

粗密波は起きるのか

4年A組 中嶋 研人
指導教諭 末谷 健志

1 要約

CPP 言語により粒子衝突シミュレータを制作し、熱運動する多数の剛体粒子を並べた空間において、粗密波が発生することがわかった。

キーワード シミュレーション、粒子、音、粗密波、分子

2 研究の背景

以前から、衝突に関するシミュレーターを制作していた。粗密波に関する話を授業で聞いたとき、多数の剛体粒子が熱運動する空間において、一部の粒子に衝撃を与えると、粗密波が発生することを再現できるのではないかと思い、研究するに至った。

3 目的

空気中の音の伝わり方を調べるために、熱運動する多数の剛体粒子を並べた空間で粗密波が発生するかどうかをシミュレートする。

4 研究内容

(1) 仮説

ランダムに運動している剛体粒子の一部に衝撃を加えれば粗密波（音）が発生する

また、粒子と粒子を入れた箱の壁との衝突は、完全弾性衝突とした。

(2) 研究方法

粒子衝突シミュレータを C++言語にて制作する。シミュレータは、粒子を衝突直前まで等速直線運動させ、衝突直後の速度を以下の物理法則に基づいて決定する。

乱数を用いて、粒子を配置した直後の図が図1である。この状態から、ある瞬間に中央付近の粒子のみに上方向の衝撃(力積)を与える。衝撃を与えた後、粒子がどのように振る舞うかをシミュレートした。

また、衝撃が大きな場合（＜実験1＞）と小さな場合（＜実験2＞）での違いを確かめた。

$$e = -(v_{1+} - v_{2+}) / (v_{1-} - v_{2-})$$

$$m_1 v_{1+} + m_2 v_{2+} = m_1 v_{1-} + m_2 v_{2-}$$

(e; 跳ね返り係数、v; 速度、m; 質量、記号;
跳ね返る前、+; 跳ね返った後)

