

第10回科学技術予測調査にみる
人工知能・情報技術が切り拓く未来

2016年8月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所

科学技術予測センター

小柴 等

【調査研究体制】

小柴 等

科学技術予測センター
研究員

【Author】

Hitoshi KOSHIBA

Ph.D., Research Fellow.

Science and Technology Foresight Centre, National Institute of Science and
Technology Policy (NISTEP), MEXT

本報告書の引用を行う際には、以下を参考に出典を明記願います。

Please specify reference as the following example when citing this NISTEP RESEARCH MATERIAL.

小柴 等, 「第 10 回科学技術予測調査にみる人工知能・情報技術が切り拓く未来」, *NISTEP RESEARCH MATERIAL*, No.252, 文部科学省科学技術・学術政策研究所.

DOI: <http://doi.org/10.15108/rm252>

Hitoshi KOSHIBA, “A Future Vision Realized by ICT/AI through S&T Foresight,” *NISTEP RESEARCH MATERIAL*, No.252, National Institute of Science and Technology Policy, Japan.

DOI: <http://doi.org/10.15108/rm252>

第 10 回科学技術予測調査にみる人工知能・情報技術が切り拓く未来

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター

小柴 等

要旨

文部科学省科学技術・学術政策研究所では、第 5 期科学技術基本計画にさきがけて第 10 回科学技術予測調査を実施し、得られた要素からありえる未来の社会像（シナリオ）を描き出した。ここでは、人工知能をはじめとする情報技術があらゆる研究分野のキードライバーとなり、社会を変革していく姿を描いている。特に我が国が国際社会でリーダーシップを取っていくためのシナリオでは、「ものづくり」など我が国の強みを生かして生活データを収集、蓄積、及び分析することで、様々なサービスの改善や共創へとつなげていく姿を描いている。これらは基本計画や平成 28 年版科学技術白書でいう「Society5.0」に相当する。

さらに、情報学がメタサイエンスとして技術・社会の垣根も越えている現状を踏まえ、このシナリオの深掘り・肉付けを念頭に、研究と社会実装とを両立する有識者を招いたミニワークショップを開催した。ここでは、研究、人材育成・教育、社会実装の観点から議論を進め、研究や倫理問題にかかわる現状と今後の方向性を確認するとともに、研究者がより現場に出ていく研究パラダイムのシフト、現存する情報技術を十分に活用するための柔軟な社会制度へのシフト、技術を活用・共創するためのコンピューターショナル・シンキングの拡充、などの必要性が指摘・確認された。

A Future Vision Realized by ICT/AI through S&T Foresight

Hitoshi KOSHIBA, Science and Technology Foresight Centre, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

ABSTRACT

In 2015, NISTEP drew some future vision at “10th S&T Foresight Survey”, and publish some reports. In addition, these reports suggests that, ICT especially AI (Artificial Intelligence) are key-driver for future society.

In this paper, we report summary of NISTEP 10th S&T Foresight Survey, especially ICT/AI topics. Moreover, we report some results of discussion with experts. These experts suggest that as follows; we have to be aware of a paradigm shift of research approach (active research), we have to construct a flexible social legal system structure, we have to get accustomed to a computational thinking, and more.

目次

1	はじめに	1
2	シナリオから見る人工知能や情報技術の将来像	1
3	シナリオを受けたミニワークショップから示唆される人工知能や情報技術の将来像	5
3.1	ミニワークショップの概要	5
3.2	研究のあり方	6
3.3	教育のあり方	8
3.4	社会実装のあり方	9
4	まとめ	12
	付録 1：中島先生ご講演資料	16
	付録 2：越塚先生ご講演資料	57

1 はじめに

平成 28 年 1 月に閣議決定された第 5 期科学技術基本計画 [1] では、サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した「超スマート社会」を未来の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を「Society 5.0」として深化させつつ強力に推進することなどが記載されている。またこれをうけて平成 28 年版 科学技術白書でも、「超スマート社会」の姿や「Society 5.0」が記述されている。ここでは、IoT や人工知能などの情報技術を活用することで様々な課題を解決したり、今までになかったような新たなサービスを産み出したりする将来像が描かれている。

文部科学省科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) では、この第 5 期科学技術基本計画に先立って第 10 回科学技術予測調査（以下、予測調査）を実施し、2030 年をターゲットイヤーのひとつに定めて中長期的な科学技術の発展の方向性を検討した [2, 3]。

この予測調査の中でも人工知能をはじめとする情報技術は様々な分野の核に設定されており、特に「リーダーシップ」シナリオや「サービス・ICT」シナリオにおいては、我が国が今後、国際的にリーダーシップを発揮する上で IoT や人工知能などの情報技術を活用して、様々なデータを収集・蓄積・解析することで、様々な課題の解決や新たなサービスの共創を実現する姿が描かれている。

一方で、これらのシナリオは大まかな方向性を示すものであり、計画の実現にはより具体的・専門的な見地からの肉付けや深掘りも不可欠である。そこで我々は、平成 28 年 3 月に有識者を招いてミニワークショップを開催し、研究・教育・社会実装という 3 つの論点について講演やディスカッションを行った。

本稿では、弊所予測調査におけるシナリオと、上記のミニワークショップで指摘された、15 年から 20 年後に想定される、情報技術を中心とした社会のあり方や、そのために必要な研究・技術の課題・論点についてまとめる。

2 シナリオから見る人工知能や情報技術の将来像

本章では、第 10 回の予測調査におけるシナリオを中心に、15 年から 20 年程度先の社会で果たすと思われる・期待される人工知能や情報技術の将来像について述べる。

第 10 回の予測調査では、健康医療、マテリアルなど 8 つの分野（図表 2.1）を調査し [2]、これらの分野におおむね対応する 8 つのシナリオ（分野別シナリオ）¹と、分野横断的な 3 つのシナリオ（全体シナリオ）、計 11 シナリオを作成した（図表 2.2） [3]。上述の通り、分野別シナリオは、健康医療、マテリアルなど、個別の分野を意識して作成したものであるが、今回作成した各シナリオにおいては各分野における研究開発を推進していくためのキードライバーとして情報技術が大きく取り上げられている点に特徴がある。

¹例えば「未踏」分野では宇宙などの課題を扱っているが、これらの技術は大きな可能性を有する一方、一般社会への直接的な実装には距離があるため、直接的にシナリオにせず他の分野と融合する形で扱った。「ICT」分野も同様に「サービス」分野など他分野とセットで扱った。

図表 2.1 第 10 回予測調査の調査分野

No.	分野名	略称
1.	ICT・アナリティクス	ICT
2.	健康・医療・生命科学	健康医療
3.	農林水産・食品・バイオテクノロジー	農林水産
4.	宇宙・海洋・地球・科学基盤	未踏
5.	環境・資源・エネルギー	環境エネルギー
6.	マテリアル・デバイス・プロセス	マテリアル
7.	社会基盤	社会基盤
8.	サービス化社会	サービス

図表 2.2 第 10 回予測調査のシナリオ一覧

No.	シナリオ名	シナリオ略称	対応する分野
1.	(統合シナリオ) リーダーシップ	—	—
2.	(統合シナリオ) 国際協調・協働	—	—
3.	(統合シナリオ) 自律	—	—
4.	未来の産業創造と社会変革に向けた新しいものづくりプラットフォーム	ものづくり	マテリアル (, サービス, ICT)
5.	ICT を活用した交通のクラウド化と新サービス創出	サービス・ICT (交通)	サービス, ICT
6.	サービスデータ収集管理基盤による観光・防減災サービス	サービス・ICT (観光)	サービス, ICT
7.	ICT を活用した技能継承の実現	サービス・ICT (技能継承)	サービス, ICT
8.	健康長寿社会の実現に向けた心身の健全化	健康・医療情報、脳とこころ	健康医療
9.	地域資源を活用した食料生産と生態系サービスの維持	農と食	農林水産
10.	大規模災害や少子高齢化等に対応するレジリエントな社会インフラ	社会インフラ	社会基盤
11.	持続可能な未来構築に貢献するエネルギー・環境・資源	エネルギー・環境・資源	環境エネルギー

例えば、「健康医療」分野に対応する「健康・医療情報、脳とこころ」シナリオでは、健康・医療ビッグデータの利活用による予防医療・介護が描かれており、「農林水産」分野に対応する「農と食」シナリオでは、気候データや需要と供給のデータなどを活用した最適な資源取引、IoT を活用したスマート農林水産の推進が描かれている。「社会基盤」分野に対応する「社会インフラ」シナリオでは、人工衛星やインフラリモートセンシング等を通じて収集した観測情報ネットワークの利活用により、平時と有事の両方に有用なサービスを描かれている。そのほか、「ICT」分野、「サービス」分野、「マテリアル」分野に対応する各種シナリオでは、当然、情報技術によって可能となる新しい将来社会像が描かれている。

このように、今回の予測調査では情報工学、情報科学などを含む情報学が、数学や物理学のようなメタサイエンス [4] ²の性質をより強めており、さまざまな科学技術の推進材料として取り扱われている。また、技術と社会実装の垣根があいまいになっている様子もうかがえる。文部科学省では 2016 年度より AIP (Advanced Integrated Intelligence Platform Project. 人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト) を開始している。ここでは文科省が単体で研究開発を進め

² “諸科学の基礎を与え、また諸科学からも影響を受ける” ような学問。情報学の他に、哲学、数学、統計学がある [4]。

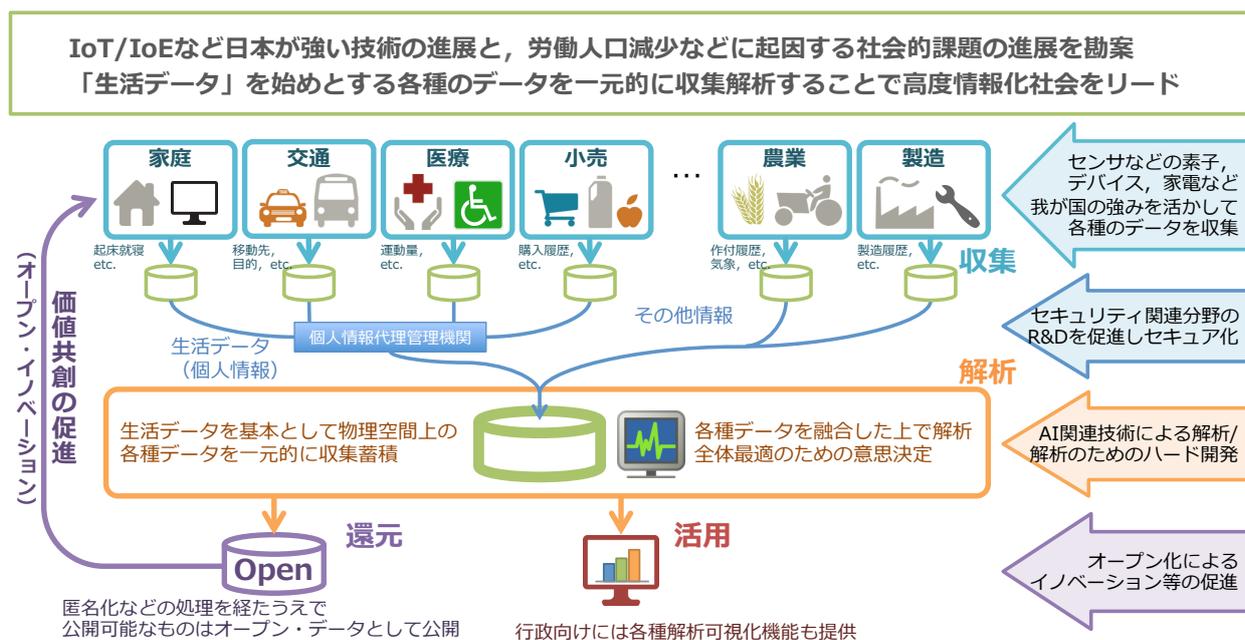
るのではなく、経済産業省、総務省、また産業界など横連携を取りながら、人工知能に関する革新的な研究に着手している。この横連携は上述した研究・技術開発と社会実装を切り離しがたい、といった面も考慮したものとと言える。

こういった背景のもと、全体シナリオの中で「我が国が今後、国際社会でリーダーシップを発揮していく姿」を意識して作成した「リーダーシップ」シナリオでは、生活データをはじめとする各種データの一元的情報収集・分析によりもたらされる将来像を描いている（図表 2.3）。ここでは、我が国がこれまでに培ってきた「ものづくり」に関する強みを念頭に、

1. センシングデバイスや家電などを通じて“生活データ”まで踏み込んで収集し、
2. 各所で得られた(1)のデータを（仮想的に）一元的につなぎ、
3. それらを統合的に解析することで、現状の把握やサービスへの活用、共創を促進し、
4. その結果を再びデータとして収集する。

