

時系列データから 脳の情報処理メカニズムに迫る

小林 亮太
国立情報学研究所, 総合大学院大学
特任助教

1

本日の概要

- 時系列データとは？
- データをどう解析するか？
 - 機械学習、時系列モデリング
- データ解析の応用事例

2

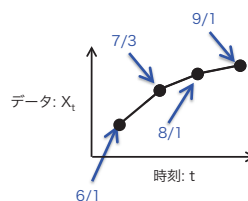
時系列データとは

3

時系列データとは

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

$X(t)$: 時刻 t のデータ, と表されるもの.



例: 為替 $X(t)$ = 1ユーロのレート

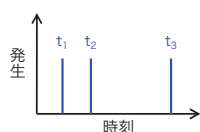
t	X_t
2017年6月1日	125.14
2017年7月3日	129.45
2017年8月1日	130.65
2017年9月1日	131.30

イベント時系列データ

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

$X(t)$: 時刻 t のデータ, と表されるもの.

$X(t)$: 1 (イベントが起きた),
0 (イベントが起こらない) でもよい.



例: 商品の購入履歴
商品A が
時刻 t_1, t_2, t_3 に購入された.

例: ツイートデータ
ツイートA が
時刻 t_1, t_2, t_3 にリツイートされた.

離散時刻の時系列データ

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

$X(t)$: 時刻 t のデータ, と表されるもの.

t は離散時刻 ($t=1, 2, \dots$) でも良い.

例: $X(t)$: t 回目の実験データ, アンケート結果...

$X(1)$: 1回目のアンケート結果

$X(2)$: 2回目のアンケート結果...

過去の結果 ($t-1$ 以前) が与える影響を考えたい場合
時系列的なアプローチが有効.

データをどう解析するか？ 機械学習

機械学習

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

- データに潜むルールをコンピュータが取り出してくれる。
- 機械学習ができること:
 - 分類
 - 回帰

分類とは？

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

データをいくつかのカテゴリーに分類。

例 1: 太りすぎ？

対象: 犬, 分類: 普通 or 肥満



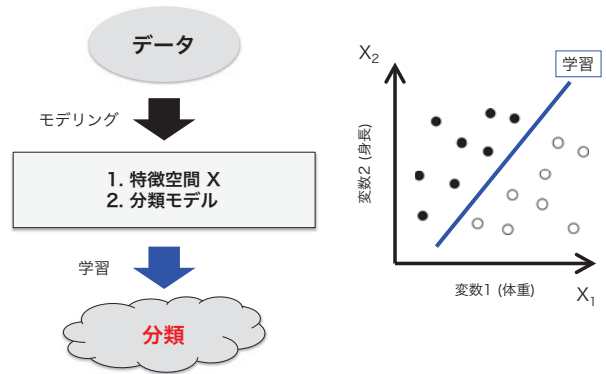
例 2: 手書き文字認識

対象: 書かれた文字の画像, カテゴリー: 数字 (0, 1, ..., 9, その他)



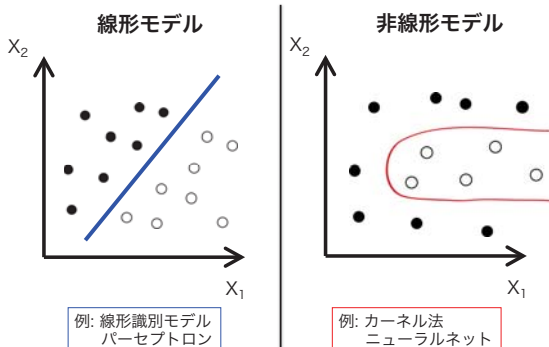
コンピュータがやってること 分類

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例



分類アルゴリズム 線形 vs 非線形

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例



回帰とは？

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

2つの変数 X, Y の関係を調べる:

- 1) 独立変数 (入力): X
- 2) 従属変数 (出力): Y

例1: 地球温暖化 X : 年
 Y : 温度

- 1) 独立変数 (入力): X_1, X_2 (2つ以上あってもいい)
- 2) 従属変数 (出力): Y

例2: 地球温暖化 X_1 : 年
 X_2 : CO_2 濃度
 Y : 温度

なぜ回帰をするのか？

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

データの構造を理解したい

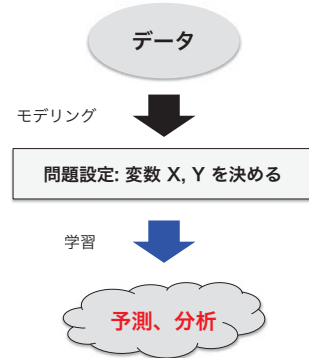
変数 (X, Y) の関係がわかる、予測できる！
地球温暖化の例:

X₁: 年, X₂: CO₂ 濃度, Y: 温度

- 1) 将来、地球の温度はどう変化するのか？
- 2) CO₂ を増やすと温度はどう変化するのか？

コンピュータがやっってること 回帰

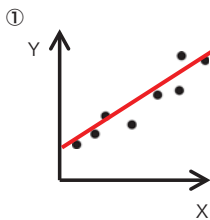
時系列データとは
データ解析の方法
応用事例



具体例：線形回帰

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

- ① 独立変数 (入力) X, 従属変数 (出力) Y を選ぶ.
- ② 数理モデルを構築する. (モデリング)
- ③ モデルパラメータを決定する. (学習)



② 線形モデル

$$Y = aX + b$$

③ 学習

誤差が最小になるように
パラメータ a, b を決める。

時系列モデリング

16

モデリングでできること

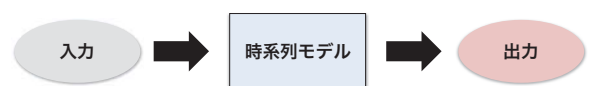
時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

データ生成のメカニズム
(どうやってデータができたか) がわかる。

- シミュレーション
 - 新しい実験結果の予測
- パラメータ推定
 - 原因を推定

時系列モデリングの手順

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例



- ① 問題設定 (入力, 出力, 何をしたいか, を決める).
 - 予測: 出力を知りたい.
 - 推定: 入力、あるいはモデルを知りたい.
- ② 時系列モデルを作る.
- ③ 予測や推定を行う.

