

クレジット:

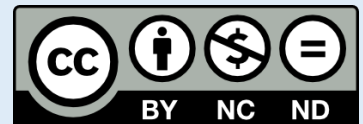
UTokyo Online Education 学術俯瞰講義 2016 中島秀之

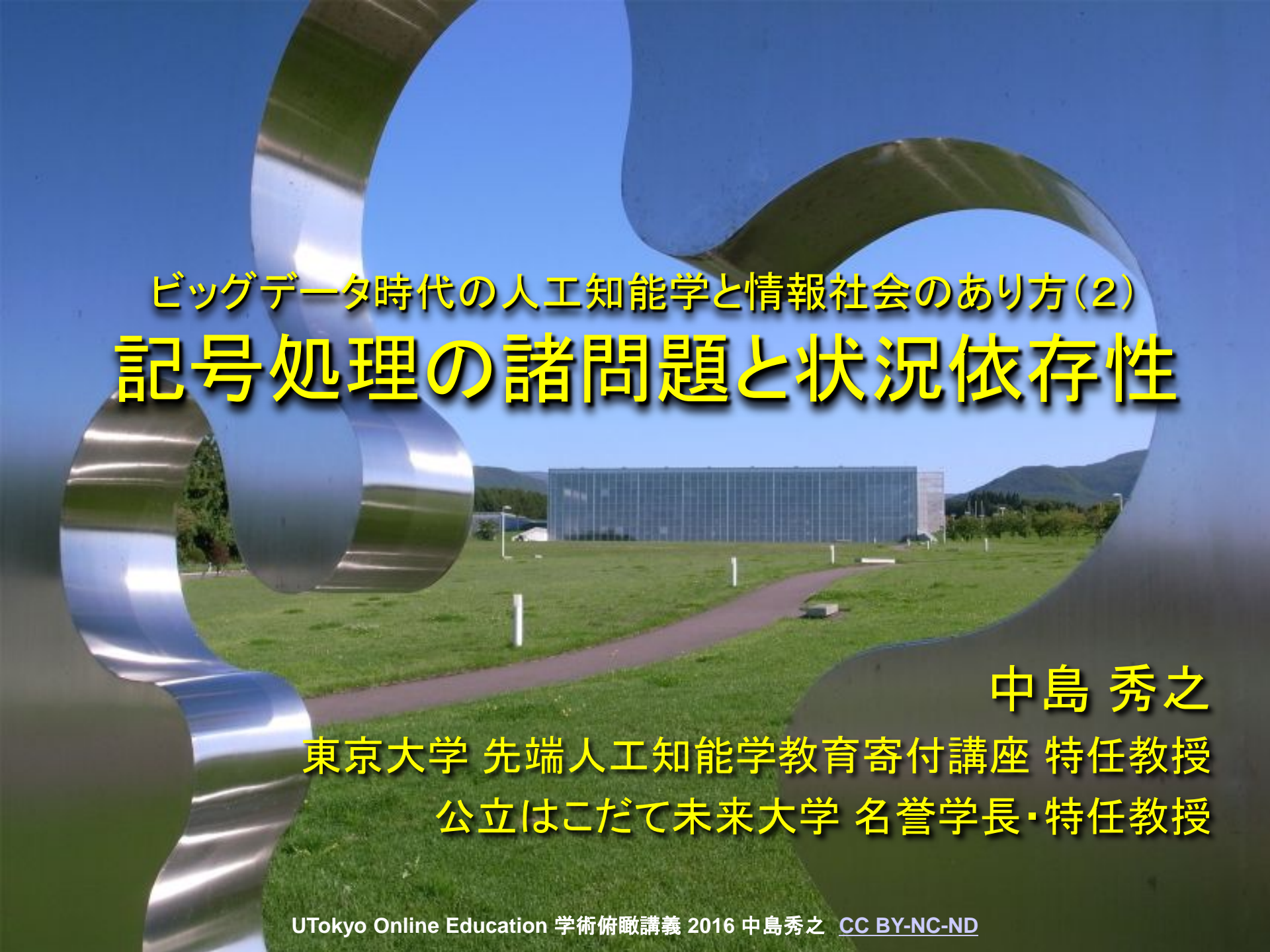
ライセンス:

利用者は、本講義資料を、教育的な目的に限ってページ単位で利用することができます。特に記載のない限り、本講義資料はページ単位でクリエイティブ・コモンズ 表示-非営利-改変禁止 ライセンスの下に提供されています。

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

本講義資料内には、東京大学が第三者より許諾を得て利用している画像等や、各種ライセンスによって提供されている画像等が含まれています。個々の画像等を本講義資料から切り離して利用することはできません。個々の画像等の利用については、それぞれの権利者の定めるところに従ってください。





