

H26メカトロニクス特論

メカトロニクス特論イントロ

知能機械工学専攻

下条 誠

専門:ロボティクス・メカトロニクス 人間工学

はじめに

◆前半(下条担当):10月6日~12月1日

1.機械回路の記号解析

2.機械回路のマトリクス解析

3.機械システムのベクトル解析

4.触覚センシング(生理心理, 工学実現・応用)

◆予備日:12月8日

◆後半(金森先生担当):12月15日~

自己紹介

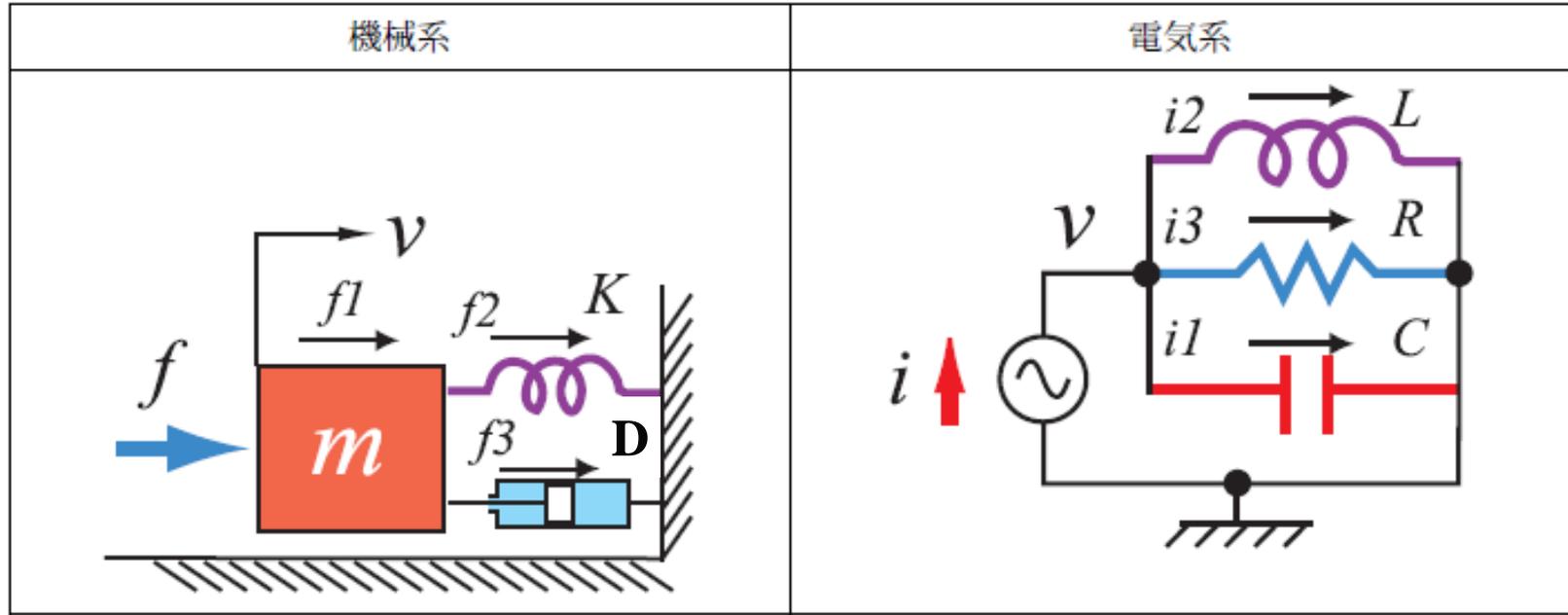


- 昭和26年1月27日 東京生まれ
- 昭和48年電気通信大学機械工学科卒業
- 昭和51年東京工業大学大学院総合理工学研究科精密機械システム専攻修了
- 同年通産省工業技術院製品科学研究所入所
- 平成5年1月生命工学工業技術研究所人間環境システム部報伝達機能研究室室長
- 平成9年9月茨城大学工学部情報工学科教授
- 昭和60年9月から1年間スタンフォード大学客員研究員
- 現在、電気通信大学電気通信学部知能機械工学科 教授
博士(工学), 日本機械学会フェロー

研究分野: これまでに歯車の計測, 触覚センサシステムの研究, 触覚を用いた計算機インターフェースの研究開発, 及び人間工学に基づく製品評価に関する研究に従事。現在, ロボティクス・メカトロニクス関連研究, 特にVR分野でのハプティクスと呼ばれている人間の力覚および触覚を用いたインターフェース方式の研究開発, およびロボティクスにおける触覚センシングの研究開発を主に行っている。

所属学会: 日本機械学会, 日本ロボット学会, 電子情報通信学会, 日本バーチャルリアリティ学会, 計測時動制御学会

機械系と電気系のアナロジー



力: $f = f_1 + f_2 + f_3$

電流: $i = i_1 + i_2 + i_3$

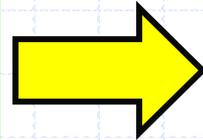
$$f = m \frac{dv}{dt} + Dv + k \int v dt$$

$$i = C \frac{dv}{dt} + \frac{1}{R} v + \frac{1}{L} \int v dt$$

機械系を電気回路シミュレータで解析

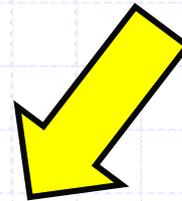
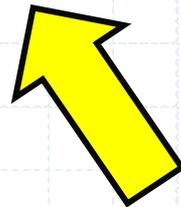
変換

機械系



電気系

解析



電気回路

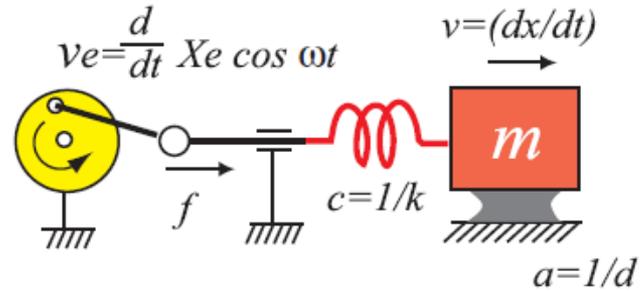
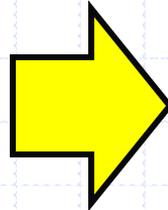
シミュレータ

FreeSoft

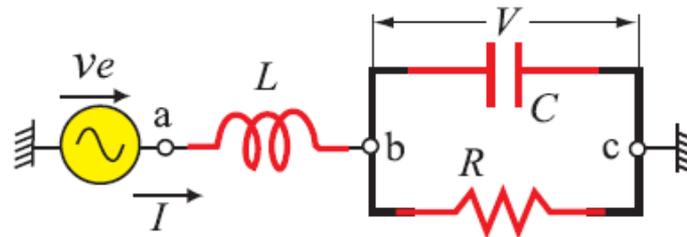
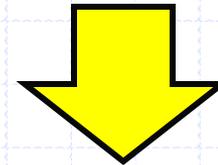
機械系の記号解析例1



機械的蓄音機

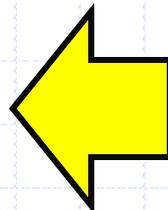


(a) Mechanics



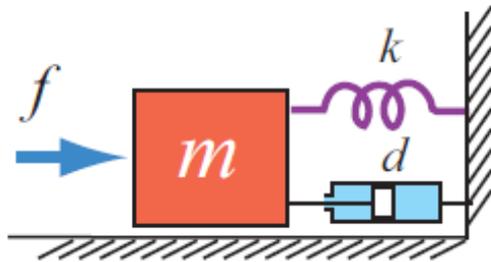
(c) Electronics

回路シミュレータ
で動作を解析

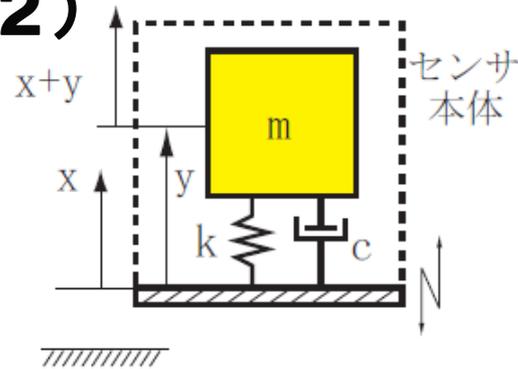


振動系の解析例2

(1)



