

粒子法とGPUでCAE新時代を切り開く！ 粒子法ソフトウェア”Particleworks”が目指す先

Seminar Material

2010年11月5日

プロメテック・ソフトウェア株式会社
執行役員 川上 浩

- 会社案内・事業紹介
- 粒子法 (MPS法) とは
- 粒子法の得意分野
- Particleworksの並列計算手法
 - SMP/MPP
 - GPUコンピューティング
- まとめ

会社案内



会社概要 -Company Information-

企業情報

【会社名】

プロメテック・ソフトウェア株式会社
Prometech Software, Inc.

・取締役会長

岡本伸一 (株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント 元常務)

・代表取締役社長 CEO

花田孔明

・取締役ファウンダー 兼 CTO

藤澤智光 (工学博士)

・社外取締役

越塚誠一 (東京大学教授、工学博士、粒子法)

辻秀樹 (株式会社東京大学エッジキャピタル 取締役兼パートナー)

・執行役員

川上浩

玉木秀樹

・監査役

吉村龍吾 (モリソン・フォスター外国法事務弁護士事務所、
伊藤見富法律事務所[外国法共同事業事務所] パートナー)

・顧問

酒井幹夫 (東京大学准教授)

西田友是 (東京大学教授、工学博士、コンピュータグラフィックス)

設立年月日

2004年10月29日

資本金

201,610千円

主要株主

藤澤智光、越塚誠一、株式会社東京大学エッジキャピタル、三菱UFJキャピタル株式会社、大和SMBCキャピタル株式会社、明治キャピタル株式会社、りそなキャピタル株式会社、東京中小企業投資育成株式会社、プロメテック・ソフトウェア協力研究者持株会、プロメテック・ソフトウェア従業員持株会

所在地

東京都文京区本郷7丁目3番1号東京大学アントレプレナープラザ3階

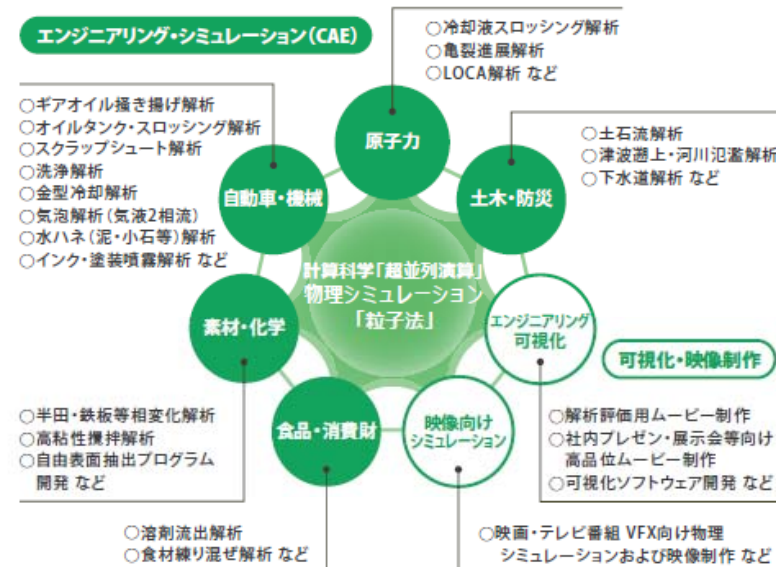


東京大学構内



アントレプレナープラザ

事業領域 -Computational Reality-



東大発ベンチャー、プロメテックの強みは産学連携研究体制

● 産学連携とプロメテックの役割
 ▼ Industry-Academia Cooperation and the Role of Prometech



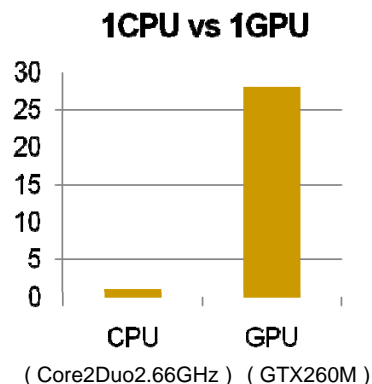
プロメテックは、大学との密接な共同研究開発体勢のもと、常に時代最先端のテクノロジーを取り入れ、お客様のご要望に応じた「ソリューション」としてご提供します。
 Prometech closely operates with universities within a joint R&D framework, and transforms the latest technologies into customer solutions.

- シミュレーションをより早く演算する技術
 - OpenMP, Mpi, GPUコンピューティング
 - Many Coreを如何に効率よく使うか？
- ManyCore SG Solverの自社開発
 - 自社開発粒子法ソルバーへ実装
 - お客様独自ソルバーへのご提供・コンサル
- 映像化技術(粒子法+表面抽出パッチ処理+ α)
 - フォトリアル可視化



東北大学

- TSUNAMI code
 - Tohoku University's Numerical Analysis Model of Investigating tsunami



Future Perspective

- Real-time tsunami forecasting
 - GPU Clustering
 - Warning issue (Nation level, Regional level)
 - Communication (Cell-phone, Digital TV)
- Real-time tsunami damage estimation
 - Search and find the tsunami impacted area
 - Emergency response

□ 粒子法 Particleworks™
Particle-based simulation software for CAE

粒子法活用事例

粒子法の適応範囲が広がってきています。

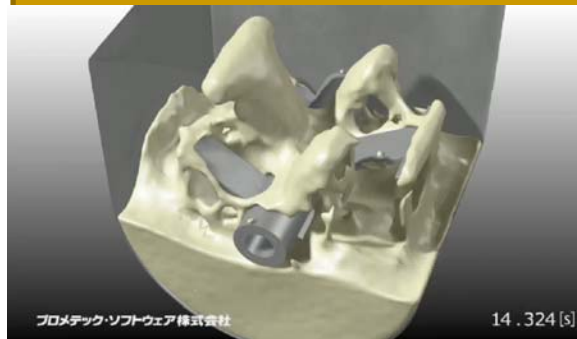
本日の私からの話題提供



PHYZIOS



CAE



解析精度
Validation
Verification

ゲーム



超高速演算
インタラクティブ

VFX



超大規模演算
リアリティ

融合できると新しい世界が見えてくる

粒子法

Visualization + VFX



“252”
©2008 “252” Film Partners



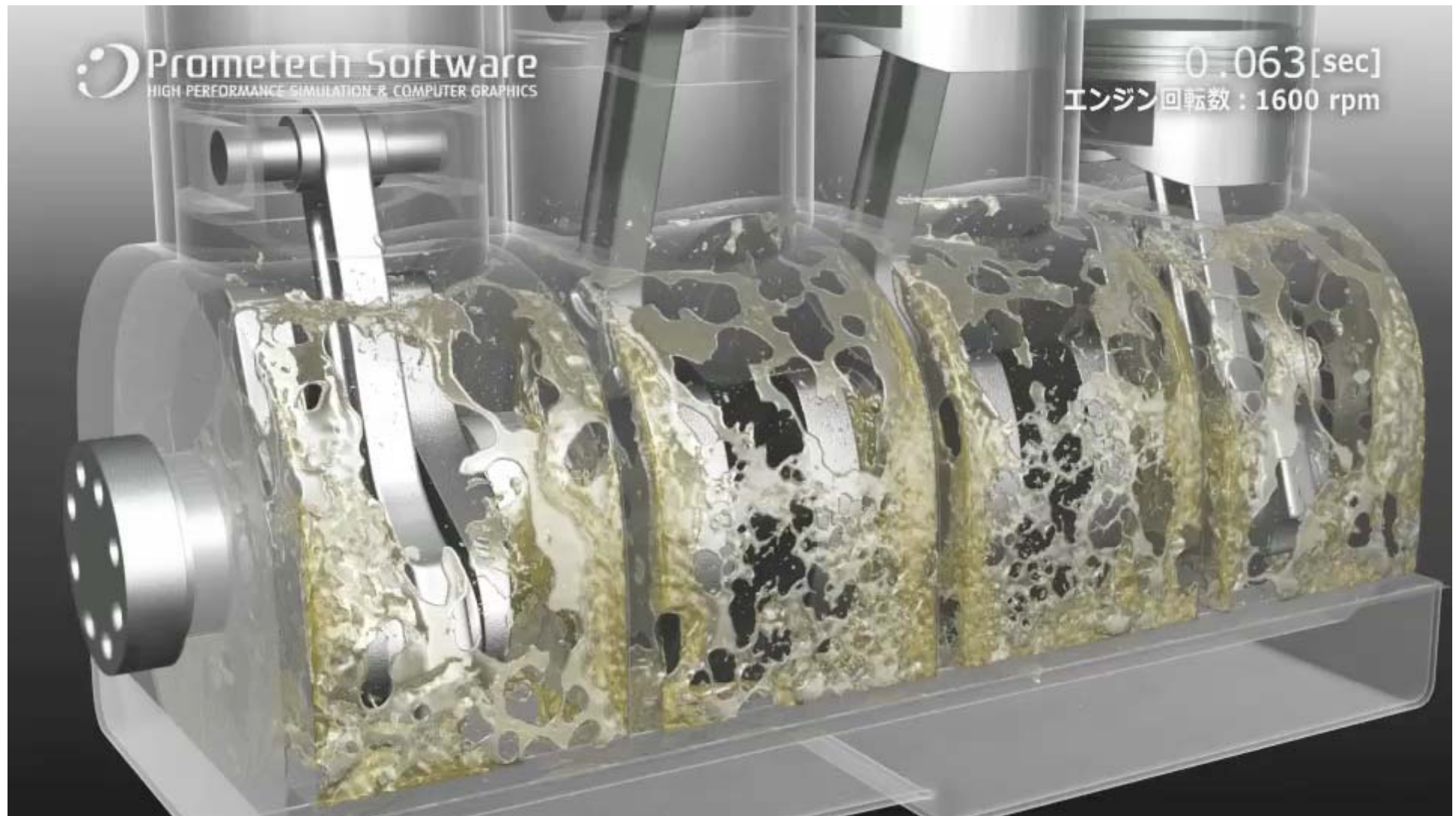
“kamui gaiden”
©2009 “kamui gaiden” Film Partners