ビッグデータ時代の人工知能学と情報社会のあり方(2)
記号処理の諸問題と状況依存性

中島 秀之

東京大学 先端人工知能学教育寄付講座 特任教授

公立はこだて未来大学 名誉学長・特任教授



AIの歴史（復習を兼ねて）

人工知能研究のはじまり

- 1950 チューリングテスト
Alan Turing: Computing Machinery and Intelligence
- 1956 ダートマス会議 "Dartmouth Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years"

チューリングテスト [Turing 1950]

- 「知能を持つ」という言葉に対して半ば客観的な定義
- テレタイプを2台
 - 1台は他のテレタイプにつながっており、他の人間が座っている。
 - もう1台はコンピュータに接続されている。
 - このコンピュータのプログラムは人間の反応をシミュレートするようにできている。
- この2台のテレタイプのどちらが人間でどちらがコンピュータか判らなければ、このコンピュータプログラムは知能を持っていると言ってよいというもの
- チューリングテストでは人間はどんな質問をしてもよい。
 - 詩を作らせてもよいし、文学作品の感想を聞いてもよい
 - プログラムのほうも、人間をまねるためにあらゆる努力をする。たとえば計算問題に関しては、時間をかけたり、ときどき計算を間違えたりする。
- テレタイプの交信に限定されている点が肝要
 - そうでなければ見かけや行動能力が効いてくる。

知能研究の立場の変遷

1. 物理記号システム仮説(physical symbol system hypothesis): 知能の本質は記号処理にある (Newell, SimonらAI創始者たち)
2. 知能の本質はパターン認識 (世界の分節化) にある
 - ニューラルネット派, 画像認識派
 - Deep Learning
3. 環境との相互作用の重視
 - 環世界, アフォーダンス
 - オートポイエシス (autopoiesis)
 - Brooksの服属アーキテクチャ (subsumption architecture)
 - 状況依存性 (situatedness)



前回の積み残し分

「知能」の定義は困難なので要素を考える

- 環境への適応(受動的)
 - 例:アメーバ, 粘菌
- 環境の改変(能動的)
 - 道具の使用
 - 例:蜂, 蟻, 鳥(巣作り)
- 学習／教育
 - 例:鳥の鳴き方
 - 脳が必要? 昆虫も学習するが...
- 予測・計画立案
 - 例:猿(大脳皮質が必要?)
- コミュニケーション, 言語
 - 例:蜂, 鳥, 猿
- 記号操作・抽象思考
 - 例:人間

社会知能の考え方

- 集団としての感情・知能
 - 模倣(ミラーニューロン)
 - 他人のモデル
 - アリの社会は一個体と見た方が良いかもしれない(個々の細胞が知能を持った生物?)
- 社会としての知能
 - 社会制度
 - 文化(ミーム)
- 社会としての進化
 - 共進化
 - **教育**システムや文化の遺伝と進化

けいはんな社会的知能発生学研究会 編
『知能の謎: 認知発達ロボティクスの挑戦(ブルーバックス)』
講談社、2004年

<http://bookclub.kodansha.co.jp/product?isbn=9784062574617>

スケールに厚いシステム [Havel IJCAI 1993]

- 植物は複数のスケールで有意
 - km 森
 - m 樹形
 - mm 細胞レベル
 - Å 分子レベル(DNA)