(2)



(3)

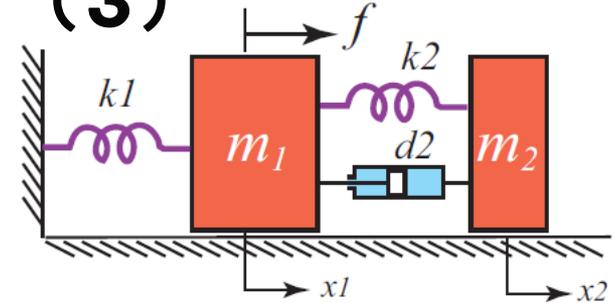


図 3.19: 粘性減衰をもつ吸振器

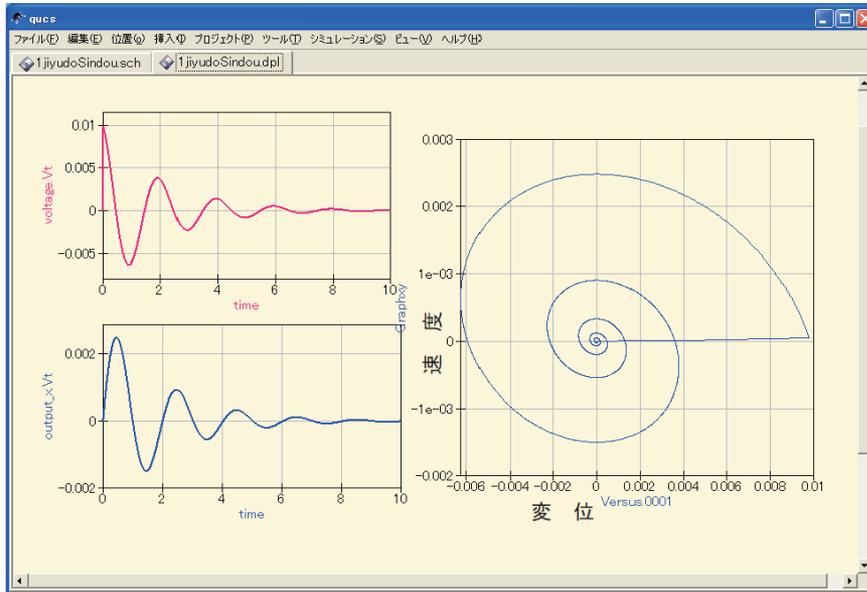
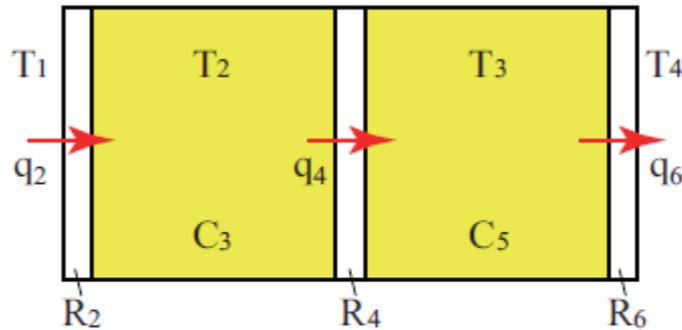


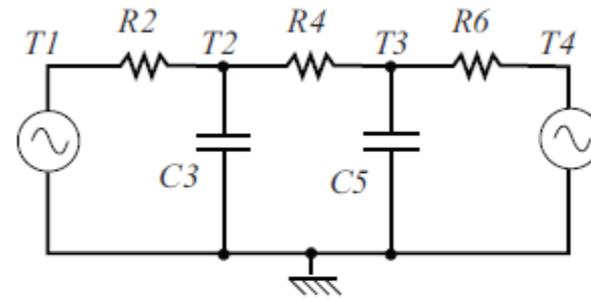
図 3.8: $\epsilon = 0.5$ ($C = 1, R = 1, L = 0.1$) とした時のシミュレーション結果

