

GPU ソルバーで流体解析の飛躍的な高速化を実現！

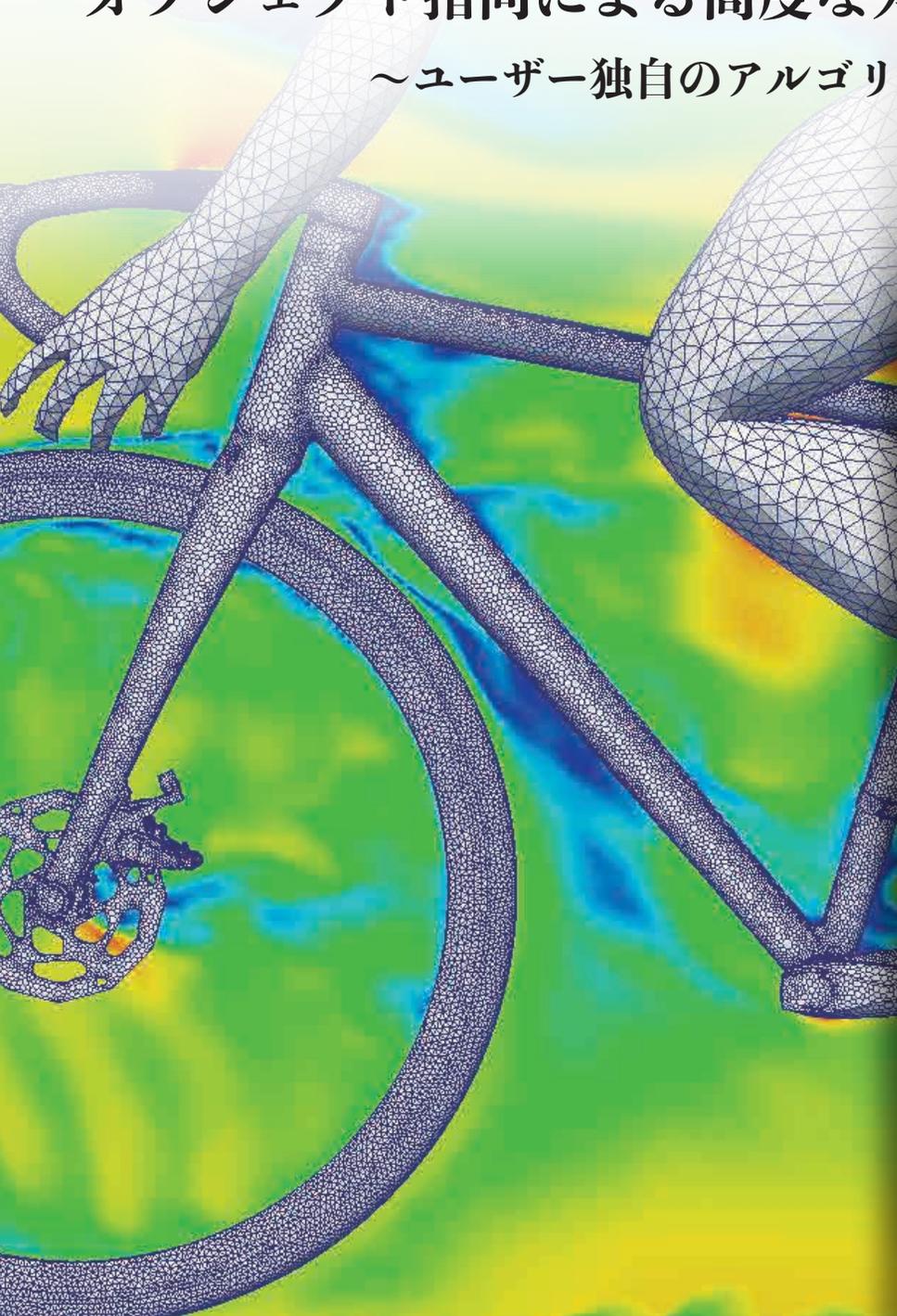
有限体積法による汎用 3 次元流体解析プログラム



# Wildkatze

オブジェクト指向による高度なカスタマイズに対応

～ユーザー独自のアルゴリズムで CFD の頂点へ～



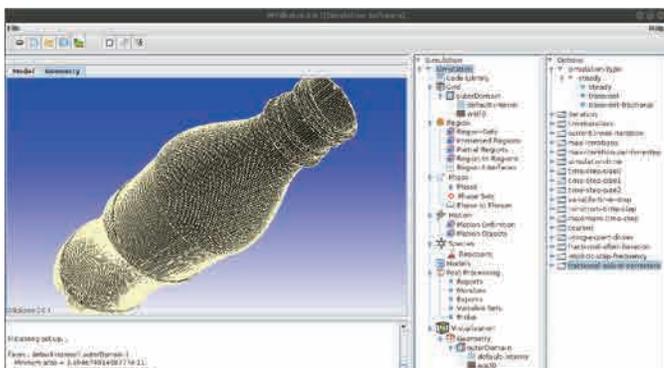
# Wildkatze

Wildkatze は、有限体積法による汎用 3 次元流体解析プログラムです。

従来の流体解析ソフトウェアは、ソルバの高度なカスタマイズが非常に複雑でしたが、Wildkatze では、ソルバ内部のほぼ全ての変数と設定へのアクセスをユーザー自身による C++ コーディングにより可能にしました。これにより、柔軟で高度なカスタマイズ性が実現され、ユーザー独自のアルゴリズムを容易に組み込むことが可能になりました。

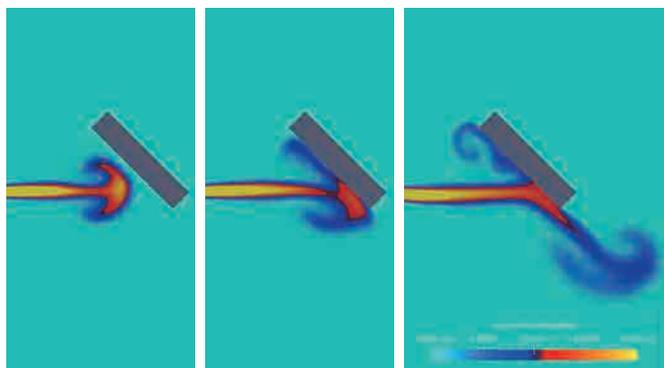
さらに、分割された領域ごとに異なる物理モデルを設定することが可能なので、その物理モデルごとに異なるスキームを適用し、より多様な解析によって現象再現性が高まります。

