Prometech Software, Inc

CEDEC 2007

リアルタイムシミュレーションを可能にする次世代物理エンジンの開発

目次

OCTAVE ENGINE

1. 会社のご紹介
2. ゲーム物理の流れ
3. 現行ゲーム機向けの物理　～OctaveEngine 1.0～
    1. 砂面のシミュレーション
    2. 飛沫や外力を考慮した水面のシミュレーション
    3. GPGPUおよびCELLでの実装
    4. 実際のゲームでの応用例
4. 近未来ゲーム機向けの物理～OctaveEngine Next～
    1. 「粒子法」を応用したフル3次元マルチフィジクス

プロメテック・ソフトウェア株式会社
会社概要

2007年9月現在

- 所在地　東京都文京区本郷七丁目3番1号　東京大学アントレプレナープラザ3階
- 設立　2004（平成16）年10月29日
- 資本金　2億161万円
- 役員構成

代表取締役　藤澤智光
取締役　越塚誠一（東京大学大学院工学系研究科　教授）
取締役　栗山幸造（元NEC執行役員、住商情報システム株式会社　顧問）
取締役　岡本伸一（株式会社ソニー・コンピュータエンタテイメント　元常務）
取締役　辻秀樹（株式会社東京大学エッジキャピタル　パートナー）
監査役　高石義一（弁護士、日本IBM株式会社　元常務取締役）
監査役　鶴巻智規（公認会計士、株式会社フューチャークリエイト代表取締役）

- 株主構成

藤澤智光、越塚誠一
協力研究者持株会、従業員持株会
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
NIFSMBCベンチャーズ株式会社、明治キャピタル株式会社
りそなキャピタル株式会社、東京中小企業育成投資株式会社

ヴィジョン

OCTAVE ENGINE

“Next Reality ”powered by Computational Simulation

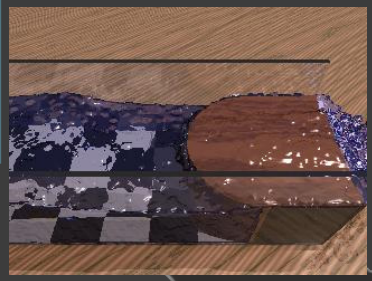
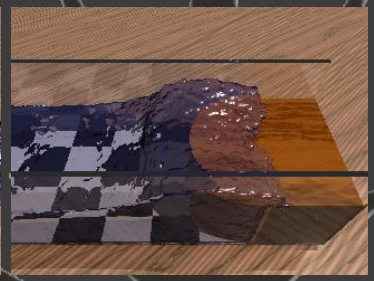
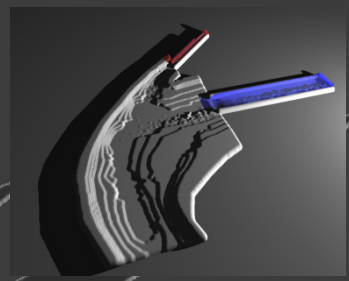
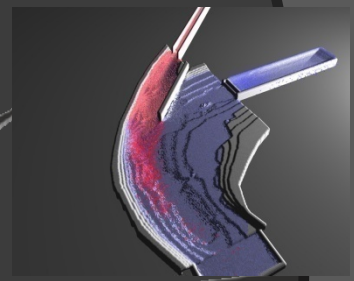
- ひと世代前のスーパーコンピューターと同等以上の演算能力を持つCPUやGPUが家庭用ゲーム機にも搭載されるようになり、
- ゲームや映像の世界でも、より現実感があり、インタラクティブ性のある3D表現のために、計算科学（シミュレーション）の技術が強く求められています。
- デジタルコンテンツの分野では、IT技術を駆使した開発・制作や配信環境の高度化、「ゲームと映画の融合」等の世界的なイノベーションが巻き起こる中、
- プロメテック・ソフトウェアは、ミッション・クリティカルなシミュレーションにも耐え得る最先端のシミュレーション技術を駆使して、見るものの感性を揺さぶる次世代のリアリティ」をあらゆるシーンで実現していきます！
- 日本発世界へ！

技術シーズ

OCTAVE ENGINE

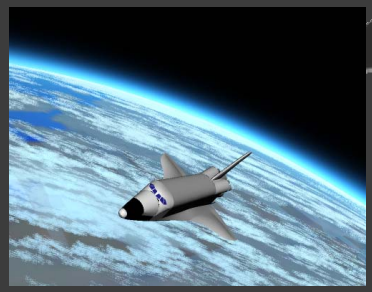
ー東大越塚研および西田研を中心とするシミュレーションとCGの基盤技術ー

Reliability
シミュレーション技術
ー東大越塚研ほかー

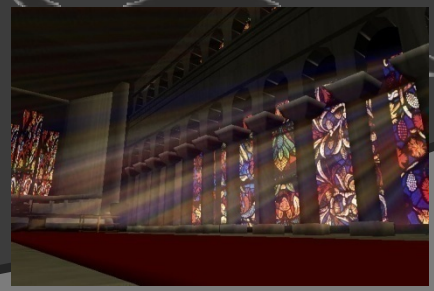





Next Reality

PhotoReality
CG技術　ー東大西田研ほか




Realtime
リアルタイム処理技術
ー東大越塚研・西田研ほかー




事業コンセプト

OCTAVE ENGINE

Science ⟷ Art

原子力からハリウッドへ！

実際の世界とシミュレーションの世界

- 熊本県水俣の自然災害の事例

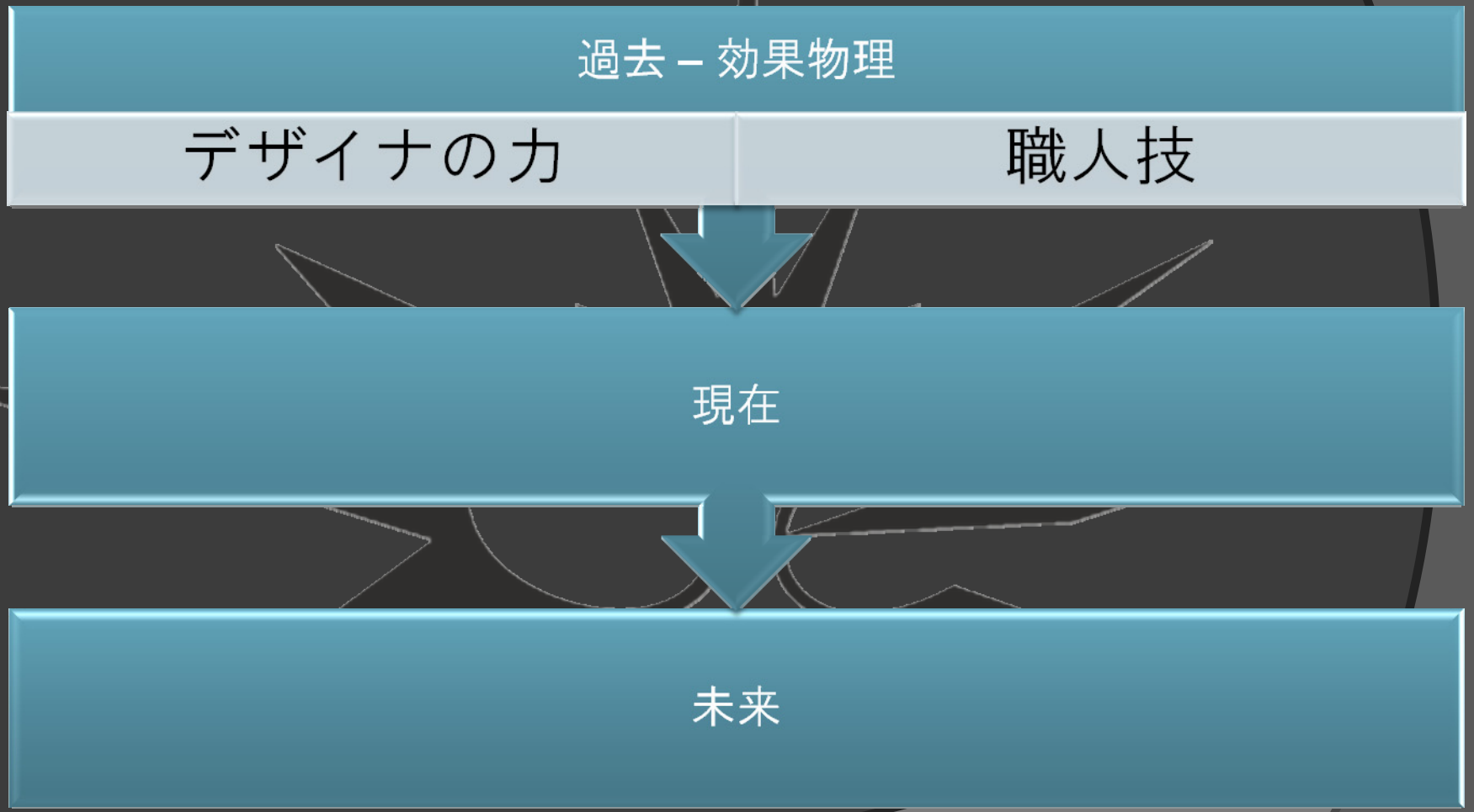
実際に起きた土石流の写真

シミュレーションをもとに作成したCG

（協力：アジア航測株式会社）

ゲーム物理の流れ

ゲーム物理の流れ



過去

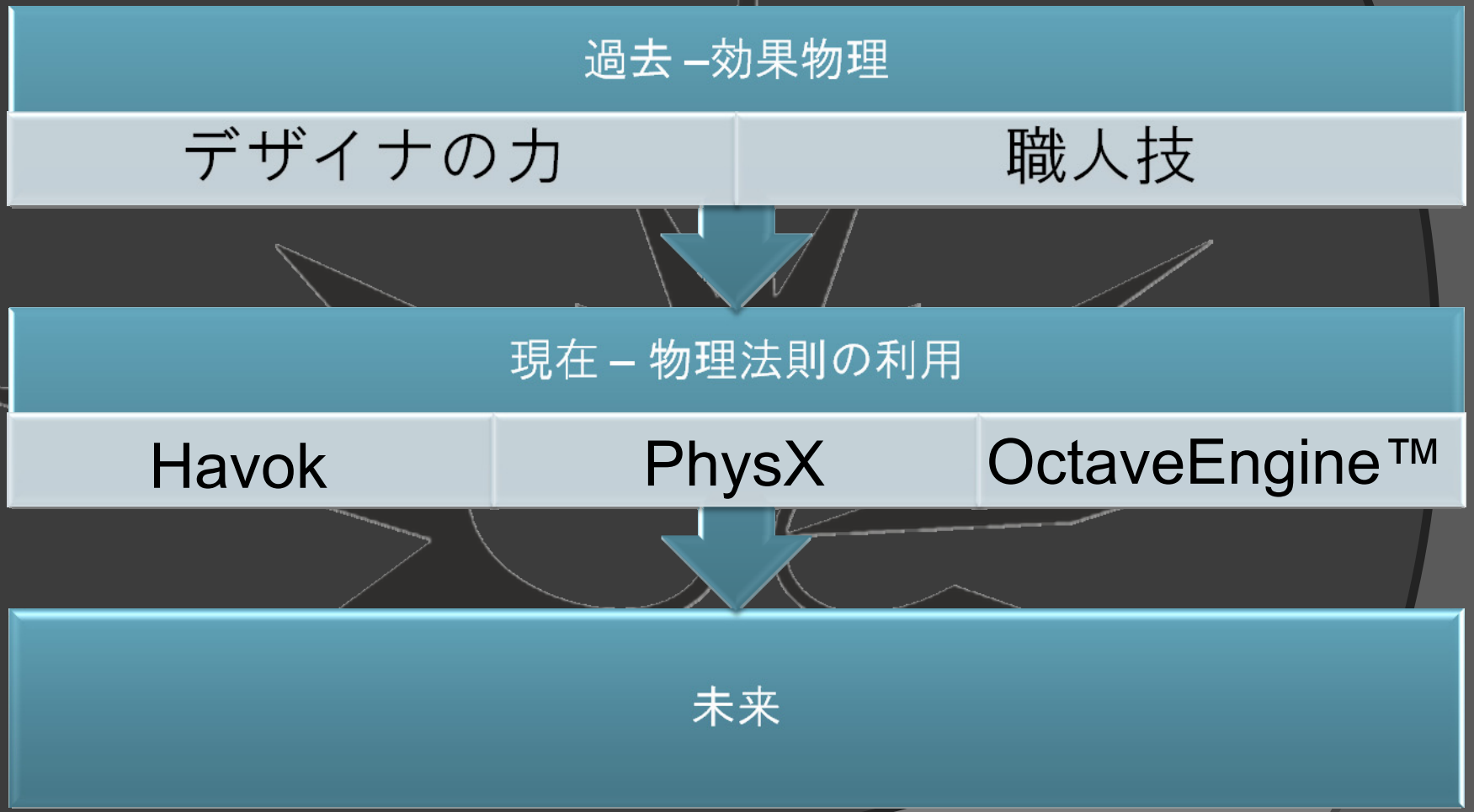
- 簡易手法（視覚的な近似手法）
- アニメーション
  - 事前に決められた動き
  - パレットアニメーション
  - スプライトアニメーション
  - テクスチャアニメーション
- 特殊効果（パーティクルアニメーション）

