
Meshman_ParticlePacking Ver.2.3 データブック Vol.1

2019/10/25

株式会社インサイト

三好昭生

目的

この資料は、Meshman_ParticlePacking (以下本ソフトと呼びます) の性能面を中心としたデータを収集整理し、顧客の質問に対応する為に纏めた物です。

性能について

本ソフトは、粒径分布に対応出来ます。凡そ以下の質問に答えられるようにしたいと思います。

- 粒径種類は何種類迄大丈夫か?
- 最大粒径と最小粒径の比率はいくら位迄大丈夫か?
- 総充填率は幾つ位迄到達出来るのか?
 - 最密充填は達成出来るのか?
- 分布の均一さはどの程度か?
- 計算時間はどの位掛かるのか?
- 体積比率の制御はどの程度正確か?
- 計算メモリはどの位必要か?
- 充填率のバラツキはどの程度か?

粒径種類の数について(1)

- デフォルト値は最大10種類です。
- 起動時オプションを指定する事で事実上無制限(約21億種類)に増やせます。

粒径種類の数について(2)

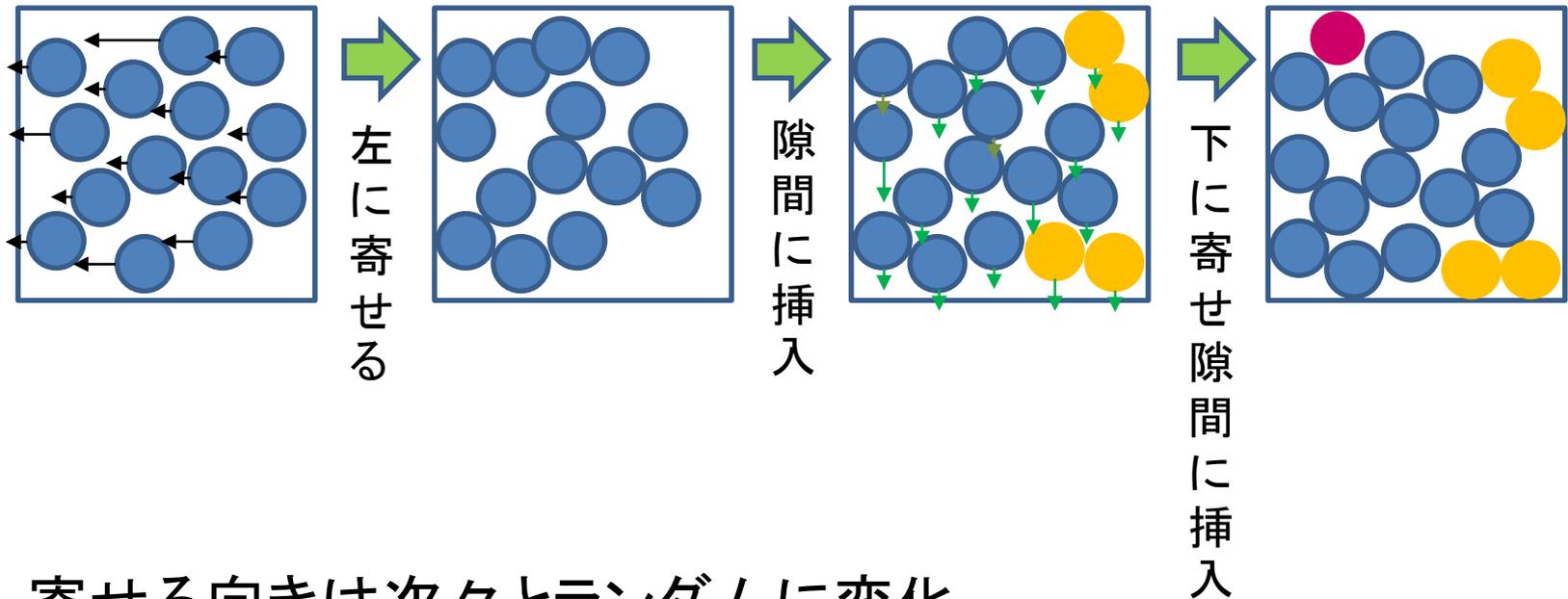
- 多粒径種類実績
- 直径 $2\mu\text{m}$ から $0.2\mu\text{m}$ 刻みで $20\mu\text{m}$ 迄91種類の粒子データを作成した実績が有ります。
- 容器寸法は $100\mu\text{m}$ の立方体です。
- 体積比率は全て同じで設定
- 充填率は59.2%迄到達しました。
- 生成粒子数8,538個
- 正確では有りませんが100時間程度要しました。