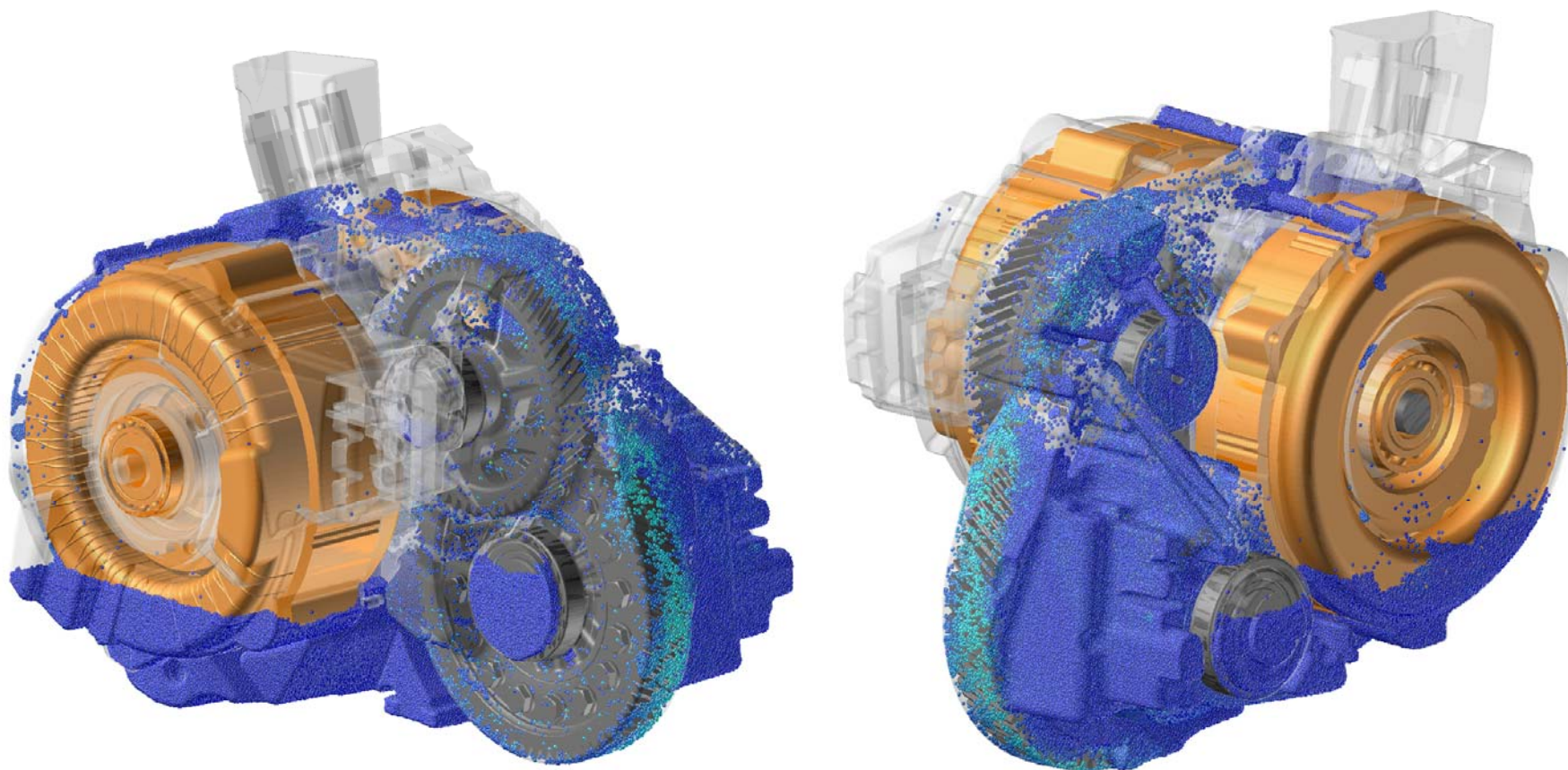
“THE LAST MESSAGE UMIZARU”
©2010 FUJI TELEVISION / ROBOT
PONY CANYON / TOHO / SHOGAKUKAN
A-TEAM / FNS

Promotech Software

解析事例(1):フリクション低減検討解析



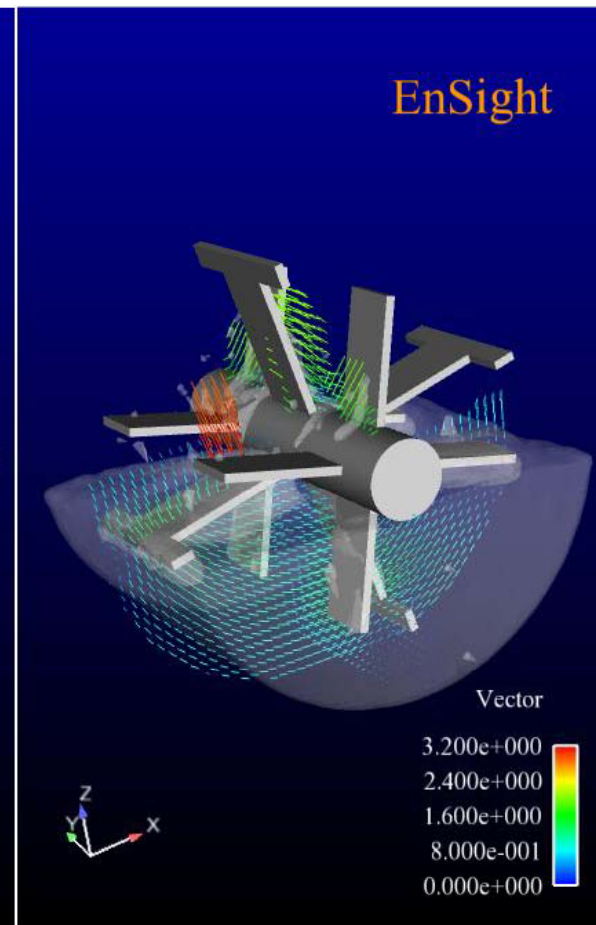
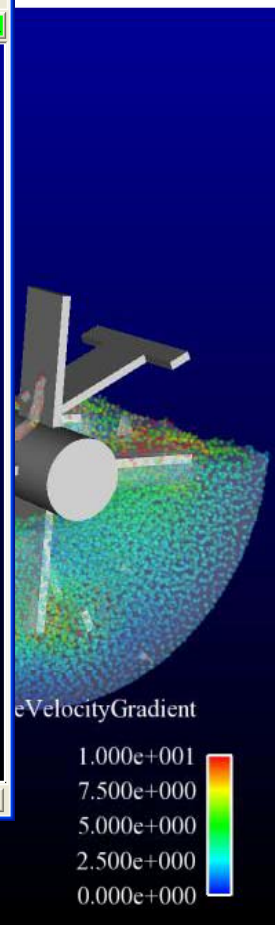
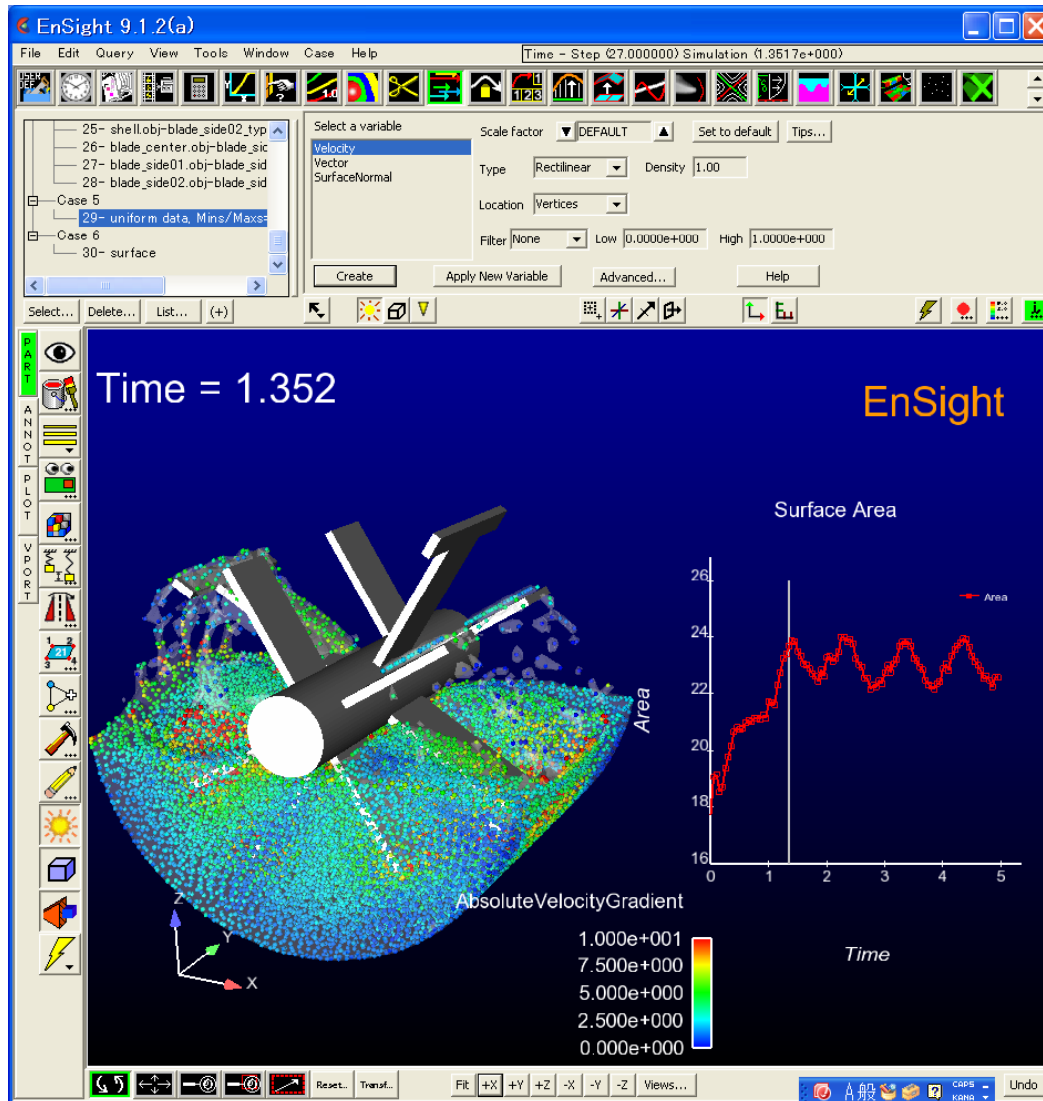
解析事例(2): ギア潤滑油かき揚げ解析