といった仕組みが記述されている。

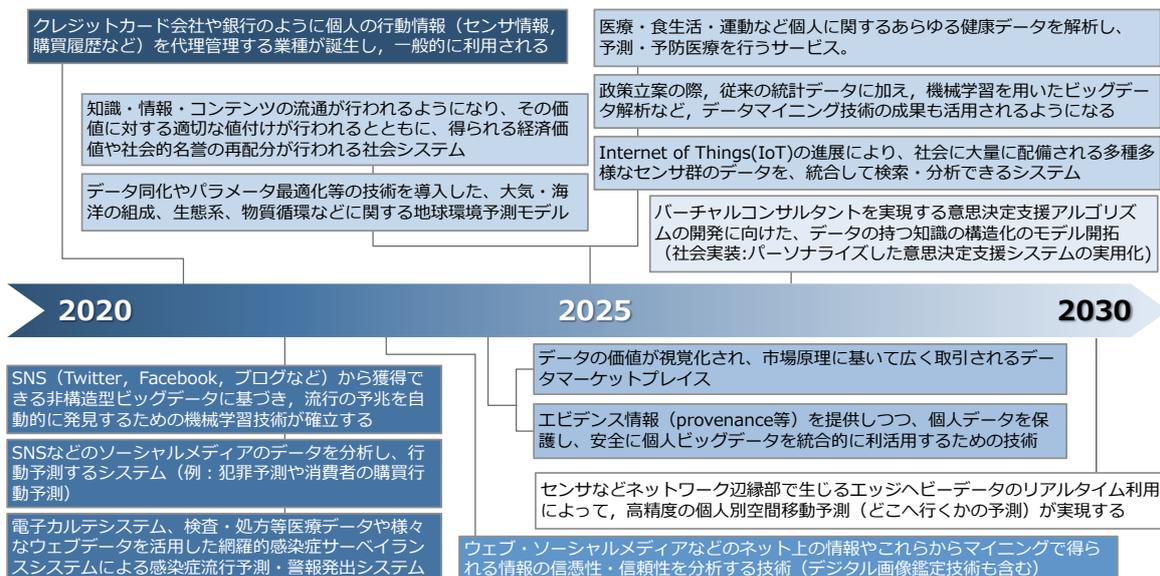
図表 2.3 「リーダーシップ」シナリオの概要



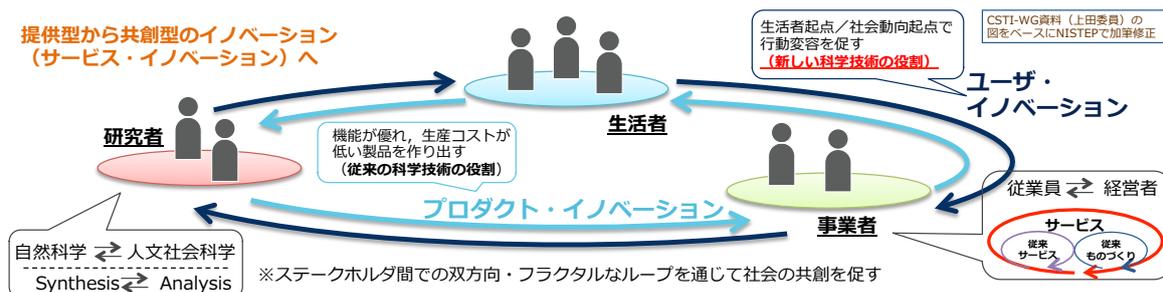
本シナリオの研究的な課題としては、センサ等の収集デバイス・素子の開発や収集する生活データの各種標準化、プライバシーなども含め広い意味で収集したデータの安全性を確保する仕組み、収集された大量のデータを蓄積、連結、解析するための人工知能を含むソフト・ハードの仕組み、価値共創 [5, 6] を促進するためのオープンイノベーション、サービスデザインに関する仕組みを含むオープンデータ・サイエンスの仕組み、などが挙げられている。また研究的な課題以外に、研究開発を行う・開発された技術を使いこなすための人材育成や、技術が社会に受容されるための研究開発のあり方、教育、制度設計、などの課題も挙げられている。

これらのシナリオを支える根拠としては、技術面では、予測調査の中で行われた専門家を対象と

図表 2.4 「リーダーシップ」シナリオ関連課題の社会実装予想年（一部）



図表 2.5 サービス・イノベーションループの模式図



した大規模アンケート（デルファイ調査（図表 2.4））や、関連する政府等の報告書が存在している [7, 8, 9, 10, 11]。ここで、特にデルファイ調査は個別・具体的な技術について調査したもので、メタサイエンス的に様々な学問分野に影響を及ぼすと思われる情報技術の特定の一面のみに絞って得たものである。これは、要素を絞り込むことによってある特定の観点に関する統制された知見を得ようとする、古典的・要素還元主義的な科学態度に基づくアプローチといえる。その一方で、複数の要素が組み合わさることで発現する問題や、組み合わせられた要素全体を観察しなければわからない構造、要素抽出の際にそぎ落とされた部分に存在した重要な点、なども存在する。つまりこれだけでは技術相互の関係性や、社会実装にかかわる様々な要因は基本的には考慮できていない点に注意が必要である。また、情報技術は研究開発と実用の間の間隔が短くなっており、研究開発結果が企業を通して消費者に到達する従来のプロダクト・イノベーションループではなく、研究開発結果がそのまま消費者にサービスとして提供されて、結果として企業の行動を変えるようなユーザ・イノベーションループ [6] (図表 2.5) を構築しやすいといった特徴もある。そのため技術の相互作用や社会実装を考えたとともに、研究者自身も参与者・構成要素のひとつとなって、システムの内部から動的に変化するシステム全体へ働きかけるアクション・リサーチ的なアプローチが必要となる。

そこで、シナリオではそこまでは踏み込まず、個別の技術を俯瞰して得られる大きな将来像を描くにとどまっている。

なお、総務省や内閣府等においても関連するシナリオや将来像が描かれており [12, 13]、平成 28 年 4 月 12 日に公開された「未来投資に向けた官民対話」において、安倍総理からも関連するコメントが発表されている³。

3 シナリオを受けたミニワークショップから示唆される人工知能や情報技術の将来像

前章で述べたように、弊所では専門家へのアンケート等にもとづいて、人工知能や情報技術の将来像に関するシナリオをまとめた。

大まかな課題の方向性として、1. 研究開発そのもの、2. 広くそれら開発された技術を使いこなす・開発するための人材教育、3. 社会実装、4. 制度設計（法整備）、などが指摘された。これらは、2016 年 3 月に示された第 5 期科学技術基本計画の方向性にも合致するものである。

また、情報技術の有するメタサイエンス的な性質から、研究開発と社会実装がほぼ一体となって、研究開発だけを切り離して論ずることが難しくなっており、いわゆるアクションリサーチ的な取り組みが必要となる。

そこで、研究開発の方向性だけでなく、それに関連して広く技術を使いこなす・開発するための人材教育や、社会実装の観点からの深掘り・肉付けを行うべく、いわゆる研究開発だけでなく、社会実装まで取り組んできた経験を持つ有識者らを招聘し、2016 年 3 月にミニワークショップを開催した。

以下では、このミニワークショップにおける指摘内容等を中心に、示唆される人工知能や情報技術の将来像について述べる。

ここで社会実装を考える上で制度設計（法整備）は必須の要件であり、通常は切り離して考えるべきではない。一方で、制度設計においては対話型のプロセスも重要と考えられる。本ミニワークショップでは聴講者として文部科学省をはじめとする府省の行政官（制度設計の関与者）の参加も想定して、制度設計にかかわる議論は講演者から参加者への投げかけや、質疑等でインタラクティブに行うこととし、ミニワークショップでは上述した 4 つの観点のうち、1. 研究開発そのもの、2. 広くそれら開発された技術を使いこなす・開発するための人材教育、3. 社会実装、の 3 点に主眼を置いて行った。

3.1 ミニワークショップの概要

ミニワークショップは基調講演及びパネルディスカッションをベースに構成した。

³ 未来投資に向けた官民対話： http://www.kantei.go.jp/jp/97_abe/actions/201604/12kanmintaiwa.html（平成 28 年 4 月 13 日閲覧）

3.1.1 講演者等

講演者・パネリストは、前述した研究、人材育成・教育、社会実装、の3つの観点を考慮して組織した。

講演者・パネリストを以下に示す（敬称略、略歴等は開催時のもの）。

中島 秀之（講演者・パネリスト） 公立ほこだて未来大学・学長。内閣官房 IT 戦略本部 地方創生 IT 利活用推進会議 政策企画 WG 主査。認知科学会会長、人工知能学会フェロー等歴任。人工知能研究に立ち上げ初期からかかわる。近年ではサービス工学など社会実装にかかわる研究も積極的に行う。

堀 浩一（パネリスト） 東京大学・教授。人工知能学会会長、日本学術振興会学術参与等歴任。人工知能研究に立ち上げ初期からかかわる。近年では人工知能学会倫理委員会委員をつとめるなど、人工知能と社会のあり方についても関与。

越塚 登（パネリスト） 東京大学・教授。YRP ユビキタス・ネットワーキング研究所・副所長。オープンデータ流通推進コンソーシアム・理事／会長代理等歴任。ユビキタス、IoT、データ等に関する専門家。銀座や松山での大規模・長期実証実験をはじめシステムの社会実装にも造詣が深い。

中村 慎二（パネリスト） NEC ビッグデータ戦略本部・本部長。1983 年入社。スマートデバイス活用・クラウドなどの技術戦略立案、ソフトウェアエンジニアリング技術の開発・展開などを歴任し、2014 年 4 月より現職。NEC 独自の人工知能 (AI) を活用した、ビッグデータ事業戦略立案・ソリューション開発の責任者。

小柴 等（モデレータ） NISTEP 研究員、公立ほこだて未来大学・客員教授。国立情報学研究所、産業技術総合研究所を経て現職。CPS(Cyber-Physical Systems)、サービス工学など、情報技術と社会実装に関する研究に従事。

3.1.2 プログラム

プログラムは 3.1 の通りである。

冒頭で、本稿前半でも説明した「リーダーシップ」シナリオ等、予測調査の概観をモデレータより説明した。続いて、中島氏より人工知能及び情報技術の過去と未来を概観する講演を頂いた。その後、パネルディスカッションに移り、各パネリストからの簡単なプレゼンの後、上述した3つの観点に関するディスカッションを行った。

3.2 研究のあり方

まず人工知能の研究そのものについて、中島氏から、1. 西洋型の思考スタイルは「鳥の視点」（系の外部から全体を俯瞰するスタイル）に対して、日本型の思考スタイルは「虫の視点」（系の内部から周囲を観察するスタイル）であること。2. 前者は（伝統的な）科学と親和性がよく、後者は工学と

図表 3.1 ミニワークショップ・プログラム

14:30 - 14:35	開会ご挨拶 (NISTEP所長 川上 伸昭)
14:35 - 14:40	趣旨説明 (NISTEP動向センター研究員 小柴 等)
14:40 - 15:40	ご講演：AIとITが切り拓く“未来”と“地域” (公立はこだて未来大学 学長 中島秀之先生)
15:40 - 15:45	— 休憩 —
15:45 - 16:15	パネリストからのご紹介
16:15 - 17:10	パネルディスカッション
17:10 - 17:25	質疑
17:25 - 17:30	閉会のご挨拶 (NISTEP総務研究官・動向センター長(兼務) 齋藤 尚樹)

親和性が良いこと。3. 知能の本質は環境との相互作用にあり、それには虫の視点が適合すること。などの背景から、日本は人工知能研究を進める上で文化的な適合性が高いのではないかと、といった話題が展開された [14]。

また、パネルでは AI (Artificial Intelligence、人工知能) ではなく、IA (Intelligence Amplifier、知能支援) を目指すといった方向性もありえる、といった指摘なども行われた。

個別具体的な技術としては、2016 年 4 月現在、特に深層学習 (Deep Learning) に着目が集まっており、これを応用したアプリケーションのひとつである AlphaGo⁴ がトップレベルのプロ棋士に勝利する、といったわかりやすい成果も生まれている。まさに本ミニワークショップの開催前日に、この囲碁の第 1 戦が行われ、AlphaGo が勝利したという背景も踏まえて、パネルディスカッションではこういった状況もみつつ、今後の研究の方向性としてこの深層学習関連技術の深掘りを目指すべきか、それ以外を目指すべきかと言った話題も取り扱った。

ここでは、深層学習そのものの有用性は認めるものの、深層学習をはじめとする強化学習の特徴として、何らかの結果が提示される際、「その結果が選択された理由がわからない」という性質があることが指摘された。その上で、(現状の社会においては) 人間の心理的な問題もあって、特に重要性の高い問題などでは「なぜかわからないが当たる」という結果だけでは難しいのではないかと、やはり、根拠がわかることは重要ではないかと言った指摘が、堀氏などから行われた。

中村氏からはそれらの課題に対する解として、既に実用化している「異種混合学習」などについて、具体的な適用例も示しつつ紹介が行われた (図表 3.2)。

中島氏からは、脳科学の知見と人工知能技術を融合した研究の方向性の重要性が指摘された。より具体的には、人間の脳はボトムアップとトップダウンを上手く活用しているという知見に基づいて、ボトムアップ (深層学習などニューラルネット) とトップダウン (いわゆる記号処理) を融合することで、「構成的知能」実現を目指すべきという方向性が示された。

⁴ <https://www.deepmind.com/alpha-go.html>

図表 3.2 異種混合学習の説明スライド

異種混合学習

多種多様なデータから、簡単に複数のデータのパターンを自動で場合分け状況に応じた最適な規則性を選択する、NEC独自のアルゴリズム

過去データ

売上データ

日付・曜日

気象情報

イベント情報

⋮

異種混合学習技術

①自動で場合分け

平日Or 休日

平日
休日

気温 25℃以上

イベント

Yes
No

なし
あり

予測式①
予測式②
予測式③
予測式④

②自動で予測式作成

予測式 : $Y_1 = a_0x_0 + a_1x_1 + \dots + a_{50}x_{50}$

⋮

予測式 : $Y_n = a_0x_0 + a_1x_1 + \dots + a_{50}x_{50}$

専門家がいない
ても高精度の予測
精度と解釈性
を実現

明日〇〇は□□個
売れます
算出根拠はこうです

12
© NEC Corporation 2016
Orchestrating a brighter world **NEC**

提供：NEC 中村氏

3.3 教育のあり方

まず、大学等における教育のあり方について堀氏から、従来型の教育システムで上手くいっている面も十分に認められ、人工知能が普及する世界においても、これをすべて刷新して新たなシステムに移る必要はないのではないか、といった観点が提供された。

一方で、リベラルアーツの意味においても「コンピューショナル・シンキング」[15]⁵がより重要となり、大学入試科目に「コンピューショナル・シンキング」という意味での「情報」科目を導入することが必要ではないかとの観点が、越塚氏、中島氏から提供された。

人材育成の観点からは、中村氏より特に人工知能等の分野において、企業内の現場部門に対して研究者・技術者が直接コンタクトする取り組みを行っており、これが人工知能による価値創出や実用的なサービス開発に良い影響を与えているといった事例も紹介された。越塚氏からも同様の視点で、従

⁵ 例えば「どのような情報を、どのように結びつけば、何を生み出せるか」、といったことに関する態度やスキル。特に情報工学やプログラムに縁のない人材にとって重要かつ有用と指摘される。

来は研究を上流として、研究、開発、営業というウォーターフォール型のスタイルだったが、現在では、研究が「現場」と密接に影響するようになってきた結果、研究と営業がともに下流にあって、研究から開発に上がって再び営業においてくるスタイルになっているのではないかと、といった考察から、理論研究者こそ営業の最前線、リアルユーザのそばに出向くべき、といった指摘を受けた(図表 3.3)。

図表 3.3 スタイルの変遷



越塚氏資料を基に NISTEP 作成

これは一種の「ユーザ・イノベーションループ」(図表 2.5) を実現する仕組みであり、従来型のプロダクト・イノベーションと新しい流れであるユーザ・イノベーションの両輪で実現するサービス・イノベーション [6]、すなわち価値共創 [5] を促すべきという主張と理解できる。また企業以外のドメインにおいても情報分野はシチズン・サイエンスと親和性が良いと考えられており、シチズン・サイエンスなどとも関連するオープン・サイエンスを実現する場としても、人工知能等情報学分野の学術成果のオープン化と、データのオープン化が重要であることが示唆された [16]。

