

政策決定をめざした 数理科学的アプローチ

高田宗樹

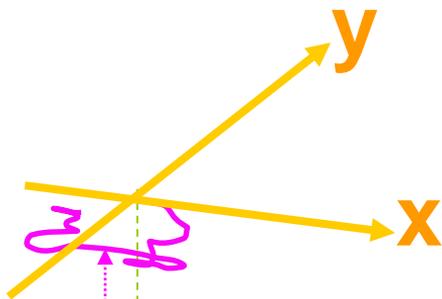
福井大学学術研究院工学系部門

知能システム工学分野

数学協働プログラムとのかかわり

- [2014] **健康増進・ヘルスプロモーション**に関する数学ニーズの発掘
- [2015] **ウェアラブル機器**によって得られた**医療ビッグデータ**を利活用するための数理モデルの開発
- [2016] 数理科学の視点からみた生体・細胞システムの理解と制御方法の検討-地域包括ケア支援システムの構築に向けた医療ビッグデータを利活用するための数理モデルの開発を例に

静的立位制御(体平衡系)を例に



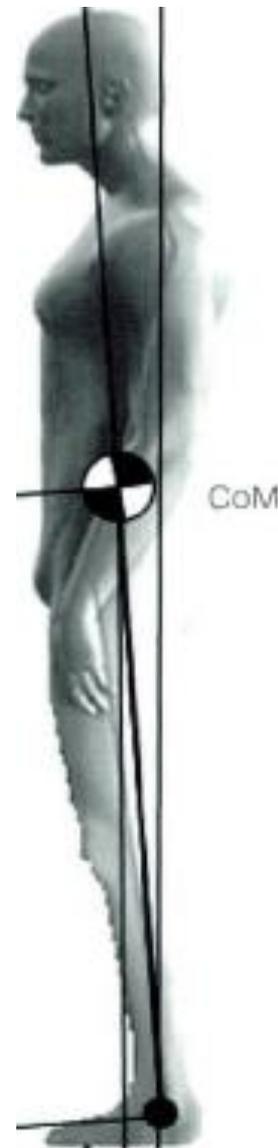
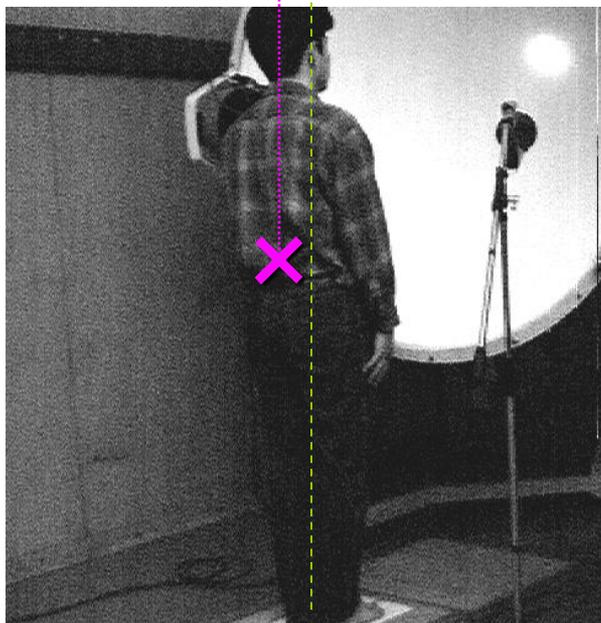
目的

- 立位姿勢の維持
=ヒトの運動の基盤
- 直立姿勢制御の評価
- めまい疾患の早期診断
- 直立二足ロボットへの応用

実験

- 重心動揺検査
- 動揺図

-----> 確率過程



揺れの大きさのみでなく

検出部

視覚



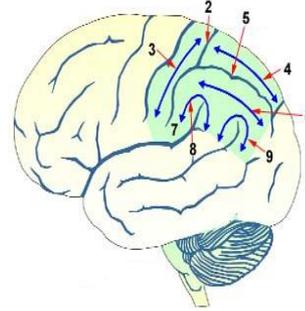
前庭器



体性感覚
皮膚・筋・関節



運動部



統御

感覚中枢(頭頂葉)

