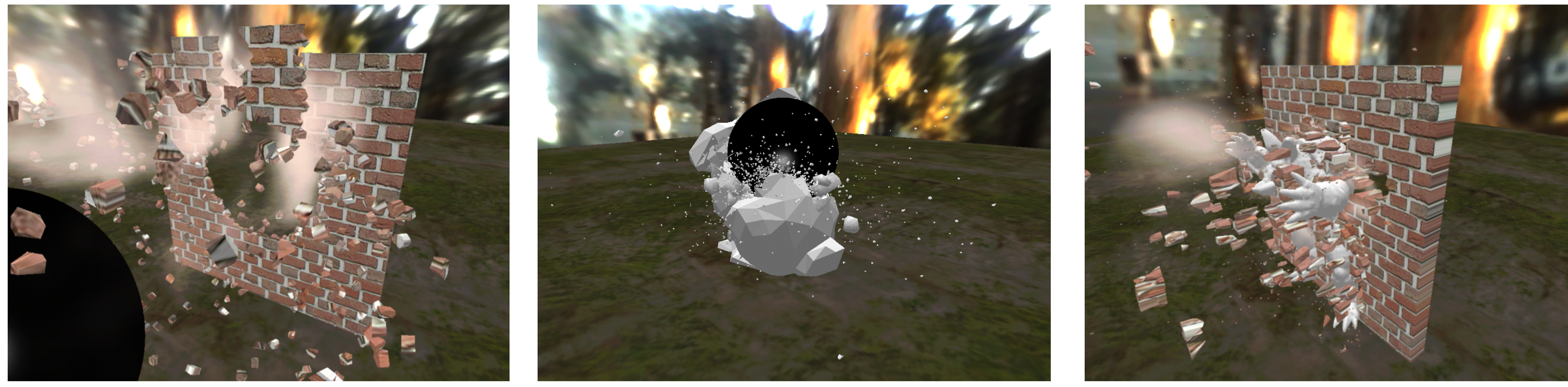


微細な破砕物を伴う破壊シミュレーション

今給黎 隆

株式会社バンダイナムコゲームス



CPU: Core i7-965 Extreme Edition (3.20GHz)
GPU: NVIDIA GeForce GTX 280

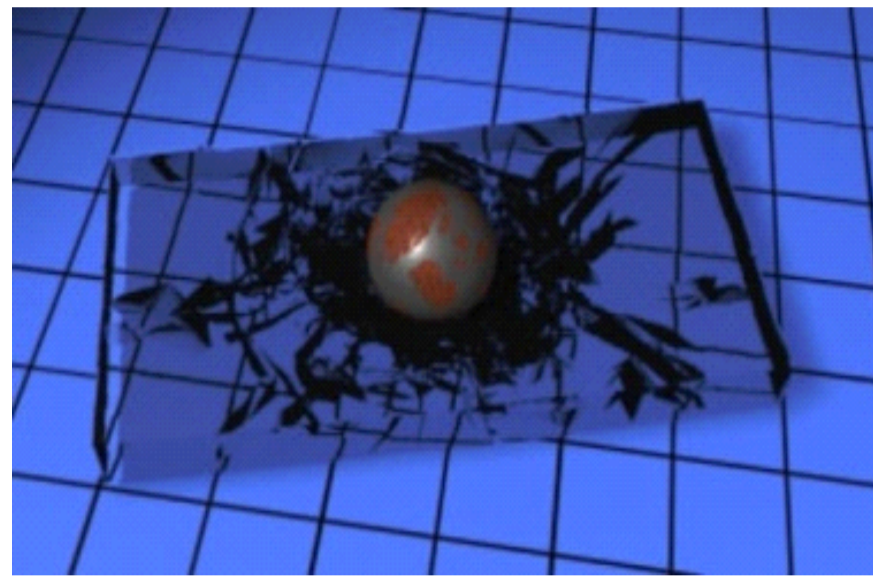
概要

目的: リアルタイムのシミュレーションにおける破壊の高品質化

特徴:

