



# 情報と生命

佐倉統(東京大学大学院情報学環)

†: このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。



# この講義の目的

- 生命を情報システムの振る舞いとして見たときに、どのようなことが見えてくるか、あれこれ考える。



# 生命 = 情報？

- 進化、個体発生、代謝、繁殖、生理、etc.
- すべて情報の相互作用である
- 生命の進化→遺伝情報システムの環境適応過程
- 個体の学習→脳情報システムの環境適応過程
- cf.「生命は学習なり」(K. ローレンツ)



# 生命と情報の共通点

- 周囲と相互作用する「パターン」
- 実体論的に実在するものではない
  - 関係性の中から出現（創発）
  - 例：録音された音楽はどこに「ある」のか？



Wikipediaより転載  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:Beethoven.jpg>

## Ludwig van Beethoven (1770-1827)

3

**FÜNFTTE SYMPHONIE**  
von  
**L. VAN BEETHOVEN.**

Beethovens Werke. Serie 1. N<sup>o</sup> 5.

Dem Fürsten von Lobkowitz und dem Grafen Rasoumofsky gewidmet.  
Op. 67.

Allegro con brio.  $\text{♩} = 108.$

Flauti.

Oboi.

Clarinetten in B.

Fagotti.

Corni in Es.

Trombe in C.

Timpani in C. G.

Violino I.

Violino II.

Viola.

Violoncello.

Basso.

Original-Verleger: Breitkopf & Härtel in Leipzig. B. 5. Stich und Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.



# 生身の生物 vs 情報システム



Wikipediaより転載 (2012/8/6)  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:Nihon-akagaeru.JPG>

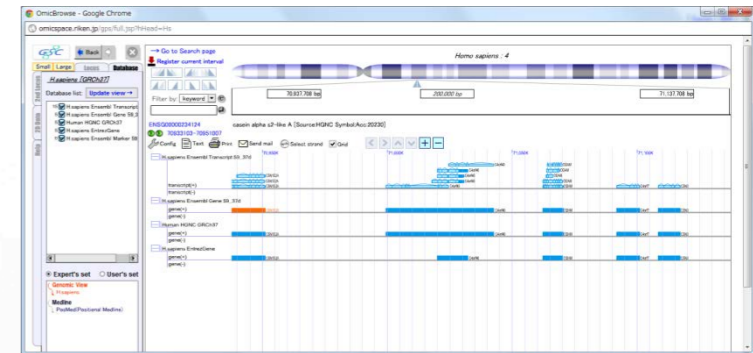


Wikipediaより転載 (2012/8/6)  
<http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:JapaneseMacaqueM2218.jpg>

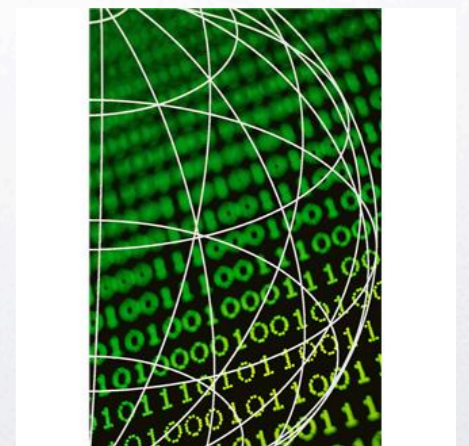


Wikipediaより転載 (2012/8/6)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Euglena\\_pellicle\\_2.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Euglena_pellicle_2.jpg)

- 操作可能性の増大
- シミュレーション、合成
- 他の情報システムとの比較
- 文化、経済、知識、etc.



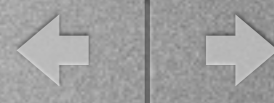
OmicBrowse <http://omicspace.riken.jp/>





# 内容目次

- 第1部 (7 Jun, 2012) 人はなぜ人工生命を作るのか？
- 第2部 (5 Jul, 2012) 生命体としての知識

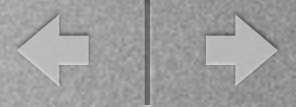


生命とは何か？



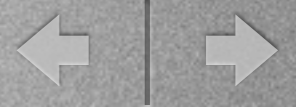
# 生命を定義づけるいくつかの特徴

- 自己複製(繁殖)
- 自己維持
- 代謝
- 成長(発達、発生)



