

# 応用数理分野 7研究室紹介

金森研究室（機械学習・数理統計学）

澄田研究室（組合せ最適化）

高安研究室（ビッグデータ数理科学）

中野研究室（確率過程の推定・制御）

三好研究室（確率モデル）

山下研究室（数理最適化[連続最適化]）

渡辺（澄）研究室（確率論・統計学・学習理論）

## 研究目標

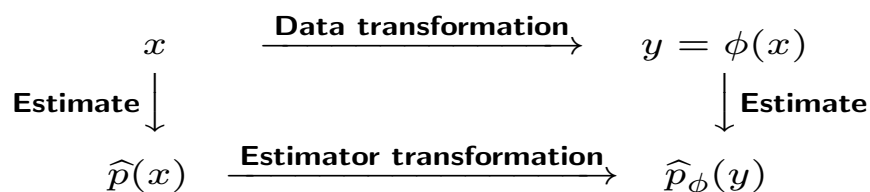
- 「情報」の数理的性質を明らかにし，実社会の情報処理に役立つ技術を開発する。

そのために以下のようなテーマに取り組んでいます。

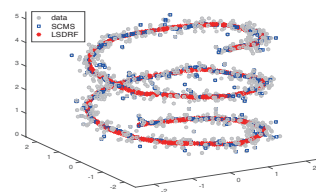
**数理統計学**： データ解析を適切に行うための統計手法の開発

**機械学習と最適化**： 効率的な学習アルゴリズムの開発

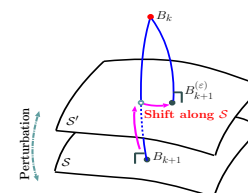
**情報幾何学**： 情報科学における不変性に関する幾何学の研究



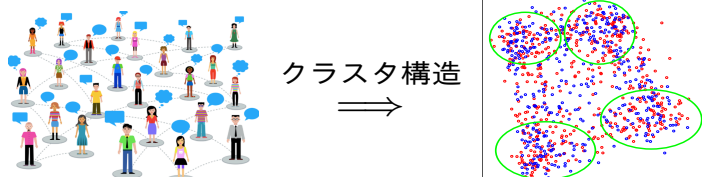
データ変換に対する統計的不変性の研究



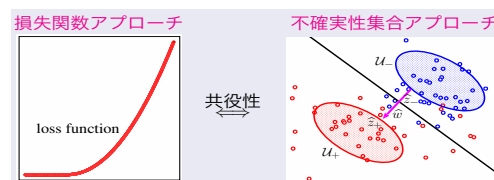
複雑な低次元特徴を抽出



最適化アルゴリズムの幾何構造



ソーシャルデータに対する効率的な学習アルゴリズム



さまざまなアルゴリズムの関連を解明し性能改善

その他：統計学・機械学習に関する著書を執筆。入門から最先端の知識まで，勉強の一助に！



# 組合せ最適化（澄田研究室） 2020年4月～

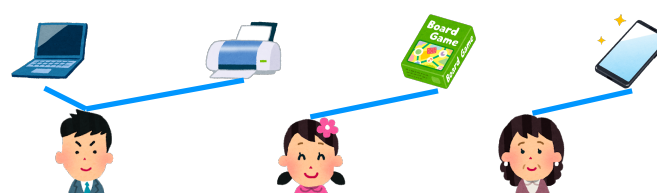
制約を満たす中で最も良い組み合わせ（集合, 順列, ...）を見つけること

例

- ナップサック問題

$$\max \sum_{i \in S} v_i \quad \text{s. t.} \quad \sum_{i \in S} p_i \leq B$$

- 不可分財の公平割当



## 主な研究テーマ：

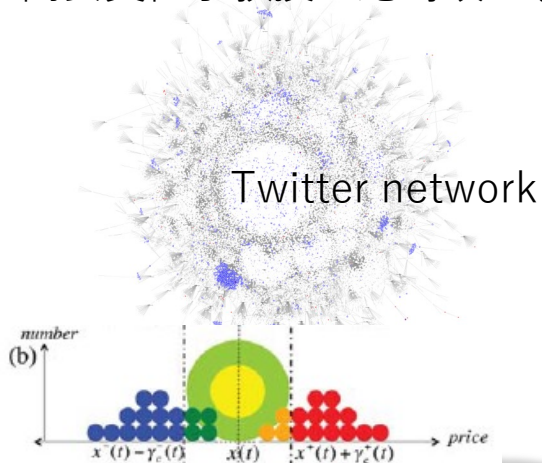
- 効率的なアルゴリズムの構築と理論保証
- 組合せ最適化問題のもつ離散構造の解析
- 周辺分野に現れる問題への適用

人工知能・機械学習・アルゴリズム的ゲーム理論・...

