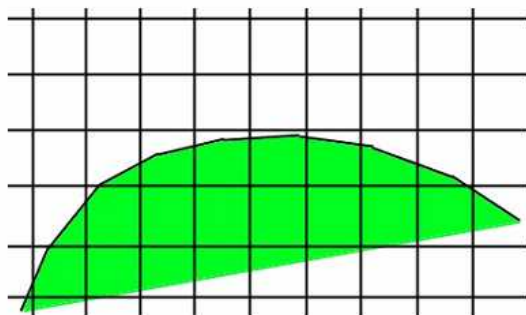


## FlowVision HPC 計算流体力学ソフトウェアの特長

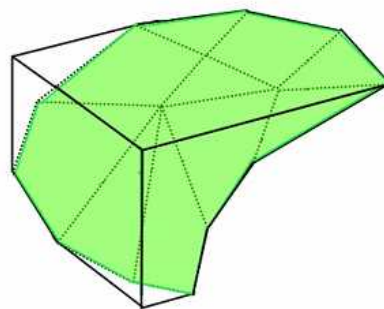
FlowVision HPC は著名な計算流体力学ソフトウェアと同一ランクに位置づけられるハイエンドの汎用計算流体力学ソフトウェアですが、幾つかのユニークな特長を持っています。ここではこれらの特長について記述します。

### (特長その1) 格子を瞬時に生成

FlowVision HPC では CAD システムから形状をインポートして直交適合格子で格子生成します。物体近傍ではサブ格子形状分解(Sub Grid Geometry Resolution:SGGR)法が適用されて、物体表面を直交セルが自然に切り取ります。この結果、複雑な曲面境界でも簡略化されることなく格子が瞬時に生成されます。又、これにより必要とされる格子数は大幅に削減されます。



直交適合格子

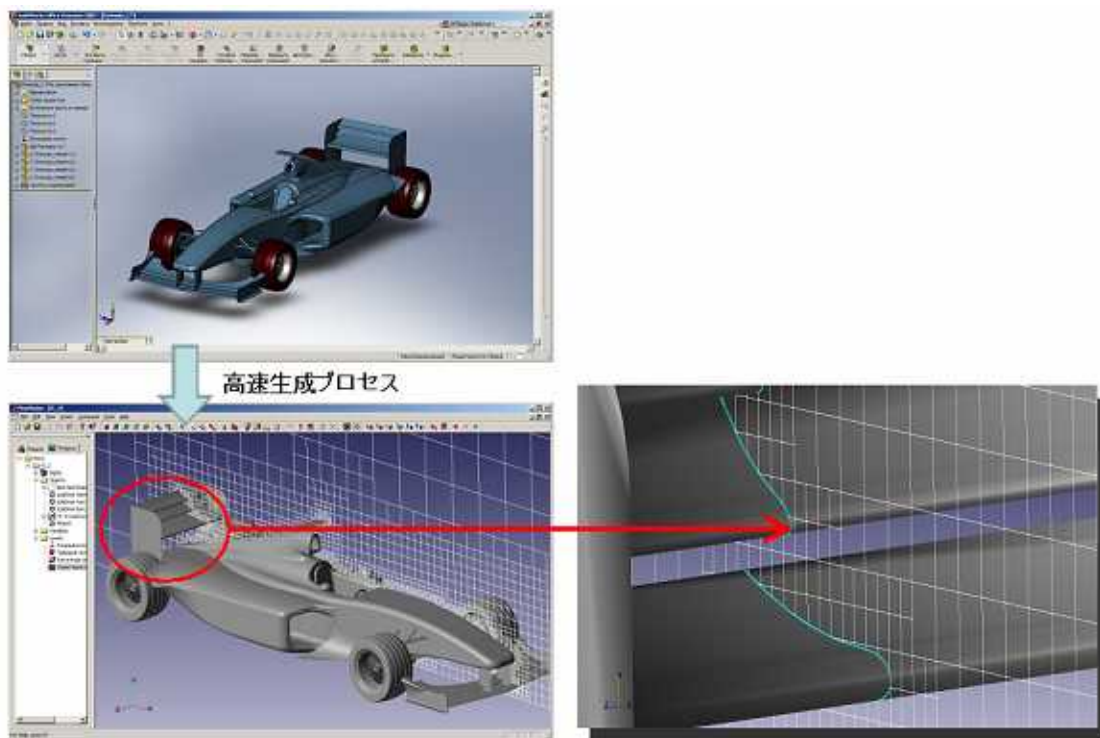


SGGR 境界セル

複雑な形状フィーチャーに対しては更に局所格子適応が対応します。物体境界近傍の格子精緻化のレベルを予め設定しておくことで形状に沿った格子が生成されます(次頁の図を参照ください)。この局所格子適応は形状のみならず、解に対しても適用されます。

