

ロボティックス Robotics

先端工学基礎課程講義

小泉 憲裕

講義情報

授業内容とその進め方

【授業内容とその進め方】

(a) 授業項目

第1回 ロボット工学概論

ロボットの歴史、定義、基本構成と分類

数学基礎知識

第2回 マニピュレータの基礎

構造と分類、機構表現

第3回 センサとアクチュエータ

第4回 座標変換

平行、回転変換、同次変換、マニピュレータの座標系の設定

第5回 順運動学と逆運動学

第6回 ヤコビ行列と静力学

第7回 順動力学と逆動力学

第8回 中間試験とその解説

第9回 フィードバック制御とその安定性

第10回 位置制御（PTP制御とCP制御）

第11回 力制御（インピーダンス制御）

第12回 マスタ・スレーブ制御

第13回 遠隔操作と自律制御

第14回 複数マニピュレータの協調制御

第15回 期末試験とその解説

(b) 授業の進め方：

PPTを用いて内容を解説したあと、演習課題を解いてもらう。また、必要に応じて宿題を課すことがある。

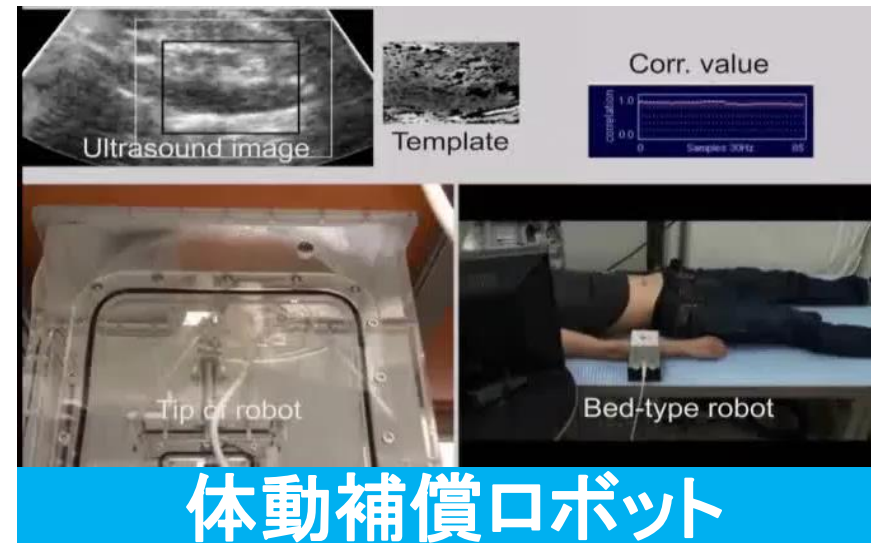
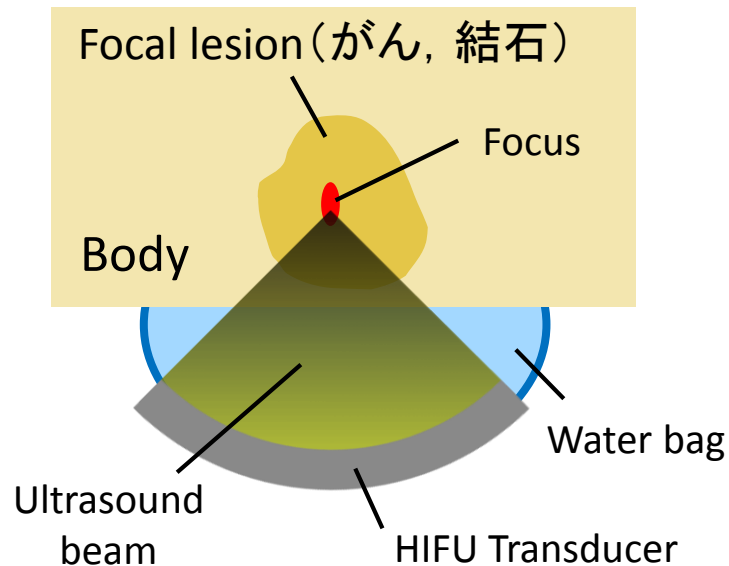
医療はあたらしいデジタルだ！ 医デジ化による超高精度な超音波診断・治療の実現