# 経済・社会のビッグデータ数理科学(高安研究室)

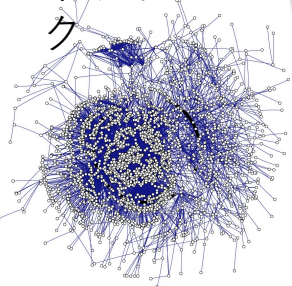
高安美佐子教授・尾崎順一助教・高安秀樹特任教授・山中卓特任准教授

Bloomberg App Portal:  
"Order Book Tracer"

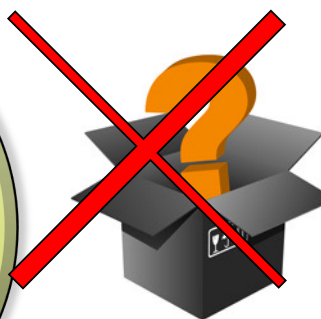


金融板情報

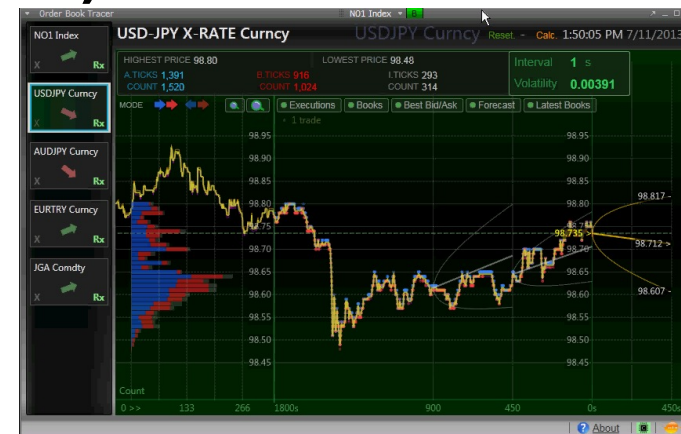
企業取引  
ネットワーク



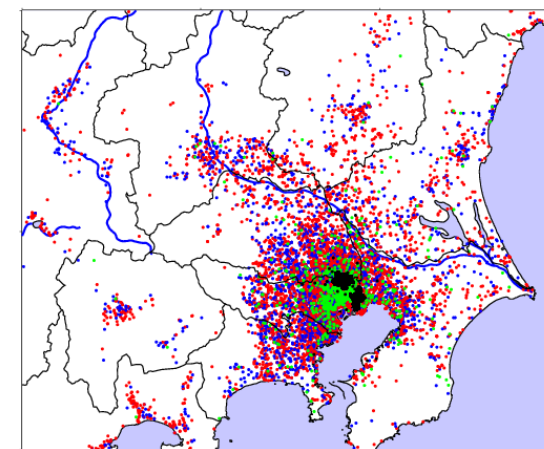
**観測・データ解析**  
普遍的な現象や法則を探す



ブラックボックス



災害シミュレーション  
企業活動が停止することによる  
経済的損失の推定  
河川氾濫の被害シミュレーション  
(利根川氾濫の場合)



**応用を考える** 経済物理学

モデルから現象の制御方法を開発する

**現象の基礎方程式を導出する**

普遍的な法則を満たす最も単純なモデル

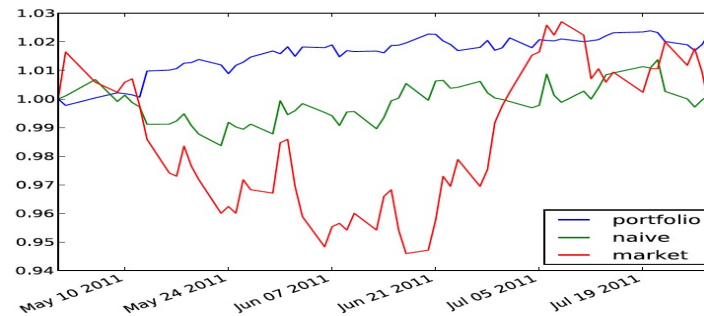
何にでも使える  
**科学の方法論**

科学の駆動力はその  
時々の**社会的ニーズ**

# 中野研究室

確率過程の推定・制御

$$dX_t = b(X_t, \alpha_t)dt + \sigma(X_t, \alpha_t)dW_t$$



金融・保険リスク管理  
生物個体数制御  
モデリング

非線形偏微分方程式

$$\partial_t v + \inf_{a \in A} (b(x, a)^\top Dv + \frac{1}{2} \text{tr}((\sigma \sigma^\top)(x, a) D^2 v)) = 0$$

