

# 心を持った機械

第32弾 IEICE ICT Pioneers Series Webinar講演

2022年12月21日

電子情報通信学会

橋本周司  
早稲田大学

注) 講演時資料のいくつかの誤り・脱落を訂正しました。



# 本日の内容

- 自己紹介
- よもやま話
  - 感性情報処理
  - システムの複雑さ
  - AIについて
  - 科学技術の行方
  - 心を持った機械



## 計測対象

- |            |   |            |
|------------|---|------------|
| • 物理世界     | — | 物理量        |
| • スカラー量    |   | 長さ、重さ      |
| • ベクトル量    |   | 速度、色 (値の組) |
| • パターン (形) |   | 文字、音声      |
| • 非物理的量    |   | 美しさ、景気     |

数値

信号

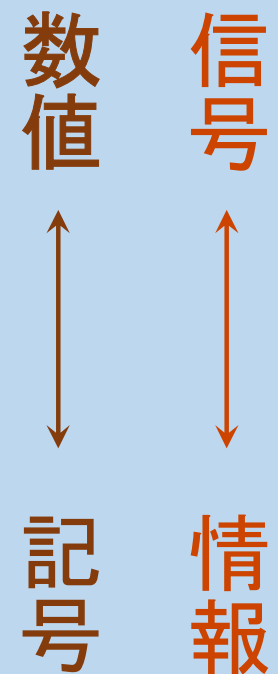


記号

情報

# 測定から始まって

- 計測工学  
センサ、計測原理、信号処理、電子回路
- 制御工学      計測→物理系の操作  
モデリング、システム、アクチュエータ
- 情報工学      計測→記号の操作  
記号化、規則、論理、表現
- メディア工学   計測と表示  
コミュニケーション、人間、情報
- 物質⇔システム  
物理、制御、情報
- 人工知能      知性と感性のある機械  
ロボット、学習、適応