研究領域： 医療ロボティクス

キーワード： 医療技能の技術化・デジタル化（医デジ化）、Me-DigIT,
医デジ化スタジオ、超音波診断・治療ロボット、体動補償

体動補償ロボットにより
静的な世界で診断・治療

1mm の精度を実現

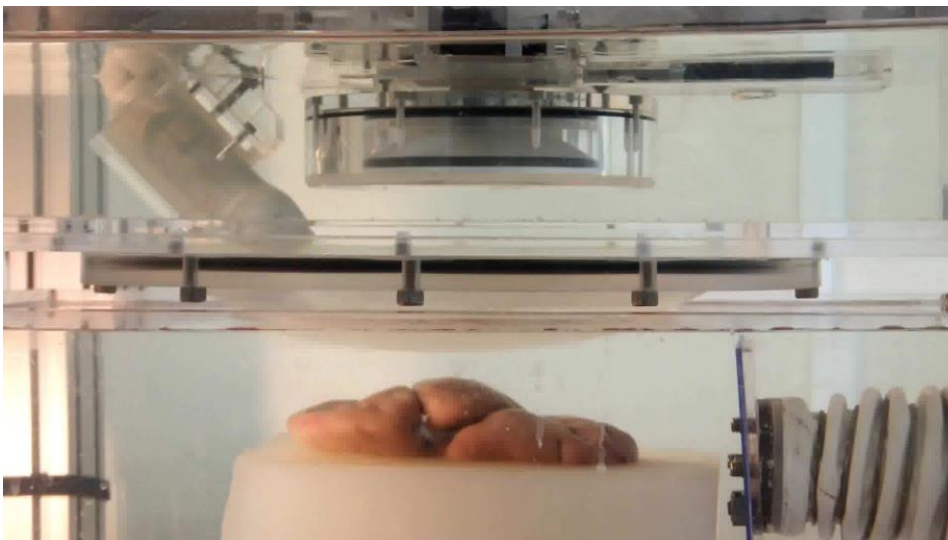


体動補償ロボット

コンセプト

本研究で提案する非侵襲超音波診断・治療統合システム(NIUTS)とは, 呼吸・拍動等により能動的に運動する**患部を抽出・追従・モニタリング**しながら, 超音波を集束させて**ピンポイントに患部へ照射**することにより, **がん組織**の焼灼や, **結石**の破碎を, 患者の皮膚表面を切開することなく**非侵襲かつ低負担**で行なおうとするもの

Ex. vivo exp. (swine, model kid. stone)



動物摘出腎中の結石追従・破碎

焦点は常時患部に一致

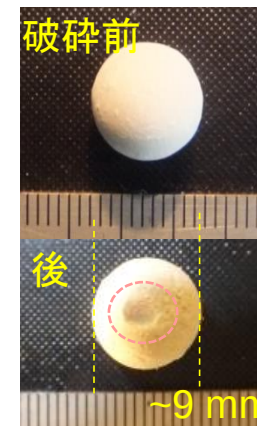
超音波画像



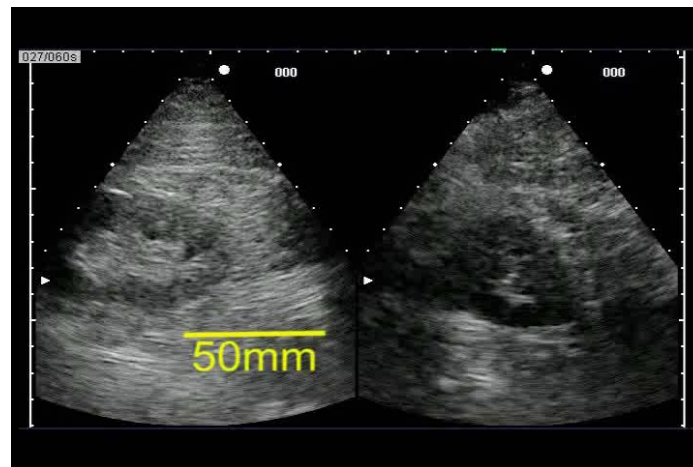
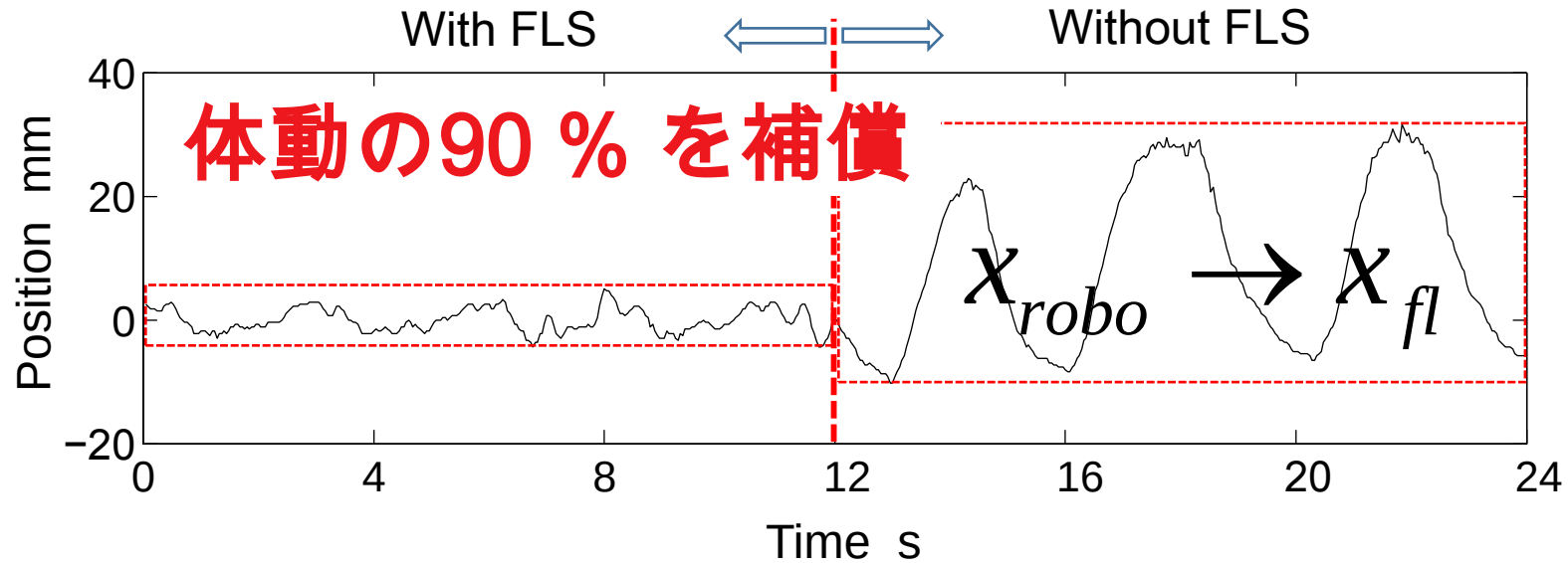
超音波画像(2値化)