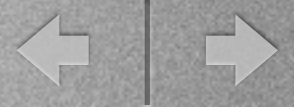
# 生命は定義できない

- ウイルスは生命体か？
- 遺伝子は生命体か？
- コンピュータ・ウイルスは生命体か？
- ラバは生命体か？
- 企業は生命体か？
- 知識は生命体か？



では、人工的に生命を合成するとは？

- 立場1:「生命」が定義できないから人工的に合成できない
- 理由:合成できたかどうか、基準を決められない
- 反論:生命の研究もできないのか？



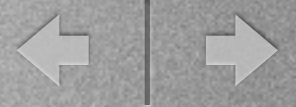
# では、人工的に生命を合成するとは？

- 立場2:用語や概念を定義できなくても、合成することはできる
- 理由:オムレツの定義は難しいが、作れるぞ

この名称は？



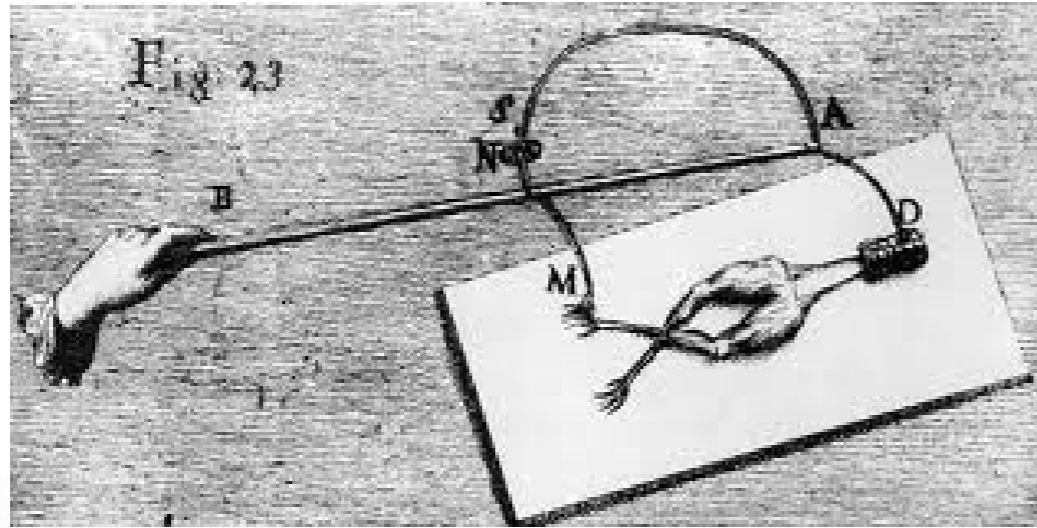
Wikipediaより転載 (2012/8/6)  
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plunger-icon.png>



- 人工的に合成したものが「生命」と呼んで良いかどうかの基準は？
- cf. 人工知能のチューリング・テスト
- 「生命」の間主観性

Alan Turing  
(1912-1954)

Computing Machinery and  
Intelligence. *Mind* 49: 433-460  
(1950).

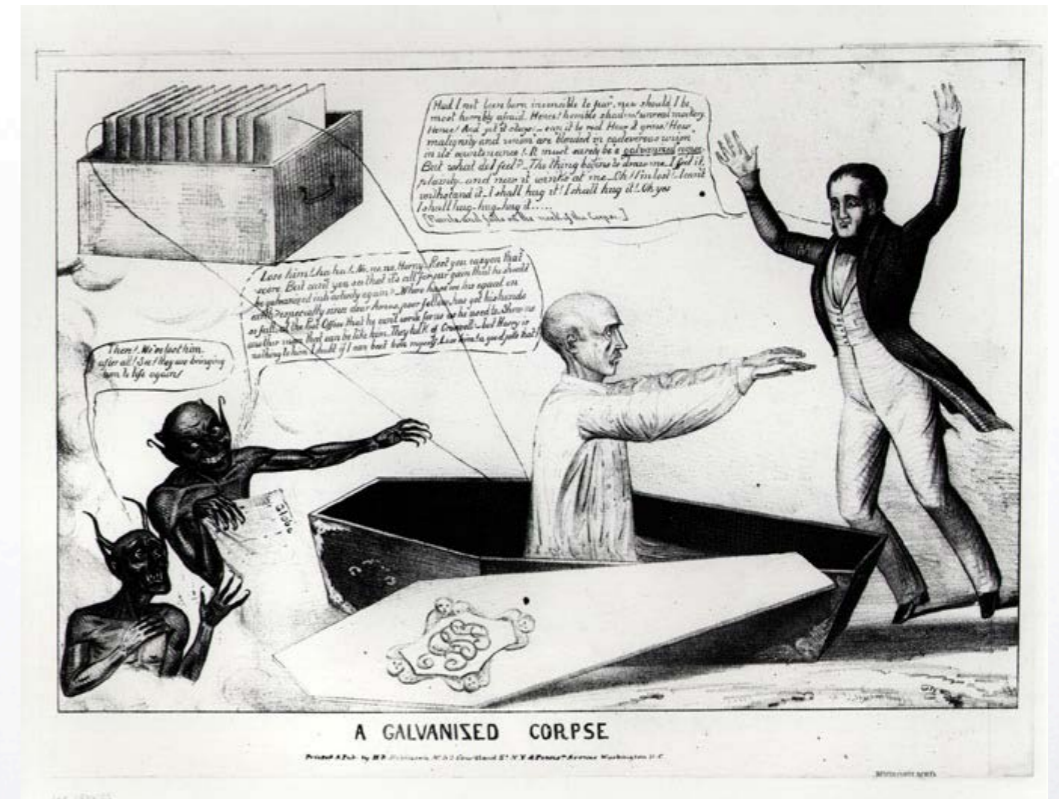


Luigi Galvani, *De viribus electricitatis*, Apud Societatem Typographicam, 1791, Tab. III (部分)

# ガルヴァーニの実験(1771年)

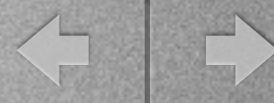


# 生氣論 (vitalism) 論争



Wikipediaより転載 (2012/9/7)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:A\\_Galvanised\\_Corpse.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:A_Galvanised_Corpse.jpg)

生氣論 = 生命現象は物質に還元できないという立場。現在はもちろん否定されている。⇔機械論 (mechanism)



Wikipediaより転載 (2012/9/7)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:RothwellMaryShelley.jpg>

メアリー・シェリー



Wikipediaより転載  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Frankenstein%27s\\_monster\\_\(Boris\\_Karloff\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Frankenstein%27s_monster_(Boris_Karloff).jpg)

『フランケンシュタイン』(1818)



*Frankenstein* (1931) "It's Alive!"