1. 1自由度振動系
 2. サイズモ系
 3. 動吸振器
- の解析

熱伝導系の解析例



a) 熱伝導モデル



b) 電気回路モデル

図 3.27: 熱伝導モデル

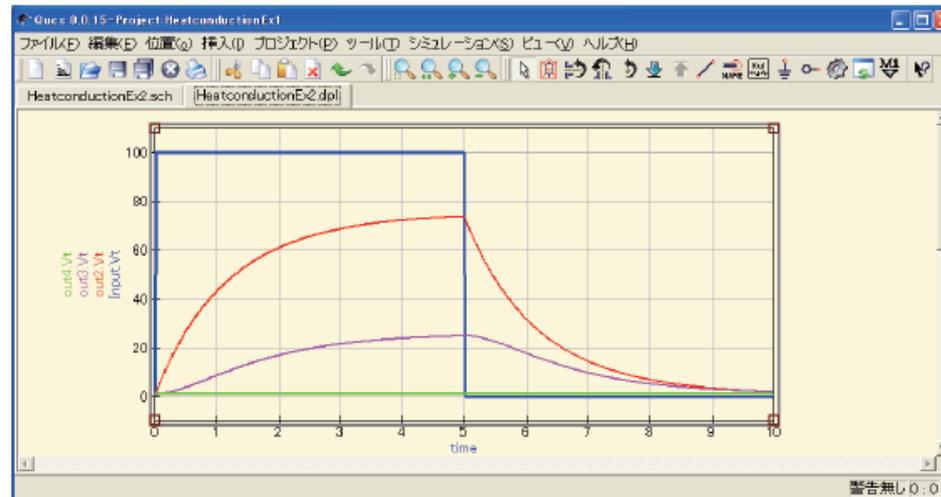


図 3.29: 熱伝導モデルシミュレーション結果 (1) 温度変化

機械回路の記号解析の講義内容

- 量の話: 流通量と位差量 → 機械系と電気系の相似
- 電気回路シミュレータの学習
- 電気回路による機械系の解析

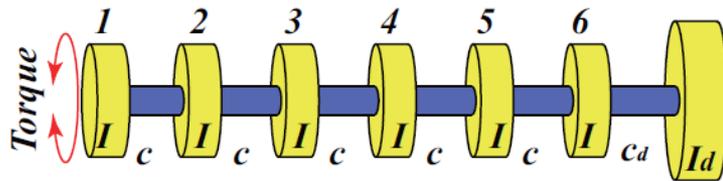


図 3.23: クランク軸のねじり振動モデル

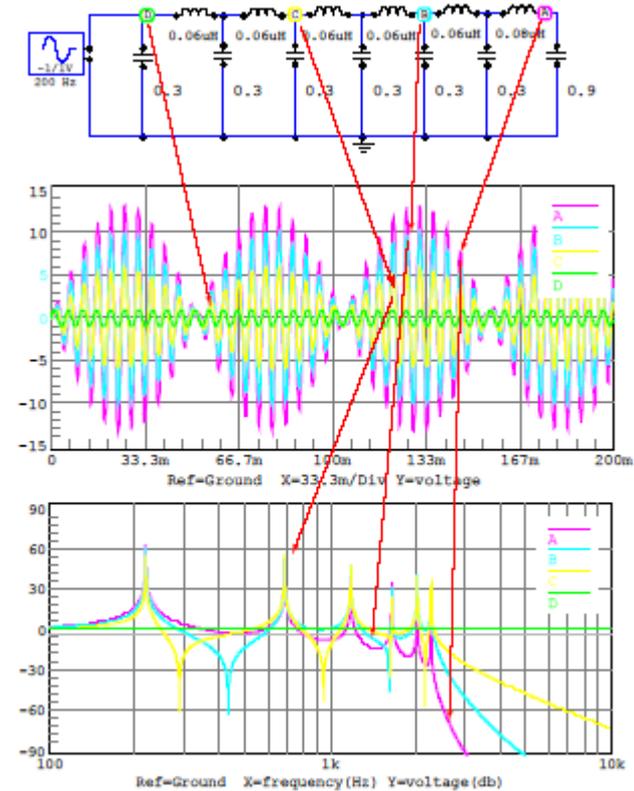
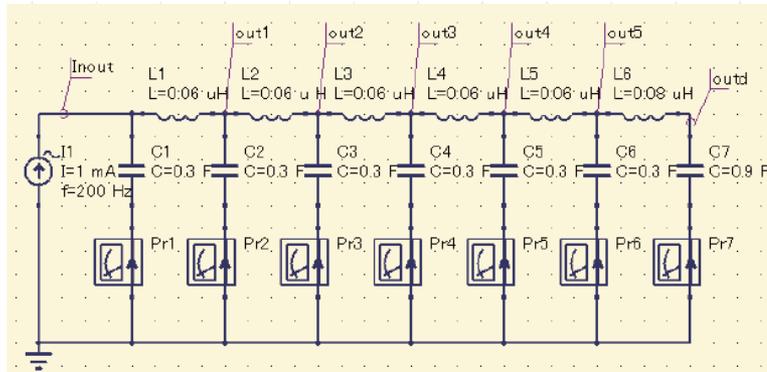
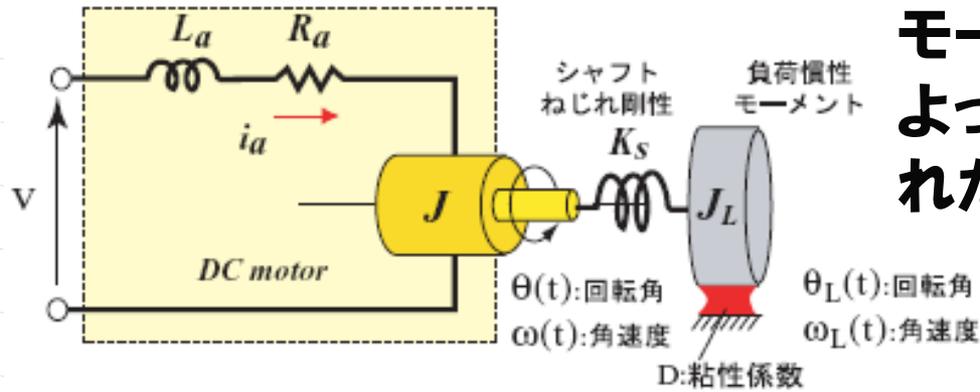


図 1.12: クランク軸のねじり振動モデルのシミュレーション結果

機械-電気混合システムの回路解析



モータとバネ剛性を持つ軸によって慣性ローターが接続されたシステムの解析

図 1.16: DC モータによる負荷回転体の駆動

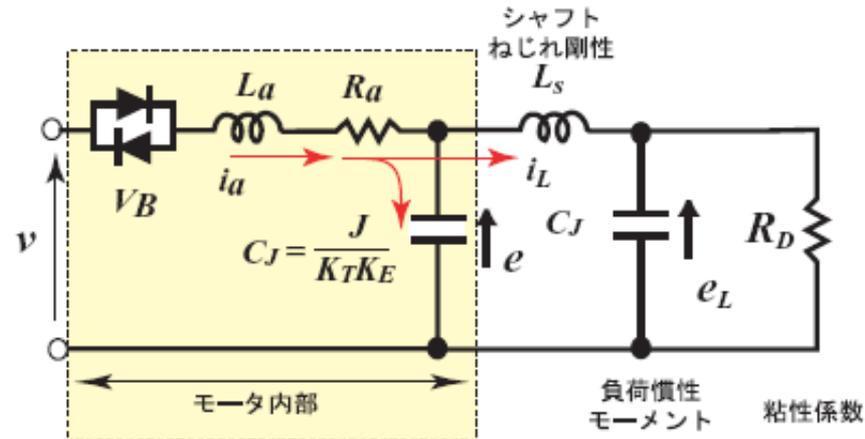


図 1.17: DC モータに負荷慣性が接続した場合の等価回路

電気回路シミュレータとは

QUCS(Quite Universal Circuit Simulator) を利用



(キュークスと言われているらしい)

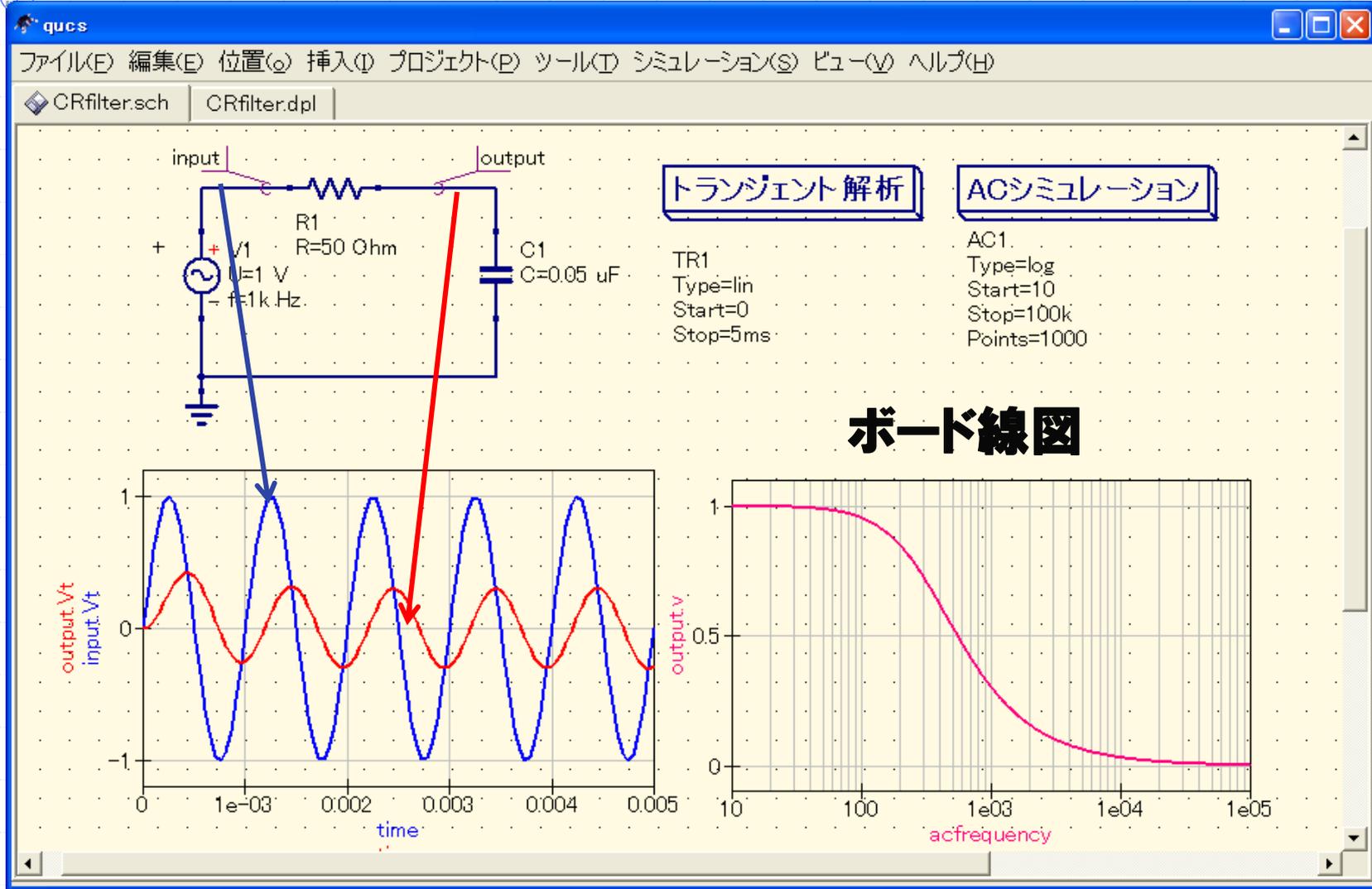
Qucs is currently developed under the GNU/Linux OS using the standard autotools with no special effort to support other operating systems. Qucs is said to be successfully compiled and run on Solaris, NetBSD, FreeBSD, MacOS, Windows and Cygwin... help is needed !