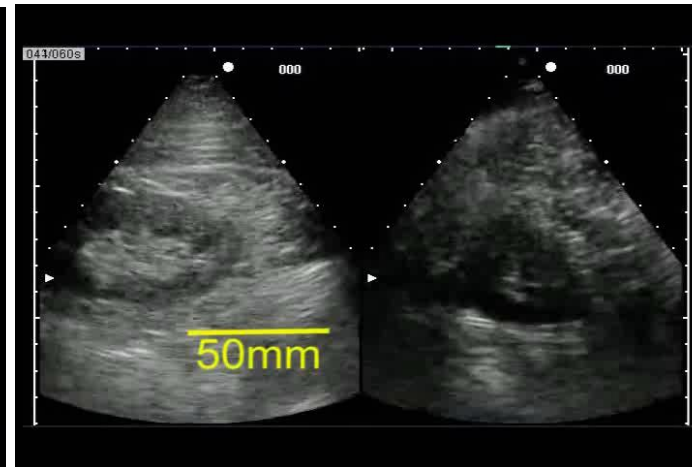
追従画像



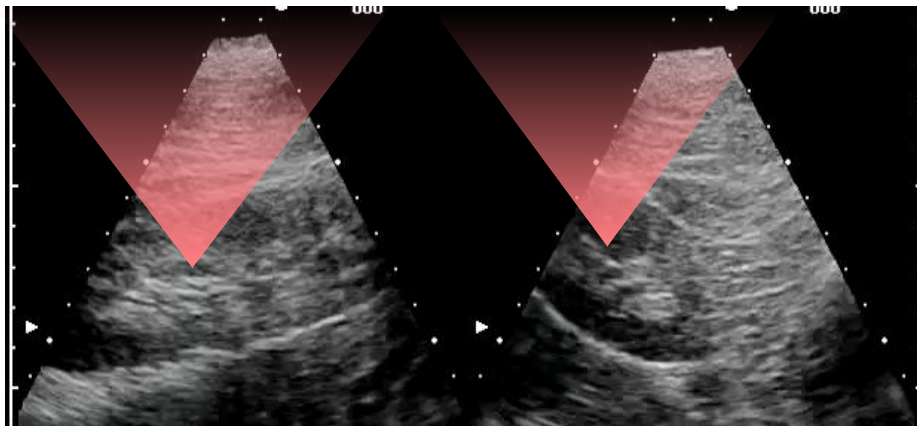
破碎結果
(結石)



