

令和5年度先端建設技術セミナー

第4次AIブームの背景と診断技術への適用可能性

寺野 隆雄

千葉商科大学

terano@cuc.ac.jp

<https://teranolab.sakura.ne.jp>

Gallery for
Evolutionary computation and
Artificial intelligence
Researches



内容

- はじめに
- 第1期・第2期・第3期・第4期の人工知能ブームの特徴
- ビジネスに人工知能技術を適用するための前提と課題
- 建設物の診断問題とAI技術
- Chat-GPTをめぐって
- まとめ



寺野隆雄・略歴

- ・1978年東京大学工学系研究科情報工学修士課程修了：
オペレーションズ・リサーチ; 数値解析の研究に従事
- ・1978年～1989年電力中央研究所勤務：
システムエンジニアとして情報システム関係の職務に従事； 1980年代の第2次AIブーム時に、
ICOT-WGメンバ; 電力事業に関連するエキスパートシステム研究開発に従事
- ・1990年～2004年筑波大学大学院経営システム科学専攻：
社会人むけのビジネススクールで研究教育
人工知能・意思決定・ゲーミングシミュレーション・社会シミュレーション等の研究・教育に従事
(1991年: 工学博士号取得・東京工業大学)
- ・2004年より 東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻教授.
2016年～2018年 組織変更により情報理工学院・教授
社会シミュレーション, サービス科学, 知識システムなどに興味をもつ.
- ・2018年4月～ 産業総合技術研究所 招聘研究員、
東京工業大学(2018年)、筑波大学 名誉教授(2009年)、
(株)みらいリレーションズ 技術顧問
- ・2019年4月～ 千葉商科大学・基盤教育機構教授 2023年4月～同研究担当副学長
- ・人工知能学会, 経営情報学会, 社会情報学会, 情報処理学会, 計測自動制御学会, 日本OR学会,
プロジェクトマネジメント学会, 進化経済学会, 日本シミュレーション&ゲーミング学会, 横断型基幹
科学技術研究団体連合などの理事, 学会誌・論文誌編集委員(長), 研究会主査を歴任.
IEEE会員, PAAA代表
- ・企業との共同研究例: サムスン電子・トヨタ自販・三菱電機・日立製作所・AZBIL・JFE製鉄・コマツ・
ヤマト運輸・SIARC他



文献リスト

- 寺野隆雄: 人工知能技術を使いこなすには. 経営システム, Vol. 27, No. 4, pp. 207-212, 2018年1月.
- 寺野隆雄: 人工知能研究の過去・現在・未来-人工知能から人口知能へ. 日本物理学会誌, Vol.. 74, No. 7, pp. 454-462, 2019年7月.
- メラニー・ミッチェル(尼子千津子(訳)): 教養としてのAI講義. 日経BP社, 2019.
- 寺野隆雄: 知識システム開発方法論. 朝倉書店, 1993.
- ACTEC-web: トンネル情報活用研究会.(2023年7検索)
https://www.actec.or.jp/TN_katsuyoukenkyuukai/
- 黒橋禎夫: 自然言語処理[三訂版]. 放送大学教育振興会, 2023.
- ステファン・ウルフラム(稲葉通将・高橋聡(訳)): ChatGPTの頭の中. ハヤカワ新書009, 2023.
- 岡野原大輔: 大規模言語モデルは新たな知能か-ChatGPTが変えた世界-. 岩波科学ライブラリー319, 2023.

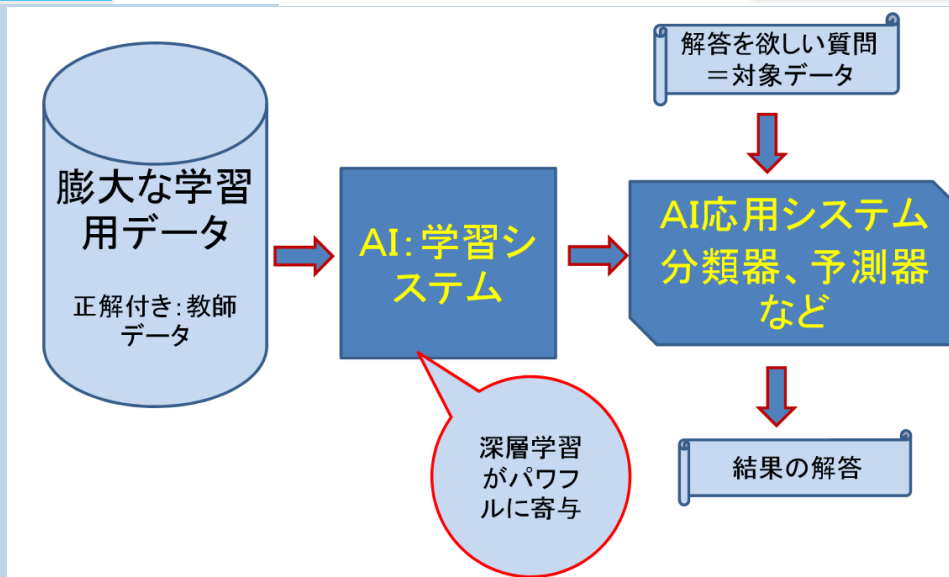
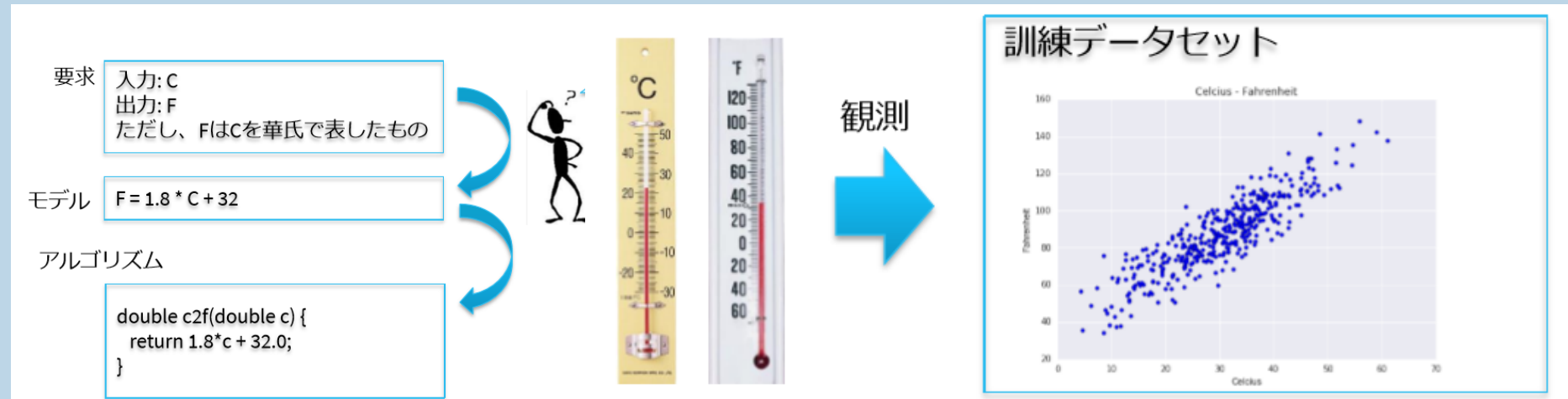


最近のコンピュータの進歩

- 1977年：アップルIIの発売, ジャンボの初飛行
 - アップルII
 - 4キロバイトのメモリ
 - 1メガヘルツの速さ
 - 35万円
 - ジャンボ機:
 - 300トンの人間・貨物
 - 1000km/時の速さ
 - 百億円(=当時の最高級計算機の値段)
- 2018年:
 - アップル iMAC Pro
 - 128ギガバイトのメモリ
 - 18コアXeonプロセッサ; 1プロセッササイクルタイム:3.2GHz
 - 150万円
 - ジャンボが同じ進歩をしていたら...
 - 300億トンの貨物
 - 6000万km/時の速さ(光よりは早い!)
 - 4百億円



今はやりの人工知能



人工知能の研究ブーム

- 第1次

- 1956年:ダートマス会議でスタート
- 汎用問題解決器（問題:現状と理想との差異）
- 1960年代はじめ:機械翻訳の失敗で収斂

- 第2次

- 1980年代はじめ:エキスパートシステム
- 1980年代はじめ:第5世代コンピュータプロジェクト
- 1990年代はじめ:知識獲得・脆弱性で収斂

- 第3次

- 2010年から2020年:ANNの復活
- ゲームでの成功
- パタン認識での成功

- 第4次

- 2020年-
- 大規模言語モデル



人工知能に対する考え方

- 知能:
 - 情報が完全: アルゴリズム→情報科学
 - 情報が不完全: ヒューリスティクス→人工知能
- 人工知能:
 - 知能の原理をコンピュータを利用して明らかにする(← 強いAI: 本当にわかっている)

人はシステムの外部

- 「賢い」コンピュータ(システム)を作る
(← 弱いAI or IA: I/Oが賢く見える)

人はシステムの内部

(瀧口(訳): 人工知能は敵か味方か, 日経BP, 2017.)