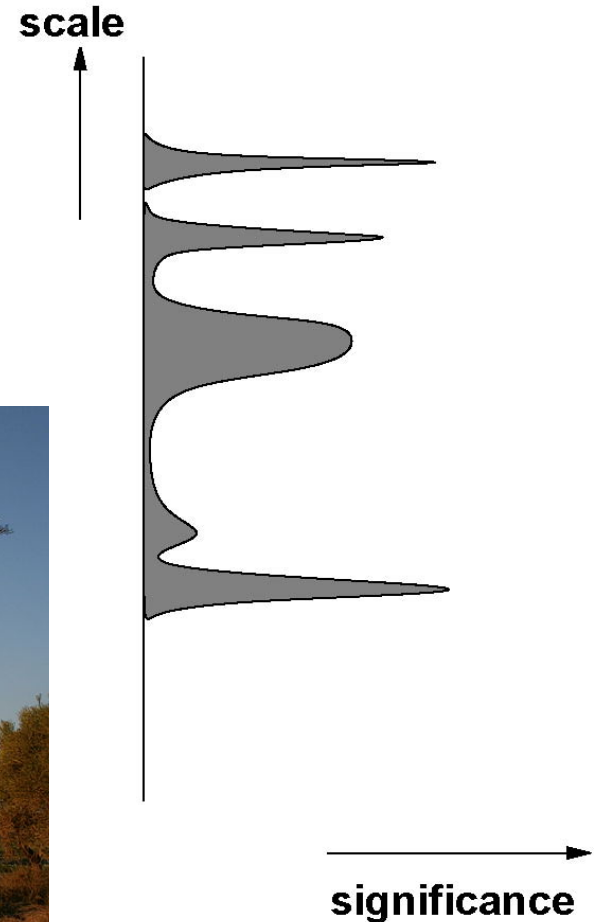
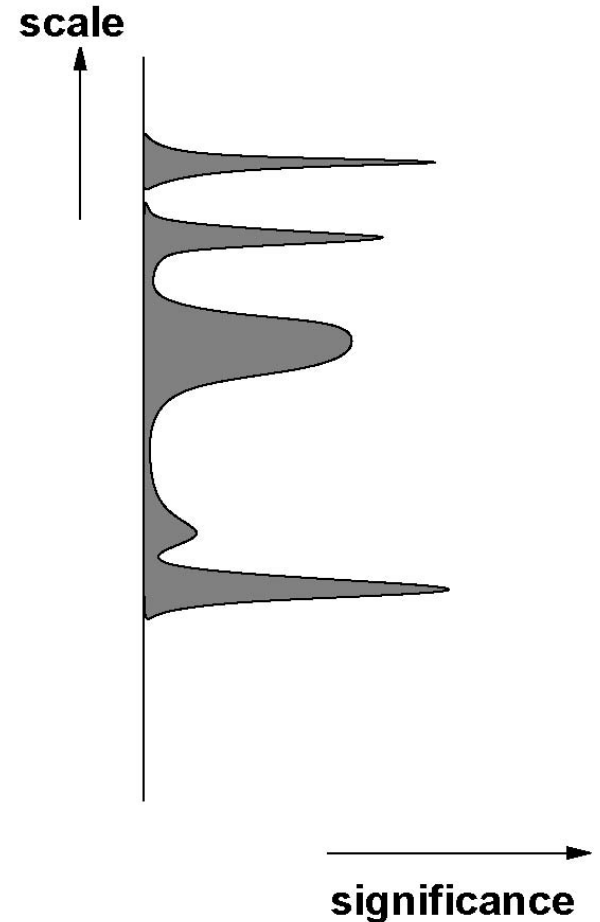


Image by Gavinevans,
from Wikimedia Commons
(ref. 2016/10/18)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Walking_the_Avenue_of_the_Baobabs.jpg
CC BY-SA 3.0

2016/10/07

人間理解の階層（多層システム）

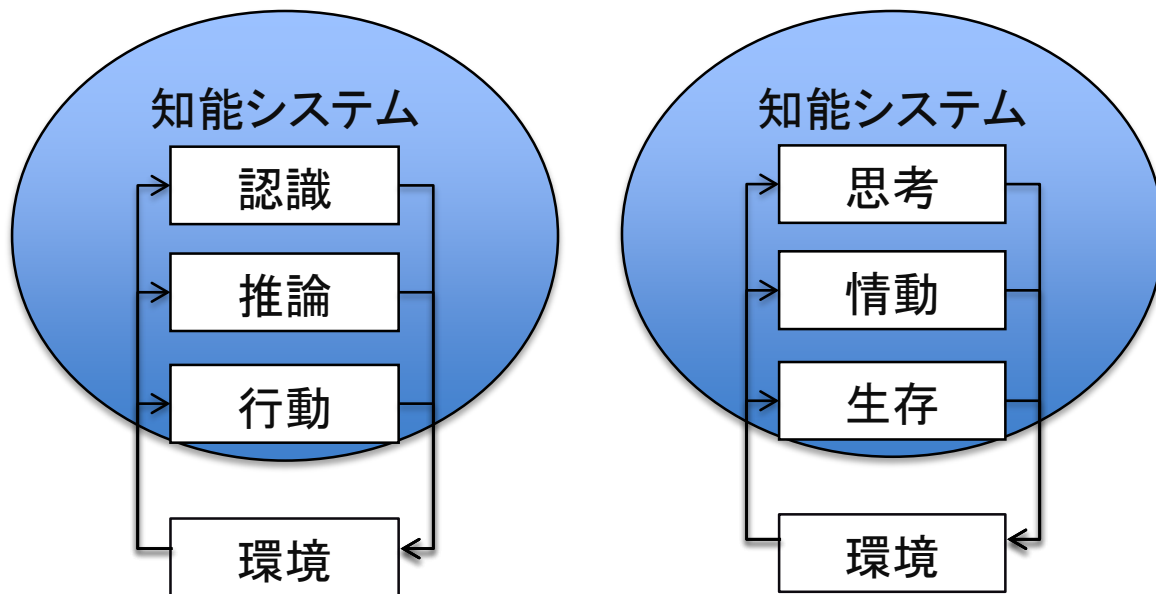
- 社会（特に教育）
- 個人
- 臓器
- 細胞
- 分子（遺伝子や蛋白質など）



多層システムの上下の関係や如何に

服属アーキテクチャ

大脳の三位一体説



著作権等の都合により、ここに挿入されていた画像を削除しました。

MacLean, Paul D. (1967) The Brain in Relation to Empathy and Medical Education, *Journal of Nervous and Mental Disease*, 144(5):374-382.

p.377 Fig.2

"The three basic types of brains which in the evolution of the mammalian forebrain become part of man's inheritance."