# フランケンシュタインの末裔たち

- 科学による生命操作は非倫理的？
- 先端科学技術は人類を滅ぼす？
- 「フランケンシュタイン・コンプレックス」  
(アシモフによる命名)

# 技術的刷り込み

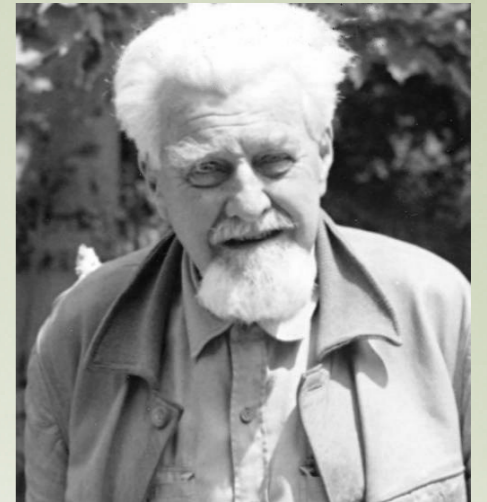
1) あなたが生まれたときにすでに存在していたものは、要するに正常なものであり、

2) 生まれてから30歳までの間に発明されたものは、ひたすらエキサイティングかつクリエイティヴで、あなたはキャリアの初期にそれに接することができてまったく幸運ということになり、

3) 30歳以降に発明されたものはすべて自然の秩序に反するもので、文明の崩壊への序曲とみなされる。

しかし10年もたてば、それも徐々に普及して身の回りにあふれ、結局は普通の存在となるのだ。

---- Adams, D. (1999). How to stop worrying and learn to love the internet. *The Sunday Times*, August 29th.



†

Wikipediaより転載 (2012/9/12)

Eurobas

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Konrad\\_Lorenz.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Konrad_Lorenz.JPG)



†

Wikipediaより転載 (2012/9/7)

Photo by Michael Hughes

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Douglas\\_adams\\_portrait.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Douglas_adams_portrait.jpg)

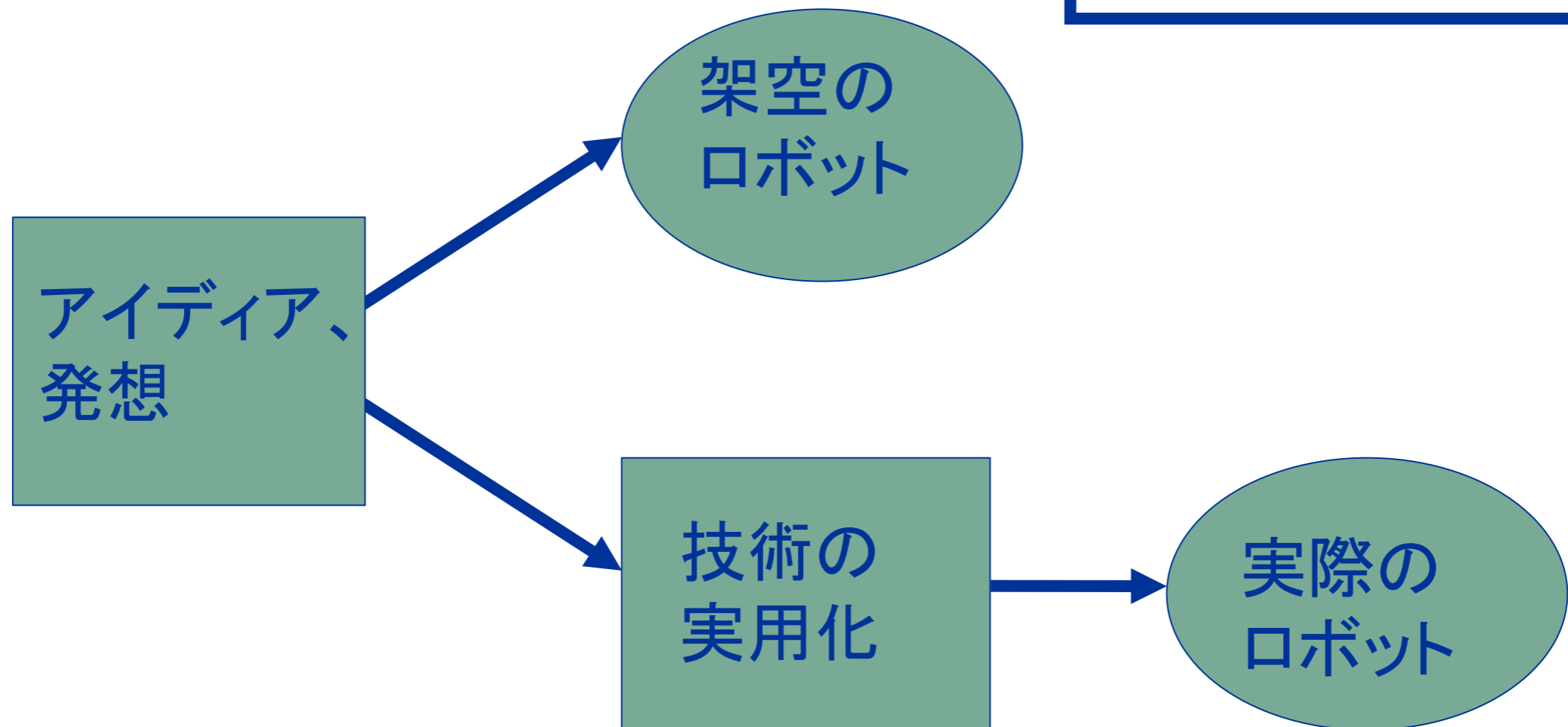
ダグラス・アダムズ  
(1952-2001)