John Markoff: Machines of Loving Grace, Ecco, 2016

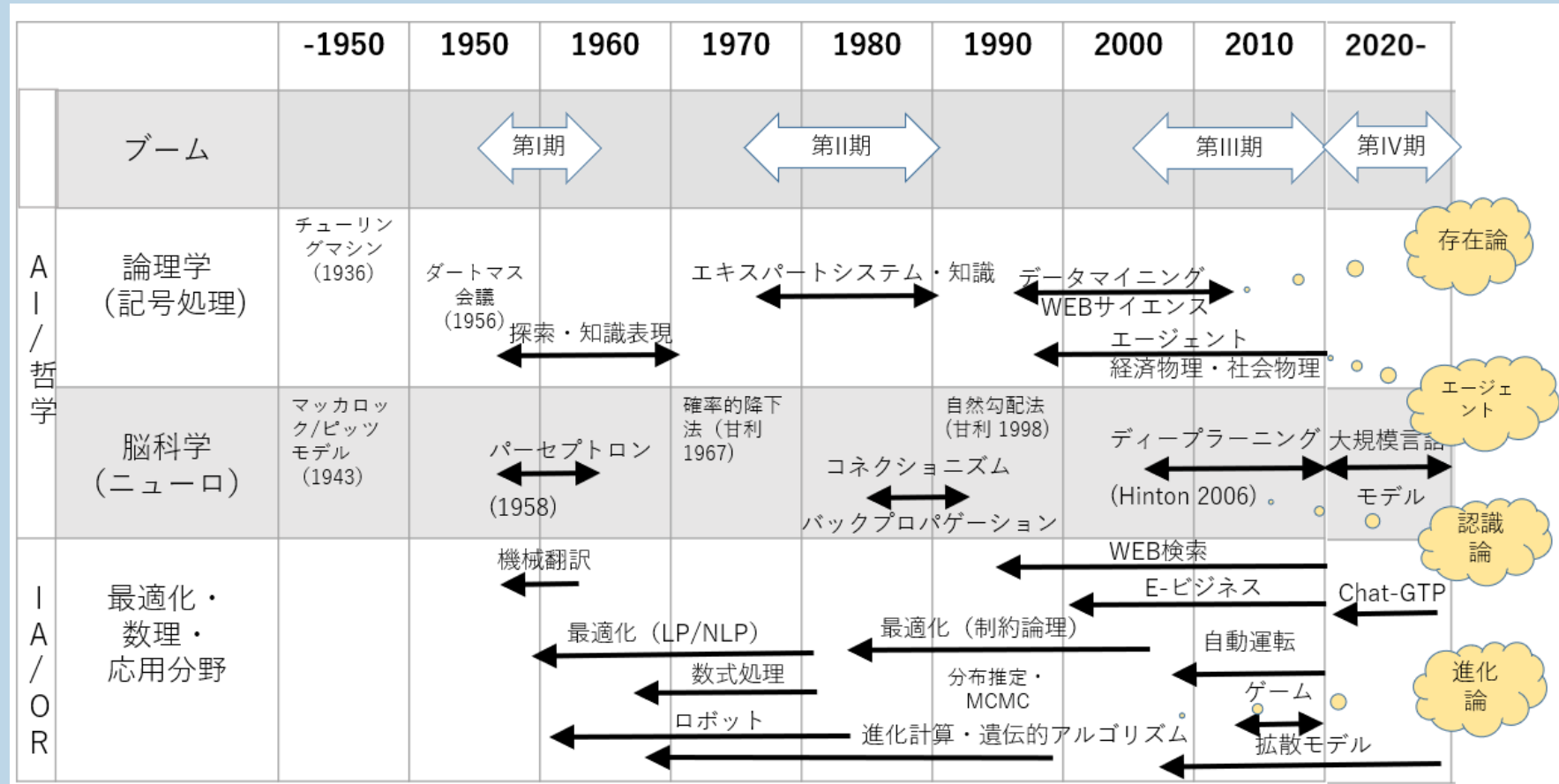


人工知能とビジネス

- 人工知能：
 - 知能の原理をコンピュータを利用して明らかにする
 - 「賢い」コンピュータ(システム)を作る
 - Singularity Problem 2045 by R. Kurzweil
- AIに仕事は奪われるのか？
- ビジネス
 - CCC: Challenge for Chance of Change



人工知能の歴史



ダートマス会議の提案書

A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

J. McCarthy, Dartmouth College
M. L. Minsky, Harvard University
N. Rochester, I.B.M. Corporation
C.E. Shannon, Bell Telephone Laboratories

August 31, 1955

We propose that a 2 month, 10 man study of artificial intelligence be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves. We think that a significant advance can be made in one or more of these problems if a carefully selected group of scientists work on it together for a summer.

<http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>



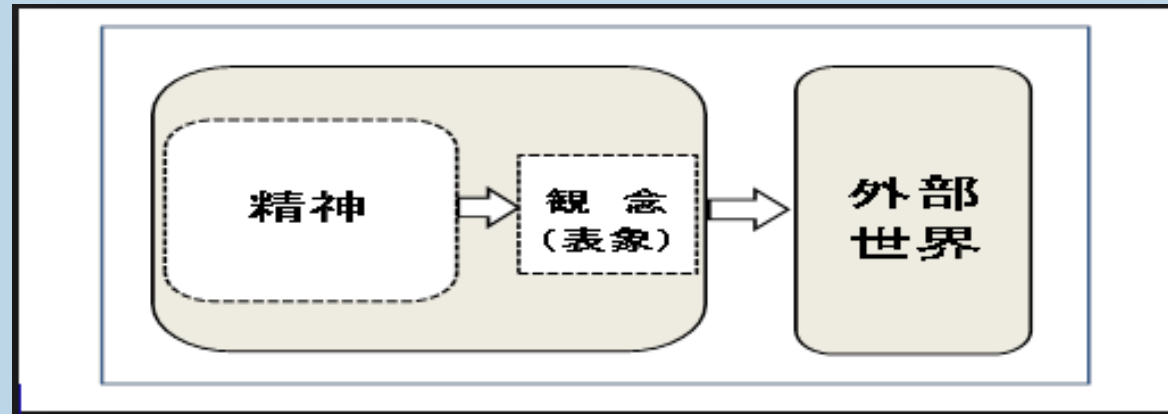
人工知能の分類

- 認識論 (Epistemology) Mark Stefik
 - どのように世界を認識するか
- 存在論 (Ontology) Tom Gruber
 - 世界に存在するものに注目する
- 進化論 (Darwinism) David Goldberg
 - 環境の中で集団としての変化に注目する
- エージェント社会 (Society of Mind) Mervin Minsky



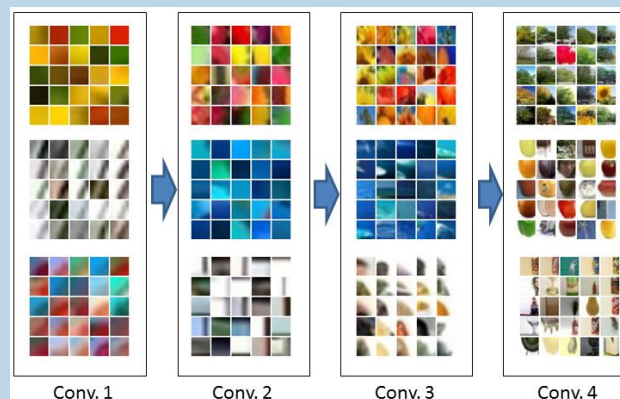
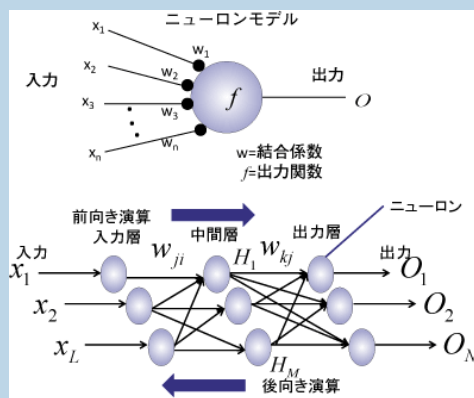
人工知能では...

