

車体まわりの流体シミュレーション

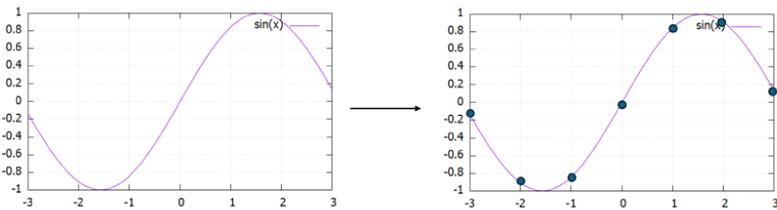
卒業研究中間報告 J21-063 山田暉士

目的

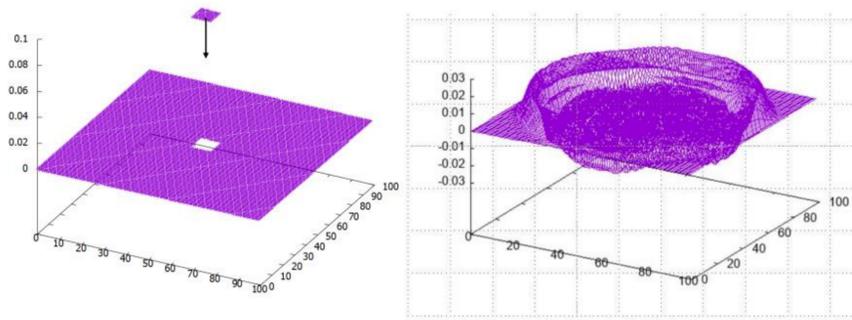
- 自動車の形状と空気抵抗の関係に興味を持ち、流体のシミュレーションを行う。
- 現在までは、波動方程式を解くプログラムを作成し、波の伝播や干渉をシミュレーションした。
- 卒業研究では流体のすべての要素を持ったナビエストークス方程式を解きたい。

差分法

- 離散化：連続である領域に格子を分布させ、領域内の関数分布を格子点上の値で置き換える。

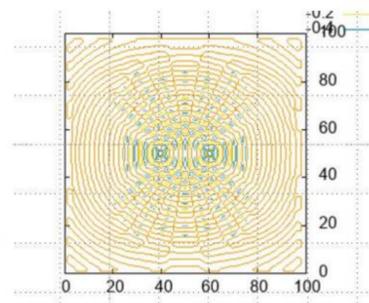


モデル1:水面上に高い所から物体を落とした場合



波の干渉 (高校物理)

- 2つの波源から連続的に波を出す。
- 2つの波が重なって強め合うところと弱め合うところができる。



非圧縮性ナビエストークス方程式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\left(\frac{\partial}{\partial x} \rho v_x + \frac{\partial}{\partial y} \rho v_y + \frac{\partial}{\partial z} \rho v_z\right)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} v_x &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} p + K_x - (v_x \frac{\partial}{\partial x} v_x + v_y \frac{\partial}{\partial y} v_x + v_z \frac{\partial}{\partial z} v_x) \\ \frac{\partial}{\partial t} v_y &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial y} p + K_y - (v_x \frac{\partial}{\partial x} v_y + v_y \frac{\partial}{\partial y} v_y + v_z \frac{\partial}{\partial z} v_y) \\ \frac{\partial}{\partial t} v_z &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} p + K_z - (v_x \frac{\partial}{\partial x} v_z + v_y \frac{\partial}{\partial y} v_z + v_z \frac{\partial}{\partial z} v_z) \end{aligned}$$

$$p = k \cdot \rho^{\gamma}$$

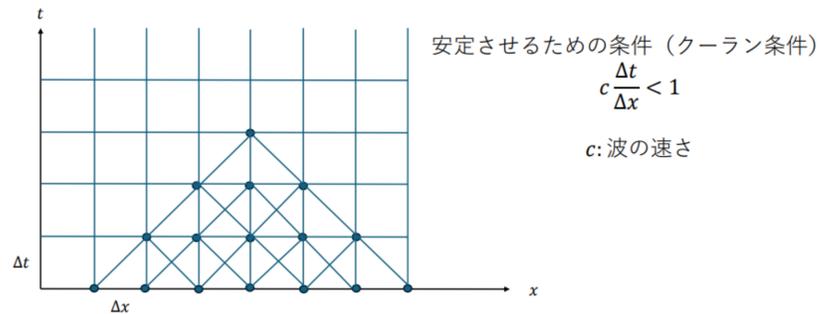
波の運動方程式 (双曲型偏微分方程式)

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

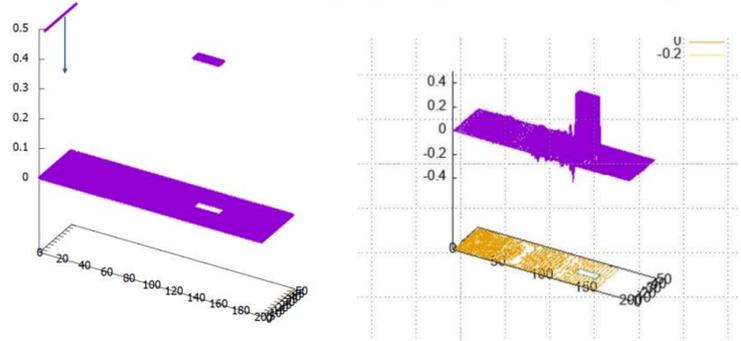
$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$: tの2階微分
 $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$: xの2階微分
 $\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$: yの2階微分
 $u(x, t)$: 波の振幅
 t : 時間
 x : x座標
 y : y座標
 c : 波の速度

差分化によるシミュレーション

- 差分法での解の発展



モデル2:波を起こし、物体に波をぶつけた場合



ナビエストークス方程式(NS方程式)

- 非圧縮性粘性流体のNS方程式 (密度、粘性率一定)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

連続の式

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} = -\nabla \frac{p}{\rho} + \nu \Delta \mathbf{v} + \mathbf{K}$$

流体の渦、回転の効果
 粘性による力
 加速度
 流れによる移動の効果
 p : 圧力
 \mathbf{v} : 速度
 \mathbf{K} : 力
 t : 時間
 ρ : 密度

$$\nabla = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} \end{pmatrix}$$

密度、圧力差による力

今後の方針

- 圧縮性ナビエストークス流体シミュレーションを作成する。
- 車体に見立てた物体に波を当てて車体はその形状によりどのような影響を受けるのか調べる。