調節

脊髄



- ✓ゆらぎの大きさのみでは限界
- ✓直立制御系との関係で解釈できるパラメータ抽出

具象

抽象

不随意的な
体平衡機能

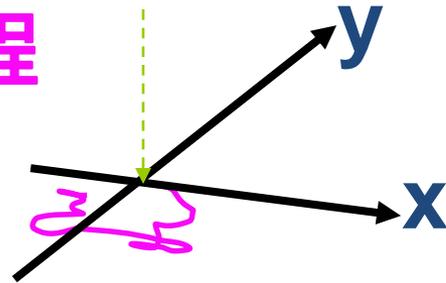
システム

数理モデル



動作

運動過程



状態

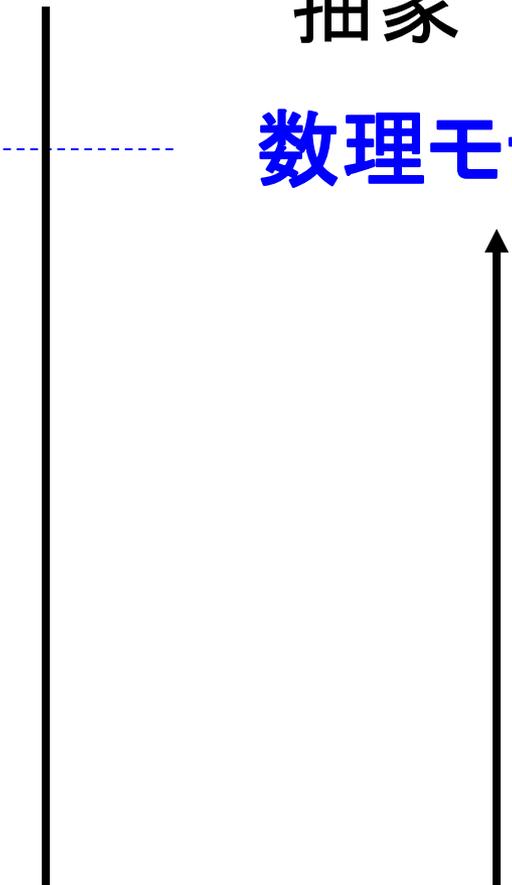
状態変数

\vec{x}

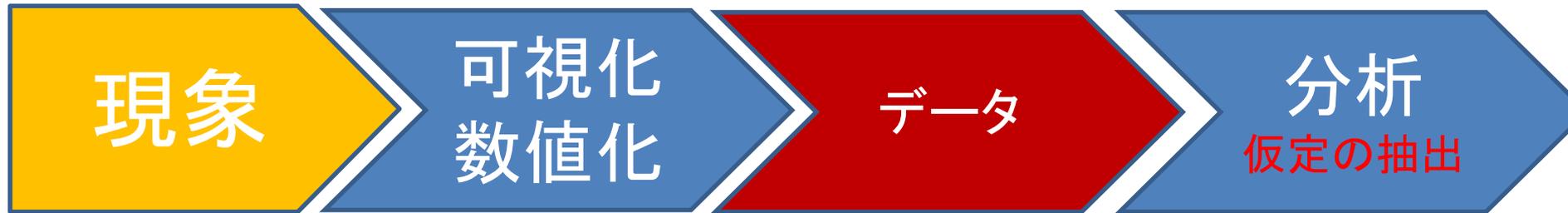
測定・観測

時系列

$\{\vec{x}_n\}$



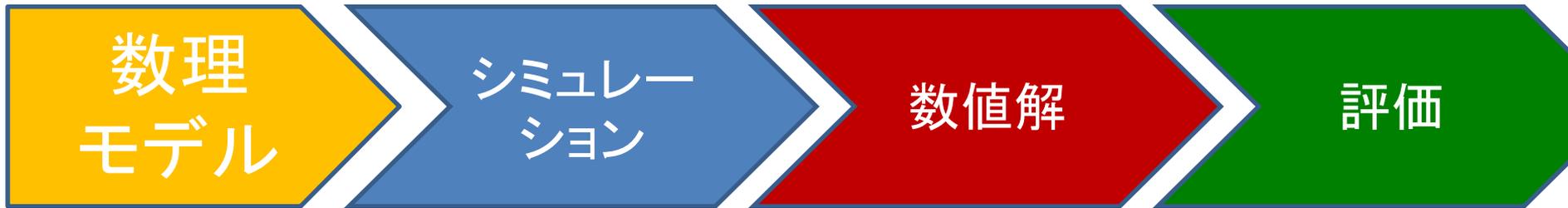
帰納と演繹と、...



