

# ベイズ的人工知能特論 ガイダンス

植野真臣  
電気通信大学  
情報理工学研究科  
情報数理工学プログラム

## 本日の目標

- 授業内容のおおざっぱな解説
- 自己紹介
- 分野・コミュニティの紹介
- 授業内容・方法・評価方法の説明
- 今後のスケジュール(予定)

## この授業の主な目標

- 近年 データサイエンス、人工知能、機械学習の必須知識である  
ベイズ手法の基礎を学びます。

- ベイズ手法ってどんな感じ???

- ベイズ手法ってどんな感じ????
- 授業で習う予定のことを少しだけ見てみましょう!!

## 問

ある壺には赤玉と白玉が入っています。壺から2回玉を取りました。最初赤玉がでました。二つ目は白玉でした。

このデータから、壺から一つ玉を取るときそれが赤玉である確率を推論してください？



# •従来の統計学の考え方 では

## 尤度(ゆうど)原理

データの出る確率を最大にするように  
確率を推定する。

今、赤玉の出る確率を $P$ とする。

玉を2回引いて、赤玉、白玉と出る確  
率は

## 尤度(ゆうど)原理

データの出る確率を最大にするように  
確率を推定する。

今、赤玉の出る確率を $P$ とする。

玉を2回引いて、赤玉、白玉と出る確  
率は

$$P \times (1 - P)$$

## 尤度(ゆうど)原理

データの出る確率を最大にするよう  
に確率を推定する。

今、赤玉の出る確率を $P$ とする。

玉を2回引いて、赤玉、白玉と出る確  
率は

$$P \times (1 - P)$$

データの確率: 尤度と言う。

## 尤度(ゆうど)原理

データの出る確率を最大にするように  
確率を推定する。

今、赤玉の出る確率を $P$ とする。

玉を2回引いて、赤玉、白玉と出る確率  
は

$$P \times (1 - P)$$

データの確率を尤度と言う。

尤度を最大にする $P$ は  $P = \frac{1}{2}$

## 一般化すると

$N$ 回壺から玉をとって、 $n$ 回赤玉が  
出たとき、赤玉の出る確率 $P$ は？

## 一般化すると

N回壺から玉をとって、n回赤玉が出たとき、赤玉の出る確率Pは？

$$\text{尤度} = P^n (1 - P)^{(N-n)}$$

尤度を最大にするPは

$$P = \frac{n}{N}$$

## 尤度原理

データの出る尤度を最大化して推定値を求める。

利点：

データ数を多くしていくと 必ず推定値は真の値に収束する。

データ数が多くなると  $P = \frac{n}{N}$  は 真の値に近づいていく。

問題：尤度は厳密には確率ではない。

## ベイズの定理

- $P(\text{赤玉} \mid \text{データ}) = \text{尤度} \times P(\text{赤玉}) \times \text{定数}$

## ベイズの定理

- $P(\text{赤玉} \mid \text{データ}) = \text{尤度} \times P(\text{赤玉}) \times \text{定数}$
- 事後確率 = 尤度  $\times$  事前確率  $\times$  定数



赤玉の出る確率のベイズ推定

赤玉の出る確率のベイズ推定

$$P = \frac{n + 1/2}{N + 1}$$

## 主観的な問題が数学的に解けます！！

問1:ある監獄にアラン, バーナード, チャールズという3人の囚人がいて, それぞれ独房に入れられている. 3人は近く処刑される予定になっていたが, 恩赦が出て3人のうち1人だけ釈放されることになったという. 誰が恩赦になるかは明かされておらず, それぞれの囚人が「私は釈放されるのか?」と聞いても看守は答えない. 囚人アランは一計を案じ, 看守に向かって「私以外の2人のうち少なくとも1人は死刑になるはずだ. その者の名前が知りたい. 私のことじゃないんだから教えてくれてもよいだろう?」と頼んだ.すると看守は「バーナードは死刑になる」と教えてくれた. それを聞いたアランは「これで釈放される確率が $1/3$ から $1/2$ に上がった」とひそかに喜んだ. 果たしてアランが喜んだのは正しいのか?

