

コンピュータの進化とヒト・社会とのかかわり

# コンピュータで電波を観る

～ 身近になったコンピュータ・シミュレーション ～

木下照弘

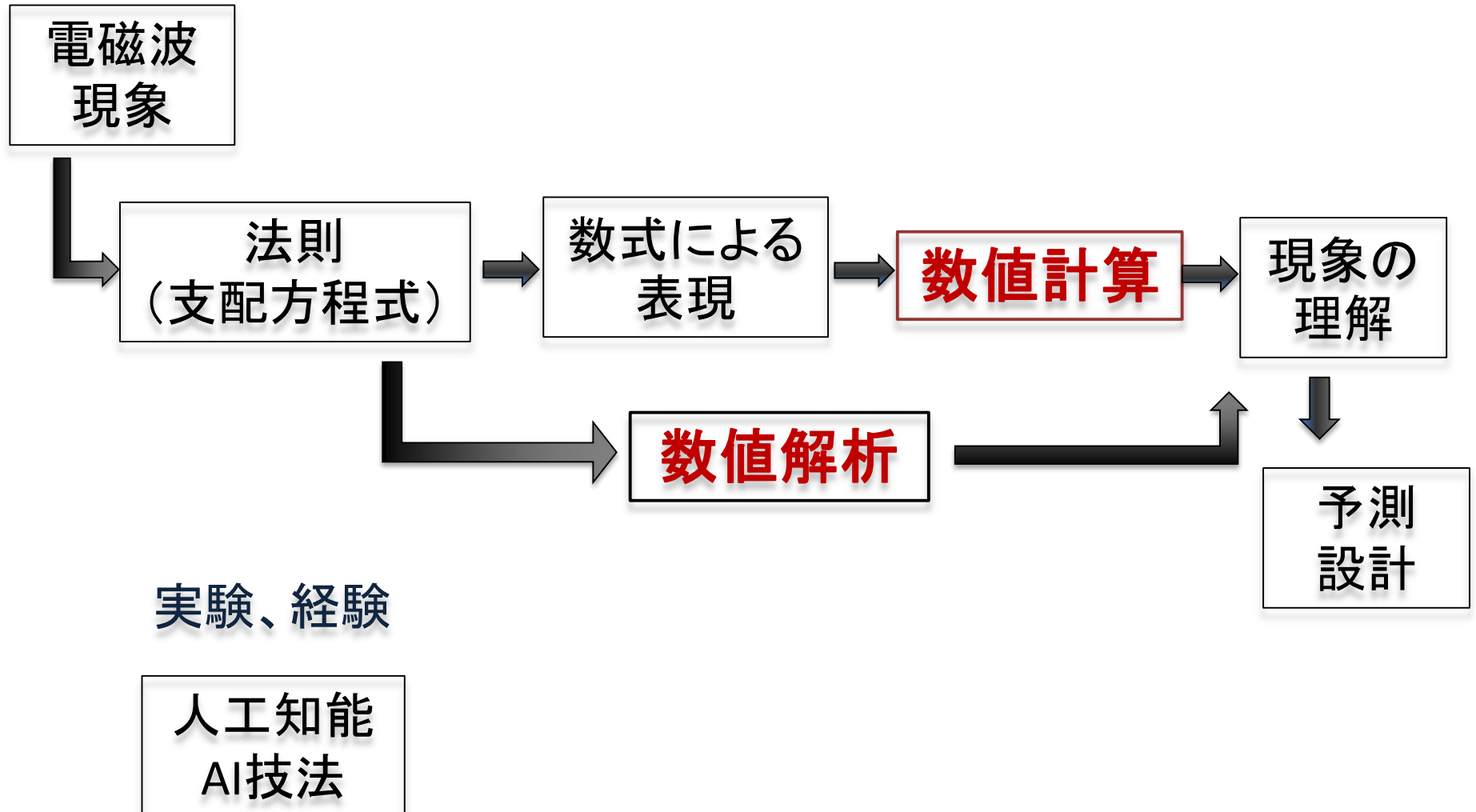
東京工芸大学工学部コンピュータ応用学科

2016年10月15日

# 内容

- コンピュータによるシミュレーション
- 波動現象
- 数式モデルをもとにした計算
- 電磁界シミュレーション
- 電流分布、放射パターン
- 干渉
- 反射と透過
- 放射
- 回折・散乱
- 最近の計算技術

# コンピュータの利用



# コンピュータによるシミュレーション

## □ 現象の数式化

- ✓ 支配方程式(マクスウェルの方程式)

## □ 数学的な解析

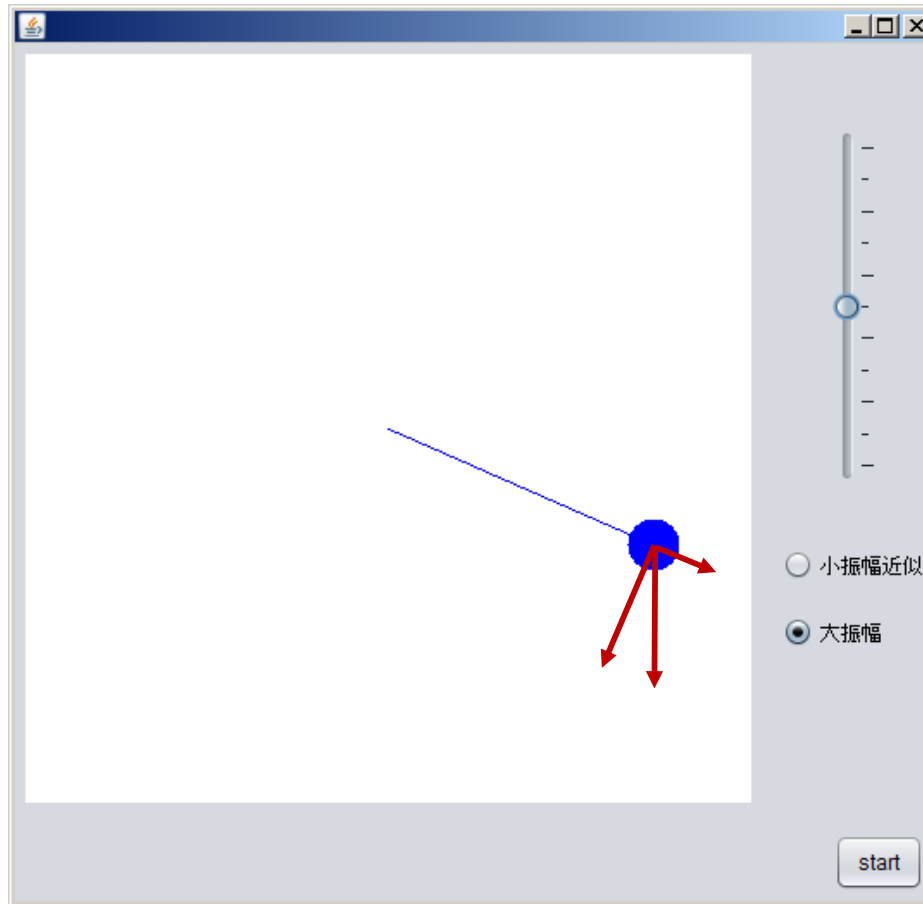
## □ コンピュータによる数値解析

- ✓ 離散量  $\Rightarrow$  四則演算(+, -, \*, /)
- ✓ 近似計算(有限桁)

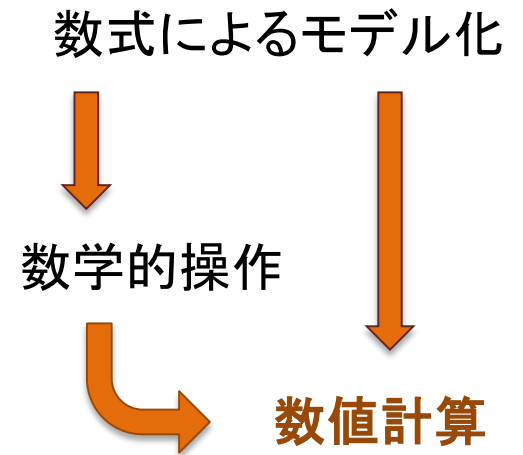
# 波動現象

- ばね                      弾性力、おもり
- 振り子                    重力、慣性
- 音                        音圧、粒子速度
- 電波                      電界、磁界

