

音と光

復習と要約

概要

- 振動と波動の基本
 - 振動のタイプ
 - 波動のタイプ
 - 数学的な手法
- 自然界の(古典的な)波
 - 空気を伝わる縦波
 - 弦を伝わる横波
 - 真空を伝わる光の波

単振動（振動の基本）

- 等速円運動と単振動
- 単振動を記述する用語
 - 振幅
 - (角)振動数, 周期, 位相
 - 運動エネルギー, と位置エネルギー
- 単振動を記述する数学
 - 三角関数
 - 複素指数関数
- 振動数が運動方程式から決まる
- 振幅と位相が初期条件から決まる

単振動の和（振動の基本）

- 同じ振動数
 - 振幅と位相の変化
- 異なる振動数
 - うなり
- 一般の周期運動
 - フーリエ展開
 - 基本振動数と倍音
 - 各振動数の振幅と位相

減衰振動（振動の基本）

- 速度に比例する抵抗
- 指数関数 × 単振動
- エネルギーの減衰率

強制振動と共鳴（振動の基本）

- 減衰振動 + 周期的な外力
- 定常解
 - 外力の振動数
 - 振動数と振幅
- 共鳴
 - 共鳴のピーク
 - 共鳴の幅

非線形振動 (振動の基本)

- 変形量と復元力が比例しない
- 振幅により振動数が変化する
- 強制振動
 - 外力の振動数と異なる振動数で振動

波の類別（波動の基本）

- 次元
 - 1次元（弦の波）
 - 2次元（水面の波）
 - 3次元（空気中の音波）
 - 波面（平面波, 球面波）
- 変位の方向
 - 縦波（音波）
 - 横波（弦の波, 真空中の電磁波）
- 波形
 - サイン波
 - 一般の波形（パルス, 三角, etc）
- 進行波と定在波

サイン波（波の基本）

- 時間波形
 - 一点で観測した変位の時間変動
 - 単振動： 振幅, 振動数と周期, 位相
- 空間波形
 - サイン, コサイン
 - 振幅, 波数と波長, 位相
- 波の速さ
 - 位相速度 = 波長 × 振動数
- 進行波

波動方程式(波の基本)

- 変位(位置, 時間)に対する2階偏微分方程式
- 速度
 - 唯一のパラメータ: 振幅, 振動数, 進行方向によらず
 - バネ定数(弾性率, 張力)と密度
- 微小部分の変位に対する運動方程式
 - 加速度
 - 変位を時間で2階微分する
 - 力
 - 変形で生じた復元力
 - 変位を座標で2階微分する
- 線形性

波動方程式（波の基本）

- 自由空間（両端が無限遠）の解
 - 進行方向
 - 速さ = 波長 × 振動数
- 進行波
 - サイン波
 - 一般の波形： サイン波の重ね合わせ
 - フーリエ変換, フーリエ級数
 - 成分の波形： 同一の速さ
- 定在波
 - 逆向きの進行波の重ね合わせ

波動方程式（波の基礎）

- 固定端
 - 変位=0
 - 逆位相の反射波
- 自由端
 - 変位=最大 すなわち 変位の変化率=0
 - 同位相の反射波

2~3次元の波（波の基本）

- ホイヘンスの原理
 - 各点から出発する素面波(2次波)
 - 重ね合わせ(干渉)による波面の生成
 - 1周期毎の波面をプロット

- 反射

- 屈折

- 回折

空気中の音波（波の応用）

- 成因：空気の弾性（圧縮・膨張の復元力）
- 類型：縦波
- 音速：（体積弾性率 ÷ 密度）の平方根
 - 絶対温度の平方根に比例

- 音のエネルギー密度
 - 圧力変化の2乗に比例
 - デシベル表示

- 気柱の共鳴
 - 開口（自由端）と閉口（固定端）
 - 開口補正

弦の横波（波の応用）

- 成因： 弦の（横方向変形による）伸縮の復元力
- 類型： 横波
- 速さ： $(\text{張力} \div \text{線密度})$ の平方根

- 両側固定端の弦の共鳴
 - 振動モード, 各波形と時間変化
 - フーリエ級数による解析

真空中の光波

- 実体： 電場の波と磁場の波がいっしょに伝わる
- 成因： 真空の電磁気的な性質
- 類型： 横波

- 電磁波のスペクトル
 - 可視光は波長0.78ミクロン~0.38ミクロン

- 光線と光波