最大総充填率について(1)

- 高充填率のアルゴリズム
- 一旦粒子を生成。そして粒子を或る方向に寄せ、出来た隙間に新たに粒子を挿入
- 1方向に寄せる→隙間を作る→隙間に新たに粒子を挿入
- 寄せる方向自体を毎回ランダムに変更可能
- 寄せの回数をユーザが指定する

最大総充填率について(2)

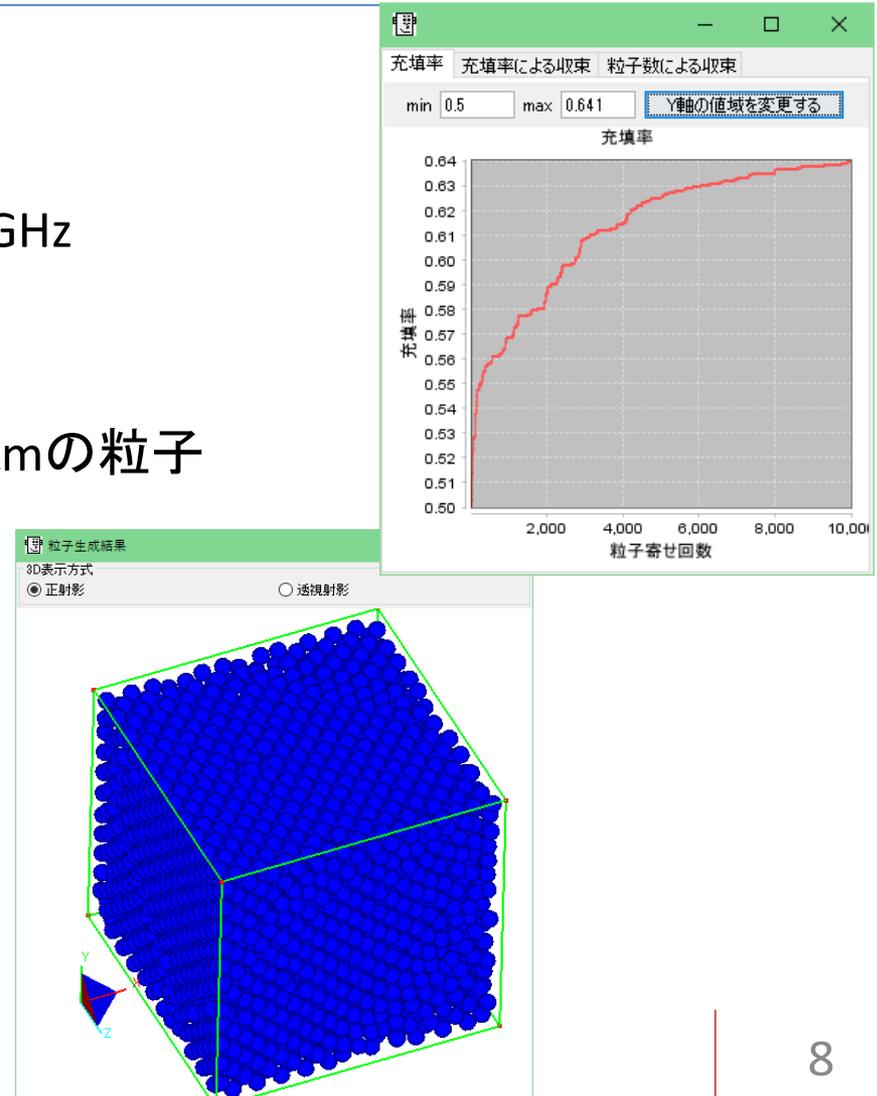
- 高充填率のアルゴリズム



- 寄せる向きは次々とランダムに変化

最大総充填率について(3)

