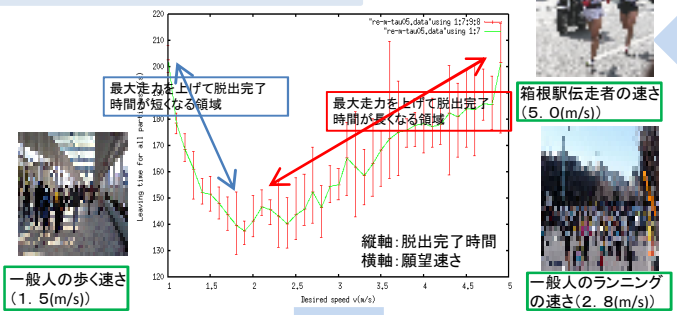
人の避難時に生じるアーチ構造解析

明治大学　理工学研究科　基礎理工学専攻　数学系
現象数理グループ　上山研究室　博士前期課程1年　増井　翼

私はDirk Helbingの論文
Simulating Dynamical Features of escape panic　(nature, 2000)
で提唱されたモデルのシミュレーションを駆使し、人の渋滞に関する現象解析を行っている。

Helbingの論文では
火災などが発生し、パニック状態にある人々が1つの出口に向かって殺到する状況を考えている。彼らはそれぞれ最大走力（願望速さ）を持つ。最大走力と脱出完了時間の関係が議論され、最大走力が上がれば脱出完了時間がむしろ長くなる場合がある事を見出した。

Helbingのシミュレーション結果



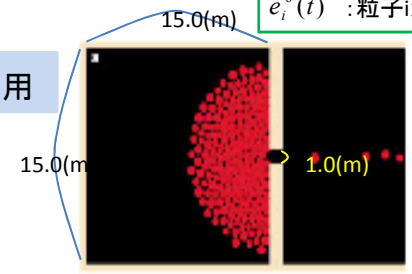
使用

各粒子の運動方程式と状況設定

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = m_i \frac{v_i^0(t)\cdot\vec{e}_i^0(t) - \vec{v}_i(t)}{\tau_i} + \sum_{j(\neq i)} \vec{f}_{ij} + \sum_w \vec{f}_{iw}$$

自己駆動力　他の粒子との作用力　壁との作用力

$v_i^0(t)$　：粒子iが進みたい速さ（願望速さ）
$\vec{e}_i^0(t)$　：粒子iが進みたい方向（願望方向）



部屋のスケール

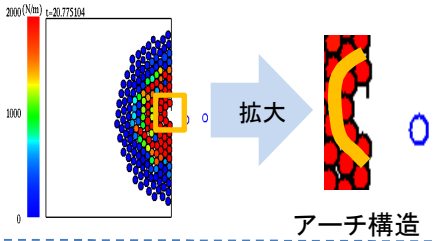
粒子の大きさ（直径）：0．5～0．7(m)
粒子の質量：80(kg)
（参考文献：Helbing, Nature, Vol.407, p.487,2000）

何故このような現象が起こるのか？？

定常アーチ解の解析

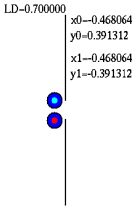
右図から

粒子群の最前にいる粒子がアーチ構造を形成することにより、詰まりが生じ、部屋から出にくくなっていると考えられる。



アーチ構造

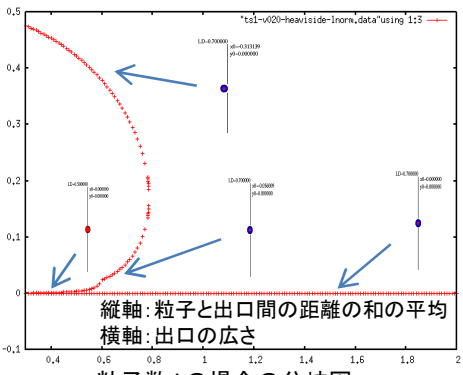
解析方法（粒子対称運動）



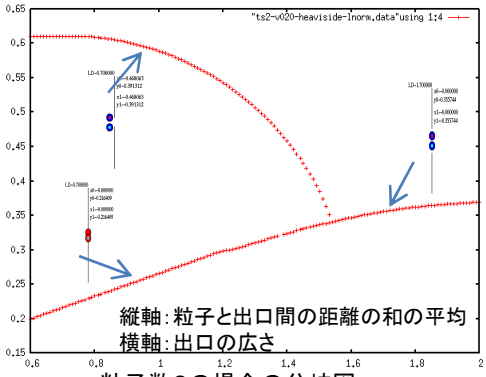
対称運動

実際のシミュレーションでは、多数の粒子を扱うが、問題を単純化し、アーチ構造を形成している少数粒子のみに着目する。さらに左図のような（x軸）対称運動を仮定し、定常解を求める

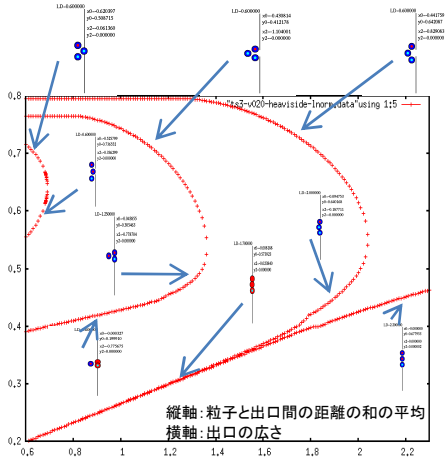
定常アーチ解の分岐図



粒子数1の場合の分岐図



粒子数2の場合の分岐図



粒子数3の場合の分岐図

各グラフから

・2粒子ではピッチフォーク分岐が現れ、3粒子ではかなり複雑な分岐図が現れた

・2粒子では出口の広さに対して最大2種類のアーチ構造が存在し
　3粒子では少なくとも6種類のアーチ構造が存在する場合がある事が分かった

課題

・粒子数を増やした時の平衡点解析

・実際のシミュレーションとの比較