

# 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
- 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、人工知能分野で注目されているベイズ的アプローチの基礎、考え方、手法の概論について学ぶ。概論的に理解することを重視し、歴史や考え方、他手法との関係を俯瞰的に理解する。
- The purpose of this lecture is to learn **an outline and history** of Bayesian approach which is the state-art technology of AI and Data Science .

- ベイズ手法ってどんな感じ????
- What is the Bayes methods?

- 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(Probability)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 Likelihood Principle

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

## Likelihood Principle

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

## Likelihood Principle

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(Likelihood Principle)

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

## Bayes Theorem

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

# ベイズの定理

## Bayes Theorem

- $P(\text{赤玉} \mid \text{データ}) = \text{尤度} \times P(\text{赤玉})$   
× 定数
- 事後確率 = 尤度 × 事前確率 × 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  $5 \times 0.5 + 20 \times 0.5 = 12.5$  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、相手も同じだよね。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？

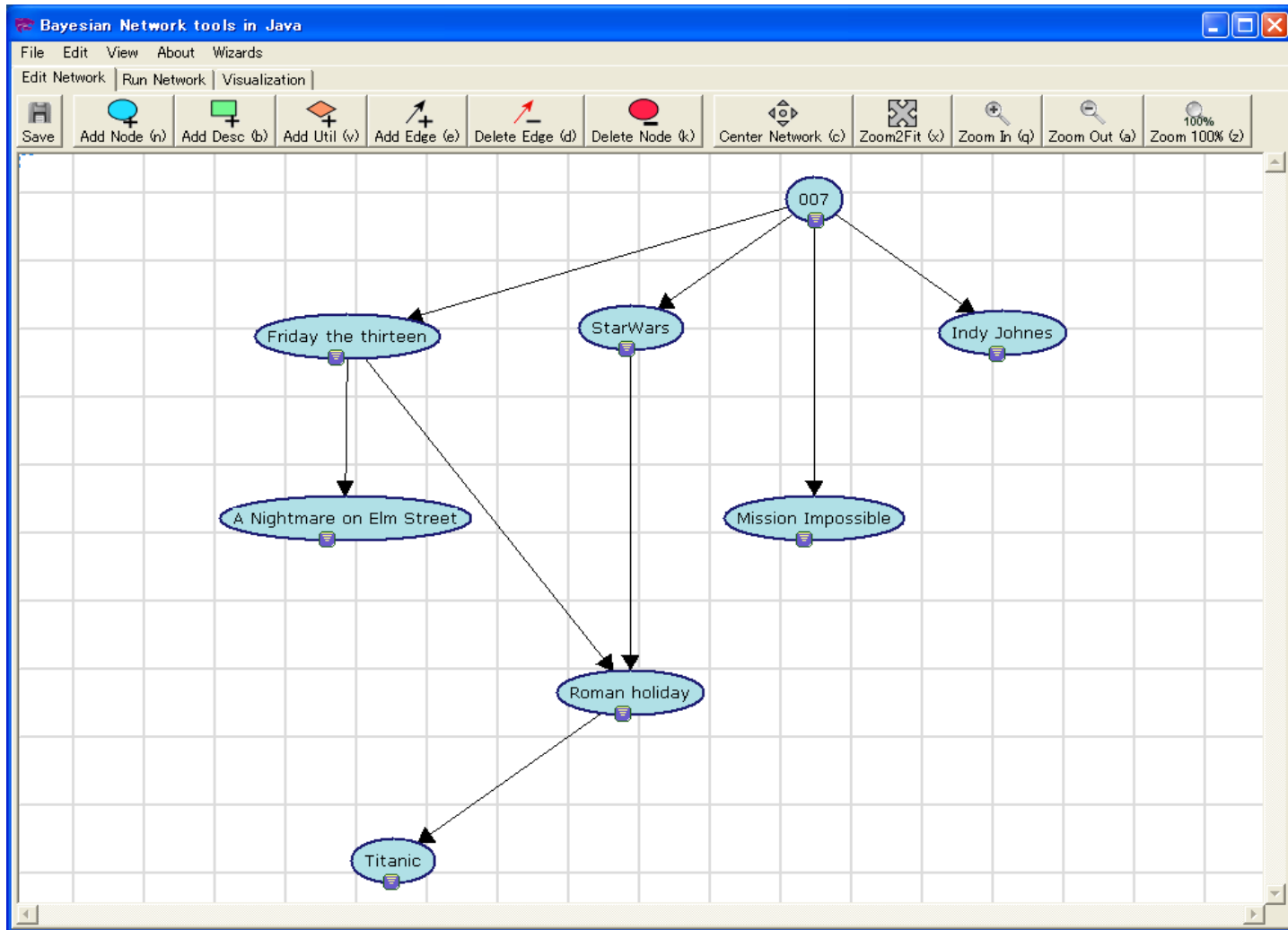