- 単一粒径の実績
- 使用マシン
- Intel Core i5 7200U CPU@2.50GHz
- メモリDDR4-2400 PC4-19200
- HDD 5400rpm
- $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ に直径 $0.6\mu\text{m}$ の粒子
- 約5,600個の球形粒子
- 充填率64.0%
- 処理時間約53分
- 使用メモリ約8.9GB
- 寄せ回数1万回。



最密充填は可能か (1)

- 生成出来る粒子モデルはあくまで近似値です。
- 経験上寄せを1万回を超えて続けても、完全には充填率の増加は止まらず微増を続けます。
- 最大100万回位迄寄せを続けた事が有ります。
- 1週間程度計算すればほぼ限界に到達すると思われれます。

最大/最小粒径比の影響 (1)

- 近傍粒子を探索するアルゴリズムの性格上、最大/最小粒径比の大きさは計算時間に非常に大きな影響を与えます。
- 比が大きい程、計算時間は掛かります。

最大/最小粒径比の影響 (2)

- ケース110:容器1辺200 μm の立方体
- 最大/最小粒径比=15
- 目標充填率=0.8 vs 実現充填率=0.533
- 生成粒子数=24,681個、寄せ回数=300回
- 生成時間13時間53分。平均1回寄せ時間=2分47秒

粒径ID	粒径	相対目標 体積比	絶対目標 体積比	生成粒 子数	相対実現体 積比	絶対実現体 積比
1	30	0.75	0.6	226	0.750	0.399
2	12	0.18	0.144	848	0.180	0.0959
3	5	0.05	0.04	3256	0.0500	0.0266
4	2	0.02	0.016	20351	0.0200	0.0107

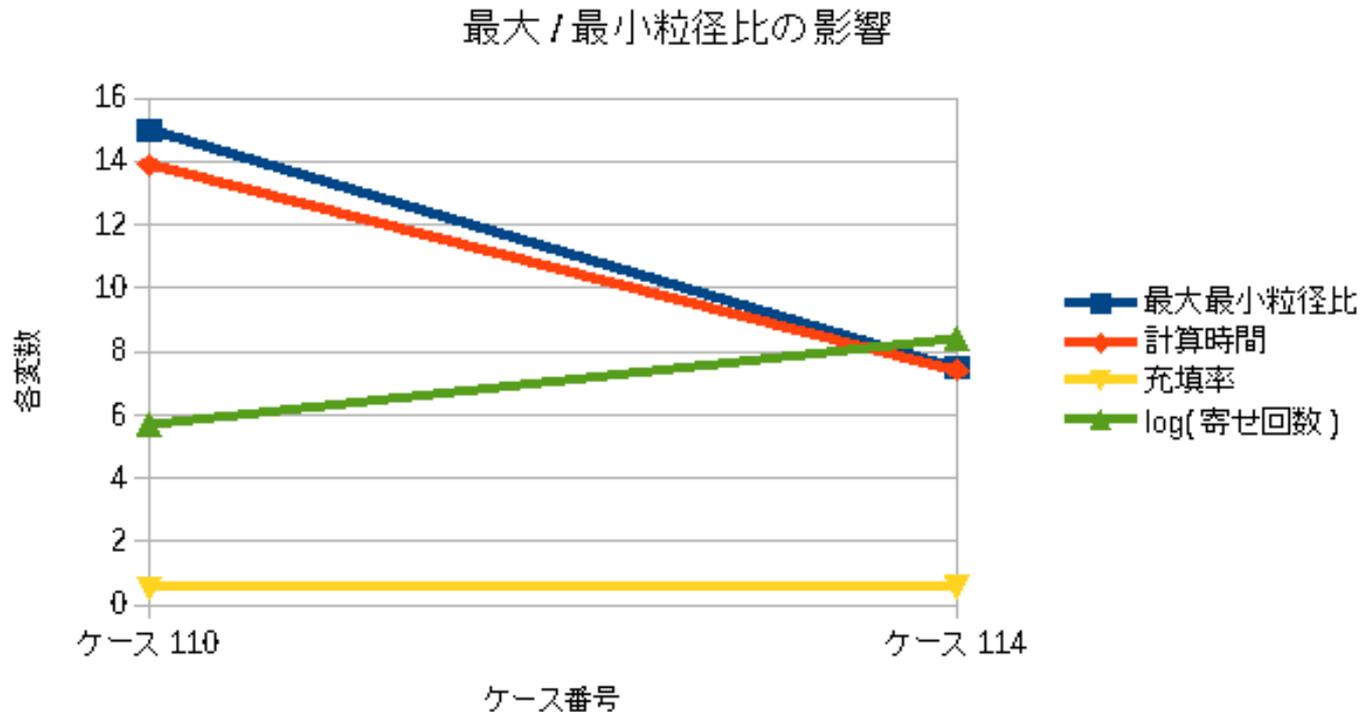
最大/最小粒径比の影響 (3)

