎用乱流解析ソフトウェアです。ラージ・エディ・シミュレーション (LES) 手法による大規模渦の高精度な乱流シミュレーションが可能です。



複雑形状を持つ流れ場の解析を実現

有限要素法を用いて、非定常非圧縮性ナビエ・ストークス (Navier-Stokes) 方程式を数値的に解いています。

LES 手法を活用

- ・ 時間平均モデルに基づく RANS 手法に比べて精度の高い、ラージ・エディ・シミュレーション (LES) 手法を基に細かな乱流渦の非定常挙動を予測することができます。
- ・ 計算格子以上の大きさを持つ乱流構造を直接計算の対象とします。一方で計算格子以下の小さな渦はスマゴリンスキーモデルによりモデル化して扱います。

オーバーセット (overset) 機能

計算格子は、オーバーセット (overset) 機能を用いて作成する重合格子の利用が可能です。マルチフレーム (回転系と静止系の混在系) の計算や解析精度を上げるために計算格子を局所的に細分化することなども容易に行えます。

最適領域分割・統合処理の実装

地球シミュレータを代表とするベクトル計算機および PC クラスタ等のスカラー型並列計算機で、高速に動作するように最適化されており、自動化された最適領域分割・統合処理の実装によって、数百万から数億節点の大規模並列計算に対応しています。

解析対象

解析ターゲットとしては、例えば次のものがあげられます。

流体音響解析	乱流境界層まで解像可能な計算格子を用いることにより、乱流渦の振る舞いを精度良く解析することができ、乱流渦を音源とする乱流音を評価します。 (例:ドアミラー周りの流れ、新幹線の騒音低減対策)
流体機械の 内部流れ解析	ポンプやファン等の回転機械の内部流れを高精度に予測します。機械性能の定量評価を実現します。 (例:多段水力ポンプの大規模解析、ロケットエンジンのキャビテーション対策)
流体-構造 連成解析	FrontFlow/blue と他の構造解析ソフトウェアとを連携して、流体と構造の連成解析を実現します。流れ場の解析だけでなく、構造解析を実施することで振動や騒音の厳密な評価ができ、機器の設計を総合的に推進させることができます。(例:ポリゴンモータの騒音低減対策、ロケットエンジンの振動解析)

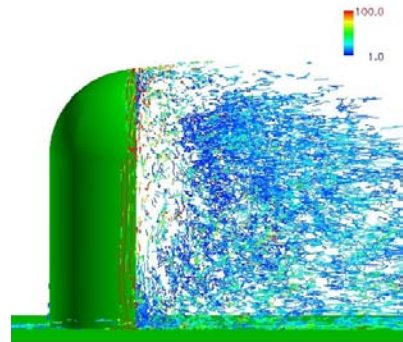
機能

流体解析エンジン	FrontFlow/blue
基礎方程式	3次元非定常非圧縮 Navier-Stokes 方程式
乱流モデル	Large-Eddy-Simulation (LES)、DES、RANS
離散化手法	有限要素法 (Time-accurate streamline-upwind)
時間積分法	Crank-Nicolson 法
行列解法	Bi-CGSTAB、ABMAC、残差切除法、IDR
カップリング手法	Fractional-step 法 (低マッハ数近似)
対応メッシュ	六面体、四面体、プリズム、ピラミッド 移動・回転座標系／オーバーセットメッシュ機能により、マルチフレーム解析が可能
ベクトル／超並列計算	・ベクトル計算機およびスカラー型超並列計算機上で高速動作するよう最適化 ・自動化された最適領域分割・統合処理を実装した領域分割法によって、数百万～数億節点の大規模超並列計算に対応
流体音響解析	流体解析により音源を計算し、Lighthill の音響解析から導かれた Curle の式によって流れから発生する流体音を予測可能
動作確認プラットフォーム	IBM AIX、HITACHI HI-UX/MPP、HP HP-UX、SGI IRIX、NEC SUPER-UX (SX 地球シミュレータ)、DEC OSF/1、Sun Solaris、IA-32/IA-64、Linux 等
プリ・ポストプロセッサ	既存のメッシャー、可視化ソフトとの接続にも対応可能 (※詳細は、ご相談ください)
メッシュの作成	Gridgen
計算結果の可視化	ParaView、FieldView

事例

自動車ドアミラーを音源とする騒音解析

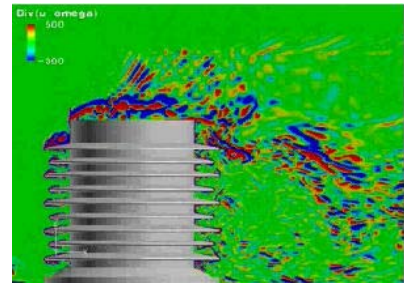
自動車のドアミラーを音源とする騒音を評価するためには、ドアミラー表面の圧力分布を精度良く予測する必要があります。そこで表面の乱流境界層を解像可能な細かい計算格子を用いることで、流れのはく離点を実験結果と同程度の正確さで求めることができました。



(東京大学加藤千幸研究室ご提供)

新幹線パンタグラフの碍子周りの流れ解析

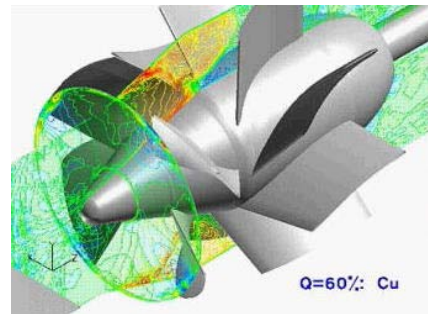
高速走行する新幹線における騒音源の一つとしてパンタグラフがあげられます。本解析ではパンタグラフの碍子周りの流れ解析を行い、そこで発生する乱流渦が音源となる騒音を定量的に評価しました。右図は、碍子周りの渦度分布を可視化したものです。



(東京大学加藤千幸研究室ご提供)

斜流ポンプの流れ解析

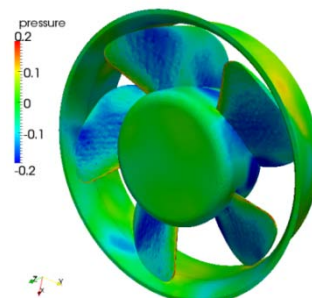
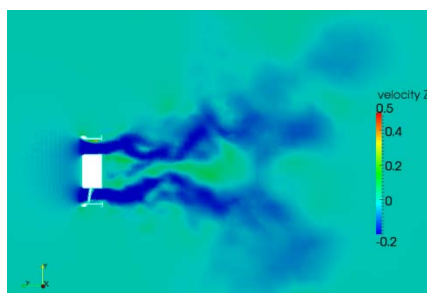
オーバーセット格子を使うことで、羽根が回転する効果を流れ解析に取り入れることができます。この図は斜流ポンプの内部流れの解析結果です。



(東京大学加藤千幸研究室ご提供)

ボックスファンの流れ解析

オーバーセット格子を使うことで、羽根が回転する効果を流れ解析に取り入れることができます。この図はボックスファンの解析結果です。



活用ポイントと導入効果

活用ポイント

超並列の計算機環境で大規模解析を短時間で実行する。

導入効果

計算時間見積り

コア当たり 20 万要素の場合、実効性能が 0.5GFLOPS のマシンで計算を実行した場合、1 ステップ当たり約 8 秒で実行可能。

50 コア使用できれば、1000 万要素規模の計算でも 10000 ステップの実行が約 1 日で実現できる。

動作環境

OS : Linux, Windows