より本格的なゲーム物理へ

OCTAVE ENGINE

- デザイナの作業量をもっと削減したい
- 物理法則に基づき、より自然なモーションを表現したい！
- キャラクターとエフェクト（背景の自然物）のインタラクションの効果をゲームに取り入れたい！

ゲーム物理の流れ



現在

- 物理法則の利用
- インタラクション
- 自然な動き
- 新しいゲーム性
  - 戦場の水たまり
  - 水面・砂場ステージ
  - 水路

問題点

- 格子の制約
- もっと高い表現力がほしい
  - 剛体、流体などの表現に独立モデルが使われている

ゲーム物理の流れ

OCTAVE ENGINE

過去 (&現在？)– 効果物理

デザイナの力 | 職人技

現在 – 物理法則の利用

Havok | PhysX | OctaveEngine

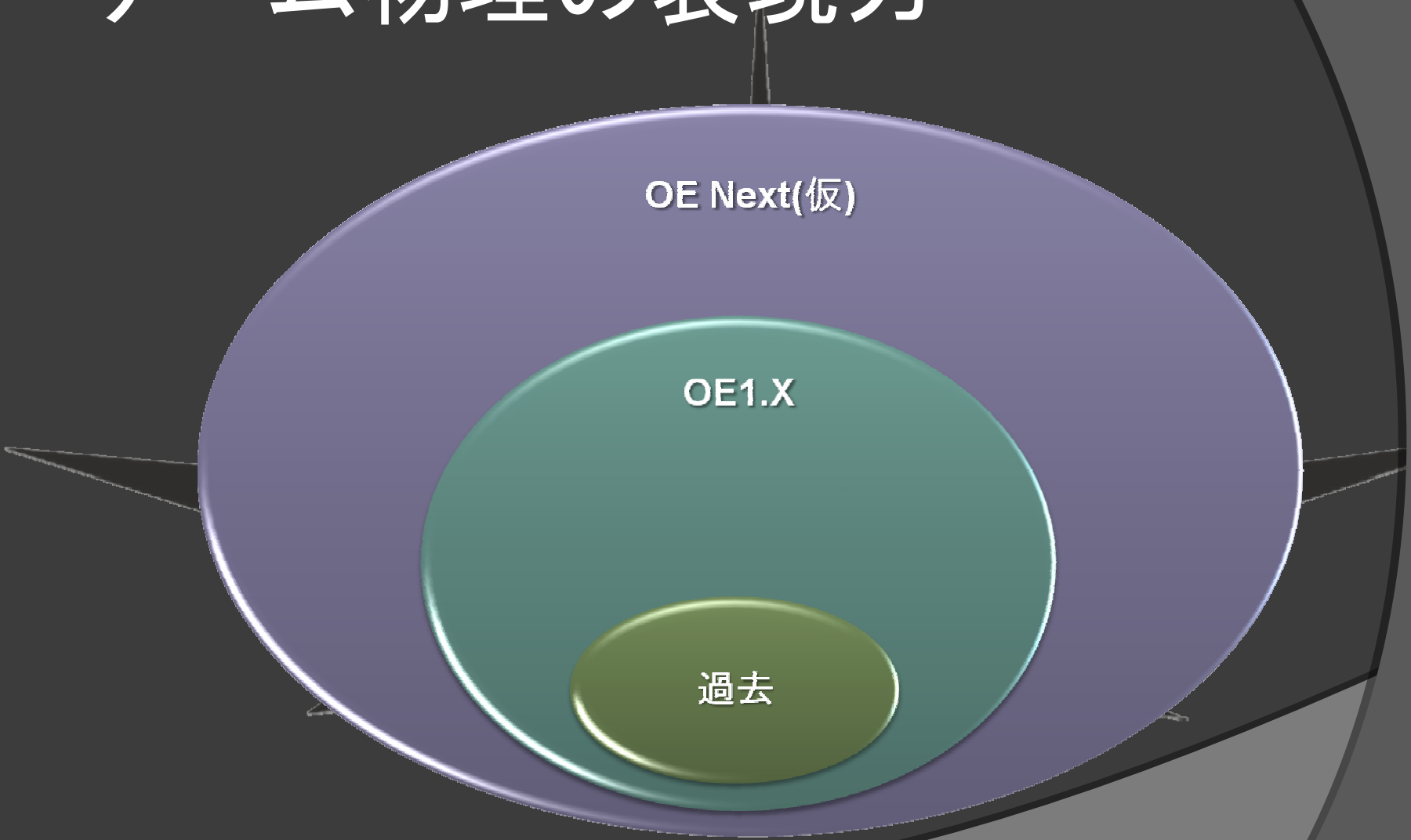
未来 – 複合物理、相互作用

粒子法による剛体と流体、布などの複合物理計算

未来

- 粒子法
- 「剛体＋流体＋布」などの複合物理の表現 ＝ MultiPhysics
- 高速処理

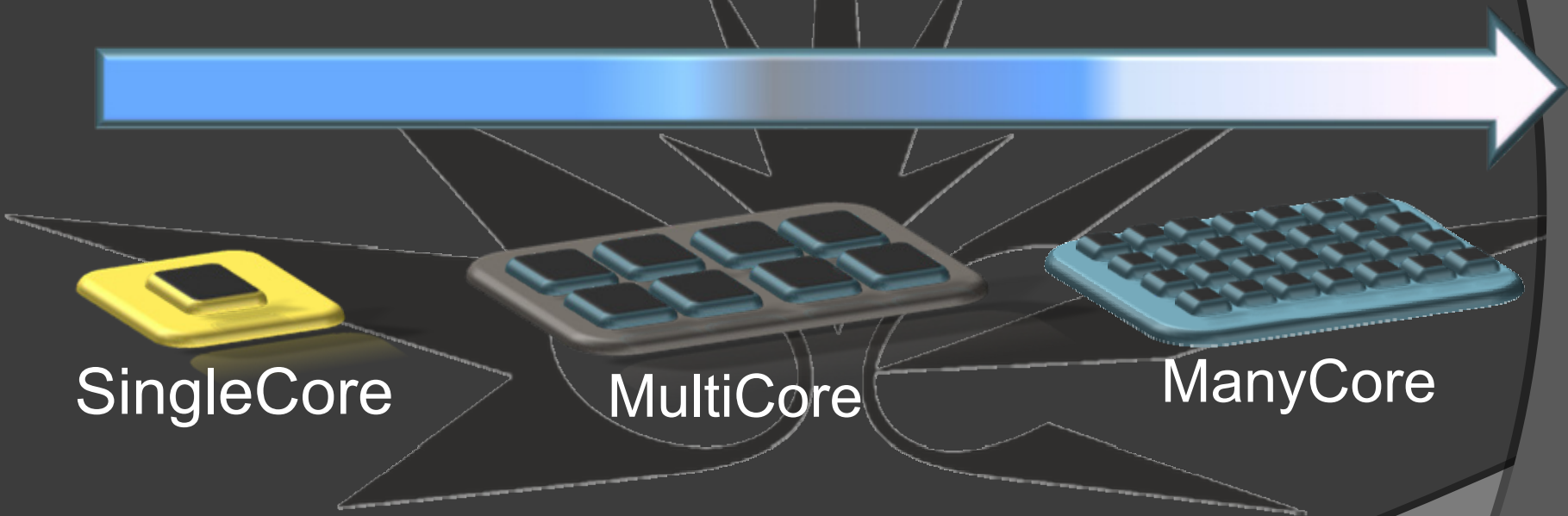
ゲーム物理の表現力



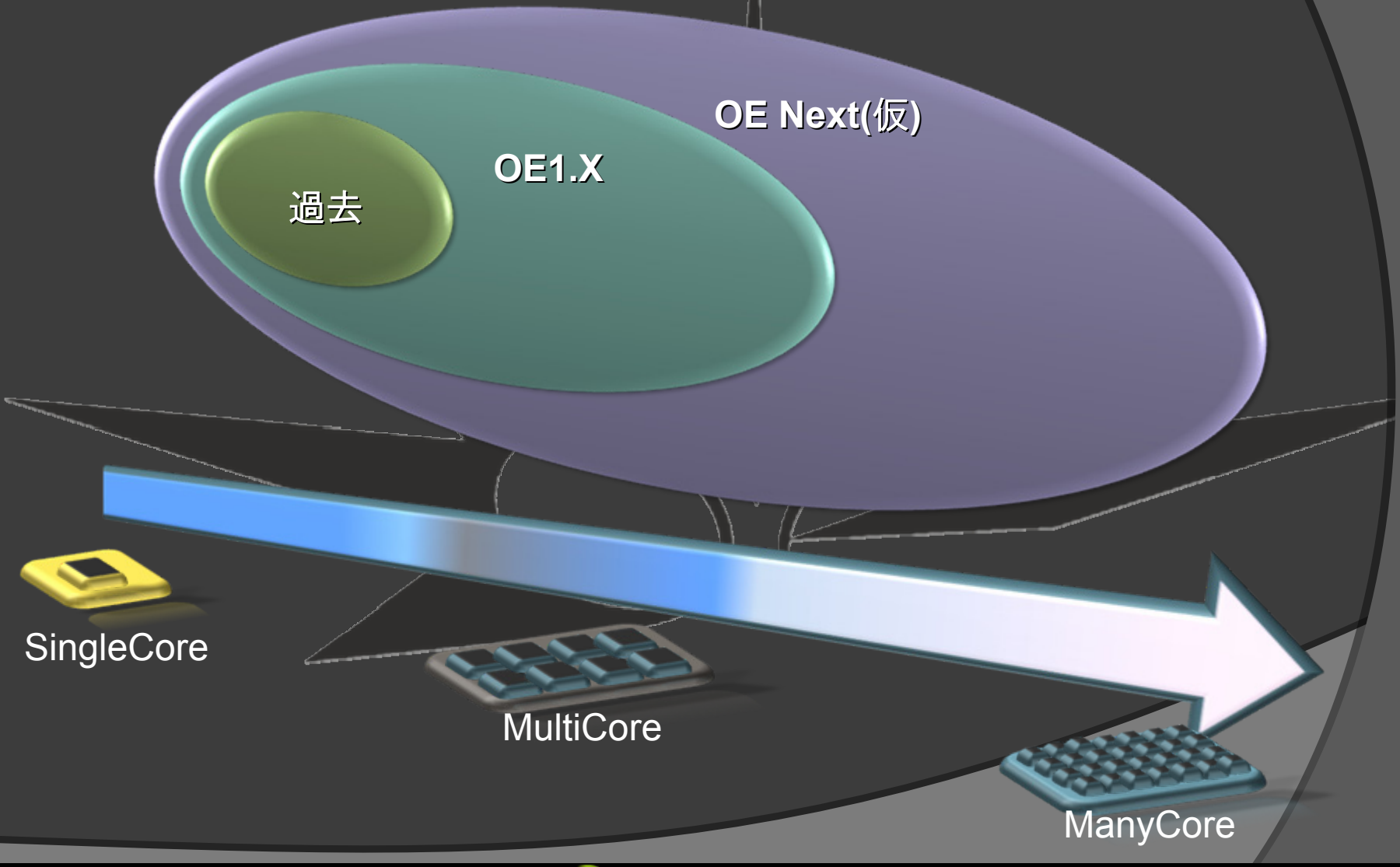
プロセッサ市場のトレンド

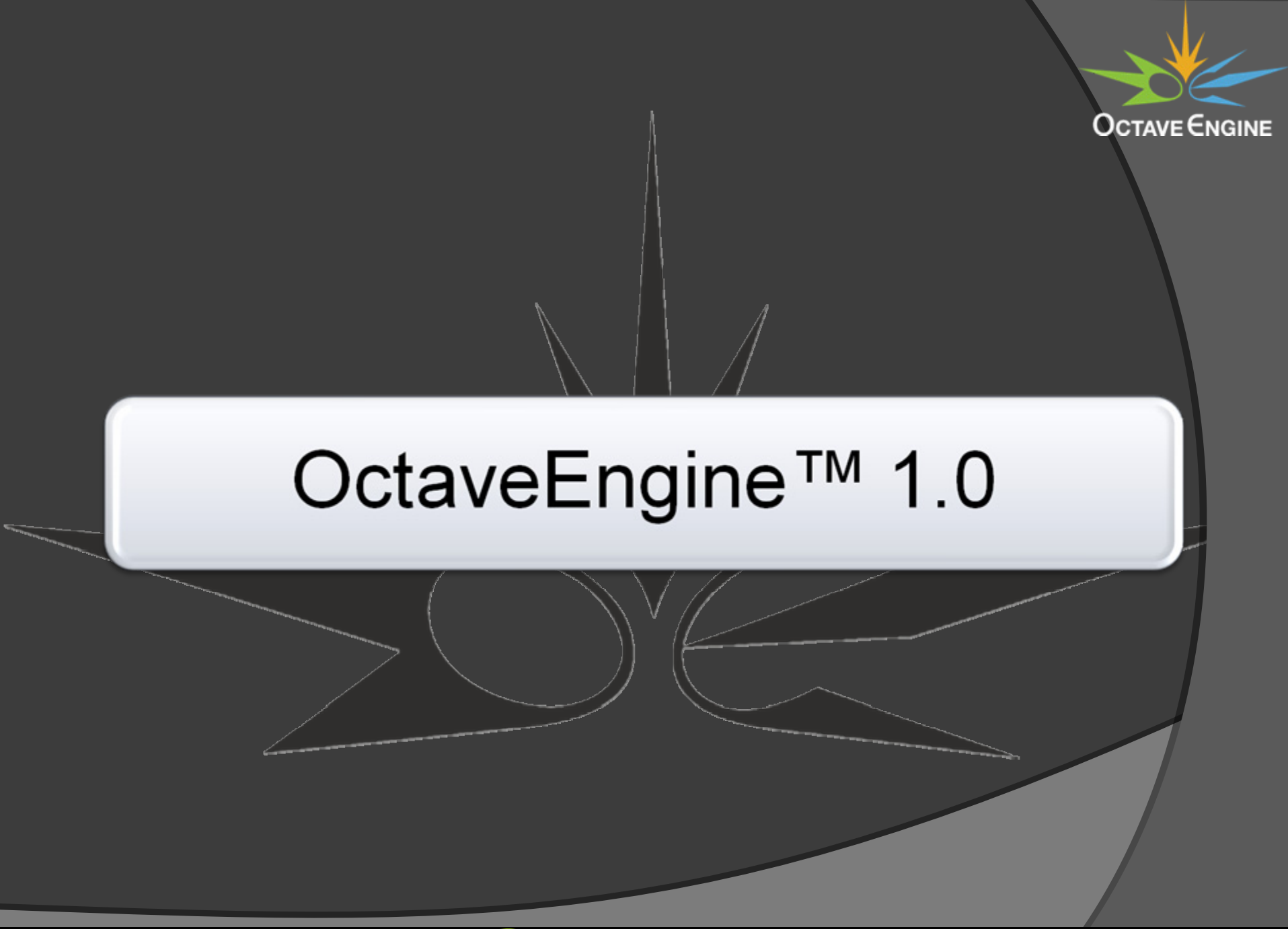
OCTAVE ENGINE

- CPU & GPU



OctaveEngineの発展




OctaveEngine™ 1.0

OctaveEngine™ 1.0 の構成

- WaterSurface Beat
- SandSurface Beat
- Sky Beat

WaterSurface Beat

二次元の
水面シミュレーション