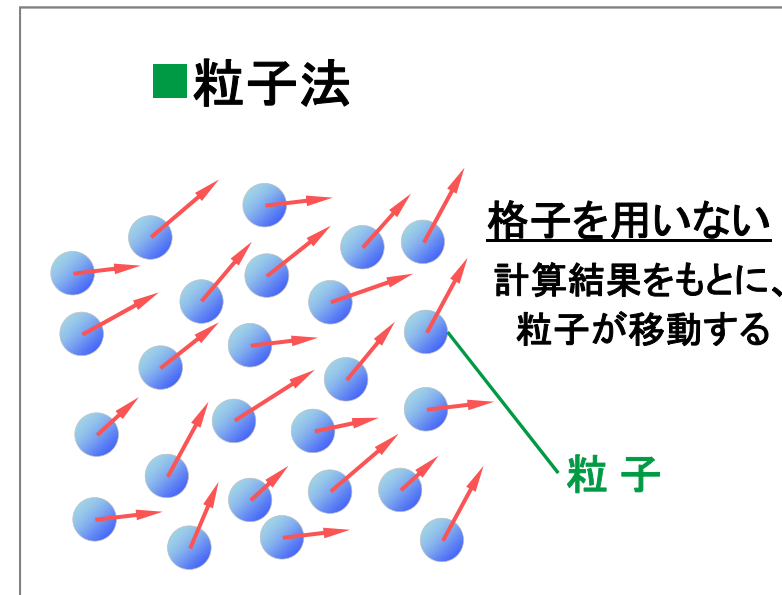
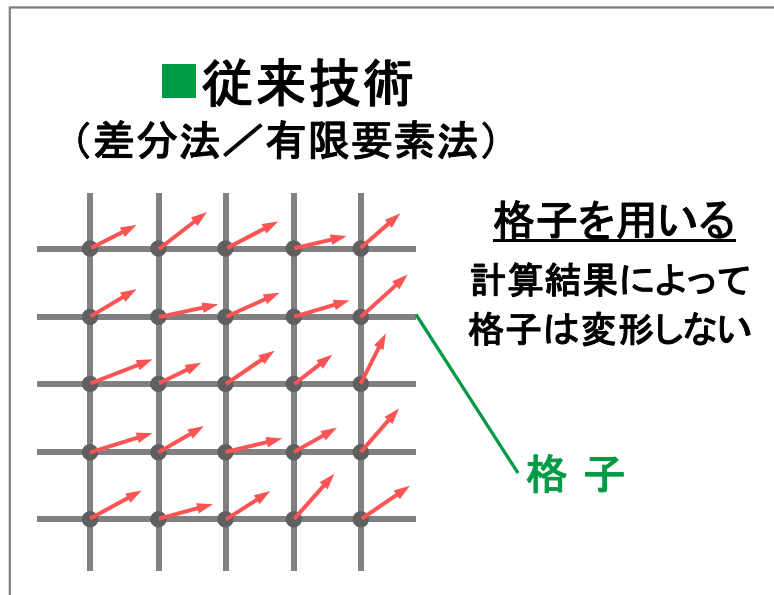
HVトランスアクスル内のオイル流れ解析
解析結果提供: トヨタ自動車株式会社 様

外部ビューワー(EnSight)との連携事例

*攪拌時の自由表面積の時刻歴



MPS法(粒子法)...東京大学大学院工学系研究科 越塚誠一教授(プロメテック・ソフトウェア株式会社 共同創業者/取締役)が考案した自由表面・非圧縮性流れの計算ができるシミュレーション手法です。



MPS (Moving Particle Simulation)

解析事例: 水柱崩壊の問題

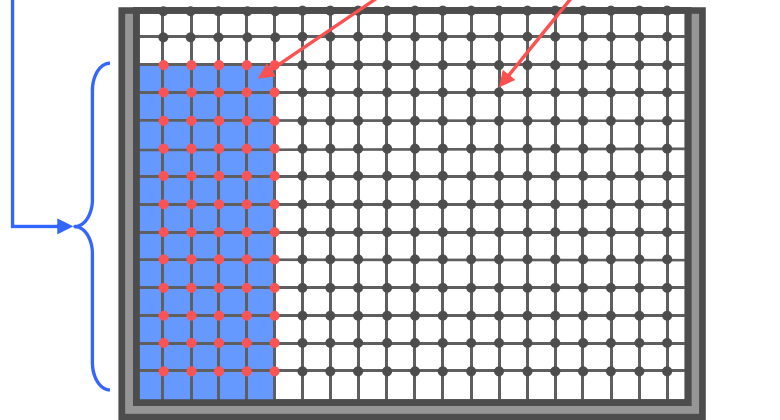
① 解析モデルの作成

■ 従来技術 (差分法/有限要素法)

水柱部の格子の節点
に水の物性を入力

水柱

格子の節点

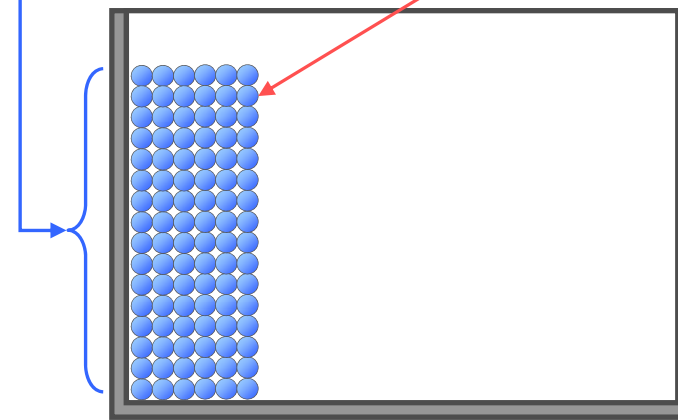


解析領域全体に格子を作成しなければならない

■ 粒子法

粒子に水の
物性を入力

水柱

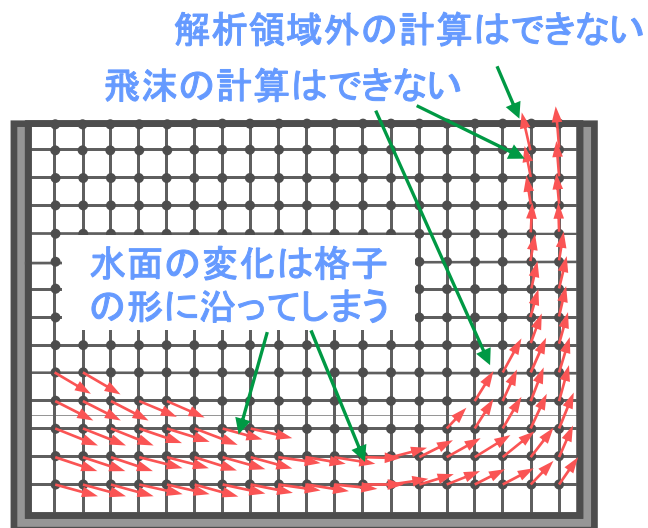


水柱部に粒子を作成するだけ

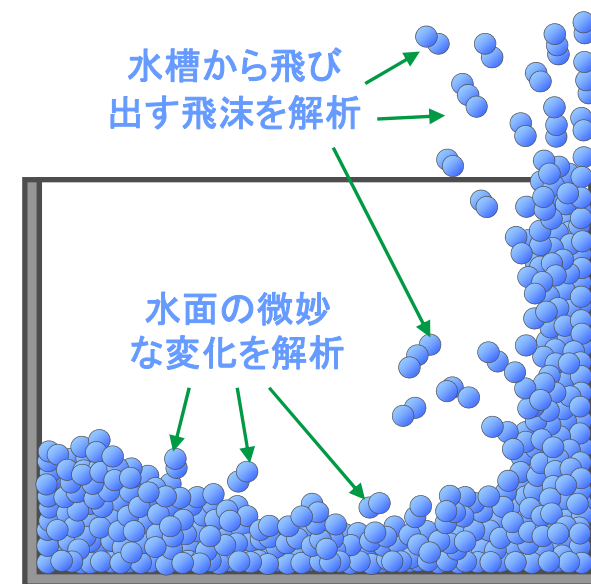
解析事例: 水柱崩壊の問題

②解析モデルの作成

■ 従来技術 (差分法/有限要素法)



■ 粒子法



お客様からの期待
既存解析手法では困難・不可能が簡単・可能になるかも...