- 認識論(Epistemology) Mark Stefik
 - どのように世界を認識するか
- 存在論(Ontology) Tom Gruber
 - 世界に存在するものに注目する
- 進化論(Dawininsm) David Goldberg
 - 環境の中で集団としての変化に注目する
- エージェント社会(Society of Mind) Mervin Minsky



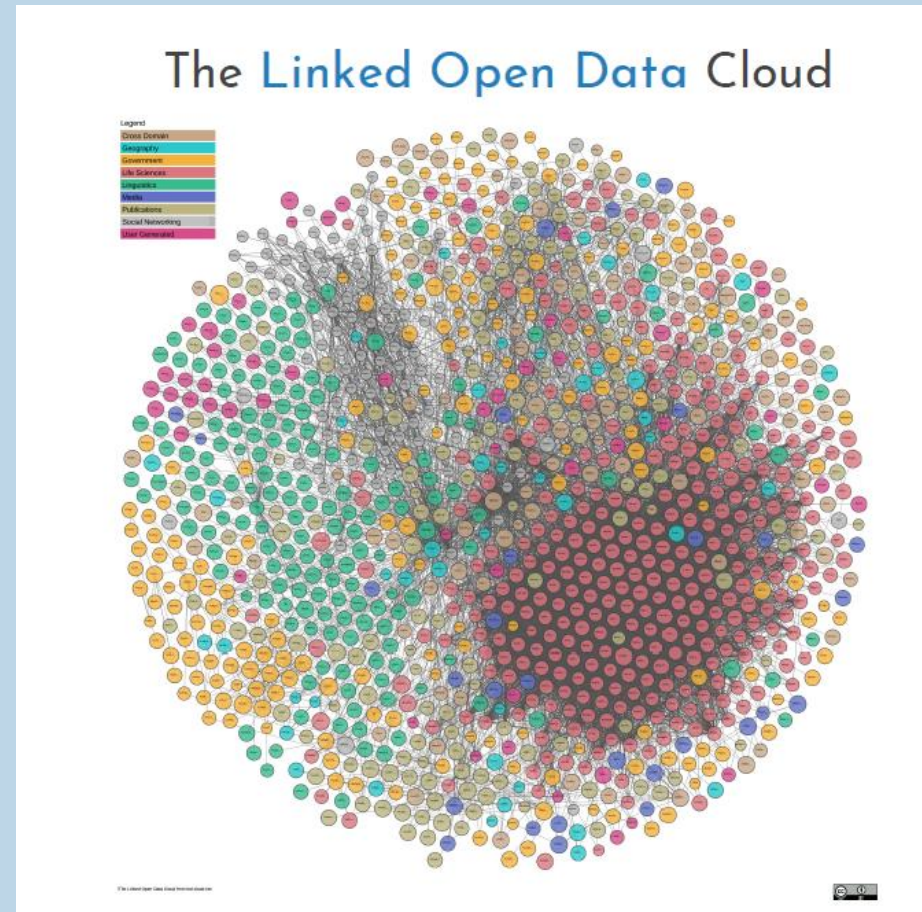
認識論に基づく手法

- ニューラルネットワーク
 - 神経素子の性質に注目
 - 自律分散的システム
 - 素子をどう組み合わせるか
 - パーセプトロン→階層ネット→深層学習



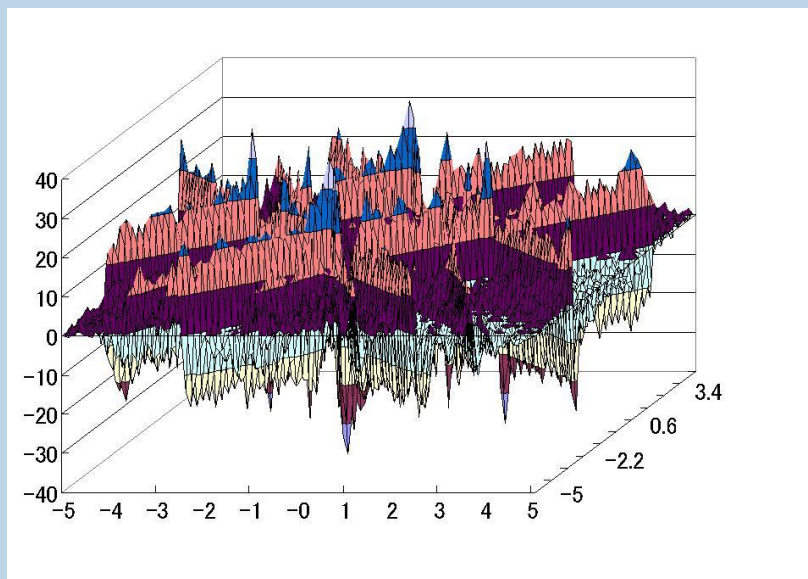
存在論に基づく手法

- WEBサイエンス
 - WEBが知識ベース
 - 「賢い」検索
 - Watson (IBM)
 - Linked Open Data

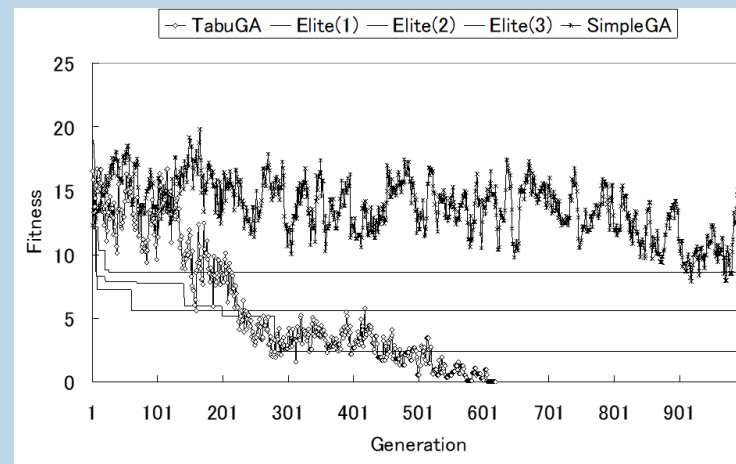


進化論に基づく手法

- 遺伝的アルゴリズム
 - 生物の進化を例にした多点探索手法・最適化手法



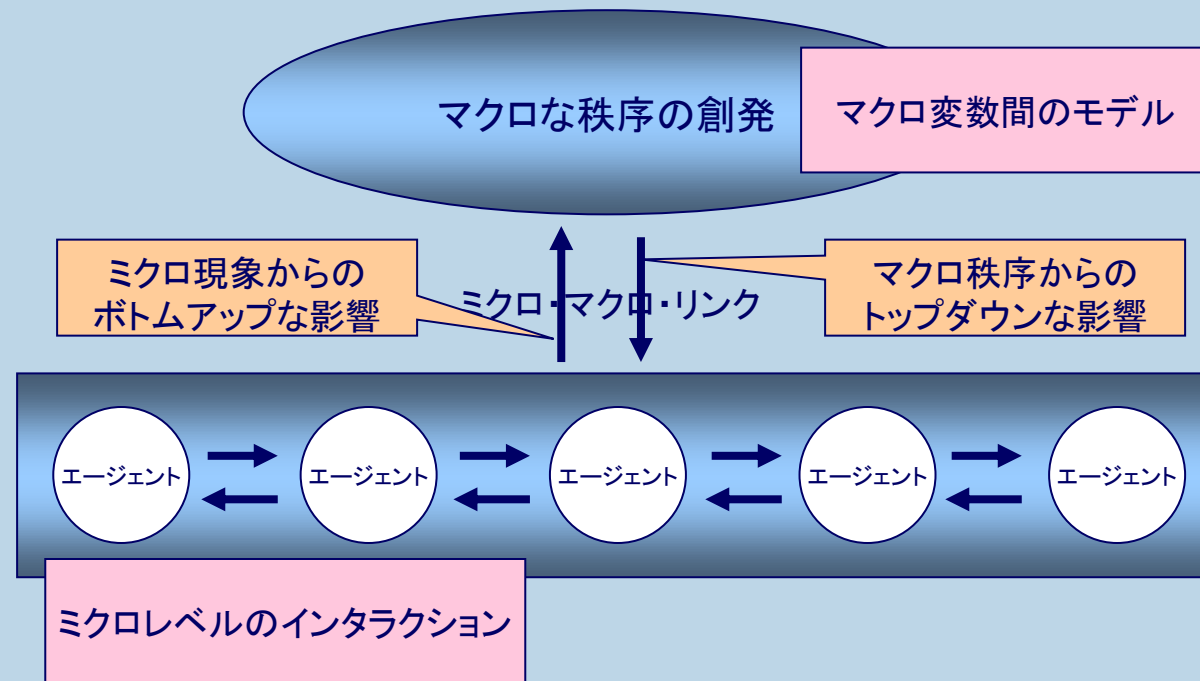
複雑な目的関数の例



個体数: 50
長期タブーリスト長:
10
短期タブーリスト長: 3
ノルム: 0.2



エージェント・モデルの原理



人間の特性と知能・人工知能

- 知能の特性

- 事前知識の影響
- 細かいことは考えたくない
- 注視点が狭くなる
- 見たために影響されやすい
- 環境の影響を受けやすい

- 人工知能の特性

- 事前知識がないとダメ
- 細部にこだわる
- 注視点が狭くなる
- 見たために影響されない
- 環境は知らない



これは何でしょう？