# 人工生命としてのロボット

- ・ なぜロボットは人気があるのか？
- ・ ロボットと人間はどのような関係を築けるか？
- ・ 人間にとってロボットはどのような存在か？
- ・ 他の人工物や道具とどう違うのか？
- ・ SFを題材に考えてみる

# SFと現実

SFは常に現実世界より先行し、それを予言する



# 《敵》としてのロボット(1)

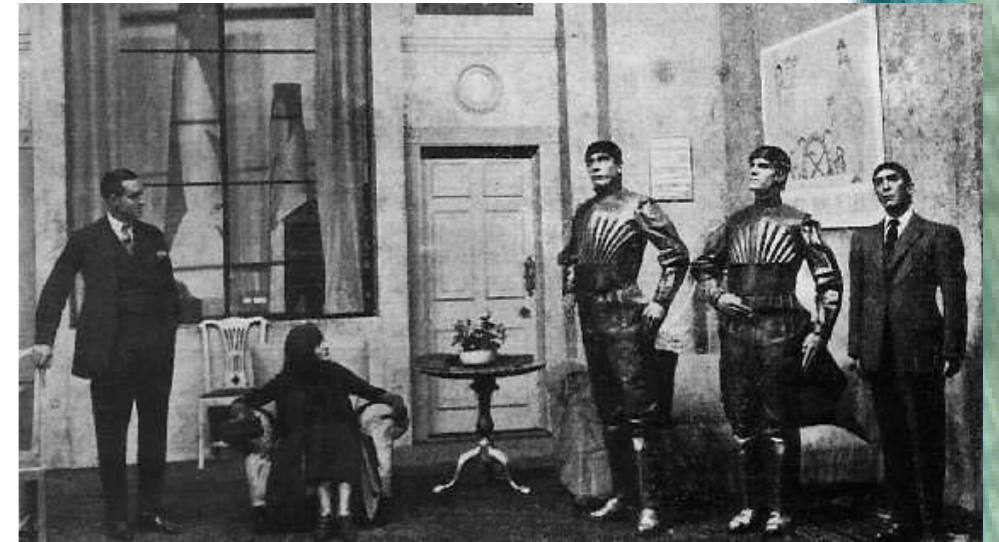
- ・ M. シェリー『フランケンシュタイン』(1818年)
  - 映画化多数(約50本)
  - 自らの姿に絶望し、創造主を恨む。復讐に命をかける。



Wikipediaより転載 (2012/9/7)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Frankenstein%27s\\_monster\\_\(Boris\\_Karloff\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Frankenstein%27s_monster_(Boris_Karloff).jpg)

# 《敵》としてのロボット(2)

- ・ チャペック『R.U.R.』(1920年)
  - 「ロボット」という用語の起源
  - 機械というよりむしろ人造人間
  - 最後、人類に反乱
  - 人類はロボット導入により繁殖能力を失う



Wikipediaより転載(2012/10/2)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Capek\\_play.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Capek_play.jpg)



Wikipediaより転載(2012/9/7)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Capek\\_RUR.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Capek_RUR.jpg)

# 《敵》としてのロボット(3)



†

Wikipediaより転載 (2012/9/7)  
Photo by Georgia Rucker

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rudyrucker.jpg>

- ・ ルーディ・ラッカー『ソフトウェア』(1982)
  - 自ら進化する能力を獲得したロボット
  - ロボット三原則を守らない能力を獲得！
  - 人間に反乱！
  - 続編(『ウェットウェア』)では素材の限界を突破するため、人間との雑種化(?)を試みる。  
オソロシイ……

# 《味方》としてのロボット(1)

- ・ アイザック・アシモフ(1920-1992)
  - SF初期黄金時代(50s)の立役者のひとり
  - 科学技術への楽天的信頼感が基盤
  - 人間とロボットが共存している世界(アシモフ・ワールド)を描く
  - ロボット三原則
  - 『われはロボット』(1950年)、ほか