Jeff Hawkins: On Intelligence

- 大脳皮質の6層構造
 - トップダウンとボトムアップの融合
- 「脳は外界からの入力と脳自身が想起した情報とを区別できない」

Jeff Hawkins with Sandra Blakeslee, *On Intelligence*, Times Books, 2004.

<http://www.onintelligence.org/index.php>



知識表現と推論の諸問題

記号の意味

- 世界の分節化
 - 知能にとって意味のある同値類を抽出
 - 同値類には同じ反応・操作が可能
 - 苦い→毒
 - 甘い→栄養
 - 同じ入力が同じ記号に対応するとは限らない
 - cf. 環世界
- 外在化できる必要は必ずしもない
 - ニューラルネット (Deep Learningを含む) の中間層の一部も記号と考
えて良い
- コミュニケーションに用いる場合は外在化
 - 「シンボルグラウンディング問題」とは外から取り込んだ記号を元の
概念に戻す問題

初期の機械翻訳の失敗

The spirit is willing, but the flesh is weak

↓ Russian

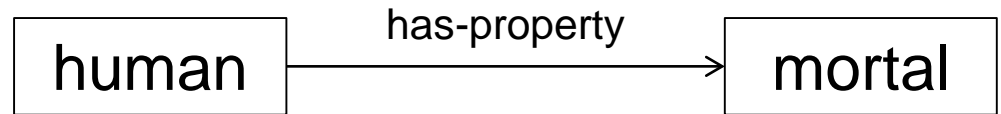
дух бодр, плоть же немощна

↓ back to English

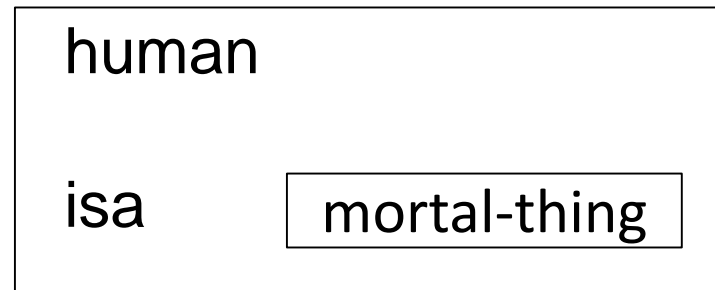
The vodka is good, but the meat is rotten

知識表現の枠組み

- 意味ネットワーク



- フレームシステム



- 述語論理

$$\forall x \text{ human}(x) \supset \text{ mortal}(x)$$

推論の枠組み

- 述語論理
 - 因果推論
 - 非単調推論(常識推論)
- プロダクションシステム
 - IF-THENルール
- 定性推論
 - 説明用の推論

第五世代コンピュータプロジェクト

- 1982-1992 10年で570億円という巨大プロジェクト
- 「推論マシン」の構築を目標に
 - 並列論理型プログラミング言語を開発
- 人材は育成したがマシン構築は不発

Minskyの「フレームシステム」

- A Framework for Representing Knowledge (1974)
 - 人間の環境認識はトップダウン
 - マシンはボトムアップ
- トップダウンのビジョンを実現する手法
 - 知識の活用

FRAME

会議室

ISA

部屋

HAS

机

HAS

プロジェクト

IF-NEEDED

IF-ADDED

...

フレーム問題

- 記号による行為の表現・推論の問題
 - オリジナル [McCarthy & Hayes 1969]
 - 記述量が爆発
 - 推論量も爆発
 - 拡張版 [Hanks & McDermott 1987]など
 - 限定問題 (qualification problem)
 - 行為の前提条件の完全記述が不可能
 - 波及問題 (ramification problem)
 - 行為の影響の完全推論が不可能

シンボルグラウンディング問題 [Harnad 1990]

- 記号(symbol)を現実世界に接地(ground)する(ことができない)問題
- ロボットなら可能か？
 - 経験の範囲では可能だと考えるが
 - 人間とのコミュニケーションが可能かは不明

常識推論

- 人間は情報が不足していても結論が出せる
 - “Jump to conclusion”
- 非単調推論として定式化
 - Yale shooting problem [Hanks & McDermott 1987]
 - 常識がないと非単調推論もできないというジレンマ
 - 二つ以上の非単調解の優劣が計算できない
- 中島私案: トップダウン処理. 結論候補を連想などで決めてから論理による検証 (裁判官はこうやっているらしい)