## 主要機能



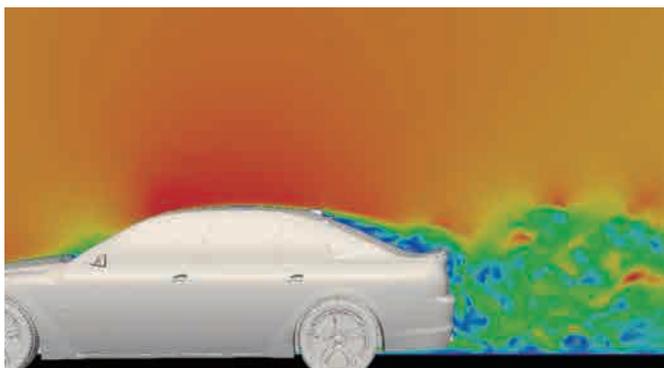
### ■物理モデルの柔軟な適用

通常、流れ場は様々な物理現象が混在しており、一つの物理モデルで捕らえることは困難です。Wildkatze では、解析領域を分割し、異なる物理モデルを適用することが可能です。例えば、ある領域で LES モデルを使用し、別の領域では K-Omega 乱流モデルを使用することが可能です。



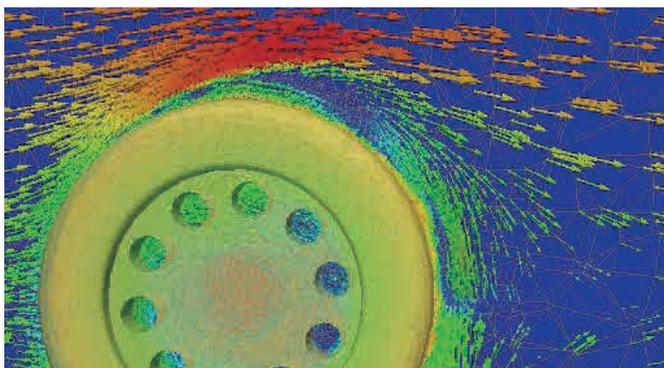
### ■スキームの柔軟な適用

通常、タイムステップスキームや、勾配計算スキームを選択した場合、シミュレーション全てに対して、同じスキームが適用されます。Wildkatze では、物理モデルごとに異なるタイムステップスキームや、勾配計算スキームをそれぞれ選択することが可能です。



### ■有限体積法を用いたカスタマイズ

Wildkatze では、ユーザー自身による C++ コーディングにより、ソルバ内部のほぼ全ての変数と設定へのアクセスが可能です。非常に柔軟なカスタマイズ性により、お客様は先進的な研究をするための独自モデルを Wildkatze へ簡単に組み込むことが可能です。