# 計算機シミュレーション

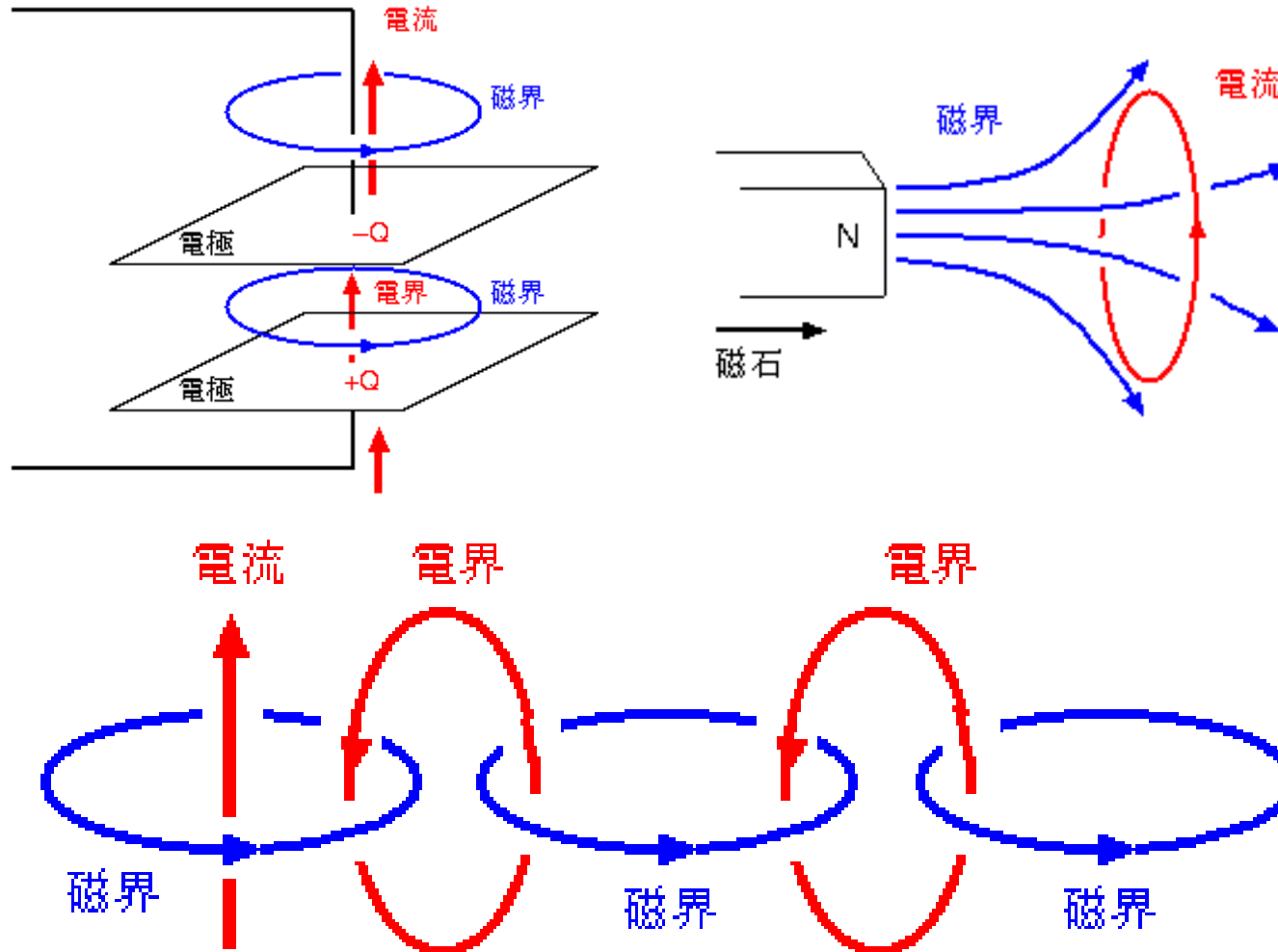


振り子

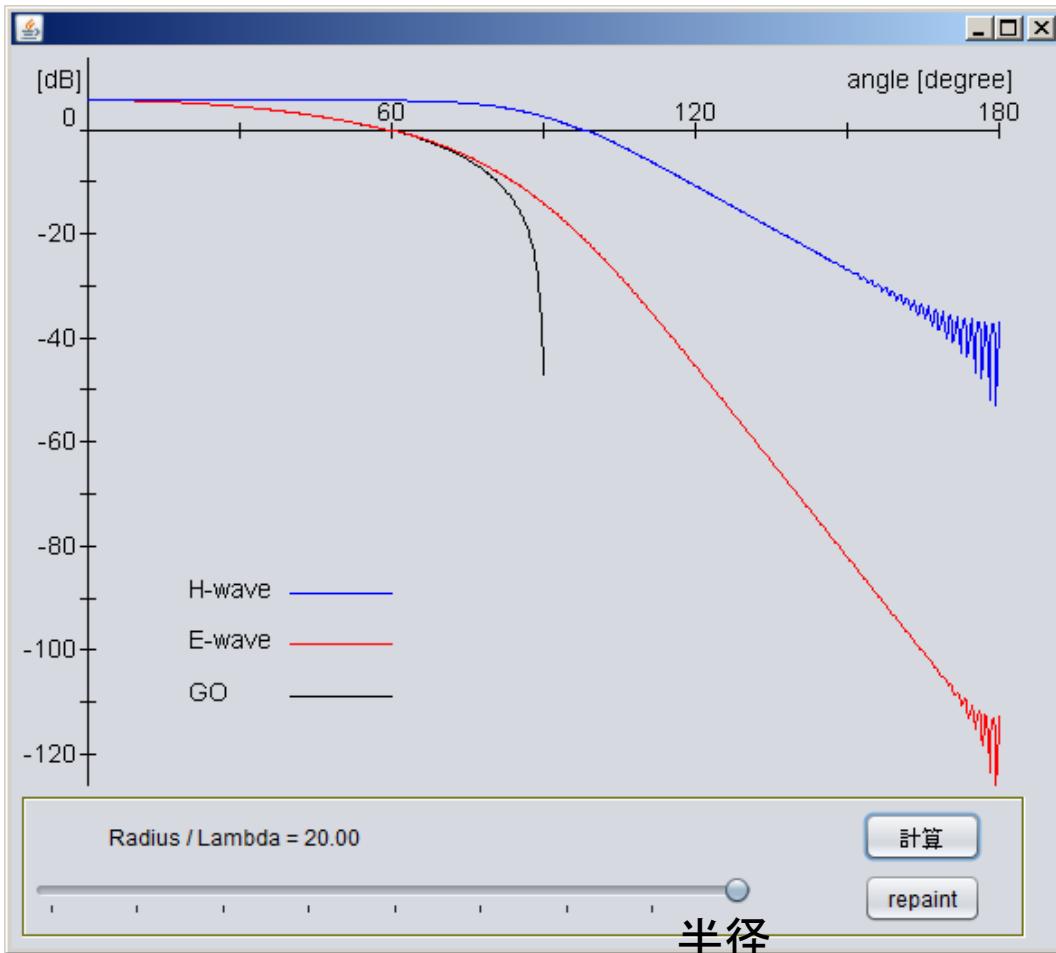


# 電磁場

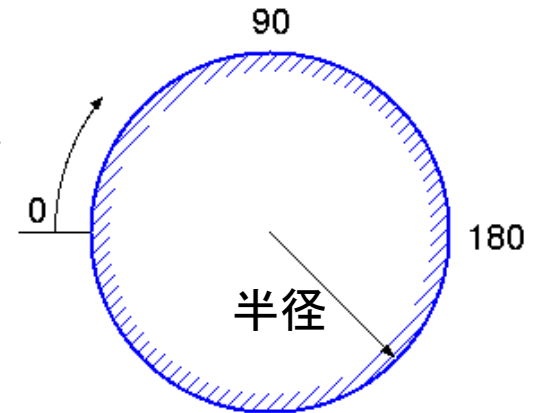
時間的に変化する電場と磁場は相互に作用し、空間を伝搬する



# 電流分布計算



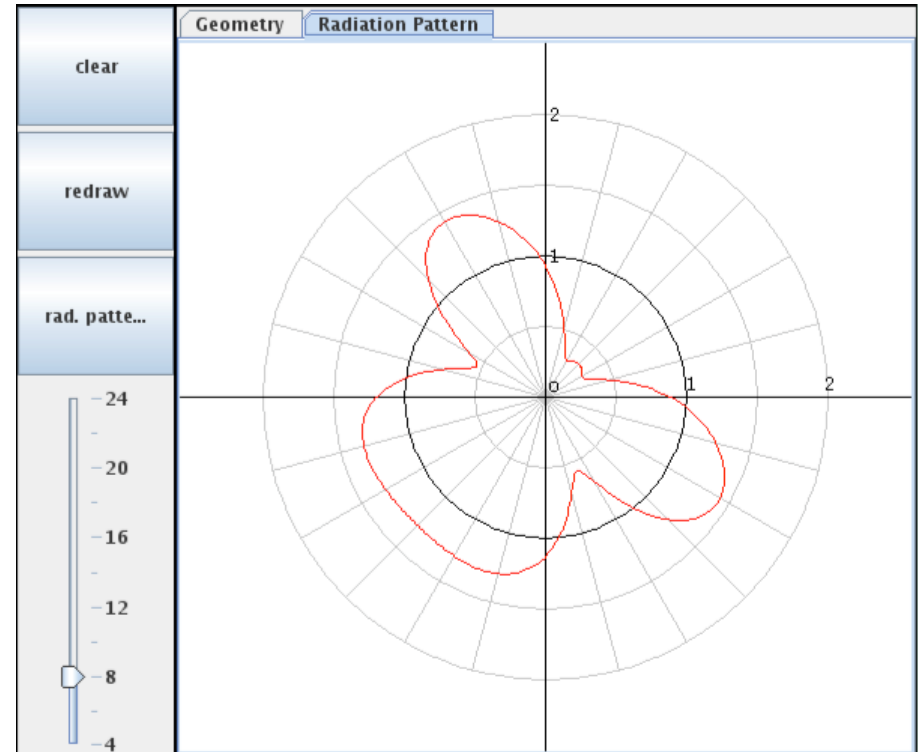