また、ユーザ・イノベーションループの発展に伴って、何と何をどのように結びつけるか、技術や機能単体ではなく全体をサービスとしてどのように組み上げるか、といったサービスデザインの重要性と、サービス工学の重要性についても指摘された。

3.4 社会実装のあり方

社会実装においては、人工知能をはじめとする情報技術が行政等、公共サービスへもたらすインパクトや、技術導入時に生じる倫理的問題など、様々な観点からの議論が行われた。

ここでは紙面の都合上、上述した情報技術が行政等、公共サービスへもたらすインパクトと、技術導入時に生じる倫理的・法的問題について紹介する。

3.4.1 公共サービスへもたらすインパクト

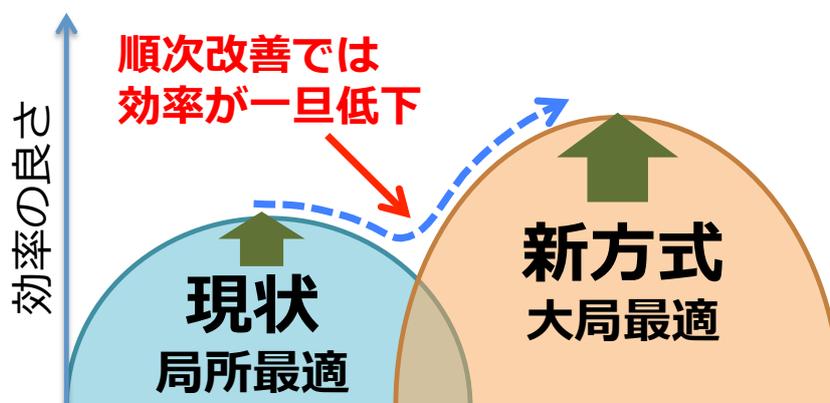
■デマンド交通システムの事例 基調講演では、中島氏から Smart Access Vehicle System (SAVS) という、デマンド交通システム [18, 19, 20] の紹介を通じて、社会実装における壁と、情報技術が容易に・大きく社会システムが変えられる可能性が言及された。

SAVS はあらゆる公共交通（将来的にはあらゆる乗り物）をデマンド化しようとするもので、ユーザは何に乗るかを考える必要なく、いつ・どこからどこにいきたいか、という本質的要求のみを伝達すれば、乗り物は適切なものが手配される、というようなシステムである。物理空間を情報空間に写像することで、物理空間上の交通サービスを仮想的にクラウド化する（ユーザが何らかの目的を達成する際に、How を考える必要がなくなる）ものと言える。

SAVS の取り組みにおいては、まず計算機上のシミュレーションで、デマンドバスは実は過疎地域では効率が悪く補助金が無ければそもそも成り立たないことや、都市部においてはむしろ、路線バスより効率が良い（より早く目的地に到達できる）こと、が示されているという事例が挙げられた [17]。

また同じく、シミュレーションの結果から、デマンドバスが都市部で効率が良いからと言って路線バスを順次切り替えていくと、その過渡状態では全台路線バスより効率が落ち、デマンドバスがある台数以上になってようやく路線バスを上回る、という「U字谷」問題が紹介された 3.4。

図表 3.4 U字谷問題



中島氏資料を基に NISTEP 作成

つまり、小数のお試し導入ではかえって効率が悪化する一方、大規模な設備・ビジネスモデルの変更はリスクが高いため、よりよい状態があるとわかっていても遷移できない、というジレンマであり、デマンド交通以外のサービス社会実装においてもポイントになる課題と指摘された。

ただし、現状では高性能な汎用情報機器が安価に流通するようになったため、この U 字谷問題をクリアできる可能性が非常に高まっている [20]。

例えば SAVS では、既存の路線バスに通信機能を持つタブレット端末を 1 台設置するだけで、サービスを提供することができる。タブレット端末は当然、カーナビや情報端末としての利用もできるた

め、日常的には従来通り「路線バス」として運用しながら、ある日だけイベント的に全車両を路線バスから SAVS（デマンドバス）運用に切り替えてみる、といったことができる。これにより、事業者も比較的気軽に新しいモデルを検討できるようになるほか、利用者もイベントベースで徐々に路線バスとは異なる利用形態に習熟し、サービス切替の心理的負担を下げられる。これらの観点から既に、函館において何度かの実証実験も行っている [19]。といった事例が報告された。

ポイントとしては、情報システムにより事前にサービス構造に関するシミュレーションができること、同じく情報システムを主体にすることで順次導入では効果が見込めない領域においても挑戦ができること、交通などの物理的なサービスも「クラウド型」にすることでサービス全体としての価値が上げられる可能性があること、などが挙げられた。

これらの話題は弊所の第 10 回予測調査における「サービス・ICT（交通）」シナリオと関連するもので、実装に関する有用な観点を得られた。

■その他の事例 その他越塚氏から、現状においては前述したコンピューショナル・シンキングの必要性とも関連して、「そもそもやるべきこと」が様々な事情からなされていないのではないか、といった指摘が出された。

例えば、企業や行政の各部署において、いわゆる人工知能など最先端の技術を活用する以前に、既存の・成熟した技術を用いた電子化・システム化で効率化できる業務もかなりあると見積もられるが、なされていない。その理由としては、そもそも制度が IT を前提としていないため現行制度上での導入が困難といった問題や、長期的には利益が上がるとわかっているにもかかわらず、システム開発などへの投資を始め、将来にわたっての継続的・安定的オペレーションやメンテナンスの人材の確保・育成にコストを割けない、といった（中島氏から指摘のあった U 字谷問題との相関が高い）構造があると推察できる。「現状の働き方の構造」を変えずに IT を活用することは困難であるため、IT を活用しやすいような柔軟な社会の制度設計ができる状態に遷移する必要がある、という指摘がなされた。

また、人工知能は精神的ストレスを感じないという特性から、将来的にはクレーム処理窓口など、精神的負荷の高い業務へ適応することで、人間のメンタルヘルスへの貢献ができるのではないかと聞いた指摘がなされた。

最後に、特に有用性の高い取り組みとして、行政関係の情報システムのオープンソース化に関する提言も示された。これにより、自治体ごとに独自の開発を行う手間が省けるほか、データフォーマットなどが統一されることで、オープン・ガバメントデータが促進されるなどの効果も期待でき、結果、人工知能技術等を用いた分析が促進されるといった効果も見込まれる。

本提言に関しては、2016 年 3 月に、米国のオバマ政権からも、政府機関で使われる公費で開発されたソフトウェアのオープンソース化を推進することが提言されており⁶、今後世界的な潮流になっていくことが予見される。

⁶ Leveraging American Ingenuity through Reusable and Open Source Software, <https://www.whitehouse.gov/blog/2016/03/09/leveraging-american-ingenuity-through-reusable-and-open-source-software>, (平成 28 年 4 月 13 日閲覧)

3.4.2 社会へもたらすインパクト（倫理・法制度面）

人工知能等情報技術は上述したとおり、社会を大きく変える力を有している。それゆえに、社会実装とセットで倫理・法制度面での問題も懸念されている。

例えば、人工知能の判断により自動運転を行う車両が人身事故を生じた場合に誰が責任を取るのか、ある作業や機能が人工知能によって置換されることで消滅する“職業”をどうケアする・しないのか、人間の能力を凌駕し、制御できなくなる可能性もある人工知能技術をどう開発していくべきか、生活データを通じて人工知能が人間の思想・信条や行動、将来などを推測するといった事柄をどう考えるのか、また、これらの技術がより洗練されて人工知能が人間の行動を人間に知覚されることなく誘導・操作できる様になった場合に、この行動操作はどこまで許容されるのか（アルコールやたばこへの依存を無理なく・事前に回避させてくれる誘導は良さそうだが、選挙で投票する候補を誘導されることについてはどうか、など）、といった点などが挙げられる。

これらの点に関して、人工知能学会倫理委員を務める堀氏からは、多様な関係者との対話が重要との認識の元、現在、学会として議論し [21] 意見をとりまとめている旨の発言があった。ただし、極めて広範な分野に影響するという問題の性質上、考慮すべき内容・関係者が膨大なため、学会でのとりまとめは鋭意推進中であり、講演段階においては学会としての正式な意見を提示する状況に至っていないかった。

人工知能学会倫理委員の他に、人工知能と倫理に関連する活動としては、「AI 社会論研究会」⁷、「人工知能が浸透する社会を考える（AIR: Acceptable Intelligence with Responsibility）研究会」⁸などの活動が行われているほか、科学技術振興機構 社会技術研究開発センター（JST RISTEX）でも、今後の公募研究領域決定に向けて「人と情報のエコシステム」をテーマとしたシンポジウムなどが開催されている⁹。

また、政府内部でも人工知能と倫理に関する有識者懇談会が検討されており、今後の進展が期待される。

4 まとめ

本稿では、第 5 期科学技術基本計画を念頭に実施した、第 10 回予測調査のシナリオとその深掘り・肉付けを念頭に開催したミニワークショップのハイライトに基づき、人工知能・情報技術の切り拓く将来像について述べた。

人工知能を含む情報技術は、様々な分野の研究開発を推進し、社会の変革を促すキードライバーとなっている。その背景としては、インターネットをはじめとする情報通信技術・インフラの発展・普及に伴うデータ流通量の増大と、増大したデータを処理するための人工知能などの情報処理技術の成

⁷ <http://aisocietymeeting.wix.com/ethics-of-ai>

⁸ <http://web4ais.wpblog.jp/>

⁹ 第 13 回社会技術フォーラム「人と情報のエコシステム：情報技術が浸透する超スマート社会の倫理や制度を考える」開催報告, <https://www.ristex.jp/eventinfo/pascenter/forum/no13.html>, (平成 28 年 4 月 13 日閲覧)

熟・発展・普及、そして裏側でそれらを支えるハードウェアに関する様々な技術発展が挙げられる。これらは社会構造の情報化・知識化・サービス化を強く促している。

情報化・知識化した社会では、情報や知識、その源であるデータが価値を持つ。ここで、情報空間においては情報検索や EC に関する海外の大手企業（いわゆるプラットフォーマー）が既に独占的な地位を築いており、情報化・知識化した社会における資産たるデータの獲得競争において、我が国の巻き返しは難しいと目される。一方で、我が国は「ものづくり」に強みがあり、センサデバイスや生活家電などについては現状においてもある程度のアドバンテージを有している。現在、IoT によって情報空間だけでなく物理空間のデータについても収集・活用する流れが起きており、上述した我が国の強みを勘案すると、このドメインでは我が国にも勝機が伺える。特に、生活家電などを通じて消費者の生活データを得ることができれば、現状のサービス改善のみならず、新たなサービスの創出にも有用と考えられる。これらの背景から将来像のひとつとして、弊所では「リーダーシップ」シナリオをとりまとめた。ここでは、情報技術を核に様々なサービスが創発される姿を描いた。本シナリオは後に決定された第 5 期科学技術基本計画と方向を同じくするものとなっている。

さらに、このシナリオの深掘り・肉付けを念頭に有識者を招聘してミニワークショップを開催した。ここでは、情報処理の核となる人工知能の研究開発方向として、深層学習等のボトムアップ型のものと記号処理に基づくトップダウン型のものを融合した構成的知能ベースの人工知能開発をはじめ、代理人として自律的に動くようなイメージの AI ではなく、個人の能力を伸張する道具としての IA (Intelligent Amplifier) 開発などへの言及が行われた。

また、情報技術の社会実装を考えた際の有用性として、交通サービスを例題に、物理空間を情報空間に写像することで、物理空間上のサービスすらクラウド化でき（例：交通であれば、ユーザは何に乗るかを考える必要なく、いつ・どこからどこにいきたいか、という本質的要求のみを伝達すれば、乗り物は適切に手配される）、導入の障壁を比較的容易に乗り越えられる可能性が示された。

一方、情報技術の社会実装を考える際には受容性をはじめ、倫理問題も発生する。ここでは、下手に新技術を持ち込むのではなく、まず「やるべきことをやる」ことができるよう、IT を利活用しやすくするための柔軟な社会制度作りの必要性が指摘された。倫理面については明確な答えはないもののないが故に、現在、専門家をはじめ利用者など幅広いステークホルダを巻き込んだ議論のための場や仕組みが検討されつつあること等が示された。

これらを使いこなす上では、コンピューショナル・シンキングやサービスデザインをはじめとする、リテラシーを持った人材の育成も必要である。これに関しては、研究者がよりリアルユーザに近い環境に出向いていくことで、ユーザ・イノベーションループをしっかりと形成し、価値共創を産み出すサービス・イノベーションループへつなげていくことの重要性が示唆された。また、この流れはシチズン・サイエンスやオープン・サイエンスにも関連することが指摘された。

今後に向けて

2015 年時点でも“人工知能が人間のプロに互するには 10 年かかる”といわれていた、囲碁の分野での人工知能と人間の勝負に関する展望が数ヶ月で逆転するなど、人工知能等情報技術にかかわる

状況は日々ドラスティックに変化している。社会側もこれに追従をしようとしており、本稿でもワークショップ前後に、類似する声明が米国大統領府から提出され、我が国でも安倍総理から関連性する声明が提示されるなどしていることを紹介した。この後も、府省や産業界など各所で類似・関連する報告書や提案がなされることが予想される。

このように人工知能等情報技術を取り巻く状況は急速に変化しているため、確たる見通しをたてがたい状況ではあるものの、「ものづくり」に関連した情報技術に関する我が国の強みや、人工知能の研究は文化的に我が国のコンテキストに合致するという指摘などを勘案すると、不確実性が高いという状況は我が国にも十分に勝機があるとする見方もできる。

平成 28 年度からの第 5 期科学技術基本計画では「Society5.0」として、これらの流れを深化させつつ強みに推進することになっている。文部科学省でも AIP がスタートし、さらに文部科学省だけではなく、総務省、経済産業省、産業界などと連携して作業を実施しようとする新しい試みも行われている。人工知能等を活用したサービスの構築についても JST RISTEX の「問題解決型サービス科学研究開発プログラム」において、「未来を共創するサービス研究開発」の可能性調査 (Feasibility Study、FS)¹⁰ が募集されるなどの動きをみせている。

以上より、今後も本分野に関連する動向に期待される。

謝辞

本原稿執筆にあたり、中島秀之氏、堀浩一氏、越塚登氏、中村慎二氏にご協力を頂いた。記して感謝する。

参考文献

- [1] 内閣府 総合科学技術・イノベーション会議. 第 5 期科学技術基本計画. <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html> (平成 28 年 1 月 22 日, 閣議決定).
- [2] 文部科学省科学技術・学術政策研究所. 第 10 回科学技術予測調査 分野別科学技術予測. 調査資料, No.240, <http://hdl.handle.net/11035/3079> (2015 年 9 月).
- [3] 文部科学省科学技術・学術政策研究所. 第 10 回科学技術予測調査 国際的視点からのシナリオプランニング. *NISTEP REPORT*, No.164, <http://hdl.handle.net/11035/3079> (2015 年 9 月).
- [4] 山崎 謙介. メタサイエンスとしての情報学とその教育. *情報処理* 56(10):pp.1008–1011, <http://id.nii.ac.jp/1001/00141759/>(2015 年 9 月).
- [5] 上田 完次. 研究開発とイノベーションのシステム論. *精密工学会誌* 76(7):pp.737–742, 10.2493/jjspe.76.737 (2011 年 1 月).
- [6] 上田 完次. 人工物と価値の共創: インタラクティブ・ソサイエティの時代のドミナント・ロジック. *設計工学* (日本設計工学会誌) 49(7):pp.319–327 (2014 年 7 月).