# アシモフのロボット三原則

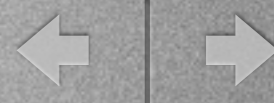
- ・ 第一条 : ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。
- ・ 第二条 : ロボットは人間にあたえられた命令に従しなければならない。ただし、あたえられた命令が、第一条に反する場合は、この限りでない。
- ・ 第三条 : ロボットは、前掲第一条および第二条に反するおそれのないかぎり、自己をまもらなければならない。

## 《味方》としてのロボット(2)

- ・ 手塚治虫『鉄腕アトム』(1952-68)
  - アシモフ・ワールドの日本版
  - 人間と機械の補完的關係
  - ロボット差別
  - 原子力で動く！

# 《敵》と《味方》を分けるものはなにか？

- ・ フランケンシュタインのモンスターと鉄腕アトムの類似性
  - 電撃で生命を吹き込まれる
  - 父殺し
  - 自己のアイデンティティに悩む
- ・ 外見（インタフェイス）が重要！
  - ロボットも見た目が9割



映画『ATOM』2009年公開

(米題: Astro Boy, 監督: デヴィッド・バワーズ)

日本語吹き替え版 宣伝映像

[http://ja.wikipedia.org/wiki/ATOM\\_\(映画\)](http://ja.wikipedia.org/wiki/ATOM_(映画))

# ロボット三原則の陥穽

- ・ ロボットに限らないぞ！
- ・ 家電製品の三原則（石原，1986）
- ・ すべての人工物に適用可能（佐倉，2003）
- ・ ロボットは、人間との関係において、通常の人工物を超えるものではない？
- ・ なぜロボットが特殊なのか？
- ・ →歴史をさかのぼってみる

# 小まとめ(1):《敵》かつ《味方》

- ・ 味方、相補的、友だち
  - アトム、アシモフ・ワールド
  - 親しみやすい、友だち、仲間
- ・ 敵対関係
  - フランケンシュタインのモンスター
  - 反乱、制御不能、不気味
  - 「フランケンシュタイン・コンプレックス」

# 《窓》か《鏡》か？

- ・ 窓＝外界の見方を変えるツール
  - －例：顕微鏡、望遠鏡、写真、動画
- ・ 鏡＝自らの姿の反映
  - －例：芸術、思想、「神」
- ・ ロボットは両方の性質を持っている
- ・ 両方の性質を持っているもの＝メディア
  - －例：テレビ、インターネット



映画「ブレードランナー」(1982)