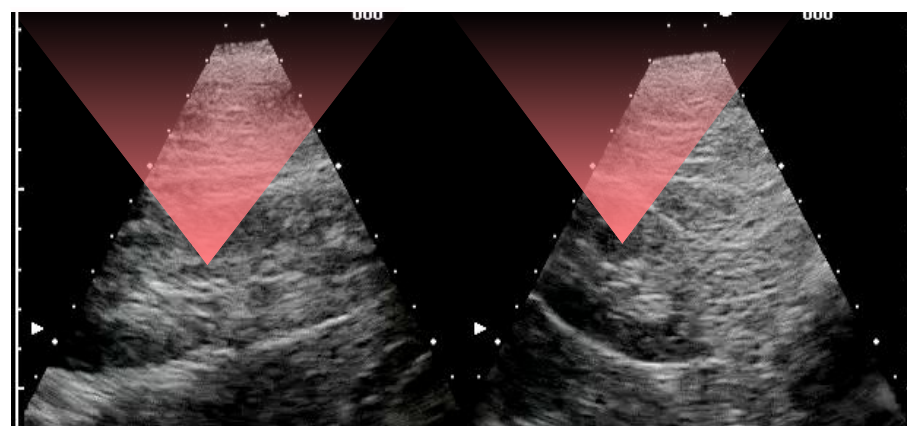
With servoing



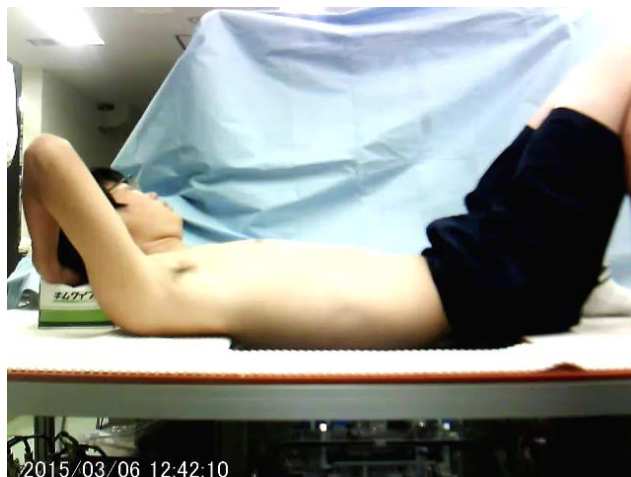
Without servoing



Without servoing



With servoing

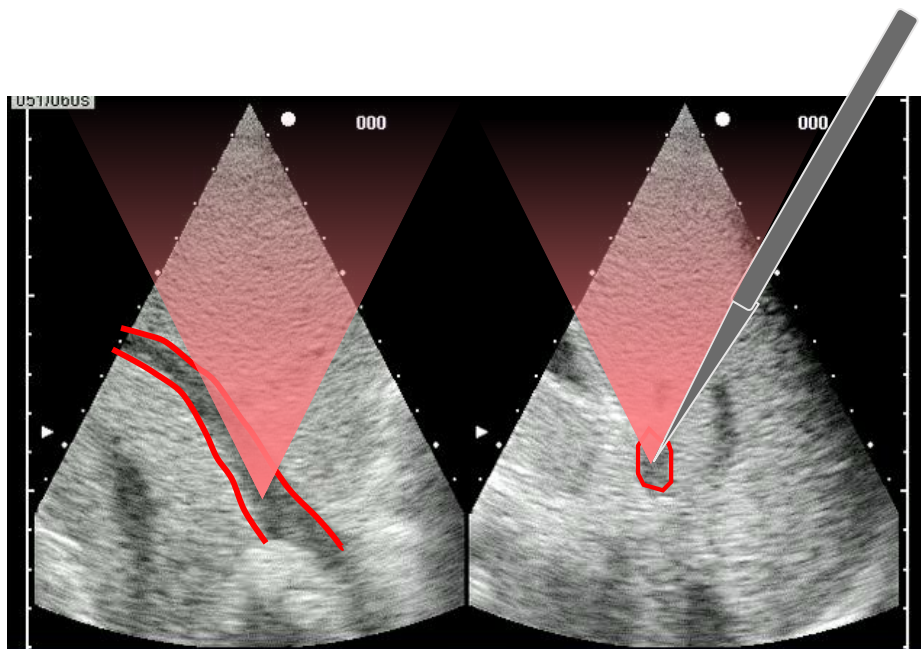


Kidney motion compensation

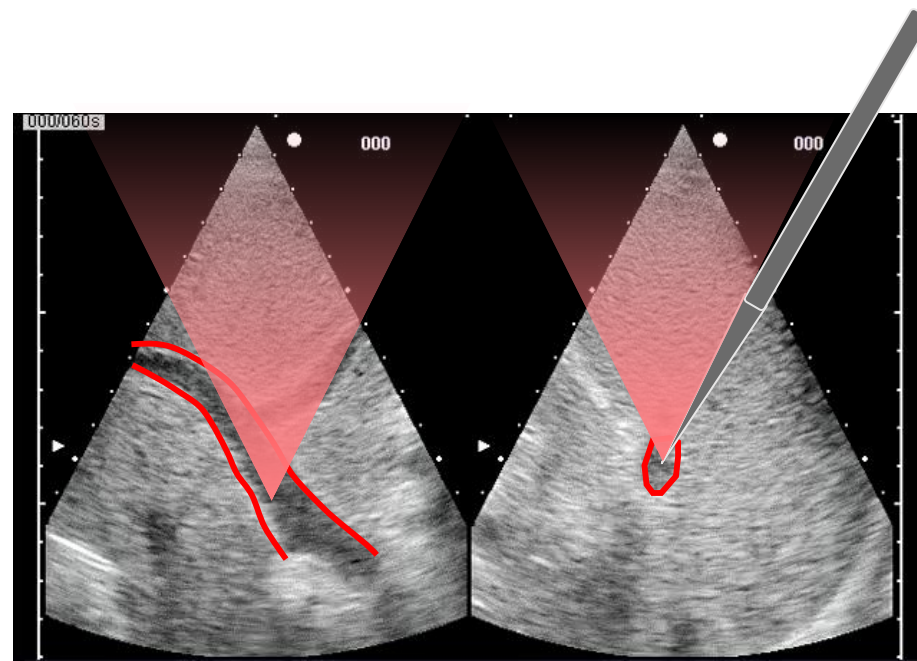
体動の90 %
を補償,
1mm
の精度を
実現

1.3 mm の精度を実現

静的な世界で診断・治療