- ケース114:容器1辺200 μm の立方体
- 最大/最小粒径比=7.5
- 目標充填率=0.8 vs 実現充填率=0.554
- 生成粒子数=4,159個、寄せ回数=4,591回
- 生成時間7時間24分。平均1回寄せ時間=5.81秒

粒径ID	粒径	相対目標 体積比	絶対目標 体積比	生成粒 子数	相対実現体 積比	絶対実現体 積比
1	30	0.75	0.6	235	0.750	0.415
2	15	0.18	0.144	452	0.180	0.0998
3	8	0.05	0.04	827	0.0500	0.0277
4	4	0.02	0.016	2645	0.0200	0.0111

最大/最小粒径比の影響 (4)

- 前2ページのケースを対比しました。



ケース114の断面動画(1)

- ファイルz_slice_114s.mp4の動画をご覧ください。
- z方向にスキャンした断面図です。

充填率のバラツキ(1)

- 以下の充填率バラツキ傾向を調査しました
 - 単純なバラツキ調査
 - 寄せ回数と充填率のバラツキとの関係
 - 容器代表寸法/最大粒径比と充填率のバラツキとの関係(未実施)

充填率のバラツキ(2)

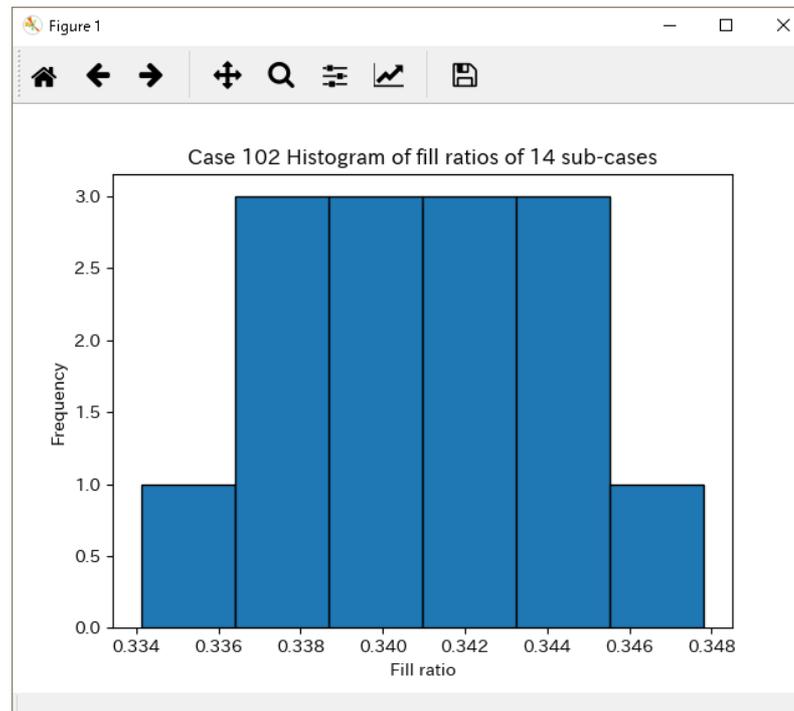
- 単純なバラツキ調査
- 同一条件で14回実行しました。
- 容器:1辺300 μ mの立方体
- 粒径:3種
- 粒径:D30,12,5
- 目標充填率:0.8
- 目標相対体積比:0.36,0.22,0.42
- 寄せ回数:10