Gregory R (1970) "The intelligent eye"
McGraw-Hill, New York (Photographer: RC James)



思い込み？

こんにちは みさなん おんげき ですか？ わしたは げんき です。

この ぶんしょう は いりぎす の ケブンツリジ だがいく の けゆきんう の けっか
にんげは もじ を にしんき する とき その さしいよ と さいご の もさじえ あいてつれば
じばんゆん は めくちちゃ でも ちゃと よめる という けゆきんう に もづいとて
わざと もじの じんばゆん を いかれえて あまりす。

どうです？ ちゃと やちめう でしょ？

ちゃと よためら はのんう よしろう

みさなん ちゃと よまめした か？

にんげ には とても ふぎしな こと が たさくン あまりす ね。

しらばく このうよな ふぎしな ぶんしょう で につき を かこうかしら？

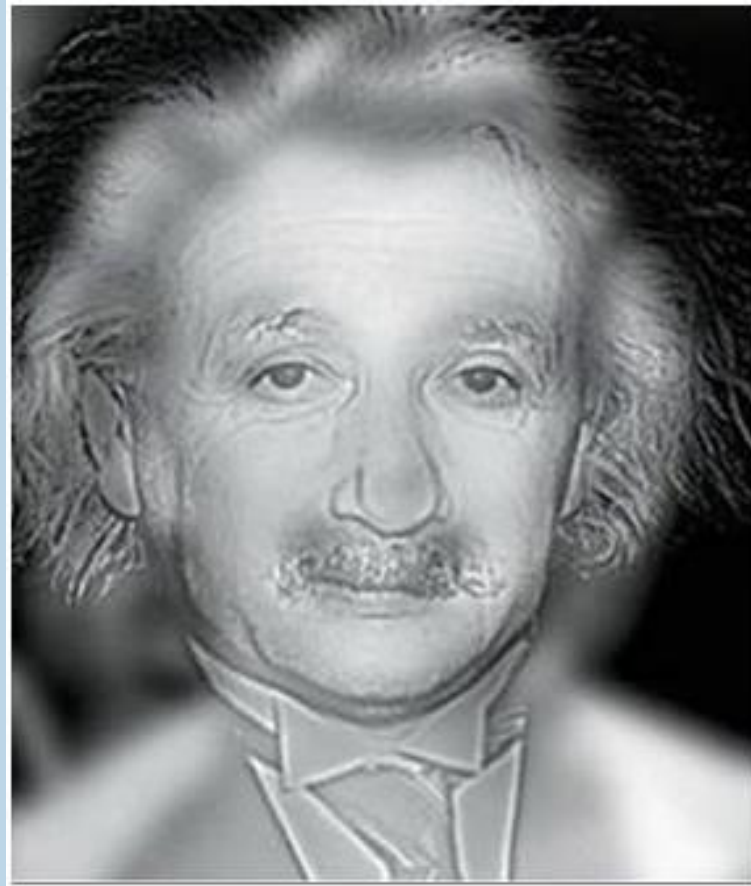
でも この ぶんしょう を かがんえて いると にもじ や さもんじ の

いかれえ が でなきい ことば ばかり が おもい つかぶ ー；

けこっう むかずしい です。



何に見えるか？



逆さの顔



p	q
b	d



人間の特性と知能・人工知能

- 知能の特性

- 事前知識の影響
- 細かいことは考えたくない
- 注視点が狭くなる
- 見たために影響されやすい
- 環境の影響を受けやすい

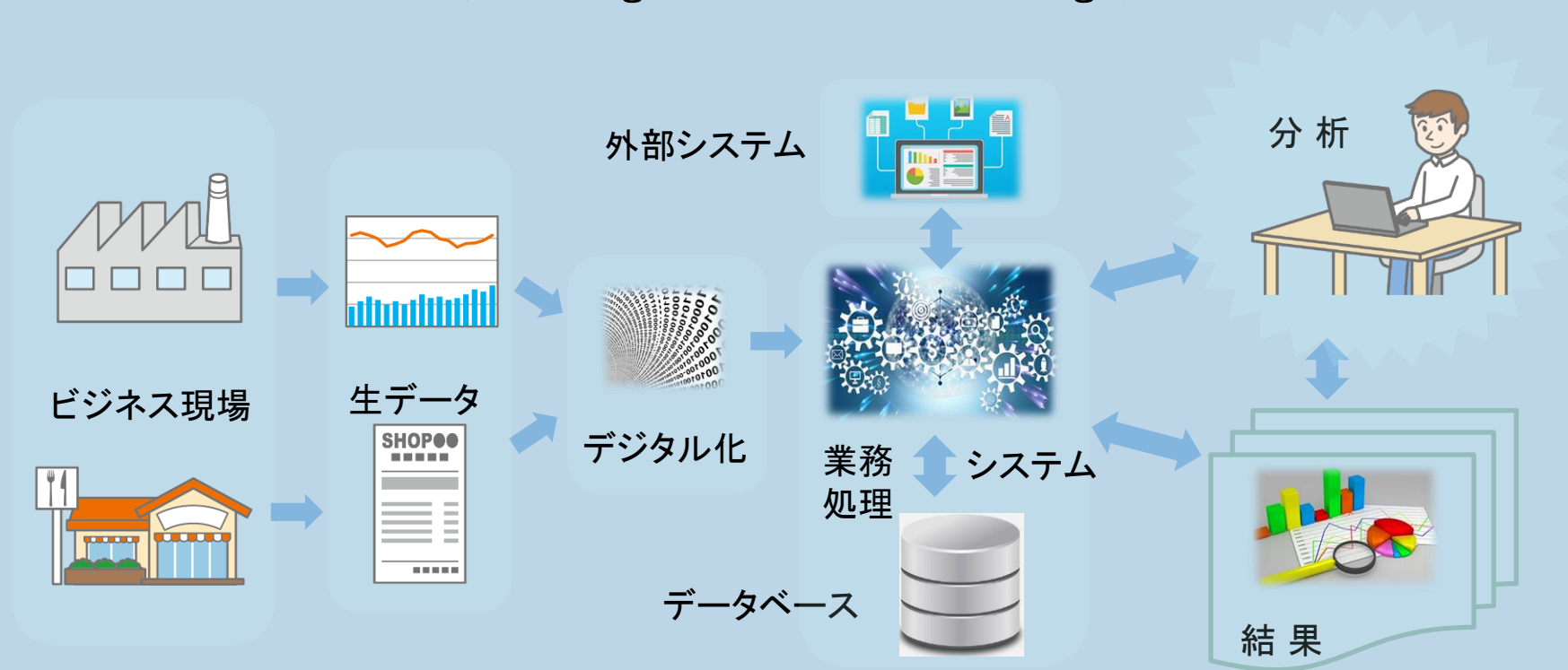
- 人工知能の特性

- 事前知識がないとダメ
- 細部にこだわる
- 注視点が狭くなる
- 見たために影響されない
- 環境は知らない



ビジネスとデータと分析

- ・ビジネス≠金儲け
- ・ビジネス: CCC (Challenge for Chance of Change)