時系列モデルの例

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

時系列の解析で使われる数理モデル

$$X(t + \delta t) = f(X(t), S(t)).$$

例: ARX モデル

$$X(t + \delta t) = aX(t) + bS(t).$$

X(t): 出力、S(t): 入力、a,b: パラメータ.

教科書: 1. 時系列解析入門、北川源四郎、岩波書店
2. 時系列解析 (上、下)、ハミルトン、シーエービー出版

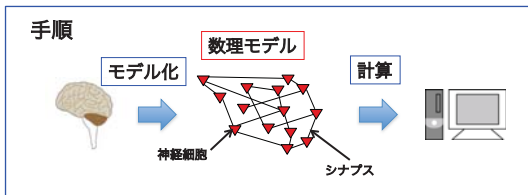
応用事例1 脳シミュレーション

20

脳シミュレーションとは

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

脳の電気活動をコンピュータで再現すること



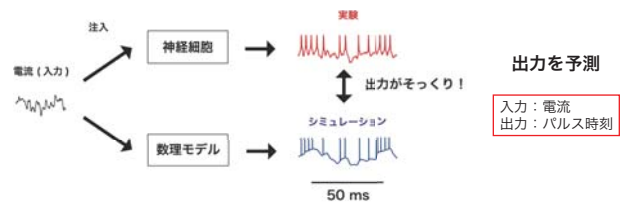
動物実験ではできない実験ができる.

- A. 脳, 病気の仕組み, B. 手術, 薬の効果.

例1：神経スパイク予測

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

神経スパイク予測：本物そっくりの時系列モデルを作る



入力：電流
出力：パルス時刻

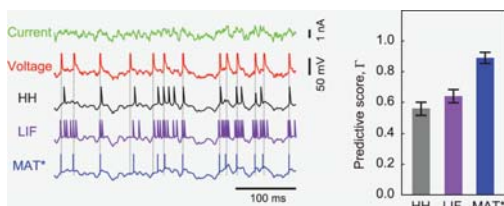
Gerstner & Naud, Science (2009)

参考文献：Kobayashi, Tsubo, Shinomoto, Front. Comput. Neurosci., 2009

例1：神経スパイク予測

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

予測モデルの精度：90%



MATモデル

世界一高精度に神経細胞の応答を予測できる.

提案モデル

参考文献：Kobayashi, Tsubo, Shinomoto, Front. Comput. Neurosci., 2009

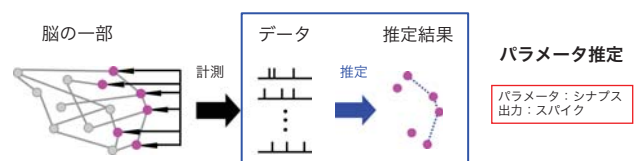
例2：シナプス結合の推定

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

シナプス結合：脳の「配線図」

直接測定は
不可能

データ (スパイク) から推定する手法を開発.



参考文献：Kobayashi & Kitano, J. Comput. Neurosci., 2013

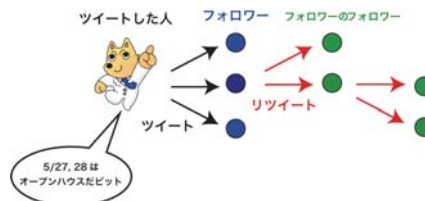
応用事例2 社会シミュレーション (Web空間における情報の拡散)

25

情報拡散のシミュレーション

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

情報拡散の例：Twitter



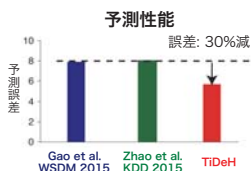
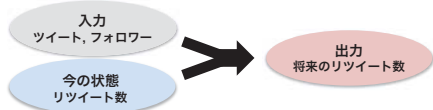
情報の伝わる速さと規模はどのように決まるのだろうか？

Tweetの情報拡散モデル TiDeH

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

TiDeH
(時系列モデル)

$$\lambda(t) = p(t) \sum_{k:t_k < t} d_i \phi(t - t_i)$$



いつ、どれだけリツイートされるか
予測する方法を開発

情報拡散のシミュレーションへ

参考文献: Kobayashi & Lambiotte, ICWSM 2016

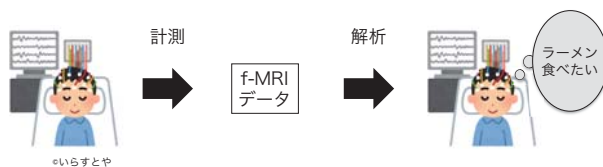
応用事例3 神経デコーディング

28

神経デコーディング

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

神経活動から「考えていること: 心」を読み取る



入力の推定問題

入力: 「考えていること」
出力: 計測データ (f-MRI)

例1: 視覚

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

神経活動から「考えていること」を読み取る

f-MRI データから人が「見ているもの」を再構成できる！



参考文献: Miyawaki et al., Neuron 2008

例2: 夢

時系列データとは
データ解析の方法
応用事例

神経活動から「考えていること」を読み取る

f-MRI データから人の「夢」を再構成する。



参考文献: Horikawa et al., Science 2013

まとめ

- 時系列データ
 - いろいろなタイプ: イベント時系列、離散型...
- モデリング