¹⁰ https://www.ristex.jp/servicescience/topics/pdf/20160325_FS.pdf, https://www.ristex.jp/examin/pdf/suggestion_servicescience_boshu_20160425.pdf

- [7] 内閣官房 情報通信技術 (IT) 総合戦略室. IT利活用促進に向けた取組について. 内閣府 日本経済再生本部 産業競争力会議 第8回新陳代謝・イノベーション WG (平成 27 年 4 月 28 日) 配布資料.
- [8] 総務省. 産業競争力の源泉となる情報通信環境等の整備. 内閣府 日本経済再生本部 産業競争力会議 第8回新陳代謝・イノベーション WG (平成 27 年 4 月 28 日) 配布資料.
- [9] 経済産業省 提出資料. AI (人工知能)・ビッグデータによる産業構造・就業構造の変革. 内閣府 日本経済再生本部 産業競争力会議 第8回新陳代謝・イノベーション WG (平成 27 年 4 月 28 日) 配布資料.
- [10] 科学技術振興機構研究開発戦略センター (CRDS). 情報科学技術分野 (2015 年). 俯瞰報告書, CRDS-FY2015-FR-04, <http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2015/FR/CRDS-FY2015-FR-04.pdf> (2015 年 4 月).
- [11] 科学技術振興機構研究開発戦略センター (CRDS). IoT が開く超スマート社会のデザインー Reality 2.0 ー. 戦略報告書, CRDS-FY2015-SP-02, <http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2015/SP/CRDS-FY2015-SP-02.pdf> (2016 年 3 月).
- [12] 総務省. AI ネットワーク化検討会議中間報告書「AI ネットワーク化が拓く智連社会 (WINS(ウインズ))ー第四次産業革命を超えた社会に向けてー」
http://www.soumu.go.jp/main_content/000414122.pdf (2016 年 4 月)
- [13] 内閣府 総合科学技術・イノベーション会議 システム基盤技術検討会.
<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/wg.html>
- [14] 中島 秀之, 知能の物語. 公立ほこだて未来大学出版社 (2015 年 5 月).
- [15] Wing, Jeannette M., 翻訳: 中島 秀之. 翻訳 計算論的思考 (原題: Computational Thinking). 情報処理 56(6):pp.584-587, <http://id.nii.ac.jp/1001/00141759/>(2015 年 5 月).
- [16] 小柴 等, 林 和弘. オープンデータによるオープンサイエンスの推進. 人工知能 (人工知能学会誌) 31(2):pp.262-268, <http://ci.nii.ac.jp/naid/40020750066/> (2016 年 3 月).
- [17] 野田 五十樹, 篠田 孝祐, 太田 正幸, 中島 秀之. シミュレーションによるデマンドバス利便性の評価. 情報処理学会論文誌, 49(1):pp.242-252, <http://id.nii.ac.jp/1001/00009710/> (2008 年 1 月).
- [18] 松原 仁, 中島 秀之. これからの都市型公共サービスを考える -ほこだてスマートシティプロジェクトを例にして-. 情報処理, 55(2):pp.155-160, <http://id.nii.ac.jp/1001/00097744/> (2014 年 1 月).
- [19] 中島 秀之, 野田 五十樹, 松原 仁, 平田 圭二, 田柳 恵美子, 白石 陽, 佐野 渉二, 小柴 等, 金森 亮. バスとタクシーを融合した新しい公共交通サービスの概念とシステムの実装. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 71(5):pp.I_875-I_888, 10.2208/jscejpm.71.I_875 (2015 年 12 月).
- [20] 中島 秀之, 落合 純一, 鈴木 恵二, 平田 圭二, 白石 陽, 野田 五十樹. シミュレーションを用いた公共交通システムのデザイン -経過報告と今後の展開-. サービス学会第 4 回 国内大会講演論文集, pp.75-81 (2016 年 3 月).
- [21] 松尾 豊, 西田 豊明, 堀 浩一, 武田 英明, 長谷 敏司, 塩野 誠, 服部 宏充. 人工知能学会 倫理委員会の取組み. 人工知能 (人工知能学会誌) 30(3):pp.358-364, <http://id.nii.ac.jp/1004/00000606/> (2015 年 5 月).

付録1：中島 秀之 先生 ご講演資料

人工知能と情報技術が切り拓く “地域”と“未来”

ITの先鋒としてのAI

中島 秀之

公立はこだて未来大学

略歴

- 1977 AIUEO (私的勉強グループだがAI関連翻訳書(『エキスパートシステム』『メンタルモデル』の出版もやった)創始者の1/4 (命名したのも私)
- 1978 MIT AI Lab交換留学 (Carl Hewitt)
- 1983 『Prolog』産業図書
- 1983 東大大学院情報工学専門課程修了(工学博士), 電総研入所
- 1983 『知識表現とProlog/KR』産業図書(D論の日本語訳)
- 1985 Syracuse Univ. 夏だけ客員(PD) (Alan Robinson)
- 1989 Stanford CSLI在外研究 状況依存性 (Jon Barwise, Stanley Peters)
- 1991 電総研協調アーキテクチャ計画室長
- 2000 産総研サイバーアシスト研究センター長
- 2004 公立はこだて未来大学 学長
- 2010 “*Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments*”
Springer
- 2015 『*知能の物語*』公立はこだて未来大学出版会

私の研究分野の変遷

1978-1990 Logic Programming (第五世代プロジェクト当時)

→ IJCAI 85他で発表

International Joint Conference on AI (AI最高峰の国際会議)

1988-2000 状況理論 → IJCAI 91

1990-date 協調計算, Multiagent systems → JCAI 97

2000-date Ubiquitous computing → IJCAI 07 (招待講演)

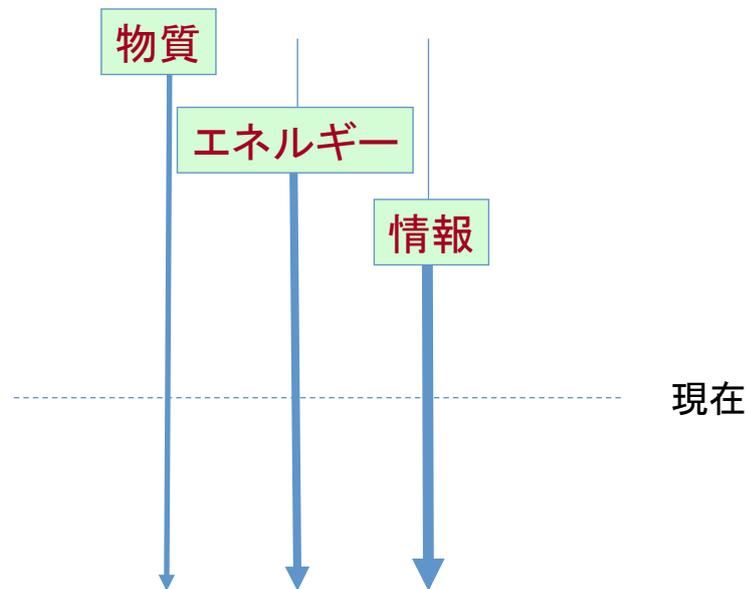
2003-date 構成的情報学

2006-date デザイン (科研費「デザイン学」領域立ち上げ) と
サービス工学



情報は物質, エネルギーに次ぐ世界観

- 農耕社会
 - 衣食住
- 工業社会
 - ハードウェア
- 情報社会
 - ソフトウェア
 - コンテンツ
 - ビッグデータ
- 人間社会
 - 価値, 物語
 - サービス
 - AI

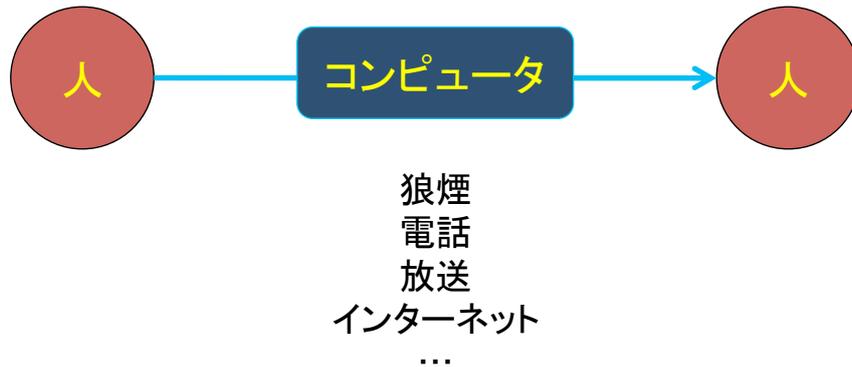


情報技術には2つある (通信だけではない)

1. 情報通信技術 (ICT): 情報を加工しない
 - telephone 電話
 - Internet インターネット
2. 情報処理技術: 情報を加工する(通信／表示しないことも)
 - data mining ビッグデータからの知識発見(1も使う)
 - data science eサイエンス/データ中心科学(1も使う)
 - expert systems エキスパートシステム
 - voice recognition 音声認識
 - bioinformatics 遺伝子解析
 - fly/drive by wire (飛行機や車の)操縦系の制御
 - weather forecast 天気予報

情報の通信

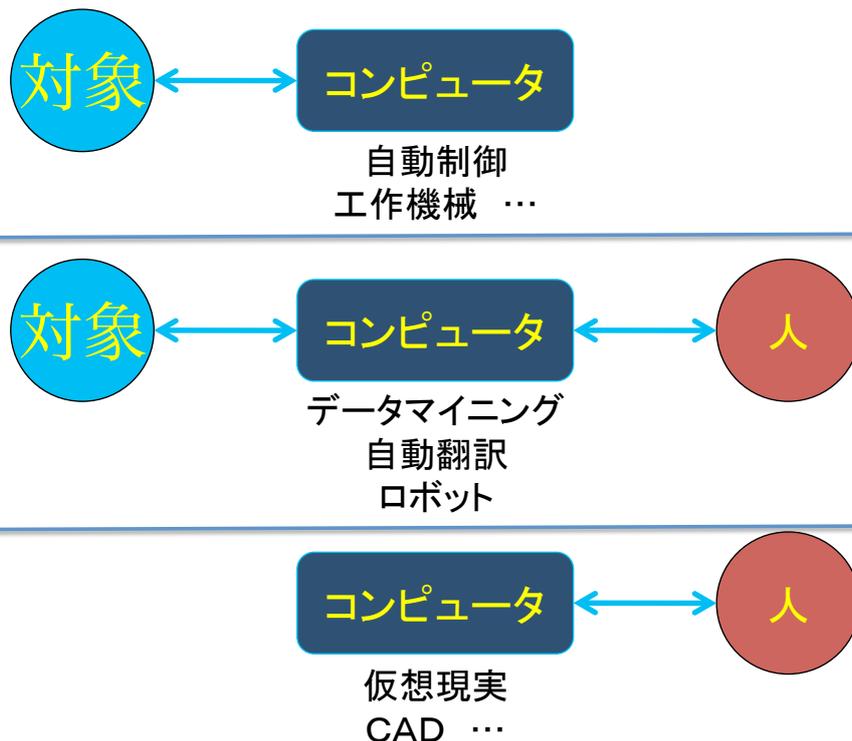
両端は人
コンピュータは内容に関与しない



2016/1/25

情報の処理

人が関与しない場合もある
コンピュータ(AI)が内容进行操作



2016/1/25

中島秀之訳: 計算論的思考

情報処理 56(6)584-587, 2015

Viewpoint | Jeannette M. Wing

Computational Thinking

It represents a universally applicable attitude and skill set everyone, not just computer scientists, would be eager to learn and use.

Computational thinking builds on the power and limits of computing processes, whether they are executed by a human or by a machine. Computational methods and models give us the courage to solve problems and design systems that no one of us would be capable of fackling alone. Computational thinking confronts the riddle of machine intelligence: What can humans do better than computers? and What can computers do better than humans? Most fundamentally it addresses the question: What is computable? Today, we know only parts of the answers to such questions.

Computational thinking is a fundamental skill for everyone, not just for computer scientists. To reading, writing, and arithmetic, we should add computational thinking to every child's analytical ability. Just as the printing press facilitated the spread of the three Rs, what is appropriately inessential about this vision is that computing and computers facilitate the spread of computational thinking.

Computational thinking involves solving problems, designing systems, and understanding human behavior, by drawing on the concepts fundamental to computer science. Computational thinking includes a range of mental tools that reflect the breadth of the field of computer science.

Having to solve a particular problem, we might ask: How difficult is it to solve? and What's the best

cisely. Stating the difficulty of a problem accounts for the underlying power of the machine—the computing device that will run the solution. We must consider the machine's instruction set, its resource constraints, and its operating environment.

In solving a problem efficiently, we might further ask whether an approximate solution is good enough, whether we can use randomization to our advantage, and whether false positives or false negatives are allowed. Computational thinking is reformulating a seemingly difficult problem into one we know how to solve, perhaps by reduction, embedding, transformation, or simulation.

Computational thinking is thinking recursively. It is parallel processing. It is interpreting code as data and data as code. It is type checking as the generalization of dimensional analysis. It is recognizing both the virtues and the dangers of aliasing, or giving someone or something more than one name. It is recognizing both the cost and power of indirect addressing and procedure call. It is judging a program not just for correctness and efficiency but for aesthetics, and a system's design for simplicity and elegance.