実験・経験化



理論・統計



第3の科学・確率解析

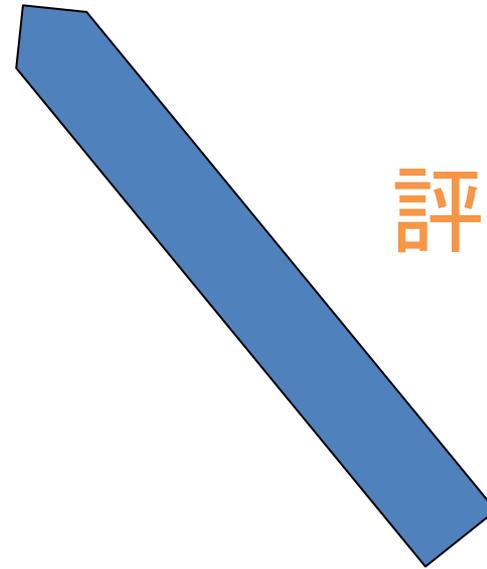


時系列データ

確率過程論



評価



数理モデル



数理解釈

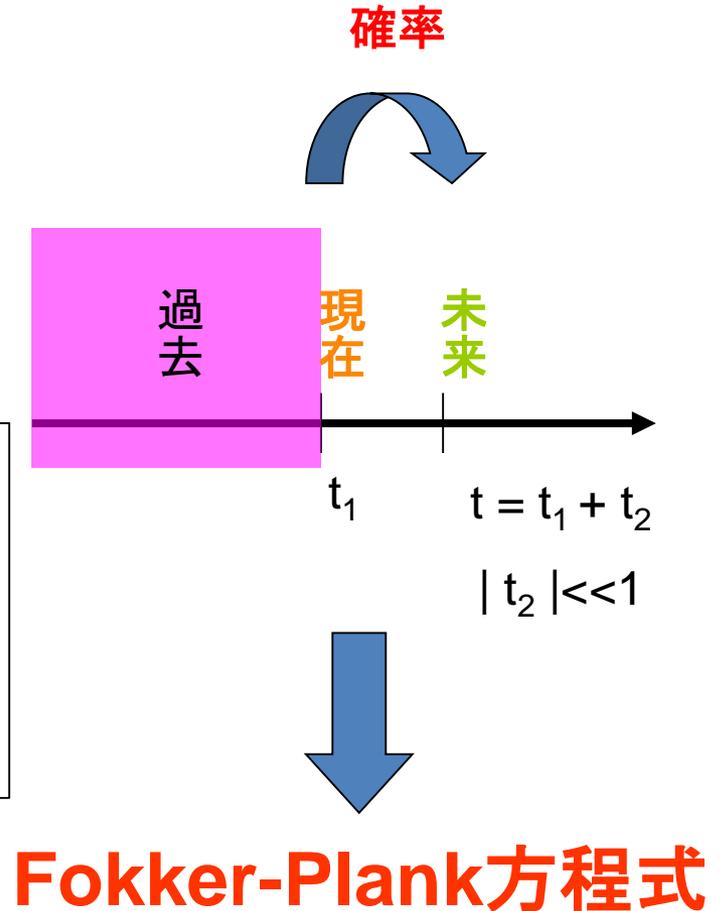
数値解析

シミュレーション

数理モデル構成法

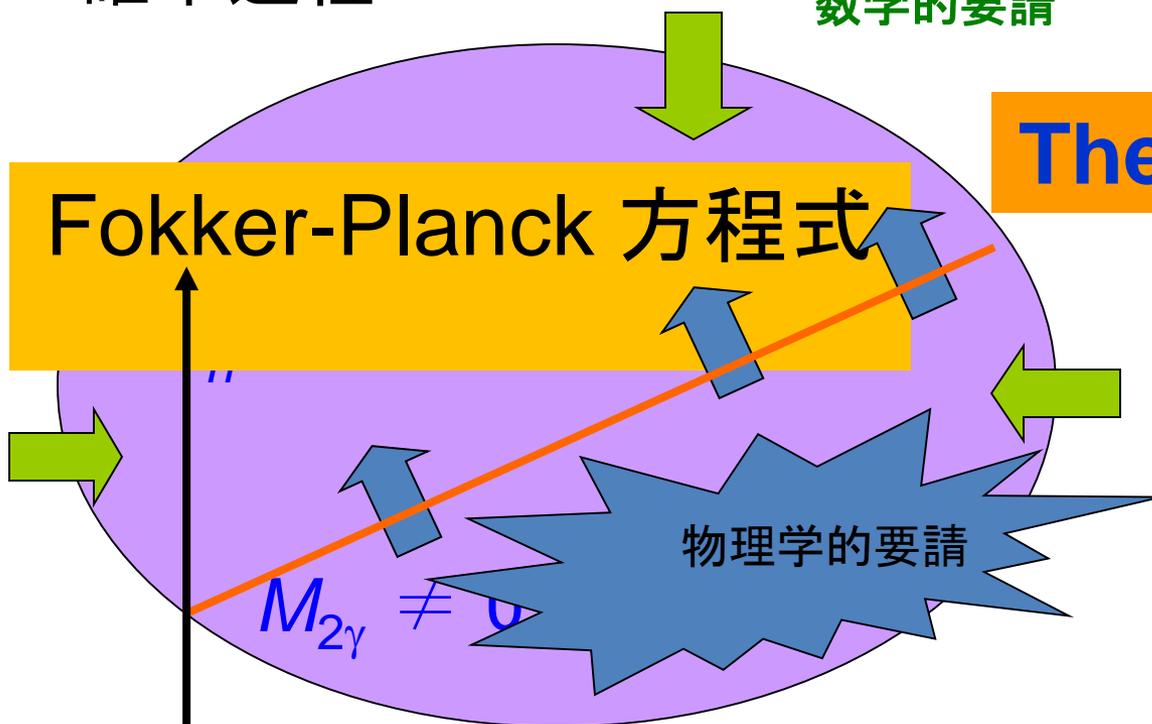
-運動過程を記述する数理モデルはどのように構成するか？

- 定常、自然な境界条件
- 確率過程 (Markov) に適応
- 異常拡散を伴わない



確率過程

数学的要請



Theorem (Pawla)

Fokker-Planck 方程式

物理学的要請

遷移確率のモーメント: $M_n(z) = \frac{\langle (\Delta z)^n \rangle}{\tau}$

確率微分方程式: $\frac{dz}{dt} = F(z) + \beta w(t) = -gradV(z) + \beta \underline{w(t)}$

ホワイトノイズ

確率微分
方程式

遷移確率の
モーメント

1対1

Fokker-Plank
方程式

$$V(z) = -\frac{\beta^2}{2} \ln(g(z) / C)$$

時間平均の
平衡空間

(ポテンシャル)