これらのサブ格子形状分解法や局所格子適応は完全自動化されていますので、操作に際し

て意識する必要がありません。結果として格子生成は非常に短時間に実行されます。

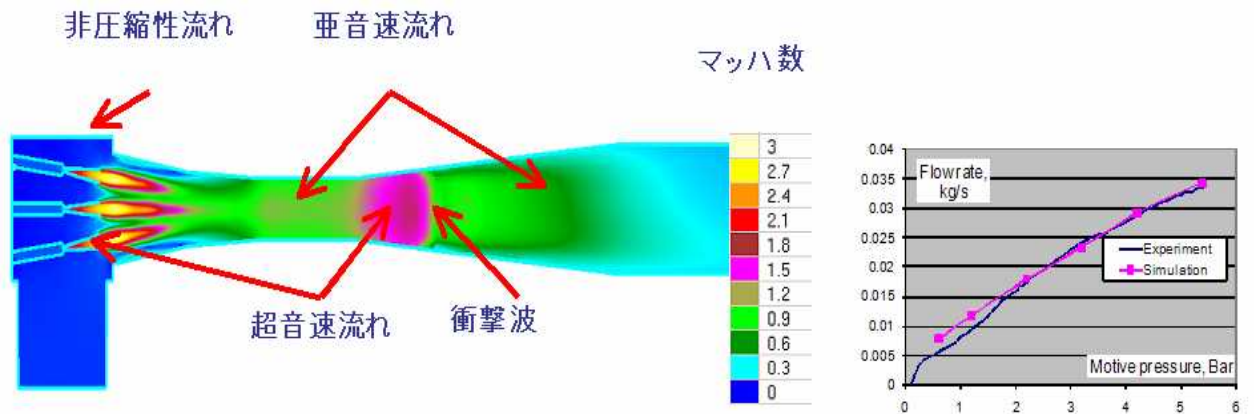


局所格子適応

### (特長その2) ひとつの手法で全マッハ数対応

FlowVision HPC では全ての領域で同じアルゴリズムが適用されます。これにより Mach=0 (非圧縮性ガス) の領域と Mach $\gg$ 1 (超音速流また極超音速流) の領域が同じ計算領域に存在可能です。

次頁の図はストリーム・イジェクターの流れを解析した例です。左の低速領域と中央の亜音速及び超音速の領域が同時に解析されています。

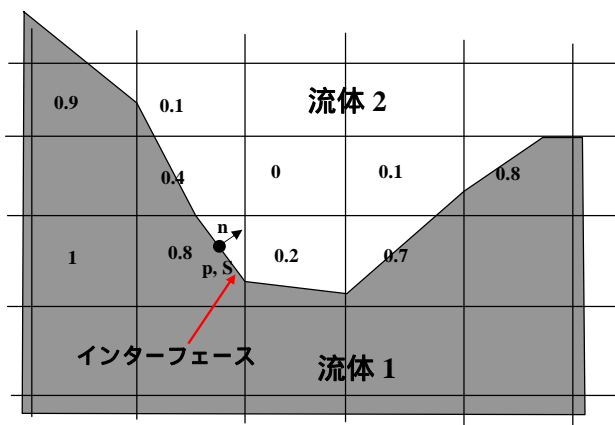


ストリームジェット・イジェクターの流れ

圧力 / 流速マップ  
計算 vs. 実験

(特長その3) 進化したVOF法

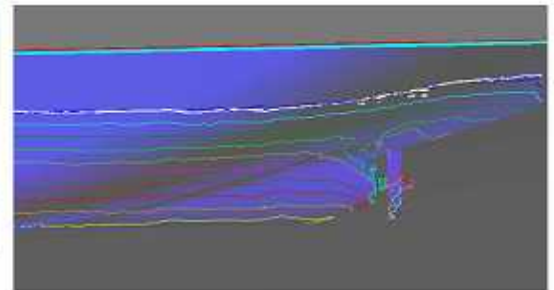
VOF (Volume Of Fluid) 法は流体によるセルの占有割合により自由表面を表現する手法です。VOF=1 はセルが流体 1 のみを含むことを意味します。VOF=0 はセルが流体 2 のみを含むことです。0<VOF<1 は流体 1 と流体 2 の間にインターフェースを持つことを表し、自由表面セルと呼ばれます。FlowVision HPC は前述の SGGR 法を自由表面セルに適用することでより高精度の VOF 法に進化させました。