Computational thinking is using abstraction and decomposition when attacking a large complex task or designing a large complex system. It is separation of concerns. It is choosing an appropriate representation for a problem or modeling the relevant aspects of a problem to make it tractable. It is using invariants to describe a system's behavior succinctly and declaratively. It is having the confidence we can

Communications of the ACM Vol 49 Issue 3, 2006

2016/1/25

Computational Thinking

計算論的思考

Jeannette M. Wing (Microsoft Research and Carnegie Mellon University)
翻訳: 中島秀之 (公立はこだて未来大学)

[原文] Jeannette M. Wing: Computational Thinking, Communications of the ACM, Vol.49, No.3, pp.33-35 (Mar. 2006) より許可を得て翻訳。

これはWingの2006年のエッセイである。これが出た当時、我々日本の研究者仲間も似たような高揚を持っていたので、このエッセイを歓迎した。すぐに誰かが翻訳するものだと思っていたら、2014年の現在に至るまでその訳記はない。書いてあることが我々研究者には当たり前の話だ(のでもわざわざ翻訳しようと思わなかった)。このエッセイを読んでほしい世間の人はACMのこの記事の存在すら知らなかった(のでもわざわざ翻訳してほしいと思わなかった)のだろう。

2014年の今になって読み返してみると、その主旨は少しも古びていない。一部はすでに実現してしまっているし、逆に間違っていたような記述は1つも無い。その意味では8年を経てかえって重みが増したのではあるまいか。

2014年10月のMicrosoft Research Asiaのシンポジウムで北京に招待された折にWingが講演していて、この主題に再会した。早速翻訳を申し出て快諾してもらった(版権はACMにあるので、その許諾が必要とのコメント付き)。実は自分で途中で訳し忘れてそのまま忘れていたのだ。出版社からの催促のない翻訳というのは完成しないものだ(催促があっても完成するかどうか怪しいのに)と思った。今回より急ぎその訳記の作業を行ったのが本稿である。

なお、英語の"compute"の語感日本語の計算よりは広範囲を指し示すように感じている。日本語としては情報を操作する感覚に近いものである。しかしながら、"computer"には計算機という定義があり、いまさら情報処理装置と呼ぶわけにもいかない。ゆえに、"compute"は「計算する」、「computational thinking」は「計算論的思考」と訳すことにしたが、それ以外の"computer"は「コンピュータ」とした。ゆえに、"computer science"は「コンピュータ科学」、「computer scientist」は「コンピュータ科学者」とした。(訳者)

このエッセイはコンピュータ科学者だけでなく、すべての人が学び、そして使いたいと考えるに違いない一般的な態度とスキルに関するものである。計算論的思考は計算プロセスの能力と限界の上に成立しているもので、計算の主体が人間であるか機械であるかは問わない。計算手法と計算モデルは、我々個人が単独では決して達成できないであろう問題を解決したり、システムをデザインしたりする勇気を与えてくれる。計算論的思考は機械知能の隣に並び、人間がコンピュータより優れているのは何か? コンピュータが人間より優れているのは何か? さらに最も根本的な問題がある: 何が計算可

な回答しか知らない。計算論的思考は、コンピュータ科学者だけではなく、すべての人にとって基本的な技術である。すべての人のための分岐的思考能力として、「読み、書き、そろばん(算術)」のほかに計算論的思考を加えるべきである。印刷、出版技術が3Rの普及を進めたように、コンピュータ科学と計算装置が計算論的思考を普及させることを忘れてはならない。計算論的思考は問題解決、システムのデザイン、そして基本的なコンピュータ科学の概念に基づく人間の理解などを必要とする。そして、コンピュータ科学の広がりを促したさまざまな思考の道具も各



AITが社会を変える

- 柔軟な組織運営(新しい会社や社会の形態)
 - 大企業/商社/学会は不要
 - 資本主義や民主主義のあり方も見直せるか?
 - (AIに奪われて)仕事がなくとも暮らせる社会
- Intelligence Amplifier
 - 人間と分業&協調
 - 人間は創造的工作(デザイン)
- AIものづくり
- 対話処理
 - (電話やホテルなどの)受付
 - 自動翻訳
- 自動運転
- 複雑系の処理
 - 部分の単純和ではないシステムの扱い

2016/1/25

私の研究から: 協調カーナビ

- 地域全体でカーナビ情報をシェア
- 現在地と**目的地**がわかる
- **未来**の交通状況のシミュレーションが可能
 - VICSの混雑情報のフィードバックは非効率
 - 振動
 - 遠方での決断が不可
 - たとえば長野から東京に入るのに中央道か関越かは最初に決断したら、後で修正不能

2016/1/25

私の研究から: 公共交通サービスのクラウド化 (バスとタクシーの差は車両の大きさだけに)

従来システム:
バスとタクシーは別システム

提案システム(SAVS):

都市内の全バスとタクシーを集中制御し、ユーザとシステムの協調によりシステムが最適手段を選択

どちらを使う?



バス: 固定路線
固定ダイヤ



タクシー:
便利だが高額

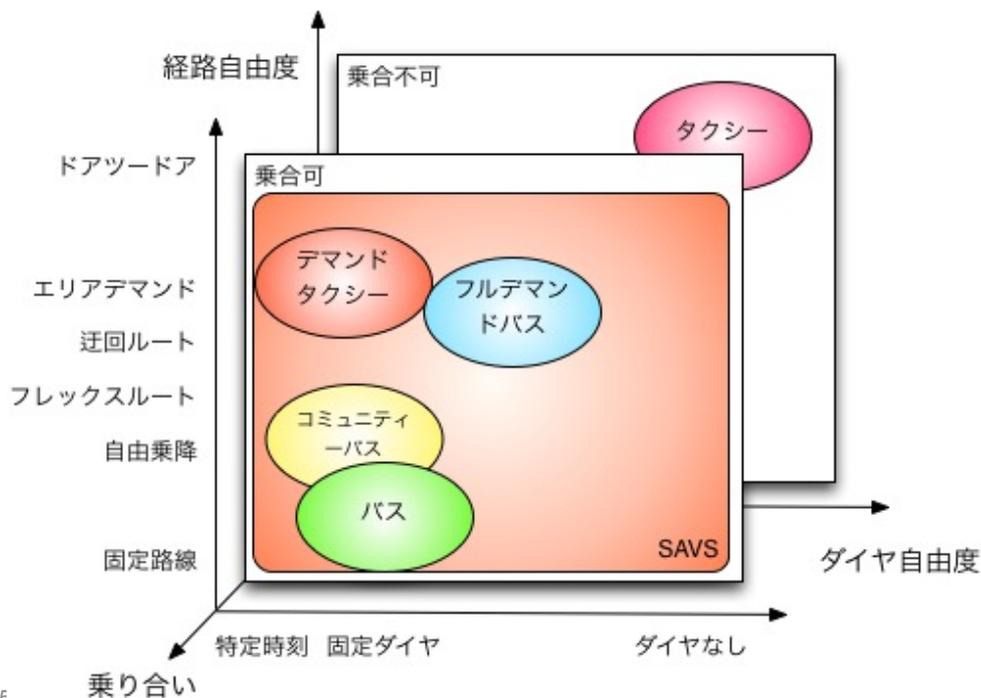
クラウド化



GPSによる位置管理
ドライバーヘルートの
遠隔指示

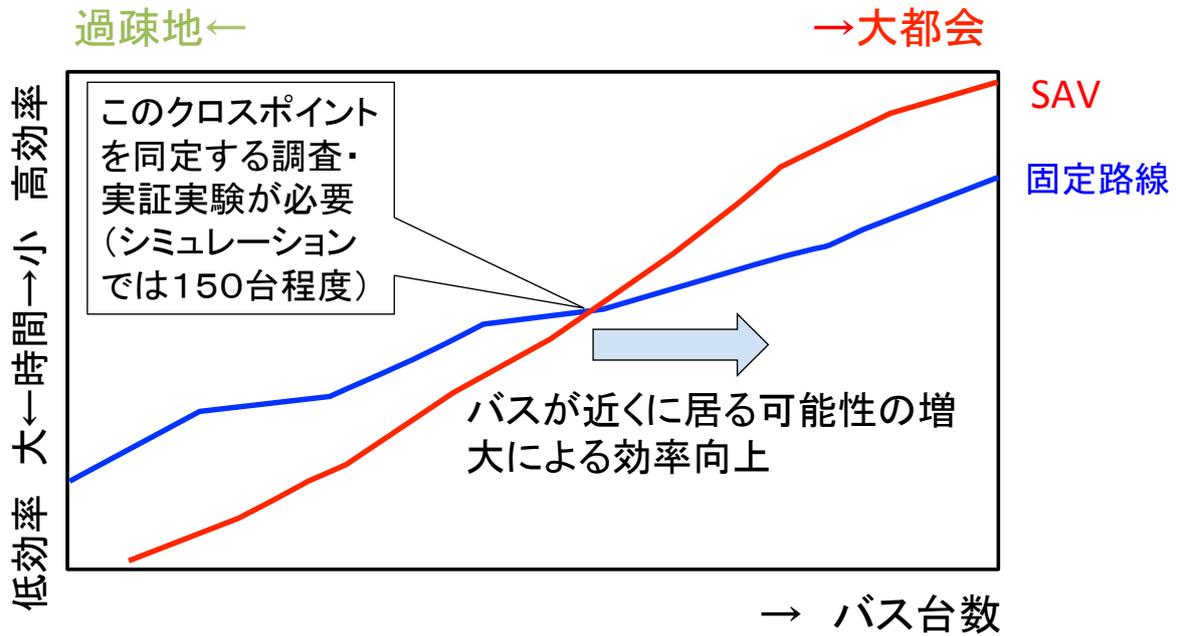
2016/1/25

公共交通のクラウド化

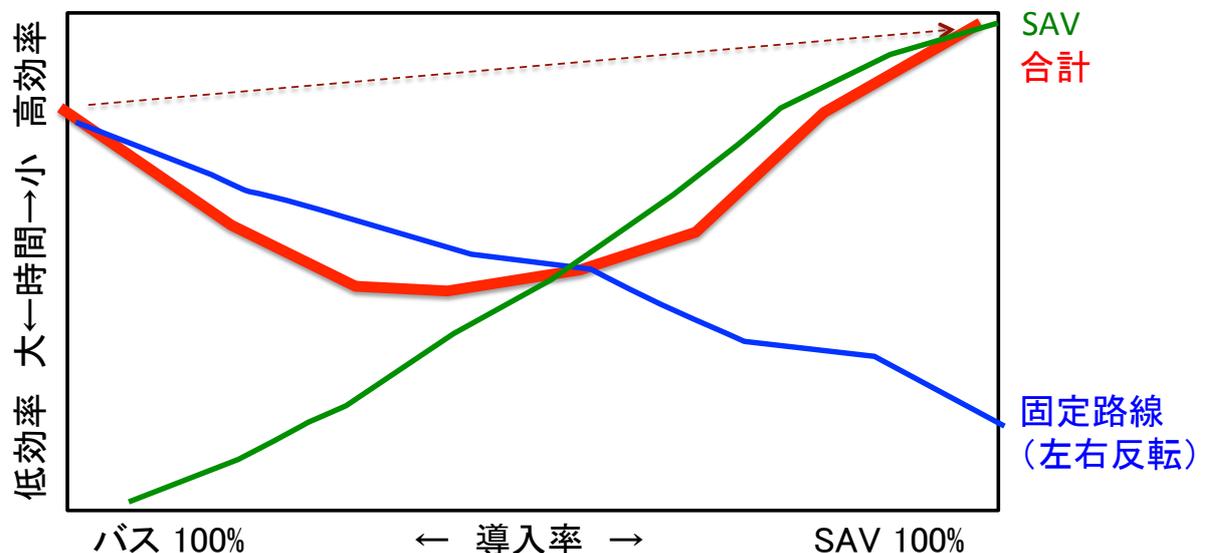


2016/1/25

MAシミュレーションで:我々の提案しているSAV方式は 台数が増える程有効であることが判明

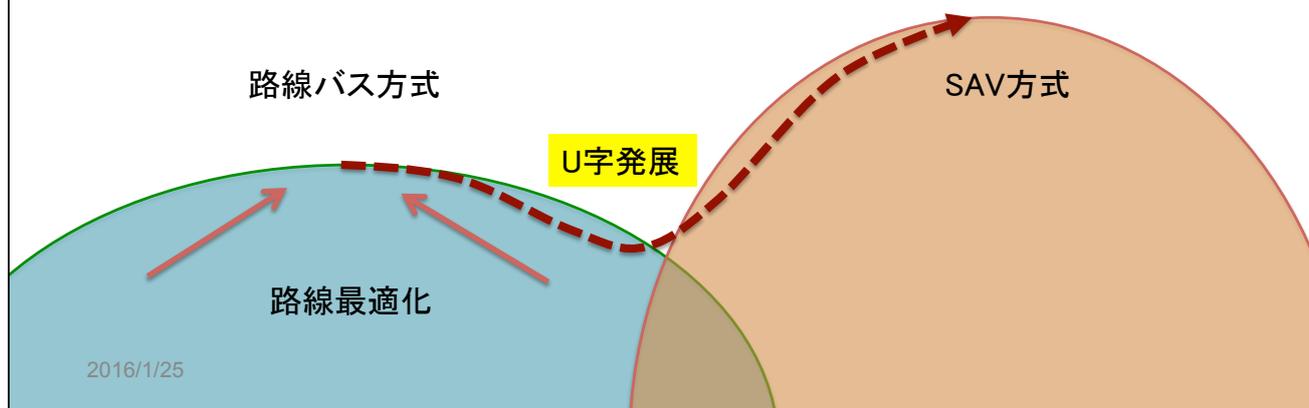


U字型問題もシミュレーションで判明: 固定路線からSAV方式への暫定的移行



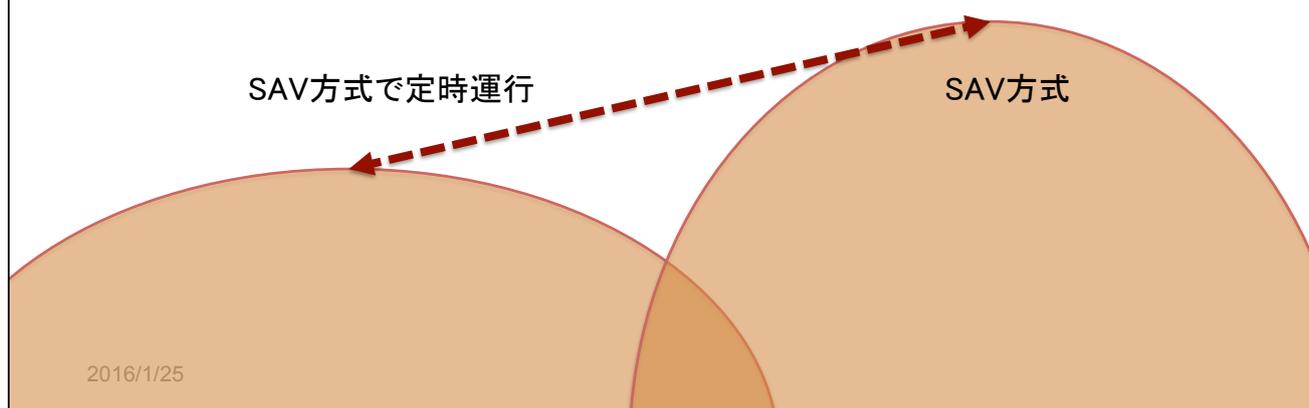
U字発展問題：局所最適と大局最適

- マルチエージェントシミュレーションで判明
- 路線最適化は局所最適化
- SAV方式は(都市部では)大局最適
- SAVへの移行はU字型の谷を越えて発展
 - 経済原理だけでは進まない



