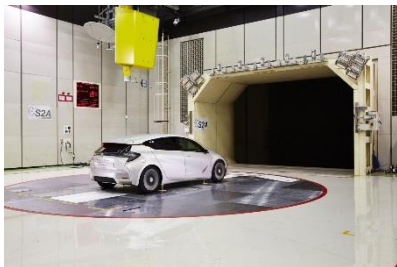


格子ボルマツ法ンベース流体解析ソフト ultraFluidXのご紹介

ULTRAFLUIDXのターゲットアプリケーション

世界基準の新燃費測定法 (WLTP)



高速化に伴う風切音



高層建築物、架橋の風圧試験



風車の干渉



船舶の燃費規制



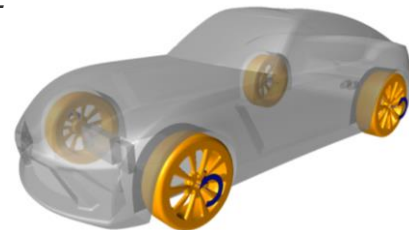
大型風洞の新設は企業にとって大きな負担
ランニングコスト（電気代、模型準備、試験工数）
外部の特殊風洞設備のレンタルの調整も難しい



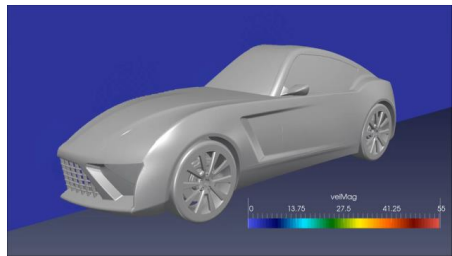
流体解析によるバーチャル風洞への期待

アルテアソリューションで構築するバーチャル風洞

- 実機に忠実な解析モデルを短時間で準備（格子ボルツマン法メッシュ）
- アルテアプリソフト（VWT）による効率的なモデル設定
 - 部品の置き換えによるモデル変更
 - 自動メッシュ作成



- 高精度の非定常空力解析（LES）を1ノード（4GPU）で一晩で計算



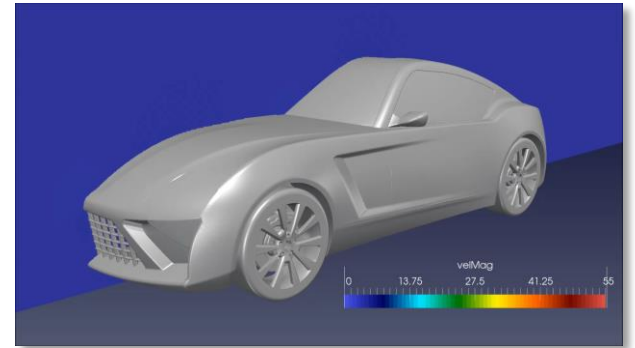
Volta 100 GPUs



- ソフトウェアとハードの費用
低コストクラウドサービスとソフトウェア

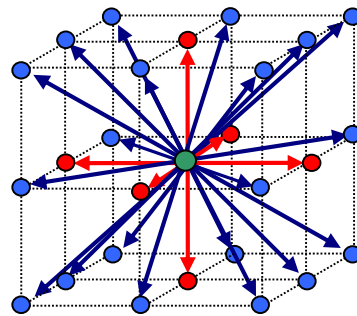
ULTRAFLUIDX – 車両空力解析に仕立てられた専用ソフト

- 複雑な実機車両形状を容易に解析
 - 実車CAD形状をクリーンナップなしに利用可能
 - 簡単にボリュームメッシュが作成可能
 - 容易に部品の入れ替えが可能 (“バーチャル風洞”)
 - 自動化に最適 (→WLTP!)
- 非定常空力解析に対する余力ある計算パワー
 - 車両周りの非定常渦を精度よく再現
 - 5年前: 解析物理時間 1秒
今日: セダン2秒 / SUV 5秒 / トラック 30+秒
 - (V)LES-乱流モデルに対する高いパフォーマンス (陽解法, 並列性能の高いLBMアルゴリズム)
 - 超低数値粘性
 - 風切音解析とモデルを共有
+ 多分野同時解析 (横風, 追い越し,)