問2. いま、外見がまったく同じ2つの封筒の中に、現金が入っているものとする。それぞれの封筒の中の金額は知らされていないが、片方にはもう一方の2倍が入っていることが分かっている。今、AとBの二人に封筒がランダムに分けられ、自分の中身だけ見て交換してもよいルールとなった。Aの封筒には10ドル入っていた。交換したほうがよいのでしょうか？

## 期待値を計算してみよう！！

- 自分は10ドル入っていたので、相手は5ドルか20ドルを持っている。その確率はそれぞれ0.5なので
- 交換したときの期待値は  $5 \times 0.5 + 20 \times 0.5 = 10.25$  ドル。
- 今、持っているのは10ドルなので交換したほうが良い！！

## 相手の立場になろう

- 相手はYドル持っていた場合もこちらが1/2 Yドルか 2Yドル 持っていることになる。同じ期待値の計算をすると  $0.5 \times 1/2 Y + 0.5 \times 2Y = 1.25Y$ ドルとなる。今 Yドル持っているので 交換したほうが得になる！！

## え？

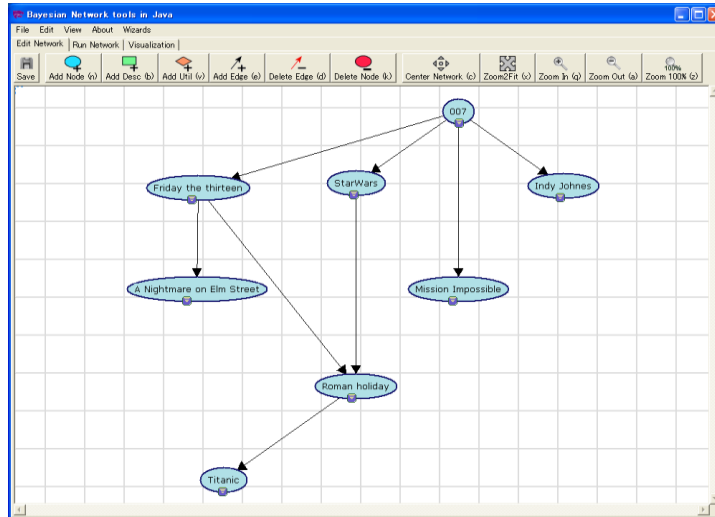
- でも、相手も同じだよ。相手も 交換したほうが期待値が大きくなっているはず。。
- どちらかが得すればどちらかが損するはずなのに、どちらも得するって変！！
- なんで こんなことになるのでしょうか？

問3 以下のどちらのかけを選ぶと得か？

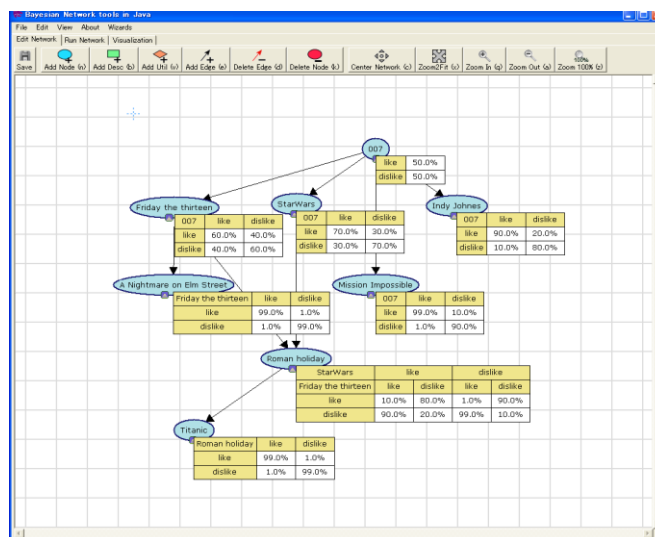
1. 50個の赤玉と50個の白玉が入った壺から一つ玉を取り出し、それが赤玉であったら1万円もらえる。白玉であったら1万円支払う。これを100回繰り返す。
2. 赤玉と白玉が合わせて100個入った壺から一つ玉を取り出し、それが赤玉であったら1万円もらえる。白玉であったら1万円支払う。これを100回繰り返す。