問3 以下のどちらのかけを選ぶと得か？

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。

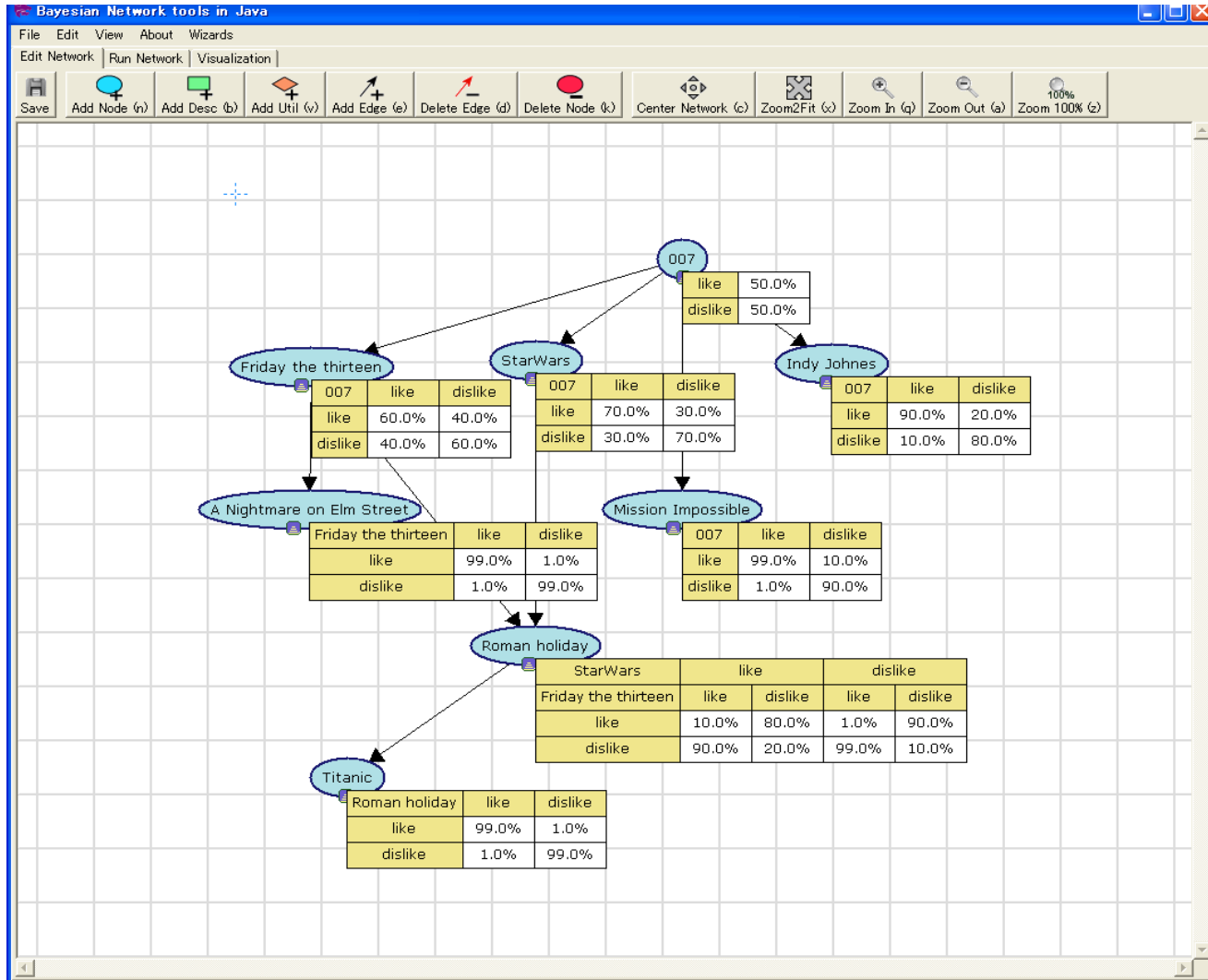
# 人工知能技術

# ベイジアン・ネットワークの概要

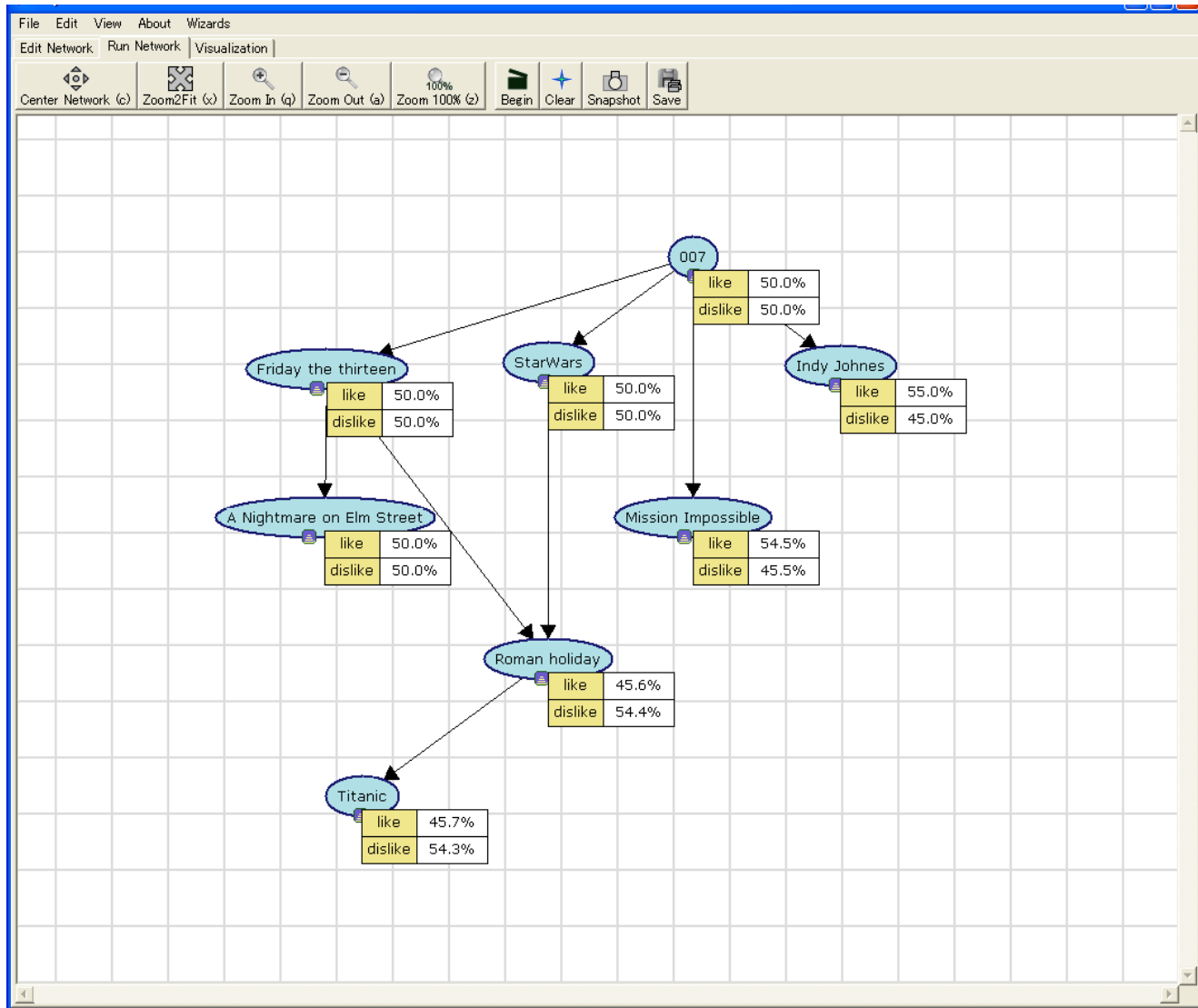
## 映画の好み



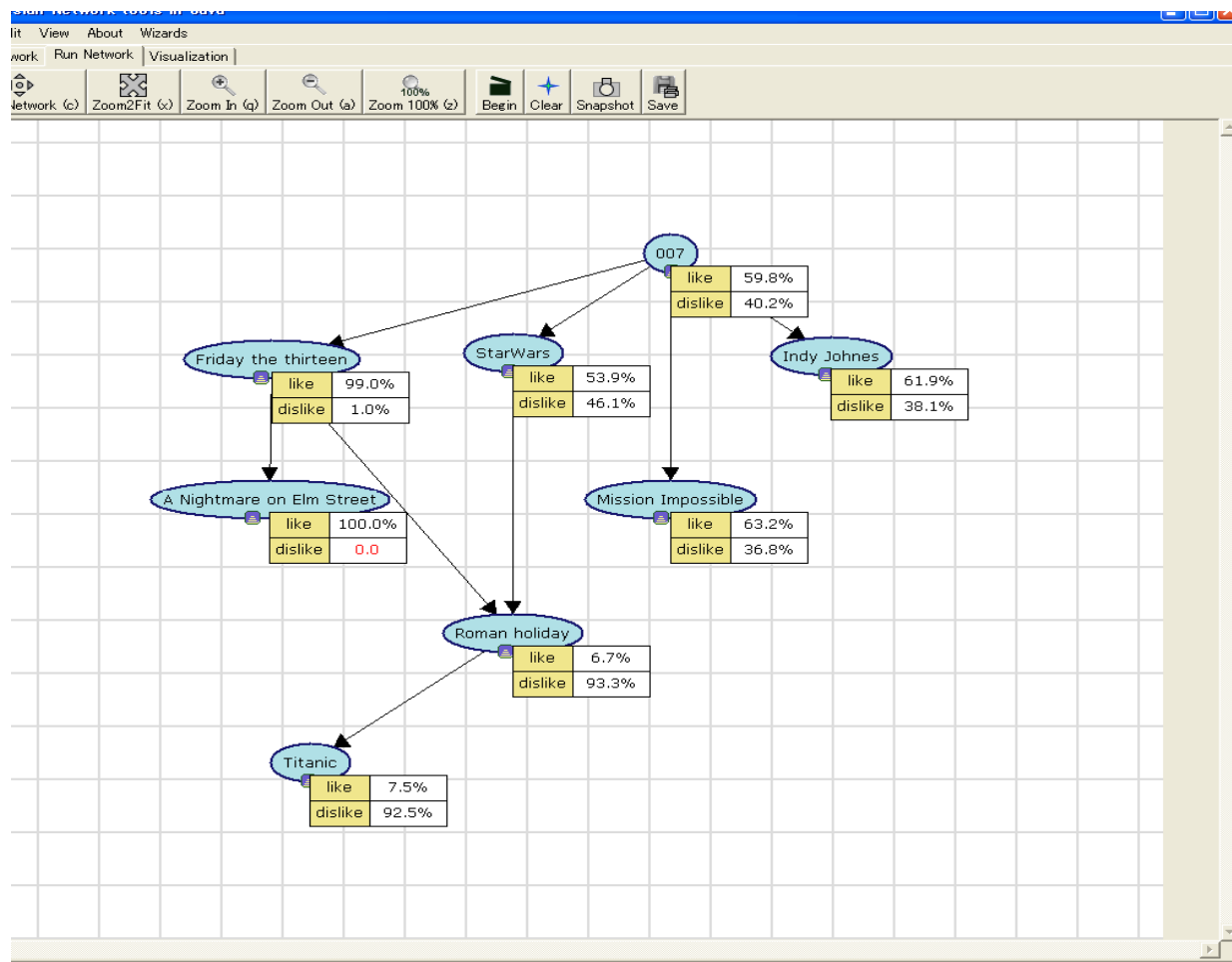
# 各アークに条件付確率を作成



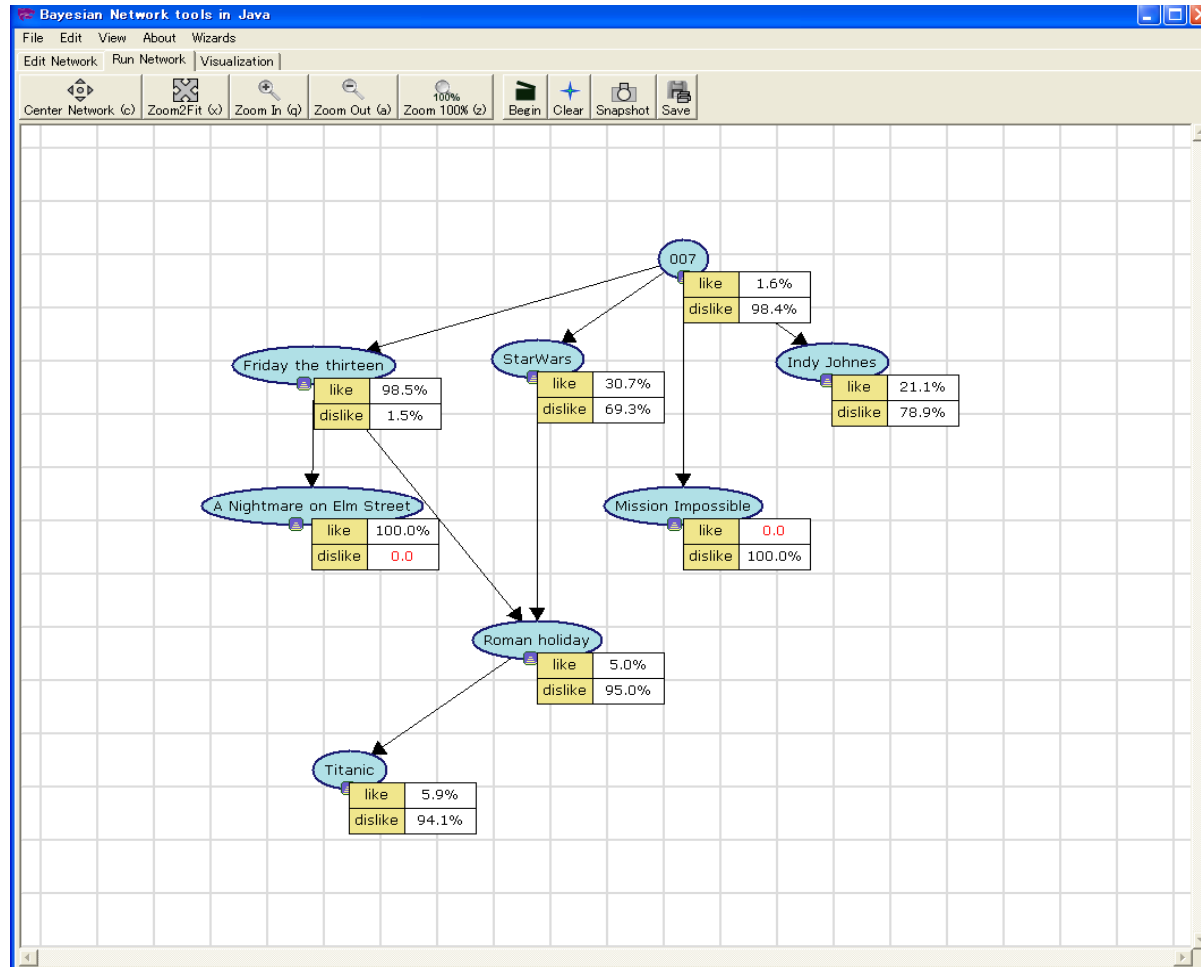
# 事前の確率



# 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

# 成績の付け方

- テスト(もしくはReport) 満点 100点
- 出席は毎回取り 成績に考慮する場合があります。
- 基本レジュメは A  
<http://www.ai.lab.uec.ac.jp/ベイズ的的人工智能特論/>  
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13日 授業の概要とガイダンス
- 4月20日 ベイズの定理
- 4月27日 ベイズはどのように誕生したか？
- 5月11日 ベイズはコンピュータ、人工知能の父である！！
- 5月18日 アランチューリングとベイズ
- 5月25日 ビリーフとベイズ
- 6月1日 尤度と最尤推定(1)
- 6月8日 尤度と最尤推定(2)
- 6月15日 ベイズ推定と事前分布(1)
- 6月22日 ベイズ推定と事前分布(2)
- 6月29日 国際会議でオンデマンド授業：データサイエンス：ルービン因果推論
- 7月6日 テストのデータサイエンス
- 7月13日 階層ベイズとデータサイエンス
- 7月27日 ベイジアンネットワークと因果推論
- 8月3日 テストと総括