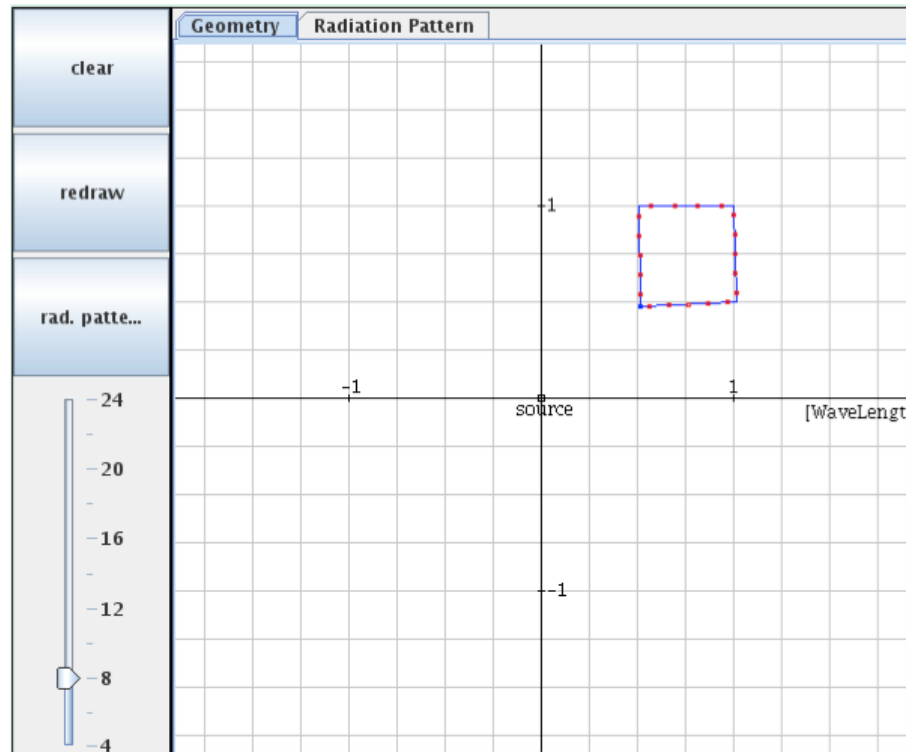
入射界



円筒導体

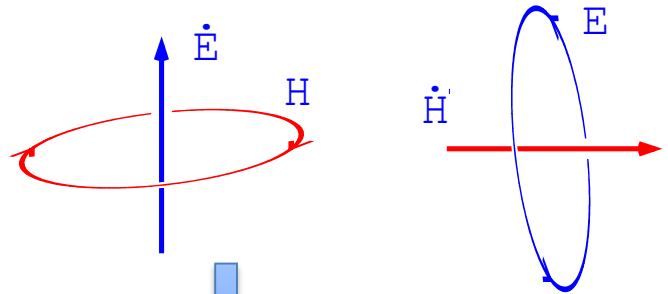


# 放射パターン計算

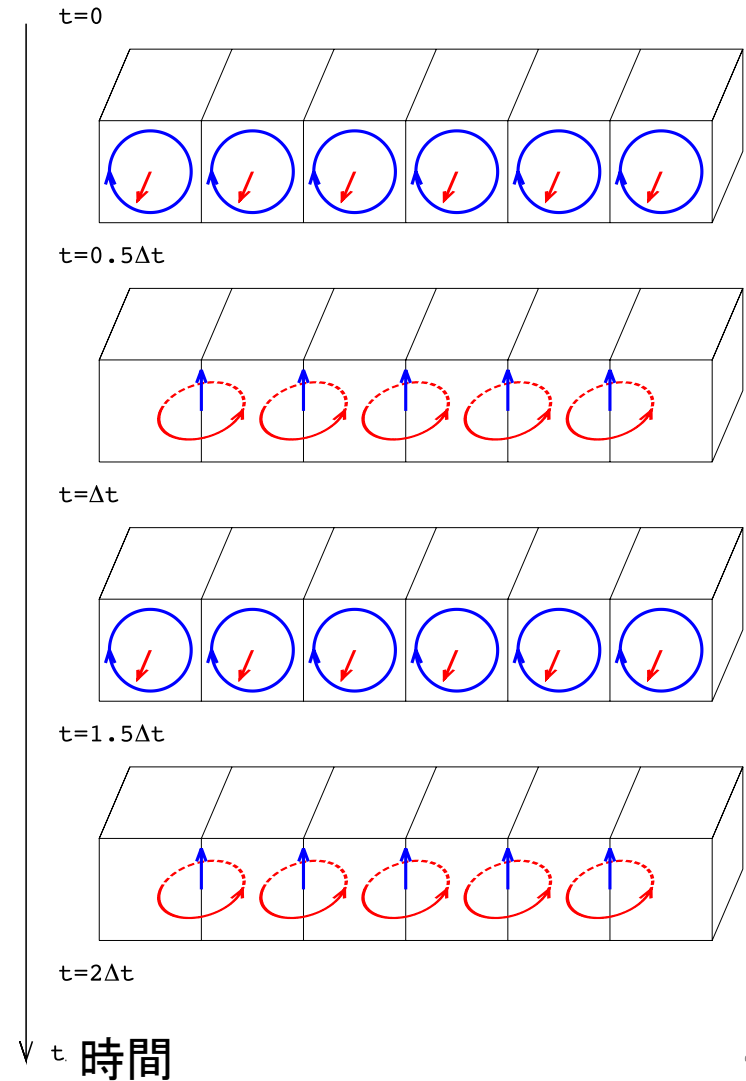
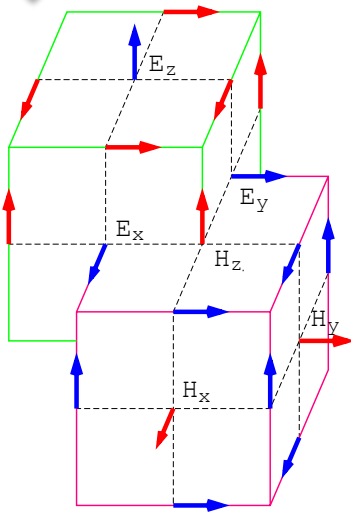