人工知能技術

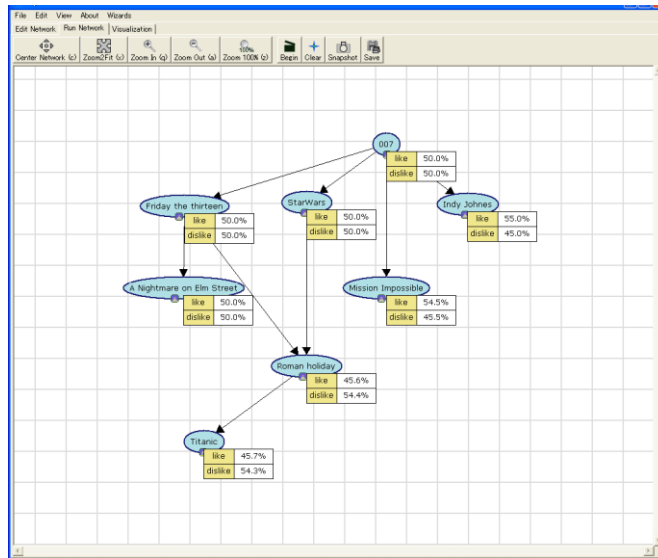
## ベイジアン・ネットワークの概要 映画の好み



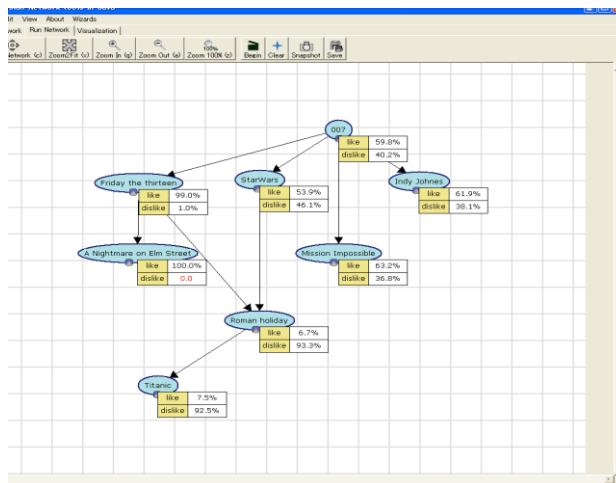
## 各アークに条件付確率を作成



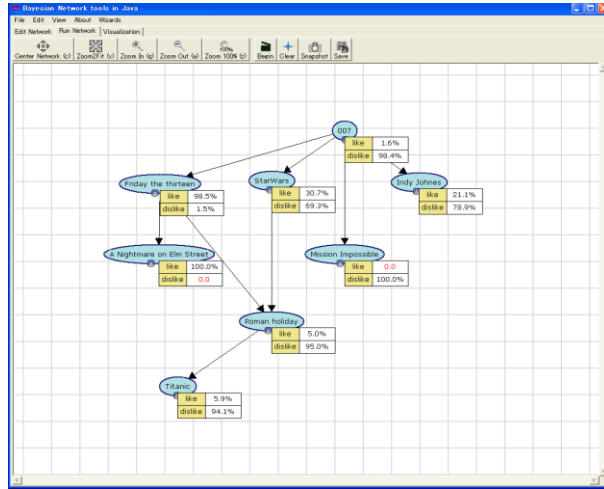
## 事前の確率



## 証拠「「エルム街の悪夢」が好き」



## 証拠「ミッション・インポッシブル」 は嫌い」



## ほとんどの機械学習手法はベイジアンネットワークの特殊ケース

- ベイジアンネットワークは厳密な同時確率分布の数学的表記で最も予測精度が高い
- マルコフネットワーク、マルコフ確率場、隠れマルコフ、条件付き確率場、ナイーブベイズ、
- ニューラルネット、ディープラーニング
- らは ベイジアンネットワークの下位モデルで特殊系