監督:リドリー・スコット

脚本:ハンプトン・ファンチャー

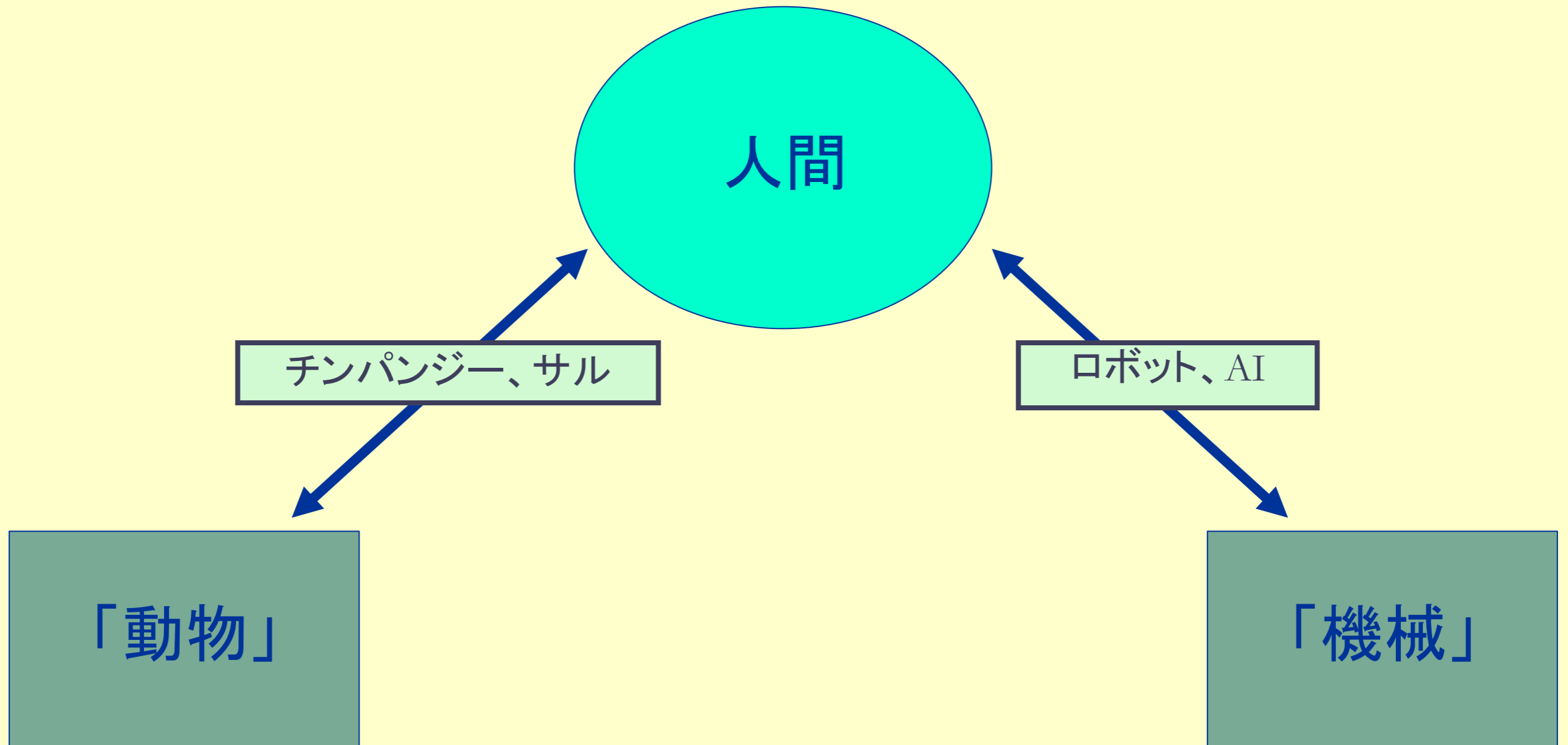
デイヴィッド・ピープルズ

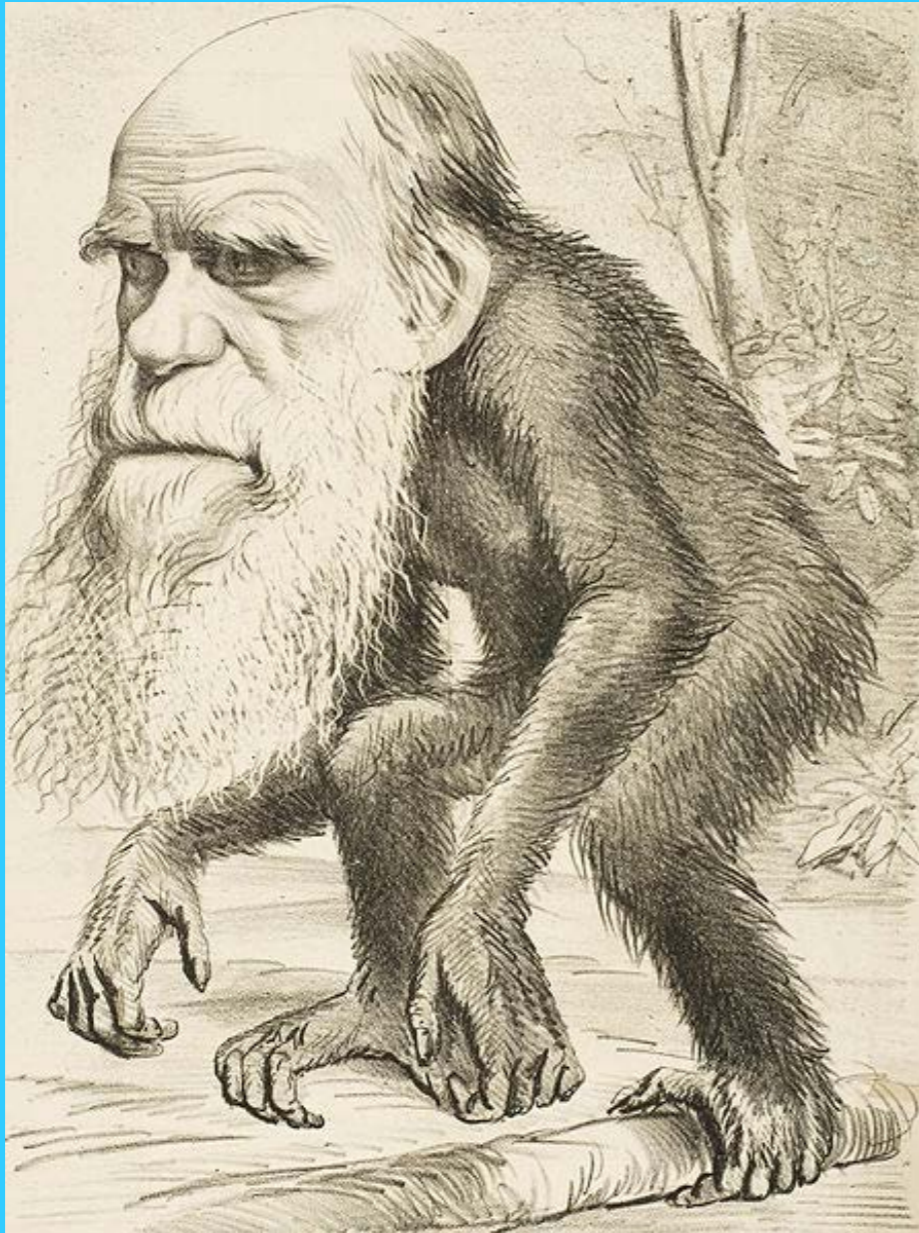
原作:フィリップ・K・ディック『アンドロイドは電気羊の夢を見るか?』

(原題: *Do androids dream of electric sheep?*、浅倉久志訳、ハヤカワ文庫)