格子ボルツマン法 (LBM)の基本コンセプト

- 離散ラティス上でボルツマン式を解法
 - ラティスを使って移流と衝突を演算
 - D3Q27 モデルの離散方向と速度に従って移流れが行われる。
- 流体運動は流体の粘性により決まる。
- 流れの非定常性は手法的に反映される。
- 細分化領域を含むすべての領域でCFL=1のタイムステップが保持 (2:1 細分化比)
- 巨視的に見た密度や流速は分布関数のモーメントをとることで求まる。
- 陽解法 (時間) 且つ 局所解法(空間): [perfect for massively parallel execution](#)

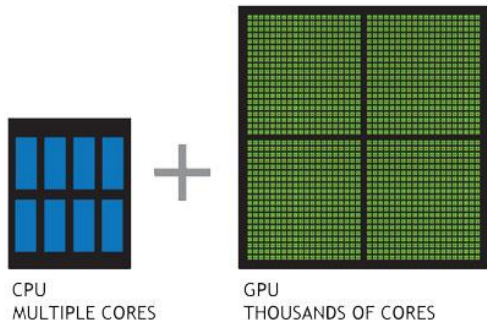


D3Q27



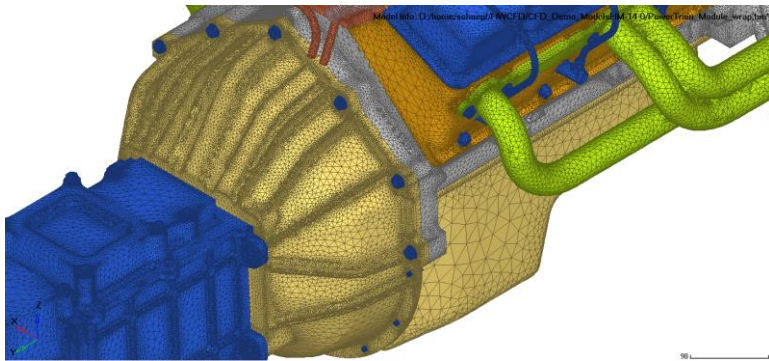
GPU コンピューティングパワーを究極的に活用

- GPUsは陽解法、局所的なアルゴリズムに対して桁違いの速度を発揮: **LBMと究極的な相性**
- 昨今の急速なGPU技術の発展はGPUベースのLBMコードに大きな優位性をもたらす。
(~ 1 GPU-h vs. ~ 150 core-h of CPU-ベース LBM):
 - 1ノードで大規模非定常空力解析を一晩で解析
 - 同等の計算機パワーのCPU並列機に対して低コストを実現
 - 低消費電力

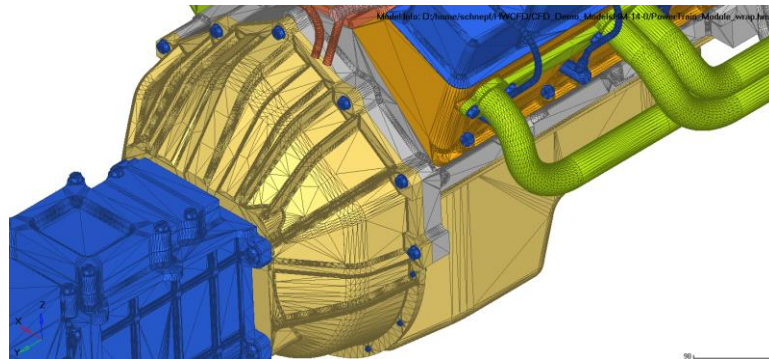


入力形状に対する低いメッシュ要件

- NSベースコードに対して低いメッシュ要件
 - 表面メッシュは形状を正確に再現しているだけでよい。(流体/固体領域, 壁距離)
 - 表面レイヤーメッシュの為に準備する必要がない。
 - 極端にアスペクト比が高い三角要素も許容。
 - 最小ボクセルサイズ以下のギャップを許容。(ギャップからの漏れなし)
- 他のCFD ソルバーのメッシュを修正なしにそのまま活用可能。