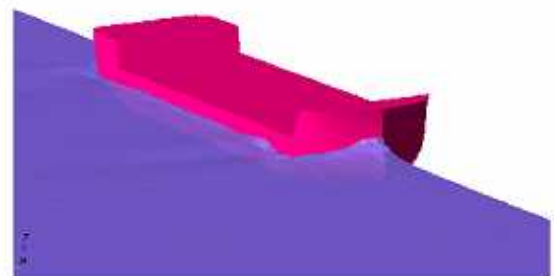
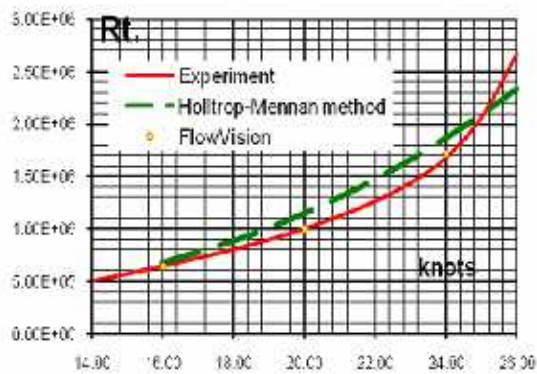
セル内の自由表面をSGGR法により再構成

以下の図は FlowVision HPC を船の流体解析に適用した事例です。流体抵抗を高精度でシミュレーションしています。

**FlowVision** は船の流体抵抗を高精度(< 3%)でシミュレート



船殻周辺の圧力分布



船殻周辺の波浪パターン

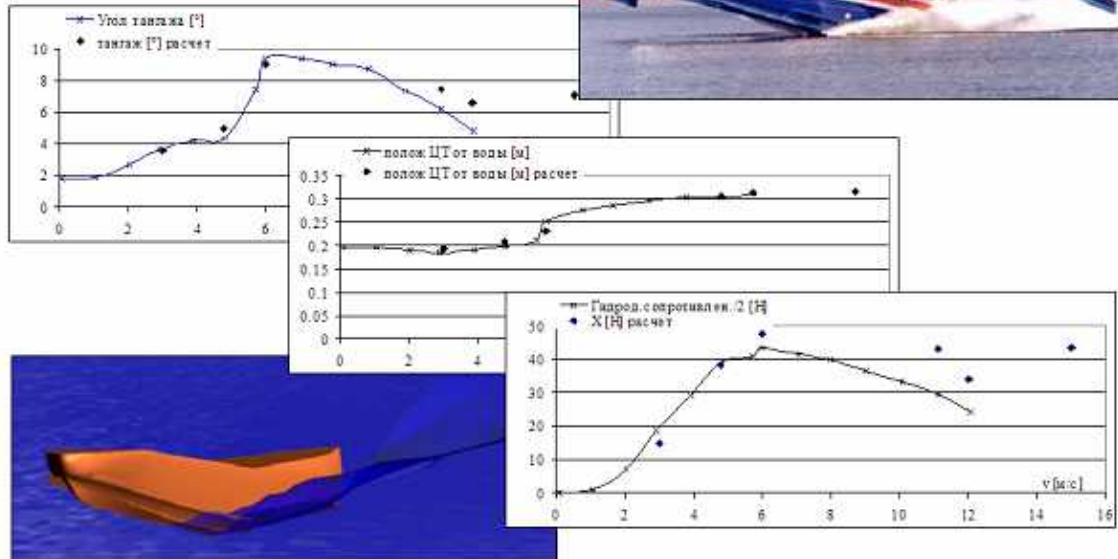
#### (特長その4) 移動体

FlowVision HPC では移動体と前述の自由表面を同時にモデル化します。移動体の自由度は6自由度で、移動体の数に制限はありません。移動体のモーションはユーザにより定義されて、平行移動、回転速度、ボディ運動を規定する力などで指定されます。移動体シミュレーションは高精度・高速の Euler 法が採用されており、衝突現象も問題ありません。