Boundary Element Method

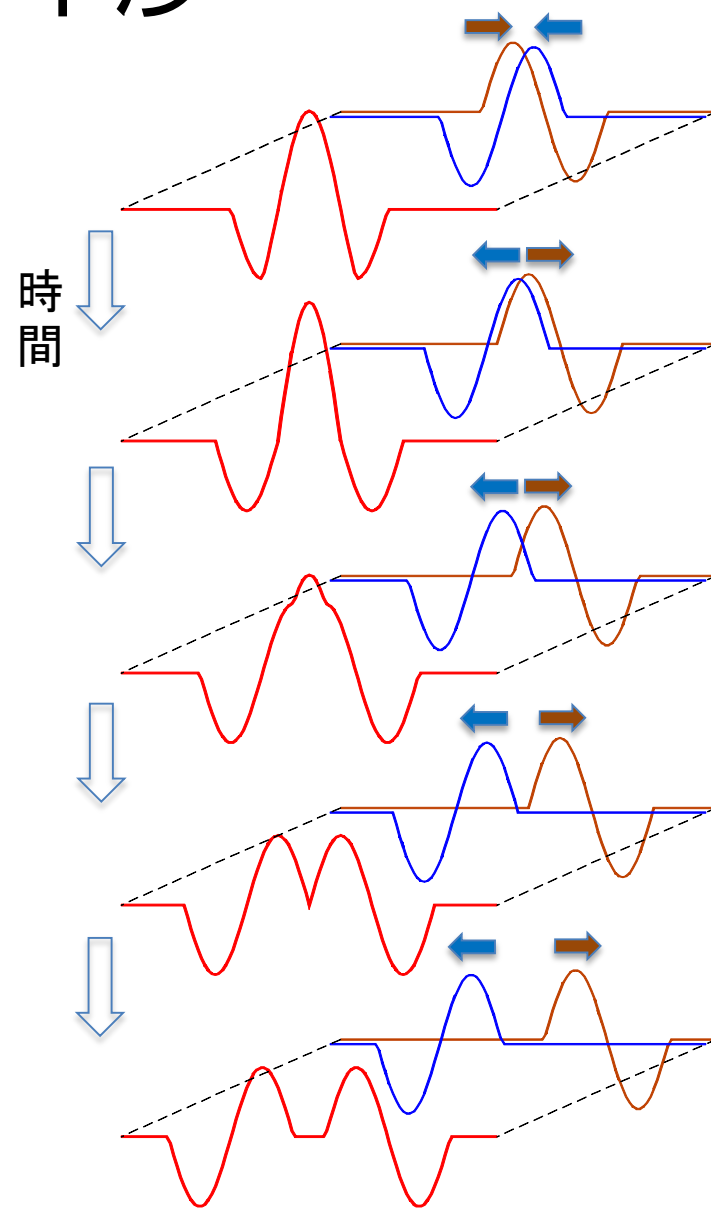
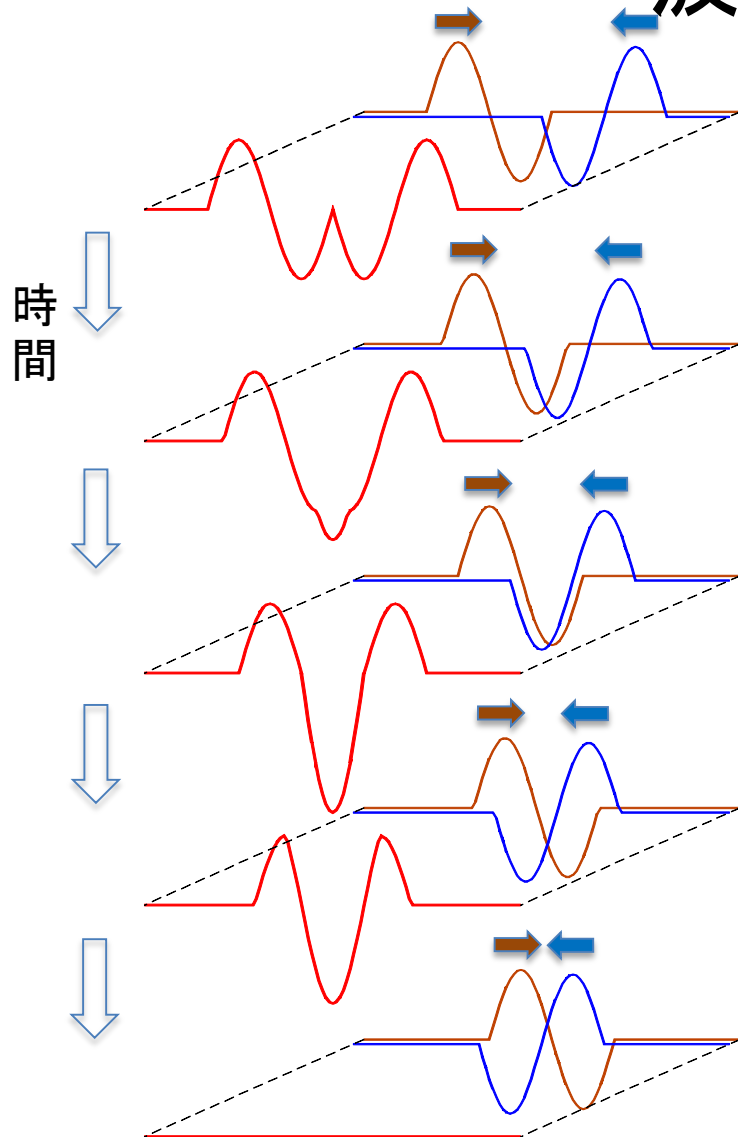
# 電波の伝搬



↓ 離散化 (セル分割)