データ収集の問題点

- ・ビジネスの現場 : データがない ; どこにあるか不明
- ・生データ : 多すぎて手に負えない ; 処理できない
- ・デジタル化 : コード系の違い ; 収集方法の違い
- ・業務処理システム : レガシー化で使いにくい ; 保守できない
- ・外部システム : 連携できない ; セキュリティ問題
- ・データベース : レガシー化 ; 過去データと不整合
- ・分析 : 担当者・専門家がいらない ; 表計算のオバケ化
- ・結果 : 理解されない ; 変更が多い

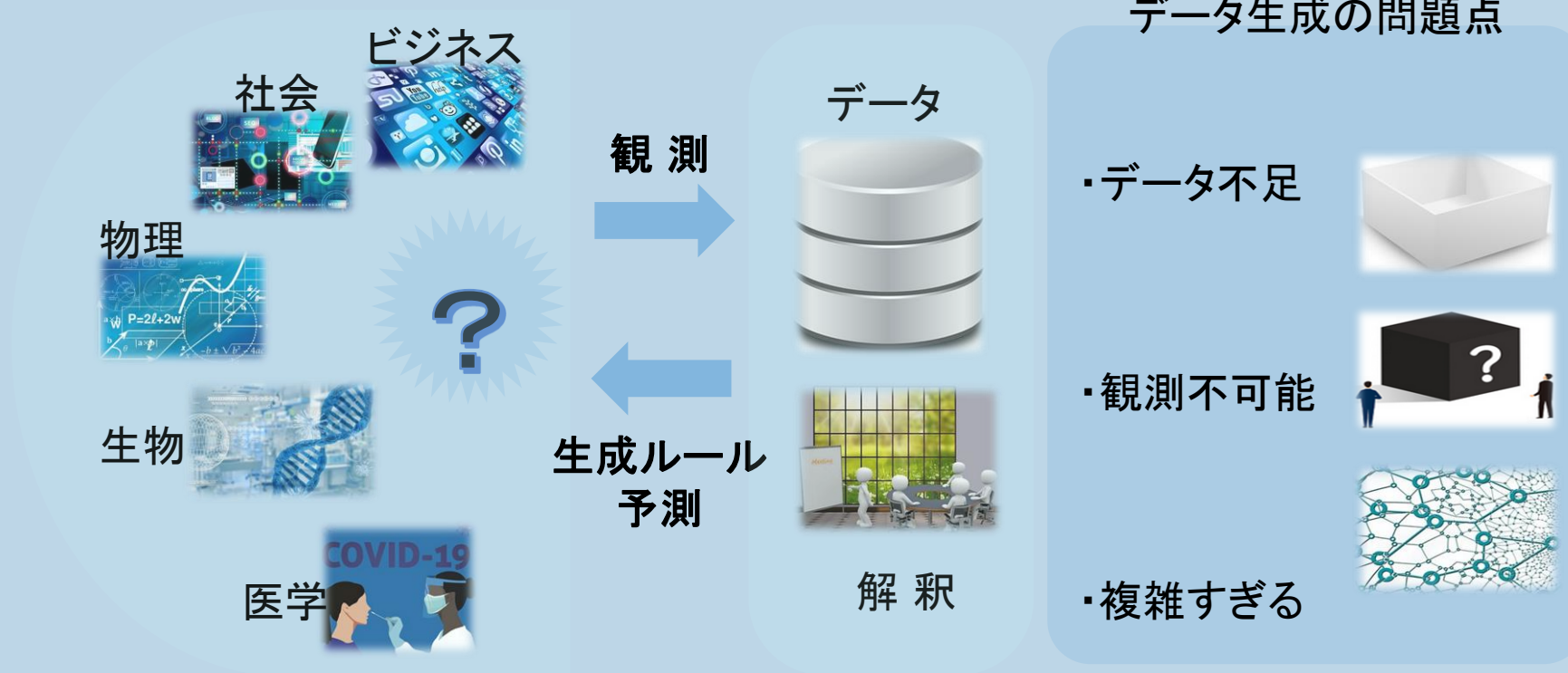
学習に必要なデータ量の問題

- ・深層学習の場合 $\sim O(10^6)$
- ・従来型学習の場合 $\sim O(10^2)$ から $O(10^4)$
- ・知識主導型学習の場合 $\sim O(10)$
- ・人間の場合 $\sim O(1)$



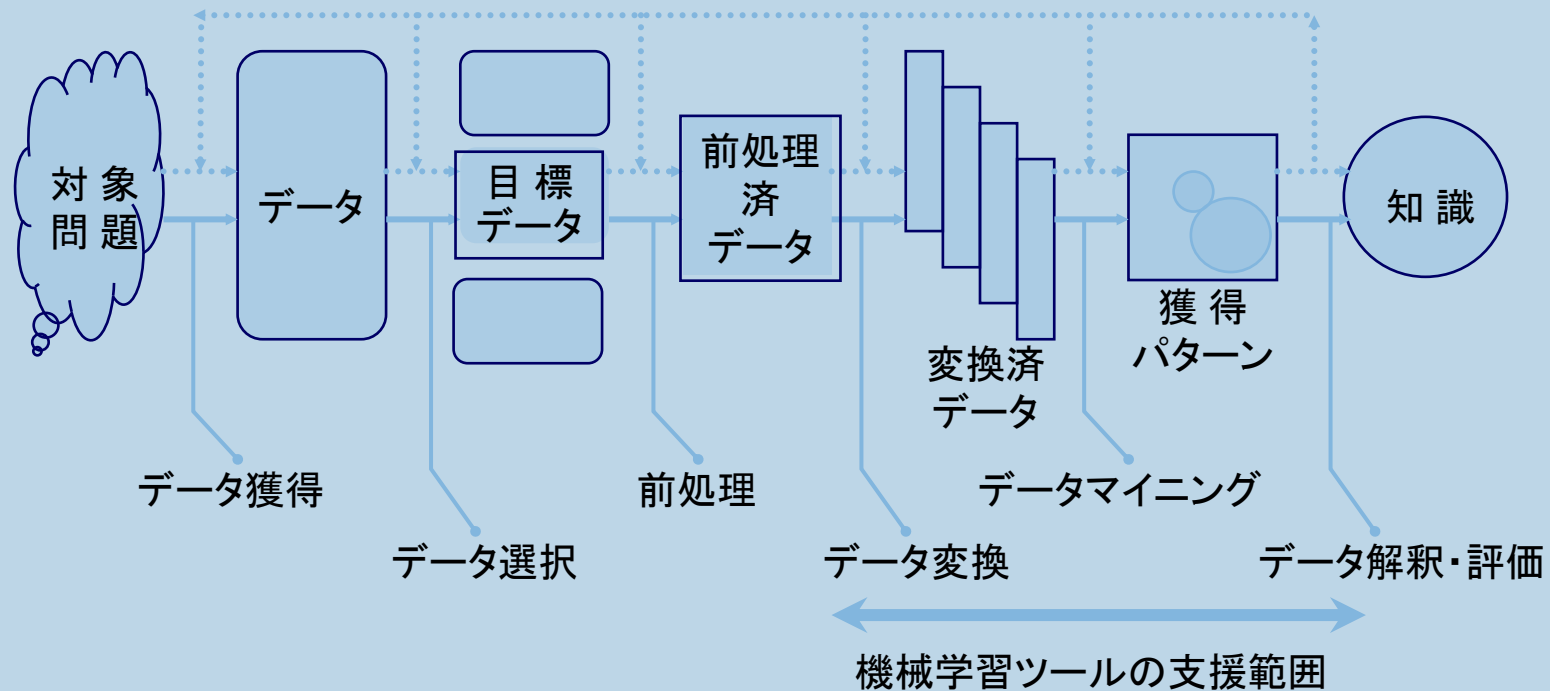
データ生成の方法

- ・システムからデータを得る(観測する・生成する)