### ■Immersed Boundary 法

Wildkatze では、運動する構造体に伴う流れの解析を行う場合、構造体と周囲の流体に対して異なるメッシュを生成します。構造体の運動が流体に及ぼす影響は、流体メッシュ間をカップリングして計算を行うので、解析時に発生するメッシュのつぶれによる解の発散を防ぎます。

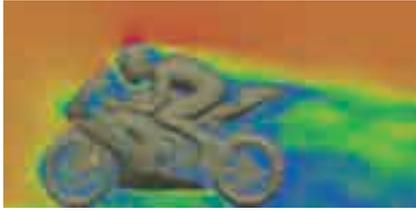
## GPU 対応

### ■背景

近年、本来グラフィックス処理用に開発されたGPUを科学技術計算等の汎用的な用途に応用する技術が注目されています。GPUは画像や動画のスムーズな描画を実現するため、大量のデータを高速に処理する高い並列処理能力を持っています。また、CPUに比べてコストメリットが大きく、コア数の大きなCPUを搭載したスーパーコンピュータよりもGPUを積んだワークステーションの方が導入コストを低くできる場合があります。このような流れを受け、WildkatzeはGPUによる流体解析計算への対応を実現しました。

### ■GPU対応ソルバーの検証事例

走行するモーターバイクモデル及び簡易車体モデルの定常空力解析（反復回数1000）を実施しました。CPU8コア使用の場合と比較し、GPUを使用することで高速化を実現できています。

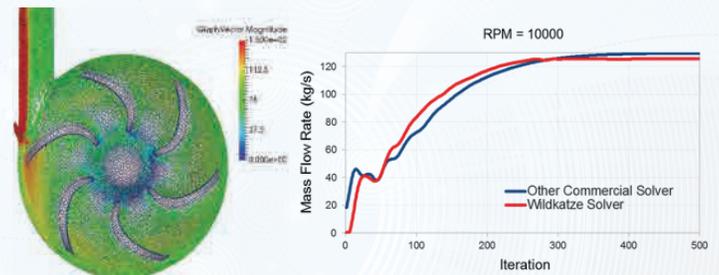
モデル	メッシュ数	計算機	計算時間 [hr]	
			CPU 8コア	GPU
	190万	NVIDIA GeForce RTX2070 搭載機	0.75	0.16 (x4.7)
		NVIDIA P100 搭載機	0.78	0.19 (x4.1)
		NVIDIA A100 搭載機	0.60	0.08 (x7.5)
	630万	NVIDIA P100 搭載機	4.11	0.53 (x7.8)
		NVIDIA A100 搭載機	4.08	0.17 (x24)

## 検証

### ■回転ブレードの流れ

回転しているブレード内に流入した流れを MRF (Moving Reference Frame) モデルを用いて解析しています。MRF モデルは、回転を伴うシミュレーションに用いられ、異なる運動をするいくつかの領域ごとに異なる座標系を定義して計算する手法です。

回転数 10,000 [RPM] における定常計算を行った結果では、結果が収束するまでに要した反復回数と質量流量の関係が他の商用ソルバと比較しても同等の結果が確認できています。



## カスタマイズ例

### ■浅水方程式の適用

2次元の浅水方程式に対して、ソルバをカスタマイズし、津波のシミュレーション(水・その他非圧縮性流体の波伝播モデル)を行っています。浅水方程式は、水深に比べて波長が十分に長く、水平流速は水深に依存しないといった前提条件を適用しています。

### ■解析結果

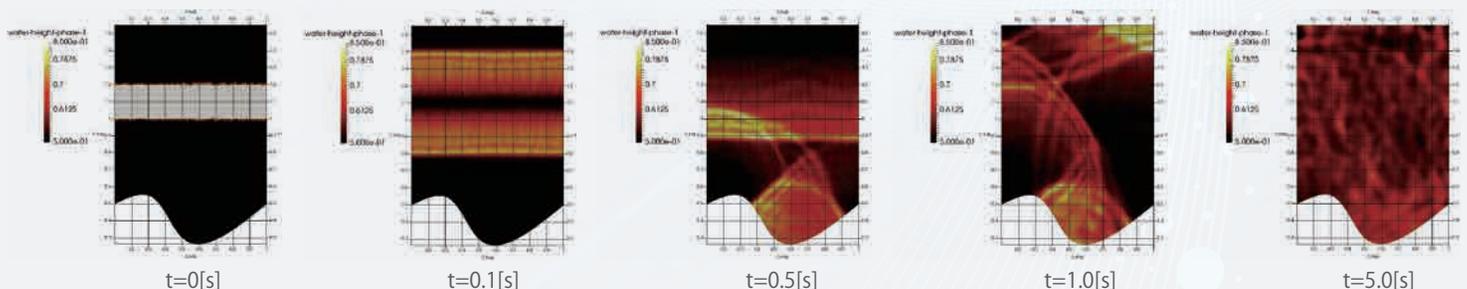
水面から高さ 1[m]、幅 0.2[m] の水柱を初期界面とし、その後発生する波の形状を解析します。時間経過ごとの結果を見ると、波が壁に当たり反射して干渉する様子が再現されています。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial(u^2h + \frac{1}{2}gh^2)}{\partial x} + \frac{\partial(uvh)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(uvh)}{\partial x} + \frac{\partial(v^2h + \frac{1}{2}gh^2)}{\partial y} = 0$$