License

Qucs is released under the GPL license and so it is free for free programmers and users !

電子回路シミュレータ (QUCS) 解析例

CRフィルタ



ボード線図

アナログコンピュータによる解法

- 電子回路シミュレータを用いてアナログコンピュータを作る
- アナログコンピュータを使い非線形微分方程式を解く

ファン・デル・ポール方程式

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \epsilon(x^2 - 1)\frac{dx}{dt} + x = 0$$

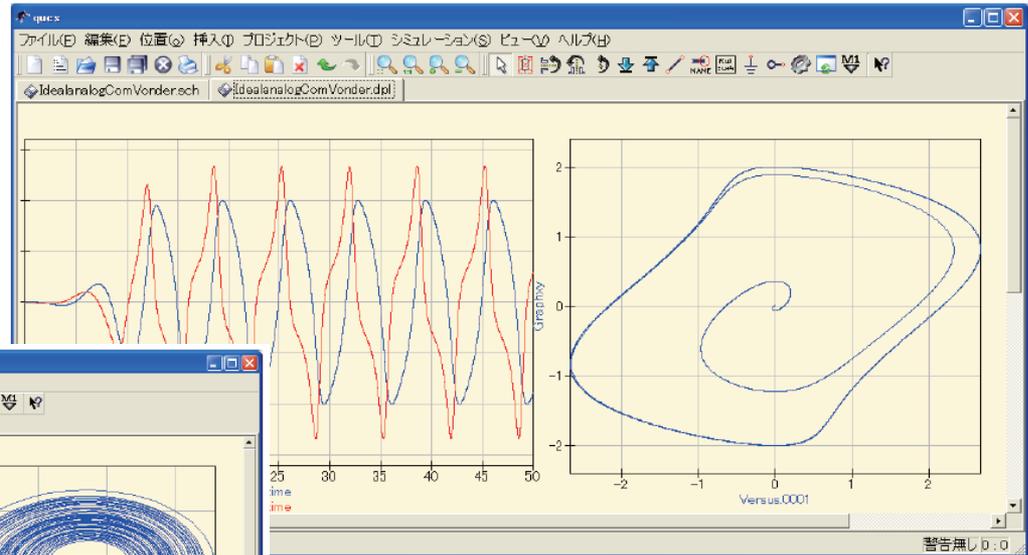


図 6.8: シミュレーション出力結果。時間変化と状態遷移

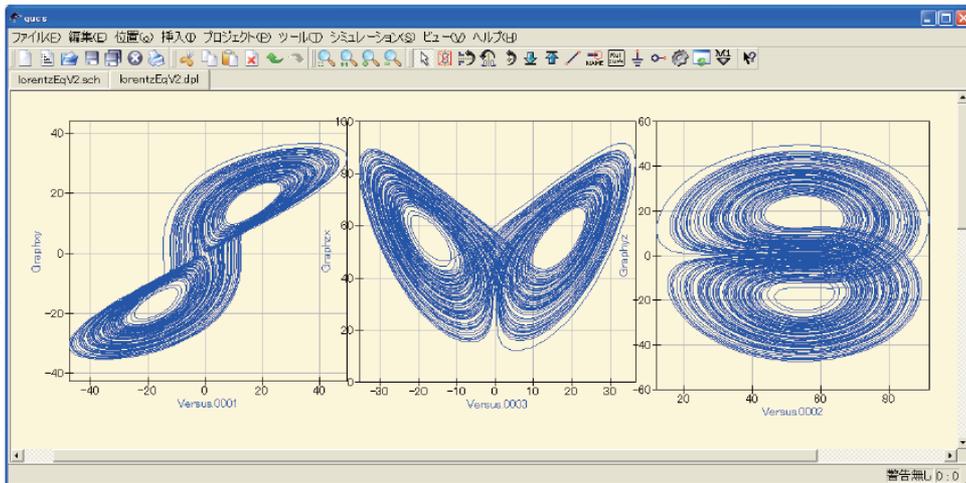


図 6.9: ローレンツ・アトラクタ, xy,yz,zx の 2 次元プロット図。

ローレンツ方程式

カオスのふるまいを示す非線型方程式

機械回路のマトリクス解析

機械システム
をマトリクス表
現に変換して
解析する

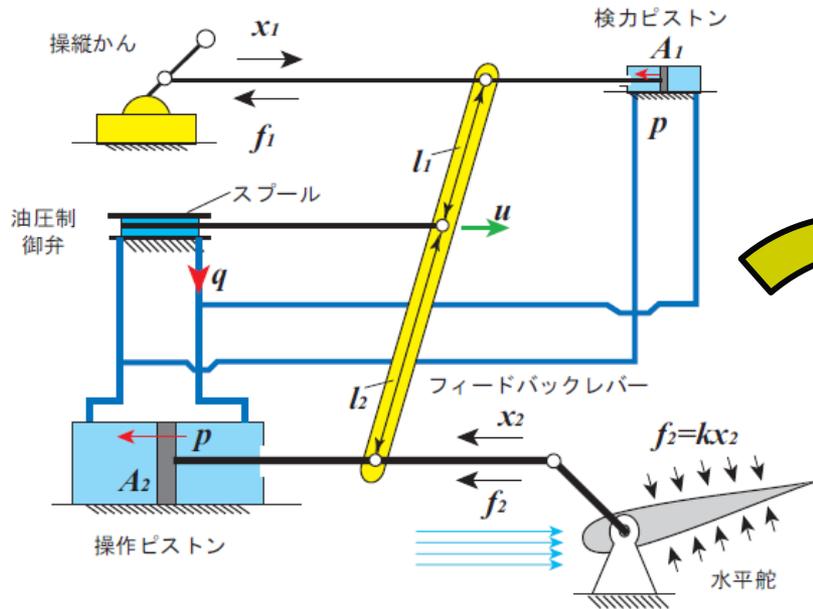


図 8.2: パイラテラル油圧サーボ

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\lambda_b}{\lambda_a + \lambda_b} & -\frac{h\lambda_a}{\lambda_a + \lambda_b} \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -\frac{\lambda_b}{\lambda_a + \lambda_b} & -\frac{h\lambda_a}{\lambda_a + \lambda_b} \\ -\frac{\lambda_a}{\lambda_a + \lambda_b} & -\frac{h\lambda_b}{\lambda_a + \lambda_b} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ x_n \end{pmatrix} = C \begin{pmatrix} x_0 \\ x_n \end{pmatrix}$$