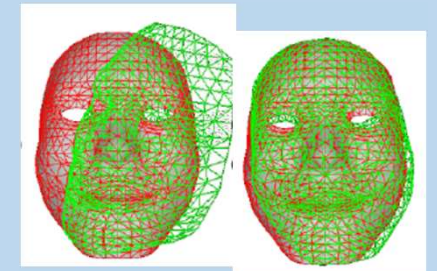
# 1. 画像処理



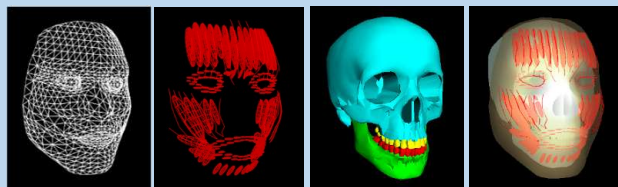
サイズ・回転フリーなマッチング



画像検索 花画像データベース



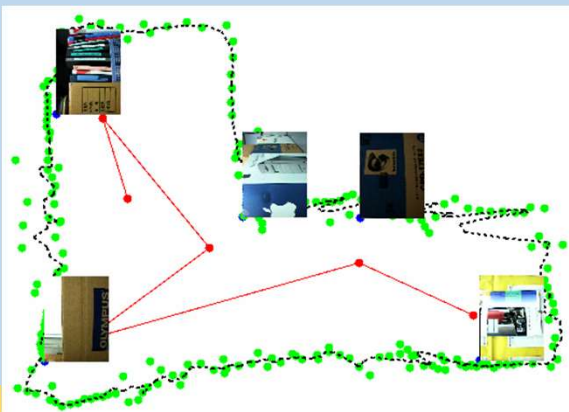
統計的画像マッチング



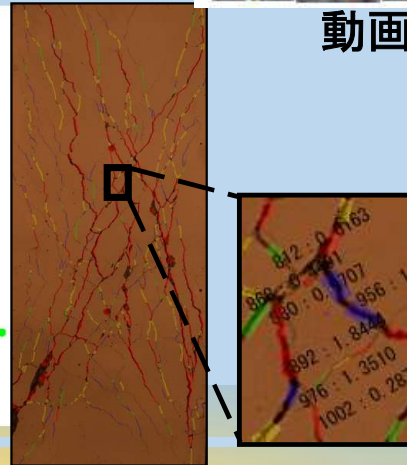
顔物理モデル



動画画像検索



能動的環境情報獲得



高精細ヒビ検出



高階調画像生成



4次元の可視化



## 2. マルチメディア情報処理



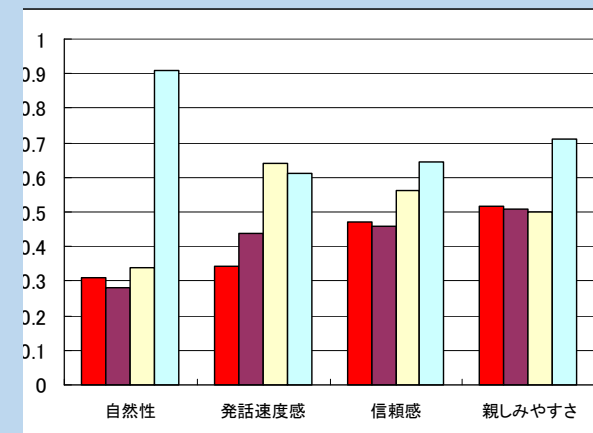
実時間自動作曲



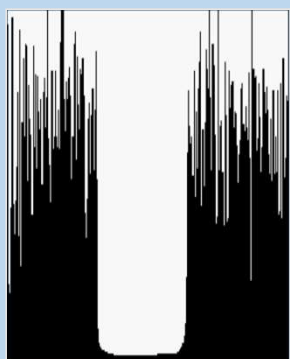
音響データベース



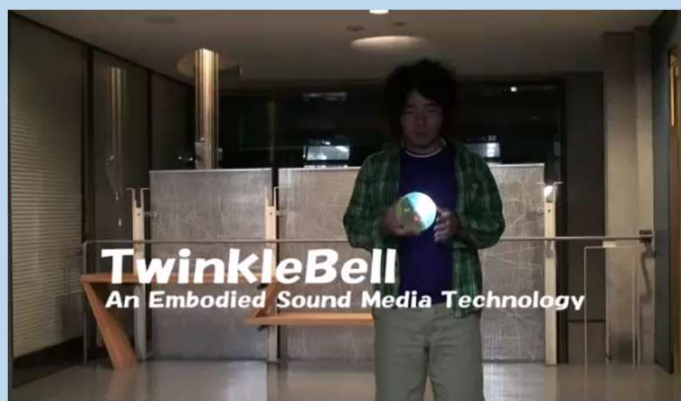
仮想楽器



発話障害の音声改善



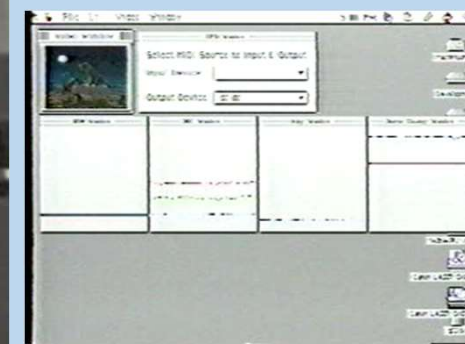
ノッチ雑音知覚



演奏インタフェース

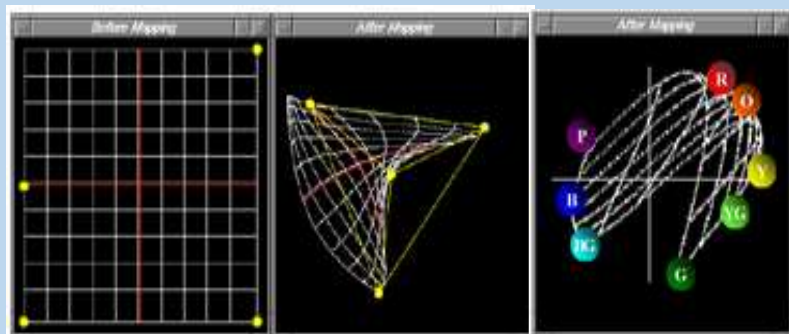


計算機指揮システム

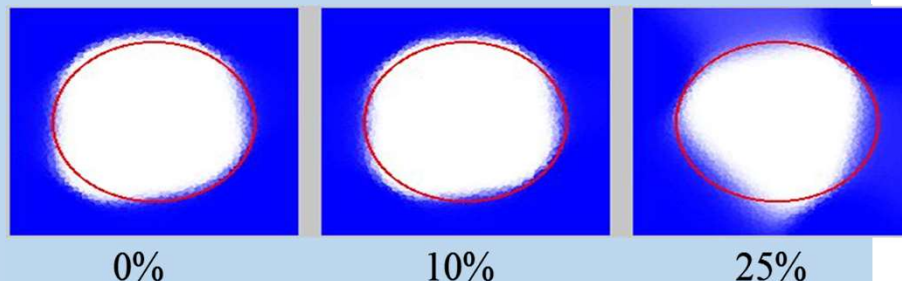


BGMの自動生成

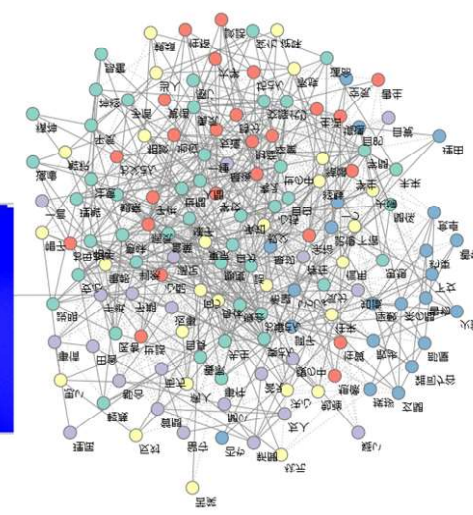
### 3. メタアルゴリズム



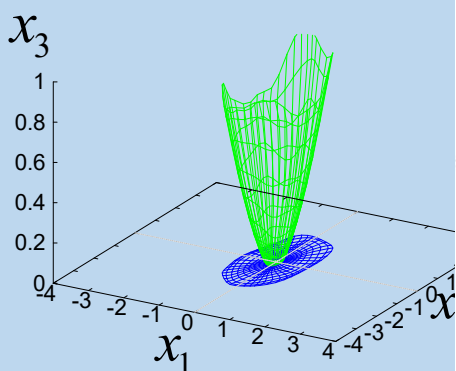
NNによる感性情報の非線形写像



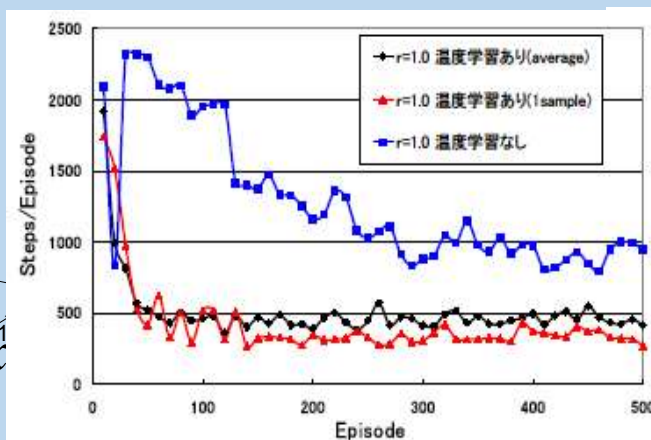
Winner  
雑音環境下でのアンサンブル学習