- メッシュレス
- 自由表面問題
- マルチフィジックス（強連成解析）
- 移動境界問題
- 相変化
- 接触判定アルゴリズムが安易



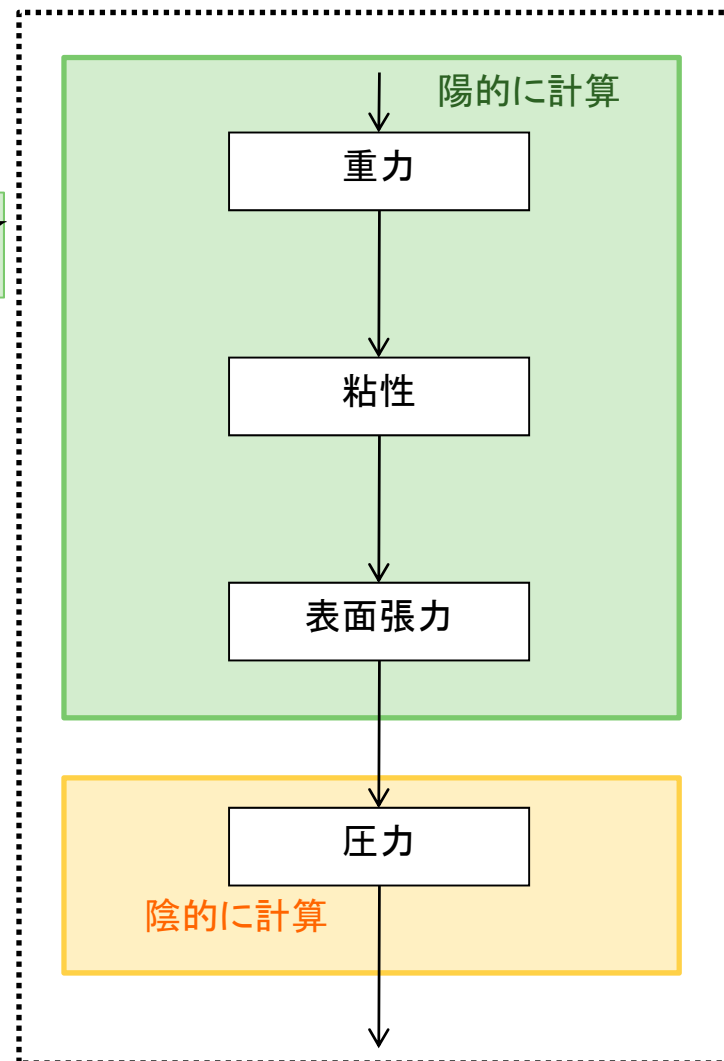
今が旬！

粒子法が得意としているところとお客様ニーズが一致
(従来のシミュレーション技法とは得意分野が異なる)

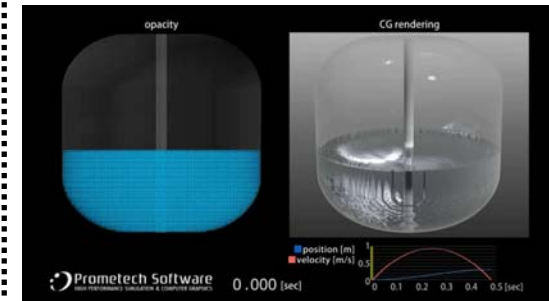
$$\frac{D\vec{u}}{Dt} = -\frac{\nabla P}{\rho} + \nu \nabla^2 \vec{u} + K$$

ナビエ・ストークス方程式

MPS (Moving Particle Semi-implicit) では、ナビエ・ストークス方程式を陽的な計算と陰的な計算に分けて解く。(半陰解法)



“Moving Particle Semi-Implicit”

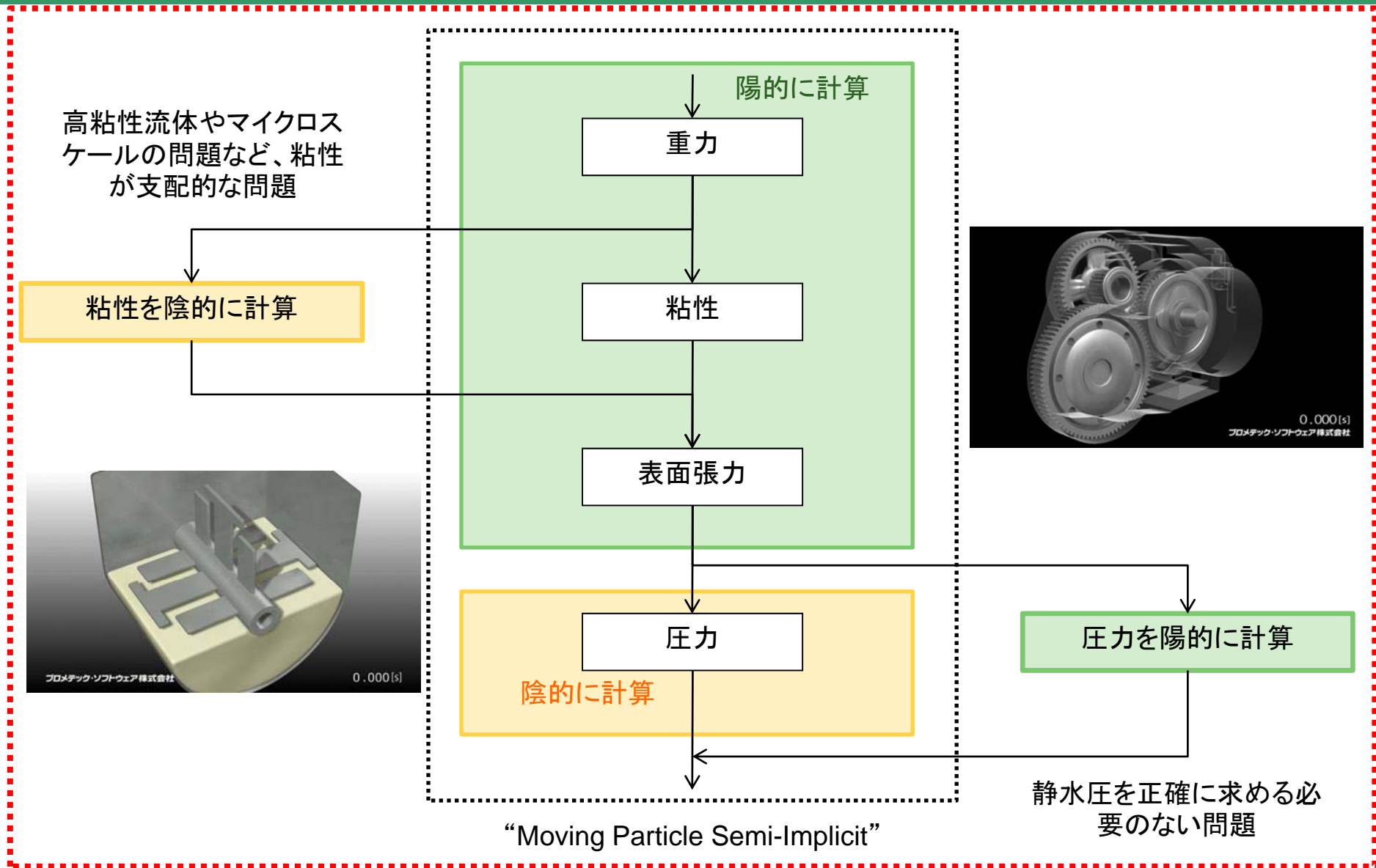


弊社粒子法ソルバによる計算結果 (MPS法) 0.000 [sec]

実験結果 by Schmittner "First Wave of Simulation"

FLUENTによる計算結果 (VOF法)

プロメテック・ソフトウェア株式会社



“Moving Particle Simulation”

Particleworksの並列計算手法

■SMP (Shared Memory Parallel)

共有メモリタイプの並列化手法

1つのプロセス内で複数スレッド処理を行う

■MPP (Massively Parallel Processing)