次頁の図は水上飛行機のシミュレーションに適用した事例です。移動体としての水上飛行機と自由表面の波浪が同時に解析されています。

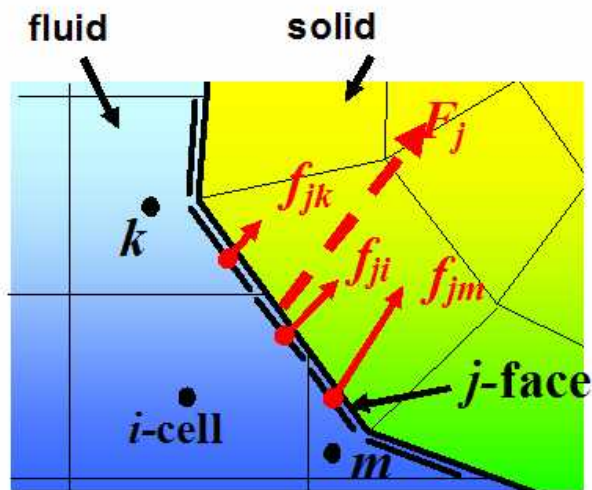
## 水上飛行機

### 離陸及び着陸パラメータの決定



### (特長その 5) 流体構造相互作用

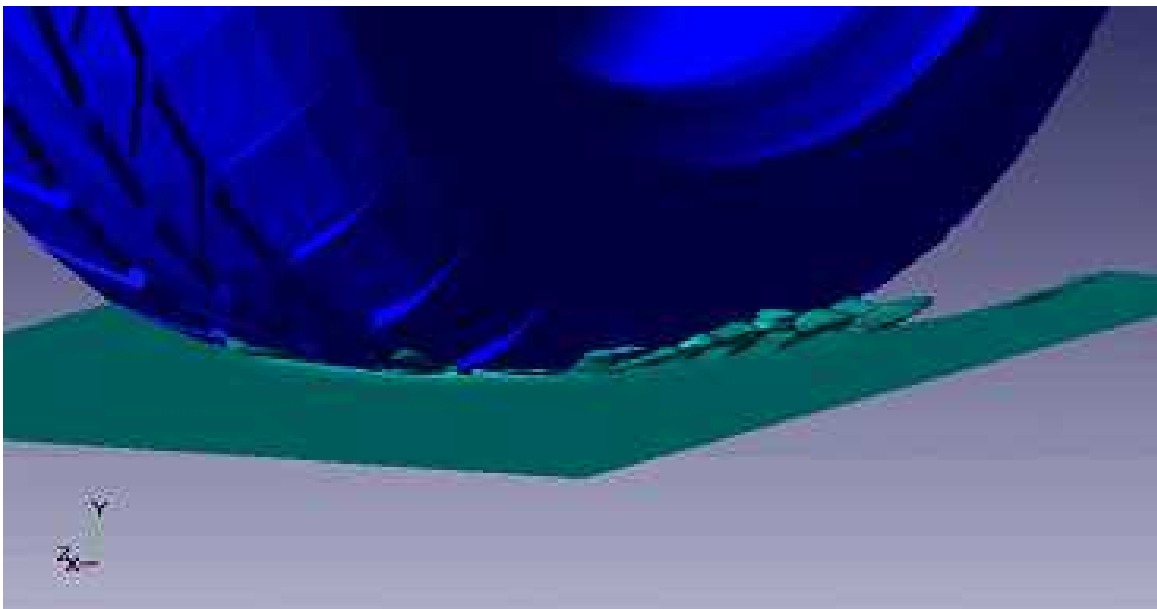
FlowVision HPC は、自身の有限体積法格子と ABAQUS の有限要素を自動マッチングして、ダイレクト結合で流体構造相互作用を解析します。中間構造や 3rd パーティのツールは使用されません。前述の SGGR 法が流体と固体セル間の自然なインターフェースを提供します。有限要素の外部フェースに作用する力は、異なる流体セルがこの外部フェースに作用する力の合計になります(次頁の図を参照ください)。



フェースjに流体が及ぼす力:

$$\mathbf{F}_j = \mathbf{f}_{jk} + \mathbf{f}_{ji} + \mathbf{f}_{jm}$$

下の図は自動車用タイヤのハイドロプレーン現象をシミュレーションした事例です。道路上の流体を FlowVision HPC がモデル化し、タイヤ構造を ABAQUS がモデル化しています。タイヤと流体の接触面では流体セルが次第に押しつぶされて行きますが、このような現象があっても問題なく解析できます。