*Blade Runner* (1982)

# 《窓》としてのロボット —人間と機械の媒介項—





Wikipediaより転載(2012/9/7)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Editorial\\_cartoon\\_depicting\\_Charles\\_Darwin\\_as\\_an\\_ape\\_\(1871\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Editorial_cartoon_depicting_Charles_Darwin_as_an_ape_(1871).jpg)

著作権の都合により、  
ここに挿入されていた画像を削除しました。

H. A. Rey and Margret Rey,  
*Curious George Gets A Medal*,  
Houghton Mifflin Company,  
1957, renewed 1985.



## Understanding is everything.

In a spontaneous gesture of trust, a chimpanzee in the wilds of Tanzania folds his leathery hand around that of Jane Goodall—sufficient reward for Dr. Goodall's years of patience.

The moment occurred in one of the National Geographic Specials, a series underwritten throughout its nine consecutive years on public television by the Gulf Oil Corporation.

In a sense, it symbolizes what the whole series is about.


Dr. Goodall's quiet triumph grew slowly over years of studying the chimpanzee: from curiosity, to observation and learning, to understanding.

Gulf underwrites the National Geographic Specials in the belief that the same sequence can occur within the vast PBS audience. Our goal is to provoke curiosity about the world and the fragile complexity of its natural order; to satisfy that curiosity through observation and learning; to create an understanding of man's place in the ecological structure, and his responsibility to it—on the simple theory that no thinking person can share in the destruction of anything whose value he understands.

It's an ambitious goal, but we have embraced that challenge. Since 1975 when we helped bring the National Geographic Specials to PBS, the series has become one of the most watched in public-television history. It has earned eight Emmy awards, an Oscar nomination, and the coveted George Foster Peabody Award for "unsurpassed excellence in documentaries."

Association with the National Geographic Society and the television specials is only one aspect of Gulf's lively concern for the environment. But it is an especially proud one.



Gulf Oil Corporation 

# 「つなぐ」存在としてのロボット



✦

三菱重工業(株)  
コミュニケーションロボットwakamaru

wakamaru

デザイン 喜多俊之

T. Kita

著作権の都合により、  
ここに挿入されていた画像を  
削除しました。

人間型ロボット「アシモ」と握手する本田技研の吉野  
浩行社長(2002年)

[http://www.yomiuri.co.jp/nenkan/2002\\_01o.htm](http://www.yomiuri.co.jp/nenkan/2002_01o.htm)

# 《鏡》としてのロボット ——自動人形の長い歴史(1)

古代ギリシア、キプロス王  
ピュグマリオンの伝説

ジャン・レオン・ジェローム作「ピュグマリオンとガラティア」(1890年)



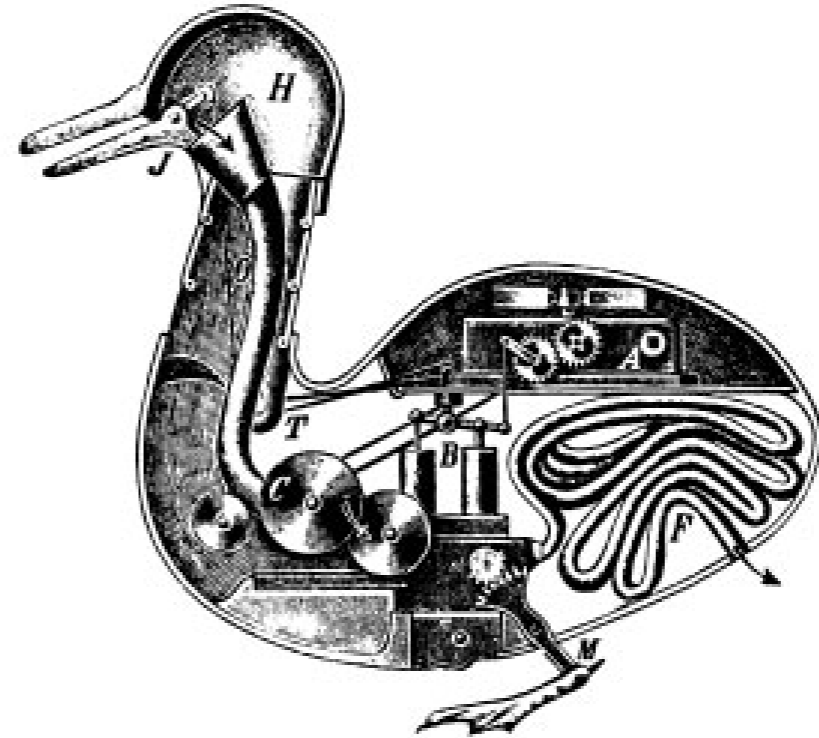
Wikipediaより転載  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pygmalion\\_and\\_Galatea\\_\(Gérôme\)\\_front\\_1.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pygmalion_and_Galatea_(Gérôme)_front_1.jpg)

## 自動人形の長い歴史(2)

- ・ ゴーレム
  - ユダヤ神話、土でできた自動人形
- ・ レオナルド・ダ・ヴィンチ (1452-1519)
  - 自動ライオン人形を作製
- ・ デカルト (1596-1650)
  - 5歳で夭折した娘そっくりの人形を肌身離さず持ち歩いていた……