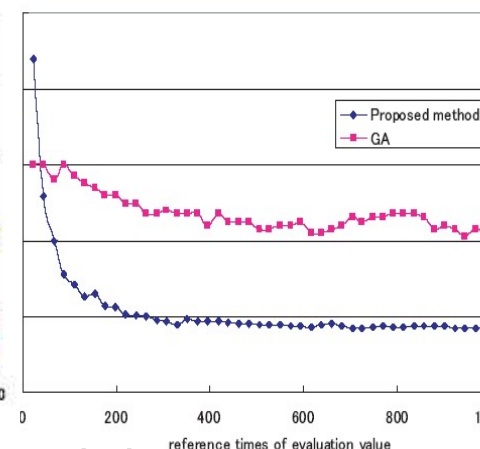
言語解析 漱石「こころ」



非線形主成分分析



温度分布を用いた強化学習



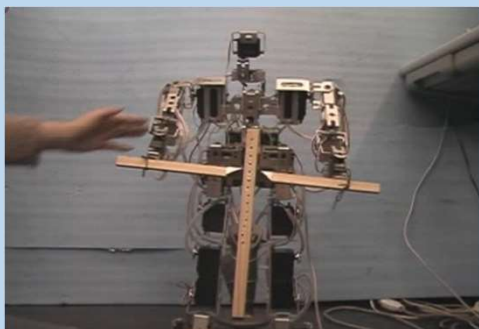
粗視化ニュートン法



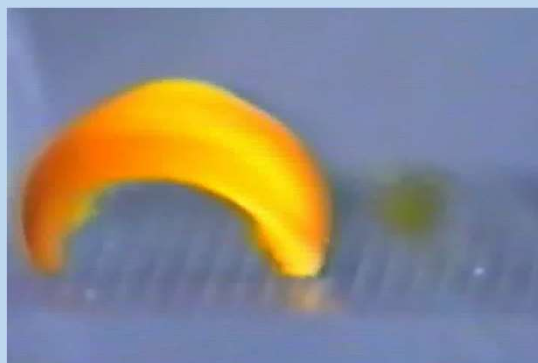
ゲーム機械学習



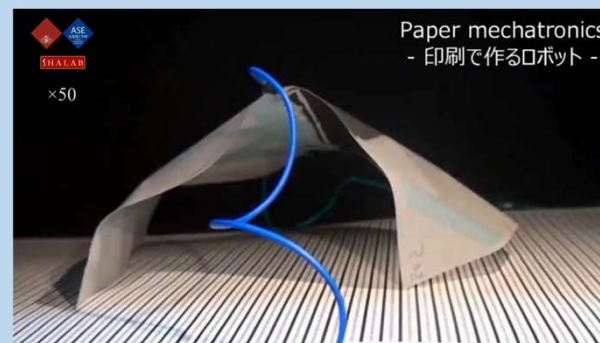
## 4. ロボティックス



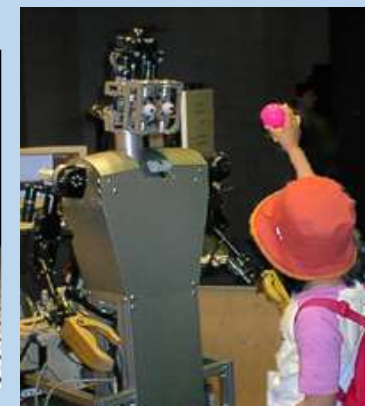
コーチング学習



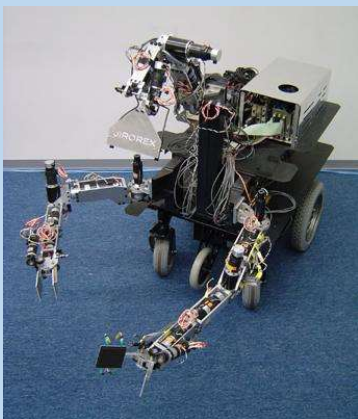
ケミカルロボット



ペーパーロボット



マルチモーダルロボット



遠隔知識参照ロボット



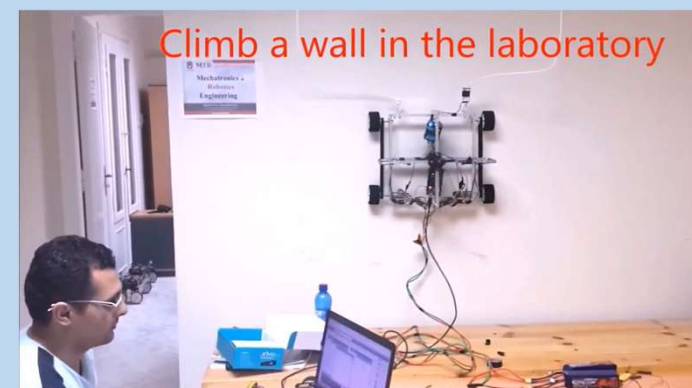
RFIDロボット



GPSロボット



狭隘壁面間移動ロボット



壁面・天井移動ロボット



# 計算から知能へ

- 計算する力、規則による変形（数⇒記号）
- 知能らしきものを持った機械
- 感情らしきものを持った機械

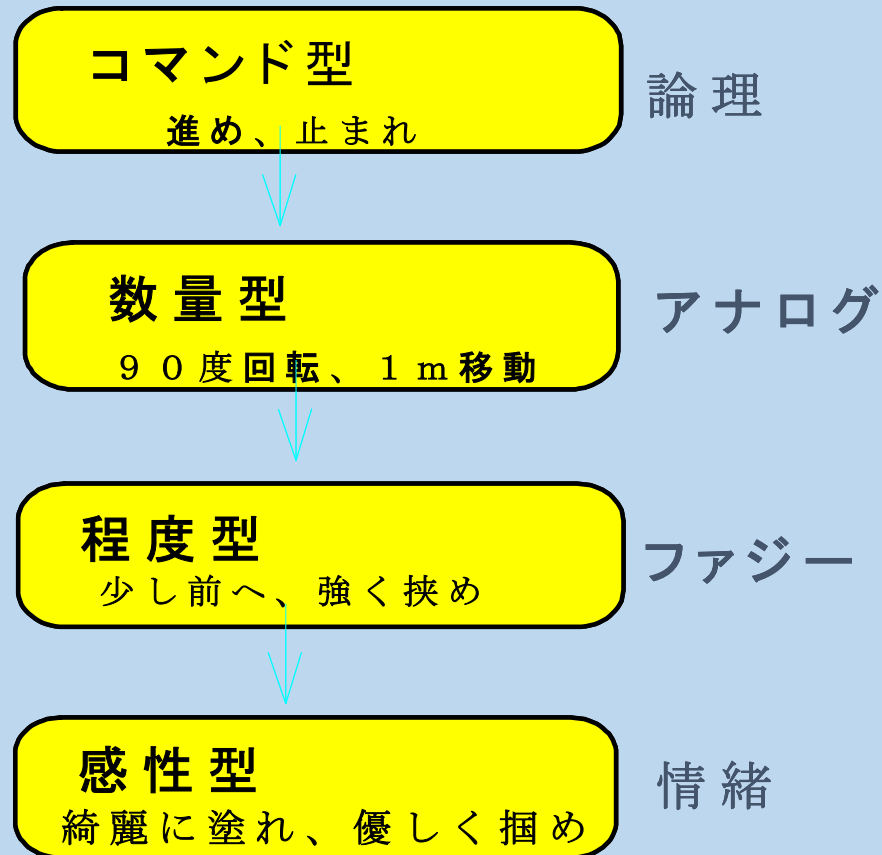
# 情報処理の階層

階層	チャンネル	支配則	分野	リアリティの尺度
物理レベル	光、音、力 電磁波	物理法則	信号処理 人工現実感	説明可能性 因果的無矛盾
論理レベル	言語、シンボル 図形、数式	論理、文法	知識情報処理 人工知能	証明可能性 論理的無矛盾
感性レベル	音楽、絵画 表情、仕草	主観、共有性 快不快	感性情報処理 人工感性	共鳴可能性 気持的無矛盾

アプリケーション, ユーザ の拡大

ハードウェア + ソフトウェア + マインドウェア