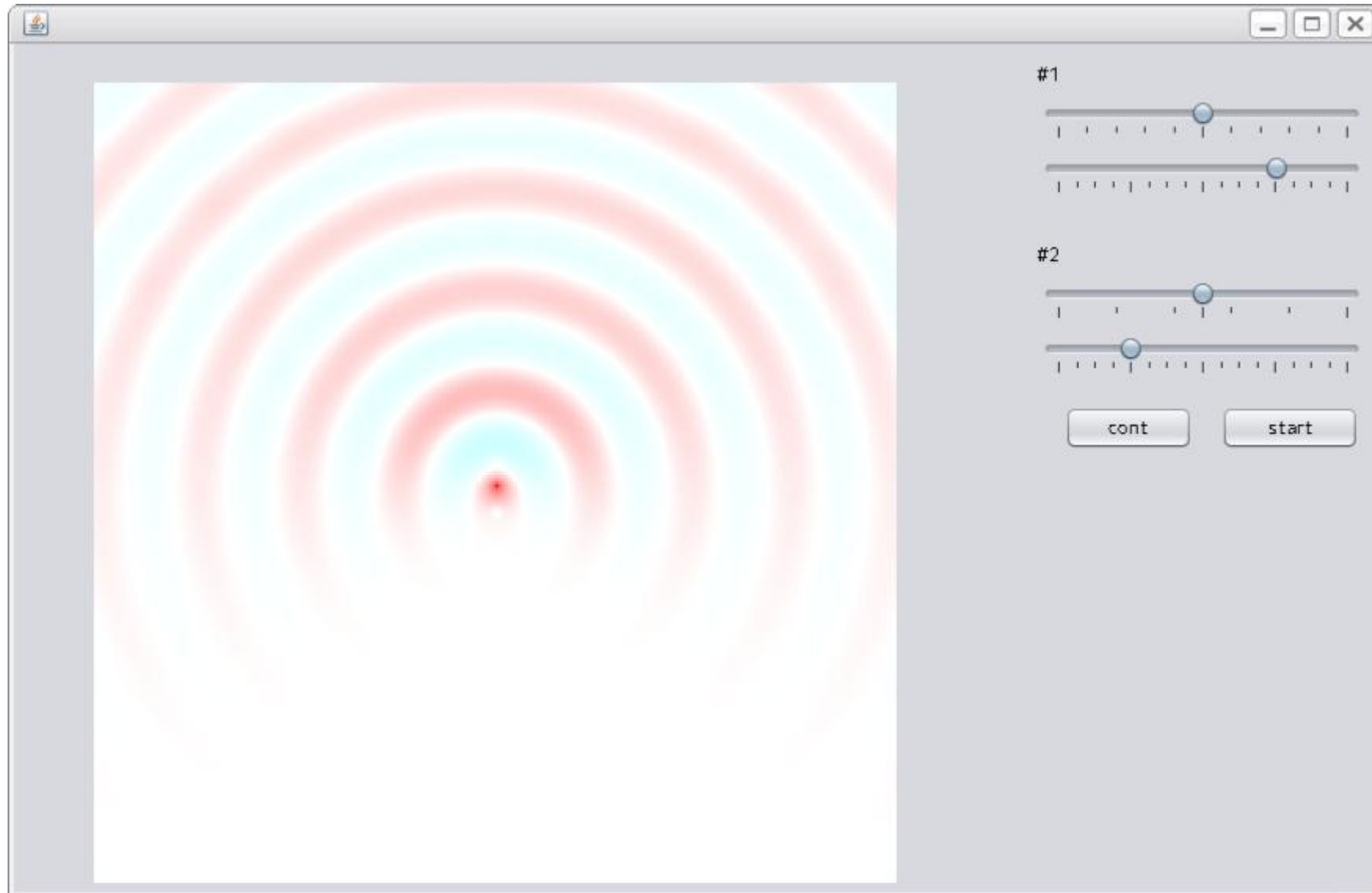


# 波の干渉

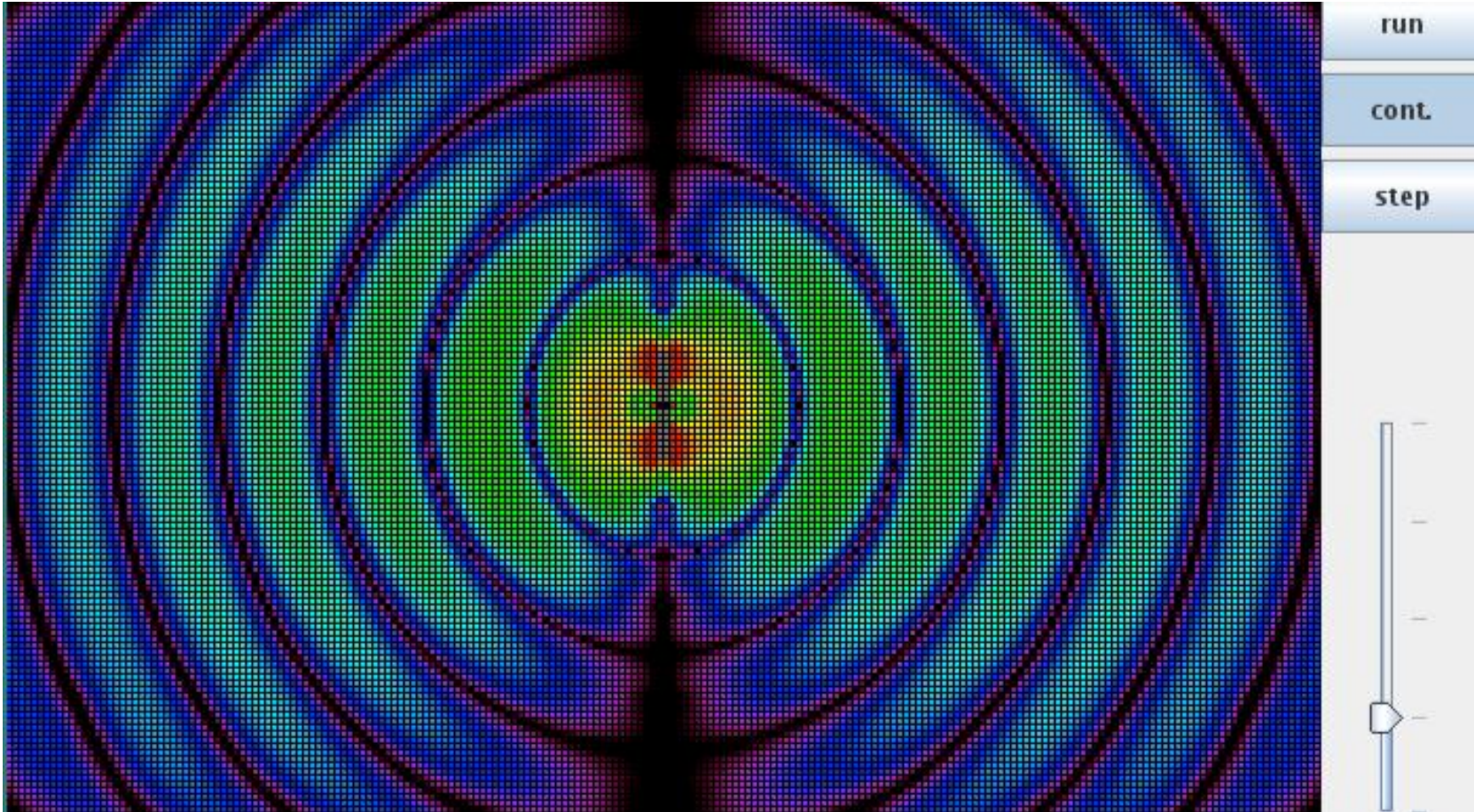
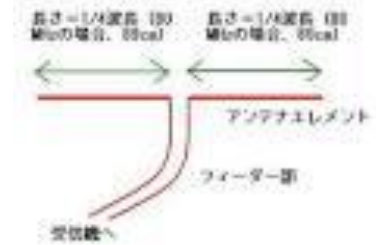