対応

定常解

(確率分布)

観測

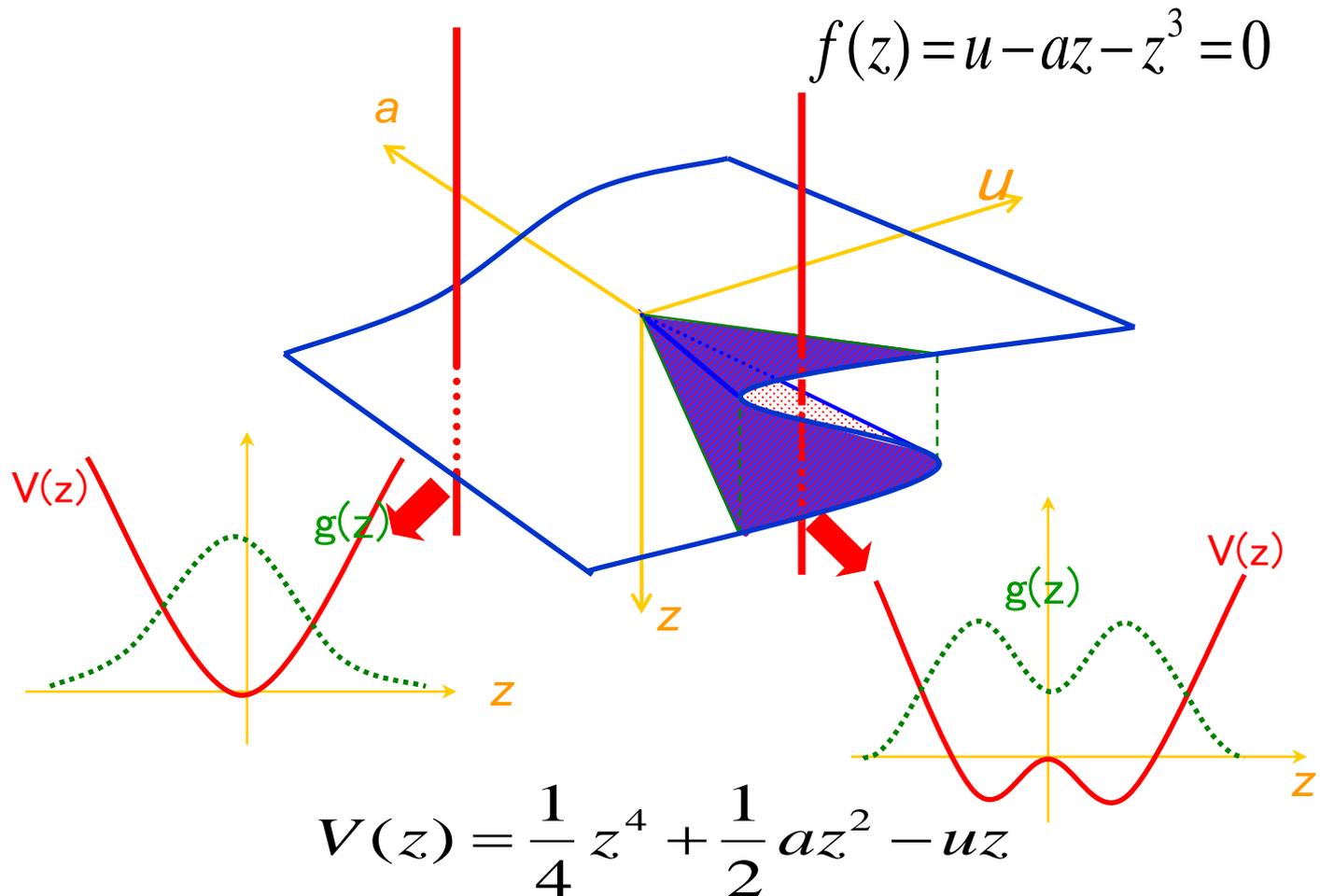
見本確率分布

時間平均のポテ
ンシャル(推定)