# 機械への命令





# What is Kansei ?

- subjectivity, multivocality
- ambiguity, consciousness
- Kansei is emotion ?
- Kansei is intuitiveness ?

感性  
心

Kansei functionality cannot be described with a compact rule set.

It is essentially related to Big data.

- Another human ability of understanding.
- An imaginary organ to generate Kansei  
= KOKORO (≡ Heart)

# 自動機械技術の変遷

- オートメーション
  - 計測、調節 <制御、機械>
  - 少品種大量生産 <物理的整合性>
- 産業用ロボット – CALS、CIM
  - 学習、適応、通信 <機械、制御、論理情報>
  - 多品種少量生産 <論理的整合性>
- 人間共存、生活空間 ロボット
  - 自律、協調、情緒 <機械、制御、論理、感性>
  - サービス、満足 <感性的整合性>
- 心を持った機械！ ドラえもんの作り方

# 科学技術の新しい方向

## スーパーマンからヒューマンへ

- 効率尺度

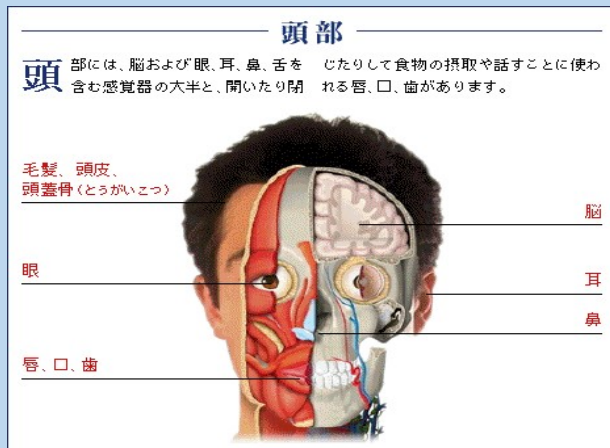
- より速く、より永く、より大きく、より小さく
- 時間的、空間的、知的、限界を超える
- 人間に出来ないことができる機械
- 論文誌、産業新聞、幕張メッセ

- 居心地尺度

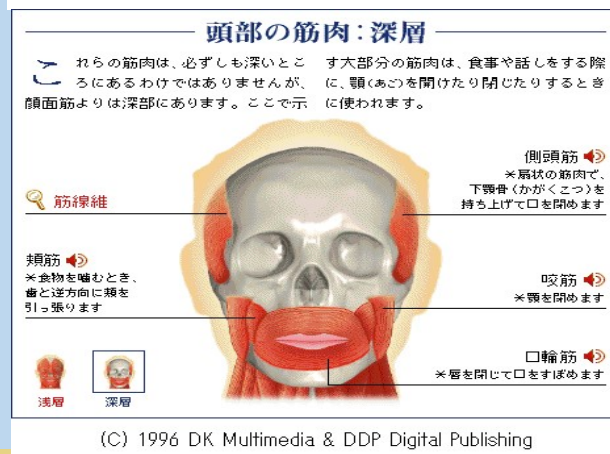
- より楽しく、より嬉しく、より癒し
- 人間らしさへの回帰、“環境、安全”
- 人間が出来ることができる機械
- 演奏会、美術館、  
アミューズメントパーク、ゲームセンタ