連続体の伝達マトリクス

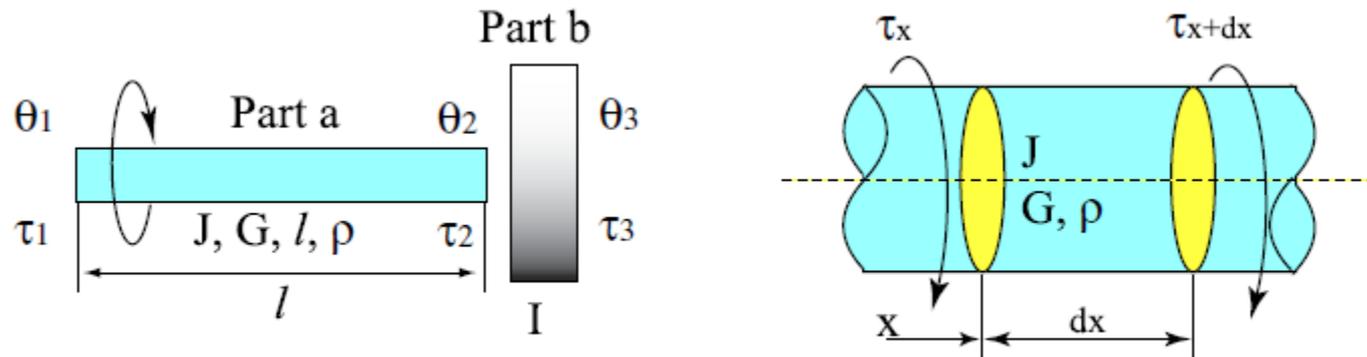
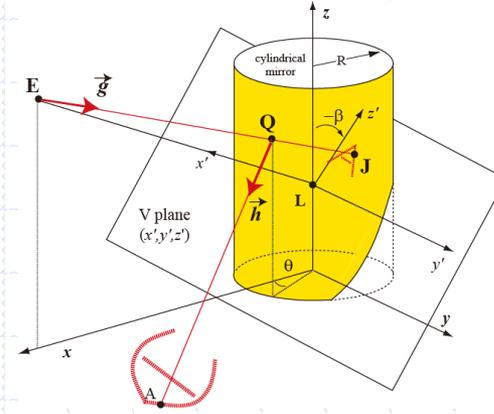
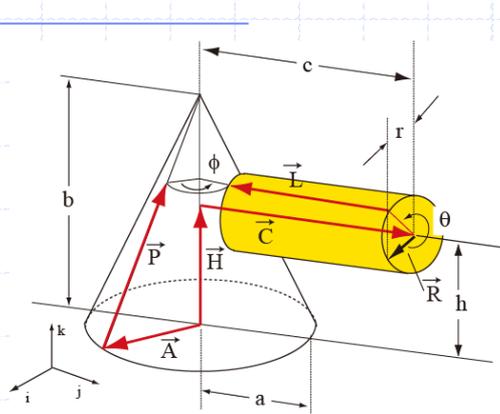


図 9.1: 慣性体つき弾性体軸

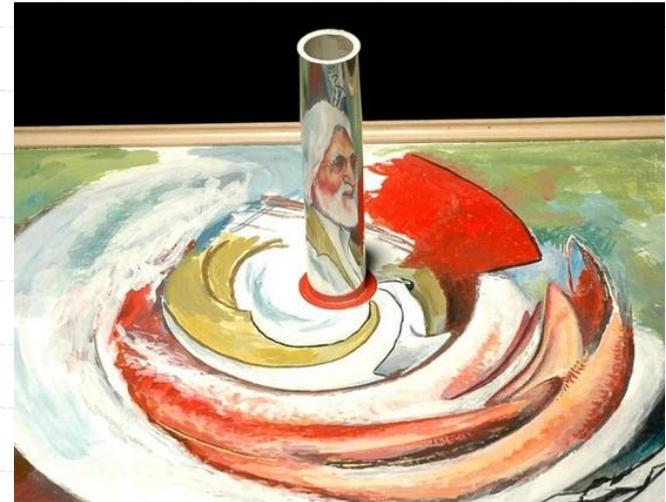
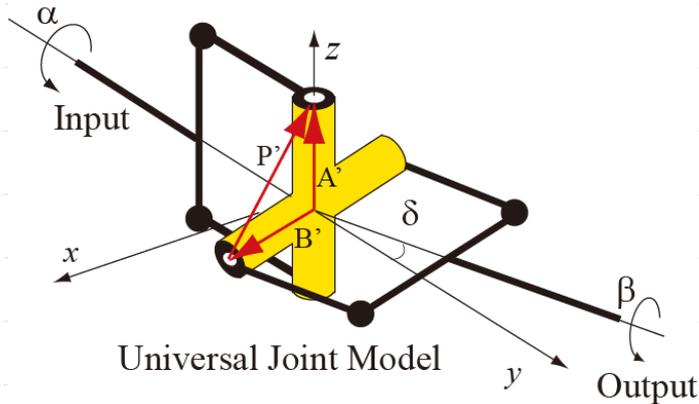
$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \tau_1 \end{pmatrix} &= \Gamma_{shaft} \cdot \Gamma_{rotor} = \begin{pmatrix} \cos \mu l & \frac{\sin \mu l}{GJ\mu} \\ -GJ\mu \sin \mu l & \cos \mu l \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\omega^2 I & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_2 \\ \tau_2 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \cos \mu l - \frac{\omega^2 I}{GJ\mu} \sin \mu l & \frac{1}{GJ\mu} \sin \mu l \\ -(GJ\mu \sin \mu l + \omega^2 I \cos \mu l) & \cos \mu l \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_3 \\ \tau_3 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

機械システムのベクトル解析 立体機構の解析



円錐に貫通する円柱の断面形状

歪み絵：円柱鏡面に移すと浮かびあげる絵



ユニバーサルジョイントの回転角変動

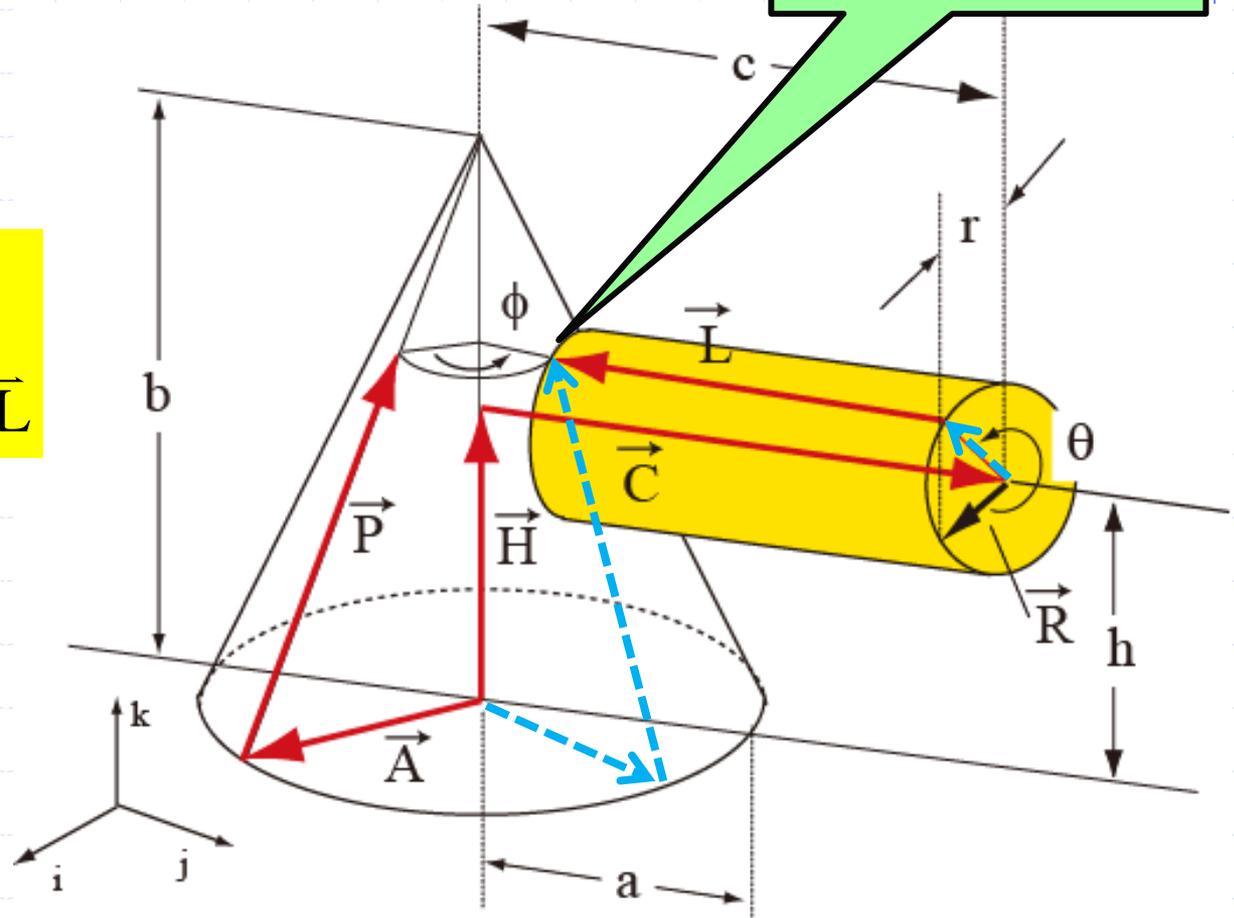
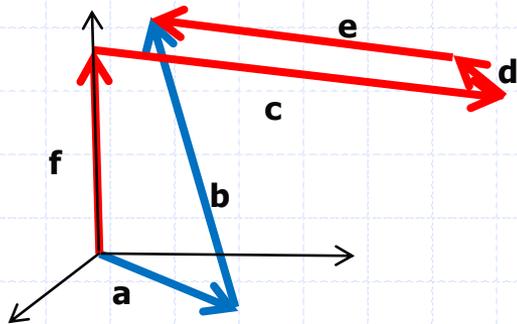
立体機構解析への応用例