非単調推論

- 通常の論理は公理が増えると定理も増える
(**単調増加**)

$$A_1 \subset A_2 \rightarrow T_1 \subset T_2$$

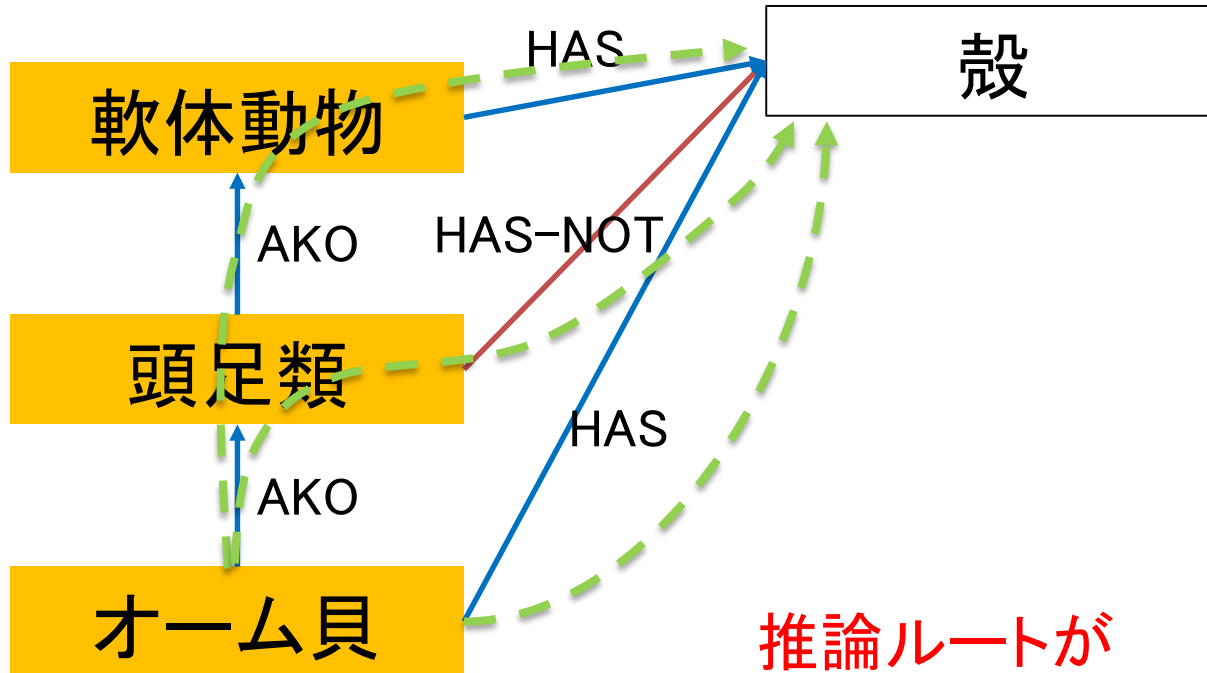
where $T_i = \text{Theorem}(A_i)$

- これが**非単調**

鳥(x) ⊢ 飛ぶ(x)

鳥(x) ∧ ペンギン(x) ⊢ ¬飛ぶ(x)

否定情報が複数あると困る



推論ルートが
3つあり、結果が異なる

Yale射擊問題 [Hanks & McDermott 1987]

[LOAD] \rightarrow LOADED

[SHOOT] \rightarrow \neg LOADED

[SHOOT] \wedge LOADED \rightarrow \neg ALIVE

T0: ALIVE

T1:[LOAD] ALIVE \wedge LOADED

T2:[WAIT] ALIVE \wedge LOADED

T3:[SHOOT] ?

Yale射擊問題 [Hanks & McDermott 1987]

[LOAD] \rightarrow LOADED

[SHOOT] \rightarrow \neg LOADED

[SHOOT] \wedge LOADED \rightarrow \neg ALIVE

T0: ALIVE

T1:[LOAD] ALIVE \wedge LOADED

T2:[WAIT] ALIVE \wedge LOADED

T3:[SHOOT] \neg ALIVE

Yale射擊問題 [Hanks & McDermott 1987]

[LOAD] \rightarrow LOADED

[SHOOT] \rightarrow \neg LOADED

[SHOOT] \wedge LOADED \rightarrow \neg ALIVE

T0: ALIVE

T1:[LOAD] ALIVE \wedge LOADED

T2:[WAIT] ALIVE \wedge ~~LOADED~~

T3:[SHOOT] ALIVE

AIをめぐる論争

- 擁護

- チューリングテスト
 - 記号処理に限定
 - 振舞で判断
- シンギュラリティ(?)