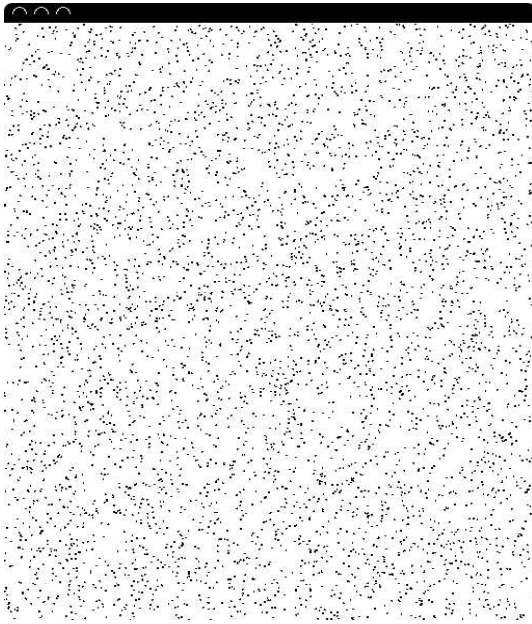


図 1

< 実験 1 >

粒子数 10,000 はね返り係数 $e=1.0$
 衝撃の強さ (力積) 2.0Ns

< 実験 2 >

粒子数 10,000 はね返り係数 $e=1.0$
 衝撃の強さ (力積) 0.5Ns

(3) 研究の結果

左にある縦の帯状に見えるのが粒子群である。その右の実線は、粒子群の密度分布を表す。密度が高いほど、実線は右に振れる。

< 実験 1 >

シミュレーション結果を時系列に図 2 ~ 7 に並べた。図 2 は、粒子に衝撃を与えた直後を表す。

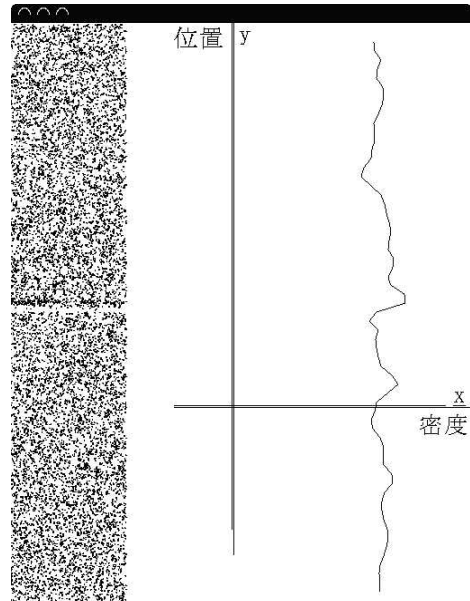


図 2

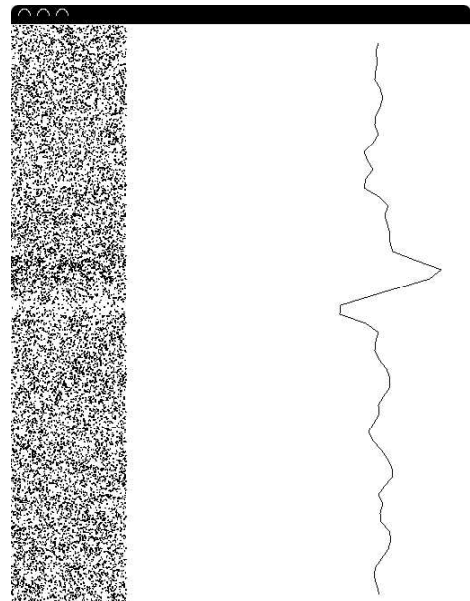
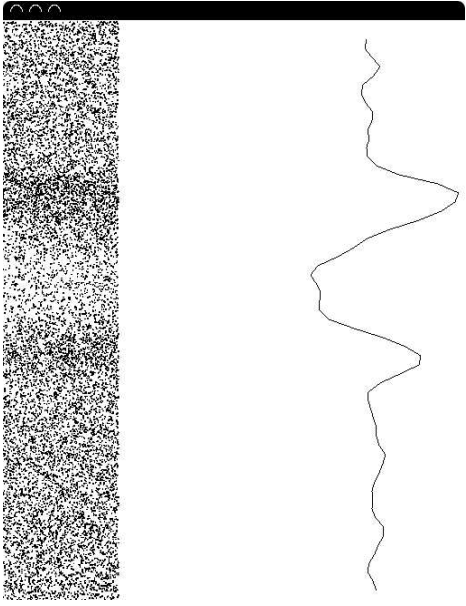
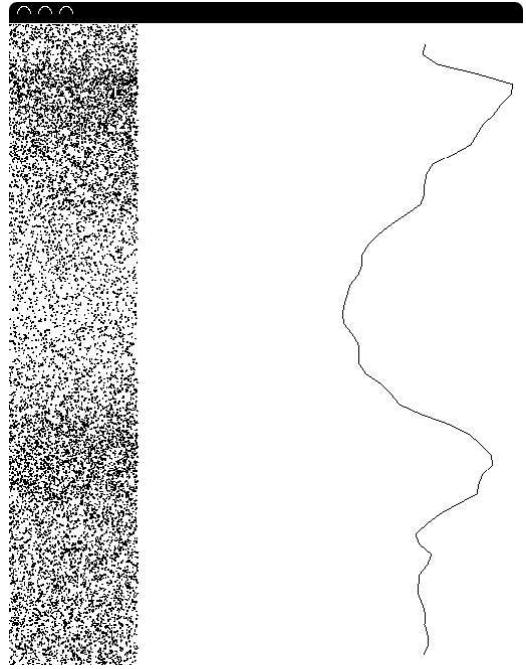