$t$ : 時間  $x, y$ : 2次元座標  $h$ : 水面の高さ、または水深  
 $u, v$ : 水平速度

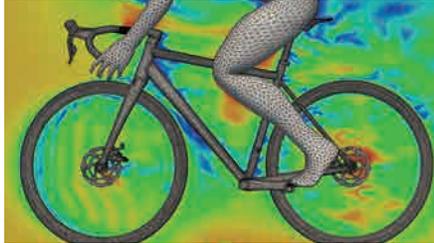


## 適用事例

### ■自転車周りの空気流れ

時速 30km で走行する自転車周辺の空気流れをシミュレーションしています。

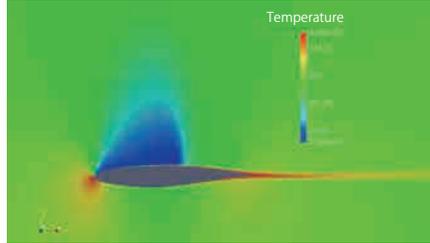
モデル：Immersed Boundary 法  
(回転するタイヤ)



### ■RAE 2822 翼周りの圧縮性音速流れ

RAE 2822 翼周りの圧縮性音速流れを 2 次元で解析しています。

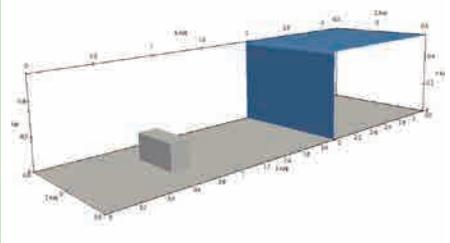
モデル：RANS 乱流 Spalart Allmaras  
主流マッハ数：0.73  
迎角：2.79°



### ■ダム決壊

初期位置から水が流れ出し、障害物にぶつかり、はね上がる様子をシミュレーションしています。

モデル：陽的 VOF 法  
クーラン数：0.1



## モデリング機能

乱流モデル	RANS モデル	K-Epsilon	重力モデル	○
		K-Omega	フラクショナル流れモデル	○
		Spalart-Allmaras	反応流	○
	LES モデル	Smagorinsky	剛体	○
		動的 Smagorinsky	エネルギーモデル	○
		運動エネルギー輸送方程式	圧縮性流れモデル	○
混相モデル	VOF モデル	1 次風上スキーム	熱解析	○
		CICSAM スキーム	反応樹脂流動	○
		HRIC スキーム	粘性項解法	陰解法 / 陽解法
		HRIC-U2 スキーム	圧力補正法	運動方程式の係数スキーム
		HRIC-THINC スキーム		体積力荷重スキーム
	代数ドリフトフラックスモデル	対流項の離散化	1 次精度風上法	
自然対流	ブシネスク圧縮		2 次精度風上法	
			CUBISTA (3 次精度)	
表面張力モデル	CSS モデル	境界中心スキーム	○	
	CSF モデル			
Immersed Boundary	○	壁面距離モデル	○	

## 動作環境

OS: Red Hat Enterprise Linux, CentOS, Ubuntu  
※GCC7.3、Open MPI1.10.3、Vtk7.1.1 をインストールする必要があります。

## 価格

1 年間無償 (大学および研究機関の非商用利用に限る) ※商用利用については、お問い合わせください。

## お問い合わせ

本製品の詳細および主な仕様につきましては、専用ホームページをご確認ください。  
<https://www.digital-sol.co.jp/wildkatze>

形を予見する未来企業

デジタルソリューション 株式会社

〒732-0044

広島市東区矢賀新町四丁目 5 番 11 号 DSI ビル

Tel. 082-548-8686 Fax. 082-548-8280

URL <https://www.digital-sol.co.jp>



本カタログは予告無く変更されることがあります。カタログバージョン：2023.10.11