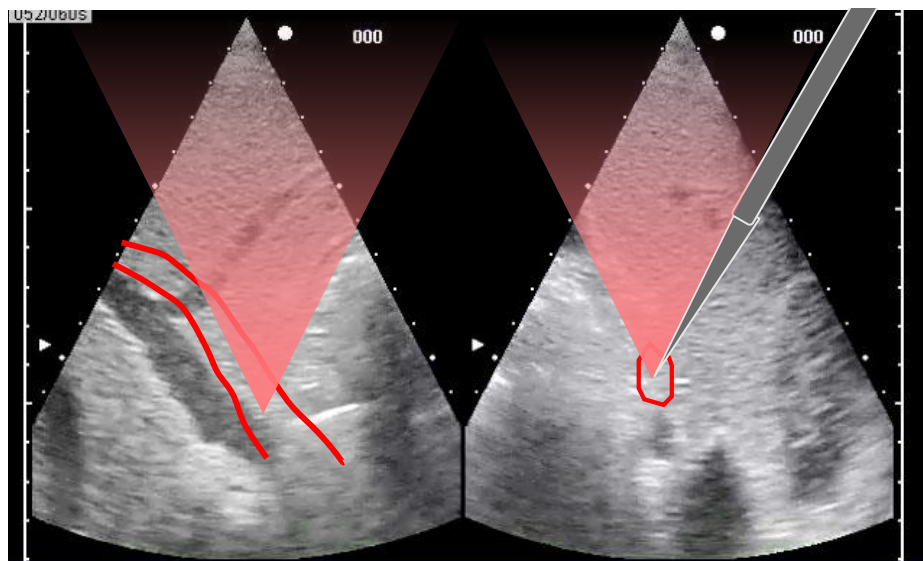
Without servoing



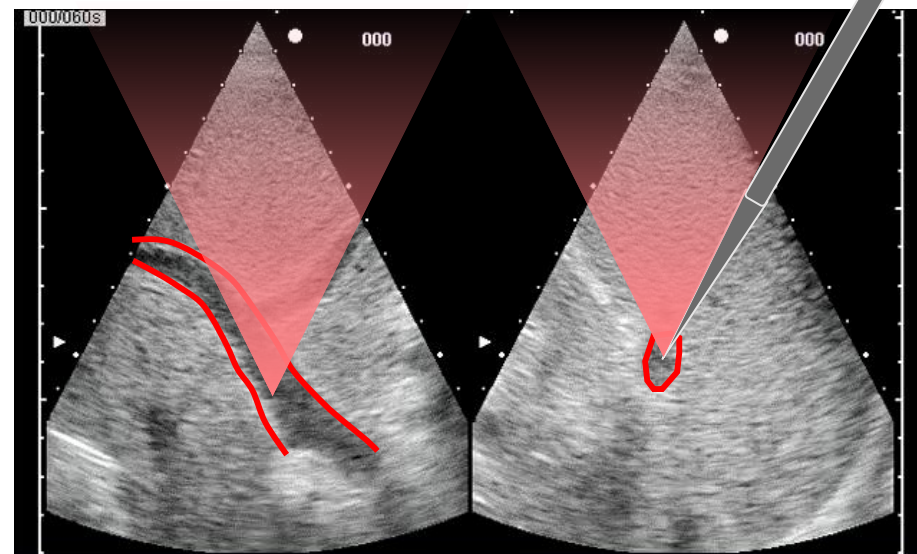
With servoing

1.3 mm の精度を実現

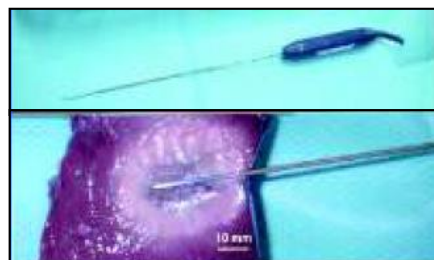
静的な世界で診断・治療



Without servoing



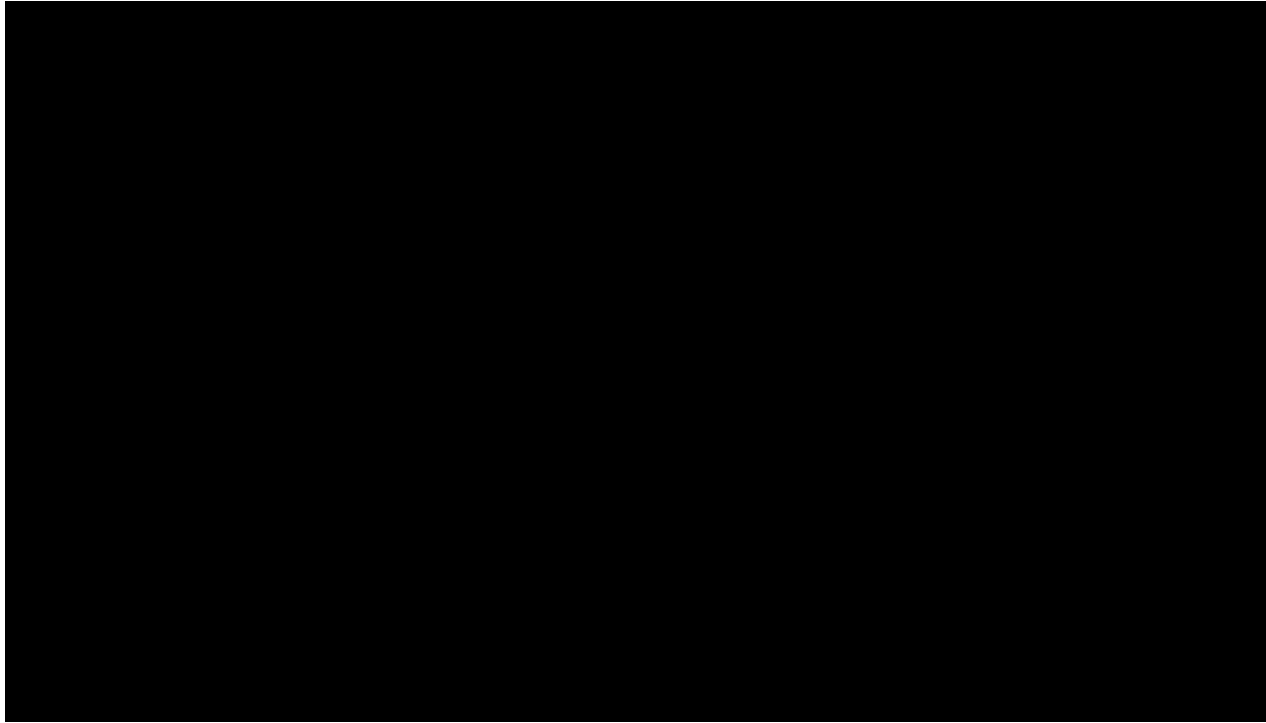
With servoing



RFA治療

超音波ガイド下の
診断・治療を容易化
装置の普及を促進

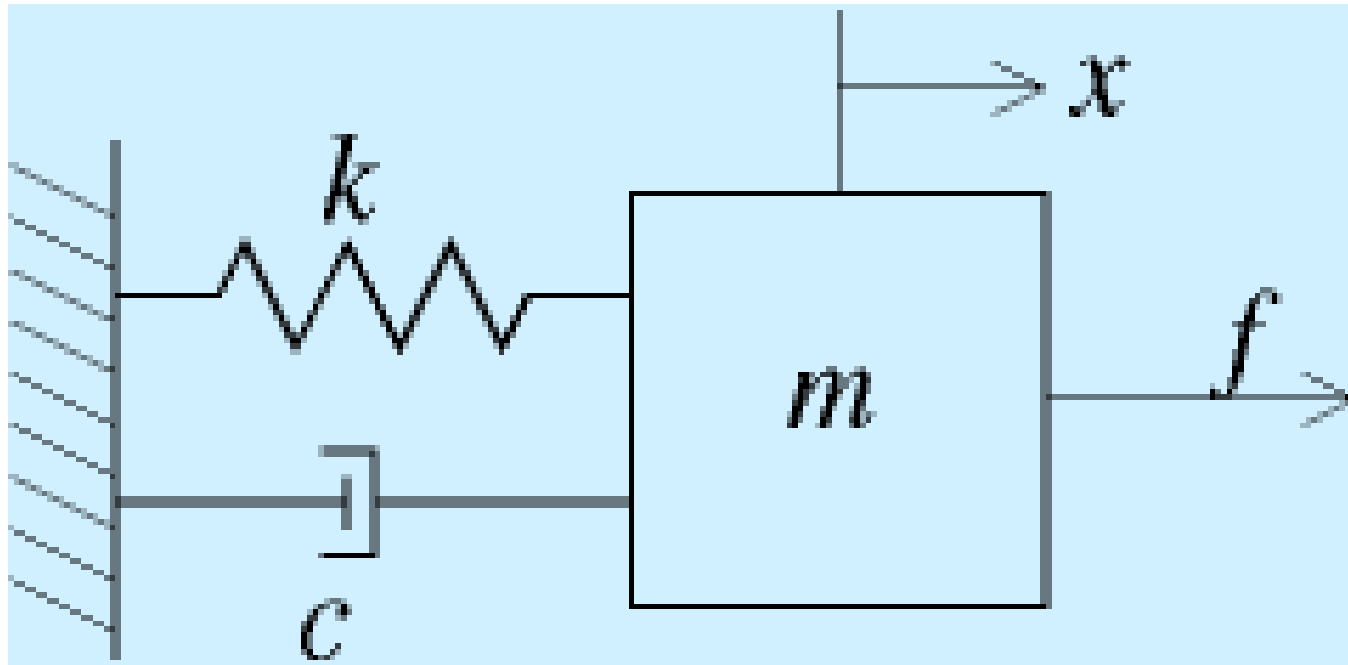