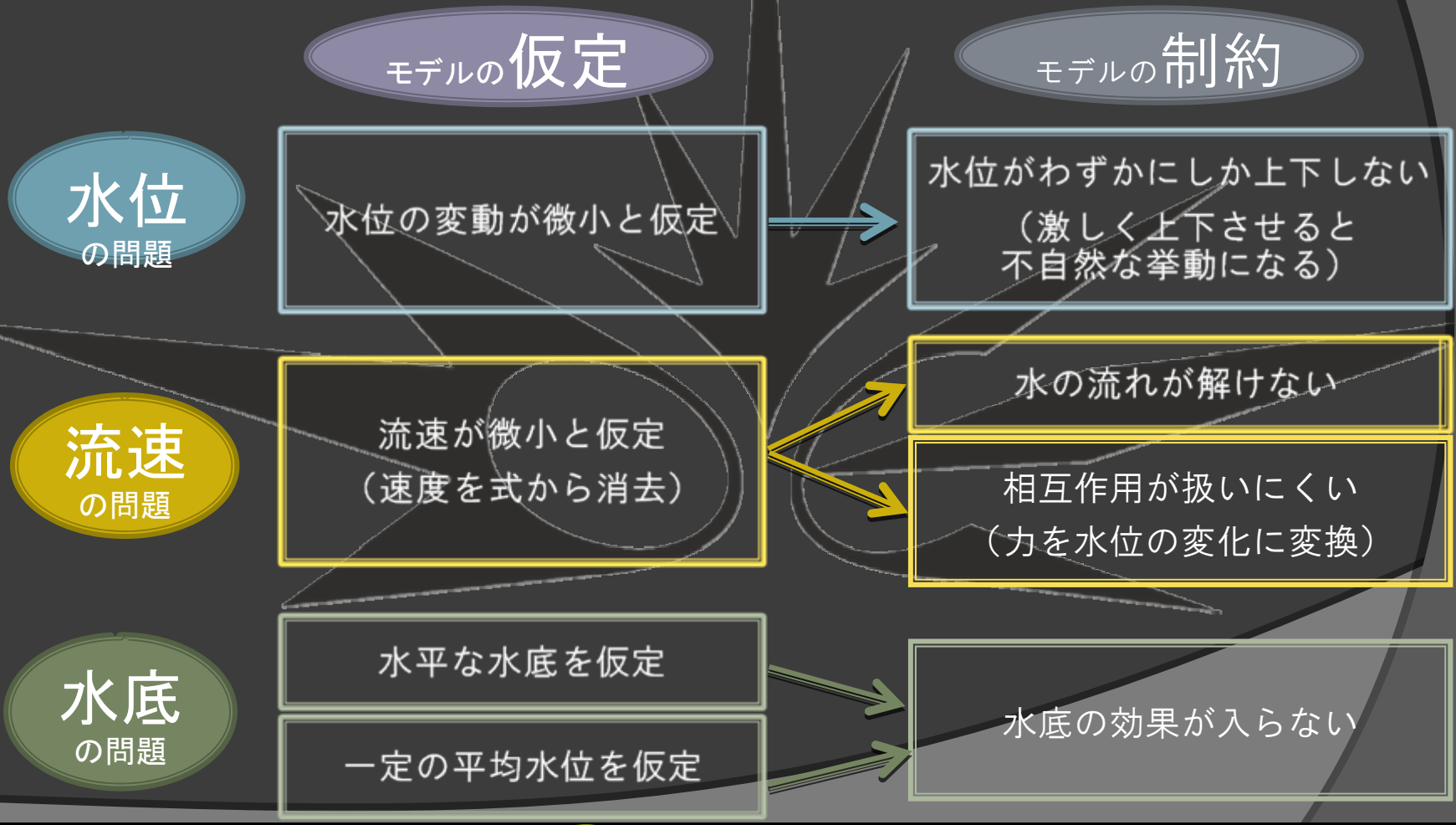
- ３次元流体の挙動をモデル化
- ハイトフィールドで表現

WaterSurface Beatの位置づけ

既存モデルで出来ないこと

OCTAVE ENGINE

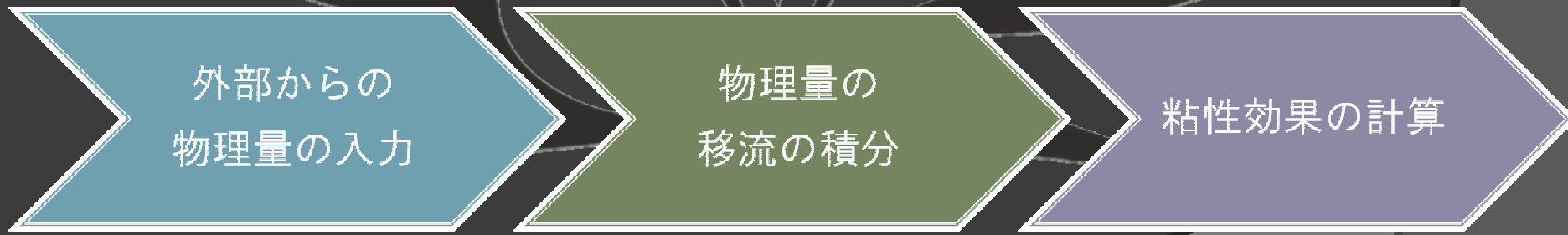
- 自然でインパクトのある動きがつくりにくい



WaterSurface Beatのモデル

OCTAVE ENGINE

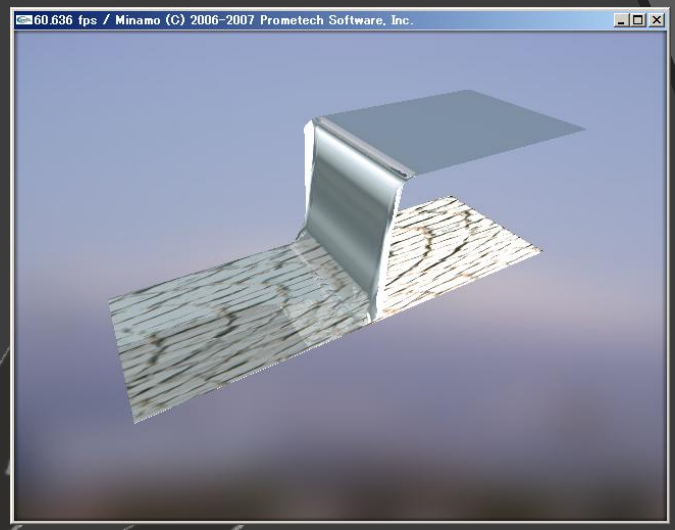
- よりインタラクティブで、より活発に動く水面を造る
- 物理量（質量と運動量）の移流を直接解く
  - 「垂直方向の物理量分布」→定式化
  - 「水平方向の物理量分布」→解く

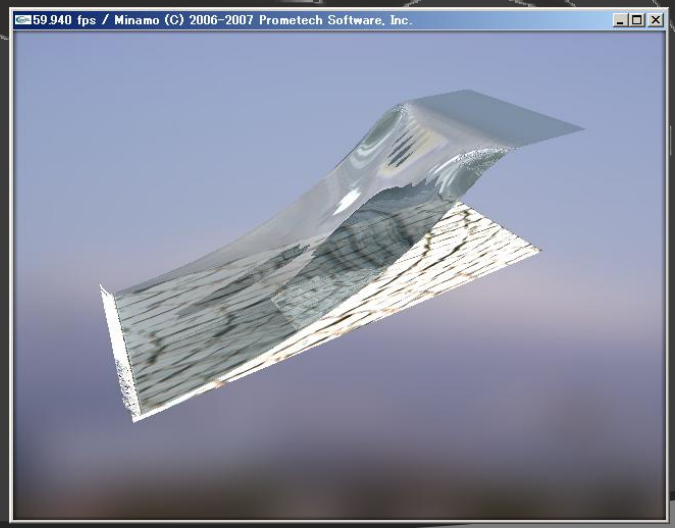


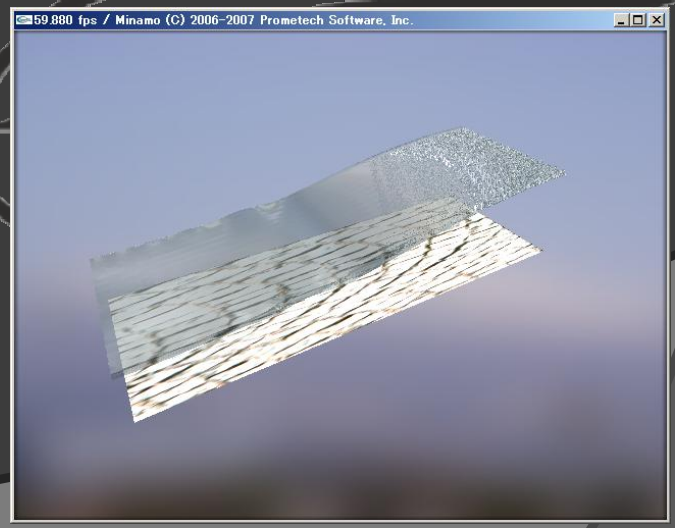
- 水の注入
- 運動量の注入
- 水底の形状

WaterSurface Beatで可能になること

- 水位の問題を解決
  - 水がない状態も
    そのまま取り扱える
  - 水の増減ができる

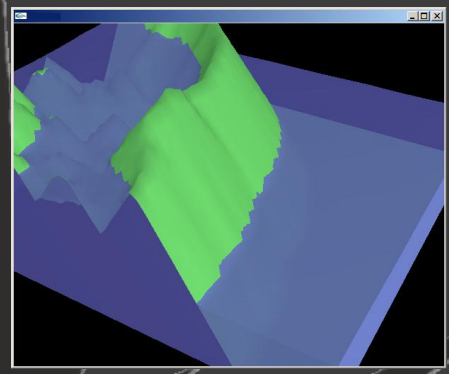


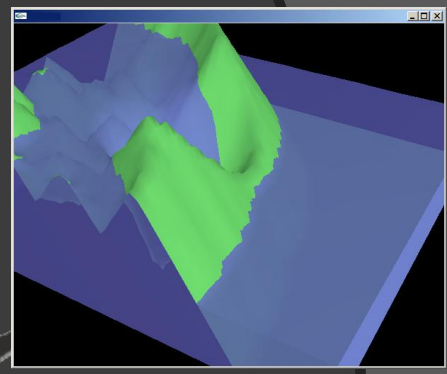


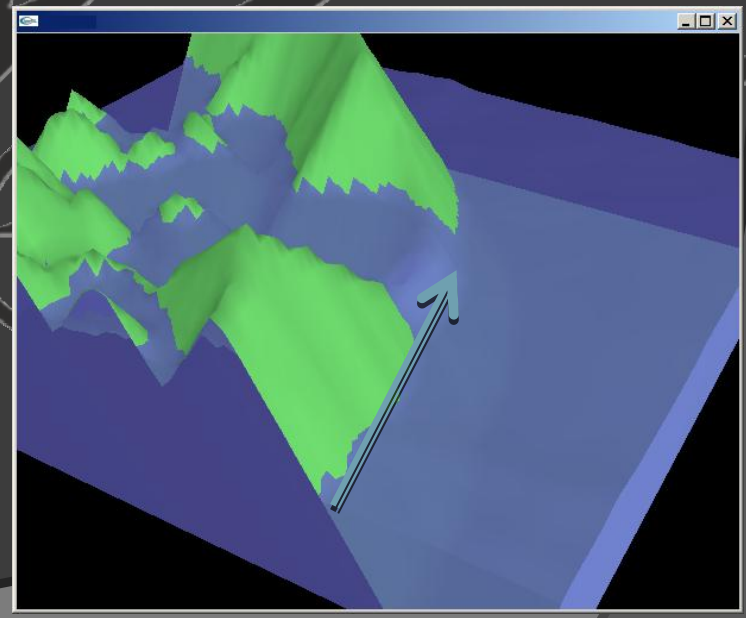


WaterSurface Beatで可能になること

- 流速の問題を解決
  - 境界条件を決めることで、「川」なども作ることができる
  - 流速場と浮力の組み合わせで、水中の物体の軌道も計算できる
- 水底の問題を解決
  - 凹凸に水を流しこめる
  - 水底から岸（水位より高い水底）にかけての境界条件が連続的に、かつインタラクティブに決められる