# 指向性

- 3素子アンテナ

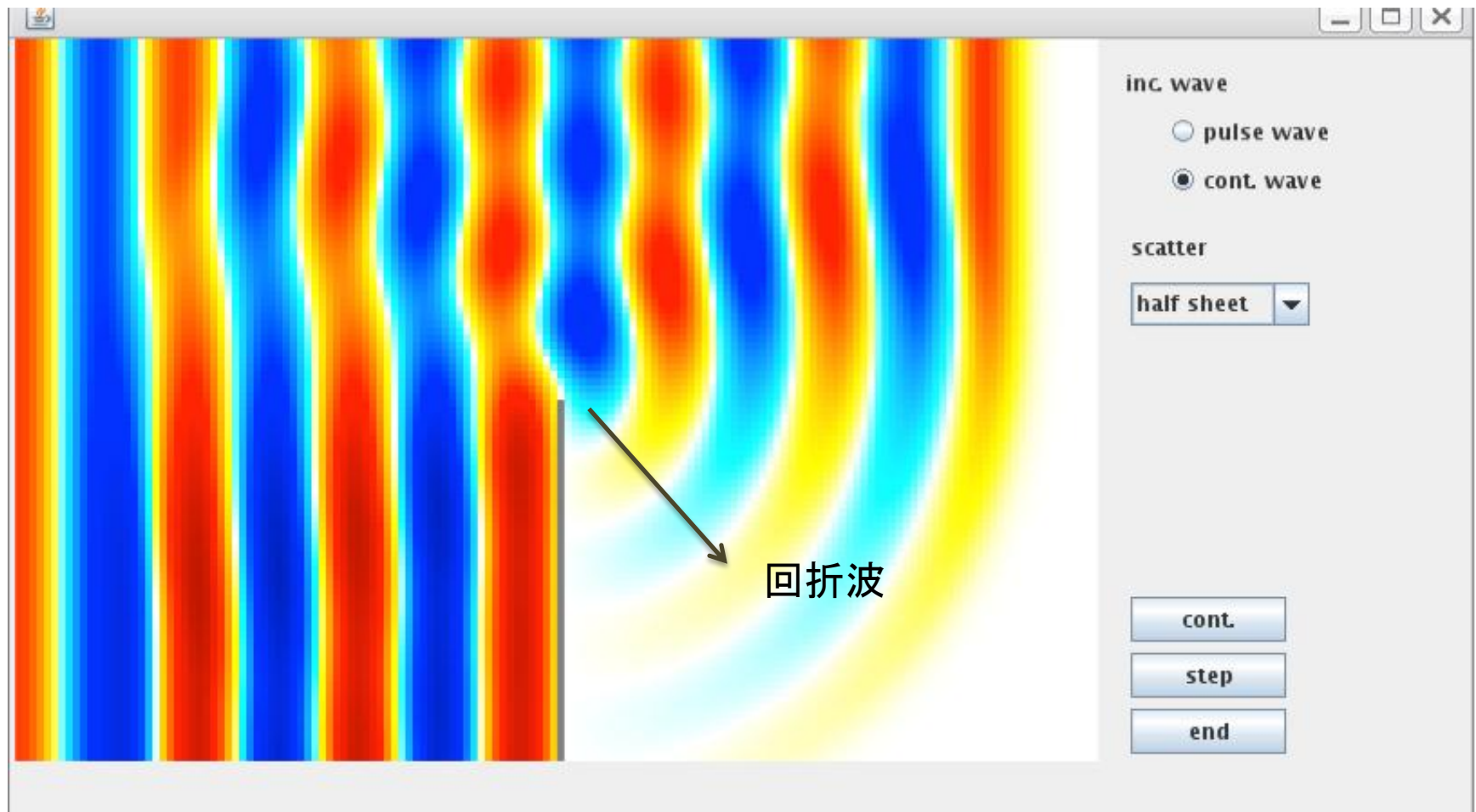


# 線状アンテナからの放射

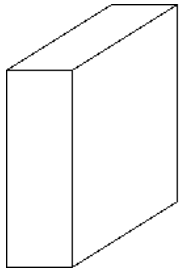


linearAntenna.java

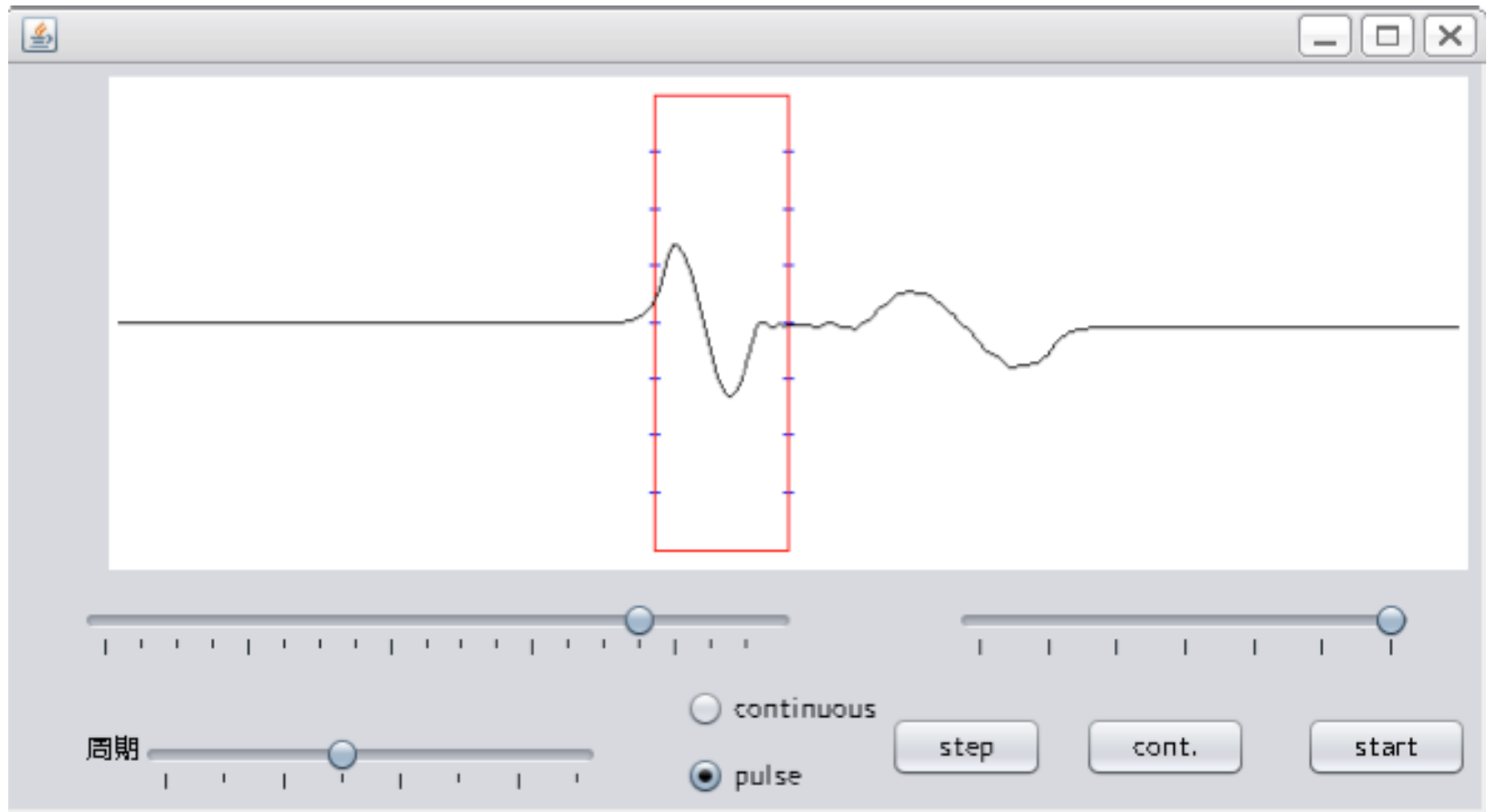
# 散乱と回折



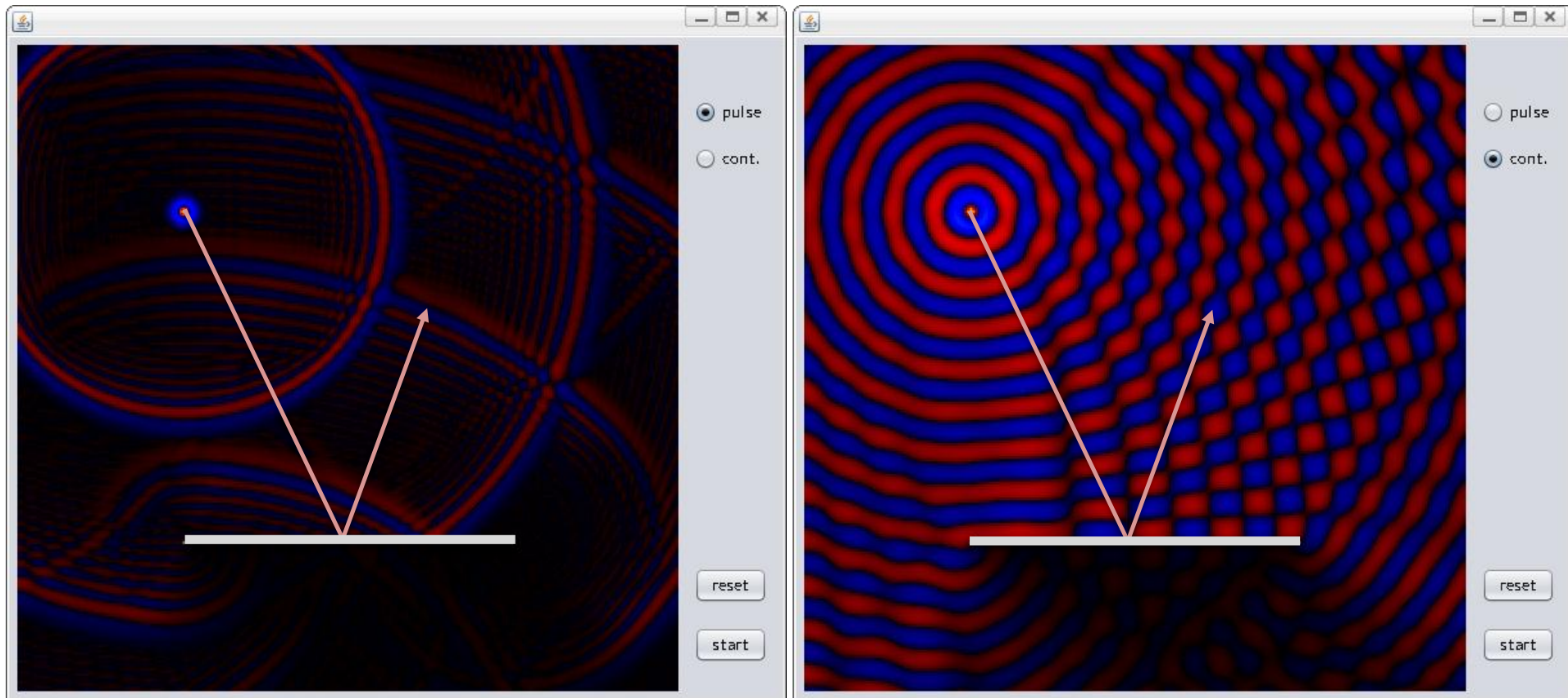
# 反射と透過



← 入射界

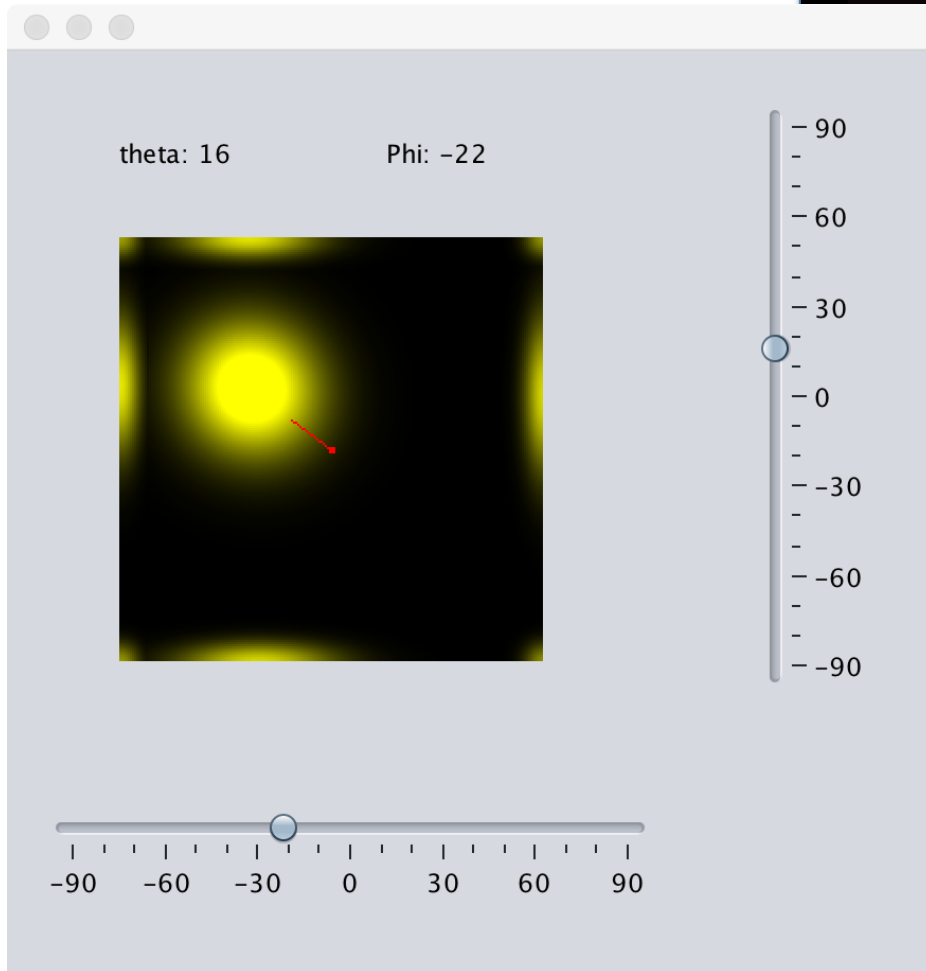