多項式で近似

$$V(z) = -\frac{1}{2} \ln(g(z)/C)$$

例 Riemann-Hugoniotの多様体: $V'(z)=0$



数値解析におけるパラメータ推定

	数理モデル	ポテンシャル	数値解析
①	$SDE_z(\hat{a}(z), 1)$	$-\frac{1}{2} \ln g(z)$	Δt
①'	$SDE_z(a(z), \beta)$	$-\frac{1}{2} \ln g(z)$	$\beta \Delta t$
②	$SDE_x(a(x), \beta)$	$-\frac{\beta^2}{2} \ln f(x)$	$\beta, \Delta t$



多項式回帰モデル



評価

為替レート時系列(年表)

取引開始時期

米ドル	1874(明治7)年1月
英ポンド	1874(明治7)年1月
仏フラン	1874(明治7)年1月
香港ドル	1881(明治14)年1月
独マルク	1884(明治17)年1月
上海テール	1893(明治26)年1月
印ルピー	1895(明治28)年1月
シンガポールドル	1924(大正13)年1月
オーストラリアドル	1924(大正13)年1月
アルゼンチンペソ	1924(大正13)年1月

円ドル為替の歴史

1945.08.15	終戦	
1949.04.25	ドッジラインによる固定相場制開始	1ドル=360円
1971.08.15	ニクソンショック(ドルショック)	
1971.12.18	スミソニアン協定(±2%以内の為替相場の維持)	1ドル=308円
1973.02	日本、変動相場制に移行	1ドル=265円前後
1973.03	EC諸国、変動相場制に移行	
1973.03	スミソニアン協定の崩壊(固定相場制の終焉)	
1973.10	第1次石油ショック(通貨価値の激しい変動)	1ドル=280円台
1976.01	キングストン合意(変動相場制の正式承認)	1ドル=305円前後
1978.11	カーター大統領によるドル防衛策の発表	1ドル=200円前後
1979	第2次石油ショック (円の大幅な値動き)	1ドル=210~260円
1980.12	外為法改正(円安の進行)	1ドル=200円前後

円ドル為替の歴史

1985.09	プラザ合意(円高ドル安への誘導)	1ドル=240→215円
1987.02	ルーブル合意(ドル安の歯止め)	1ドル=150円前後
1987.10.19	ブラックマンデー	1ドル=120円水準
1991.03	バブル崩壊(～2012年11月、失われた20年)	1ドル=120円水準
1995.04.19	1ドル=79.75円(当時の史上最高値)	
1996.10	金融ビッグバン(金融制度改革)(～2001年度)	1ドル=120円前後
1997.07	アジア通貨危機	1ドル=120～130円
1998.04	外為法改正(FX取引の開始)	1ドル=130円前後
2001.09.11	米国多発テロ	1ドル=120円前後
2007	サブプライムローン問題	1ドル=120円前後
2008.09	リーマンショック	1ドル=90～110円
2011.03.11	東日本大震災	1ドル=80円前後
2011.10.31	史上最高値(1ドル=75.32円)	

為替レートが動く基本的なしくみを理解する

- 専門家でも一筋縄でいかない

グリーンズパン(FRB議長:1987-2006)