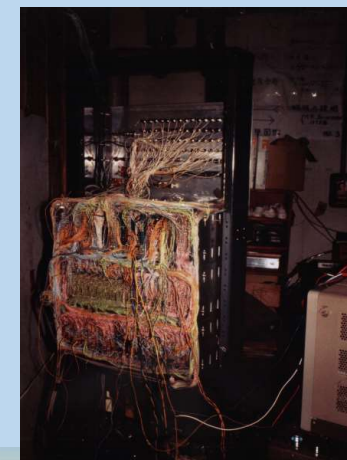
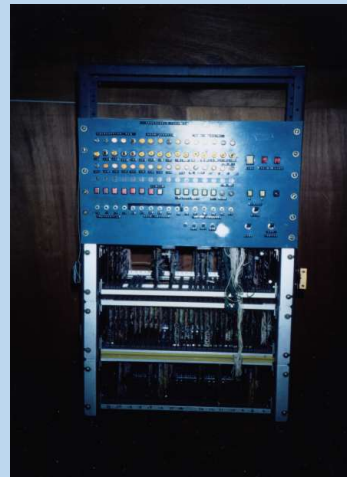
# システムの複雑さ (表、裏、中)



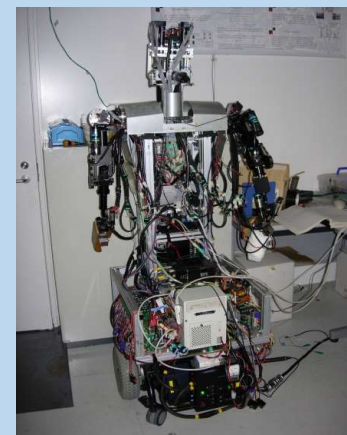
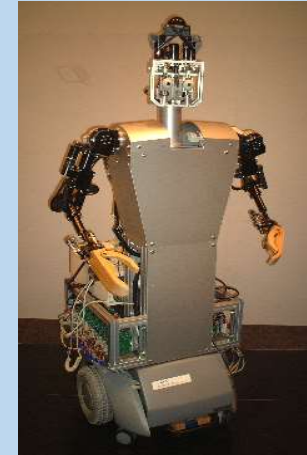
(C) 1996 DK Multimedia & DDP Digital Publishing



(C) 1996 DK Multimedia & DDP Digital Publishing



Stochastic Computer



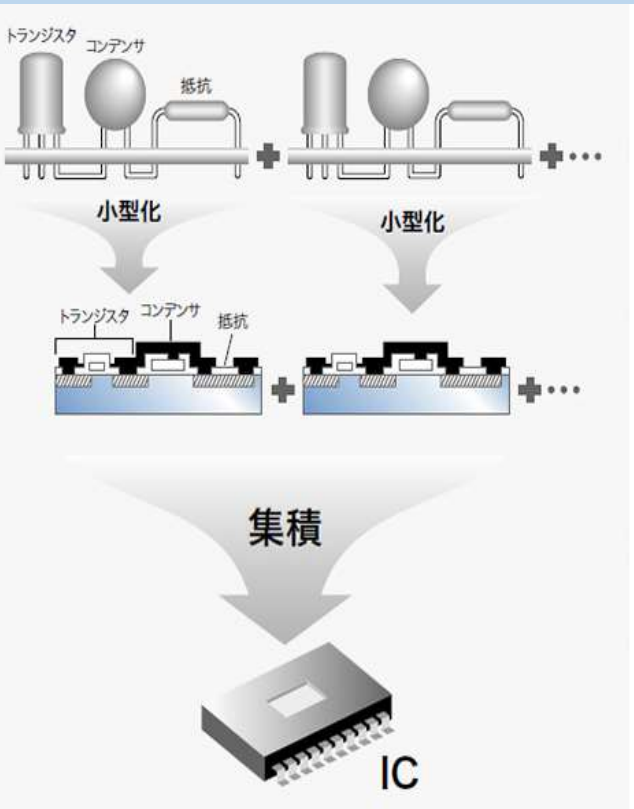
iSHA



# システムの階層

- ニュートン力学 → 統計処理 → 熱力学  
粒子の速度、位置 → 温度、圧力、体積

- 固体物理 → 電子回路
- 電子回路 → 論理回路
- 論理回路 → デジタルコンピュータ
- ハードウェア → OS
- OS → 応用ソフトウェア
- 応用ソフトウェア → センサ、アクチュエータ
- センサ、アクチュエータ → 物理界



<https://elite-lane.com/wp-content/uploads/2022/11/ic-details.png>

電子 ⇒ 電圧、電流 ⇒ 真理値 ⇒ 論理 ⇒ コード  
⇒ 機能1 ⇒ 機能2 ⇒ 装置、人、社会

## 複雑化の影響

- コンピュータハードウェア
  - 計算機が無いと計算機が作れない。
- コンピュータソフトウェア
  - バージョン管理、不完全製品の出荷
- ロボット=コンピュータ+身体

設計はできるが検査は不可能  
⇒システム診断から健康診断へ



# システムを語る・知る

- ・コンピュータの模倣
- ・脳科学の本質的困難さ
- ・物語の多重性
  - ・アレキサンドリア・カルテット (ロレンス・ダレル)
  - ・藪の中 (芥川龍之介)
- ・宇宙人は何を見るか？

読み替え —> 機能、関係

概念と解釈、理解、枠組みの必要性、想像力

# 物語生成論

☆ 「任意の物語が可能である」 無数の物語  
(誤差基準の任意性

→すべては最適である。 R.E.Kalman )