## その他の驚くべき事実

- コンピュータが発明されたのはベイズのおかげ！！！！
- 情報理論、通信理論もベイズから派生！！

- 本授業では ベイズの基礎を中心に応用分野までのイントロダクションを学習します。

## 自己紹介！！

- 植野真臣(うえのまおみ)
- 数理情報工学プログラム 教授
- 専門 人工知能、機械学習、確率推論、ベイズ統計
- 学会活動

AAAI Program Committee

IJCAI Program Committee

PGM Program Committee

AMBN General Chair

AIED Program Committee

IEEE ICTAI Best Paper Winner

など

## Donald B Rubin(Harvard University)



世界で最も有名な統計学者  
ノーベル賞候補

Rubin因果分析

EMアルゴリズム  
MCMC法

## Judea Pearl 2012 Turing Award Winner



## David Heckerman : UAI President



## Abnan Darwiche

**Former chairman** of the computer science  
department at **UCLA**

Chief of **JAIR** and a **AAAI Fellow**



Millymaki: Helsinki大  
:コンピュータ科学 学科長



## アルゴリズムの神: Knuth



ZDDによるBN推論

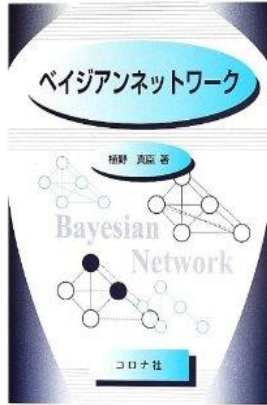
2004年 クヌースのZDDによるBN推論

数え上げ！！

## 本授業の目的

・ベイズ的アプローチの基礎からデータサイエンス, 人工知能への応用までを学びます！！

## 教科書(これで行う)



ベイジアンネットワーク  
植野真臣 著  
コロナ社

正誤表  
<http://www.ai.is.uec.ac.jp/maomi/index.html>

## 授業HP:

<http://www.ai.lab.uec.ac.jp/lecture/>

講義資料 | 植野真臣研究室

電気通信大学大学院情報理工学研究所 情報・ネットワーク工学専攻  
情報処理工学プログラム 植野真臣研究室

トップページ 新着情報 研究紹介 メンバー 研究成果 講義資料 アクセス

### 講義資料

離散数学

概要	電気通信大学 情報理工学域 18 学域1専攻として月曜1時限に開講します。 本講義は講義と演習を中心とした授業を行います。 開講時期: 西5-209 !!!! 2/18に期末考试を行います!!!!	<a href="#">詳細はこちら</a>
----	---	------------------------

情報処理工学実験第二A・B

概要	開講場所: CED3 興元館112/137の視覚@CED3に集合して、随時作業を進めてください。	<a href="#">詳細はこちら</a>
----	---	------------------------

ベイズ的人工知能特論

概要	電気通信大学 大学院情報理工学研究所情報・ネットワーク工学専攻の情報処理工学プログラム、全専2限に開講します。 開講時期: 西10-103	<a href="#">詳細はこちら</a>
----	--	------------------------

電気通信大学 | 大学院 情報理工学専攻

Copyright © Maomi Ueno Laboratory, Graduate School of Informatics and engineering, The University of Electro-Communications. All rights reserved.

## 成績の付け方

- 出席点で60点(全部出席で60点)
- (ただし、学会等出席の場合は証拠を持ってきてくれれば欠席にはなりません。)
- テスト 満点 40点
- + $\alpha$  発表点
- 基本レジュメは  
<http://www.ai.is.uec.ac.jp/lecture/>

に置いていきますので各自であらかじめ印刷して持ってくるか 携帯、タブレット、パソコンで見てください。

## 今後のスケジュール(予定)

- 4月8日 ガイダンス
- 4月15日 ベイズはどうして生まれたのか?
- 4月22日 ベイズはコンピュータ、人工知能の父である!!
- 5月6日【休日出勤】 アランチューリングとベイズ 【これは出なくても大きな影響がないように計画しています】
- 5月13日 ビリーフとベイズの定理
- 5月20日 ビリーフとベイズの定理(2)
- 5月27日 尤度推定と機械学習
- 6月3日 ベイズ推定と機械学習(1)
- 6月10日 ベイズ推定と機械学習(2)
- 6月17日 ベイズ意思決定
- 6月24日、7月1日 国際会議のため休講
- 7月8日 確率的グラフィカルモデルベイジアンネットワーク
- 7月15日 ベイジアンネットワークの推論
- 7月22日 ベイジアンネットワークと他の機械学習モデルとの関係
- 7月29日 ベイズ分類機
- 8月5日 テスト