「(為替レートの予測では、グリーンズパンでさえ、)半分も当たらない。」

- ファンダメンタルズ分析→経済的要因の分析
- テクニカル分析

Econophysics→カオス的アプローチ

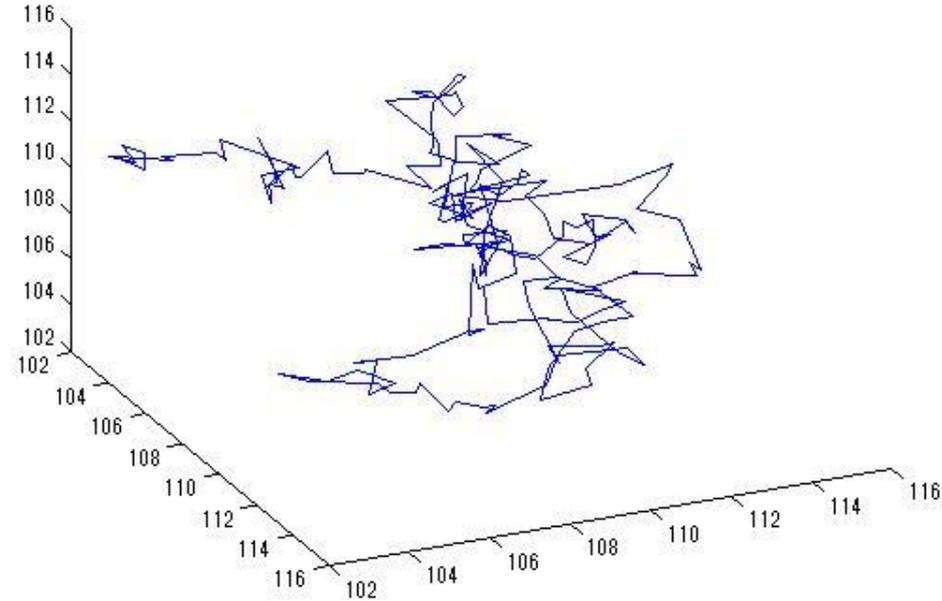
確率論的アプローチ

テクニカル分析

- 確率微分方程式を利用

<検証>

- アトラクターの再構成
およびその計量
- Run検定などの統計解析
および非線形解析
- Surrogate時系列を利用した統計検定



テクニカル分析の一例

- 確率微分方程式の構成理論

Markov性をもつ

時系列



確率
微分方程式



標本定常
確率分布



時間平均
ポテンシャル関数



無規則性を

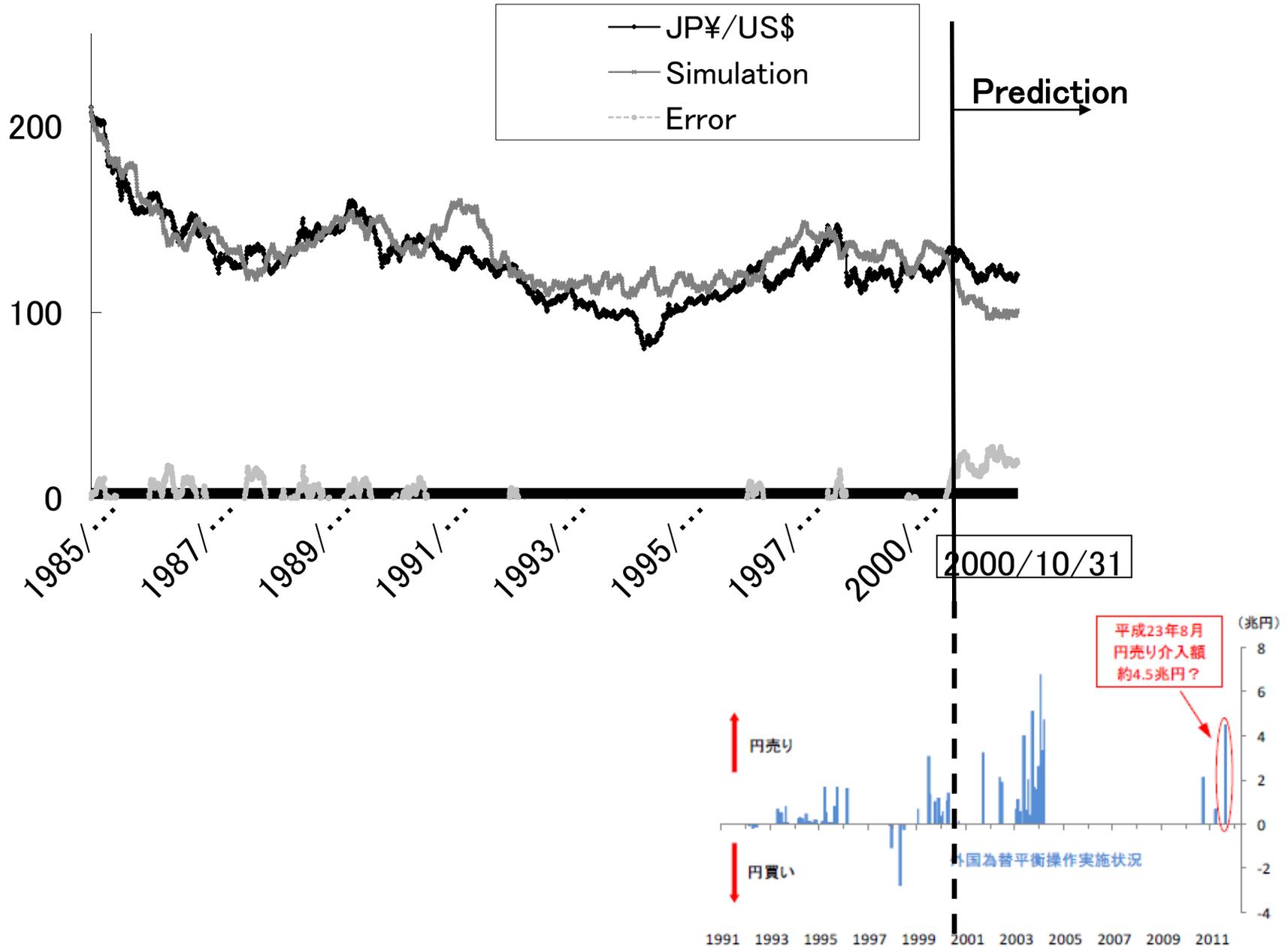
持たない時系列



力学系

決定論的な力学系の構築法を考案

数値解による回帰と予測



ファンダメンタルズ分析

- 重回帰分析および主成分分析

$$y = (\vec{a}, \vec{x}) + a_0$$

- 各ファンダメンタルズごとにラグ・フォワードを考慮
<補遺>

1. 線形写像: 原データの張るベクトル空間 →