分散メモリタイプの並列化手法

複数のプロセスで処理を行う

■SMP+MPPハイブリッド

上記2つのハイブリッド

複数プロセス×複数スレッドで処理を行う

例; 8コア/1ノードの計算機の場合、8P×1T、4P×2T、2P×4T、1P×8Tの使い分けが可能

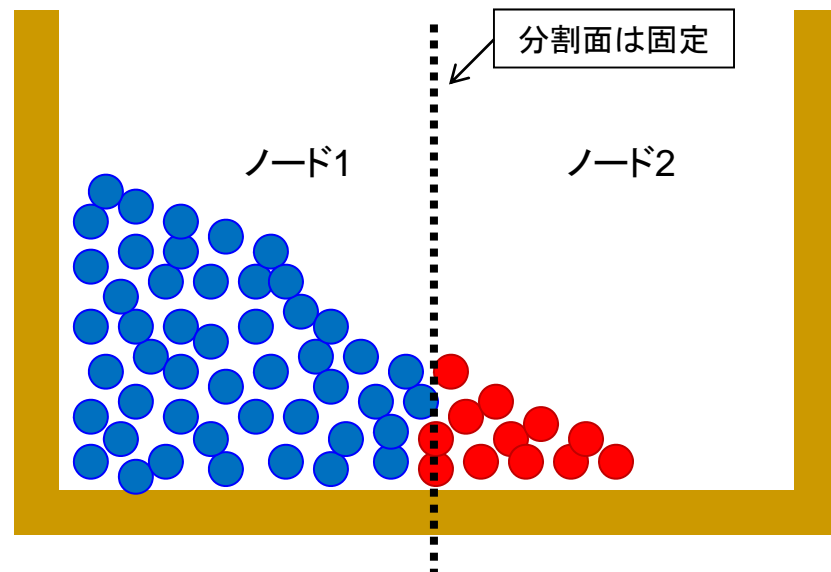
■GPGPU (General Purpose computing on GPU)

GPU上で処理を行う

Particleworks ver2.1のGPUオプションでは、一部処理をGPU上で行う

領域分割

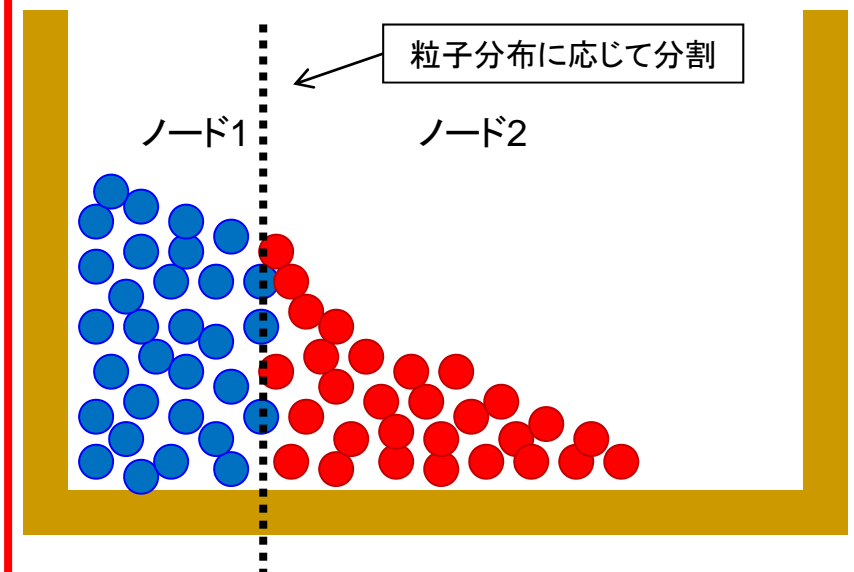
粒子法では計算点である粒子自体が移動するため、領域分割に工夫が必要



The diagram shows a rectangular container divided into two nodes, 'ノード1' (Node 1) on the left and 'ノード2' (Node 2) on the right, by a vertical dashed line. A box with an arrow pointing to the dashed line contains the text '分割面は固定' (Fixed division surface). Node 1 contains a large number of blue particles, while Node 2 contains a smaller number of red particles. The dashed line is positioned such that Node 1 has significantly more particles than Node 2.

領域固定分割

- ・分割処理が平易
- ・粒子分布が一様であれば効率が良い
⇔ 非一様の場合は効率が悪い



The diagram shows a rectangular container divided into two nodes, 'ノード1' (Node 1) on the left and 'ノード2' (Node 2) on the right, by a vertical dashed line. A box with an arrow pointing to the dashed line contains the text '粒子分布に応じて分割' (Partitioning according to particle distribution). Node 1 contains blue particles and Node 2 contains red particles. The dashed line is positioned such that the number of particles in each node is roughly equal, despite the different colors and distributions.

動的分割

- ・各ノードに割り当てられる粒子数が均一になるよう動的に分割する。
- ・並列化効率は粒子分布に依らない

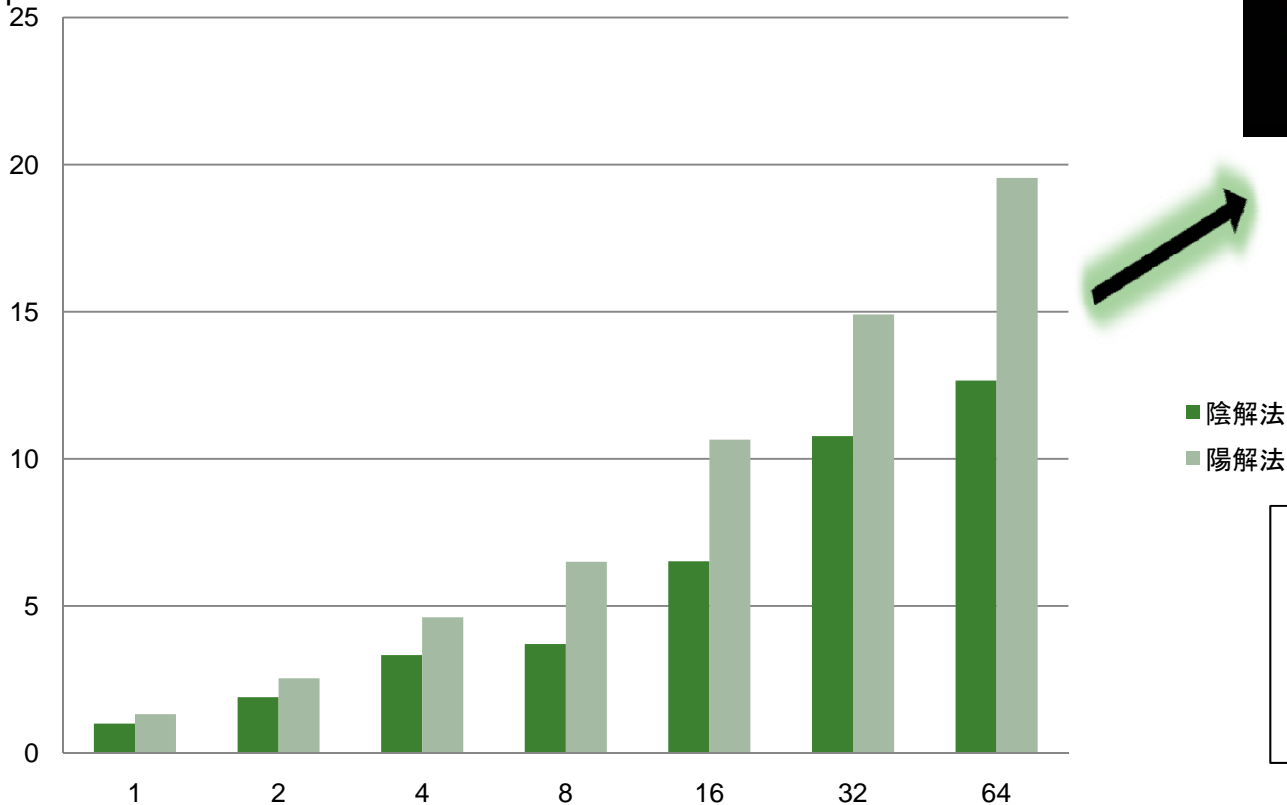
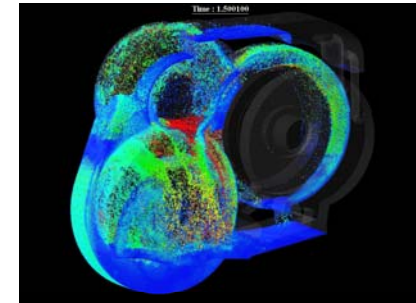
Particleworksは、動的分割を採用

SMP / MPP (陰解法・陽解法)