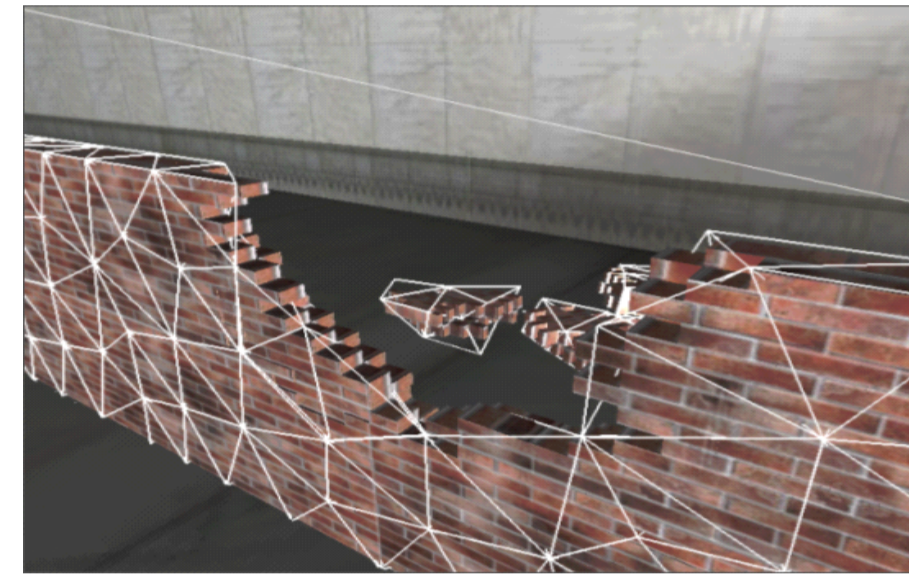
破砕物の大きさの分布に現実の破砕で知られる経験則を用いる
現実の経験則から、平易な分布に関する法則を導出

従来手法



[O'Brien and Hodgins 99]

リアルタイムな
計算が難しい



[Parker and O'Brien 09]

細かな破砕物
が表現できない

提案法のアイデア

非常に細かな破砕物を正確に計算するのは処理負荷が高い

アイデア: ある程度大きな力を受けたら、微細な破片は小さなパーティクルで表現すれば良いのでは?

問題点: 各パーティクルの大きさは?

- 全てのパーティクルを同じ大きさにすると見た目に違和感
- 現実の破砕物の大きさの分布は?

粉体工学で知られる現実の破砕物の分布関数を利用

Gaudin-Schuhmann 分布 [Gaudin 1926]