機能 ⇒ 設計 ⇒ 製作 (物の上での機能)

コーディング と 実態 の関係

逆問題 = 機能と物理の分離

説明の任意性 →

本質的な非可逆性： 文脈、社会的視点の重要性

# 複雑なシステムを理解するシステムの複雑さ

## Complexity matching

- 複雑なシステムは複雑に理解する
- 複雑なシステムは単純な理解が出来ない
- 単純は複雑のサブセットではない

2次方程式

$$ax^2 + bx + c = 0$$
$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a \rightarrow 0$$

1次方程式

$$bx + c = 0$$
$$x = -\frac{c}{b}$$



# 新しいものづくり “作る” から “育てる” へ

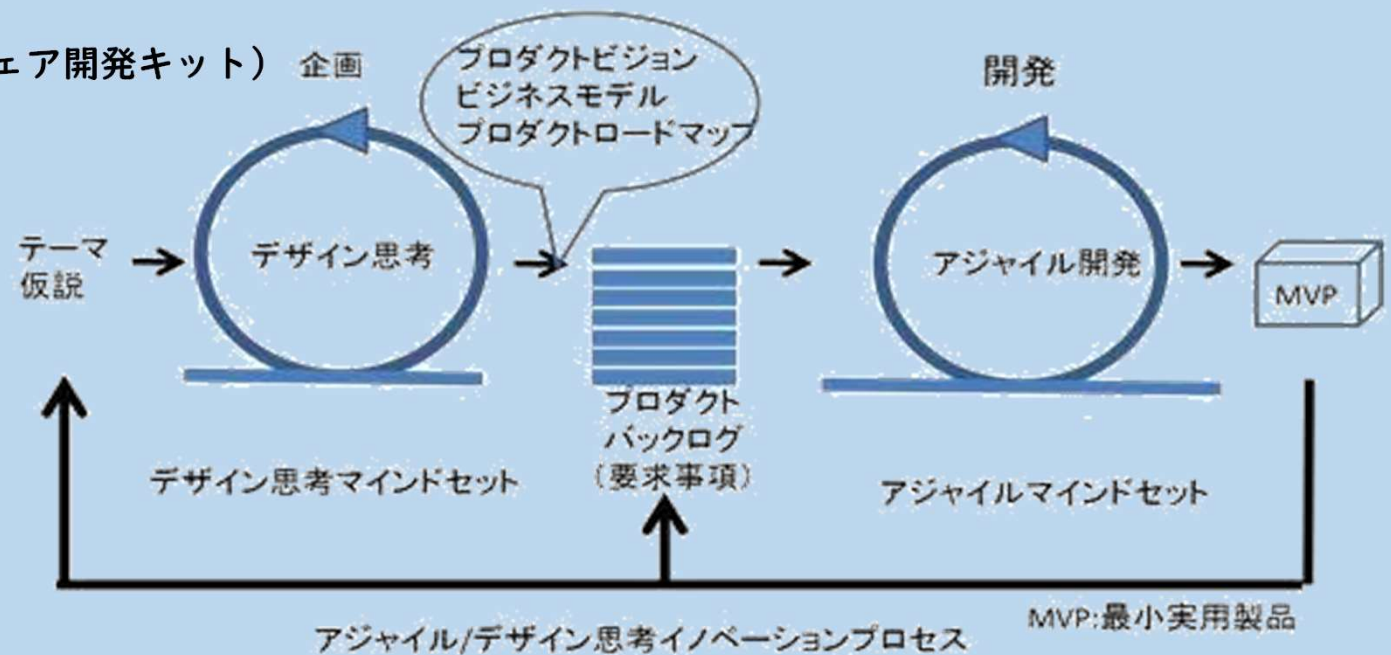
- 複雑さの増大
  - 設計は収束するが、検査は発散する
  - 時間的、空間的、知的、限界
  - 完全性 → 予定調和
- 創発的設計と生産
  - 詳細設計の放棄、製造環境の設計
  - 作ったものではなく出来たもの
  - あるものを使う知恵（本当のソフトウェア）
- 製品設計 → 環境設計
  - 生態学的生産方式
    - 農業
    - 陶芸
    - AI ⇒ 心

# システム造りの変革

## • オープンソースソフトウェア

- Linux (オペレーティングシステム)
- OpenCV (ライブラリ)
- OpenJDK (Javaのソフトウェア開発キット)

## • 開発手法の変革



[https://www.pmi-japan.org/event/open\\_seminar/pm/2015\\_05\\_25\\_agile\\_design\\_thinking.php](https://www.pmi-japan.org/event/open_seminar/pm/2015_05_25_agile_design_thinking.php)

# 思ったより早く来た A I

良い答は出せるが説明（証明）が無い！

名人、名工、達人、神様

「科学技術」から「技術」の時代へ

小学校から中学校へ進学して

応用問題から方程式へ



## ツル・カメ算 (小学校)

- ツルとカメが全部あわせて20匹いました。
- 足の数を数えたら、全部で70本でした。
- ツルとカメはそれぞれ何匹いたのでしょうか？

$20 \times 4 = 80$  (全部がカメだったら)

$80 - 70 = 10$  (ツルが混じっているから10本少ない)