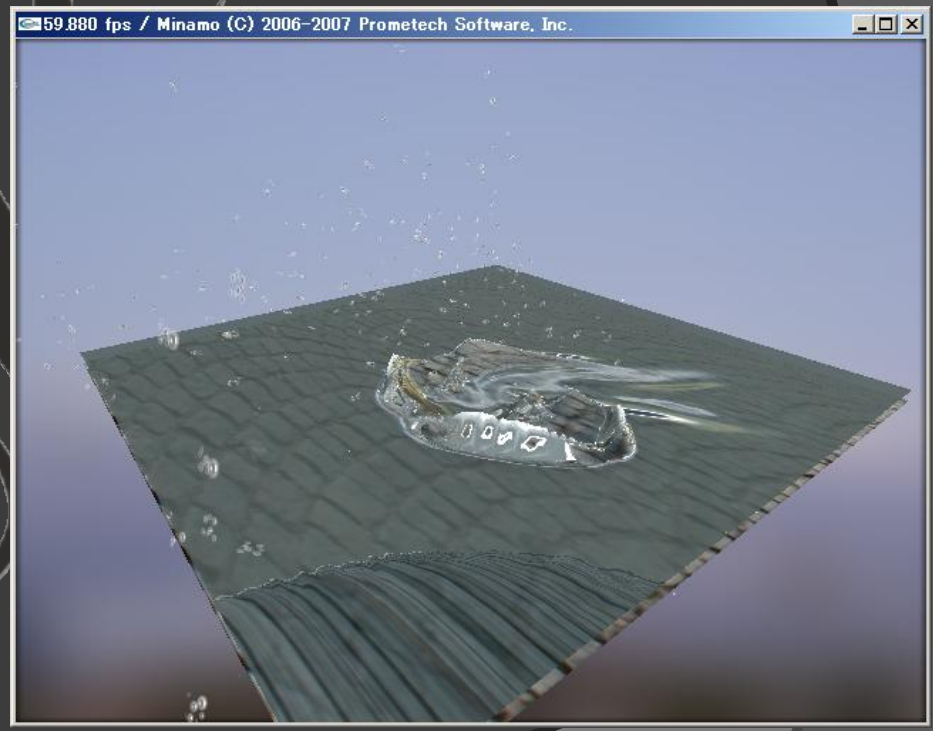






WaterSurface Beatで可能になること

- 外力を力として直接扱える
  - 力を加えたい格子点の運動量を増加させる
- 水しぶきの発生が計算できる
  - 水面の形状と速度を組み合わせる事で、発生条件を自然なものに調整できる



SandSurface Beat

特徴

ゲーム向け自然環境物理シミュレーションエンジンとして、
業界初、砂シミュレーションを採用

OCTAVE ENGINE

Graphics Features

Lighting
Per-vertex | Per-pixel | Volumetric | Lightmapping | Radiosity | Gloss maps | Anisotropic | BRDF

Shadows
Shadow Mapping | Projected planar | Shadow Volume

Texturing
Basic | Multi-texturing | Bumpmapping | Mipmapping | Volumetric | Projected | Procedural

Shaders
Vertex | Pixel | High Level

Rendering
Fixed-function | Stereo Rendering | Raytracing | Raycasting | Deferred Shading | Render-to-Texture | Voxel | Fonts | GUI

Scene Management
Portals | Octrees | Occlusion Culling | PVS |

Animation
Inverse Kinematics | Forward Kinematics | Keyframe Animation | Skeletal Animation | Morphing | Facial Animation | Animation Blending

Meshes
Mesh Loading | Skinning | Progressive | Tessellation | Deformation

Surfaces & Curves
Splines | Patches

Special Effects
Environment Mapping | Lens Flares | Billboarding | Particle System | Depth of Field | Motion Blur | Sky | Water | Fire | Explosion | Decals | Fog | Weather | Mirror

Terrain
Rendering | CLOD | Splatting

ve **282** engines in our database.

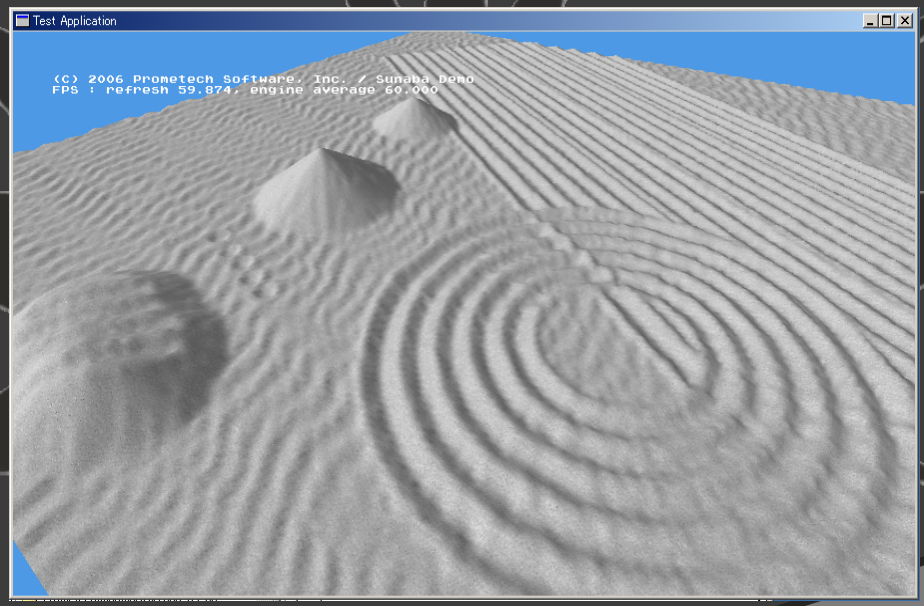
Database edi or: Frank Skilton (email | forum profile)

DevMaster.net
your source for game development
Home | Forums | 3D Engines Database
Welcome Guest!
3D ENGINES DATABASE

Sandがない

SandSurface Beatの機能

- 砂山が崩れる現象のような、砂の挙動を計算する
- 砂を掘る / 砂を盛る
- 風による砂紋の形成「風紋」
- レンダラーで砂が流れる様子の表現が可能



砂のシミュレーションとレンダリングの結果
（開発中の画面）

こんなことが表現可能

OCTAVE ENGINE

- キャラクターの足跡を砂の上に残す
- ユーザーが作成した模様(スタンプ)を砂の上につける
- キャラクターの挙動に応じて砂山が崩れる
- 熊手で砂に紋様を描く
- 砂の上に絵や文字を描く

砂と流体の違い

- 積み重なった砂が崩落すると、砂粒子固有の傾斜角（安息角）の斜面を形成して崩落が停止する

→局所的に崩落を計算すればよい

→広大な砂面でも計算負荷は少ない

GPGPU & Cell編

WaterSandComboSurface Beat(仮)の概要

- 概要
  - 水面と砂面の演算と描画を統合処理
  - HLSLシェーダモデル3.0で実装(GPU)
- デモゲーム「Paradise!」にて使用
  (「Paradise!」は
  「XNA Game Studio Express 1.0 Refresh」環境で動作)
- 注意
  - CPU版と同じではない
  - OctaveEngine™ 1.0リリース時点に含まず（予）

WaterSandComboSurface Beat(仮)の特徴

- 制御以外のすべての演算と描画
  →GPUで処理 = GPGPU (General-Purpose GPU)
- GPU性能に強く依存
  →GPU性能アップに応じて性能が伸びる
- 水面と砂面ともに変形に応じた
  最適三角形分割モードあり
  （結果はWaterSurface Beatと同様）

GPGPUのヒント(1)

OCTAVE ENGINE

- 格子状態をテクスチャで保持する
  - テクスチャ１枚につき、4成分ずつにまとめるのが理想
  - 成分の効果的な組み合わせを見つける
- テクスチャを適時切り替えて使う
  - 入力時：テクスチャのルックアップ
    LUT (Look Up Table)のように見なす
  - 出力時：レンダーターゲット
- 多数のマルチパスになるような手続き手法
  →できるだけフィルター手法に置き換える
  （アドレッシング単純化+パス数低減による高速化）

$o_1 = Pass1\{a, b\};$
$o_2 = Pass2\{o_1, c\};$

$o_{1'} = Pass1'\{a, b, c\};$

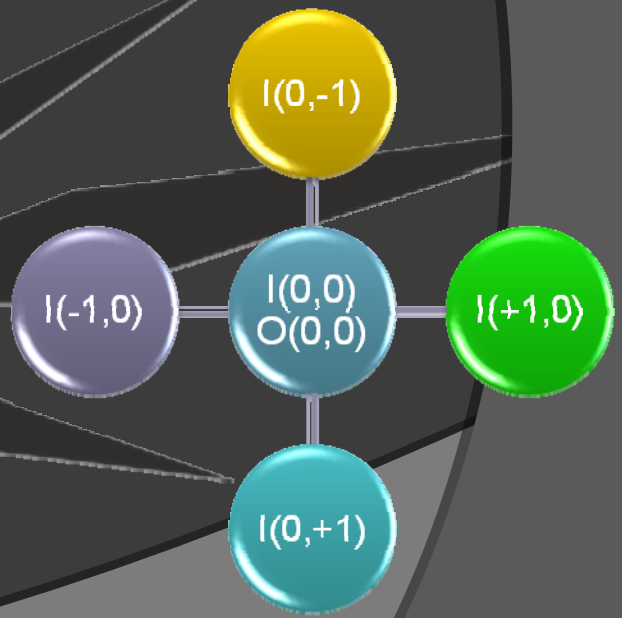
GPGPUのヒント(2)

- 演算処理アルゴリズム
  →いくつかの描画パス（エフェクトパス）にする
- 各パスの入出力
  →GPU制限内に整理する

HLSL Shader Model 3.0のとき:

入力数:出力数
= M:N
= 0～多（任意位置）: 0～4×4（固定位置）

(例) 入力:出力 = 5:1



出力(x, y) ＝ 関数{ 入力(x, y) }

出力$O_{1\sim16}$(固定位置) ＝ Pass{ 入力$I_{1\sim多}$(任意位置) }

$O_n(x, y) = Pass\{ I_m(x + x_{im}, y + y_{im}) \}$

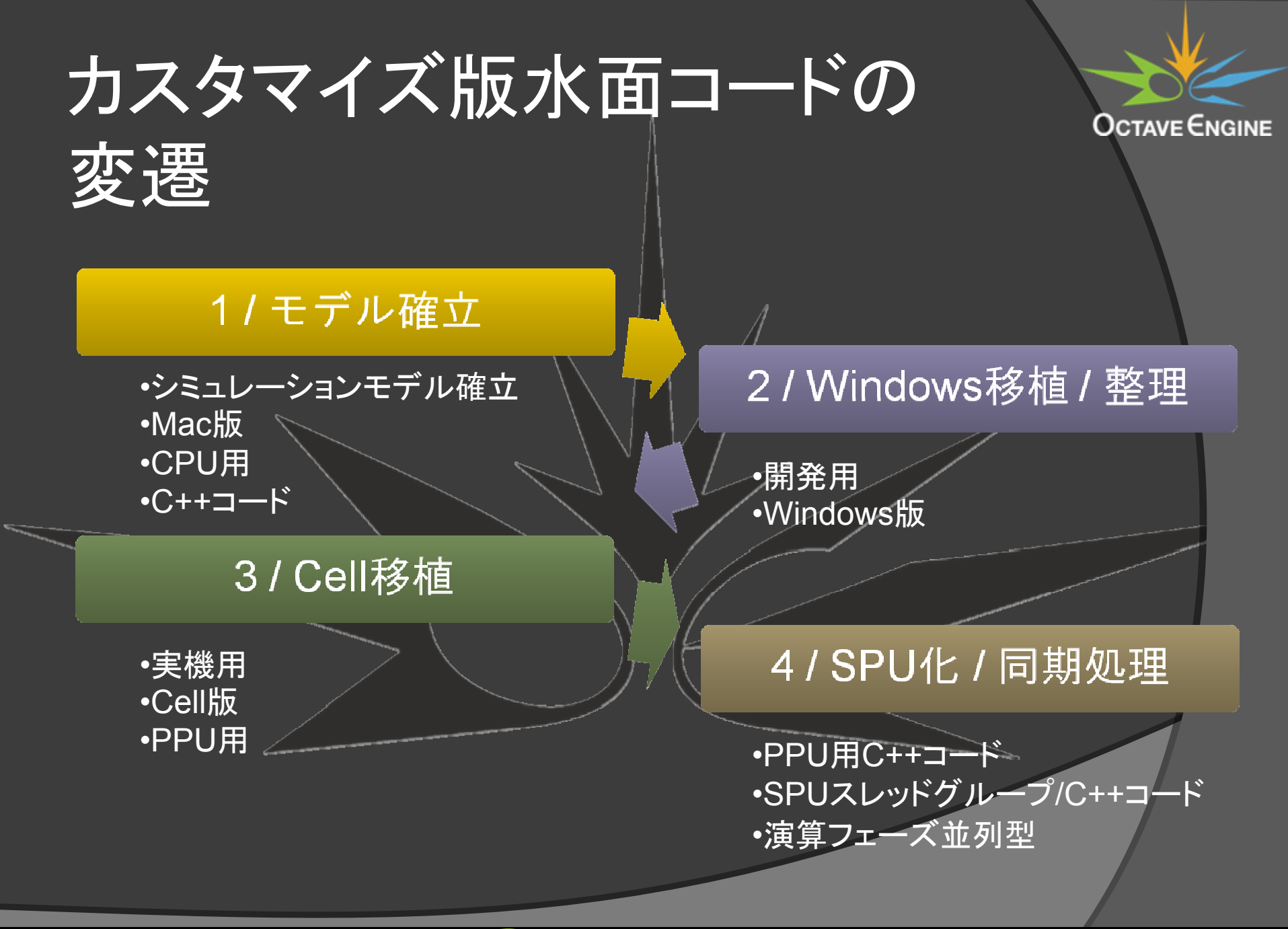
WaterSutface Beat Cell/SPU対応カスタマイズ版

OCTAVE ENGINE

- WaterSurface Beat / Cellカスタマイズ版
- カスタマイズ事例:
  バンダイナムコゲームス様「鉄拳6」にて
  シミュレーション演算部が採用
- Cell / PPU + SPU 1～6
  （PLAYSTATION 3, 「鉄拳6」新筐体）
- SPURS (SPU Runtime System)で動作

カスタマイズ版水面コードの変遷

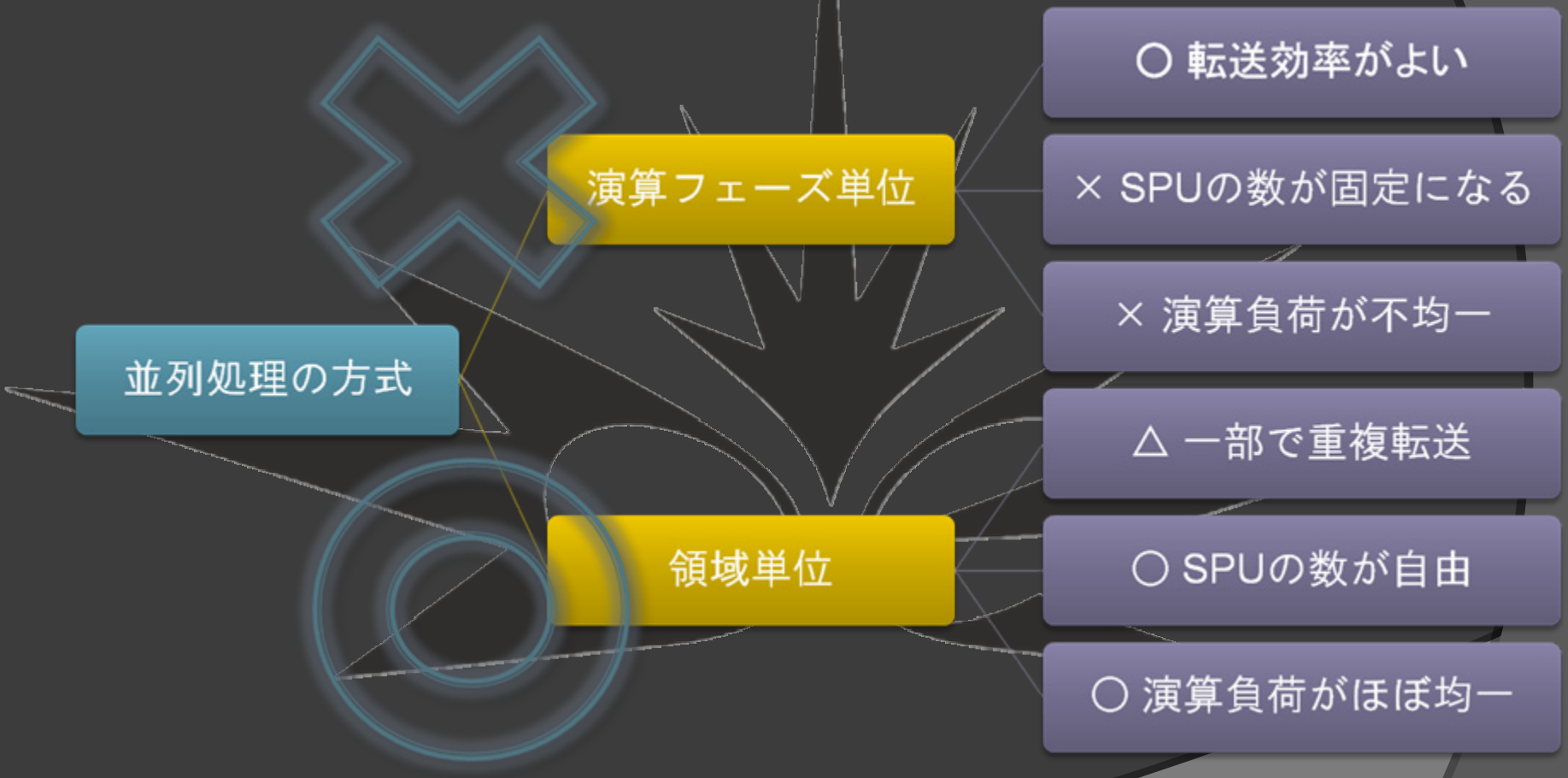
OCTAVE ENGINE



カスタマイズ版水面コードの変遷

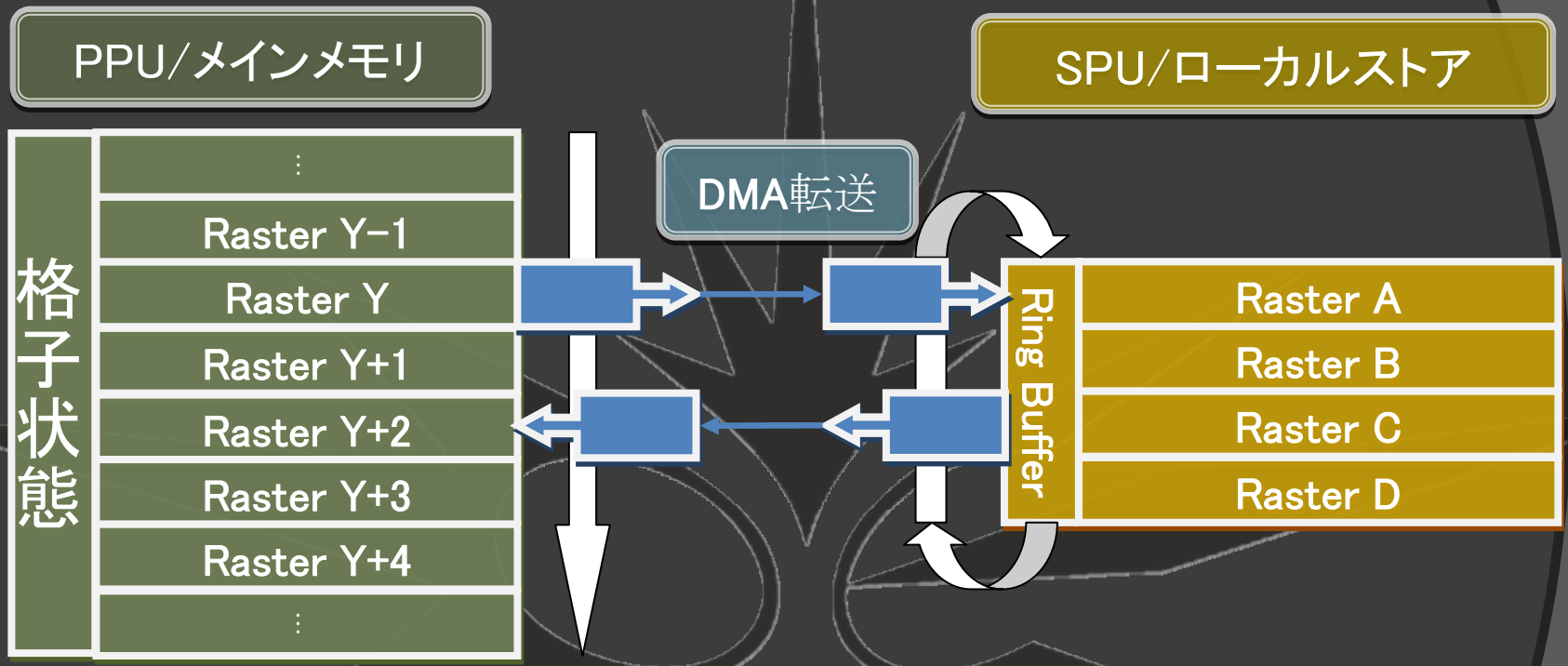
OCTAVE ENGINE

並列処理方式の比較



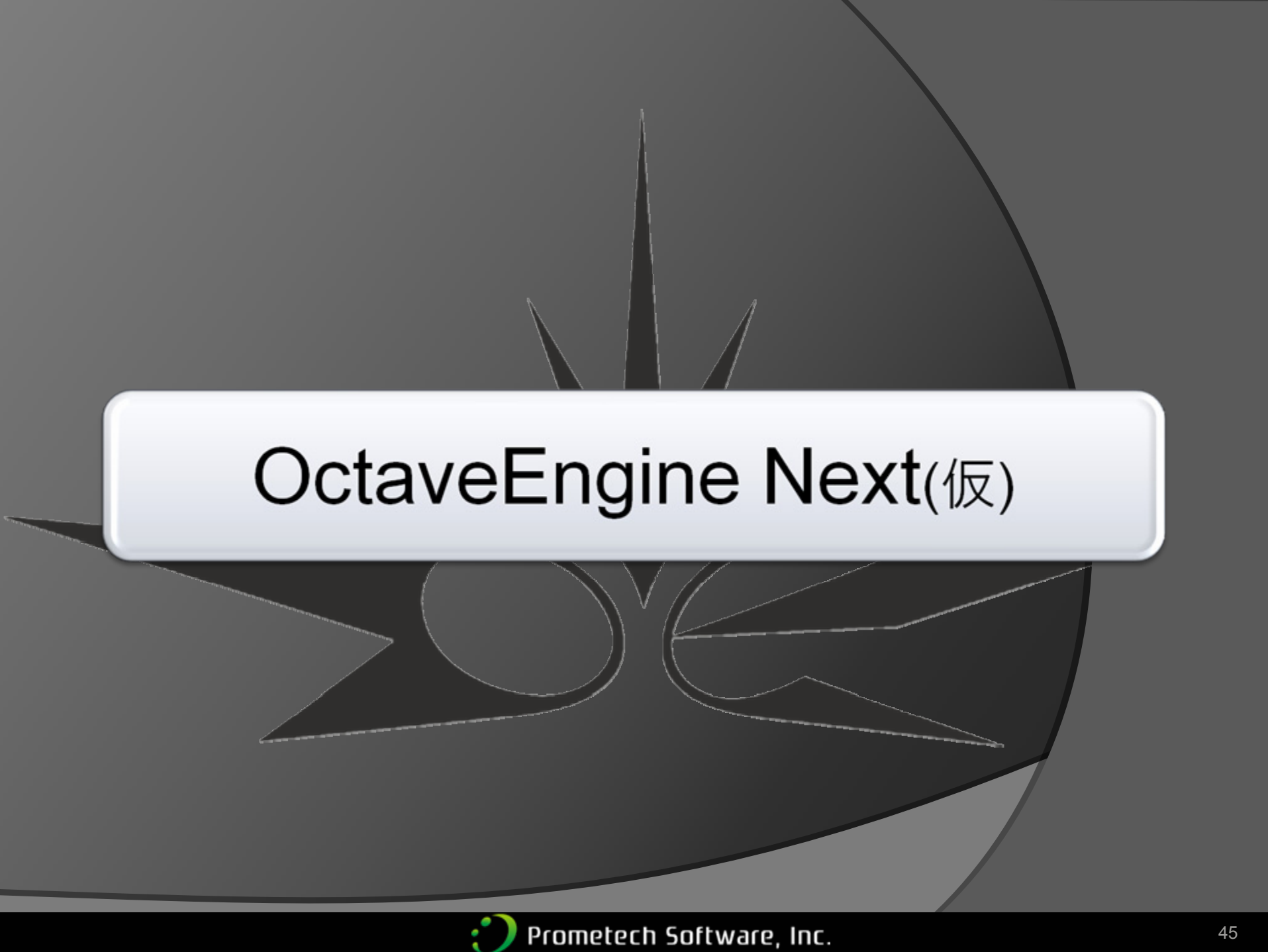
今回の条件下では、領域単位がよく、対応可能と判明 → 変更

PPU⇔SPU データ転送



- 意識しなければならないこと
  - GPGPUとの違い

- ローカルストアが小さい
- メモリアドレスのアライメント
- 転送が必要なデータの整理
- DMA転送のアライメントとサイズ
- いつ同期するか


OctaveEngine Next(仮)

物理シミュレーションへの これからの取り組み

OCTAVE ENGINE

OctaveEngine Nextの構想

基本コンセプト：複雑な物理現象 を リアルタイム で！

方　法：
- 大変形、破壊などの表現
- マルチフィジックスによる表現
- 高性能化したハードウエアの活用

具体策：粒子法 を GPU で！

計算できるようにする

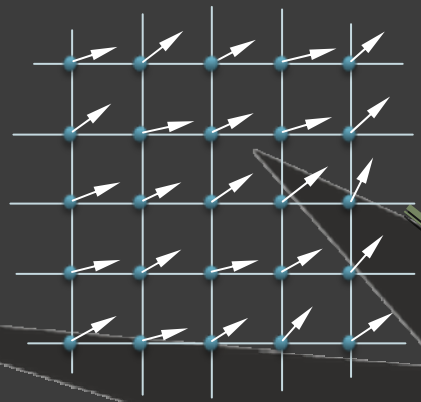
ゲーム物理をリアリティあふれるコンテンツへ !!!