ふるいの目より小さな質量(ふるいの下に落ちた物体の重さ)の関数

粗砕(数10cm-数10mm)ないし中砕(数10cm-数10μm)程度の粉砕物に当てはまることが多い

$$U(r) = \left(\frac{r}{R_e} \right)^m$$

R_e : 粒度特性数
 m : 均等数

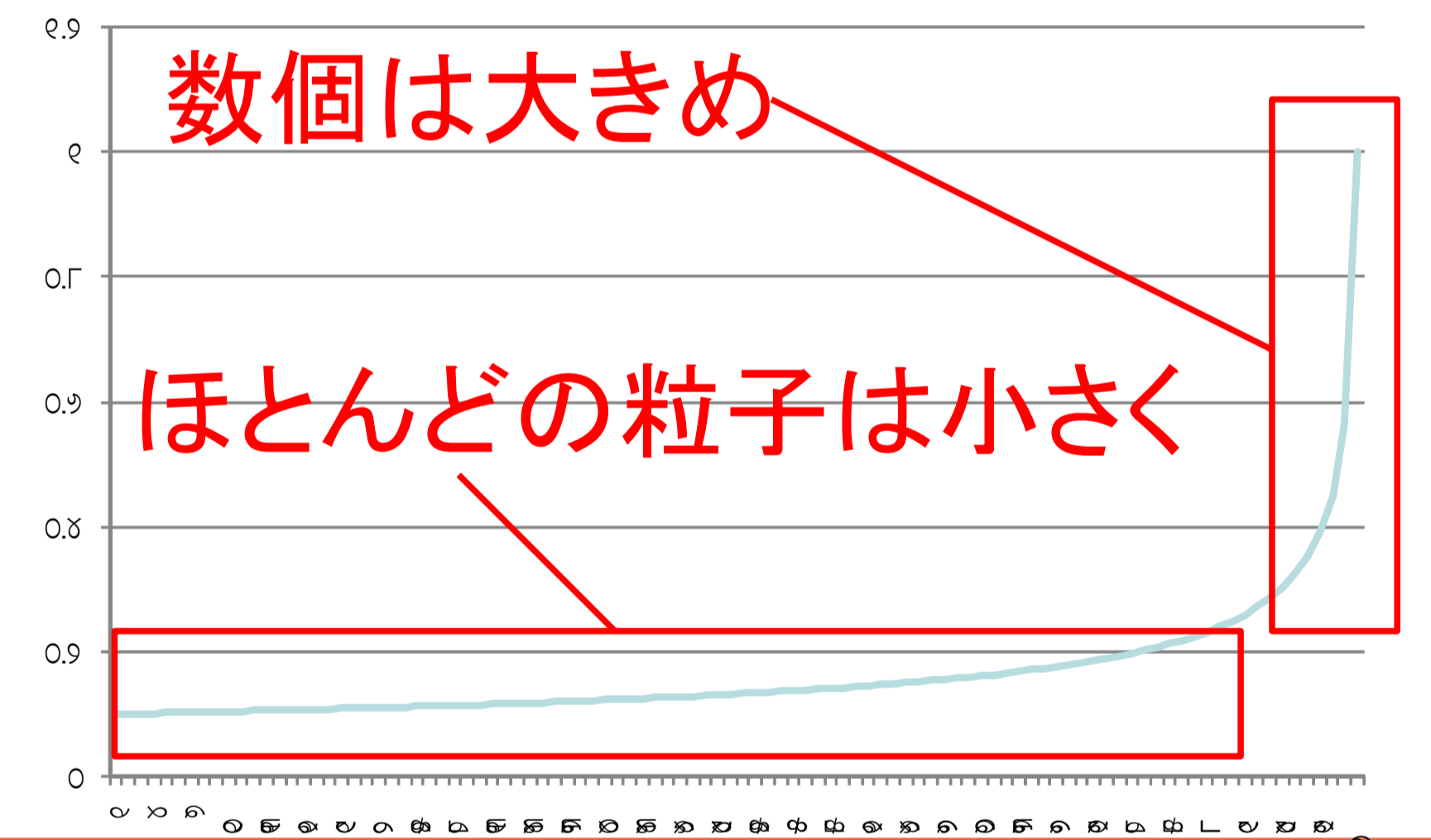
各パーティクルのサイズの導出

N個のパーティクルの内、i番目に小さなパーティクルの大きさ

$$r_i = \frac{R_{\max} R_{\text{dust}}}{\left[R_{\max}^{q-m} - \frac{i}{N} (R_{\max}^{q-m} - R_{\text{dust}}^{q-m}) \right]^{\frac{q}{q-m}}}$$