U字発展問題の一解決策 (混ぜなければ良い！)

- 情報技術の柔軟性を使う
- SAVシステムを路線バス方式で運用
 - この段階でも路線最適化などに柔軟に対応可
- 準備が整った段階で一気にSAV方式に切替
 - あるいはSAVの日を作って実証も可
 - いつでも元に戻せる





AIの歴史

知能研究の立場(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
 - Brooksの服属アーキテクチャ (subsumption architecture)
 - オートポイエシス (autopoiesis)
 - 状況依存性 (situatedness)

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
- 外在化できる必要は必ずしもない
 - ニューラルネット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

2016/3/3

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
 - 記述量が爆発
 - 推論量も爆発
 - 拡張版
 - 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

2016/3/3

シンボルグラウンディング問題

- 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

2016/3/3

常識推論

- 人間は情報が不足していても結論が出せる
- 非単調推論として定式化
 - Yale shooting problem (Hanks and McDermott 1986)
 - 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

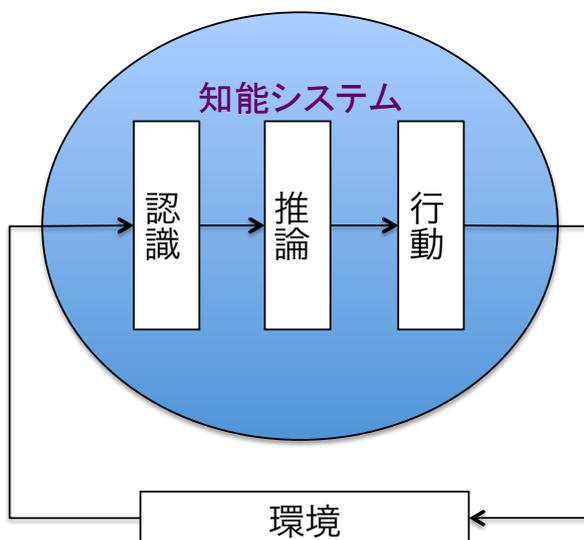
2016/1/25

Neural Networksの変遷

- パーセプトロン Perceptron
 - 線形分離可能な学習のみ
- PDP(Parallel Distributed Processing)
 - Backpropagation (誤差逆伝播)の実用化により多層の学習が可能に
 - 初めて隠れ層のある(三層以上の)neural networksの学習法を示したのは甘利俊一(1967)
- Deep Learning (超多層)
 - PDPの一種. 自己想起学習により概念化.

2016/1/25

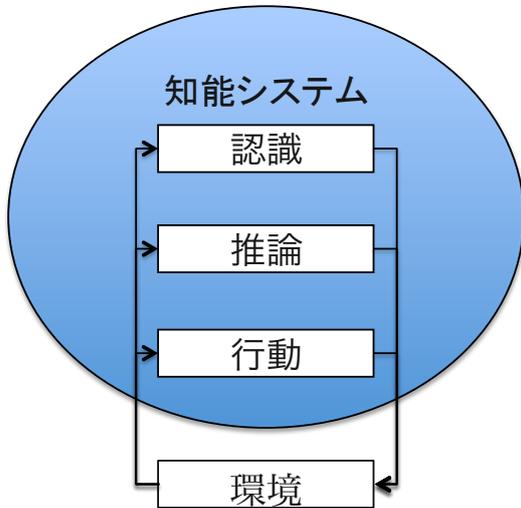
古い(物理記号システム仮説時代の)知能観



- (順序は違うが)読み書きそろばんモデル
- 内部表現とその上での推論をモデル化
- フレーム問題の発見

2016/1/25

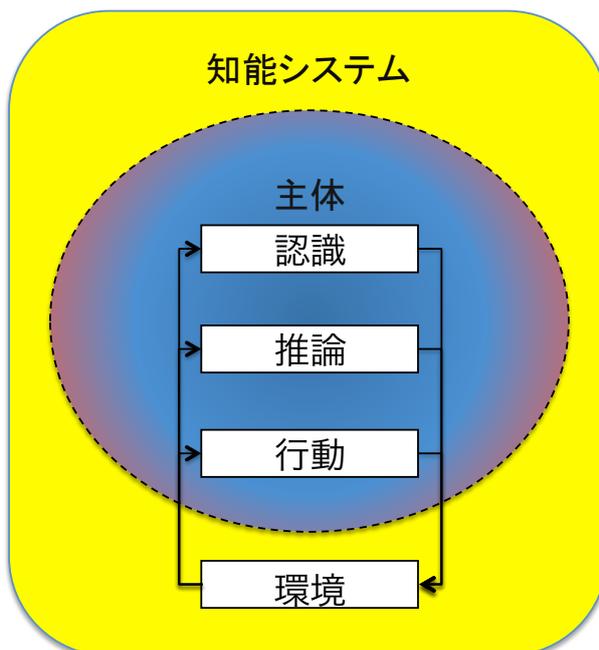
服属 (Subsumption) アーキテクチャ



- Brooks
 - 「昆虫の知能」
- 水平型から垂直型へ
- 上位が下位に介入 (subsume)

2016/1/25

環境との相互作用を重視する知能観



- Uexküll: 環世界
 - Gibson: アフォーダンス
- Maturana & Varela: オートポイエシス (自己産出)
 - 「神経システムには入力も出力もない」
- 状況依存性
 - 環境に計算させる

2016/1/25

環境との相互作用

備前焼きは環境(火のまわり方)を積極的に利用している

- 完全な制御はできない(複雑系である)
- 何が起こったかは分析(自然科学)の対象
- (知能システムとしては、内部表現ですべてを計算するのではなく)環境に計算させるのが重要



知能の物語

- 題字: 今野萃花
 - 故中島荘牛氏(はこだて未来大設立に貢献した函館の書家、薄墨が得意)の弟子
- 薄墨は環境との相互作用を利用している



ユクスキュル：環世界 (思索社 1973)

- 1892-1905の研究
- 環境は生物が作り出す
- 環~~境~~
- ダニの環世界
 1. 光: 灌木の枝に登る
 2. 酪酸: 落下
 3. 温度: 冷たければ1に戻る
 4. 触覚: 毛の少ない場所から吸う

2016/1/25

生物から見た世界

ユクスキュル/クリサート 著

日高敏隆・羽田節子 訳



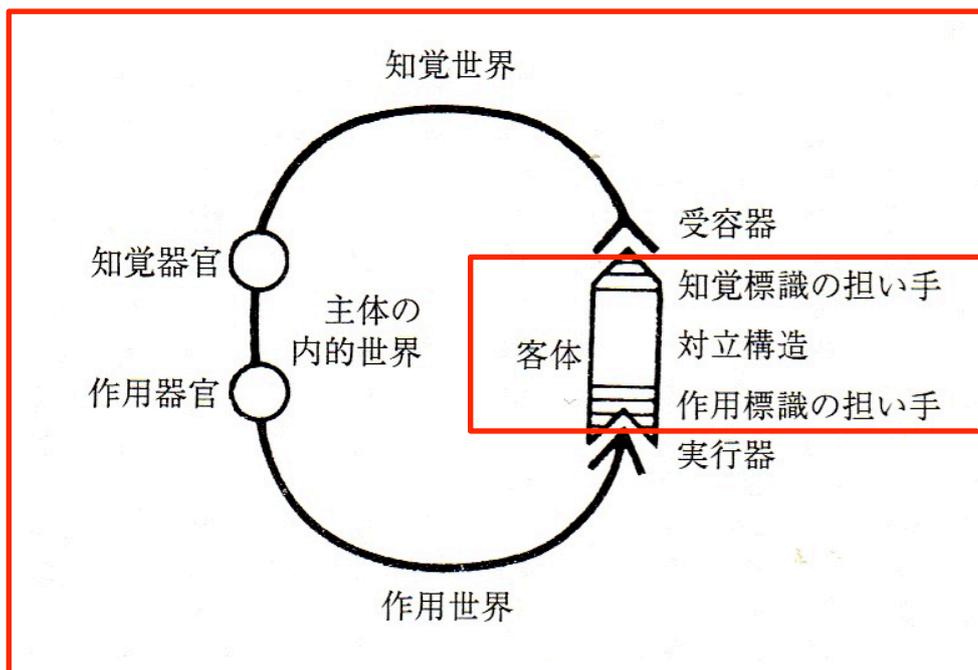
甲虫の羽音とチョウの舞う、花咲く野原へ出かけよう。生物たちが独自の知覚と行動でつくり出す(環世界)の多様さ。この本は動物の感覚から知覚へ、行動への作用を探り、生き物の世界像を知る旅にいきなう。行動は刺激に対する物理反応ではなく、環世界あつてのものだと唱えた最初の人ユクスキュルの、今なお新鮮な科学の古典。

用を探り、生き物の世界像を知る旅にいきなう。行動は刺激に対する物理反応ではなく、環世界あつてのものだと唱えた最初の人ユクスキュルの、今なお新鮮な科学の古典。



青 943.1
岩波文庫

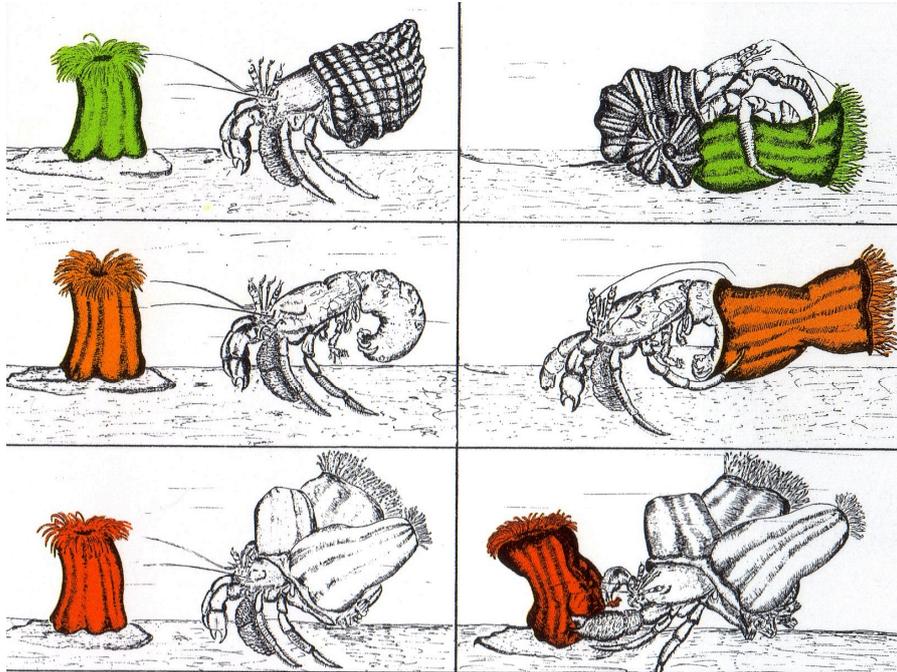
機能環



2016/1/25

ヤドカリの環世界

イソギンチャクに出会ったときの行動



殻付き
→保護

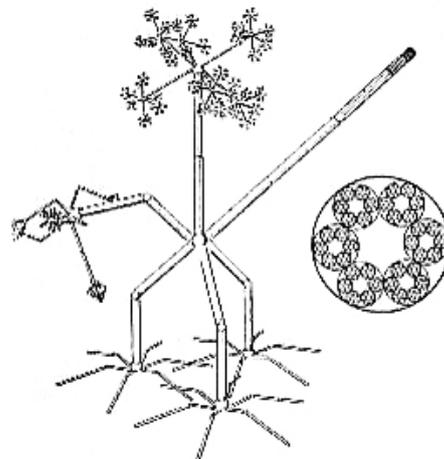
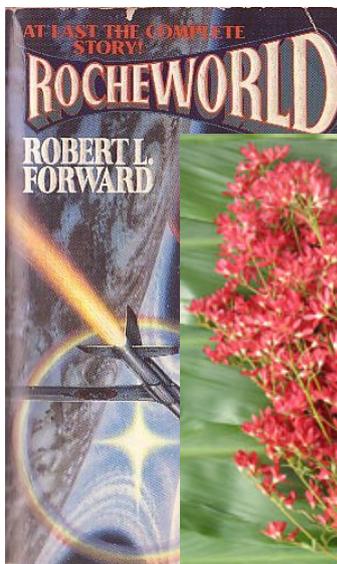
殻無し
→殻

空腹
→食糧

2016/1/25

手足を持った知能

Christmas Bush
(designed by Hans Moravec)



社会知能の考え方

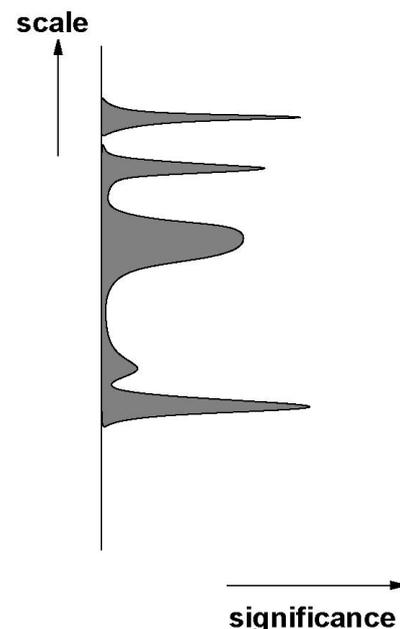
- 集団としての感情・知能
 - 模倣(ミラーニューロン)
 - 他人のモデル
 - アリの社会は一個体と見た方が良くかもしれない(個々の細胞が知能を持った生物?)
- 社会としての知能
 - 社会制度
 - 文化(ミーム)
- 社会としての進化
 - 共進化
 - **教育**システムや文化の遺伝と進化