確率偏微分方程式

$$du(t, x) = \frac{1}{2} \Delta u(t, x) dt + u(t, x) dW_t$$

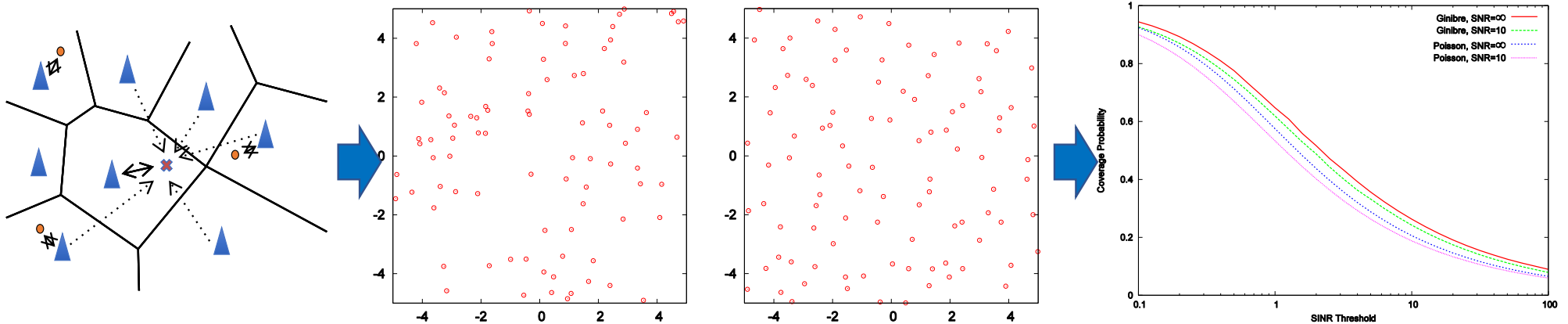
# 確率モデル（三好研究室）

三好 直人 教授, 矢島 萌子 助教

現実の不確実性を含む問題 → 確率を用いてモデル化 → 解析（数値計算, シミュレーション） → 評価 → 現実の不確実性を含む問題

最近の主な対象：無線ネットワーク, コールセンタ etc.

主な道具: 点過程理論, 待ち行列理論, マルコフ連鎖, …



確率過程に対する理論的な研究+応用を意識した研究

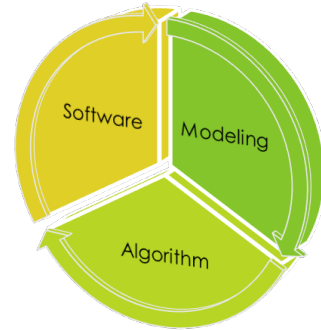
# 数理最適化[連続最適化] (山下研究室)

山下真・Liu Tianxiang

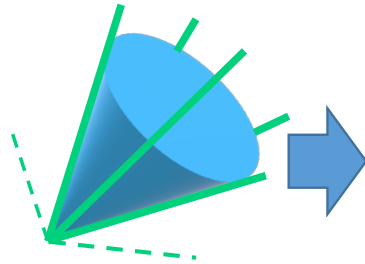
制約の中で最大となるものを  
数学的アプローチで見つける！

$$\text{maximize: } f(x) \text{ subject to: } x \in S$$

理論的研究と  
最適化ソフトウェア実装の  
2つを進めています



(1) 半正定値計画問題などの理論を利用して  
採種園における遺伝子型選抜

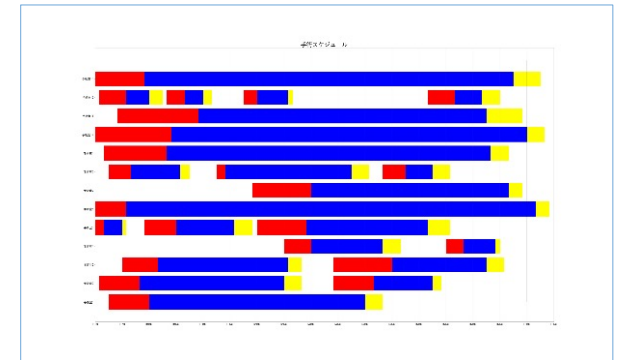


半正定値錐(数学的構造)

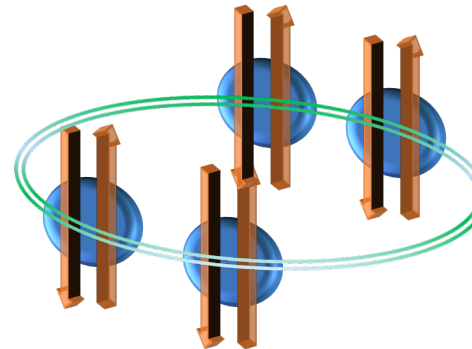


多様性を維持して最適化

(2) 手術室割り当てスケジュール  
残業時間の最小化など



(3) 最近では量子アニーリングによる交通最適化なども



# 確率論・統計学・学習理論 (渡辺澄夫研究室)

統計学と学習理論に現れる数学の問題の研究をしています。

(例) 同じ分布に従う独立な確率変数  $X_1, X_2, \dots, X_n$  と関数  $f(x, w)$ , 確率測度  $\varphi$  が与えられたとき、確率変数

$$F = -\log \int \exp\left(-\sum_{i=1}^n f(X_i, w)\right) \varphi(dw)$$

の  $n \rightarrow \infty$  での漸近挙動を求めよ。この問題を考えるとき、代数・幾何・解析つまり数学の全ての分野の方法が役立ちます。