- 批判

- サール: 中国語の部屋
 - 弱いAI: 可
 - 知的振舞を示すシステムの構築
 - 強いAI: 不可
 - 人間のように理解するシステムの構築
- ペンローズ: 『皇帝の新しい心』
 - 人間は証明システムを超越している(新しいものを作れる)が, 機械は証明システムそのものなので限界を超えられない

中国語の部屋 [Searle 1980]

- チューリングテストに対するアンチテーゼ
- 入出力だけでは判断できない
 - 入出力のみ知的 = 弱いAI
 - 中身も知的 = 強いAI
- 設定
 - 部屋には中国語の分からないアメリカ人が一人
 - その部屋に中国語で書かれた質問が投げ込まれる
 - 分厚い英語のマニュアル
 - 投げ込まれた紙の文字を順に辿って、マニュアルの指示に従って作業をしていく
 - 最終的には紙に中国語の返事が書かれる
 - これを部屋の外に返す

素人と玄人

- 素人＝定性推論
- 玄人＝定量推論

- AI/コンピュータの世界
では計算量の見積もり
が重要

金出武雄

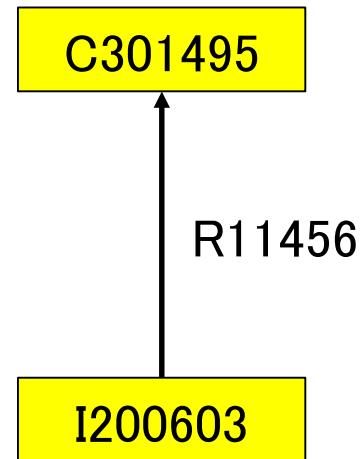
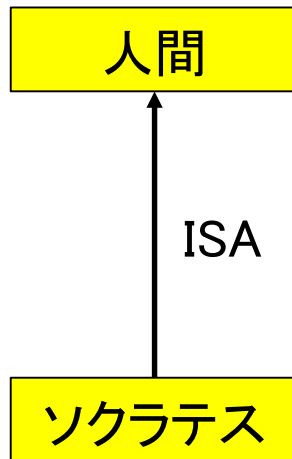
『素人のように考え、玄人として実行する：問題解決のメタ技術』

PHP文庫、2004年

<http://www.php.co.jp/books/detail.php?id=56126&tsd=1114481711>

個々の知識要素

- 人間にはこのように見えるが
- 機械にとってはこんな感じ



そして単純な知識表現ネットワークですら これくらい複雑

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました。

Douglas R. Hofstadter
Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid, Basic
Books, Inc., 1979.

p.370

FIGURE70. A tiny portion of the author's "semantic
network"

意味を決めて
いるのは個々
のノードではな
く、ネットワーク
全体の形

レベックの反論

- 中国語の部屋への計算論的反論
- アメリカ人+マニユアルの系が中国語を理解していると考えるべき計算量・記述量を計算
- あらゆる質問を想定したマニユアルはそもそも作れない
- かなりシンプルな足し算の部屋でさえ宇宙にある分子数を超える

足し算の部屋 [Levesque IJCAI 2009]

- 「強いAI」的足し算とは
 - 我々が足し算を習ったときには、1桁の数の足し算は一応暗記し、2桁以上の数はアルゴリズム的に1桁に還元して足し算を行う方法を習ったはず。これは足し算を理解したことに相当する。
- 「弱いAI」的足し算とは
 - 表の検索だけで結果にたどり着く方式
 - 10桁の数20個の足し算： 10^{200} 通りの表が必要
 - 全宇宙の原子の数： 10^{100}

Winograd Schema Challenge [Levesque 2011]

- ウィノグラードの歴史的な自然言語対話システムSHRDLUに関する著書[Winograd72]に掲載されている, 内容を理解していないと答えられない単純な設問群を使う
- The trophy would not fit in the brown suitcase because it was too big.
 - What was too big
 - Answer 0: the trophy
 - Answer 1: the suitcase
- Joan thanked Susan for all the help she had given.
 - Who had given the help
 - Answer 0: Joan
 - Answer 1: Susan



状況依存性

David Deutsch

- Deutsch (1997) The Fabric of Reality
 - *言語は理論である*. 世界に関する大量の仮定がその語彙と文法に含まれている. 我々が理論を述べるとき, ほんの一部しか言明しない. 他の部分は言語自体が担っている. (p. 153) [中島訳]

状況依存性

- 情報や知識の状況依存性
 - » 知識とはエージェントの持つ真の情報
 - 非表現部分の状況依存性
 - 11時に講義
 - 場所: 東大
 - 時間帯: 日本時間
 - 意味の状況依存性
 - 晴れ
 - 日常会話では青空と太陽
 - 航空用語では雲が全天の1/8以下
 - 私
 - 話者に依存

状況理論

- $s \models \sigma$
 - 状況 s がインフオン σ をサポート
 - 例
 - Japan $\models \langle\langle\text{time}, 4:00\rangle\rangle$
 - World $\models \langle\langle\text{time}, 4:00, \text{JST}\rangle\rangle$
 - (状況が大きいか程, 状況依存性が減り, インフオンも多要素になる)

状況意味論

- 日本語は曖昧ではない
- Properly specified (vs. underspecified)
- 虫の視点なら状況依存性が見える

Kees van Deemter and Stanley Peters (eds.), *Semantic Ambiguity and Underspecification*, CSLI Publications, 1996.