粒子数 ;100万
物性値 ;オイル
解析条件;粘性 あり
乱流モデル あり
表面張力(ポテンシャル) あり
※物理モデルを最も多く用いる設定
影響半径;3.1

ご協力:日本ヒューレット・パカード株式会社様

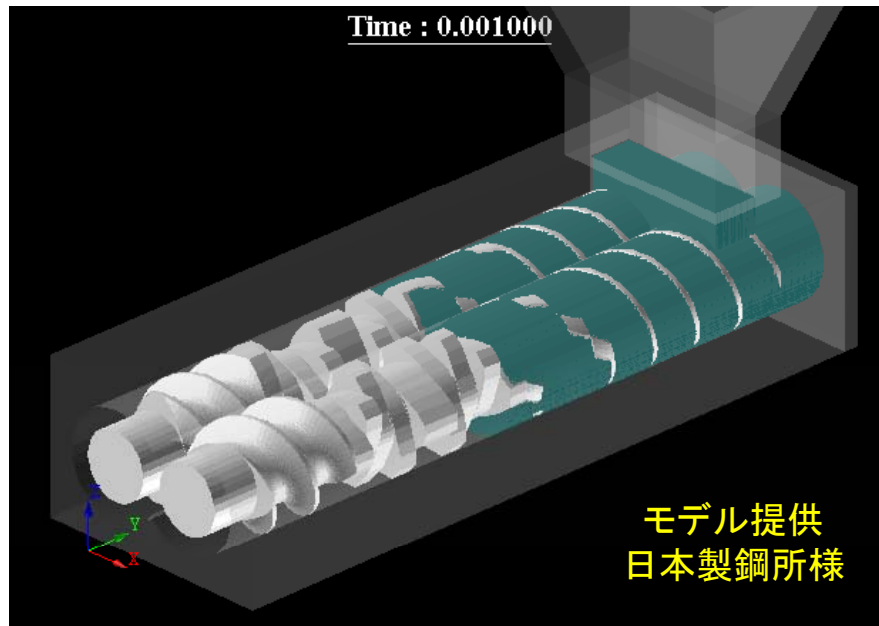
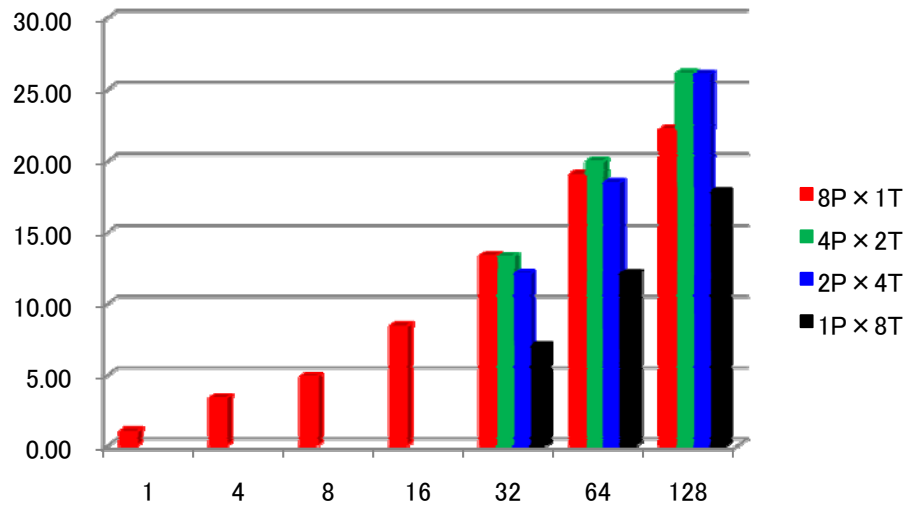
攪拌翼の回転速度 1200rpm
密度 オイル相当
動粘性係数 オイル相当



■ 陽解法
1.5秒間の実現象
演算時間16h
MPP 2node 8Core
Core i7

SMP / MPP

ご協力: 日本ヒューレット・パッカー株式会社様



ベンチマーク問題

・樹脂流動

解析規模

・100万粒子

解法

- ・圧力 陰解法
- ・粘性 陰解法

物性など

- ・樹脂の物性 (高粘性)
- ・ニュートン流体

GPUコンピューティングボード

SPEC

計算科学 /CAE
バイオインフォマティクス
ファイナンス



NVIDIA Tesla C2050
CUDA コア 448 基 1.15GHz
メモリ GDDR5 3GB 1.5GHz



NVIDIA Tesla C2070
CUDA コア 448 基 1.15GHz
メモリ GDDR5 6GB 1.5GHz

デザイン /3DCG/CAD
ビデオアプリケーション



NVIDIA Quadro 5000
CUDA コア 352 基 1.02GHz
メモリ GDDR5 2.5GB 1.5GHz



NVIDIA Quadro 4000
CUDA コア 256 基 950MHz
メモリ GDDR5 2GB 1.4GHz



ELSA GLADIAC (GeForce) GTX 480
CUDA コア 480 基 1.5GHz
メモリ GDDR5 1.5GB 1.8GHz

ゲームフィジクス
CUDA 入門



ELSA AXERIZE (GeForce) GTX 460
CUDA コア 336 基 1.5GHz
メモリ GDDR5 1GB 1.9GHz

MEMORY

(c) G-DEP

引用: 日本GPUコンピューティングパートナーシップ

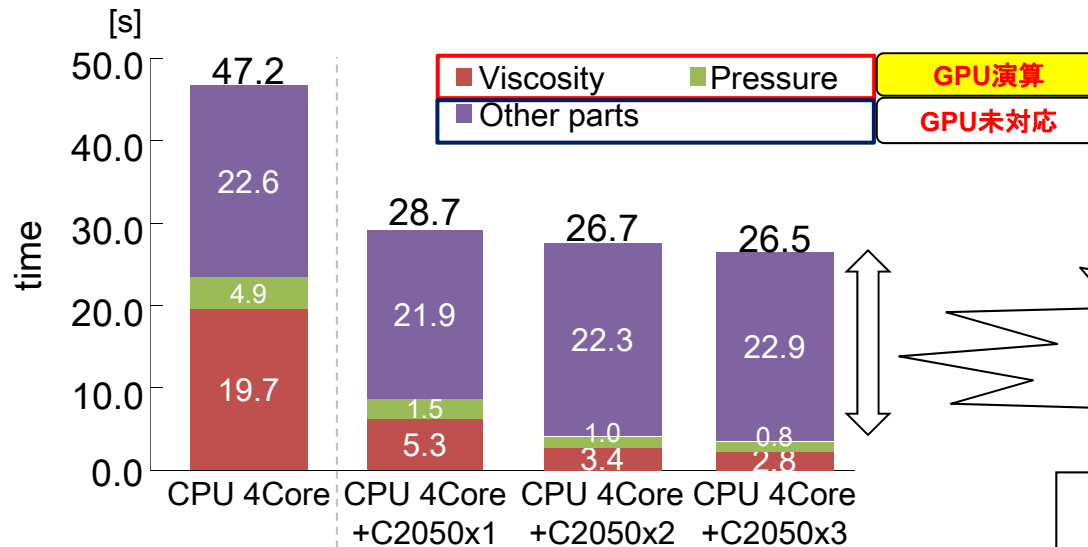
<http://www.gdep.jp/page/view/17>

20

Particleworks Ver2.1 CGソルバーのみGPU演算へ(その他はCPU)

*採用CGソルバーは Prometech MGLとして外販中 <http://www.gdep.jp/product/view/21>

MPS Calculation time(1 time step)

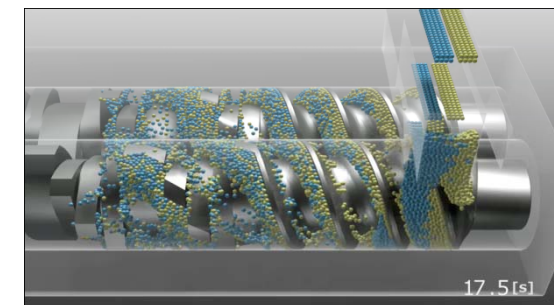


Parameters

- Number of particles: 960,219
- Viscosity [m²/s]: 1.0
- CPU: Intel Core i7 930 2.80GHz
- GPU: Tesla C2050

ここをGPU演算できればさらに高速化が可能

Particleworks Ver2.5
(2011/03リリース予定)



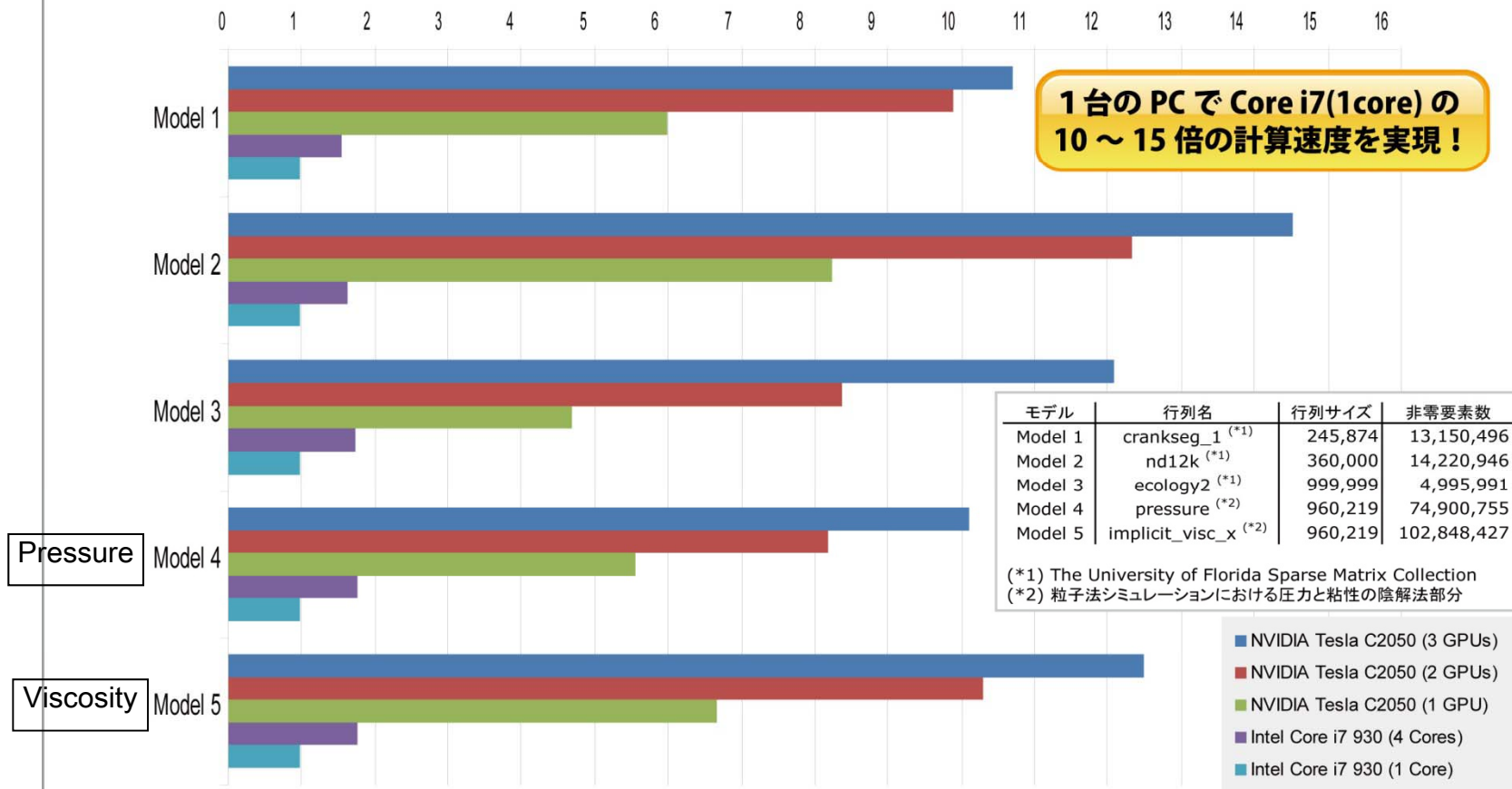
モデル提供: 株式会社日本製鋼所様

Total	1.0x	1.6x	1.8x	1.8x
Viscosity	1.0x	3.3x	4.9x	6.1x
Pressure	1.0x	3.7x	5.8x	7.0x

Corei7 4Core SMP比
6.0x~7.0x?