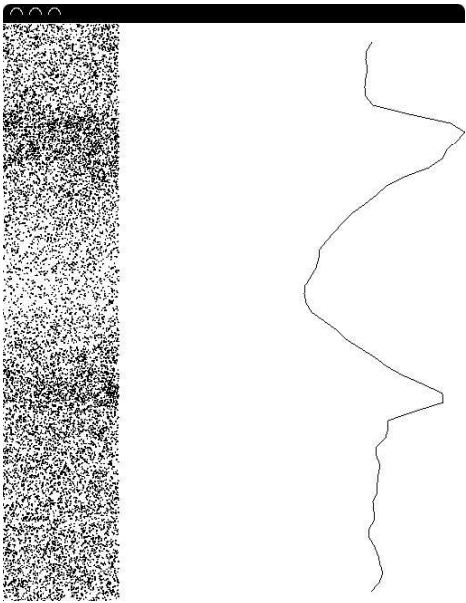
図 3



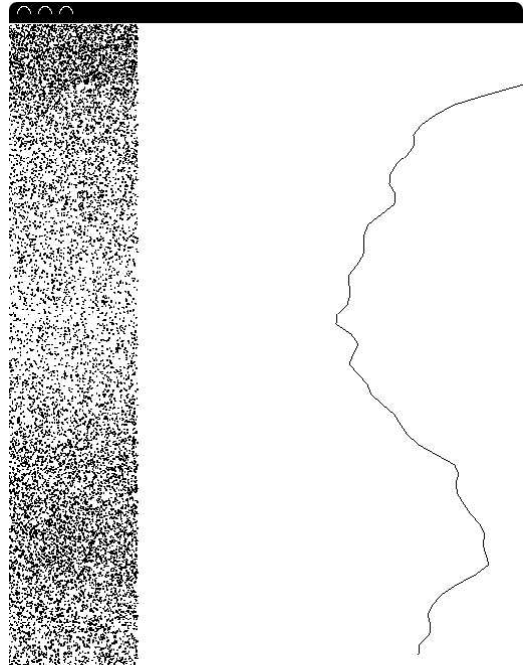
☒ 4



☒ 6



☒ 5



☒ 7

<実験 2 >

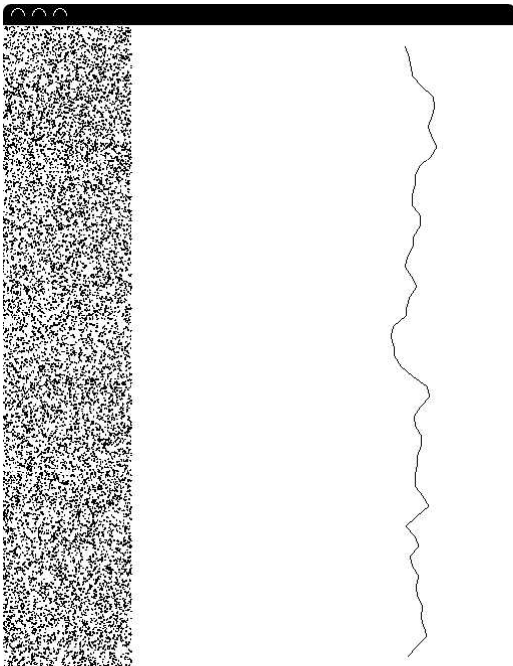


図 8

5 考察

<実験 1 について>

図 2 ~ 7 を見ると、粗密波が発生し、その波が移動していることがわかる。このことから、熱運動する多数の剛体粒子を並べた空間で、粗密波が発生することがわかった。

図 4 ~ 7 を見ると、粒子を一方向にのみ加速したにも関わらず、波の山を二つ確認することができる。加速した方向とは逆方向に現れる波の山は、最初に加速された粒子群が他の粒子に衝突し、跳ね返ってできたものだと考えられる。

図 7 を見ると、壁付近の粒子の密度が高い状態で安定している。これは、さらに時間をかけてシミュレートを続けていくと密度のグラフは平坦になると思われる。

<実験 2 について>

粒子に与える力積が小さいとき、見た目で確認できるほどの粗密波が発生しないことが分かる。

6 まとめと今後の課題

多数の剛体粒子を並べた空間において、実際と同じように粗密波が発生することが分かった。これは、私たちが日頃声を発しているのとはほぼ同様である。意外だったのは、粗密波が発生させようと衝撃を与えた方向と逆向きにも同じ程度の振幅の粗密波が発生したことである。作用反作用の法則を考えると別段不思議ではないが、そのことをシミュレートできたことはうれしかった。

今回の実験は実際の熱運動の大きさなどを無視したが、今後は、正確に熱運動をシミュレートし、さらに三次元空間でも粗密波が起きるのか確認してみたい。この場合、計算量が莫大になり、シミュレーションにさらに時間がかかることが容易に予想される。分散処理などの計算時間を短縮する仕組みについて勉強していきたい。

7 参考文献・サイト

Mersenne Twister

<http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/m-mat/MT/mt.html>

オーム社「ゲーム開発のための物理シミュレーション入門」 david M.Bourg 著

榊原 一矢 監訳

8 謝辞

指導して下さった末谷先生に感謝します。