自動追従システム



トヨタ自動車が新たな自動追従運転システム

<https://www.youtube.com/watch?v=GWaVaSvGRuY>

リアプノフの安定性

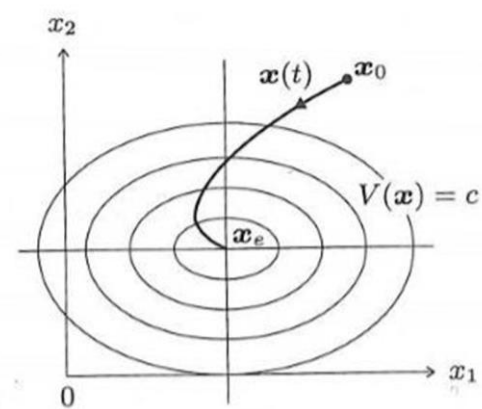
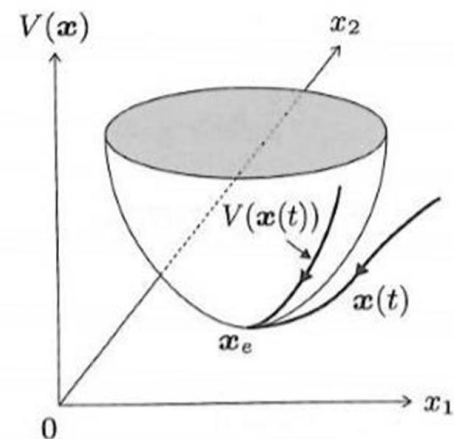


リアプノフの安定性

(問) リアプノフの安定判別法について述べよ。

(回答) リアプノフの安定判別法は物理系の () 点の近傍において、() がつねに減少しているならば、この平衡点は安定であるという観察にもとづいている。したがって、安定性の確認はそのようなスカラー関数 $V(x)$ をみつけることによってなされる。

x_e を与えられた動的システムの () 状態とする。このとき、 x_e を含む状態空間 (Ω とよぶ) 内で定義されたスカラー値関数 $V(x)$ で、つぎの 3 つの条件をみたすものを () 関数といい、リアプノフ関数が存在すれば、与えられたシステムが安定であることが確認できる。(条件 1) $V(x)$ は () である。(条件 2) $V(x)$ は () 状態 x_e において唯一の () 値をもつ。(条件 3) x_e を含む状態空間 Ω 内のすべての解軌道 (上の点) $x(t)$ に対応する $V(x)$ の値 ($V(x(t))$) は時間とともに () しない。