円錐に貫通する円柱の展開断面形状を求める

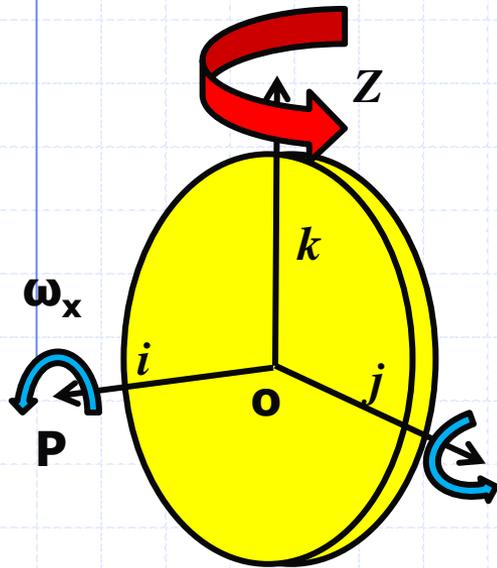
ベクトルLの長さをθの関数として表す

基礎方程式

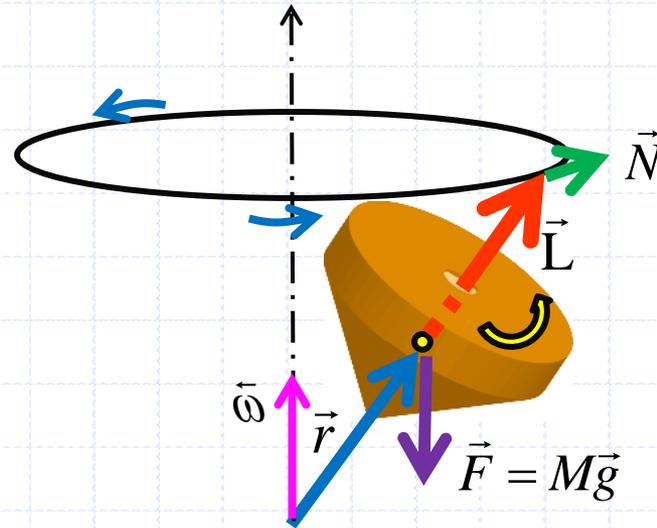
$$\begin{aligned}
 & (\vec{A} + \vec{P})^{Rotation} \\
 & = \vec{H} + \vec{C} + (\vec{R})^{Rotation} + \vec{L}
 \end{aligned}$$



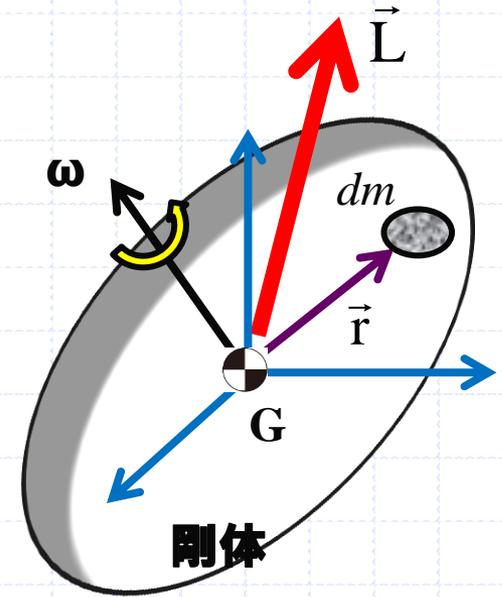
機械システムのベクトル解析 回転するベクトル



ジャイロ効果



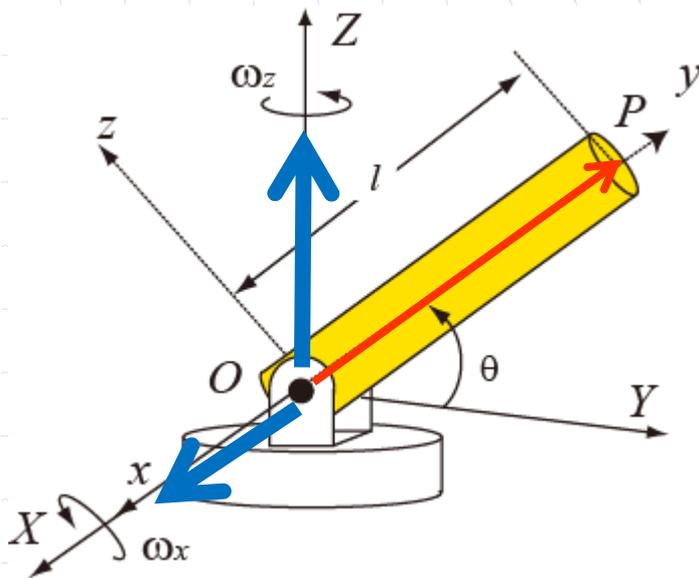
歳差運動



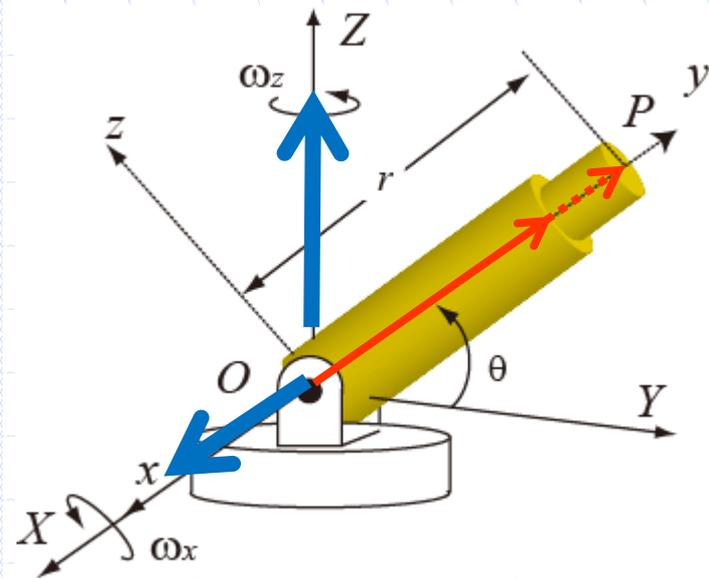
$$\vec{N} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{L}$$