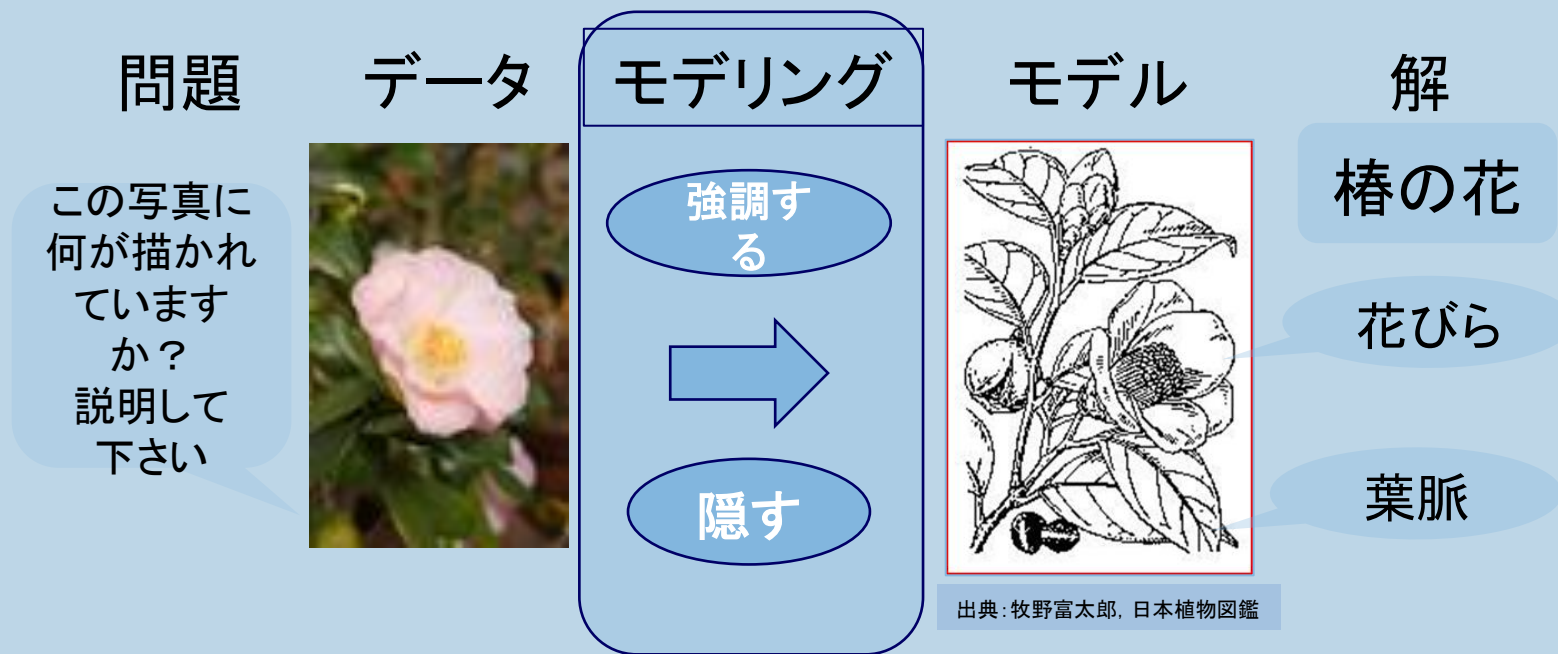
データの整形

- ・機械学習システムで使えるようにする手間：全作業の80%－90%

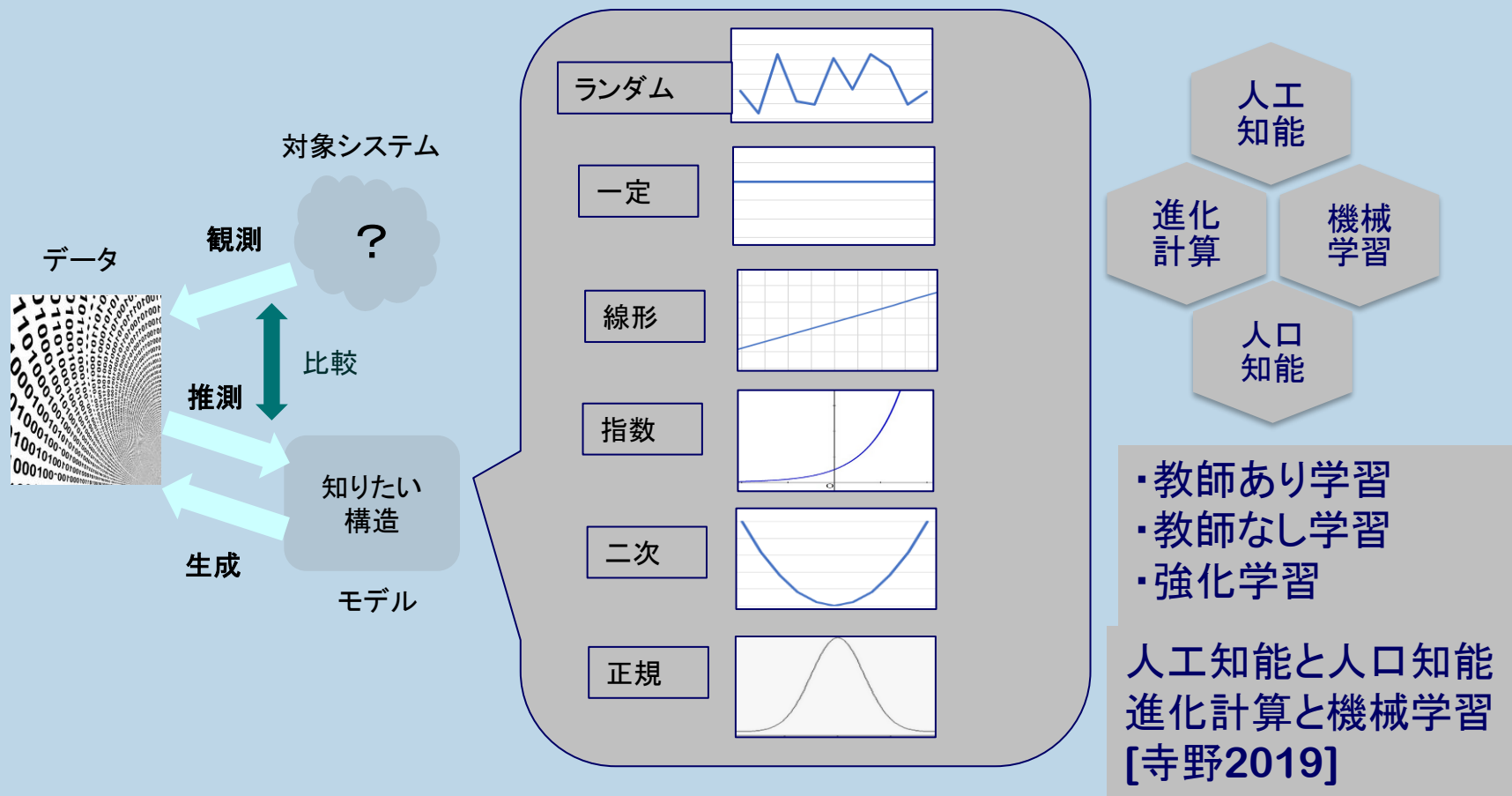


データモデリングの考え方

- ・良いモデル：対象データとの当てはまりの良さ＋解釈可能性



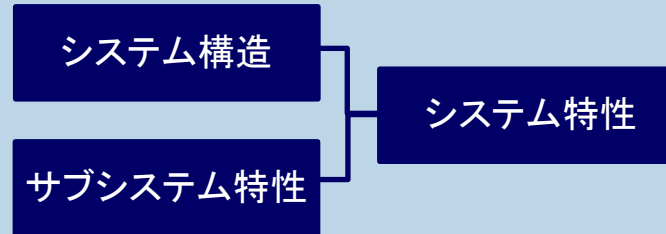
数理モデルの種類と使われ方



対象システムの分類

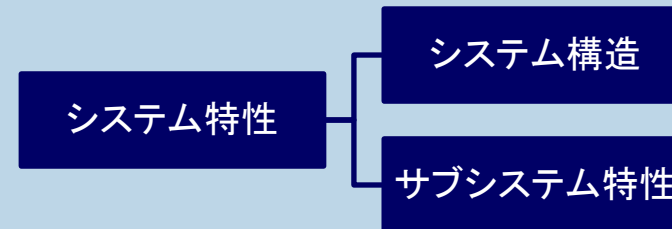
- 解析型問題

- 診断・解釈・制御などに分類される
- 手法: 教師付き・教師なし学習・強化学習



- 合成型問題

- 設計・計画などに分類される
- 手法: 生成検査法、最適化手法、数理計画

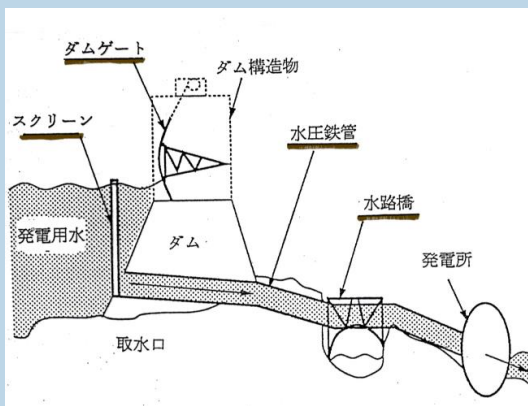
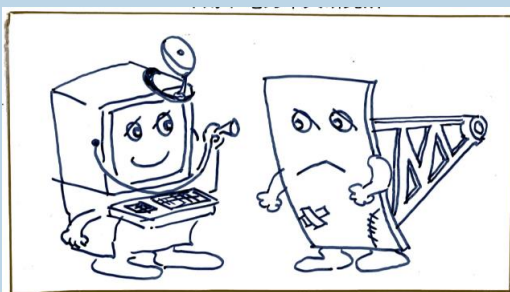


[寺野1993]



ダム鋼構造物の診断・寿命予測システム

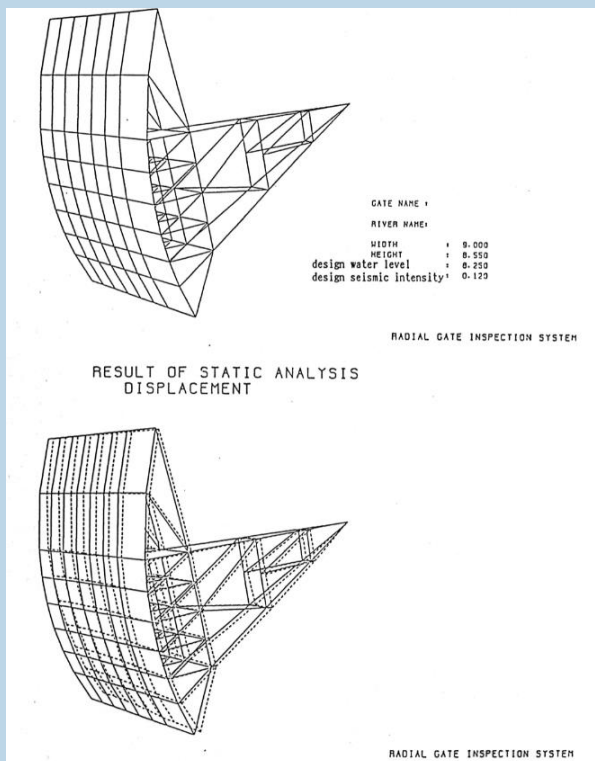
-1980年代のエキスパートシステム-



- ①データの信頼性を判定するルール群
- ②各種の物理定数をセットするルール群
- ③構造力学的情報に従って診断を行うルール群
- ④経験的診断ルール群（ヒューリスティックルールとも呼ぶ）

応力値・変位値の信頼性

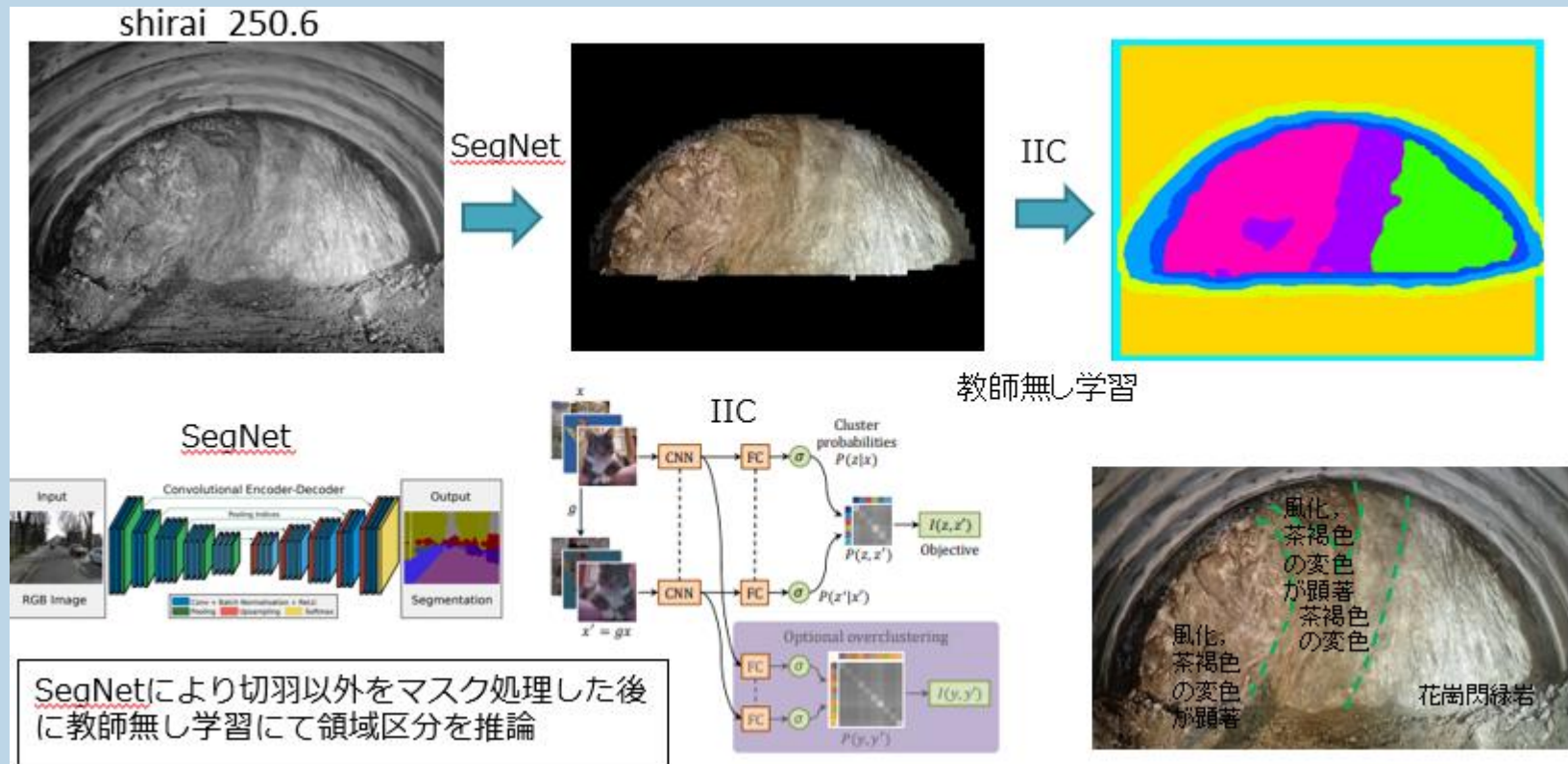
- ① if (数値データの信頼性が高い)
then (以後の推論には、解析値と補正値のうち厳しい方を用いる)
 - ② if (数値データの信頼性が低い)