リアプノフの安定性

(問) (準) 正定と (準) 負定について説明し、リアプノフの安定判別法について正定と負定の概念を用いて説明せよ。

(回答) $\dot{x}(t) = f(x(t), u(t))$ で記述される動的システムにおいて、入力 $u(t)$ が恒等的にゼロである自由システム ($\dot{x}(t) = f(t, x(t))$) の解軌道や平衡の安定性は () 安定性とよばれる。自由システムの右辺が時不変の (t を陽に含まない) とき、 $\dot{x}(t) = f(x(t))$ 、ただし $f(x_e(t)) = 0$ となる。これを自律システムという。自律システムの平衡状態 x_e を考える。 $x(t)$ を自律システムの解軌道とすると、 $V(x)$ は軌道に沿った対応する V の値をあらわす。 V の値が増加しないためには、すべての t について、 $dV(x(t))/dt \leq 0$ でなければならない。微分の () 律をもちいて、

$$\dot{V}(x(t)) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V(x(t))}{\partial x_i} \dot{x}_i(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V(x(t))}{\partial x_i} f_i(x(t)) = V_x(x(t)) f(x(t))$$

リアプノフの安定性

$$\dot{V}(x(t)) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V(x(t))}{\partial x_i} \dot{x}_i(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial V(x(t))}{\partial x_i} f_i(x(t)) = V_x(x(t)) f(x(t))$$

したがって、 $V(x(t))$ が与えられたシステムの軌道に沿って（ ）しない
という条件は Ω 内のすべての $x(t)$ について、

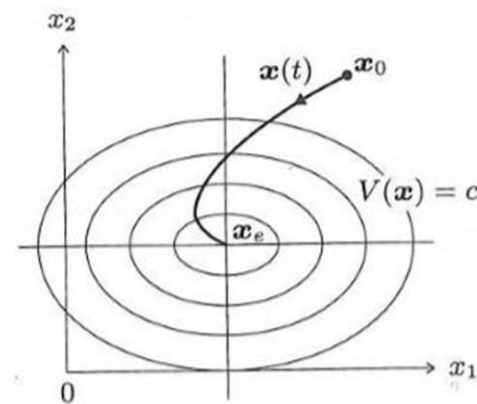
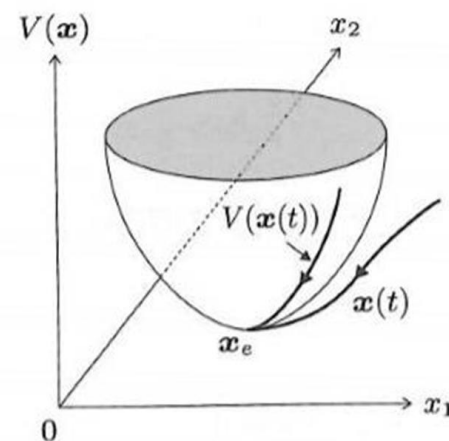
$\dot{V}(x(t)) = V_x(x(t)) f(x(t)) \leq 0$ という条件式に置き換えられる。

$V(x_e) = 0$ であり、なおかつすべての $x \neq x_e$ について $V(x) > 0$ となるとき、スカラー関数 $V(x)$ は正定であるという。 $V(x) \geq 0$ のとき、準正定、 $V(x) < 0$ のとき負定、 $V(x) \leq 0$ のとき（ ）である。

自律システムの平衡状態 x_e はその近傍 Ω において、つぎの条件をみたす連続微分可能（微分したものが連続であるということ）なスカラー値関数 $V(x)$ が存在するときに安定である。

（条件 1） $V(x)$ が（ ）である。

（条件 2） Ω 内の任意の解軌道に対して $\dot{V}(x(t))$ が準（ ）定である。



End

動力学、安定性

参考文献

1. ロボット制御入門: 川村貞夫著 (Ohmsha)
2. ロボットシステム入門: 松日楽信人、大明準治著 (ohmsha)
3. 人工知能と社会: 2025年の未来予想: 栗原 聡、長井 隆行、小泉 憲裕、内海 彰、坂本 真樹、久野美和子著 (ohmsha)
4. メカトロニクス: 三浦宏文著 (ohmsha)
5. やさしい産業用ロボット読本: 川崎重工編 (日本能率協会)
6. はじめてのロボット創造設計: 坪内孝司、大隅久、米田完 (講談社)
7. ロボットモーション: 内山 勝、中村仁彦 (岩波書店)
8. http://www.tuhep.phys.tohoku.ac.jp/~watamura/kougi/GP2012_11.pdf
9. <http://www.mech.tohoku-gakuin.ac.jp/rde/contents/course/robotics/manipulator.html>