ツルが1匹カメと入れ替わると足が2本だけ減る。

だから、 $10 \div 2 = 5$  がツルの数

全部で20匹だから残りの15匹がカメです。

# ツル・カメ算（中学校）

- ツルとカメが全部あわせて20匹いました。
- 足の数を数えたら、全部で70本でした。
- ツルとカメはそれぞれ何匹いたのでしょうか？

ツルをX、カメをYとすると

$$\text{総数 } X + Y = 20$$

$$\text{足の数 } 2X + 4Y = 70$$

上の連立方程式を解いて、

$$X = 5, \quad Y = 15 \quad \dots \text{答}$$

関係を記述して後は計算を自動的に行う。

計算の途中の説明はしない。（規則だけ、運動方程式は殆んど説明不可能）  
キセル乗車のような居心地の悪さ！

**AIを前提とした新しい知・学問の在り様が拓ける？**  
**心と最近のAI 理屈を超えた結論**



# テクノロジーと社会変革

- テクノロジーの意味      社会変革の意味
- 社会変革の原動力   個人（王様）の欲望・意思   宗教、哲学、倫理
- 科学の登場、技術の体系化      個人の利便性   社会の利便性

20世紀はサイエンスがテクノロジーを抑え込み、

テクノロジーをリードした特別な時代

- それまで科学は技術の後追い。あるいは技術とは無縁。
- （AI）これからはまた技術が先を行く時代へ？
- 心を持った機械の可能性

# テクノロジーと社会変革

- ・ 科学技術から技術へ 技術の一人歩き
- ・ 社会科学は常に社会の後追い。もともと社会技術が先を行く。

＜技術が次の技術を産み出す＞

- ・ システムがシステムを造る（サイエンスを飛び越える）

テクノロジーの変革が社会を変革する

社会の変革がテクノロジーを変革する

- ・ 社会規範とテクノロジー

抑えても抑えてもはみ出る事例＝社会変革の原動力 ⇒ 心

- ・ どこに向かうのか？ 長期展望とアドホックな舵切 （アジャイル）

# シンギュラリティの意味

- (現在の) AI の限界
  - ブラックボックス 名人・達人
  - ディープブルーは囲碁の本質を会得しているか？
- 生きる気の無い機械＝ロボット
- 生きる意志を持った機械＝人間
  - ⇒ 心を持った機械
- 知りたいのか (知の欲求 ー 説明)
- 生きたいのか (解の探求 ー 解答)

人間とは何か。人間は考える葦である？

# 『パンセ』 パスカル(1623-1662)

L'homme n'est qu'un roseau, le plus faible de la nature ; mais c'est un roseau pensant.



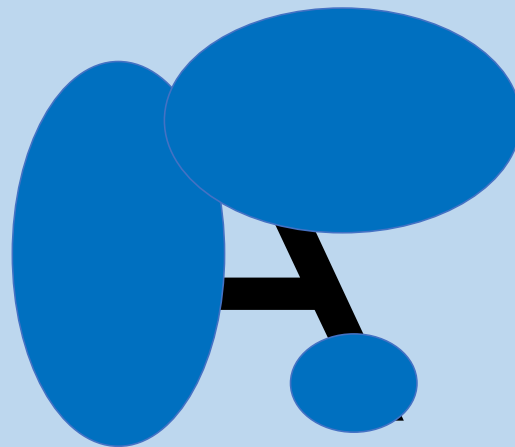
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Blaise\\_pascal.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Blaise_pascal.jpg)

『人間は一本の葦にすぎない。自然の中でもっとも弱いものである。だが、それは考える葦である。これを押しつぶすには、全宇宙が武装する必要はない。一吹き of 蒸気、一滴の水だけで、殺すには十分である。だが、たとえ宇宙が押しつぶそうと、人間は彼を殺すものよりも尊いだろう。なぜなら人間は自分が死ぬこと、宇宙が自分よりもまざっていることを知っているからである。宇宙は何も知らない。だから、われわれの尊厳のすべては考えることにある。われわれが立ち上がらねばならないのはまさにそこからであって、われわれが満たすことのできない時間や空間からではない。だから、よく考えるようにつとめようではないか。そこに道德の原理がある。(B.347, L.200)』 ブレーズ・パスカル『パンセ』 (戸口民也訳)

<http://lizmax.cocolog-nifty.com/blog/2011/09/post-e475.html>

・バチカンワークショップで「無知全能の神」

# 知りたい欲求





# 知りたい欲求

# A

# 判るとは何か

生き物として生きる機械  
心を持った機械

- 判り方
- どのようなときに判ったというか
- 判るの種類、類型
  - 物理：生理、見る、聞く
  - 論理：言語、無矛盾、証明
  - 悟理：感性、得心、腹に落ちる
- 問題意識      問いを立てる力・意思
- 問・答      問い答える
  - 問答—対話    時間的な問いと答えの持続性
  - 情報のやり取り    自然との対話、自問自答
  - 対話の終点＝生物的な疲れ    安心

# 機械と心

心：感性的な振る舞いを司る仮想器官  
頭部ではなく胸部にある

心を持っているように見える機械  
から

心を持っているような機械は作れるか？

心を持っている機械  
へ

Y E S

心を持つ⇒自我⇒有限性（自己と他、寿命）

生きたい機械、成長する機械、創造する機械

心を持った機械は作れるか？

N O !

B U T . . .

# 機械と心

心：感性的な振る舞いを司る仮想器官  
頭部ではなく胸部にある

心を持っているような機械は作れるか？

YES

心を持つ⇒自我⇒有限性（自己と他、寿命）

生きたい機械、成長する機械、創造する機械

心を持った機械は作れるか？

NO！ BUT . . .