複雑な物理現象　：
OctaveEngine Next(仮)で何が変わるのか

OCTAVE ENGINE

OctaveEngine™ 1.0

格子法



格子を用いる

計算結果によって
格子は変形しない

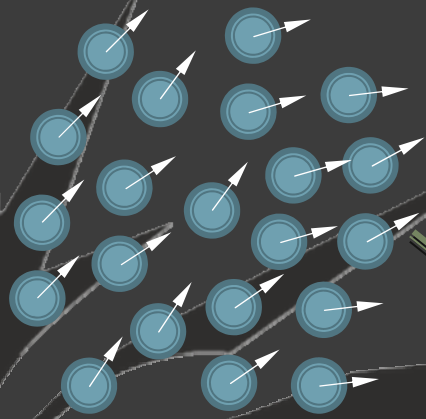
格子

大変形、破壊、分離・合体の表現が難しい

水面、砂などの単体モデルによる物理表現

OctaveEngine Next

粒子法



格子を用いない

計算結果をもとに、
粒子が移動する

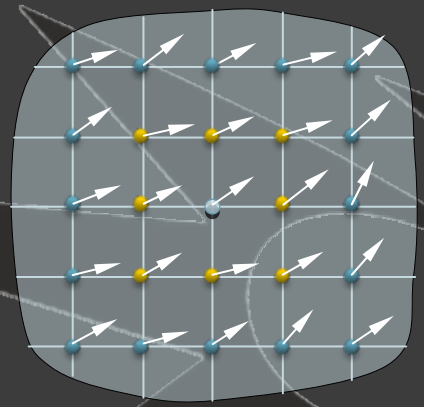
粒子

大変形、破壊、分離・合体の表現が可能

複数の物理モデルをカップリングさせることでマルチフィジックスが可能

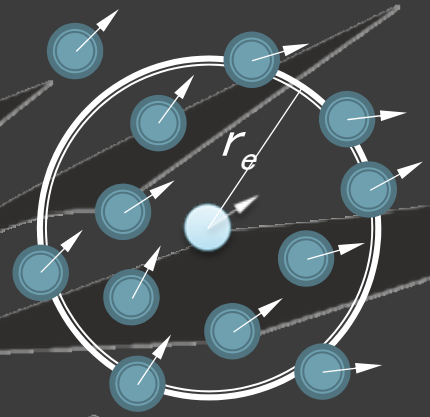
粒子法の特徴

- 流体や剛体などの挙動を粒子の運動によって計算する方法
  （ラグランジュ法を用いて粒子を移動させる）
- 微分方程式の離散化（格子法と粒子法の違い）



格子法

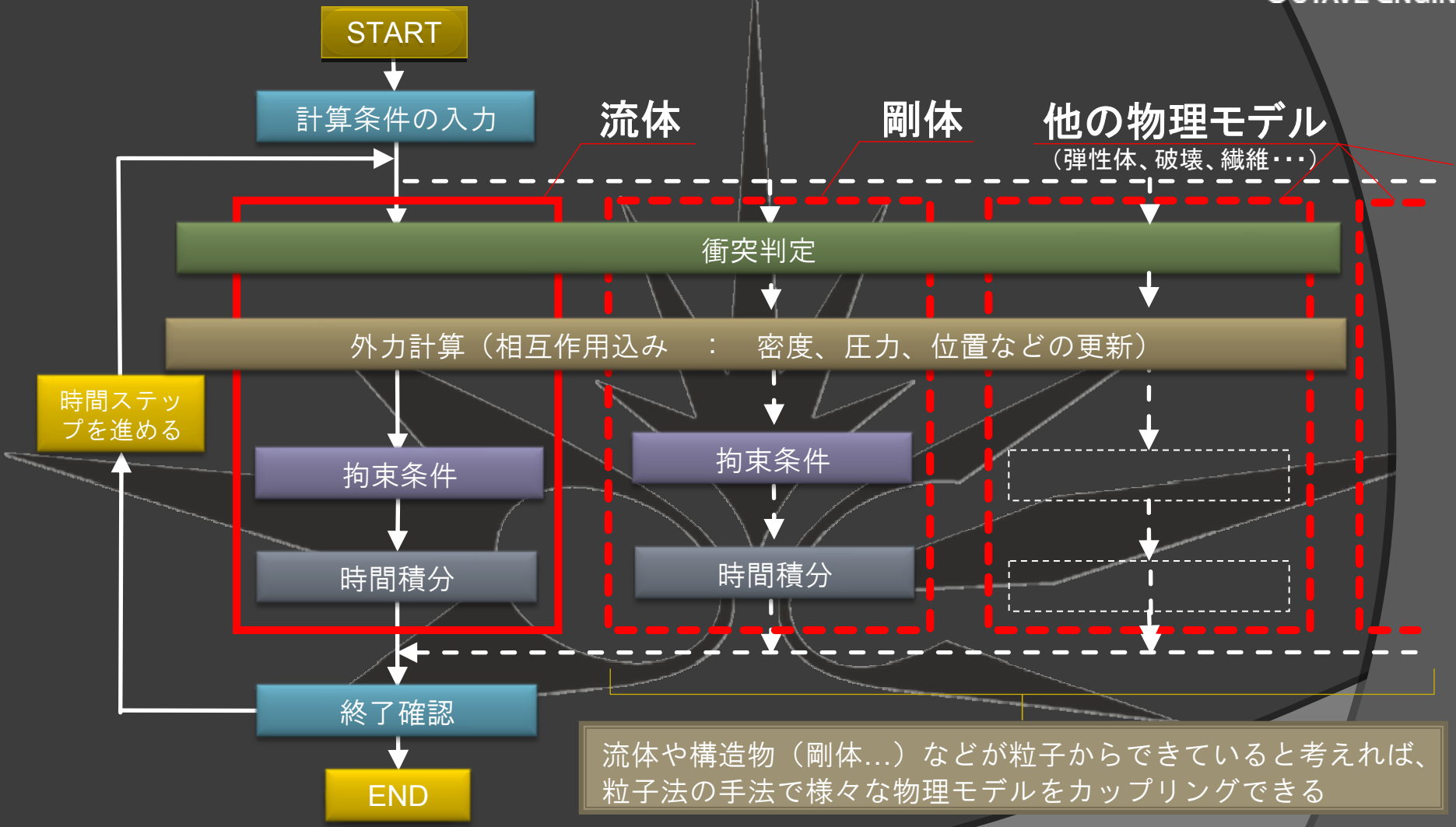
隣接する格子点を
近傍探索する



粒子法

影響半径r_e内の粒子
を近傍探索する

粒子法の特徴 ： アルゴリズム



流体や構造物（剛体…）などが粒子からできていると考えれば、
粒子法の手法で様々な物理モデルをカップリングできる

マルチフィジックスによる複雑な物理現象の表現

リアルタイム：高性能ハードウェアの活用

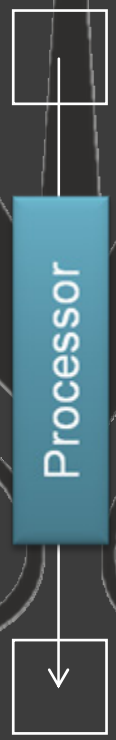
OCTAVE ENGINE

GPUとCPUの比較

— CPU

- A[N]=B[N]

- for(int i; i<N;i++)
- A[i]=B[i]



- A[0]=B[0]
- A[1]=B[1]
- A[2]=B[2]

⋮

- A[N]=B[N]