then (以後の推論には、解析値を用いる)
 - ③ if $\left| \frac{(\text{部材の解析値}) - (\text{部材の補正値})}{(\text{部材の解析値})} \right| < 0.3$
then (数値データの信頼性が高い)
 - ④ if $\left| \frac{(\text{部材の解析値}) - (\text{部材の補正値})}{(\text{部材の解析値})} \right| \geq 0.3$
then (数値データの信頼性は低い)
 - ⑤ if $\left| \frac{(\text{部材の解析値}) - (\text{部材の補正値})}{(\text{部材の解析値})} \right| > 0.5$
then (数値データは異常値とする)
 - ⑥ if (解析値のみがある)
then (数値データの信頼性は低い)
 - ⑦ if (解析値と補正値の符号が異なる)
then (数値データの信頼性は低い)
 - ⑧ if (解析値と補正値の符号が異なり、補正値の絶対値が無視できないくらい大きい)
then (数値データは異常値とする)
- 注) 無視できない値とは、応力で 10 kg/cm²、変位で 0.05 cm以上とする。
- ⑨ if (補正値があって、かつ解析値がない)
then (補正値を以後の推論に使うが、数値の信頼性は低い)
 - ⑩ if (同じ場所に複数の異常値がある)
then (補正値に意味のある異常部材と判断し、以後の推論には補正値を用いる)



[寺野1993]



ACTECによる切刃イメージ診断



[ACTEC2023]



Chat-GPTの原理(言語モデル)[黒橋2023]

- 例文

- 「私はりんごを○○○」

- 大規模コーパス(文例集)

- たとえば3000億単語

...お店で私はりんごを食べた...