充填率のバラツキ(3)

- 単純なバラツキ調査の結果
- 充填率
 - 最大値:0.3478
 - 最小値:0.3341
 - 平均値:0.3410
 - 中央値:0.3410
 - 不偏標準偏差:0.00365
 - 変動係数=不偏標準偏差/平均値= 0.01070

充填率のバラツキ(4)

- 単純なバラツキ調査の結果
- ヒストグラム
- 測定回数が少ないようですが正規分布に近いと思われます。



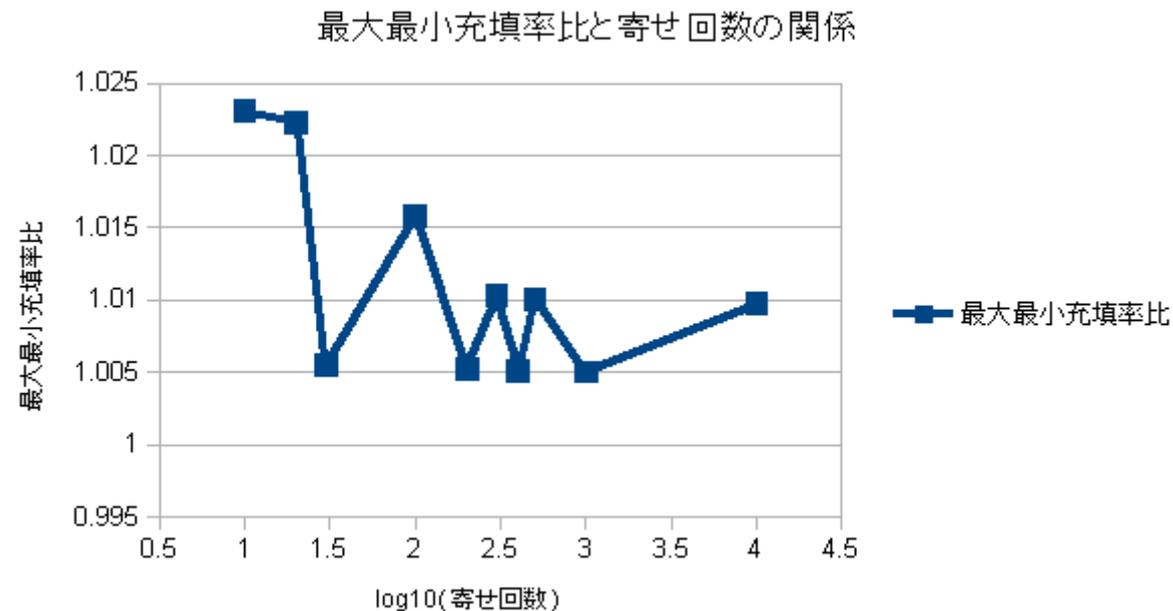
充填率のバラツキ(5)

- 寄せ回数と充填率のバラツキとの関係の調査結果
- 粒径:3種
- 繰り返し数:2回
- 容器:1辺200 μm の立方体
- 寄せの方向:ランダム
- 目標充填率:1

粒径(μm)	目標相対体積比
30	0.66
15	0.33
8	0.01

充填率のバラツキ(6)

- 寄せ回数と充填率のバラツキとの関係の調査結果
- 寄せ回数が増えてもバラツキは0.5%~1%の間で推移します。



粒径分布と充填率の関係(1)

- 寄せ回数を全ケース共通にするという考え方はおかしいかも知れない。
 - 寄せ回数はどうでも良い
- 体積比率と絶対充填率の実現値の対比で調査すべきである気がして来た。