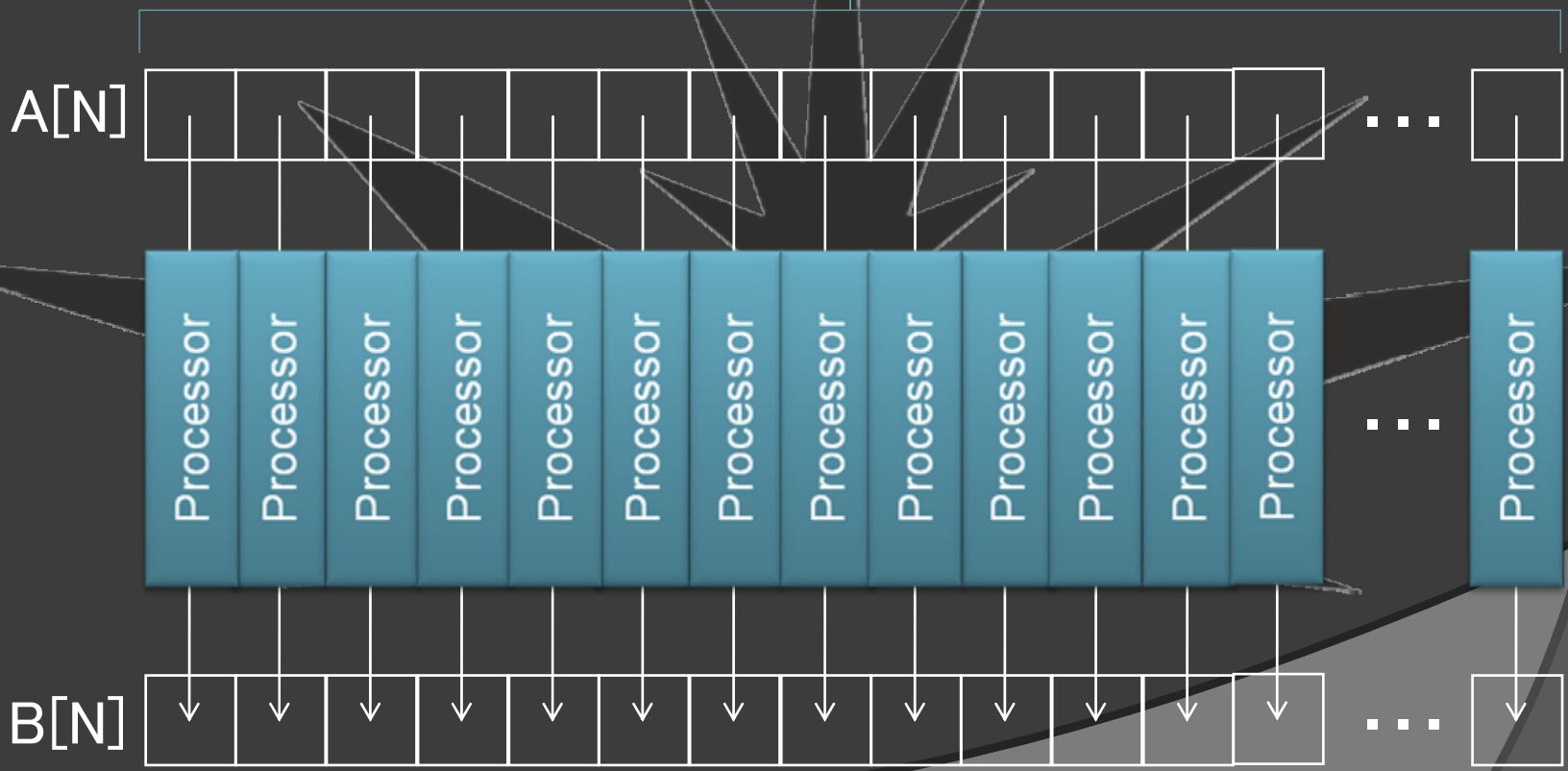
リアルタイム：高性能ハードウェアの活用

OCTAVE ENGINE

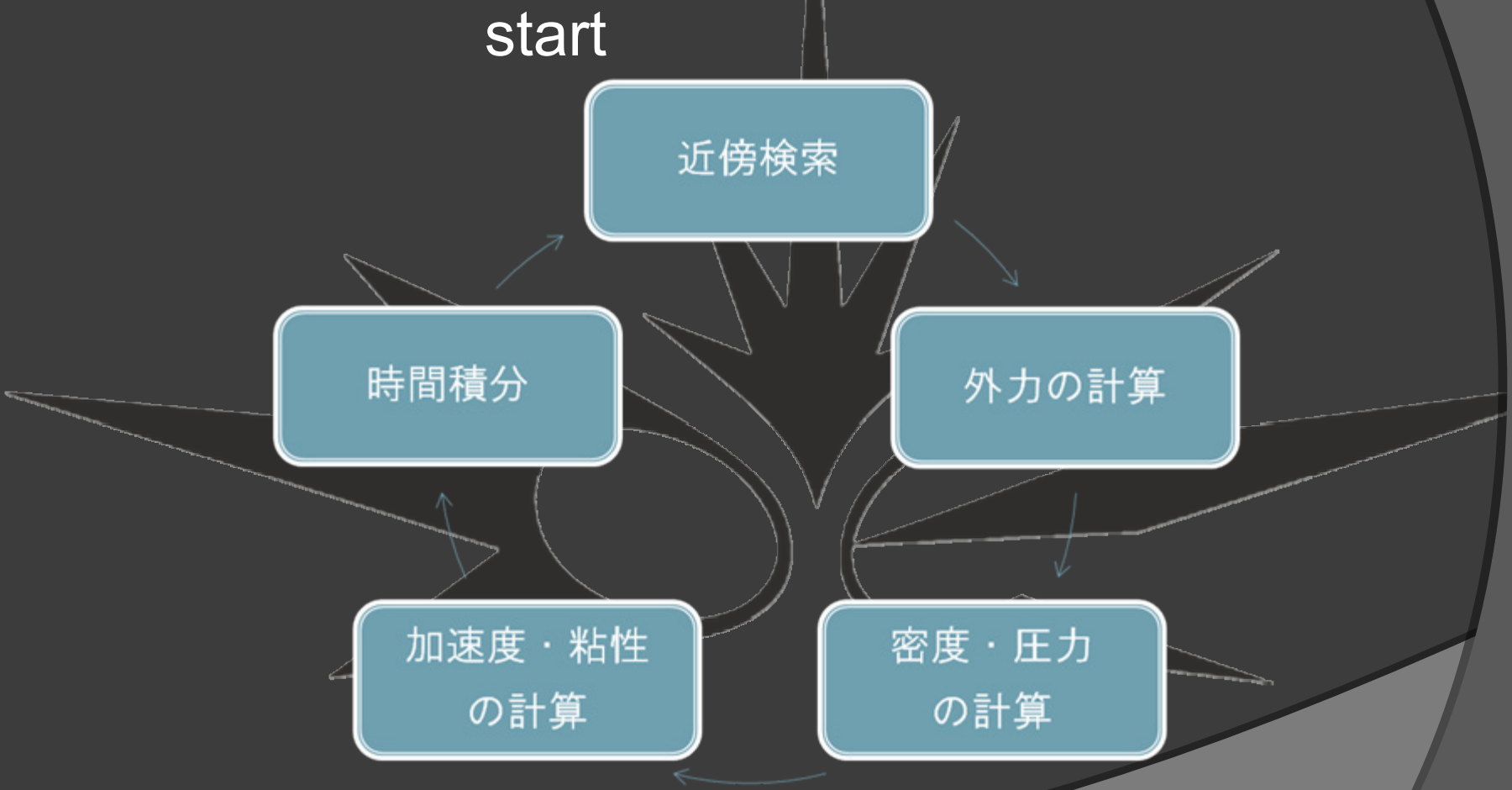
GPUとCPUの比較

— GPU

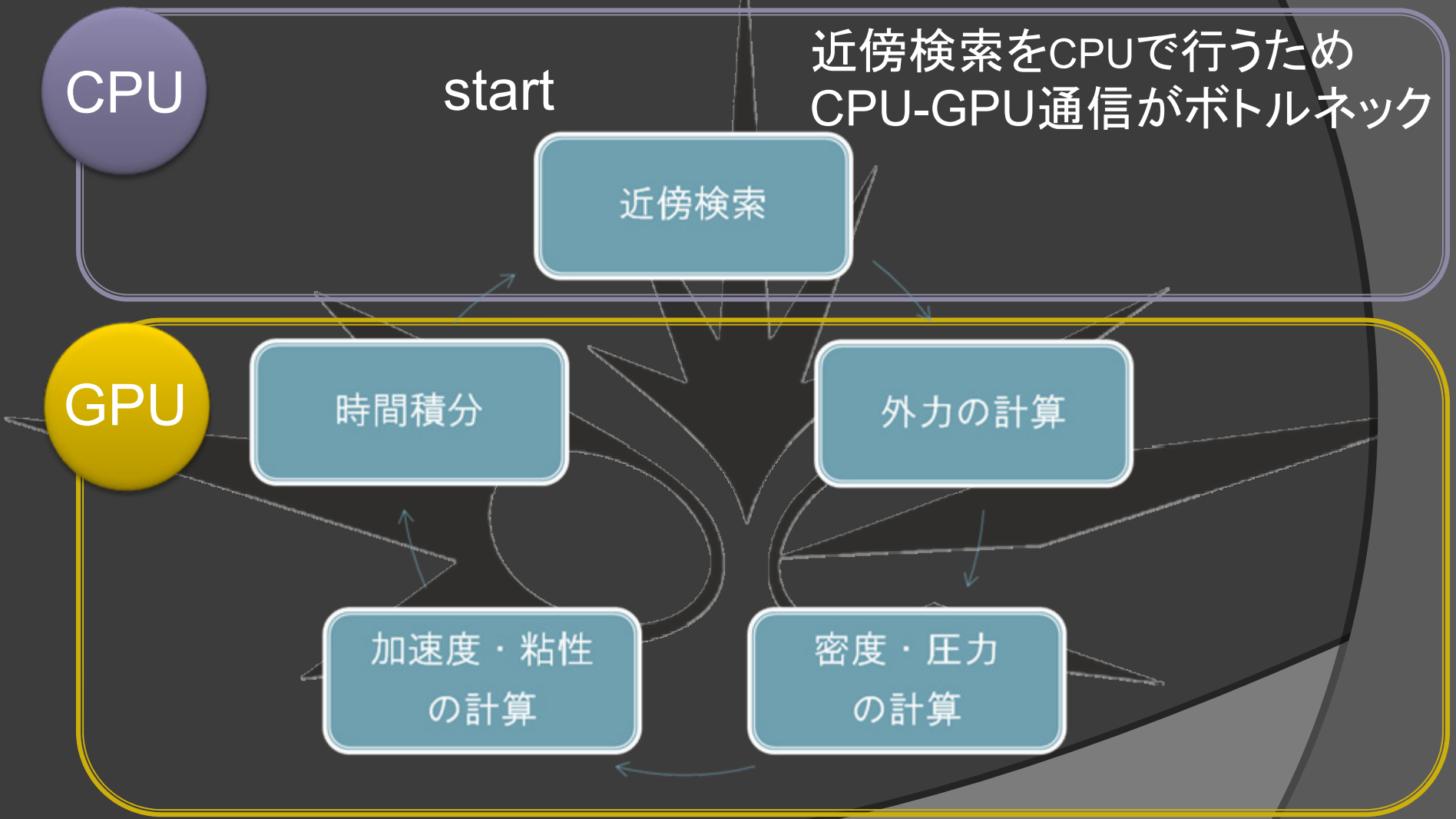
128 processors



粒子法の計算手順

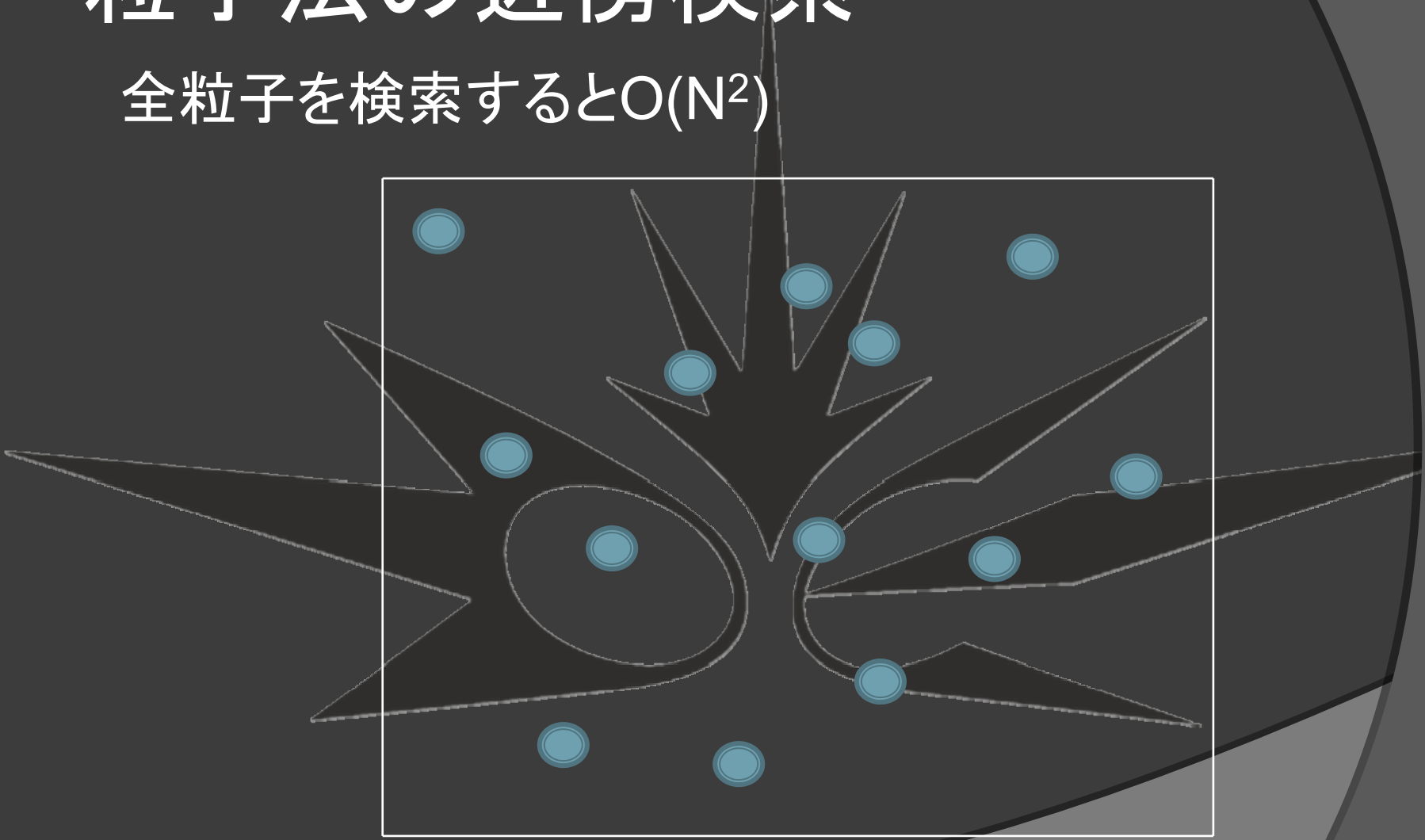


粒子法の計算手順


CPU
start
近傍検索をCPUで行うため
CPU-GPU通信がボトルネック
近傍検索
GPU
時間積分
外力の計算
加速度・粘性
の計算
密度・圧力
の計算