Speedups

CG 法計算のスピードアップ ~ MAS-i7WS 上で Prometech MCL を動作させた場合の実測値 ~



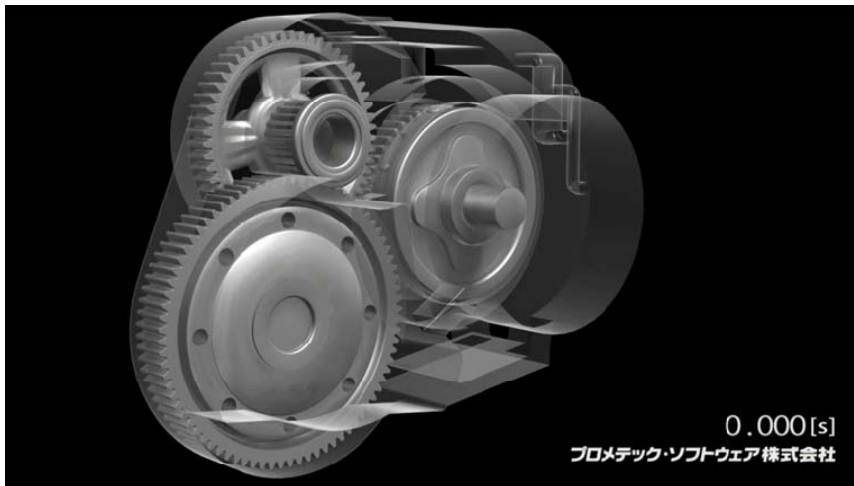
引用: 日本GPUコンピューティングパートナーシップ

<http://www.gdep.jp/product/view/21>

さて…

CGソルバーだけでなく、全ての演算
アルゴリズムをGPU演算化すればど
んなパフォーマンスが見込めるのか？

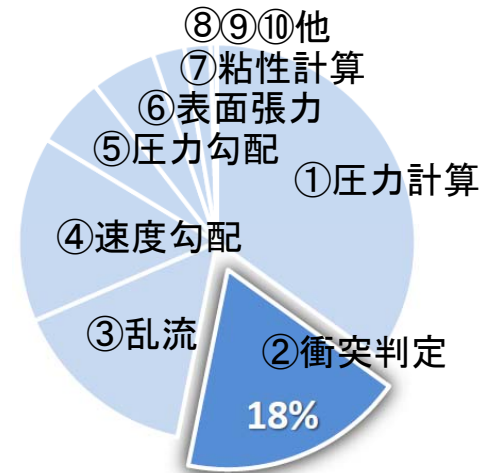
しかも、チューニングも実施…



CPU:Core i7 920 (4 cores)
GPU:Tesla C2050 (1枚)

粒子数30万
1,000 time stepで計測

さらさら流体・高速攪拌
(粘性陽解法・圧力陰解法)



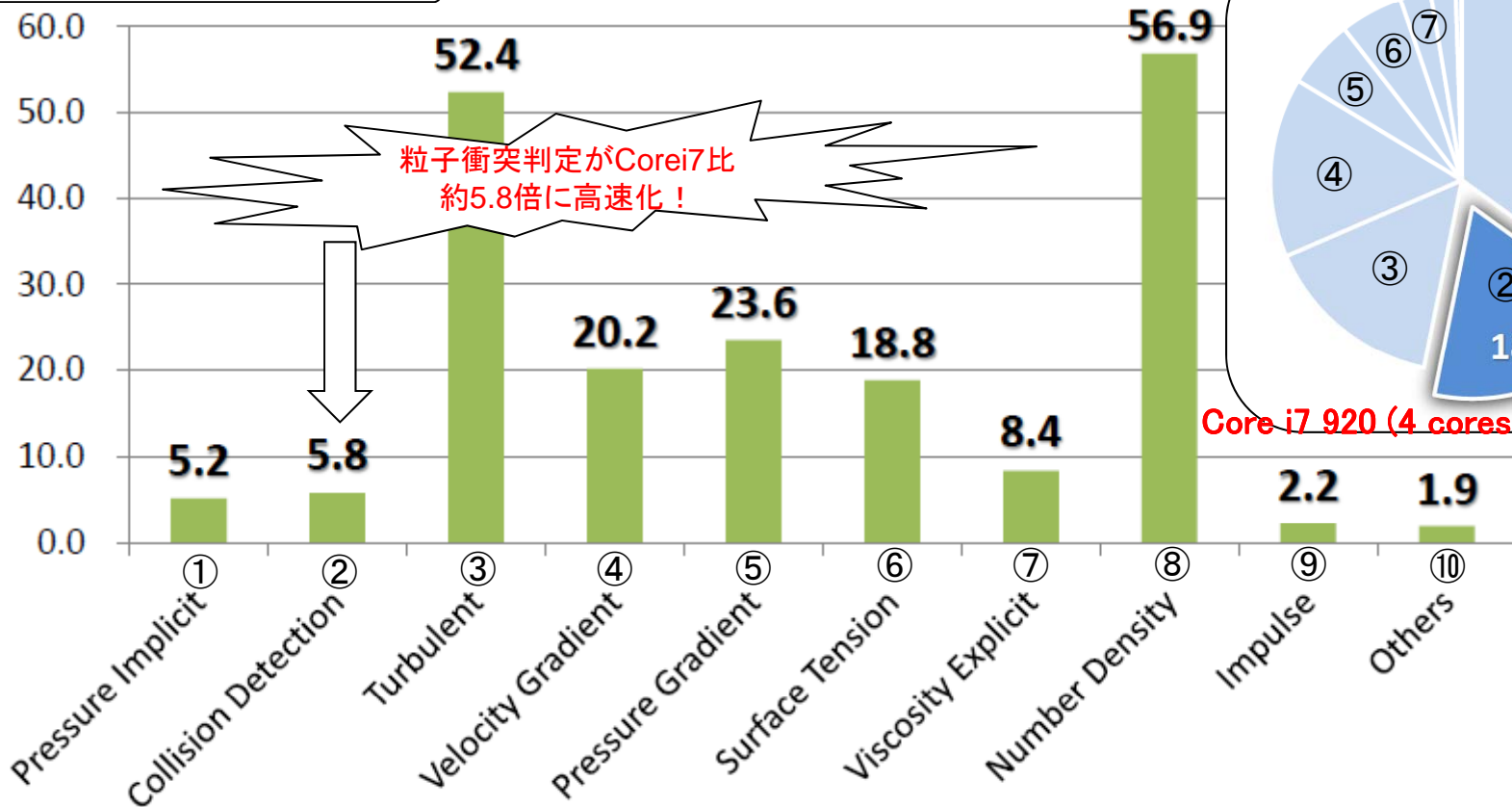
Core i7 920 (4 cores)の演算負荷比率

結果

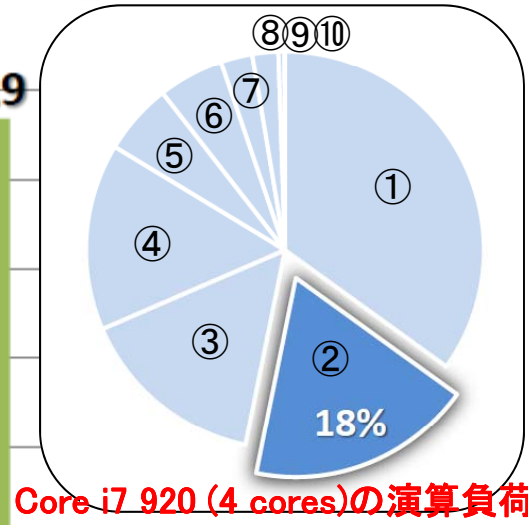
Core i7 4core SMP演算比 **約8.3 倍**の高速性を実現(Tesla C2050 1枚)



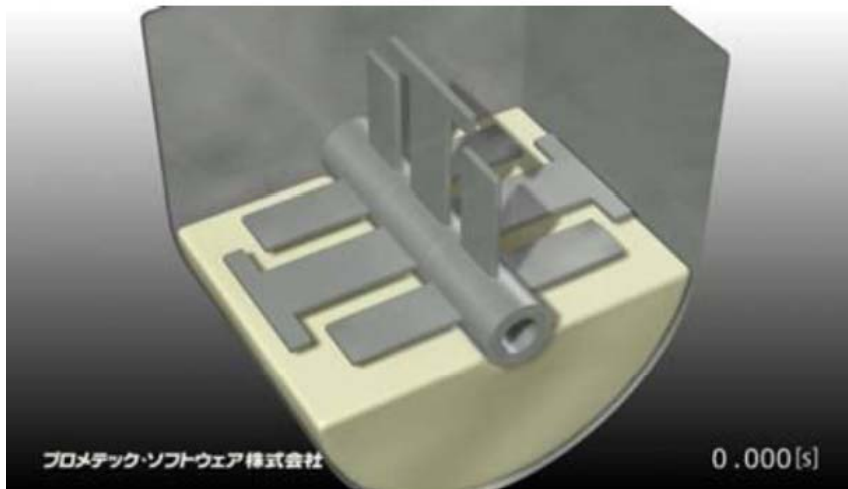
Corei7 4コアSMP比高速化倍率



粒子衝突判定がCorei7比
約5.8倍に高速化!