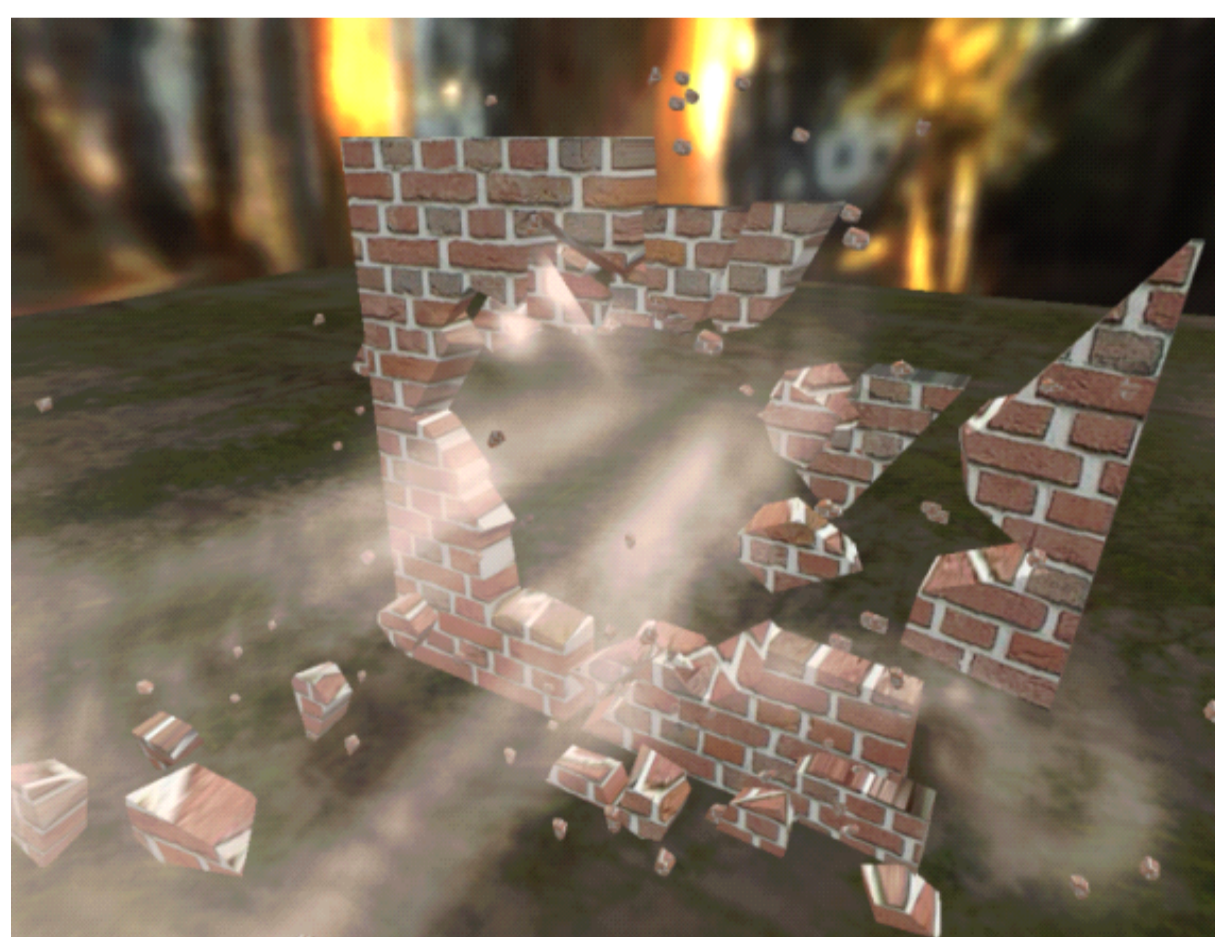
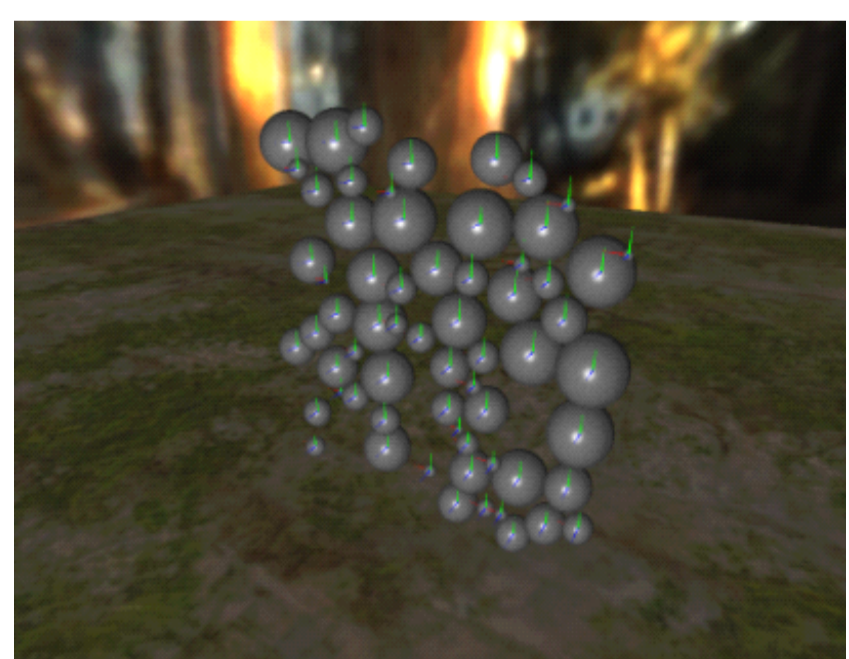
R_{dust} : 粉煙とみなせる程度の破砕物の大きさ