2016/1/25

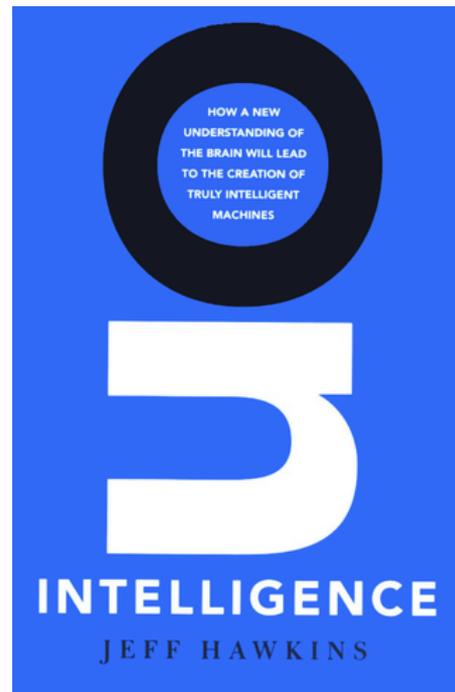
人間理解の階層(多層システム)

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



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」



2016/1/25

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

2016/1/25



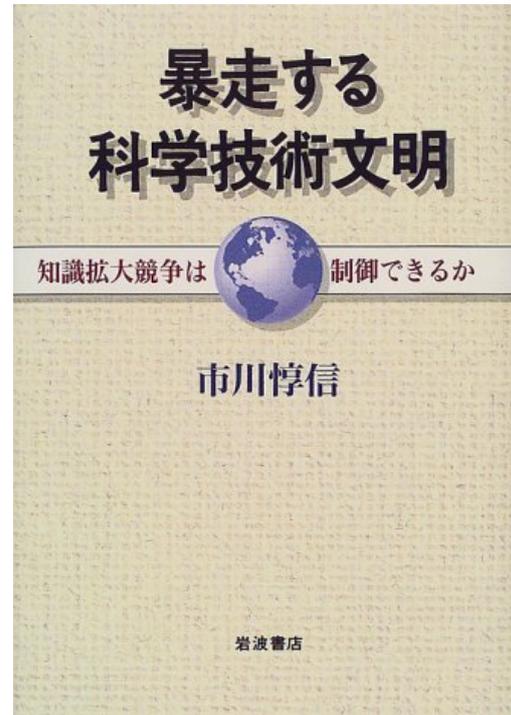
視点 科学と工学 構成的方法論

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)

集団の統合原理には色々ある

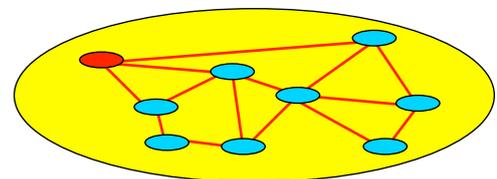
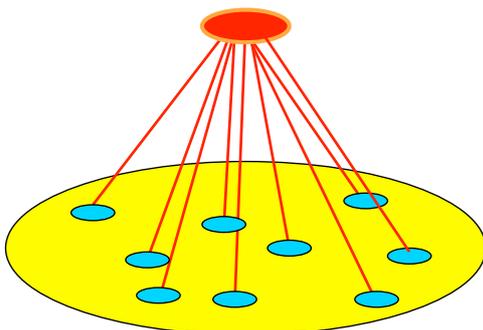
- 実力
 - 規範
 - 無矛盾世界観
 - 戒律形
 - 審判規範形
 - 容矛盾世界観
 - 内部規範
- » 市川惇信『暴走する科学技術文明』



2016/1/25

集団の構成員は誰を見ているか？

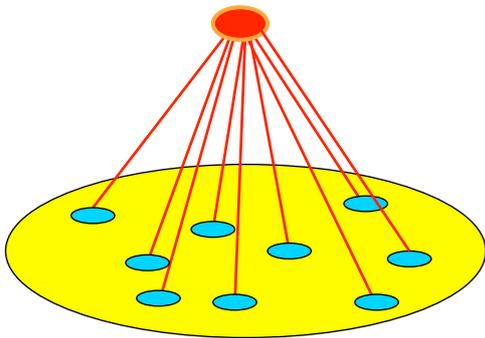
- 無矛盾世界観
 - 戒律, 神
 - 超越的存在
- 容矛盾世界観
 - 他人
 - 内部規範



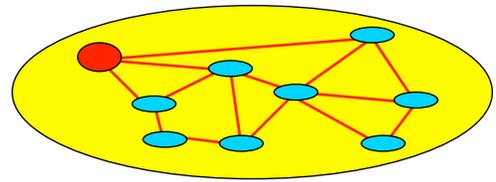
2016/1/25

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

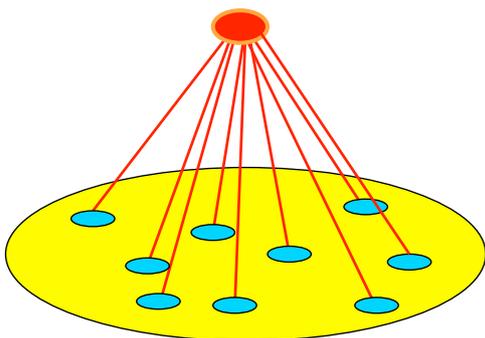


2016/1/25

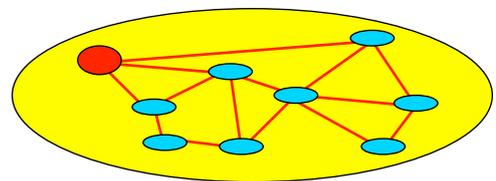


科学と工学

- 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)



2016/1/25



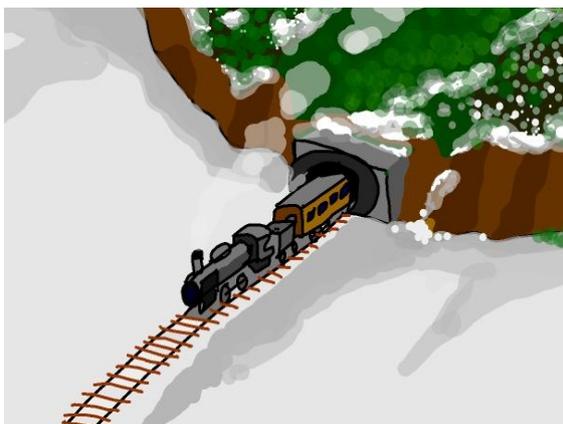
視点の違いは言語にも反映している 川端康成の「雪国」より

- 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。

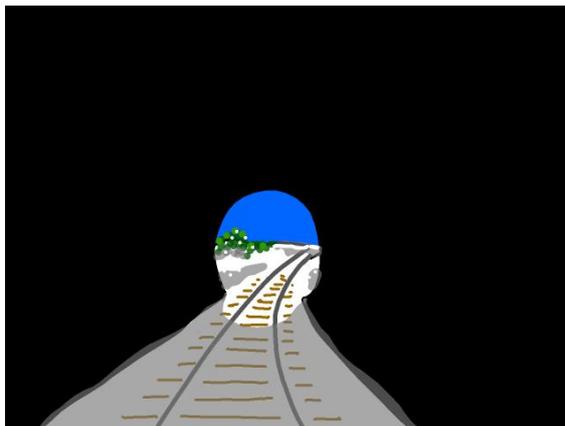
2016/1/25

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)



2016/1/25



奥山清行『フェラーリと鉄瓶』PHP文庫, 2010

• 言語と考え方の関係

- ふだん日本語だけで仕事をしている人にはなかなか気づくチャンスのないことだと思いますが、人間は話している言語によって考え方が変わります。(p27)
- 英語: 言葉数が多いので頭もスピーディ.
- イタリア語: とても少ない言葉で意味が通じる. 頭の回転を速くしないと会話に追従できない.
- 日本語: 微妙なニュアンスを伝えるには良いが、素早い処理には不向き. 日本語は外国語より複雑.

2016/1/25

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

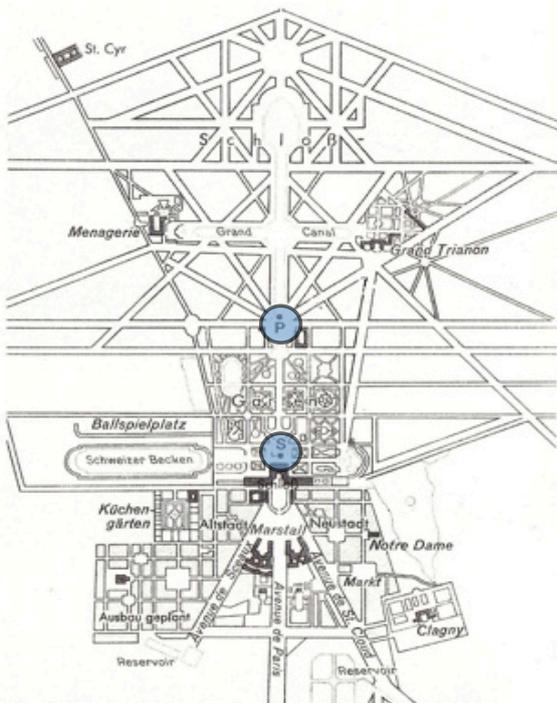


図2 ヴェルサイユ宮殿の見取図



図1 桂離宮の見取図

2016/1/25

新形信和: 日本人の<わたし>を求めて(pp. 16-17)

Where am I? / ここはどこ?

英語は鳥の視点



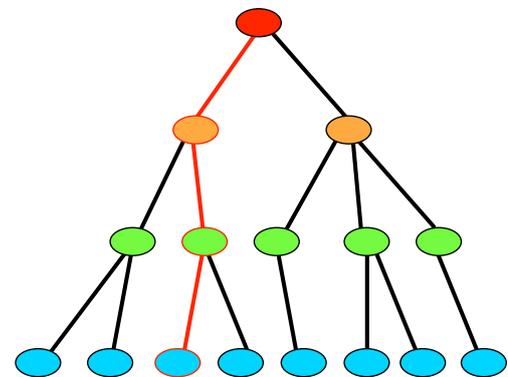
日本語は虫の視点



2016/1/25

マルチエージェント研究

- エージェント=自律プログラム
- 複数エージェント
- 欧米では社会組織を手本
 - 抑制と資源配分による選択
 - 衝突, 折衝, 共同
- 日本では協調アーキテクチャ
 - 三人寄れば文殊の知恵
 - 蟻や蜂の社会が手本
- 坂村:「ユビキタス」は一神教
 - 日本は八百万の神



Marvin Minsky 『心の社会』

Herbert Simon: *The Sciences of the Artificial*

1st edition 1969

2nd edition 1981

3rd edition 1996

Everyone **designs** who devises courses of action aimed at changing existing situations into preferred ones.

システムの科学

THE SCIENCES OF THE ARTIFICIAL

第3版

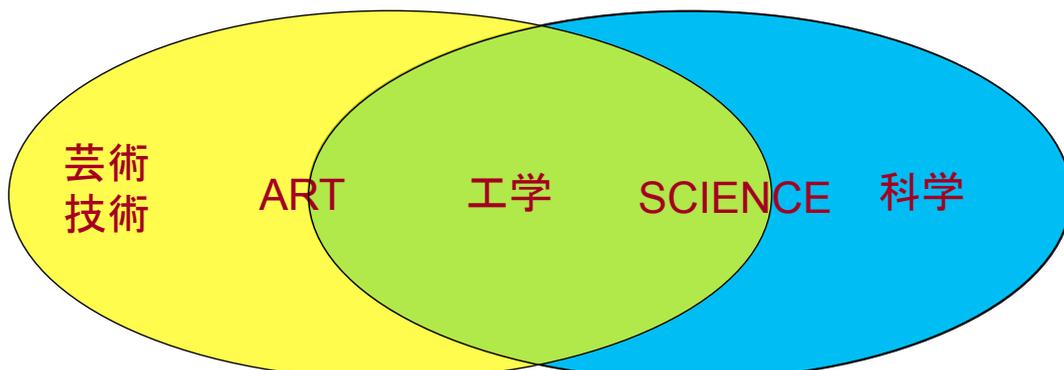
ハーバート・A・サイモン著
稲葉元吉・吉原英樹 訳



2016/1/25

学と術（日本語と英語の違い）

- 工学はScienceの一部
 - science ← scientia = 知識
 - art ← ars = わざ・(職人的な)技術 (techne)



2016/1/25

Science Journal KAGAKU

科学

70周年記念特大号

VOL. 71 NO.4/5 APR./MAY 2001

合併号 特集

あなたが考える科学とは

記念対談

芸術と脳と科学 第1回 (森村泰昌・養老孟司)
未来世代を考える科学 (緒貫礼子・大井玄)
天と地と科学者の中で (池内了・齋谷いづみ)
つぎの宇宙像・地球像をもとめて 第2回 (佐藤勝彦・深尾良夫)

赤木忍夫・秋山豊寛・天野礼子・甘利俊一・石田晴久・石田秀実・井田達也・伊東俊太郎・伊藤正男・伊東光晴・伊藤嘉昭・今井正隆・彌永昌吉・岩崎邦男・内山節・海野和男・佐藤津典生・江沢洋・大野晋・岡田節人・小野有五・嘉田由紀子・加藤典洋・加藤尚武・川那部浩哉・木下是雄・桐敷真次郎・黒田洋一郎・小出昭一郎・古在由秀・小平桂一・小松彦三郎・佐々木力・佐藤文隆・清水博・新藤宗幸・杉本大一郎・瀧名秀明・高橋裕・高橋義人・竹内均・立松和平・田中正・鶴見俊輔・徳永進・戸田盛和・長尾真・長岡洋介・中村桂子・中村唯里・中山茂・並木美穂・名和小太郎・西垣通・西島和彦・二宮正之・野崎昭弘・橋本寿朗・波多野謙余夫・原田正純・樋口敬二・藤永茂・星野芳郎・堀淳一・益川敏英・三木 卓・村上隆一郎・毛利秀雄・森口繁一・柳沼重剛・柳澤桂子・山折哲雄・山口幸夫・山下洋輔・和田英太郎・和達三樹……………ほか多数