# 波の反射と干渉

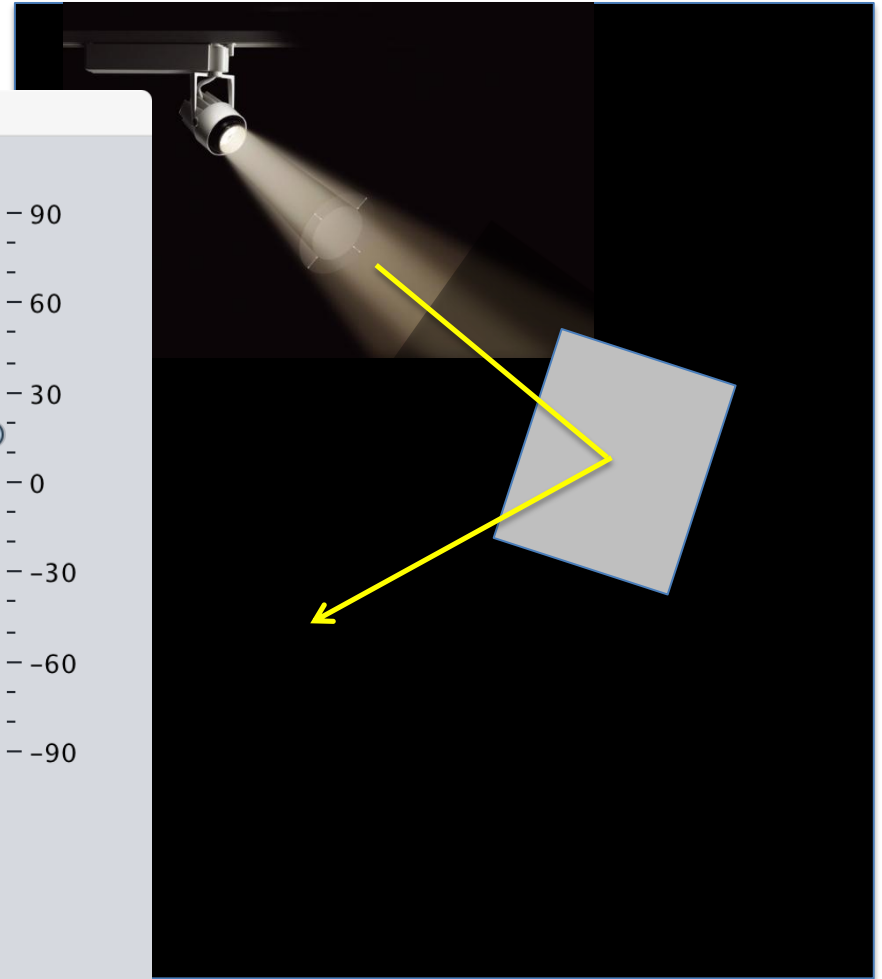




# 波の反射と回折

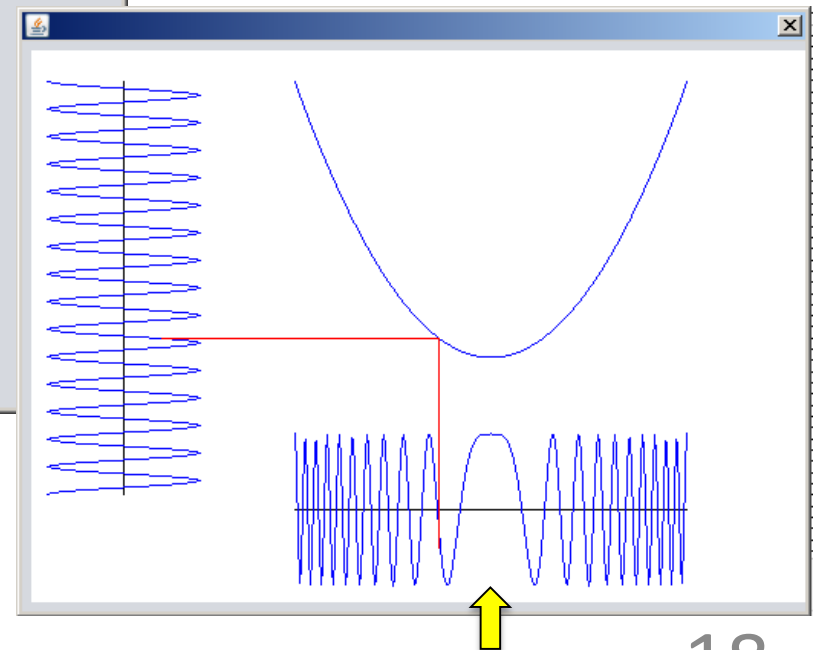
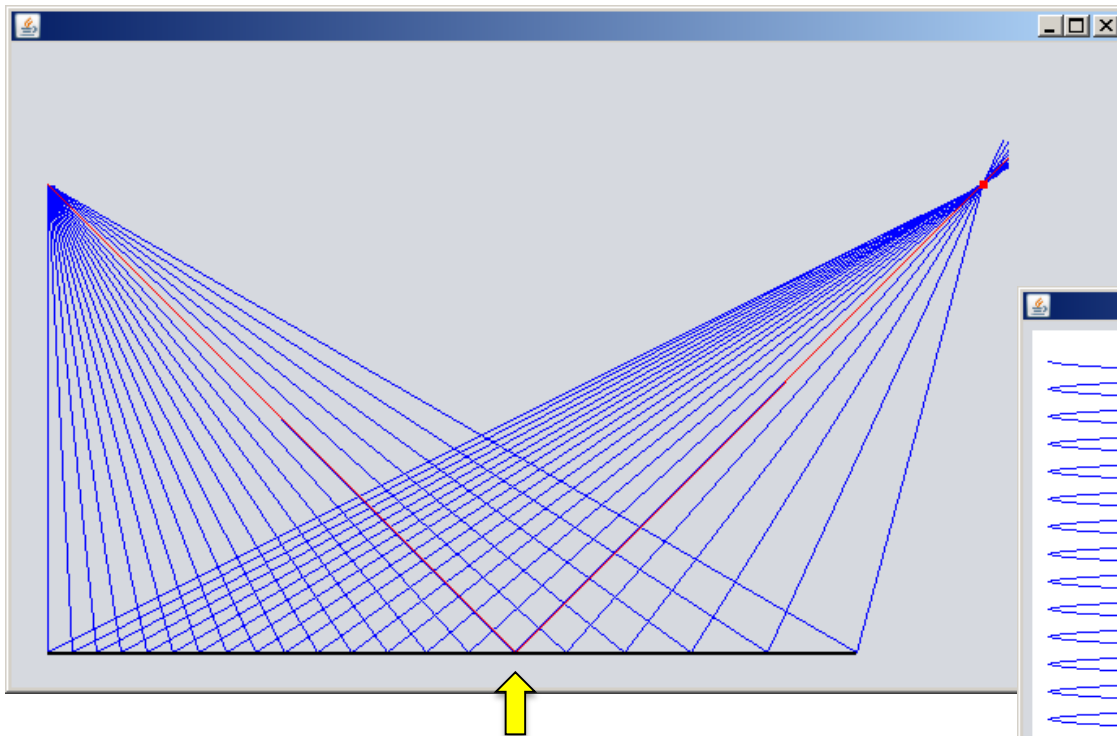


view.java



# 伝播経路と位相

- 反射と回折

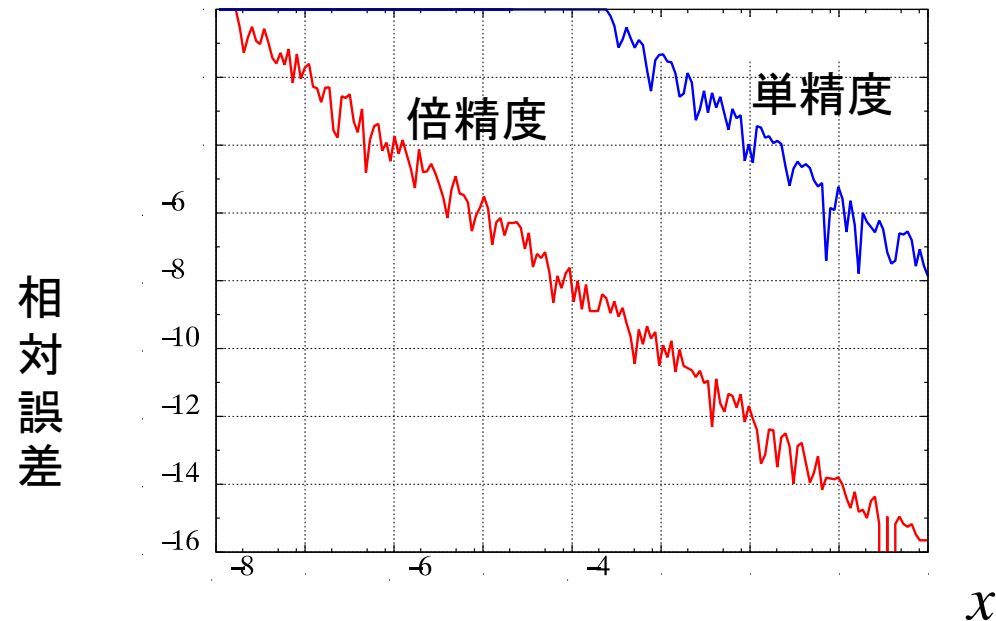
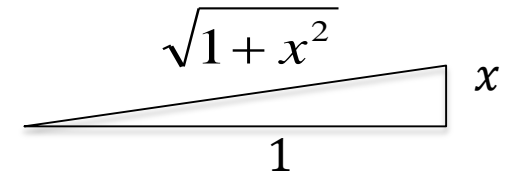


ray.java

# 数値計算誤差の例

$$f_1(x) = \sqrt{1 + x^2} - 1, \quad f_2(x) = \frac{x^2}{\sqrt{1 + x^2} + 1}, \quad (|x| \ll 1)$$

$$= \left| \frac{f_1(x) - f_2(x)}{f_2(x)} \right|$$



# 終わりに

## □ 最近の計算技術

### – 並列処理

- ✓ ネットワーク
- ✓ マルチコア、GPGPU (General Purpose Graphics Processing Unit)

### – 高精度計算

- ✓ 多倍長精度計算

### – 精度保証付き数値計算



ご静聴ありがとうございます