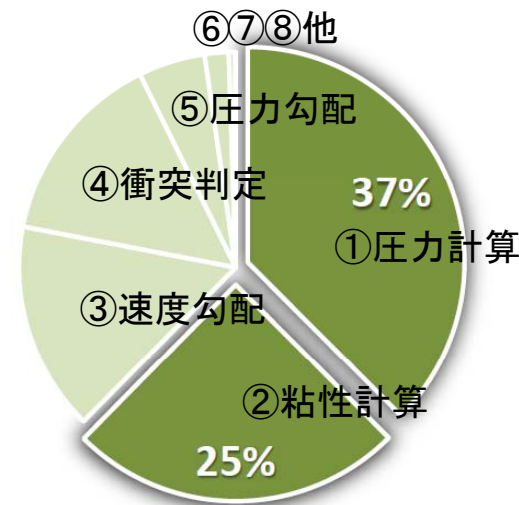
Core i7 920 (4 cores)の演算負荷



CPU:Core i7 920 (4 cores)
GPU:Tesla C2050 (1枚)

粒子数30万
1,000 time stepで計測

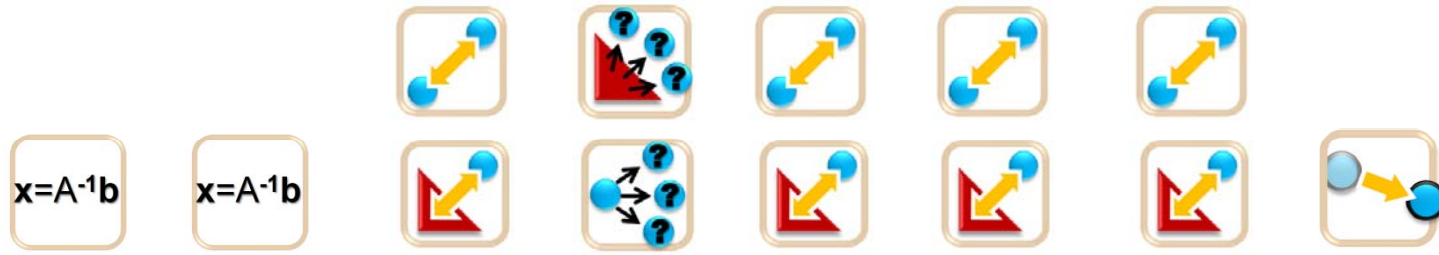
ねばねば流体・低速攪拌
(粘性陰解法・圧力陰解法)



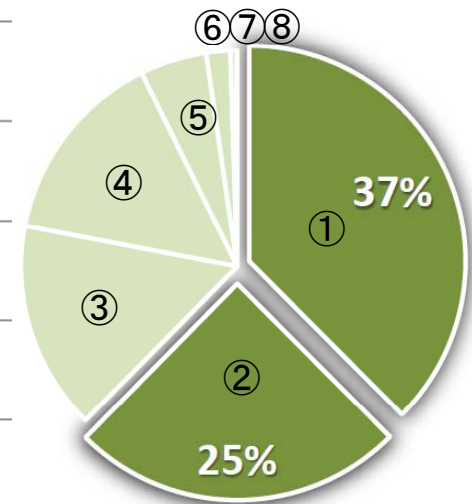
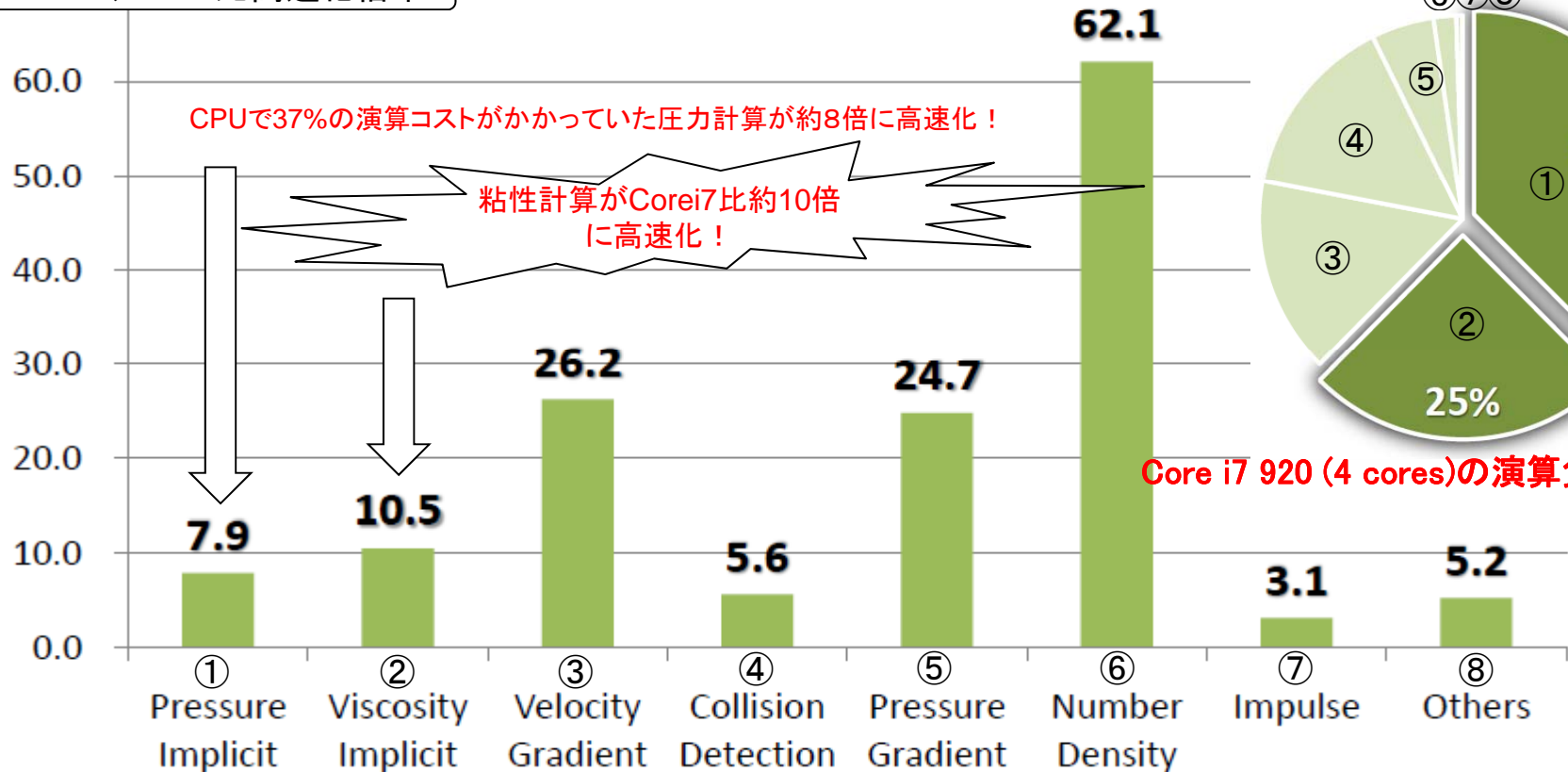
Core i7 920 (4 cores)の演算負荷比率

結果

Core i7 4core SMP演算比 **約9.3倍**の高速性を実現(Tesla C2050 1枚)



Corei7 4コアSMP比高速化倍率



- 1枚のTesla C2050でCorei7 4コアSMP演算比8.3-9.3倍の実行パフォーマンスが実現できた。

複数枚のTesla C2050で演算でさらなる高速化が実現できる！

2010年11月29日(月) Prometech Techno Forumで、
待望のParticleworks Ver2.5 の全貌が明らかになる！

～粒子法(MPS法)実用化元年

超高速演算技術でシミュレーション新技術の近未来を探る～

- 2010年11月29日(月)
- 東京大学 武田ホール
- 講演者
 - 東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻
教授 越塚誠一 先生
 - ユーザー様講演
 - 株式会社 IHI 様
 - 三菱化学株式会社 様
 - 他 数社
 - 弊社

複数枚GPU演算を可能としたParticleworks Ver2.5発表

- 粒子法の実用レベルが見えてきた
- 粒子法の演算スピードは以外と高速演算
- ハードウェア (CPU/GPU) の恩恵は受けるのが得策



ご質問・お問い合わせ先
<http://prometech.co.jp>
sales@prometech.co.jp