回転ベクトルの微分

機械システムのベクトル解析 回転伸縮するベクトル

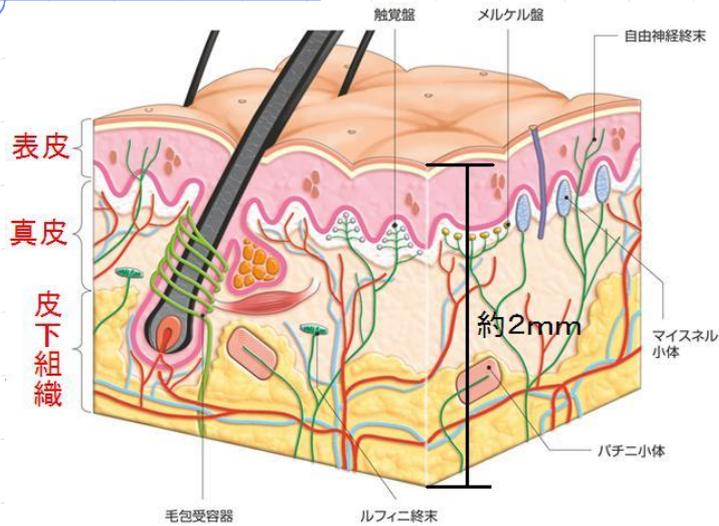


ベクトルが定角速度 ω で
回転する

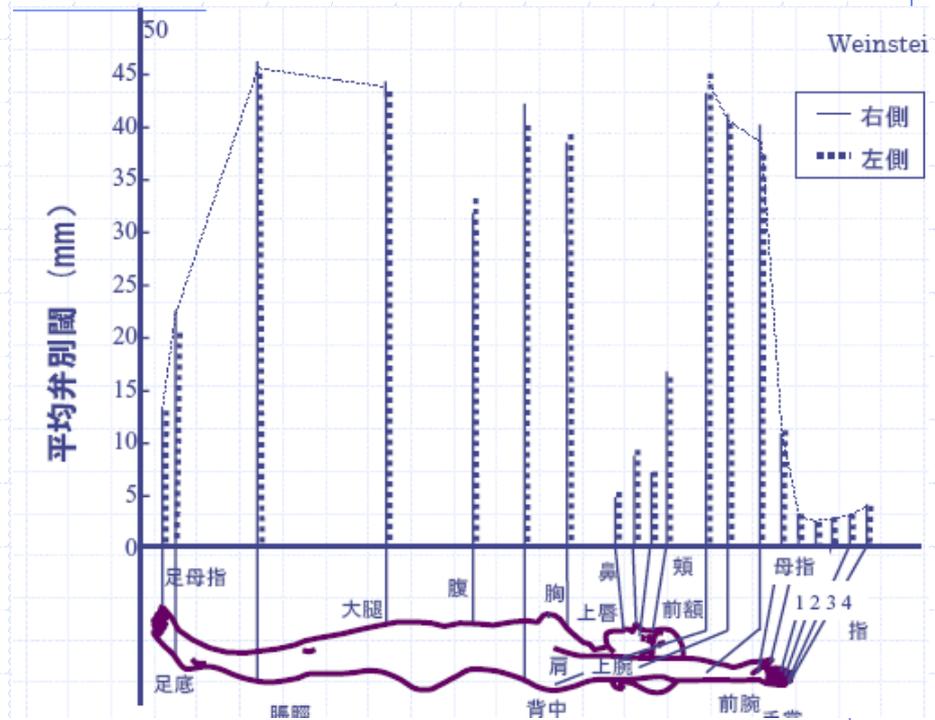
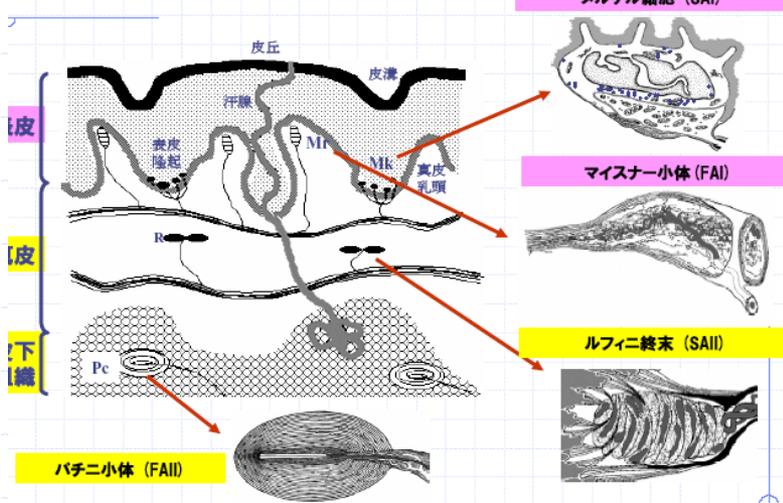


ベクトルが角速度 ω で
回転・伸縮する

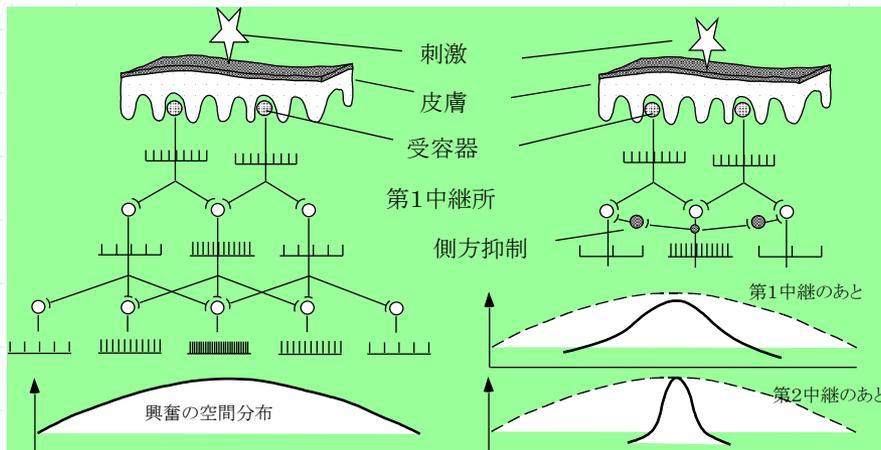
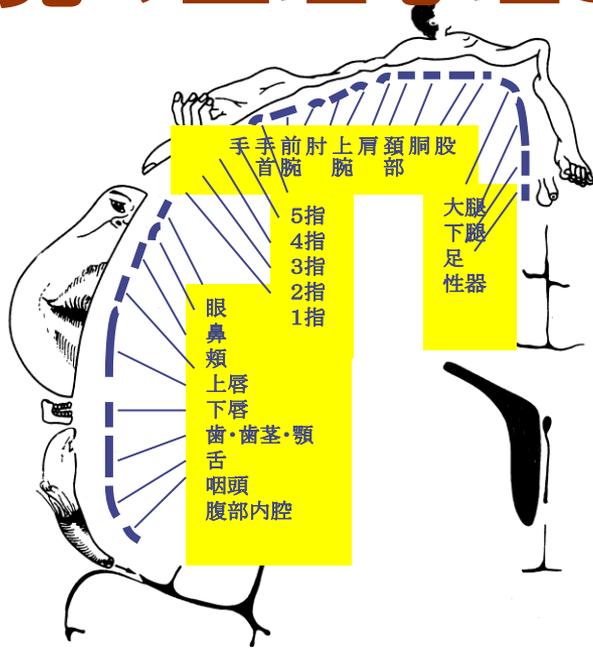
触覚の生理・心理