互いに直交する主成分の張る空間
2. 多重共線性の問題を解消
3. 原データの1次結合であり、係数の大きさと符号によってそれぞれの経済学的な意味を**解釈** ← 主観的な判断が入る
4. [アナロジー]
ディーラーが「為替レート売買の意思決定に際して、諸要因を総合的に考慮している」

解析したファンダメンタルズ

	日本	米国
景気動向指数	X_1	X_7
通貨供給量(M_3)	X_2	X_8
貿易収支	X_3	X_9
卸売物価指数	X_4	X_{10} (※1)
外貨準備高	X_5	X_{11}
鉱工業生産指数	X_6	X_{12}
金利差(日本-米国)	X_{13} (※2)	

※1 生産者物価指数を用いている

※2 日本: 10年物国債利回り、

米国: 30年物国債利回り(東洋経済・統計月報からデータ抽出)

最近、取り組んでいるテーマ

- ファンダメンタルズ分析における**非平衡性**
- 数理モデルの非線形性に関する**通貨間比較**
- 数理モデルの非線形性に関する**曜日間比較**

共同研究者

- 真継 隆
(元 名古屋大学経済科学研究科長、名誉教授)
- 吉森政晃(立命館大学経済学部卒)
- 鈴木将平(福井大学工学部知能システム工学科卒)
- 谷村亨 (福井大学工学部知能システム工学科)