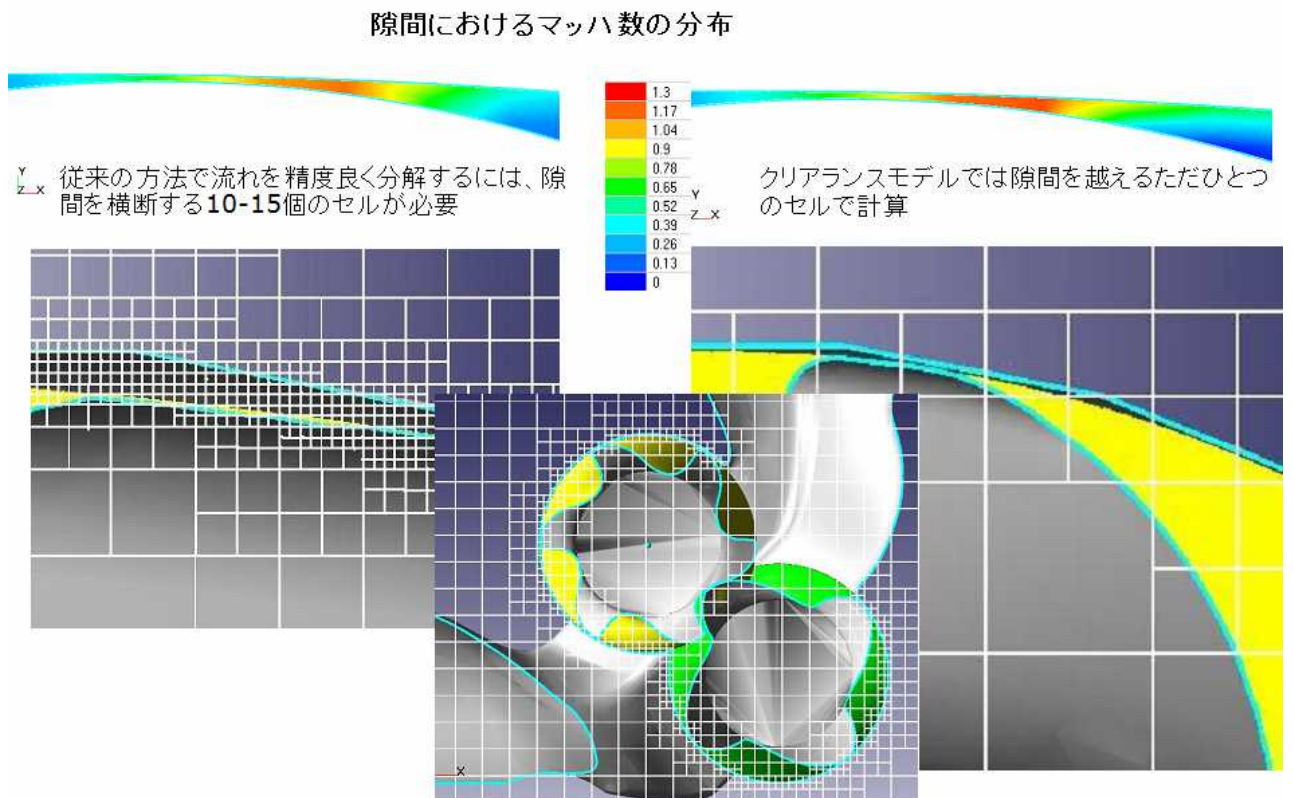




## (特長その6) クリアランス・モデル

狭い隙間が頻繁に流れ領域に存在する場合、それらの格子分解のために計算コストは膨大なものになります。FlowVision HPC では特殊なクリアランス・モデルを導入することで、粗い格子で隙間流れを解析します。

下図はスクリー・コンプレッサーに適用した事例で、全体の大きさが約 30cm に対してローターとハウジングの隙間は約 1 ミクロンです。FlowVision HPC では自動的に隙間が認識されて、隙間を越えるひとつのクリアランス・モデルが適用されます。左側の分布図は従来手法による解析結果で、右側の分布図がクリアランス・モデルによる解析結果です。



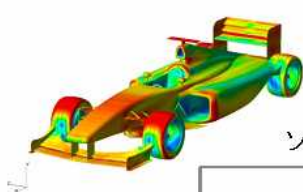
## (特長その 7) 並列計算

FlowVision HPC は並列ソルバー対応です。マルチコア・マルチプロセッサ・ノードで構成されたワークステーションやクラスター上で動作します。共有メモリ、分散メモリ及び両者の複合メモリを持つ並列コンピューターで効果が発揮されます。複雑なシミュレーションも週単位から日単位にスピードアップされます。