...彼と私はりんごを食べた...

...昨日私はりんごをかじった...

...私はりんごを食べた後...

...私はりんごを殴った夢を...

- 確率計算

$$P(\text{食べた} | \text{私はりんごを}) = \frac{\text{コーパス中の頻度 (私はりんごを食べた)}}{\text{コーパス中の頻度 (私はりんごを)}}$$

$$P(\text{殴った} | \text{私はりんごを}) = \frac{\text{コーパス中の頻度 (私はりんごを殴った)}}{\text{コーパス中の頻度 (私はりんごを)}}$$

- 単語のベクトル化

- 1単語を1,000-10,000次元程度のベクトルで表す

りんご [-0.034, 0.000, 0.010, -0.004, -0.012, -0.002, 0.007, 0.023, -0.002, 0.006, ...]

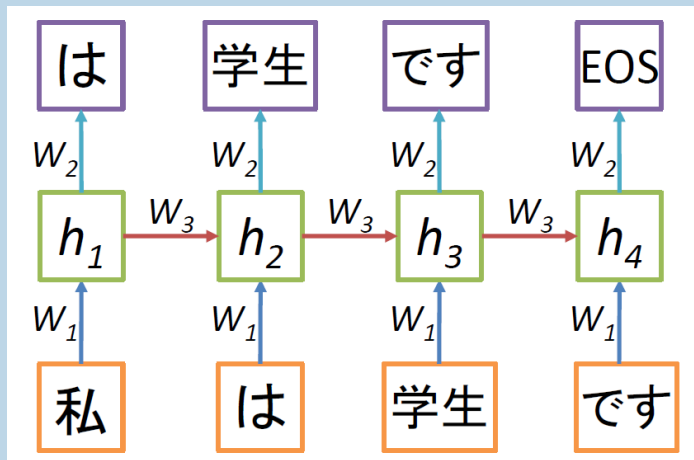
みかん [-0.022, 0.000, -0.020, -0.007, -0.007, -0.007, -0.001, 0.007, -0.003, 0.024, ...]

車 [-0.016, -0.014, -0.017, 0.009, 0.002, 0.012, -0.010, 0.015, 0.015, -0.008, ...]

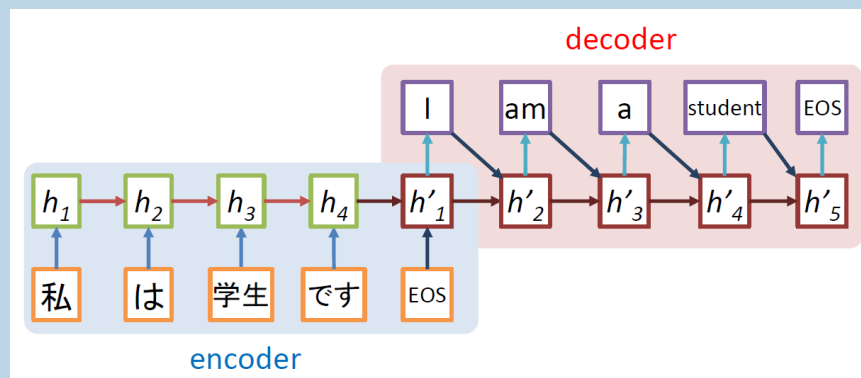


Chat-GPTの原理(機械学習＋翻訳) [黒橋2023]

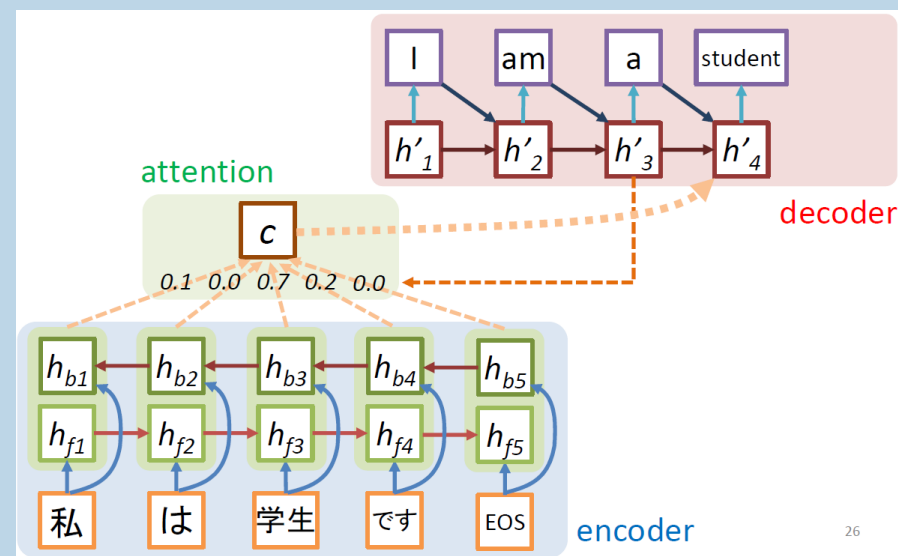
- RNN(再起型ネットワーク)



- ニューラル翻訳



- Attention



- Transformer



ChatGPTはなぜうまく動くか

[岡野原 2023][ウルフラム 2023]

- 画像認識生成・音声認識・翻訳...で成功
- 数千億個のパラメタをもつANNで成果を挙げられることを証明
- 結果が完璧になることはあり得ない
- 「人間のような部分」にはうまく働く
- 多くの解のどこかには早くいける
- データが多いと性能が上がる
- 形式と厳密性が要求される分野には新たなブレークスルーが不可欠
- GPT5以降はない！



AIの社会実装に向けてのTIPS

- システム技術者へ
 - 先端と末端; 鳥の目と虫の目
- 経営者層へ
 - システム思考
 - 意思決定
- SOSへ
 - 多様性の増加・維持
 - 境界をどこに求めるか
- 人材育成のために ←先進企業の実力低下
 - 研究組織の必要性
 - 人間に責任を取らせないシステムへ



システム化を促進するために

- ・システムの特殊性: (一般に) 目に見えない; 動的である; プロセスが重要
- ・システム・情報系VS伝統科学技術 ← 「システム」のコバンザメ性
- ・優れたシステム屋を育てるには:
 - ・教わること; わからないことを教えること
 - ・優秀なメンバを一か所に集めて議論させる



文献リスト

- 寺野隆雄: 人工知能技術を使いこなすには. 経営システム, Vol. 27, No. 4, pp. 207-212, 2018年1月.
- 寺野隆雄: 人工知能研究の過去・現在・未来-人工知能から人口知能へ. 日本物理学会誌, Vol.. 74, No. 7, pp. 454-462, 2019年7月.
- メラニー・ミッチェル(尼子千津子(訳)): 教養としてのAI講義. 日経BP社, 2019.
- 寺野隆雄: 知識システム開発方法論. 朝倉書店, 1993.
- ACTEC-web: トンネル情報活用研究会.(2023年7検索)
https://www.actec.or.jp/TN_katsuyoukenkyuukai/
- 黒橋禎夫: 自然言語処理[三訂版]. 放送大学教育振興会, 2023.
- ステファン・ウルフラム(稲葉通将・高橋聡(訳)): ChatGPTの頭の中. ハヤカワ新書009, 2023.
- 岡野原大輔: 大規模言語モデルは新たな知能か-ChatGPTが変えた世界-. 岩波科学ライブラリー319, 2023.