<https://web.stanford.edu/group/cslipublications/cslipublications/site/1575860287.shtml#>

「象は鼻が長い」

- 「は」 <題目>を表す係助詞
- 「が」 主格を表す格助詞
- 格助詞
 - 事柄のつながりを表す
- 係助詞
 - もっぱら話し手の事柄に対するかかわりのありようを表す

仮説

- 係助詞「は」は状況指定
 - 象 | = <<長い, 鼻>>
- 状況を積み重ねる場合と移動する場合
 - 「犬は鼻が利く。だが目は人間と同じくらいだ」
 - 「犬は好きだが、猫は嫌いだ」

参考文献

- [Turing 1950] Alan M. Turing: Computing machinery and intelligence. *Mind*, Vol. LIX, No. 236, 1950. 坂本百大監訳: マインズ・アイ. TBSブリタニカ (1992) に再録
- [三上 1960]{Mikami60} 三上章: 象は鼻が長い. くろしお出版, 1960.
- [Minsky 1975] Marvin Minsky: A framework for representing knowledge. In Patric Winston ed., *The Psychology of Computer Vision*. McGraw Hill, 1975.
- [Hanks&McDermott 1987] Steve Hanks and Drew McDermott: Nonmonotonic logic and temporal projection. *Artificial Intelligence*, Vol.33, No.3, 1987.
- [Harnad 1990] Stevan Harnad: The symbol grounding problem. *Physica D*, Vol.42, pp. 335-346, 1990.
- [{Deutsch 1997} David Deutsch: *The Fabric of Reality: The Science of Parallel Universes-And Its Implications*. The Penguin Press, 1997. available for Kindle.
- [Levesque 2009] Hector J. Levesque: Is it enough to get the behavior right? *Proc. IJCAI 2009*, pp. 1439-1444, 2009.
- [Levesque 2011]: Hector J. Levesque: The Winograd schema challenge. *AAAI Spring Symposium: Logical Formalizations of Commonsense Reasoning*, 2011.
- [中島 2015] 中島秀之: 知能の物語. 公立はこだて未来大学出版会. 2015.



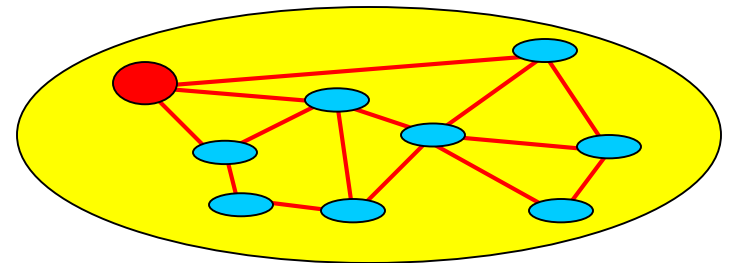
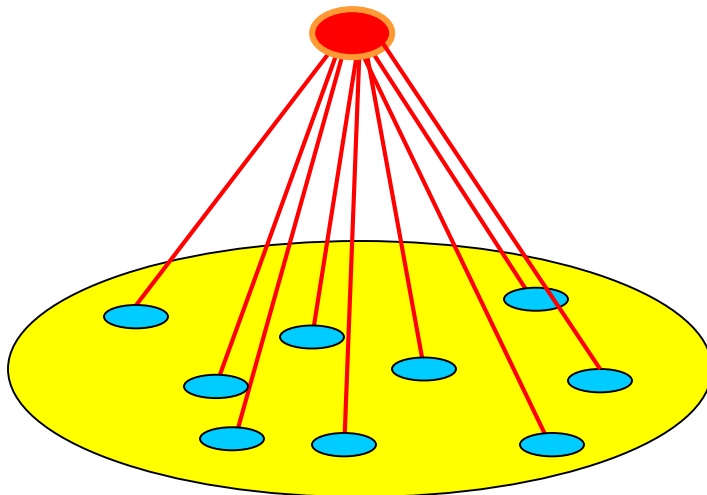
視点 科学と工学 構成的方法論

視点

- 視点の違いが言語構造の違いに反映
- 言語構造の違いが視点の違いに反映
 - Sapir-Whorf: 言語相対性仮説
- 研究にも反映しているのではないか(仮説)