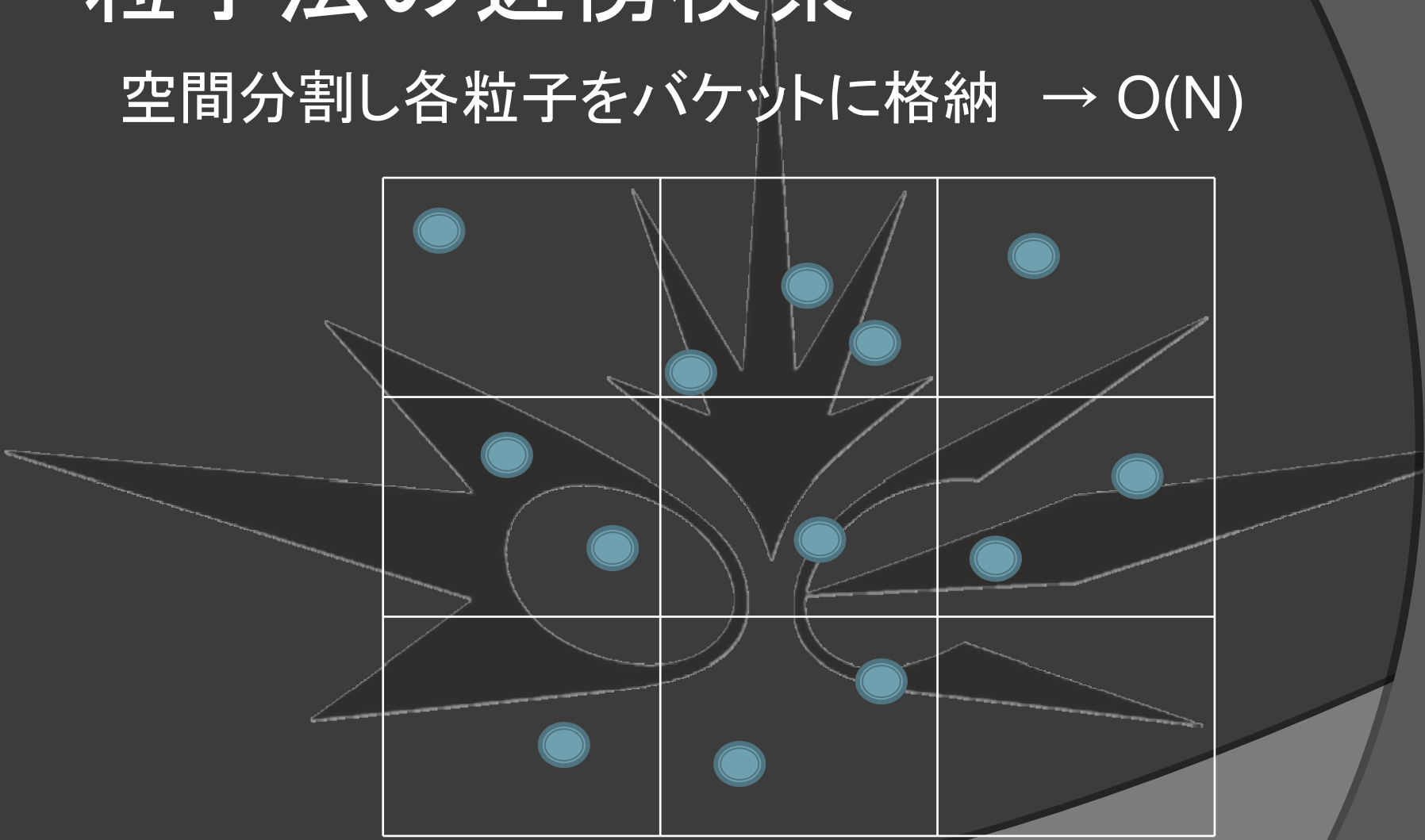
粒子法の近傍検索

全粒子を検索するとO(N^2)



粒子法の近傍検索

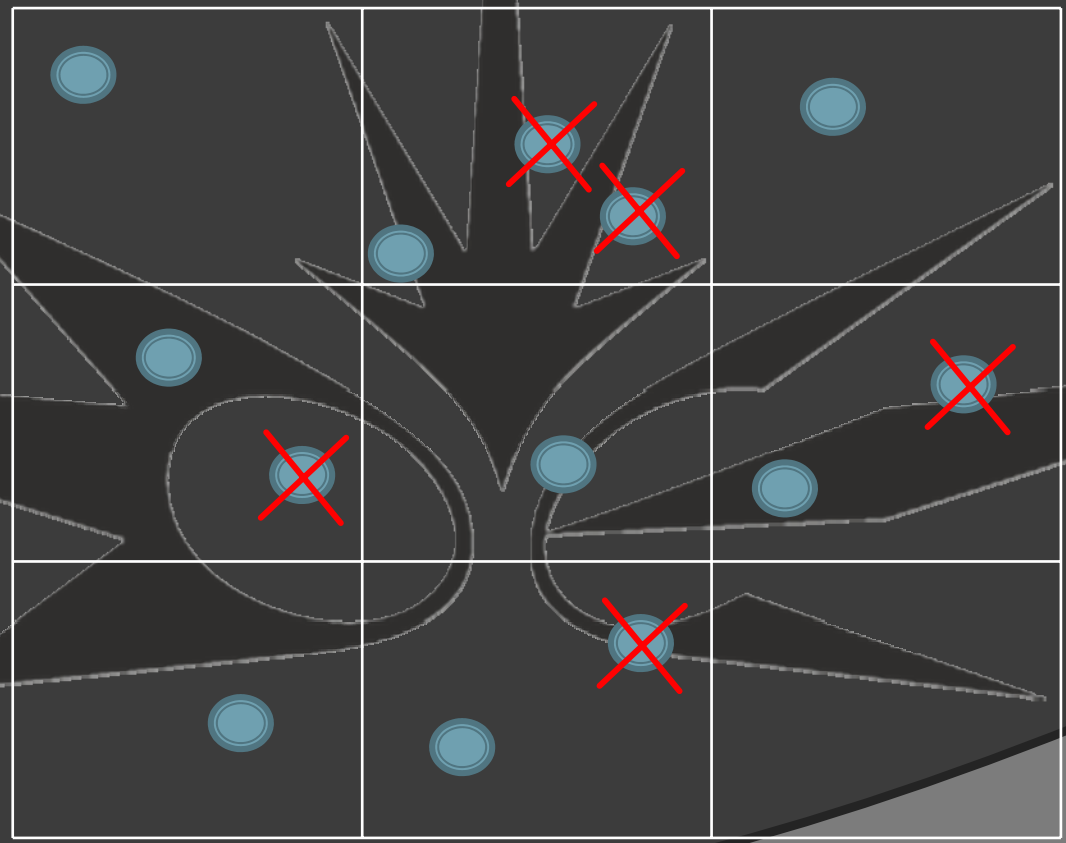
空間分割し各粒子をバケットに格納　→ O(N)



近傍検索(GPUの場合)

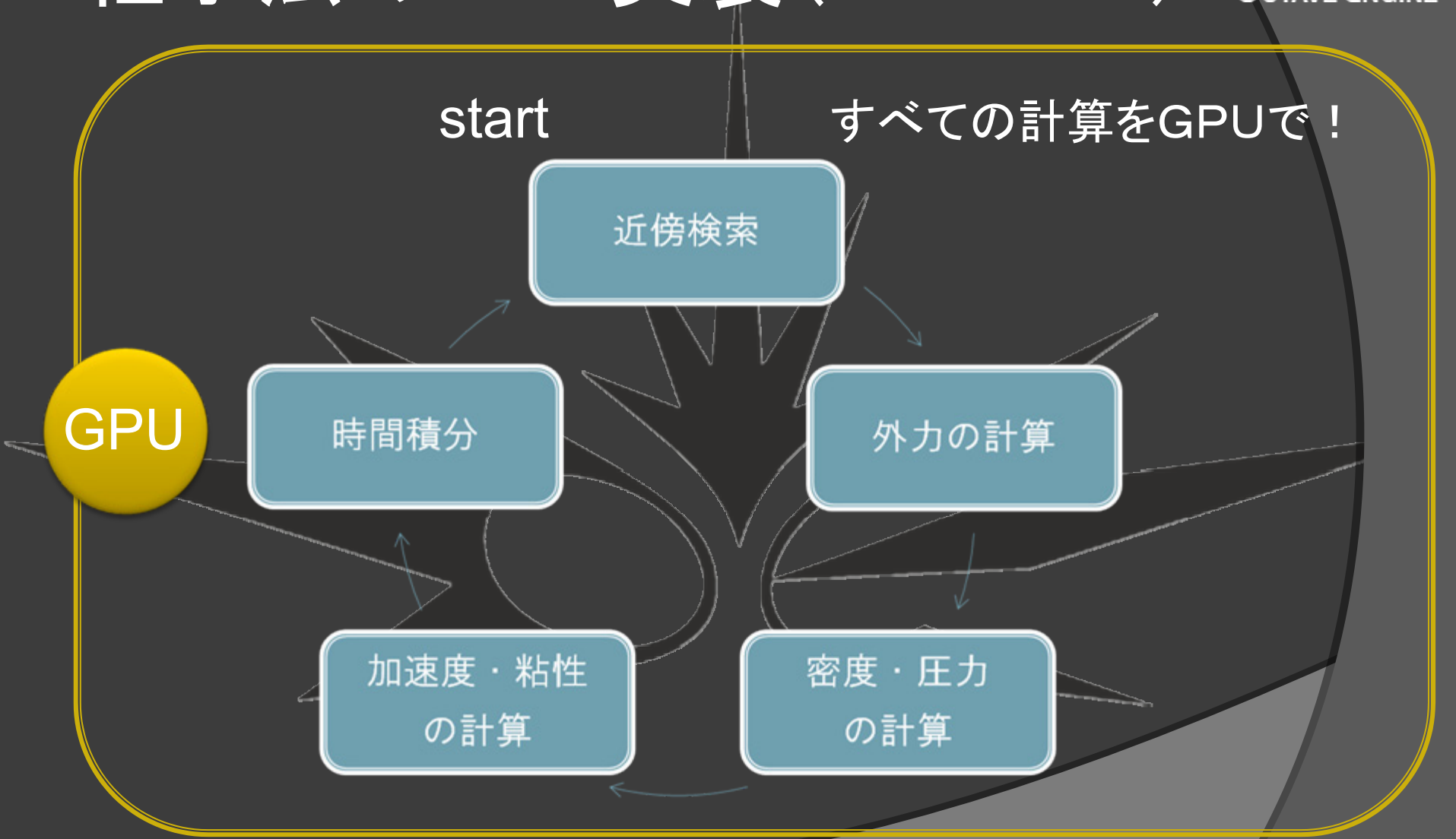
バケットをテクスチャで表現

→1テクセルに1つしか粒子を登録できない



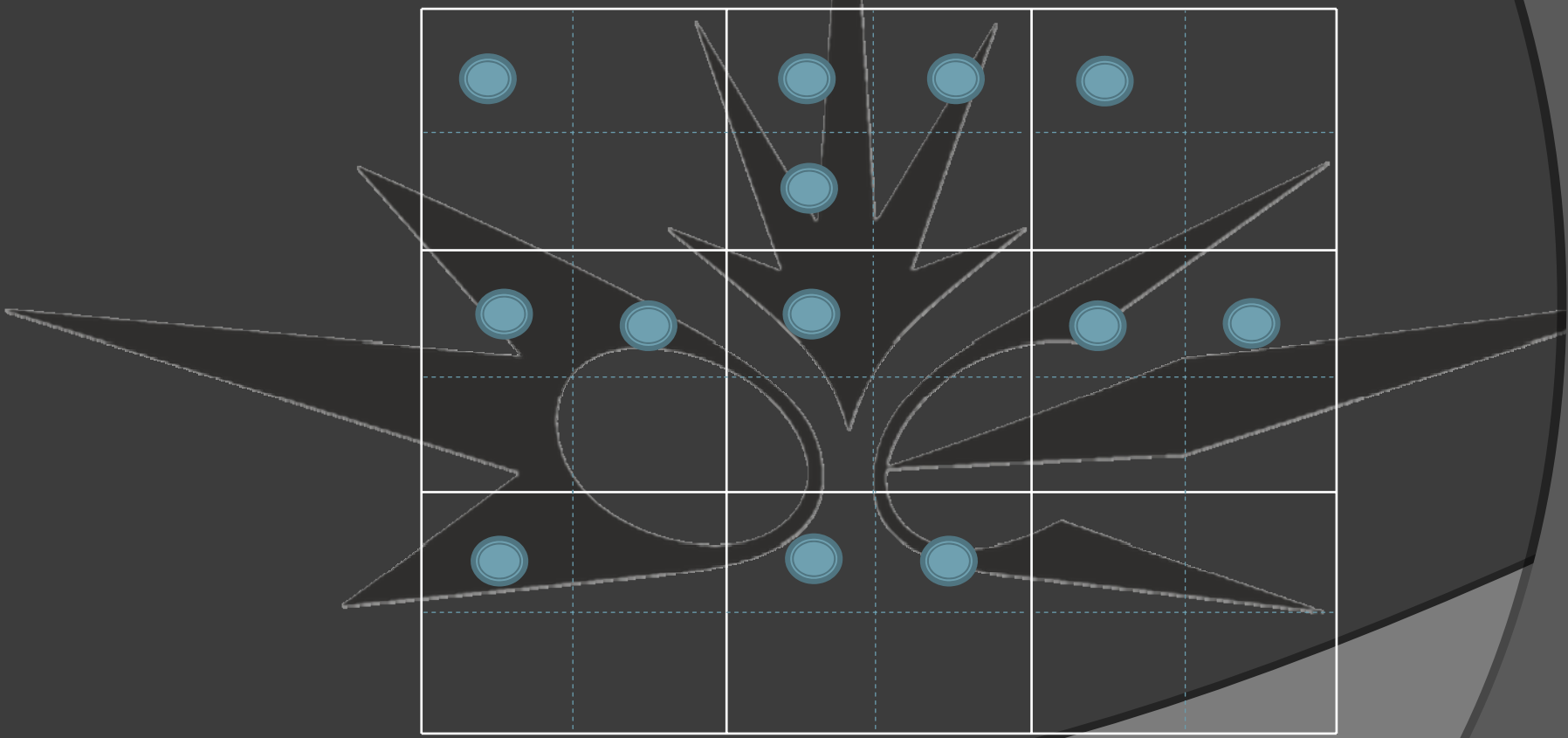
粒子法のGPU実装（OE Next）

OCTAVE ENGINE



粒子法の近傍検索

粒子を各テクセルのRGBA成分として複数格納することで
GPU上での近傍検索を実現



特許出願中