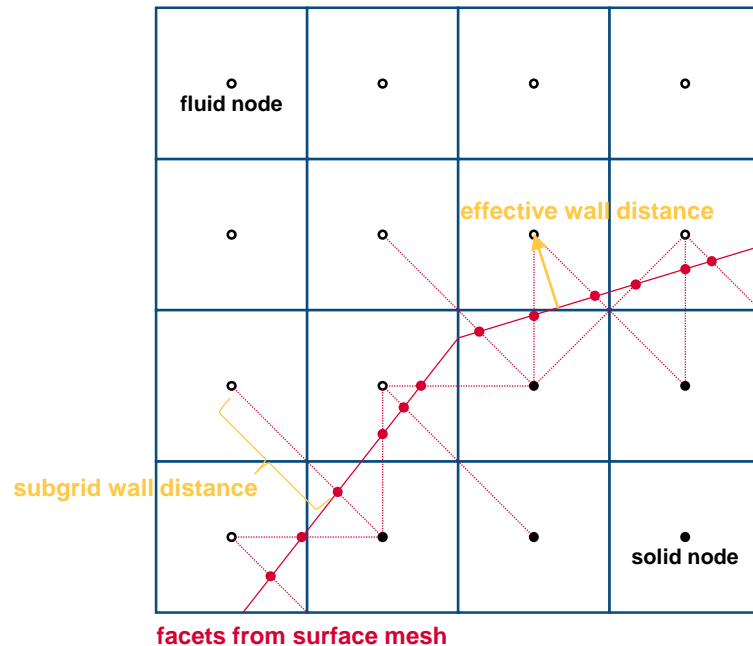
ナビエ-ストークス 表面メッシュ



ラティスボルツマン表面メッシュ

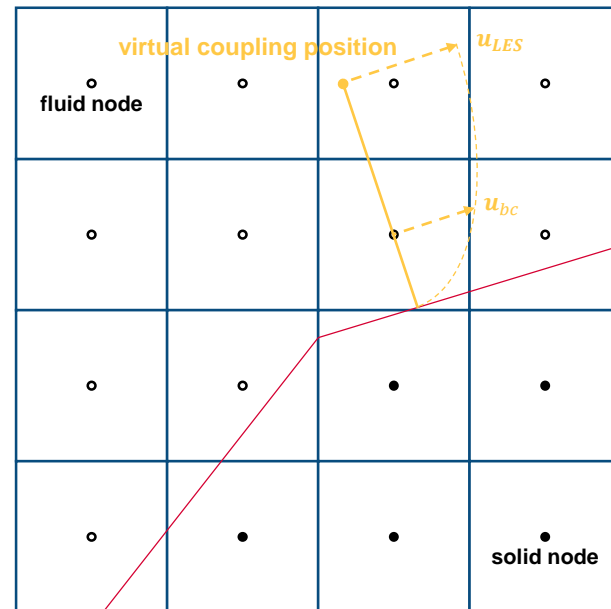
壁の取り扱い

- 形状モデリング
 - ボリュームメッシュが表面メッシュとの交差
 - 表面メッシュに対するボリュームメッシュの中心位置により、固体、流体ボクセルを判別
 - 壁モデルで使用する各ボクセルの有効壁面距離を計算:
 - 各離散方向に対してサブグリッド壁面距離を計算
 - 各離散方向を重み付け
- 少ないメモリで高速離散
- 必要以上に細分化された表面メッシュでも影響なし



TBLE-ベース 壁モデリング

- 高レイノルズでのLESシミュレーションでは、壁近傍まで解像が困難 → 壁モデルの必要性
- モデリングアプローチ
 - 流体中の仮想カップリング点の u_{LES} から1次元の乱流境界層式 (TBLE) を使って τ_w を計算。
 - τ_w から u_{bc} を計算
 - 境界層でLBMと一貫性のある u_{bc} を与える



facets from surface mesh