皮膚構造



触覚の生理心理と工学的実現・応用



触覚の役割・用途

ロボティクス・メカトロニクス 分野

制御用

マニピュレーション

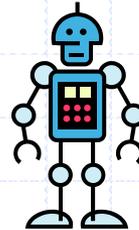
- ・精度, 時間応答速度は人間を上回る



インタラクティブ用

ロボット用皮膚

- ・柔らかく, 丈夫, 大面積化



触感覚用

触感・質感センサ

- ・多角的情報の計測



ヒューマンインターフェース 分野

触覚提示デバイス

- ・高い周波数応答性



情報機器入力デバイス

- ・薄型, マルチタッチ

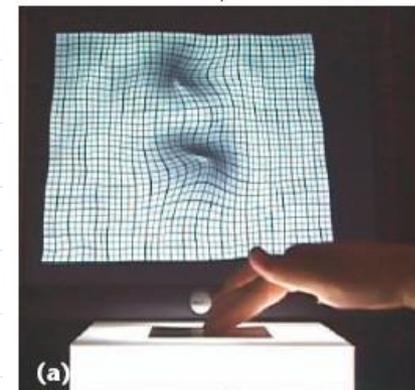
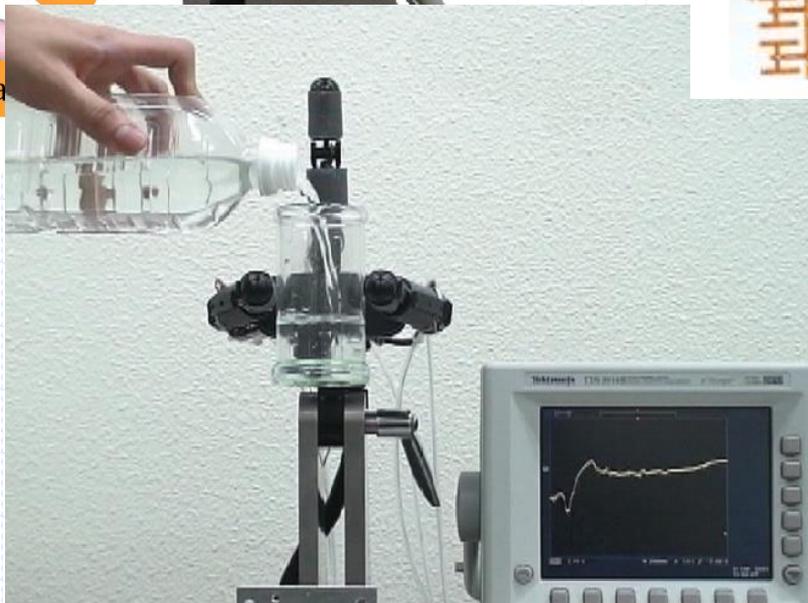
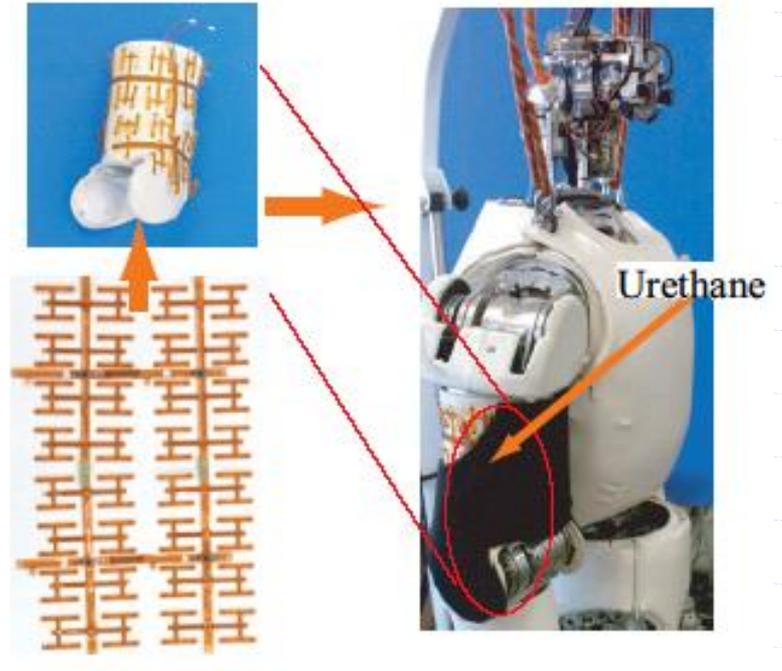
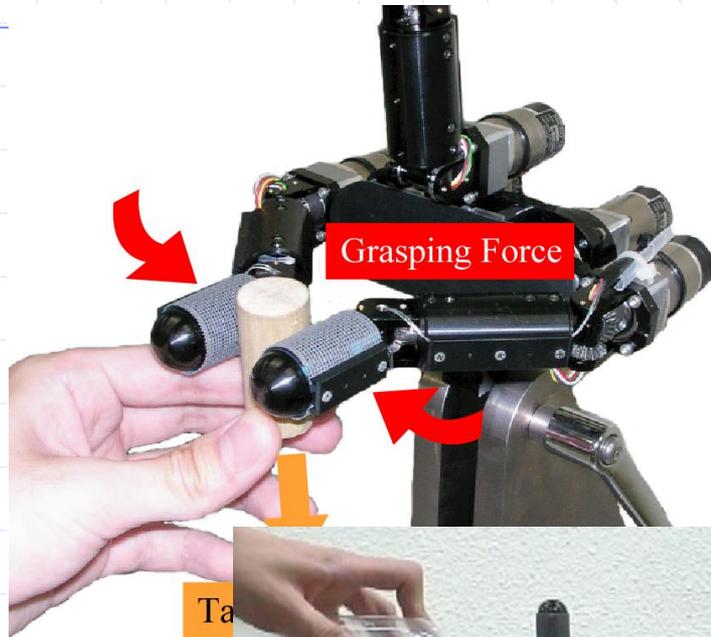


触診・肌状態診断など

- ・アクティブタッチ



触覚センサの現状紹介



評価・資料

成績評価

授業中に適宜与えるレポートの内容, 及び出席状況の結果を総合して判定する.

講義資料

<http://www.rm.mce.uec.ac.jp/sj>

居室

東4号館506室



3. 触覚センシング

- 触覚の生理心理
- 触覚センサの機能
- 触覚センサの研究開発の現状

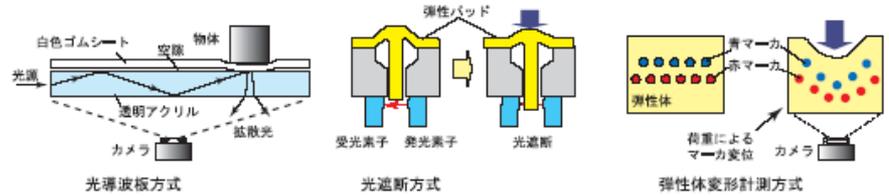


図 2.4: 検出方式 (光学方式)



計 測 量	特 徴	備 考
接触の検出 ・分布量 ・位置 ・力	曲面・大面積への対応	自由曲面の被覆, 広い面積も覆える, 薄型・軽量・省電力が望ましい。
	配線問題への対応	分布計測→検出素子の分散配置→配線数の増加 省配線化もしくはワイヤレス対応の要求
	多軸力への対応	法線・接線方向力, 6軸力 ($F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$) の検出
滑りの検出	滑り振動より検知	滑り振動(加速度), スティックスリップ
	弾性体内部応力・歪状態より検知	表面荷重分布の弾性体厚み方向変化, 接触対象物との摩擦係数の変化による弾性体内部での歪変化, 等の利用
	接触面変化より検知	初期局所滑り領域の検出
材質の検出	硬さの検出	接触子振動数変化
	温覚の検出	熱伝導計測(ヘルチエ素子)
	複合覚	歪と振動など異なる物理量計測からの判別
近接の検出	近距離(数cm程度)での対象物検知	反射型フォトインタラプタ, 超音波, 静電容量, 渦電流などの利用