# 自動人形の長い歴史(3)

18世紀フランスの技師  
ジャック・ド・ヴォーカンソ  
ンの自動アヒル



Wikipediaより転載(2012/9/12)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Duck\\_of\\_Vaucanson.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Duck_of_Vaucanson.jpg)

# 自動人形の長い歴史(4)

18世紀スイスの機械職人、ジャケ＝ドロス父子による自動人形



+

スイス、ヌーシャテル博物館蔵

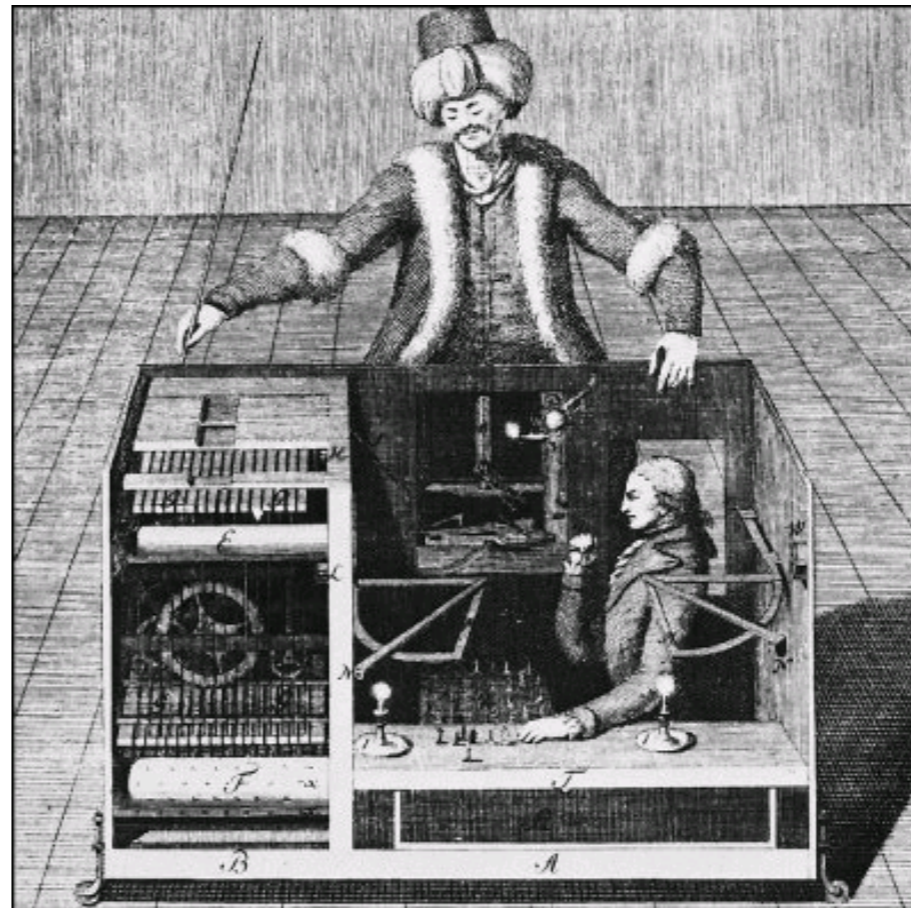
Wikipediaより転載 (2012/9/12)

Rama

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Automates-Jaquet-Droz-p1030472.jpg>

# 自動人形の長い歴史(5)

18世紀、ハンガリーの技術者ケンペレンによる自動チェス機械。中に人が入って動かしていた。



Wikipediaより転載

[http://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%A0ahovski\\_ra%C4%8Dunalni%C5%A1ki\\_programi](http://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%A0ahovski_ra%C4%8Dunalni%C5%A1ki_programi)

# 自動人形の長い歴史(6)

- 日本や中国にもからくり人形

茶運び人形(江戸時代、復元)



弓曳童子(江戸時代、復元)



写真提供：学研教育出版「大人の科学」

## 小まとめ(2):《窓》かつ《鏡》

- ・ メディアとしてのロボット
  - 人間と「何か」をつなぐ存在
  - 人-サル関係、人-ロボット関係
- ・ 自動人形、からくり人形の長い歴史
  - 「似姿」を創るのは人間の根源的欲望？
- ・ ロボットには人間の自己イメージが色濃く反映されている

# 第1部のまとめ

- ・ ロボットと人間の関係は多様で多彩
  - 敵かつ味方、窓かつ鏡
- ・ ロボットの特性だけによるのではなく、ロボットと人間の関係によって規定される
  - 間主観性；人間の側の問題でもある
- ・ ロボット社会のあり方は、今から備えて議論を進めるべき

# 《おまけ》社会の中のロボットについて

- ・ 福島第一原発事故現場に最初に投入された災害ロボットはアメリカ製だった
  - お掃除ルンバもアメリカ製
- ・ 日本には実地で技術を鍛える《場》がない
  - アメリカは軍事がある
- ・ 「高度な技術」と「使える技術」は違う
  - 『考える人』2012年夏号(近刊)読んで下さい