- 分散メモリ計算モデル
- 共有メモリ
- 自動領域分解
- MPIアーキテクチャ



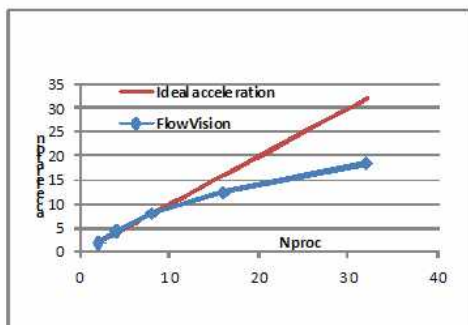
クラスター



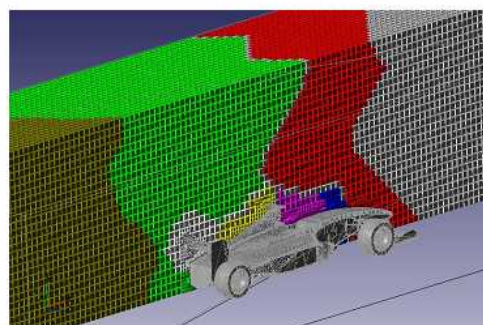
クラスターでのFormula-1シミュレーション

**Cluster:** 16 nodes, 4 cores/node, 2GB memory, 1.4GHz frequency, Myrinet

ソルバーのスケールビリティ



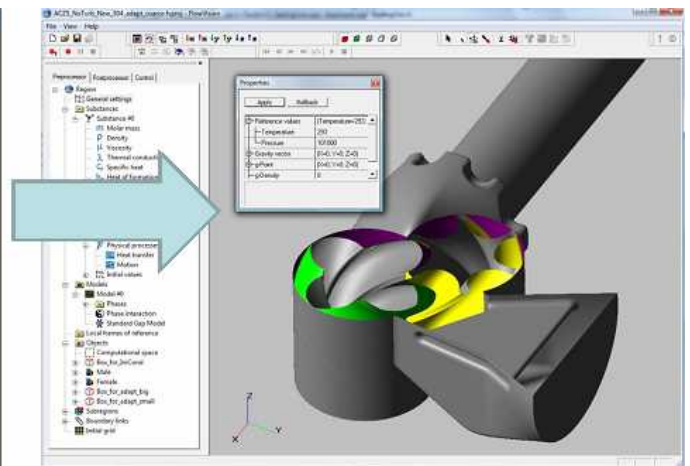
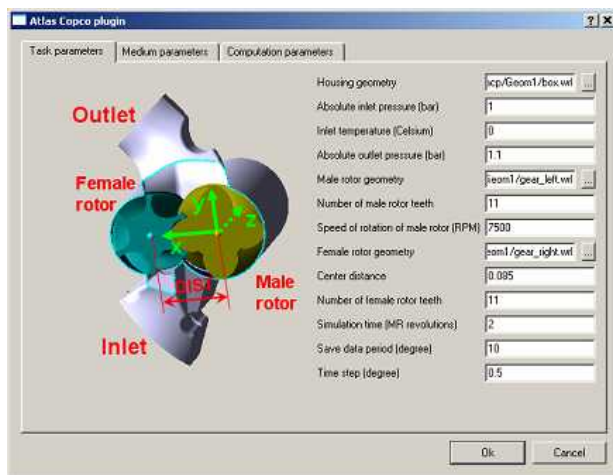
複数プロセッサへの領域分割



## (特長その 8) カスタマイズが容易

FlowVision HPC はオブジェクト指向 C++でプログラミングされているため、カスタマイズが簡単です。新しい物理モデルのインプリメントや新しいグラフィックツールの導入も容易にできます。又、プロジェクトを簡単に生成するためのカスタマイズ・テンプレート（プラグイン）が用意されています。次頁の図は前述のスクリーン・コンプレッサーのプラグインの事例で、入力エラーを起こすことなく簡単にシミュレーション・パラメータを設定できます。





< 開発元 >

Capvidia

Add: Research Park, Haasrode, Technologielaan 3, B-3001, Leuven, Belgium

<http://www.capvidia.com> (全般)

<http://www.fv-tech.com/> (FlowVision 関係)

< 国内連絡事務所 >

有限会社 ワイ・エム・スリー

住所：神奈川県川崎市中原区井田杉山町 27 番 1 - 208 号

電話：044-751-6076

e-mail: [info@ym3.biz](mailto:info@ym3.biz)

<http://www.ym3.biz>