R_{\max} : 最大破砕径

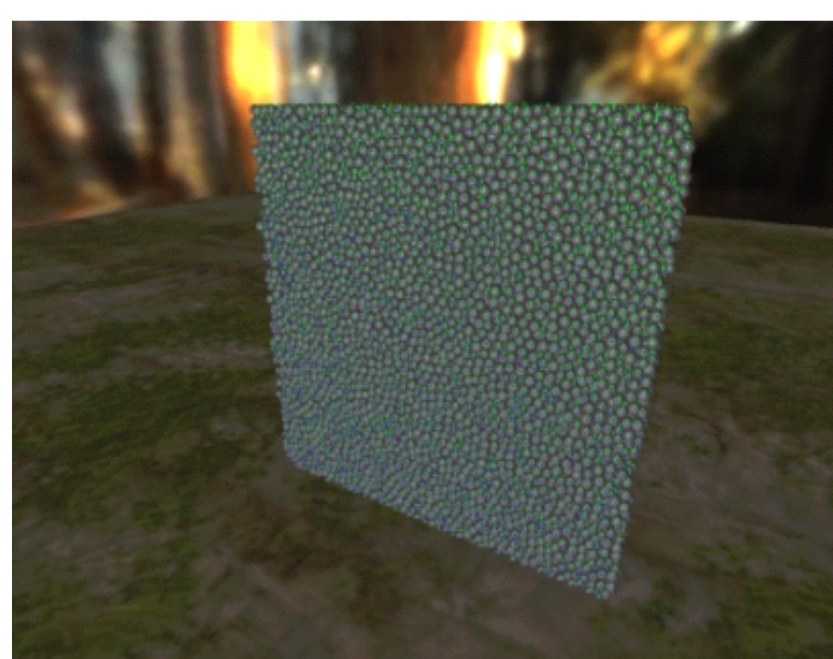


結果

64要素

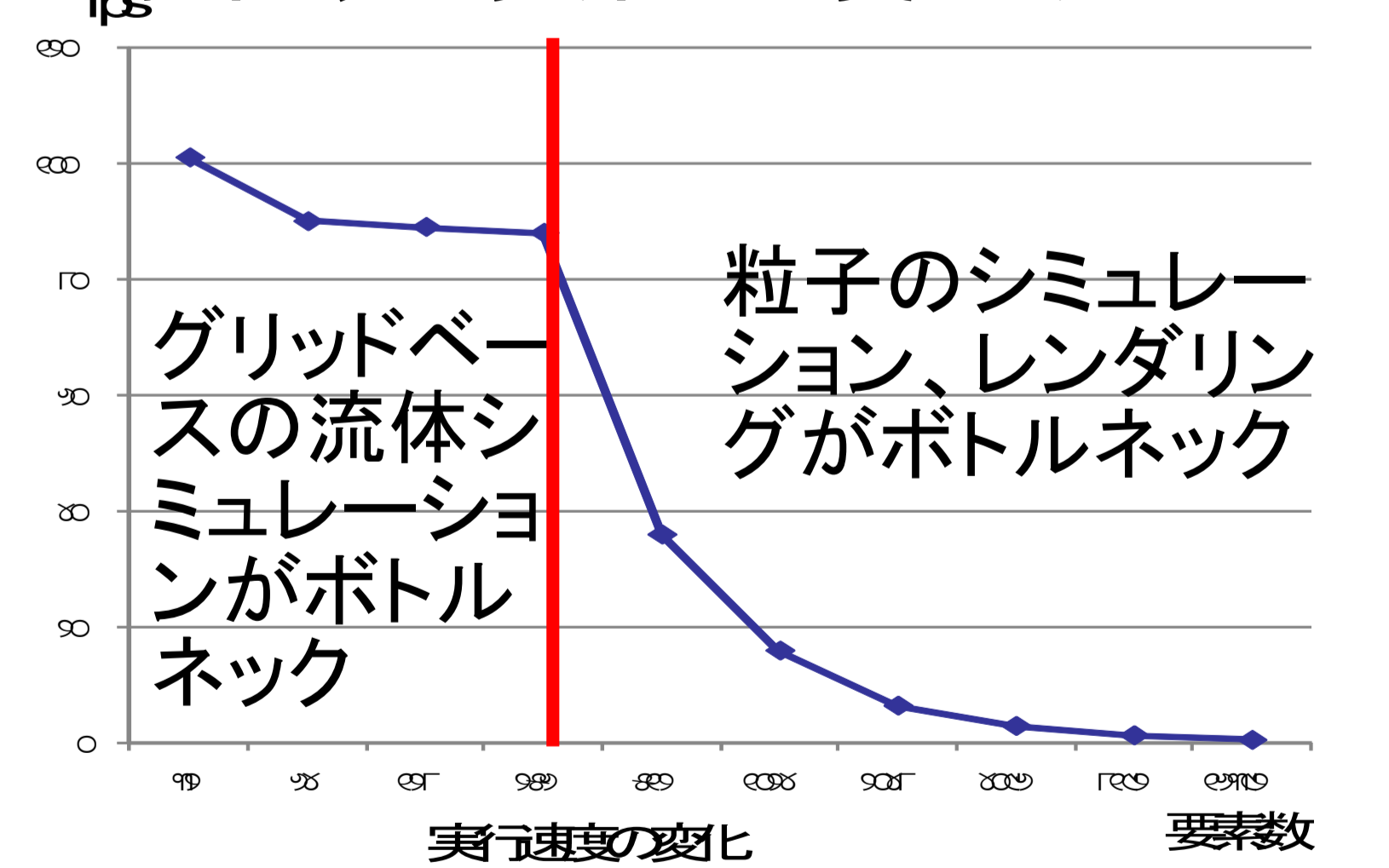


16392要素



拡張個別要素法(EDEM)による粒子シミュレーション

ある要素数以下では、要素数と実行速度が反比例



課題

より高速なシミュレーション

動的な破壊 + 自動的な負荷調整 & 細かな破砕物に適したレンダリング手法の開発

参考文献

[Gaudin 26] Gaudin, A. M., "An investigation of crushing phenomena," Trans Am. Instn Mining Engineers. 73, 1926, pp. 253-316.

[O'Brien and Hodgins 09] O'Brien, James F. and Hodgins, Jessica K., "Graphical modeling and animation of brittle fracture," SIGGRAPH '99: Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 1999, pp. 137-146.

[Parker and O'Brien 09] Parker, Eric G. and O'Brien, James F., "Real-time deformation and fracture in a game environment," SCA '09: Proceedings of the 2009 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation, 2009, pp. 165-175.