知りたがるAI 好奇心の組み込み



[https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61LV0-dZLTL.\\_SX342\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61LV0-dZLTL._SX342_.jpg)

<http://www.tv-asahi.co.jp/doraemon/cast/img/doraemon.jpg>

# 問題の所在



1. 機械学習  
プログラミングを超える
2. 自己増殖、自己複製  
組立不要、配線不要
3. 機能材料  
シリコンとメタルを超える
4. 知の不可能性  
色眼鏡で観る
5. 生きたい機械
6. 好奇心の実装



# “科学的方法論” からこぼれ落ちたもの

- 記号化と数理的扱い
  - 力  $\Rightarrow F$ , 速度  $\Rightarrow v$ , 加速度  $\Rightarrow a$
  - 運動方程式  $F = ma$
  - 一般化  $\Rightarrow$  統一理論  $\Rightarrow$  **思考停止**
  - フリースケール (アンプのボリューム、100号の絵画)
- デジタル化 (GUI) 身体から脳へ
  - 1万ボルトのスイッチ = 0.1ボルトのスイッチ
  - 核ミサイルの発射 = テレビのON
  - 一回性の欠如
- 身体から脳へ
  - 物質と情報の分離
  - 宇宙の法則  $\langle - \rangle$  客観主義 (人間無視)

# 未来へ向けて

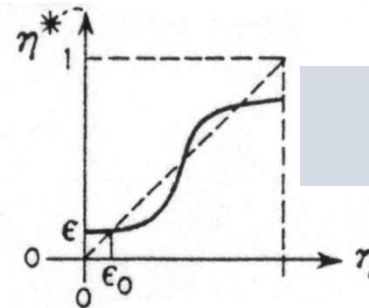
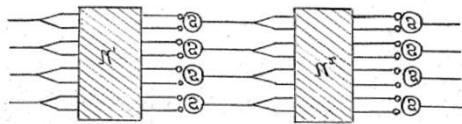
- 脳から身体へ
  - 身体意識—有限性の自覚
  - メカトロニクス（身体を持ったIT）
  - メディア：インテリア、エクステリア、ファニチャー
  - 量子通信（物質場と情報）
  - 物質と機能
- 自分を知る <—> 自と他、 有限性：スケール感
  - 心を持った機械へ
- 新しい科学技術
  - 作るから育てるへ
  - 物が育つ環境を設計する“工学”
  - 一度しか起きなかったことの“科学”
- 「理論化できないことは物語らなければならない。」  
ウンベルト・エーコ

## Probabilistic logics and the synthesis of reliable organisms from unreliable components

J. von Neumann

(Dated: 1956, Lectures delivered at the California Institute of Technology, January 1952)

In C. E. Shannon and J. McCarthy, editors, *Automata Studies*, pp. 329-378. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1956.



Complete system consist of incomplete parts  
不完全から完全を創る

“独立性”  
“多様性”  
“相互作用”  
ジャン・クリストフ  
(ロマン・ロラン)

# 何が問題か？

- ・ 実現されつつある夢

- ・ ドラえもんの秘密道具、社会制度、教育、自由、・・・

人文・社会・自然の諸学の考究：大学

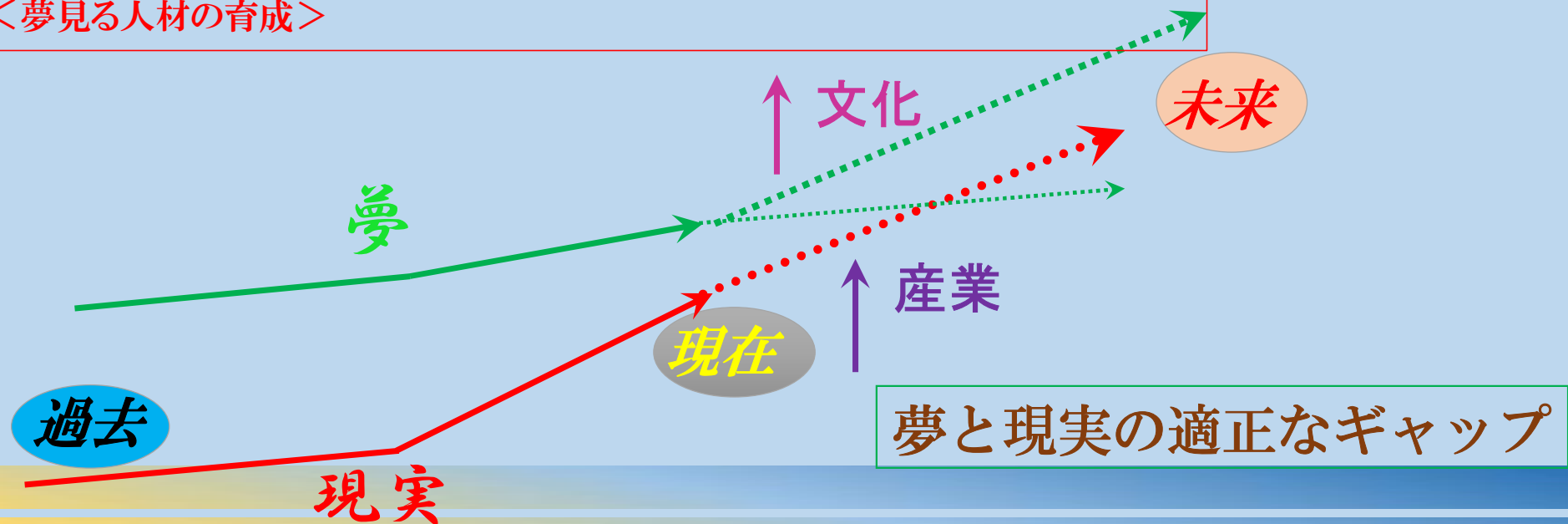
経済の駆動と展開：社会

文化の実相の分析と解明：大学＋社会

人類・社会の繁栄と幸福への展開：大学×社会

<夢見る人材の育成>

## 新しい夢の見方



ご清聴、  
ありがとうございました。



<https://aibo.sony.jp/>



[https://wordpress.cbchintai.com/content/uploads/2015/01/pet\\_1-1380x919.jpg](https://wordpress.cbchintai.com/content/uploads/2015/01/pet_1-1380x919.jpg)