世界観の違いが視点の違いに反映

- 客観的外部観測者の視点
 - システムの外
 - 客観性
- 内部観測者の視点
 - システムの一部
 - 主体性



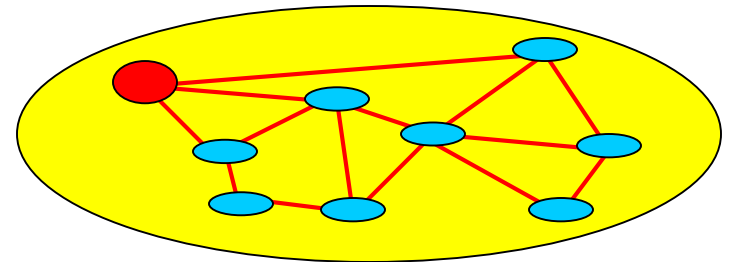
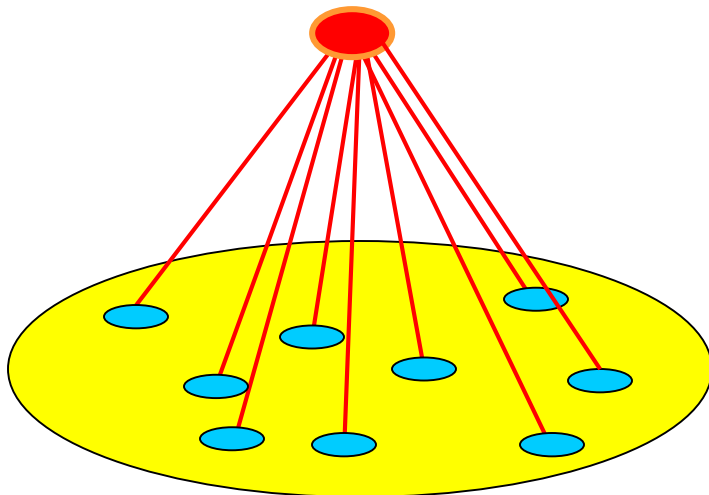
科学と工学

- 科学

- 客観的外部観測者
- 分析的
- Computer Science

- 工学

- 内部観測者
- 構成的
- AI (agents' view)



視点の違いは言語にも反映している

川端康成の「雪国」より

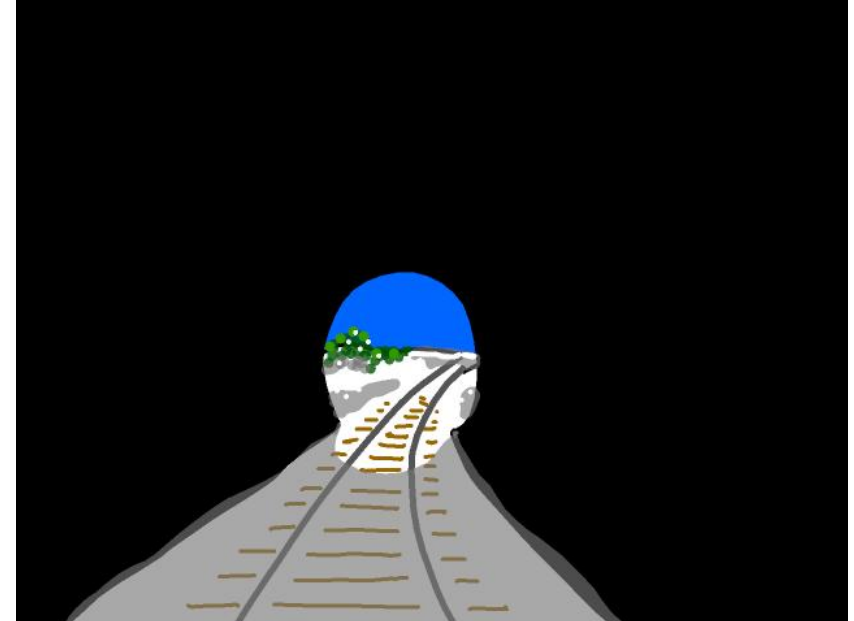
- English translation by E.G. Seidensticker:
The train came out of the long tunnel into the snow country.
- Original Japanese:
国境の長いトンネルを抜けると雪国であった。

英語では虫の視点(状況依存視点)が取りにくい

- 英語は鳥の視点

- 日本語は虫の視点

» 金谷武洋「英語にも主語はなかった」(2004)



2016/10/07

庭園を見る視点の差

西欧の庭園(左:ベルサイユ宮殿)はその配置自体に意味があるが、
日本の庭園(右:桂離宮)の美は環境に埋め込まれている

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました。

PUTZGER Historischer Weltatlas, Cornelsen
(『プッツガー歴史地図 日本語版』帝国書院、
2013年)

p.85 II : Versailles zur Zeit Ludwigs X IV
(p.129「ルイ14世時代のヴェルサイユ宮殿
(1700年頃)」J.B. ノーダンの図面より(1693))

桂離宮略図



- | | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| 1 御幸道 | 6 石橋 | 11 月波楼 | 16 住吉の松 |
| 2 外腰掛 | 7 松琴亭 | 12 古書院 | 17 桂垣 |
| 3 蘇鉄山 | 8 賞花亭 | 13 月見台 | 18 礎垣 |
| 4 洲浜 | 9 園林堂 | 14 中書院 | |
| 5 天の橋立 | 10 笑意軒 | 15 新御殿 | |

出典: 宮内庁ホームページ
(http://sankan.kunaicho.go.jp/guide/institution_katsura.html)

参考: 新形信和『日本人の〈わたし〉を求めてー比較文化論のすすめ』新曜社、2007年、p.16-17

2016/10/07

Where am I? / ここはどこ？

英語は鳥の視点



日本語は虫の視点