岩波書店

2016/1/25

科学 vol. 71 no. 4/5, pp. 620-622, 岩波書店

特集 あなたが考える科学とは

科学・工学・知能・複雑系

日本の科学をめざして

中島秀之

Hideyuki NAKASHIMA

産業技術総合研究所サイバースト研究センター

私は学校で自然科学の訓練を受けた。中学のときにガモフ全集を読んだ。高校のときに良い教師に巡り会い、科学の考え方を伝授してもらった。京都大学で湯川秀樹さんの同僚だった叔父の影響もあって、理論物理をめざして大学に進んだ。しかし、気が付いてみれば計算機のとりこになっていた。計算機の上に知的振舞を実現させたいと願って人工知能の研究を続けてきた。そして、最近になって自然科学の考え方は計算機や知能には通用しないことに気がついた……。

科学

私が教わった科学の方法論とは、仮説の生成とその検証のループを繰り返すものであり、その目標は自然界の法則の記述である。また、そういう

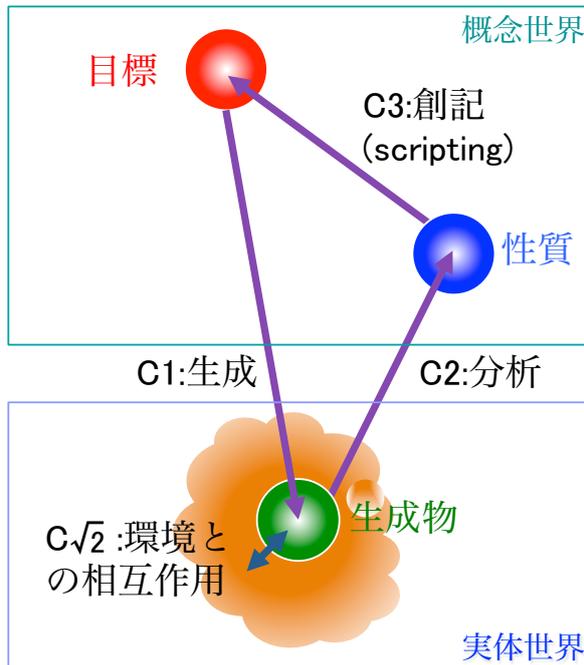
工学

科学に比べて工学の概念は人によってさまざまな意味に用いられている気がする。いちばんひどいのは、科学の実用を目指す学問という定義だろう(『広辞苑』では「基礎科学を工業生産に適用して生産力を向上させるための応用的科学技術の総称」と書かれている)。必然的に科学の後になるし、実用ということばの中には経済原理が忍び込んでくる。しかし、原理発見が現象再現に追従した例は多い。たとえばメンデルの遺伝の法則は、それより前に行なわれていた植物の掛け合わせによる品種改良に後付け説明を与えた。

私は、工学とは現象を作り出し制御する方法に関する学問体系だと考えている。原理はわかっている(科学として完成)が現象再現ができない(工

2016/1/25

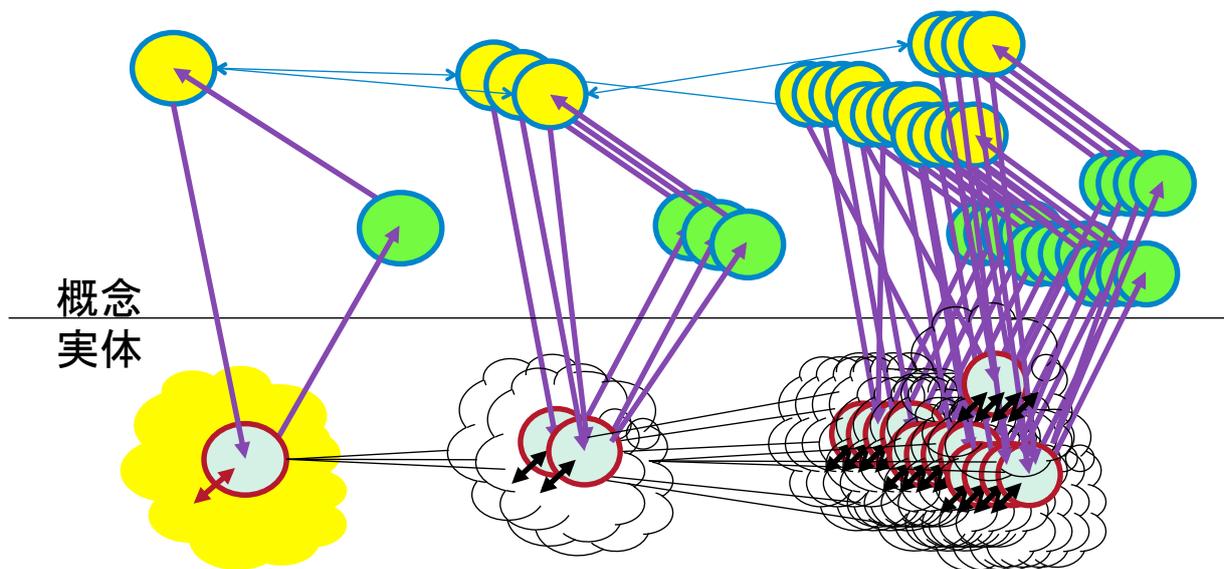
FNSダイアグラム：構成の方法論の定式化



- Future Noema
Synthesis
- 実際にはフラクタル & スパイラル
 - 矢印を展開するとFNS
 - たとえばC2は科学の仮説
生成-検証ループ: 構成は分析を包含している
 - 目標が変化していくので
スパイラル

2016/1/25

実システムは複雑(多層FNS) 概念層と実態層が非対応



2016/1/25



状況依存性

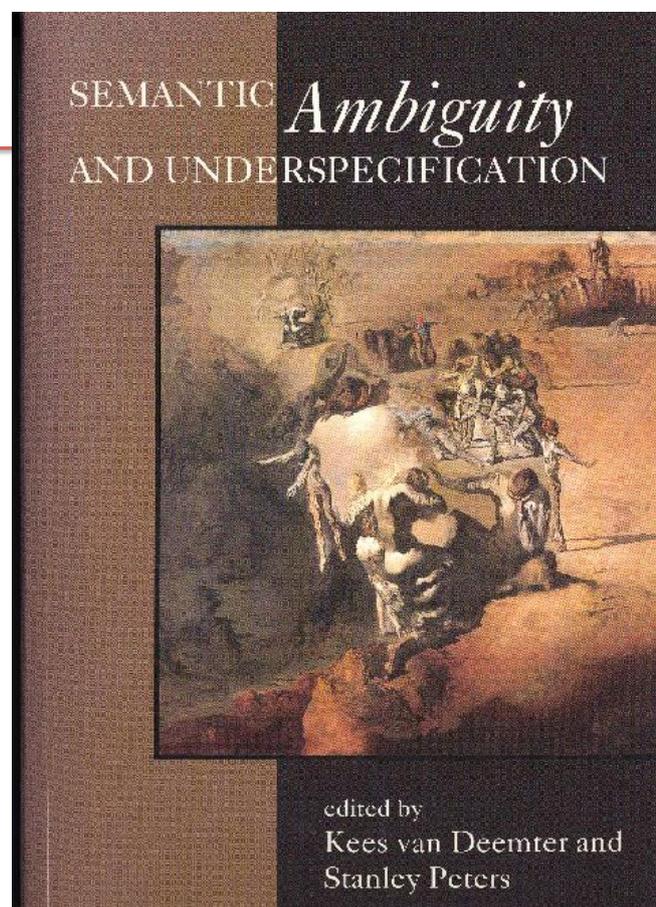
2016/1/25

公立はこだて未来大学
FUTURE UNIVERSITY HAKODATE

状況依存性

- この本の一章で我々は
 - 日本語は曖昧 (underspecified)ではなく, properly specified であるという主張をした
 - 虫の視点なら状況依存性が使える

2016/1/25



私の研究から：状況依存性を活用したUI

- Insects' Eyes View
- “Let it be” so (*que sera sera*)
- **NOT** Birds' Eyes View
 - make it happen by representation and computation



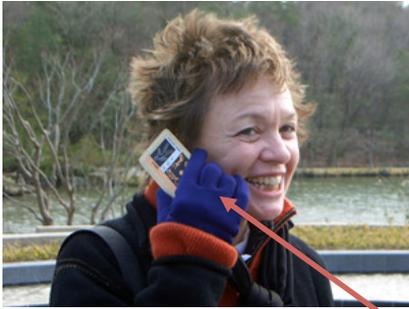
2016/1/25

愛地球博 (グローバルハウス)

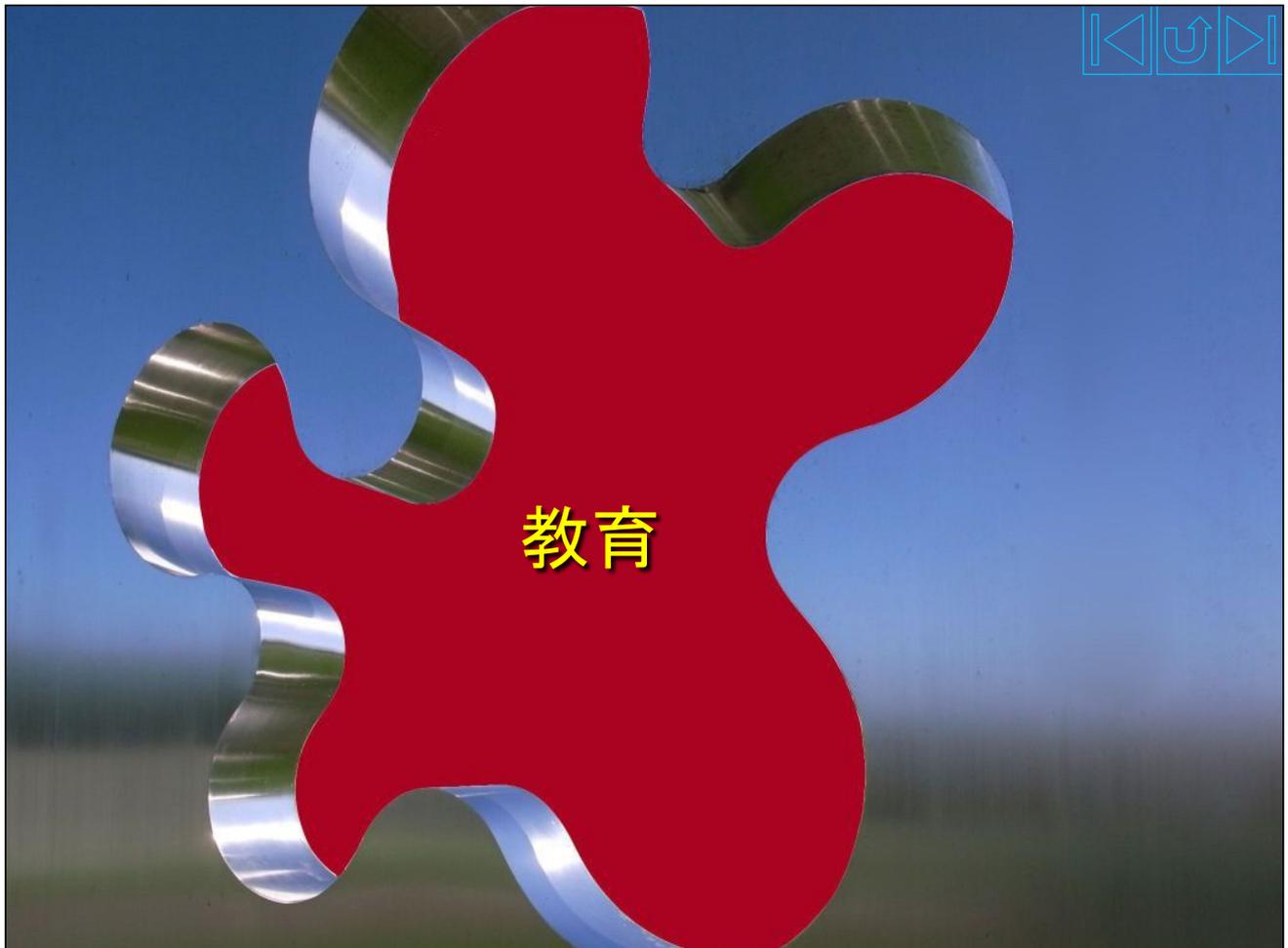


2016/1/25

愛地球博 (Show & Walk by Laurie Anderson)

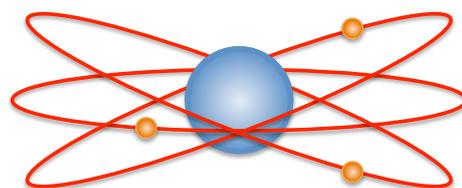
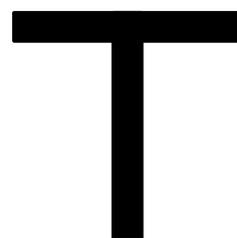


2016/1/25



T型人材/アトム型人材

- T型
 - 深い専門
 - 広い知識/興味
- アトム(原子)型
 - 自分の専門分野が核
 - 電子の雲が周囲の原子と相互作用してより大きな分子を構成



2016/3/10

はこだて未来大の研究教育分野

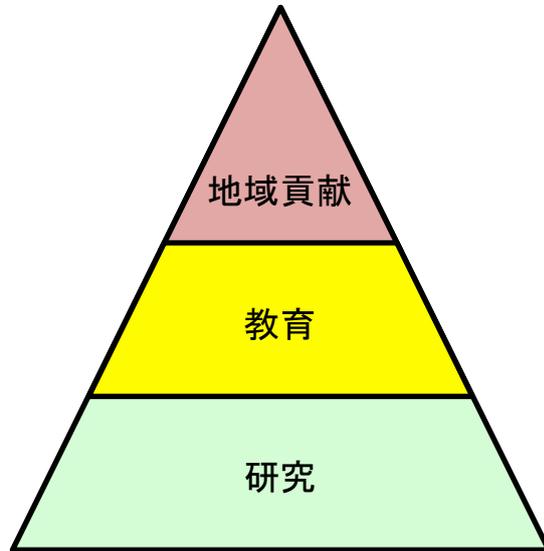
- 情報科学
- デザイン(出口イメージ)

情報科学で新しい社会システムを
デザインする 人材の育成

教育のキーワード:
情報, システム, デザイン

未来大の立ち位置

- 地域貢献
 - 地域の知の核となる
- そのための教育
 - リーダーを育てる
 - 地域問題も扱う
プロジェクト学習
- そのための研究



2016/3/10

Medical IT

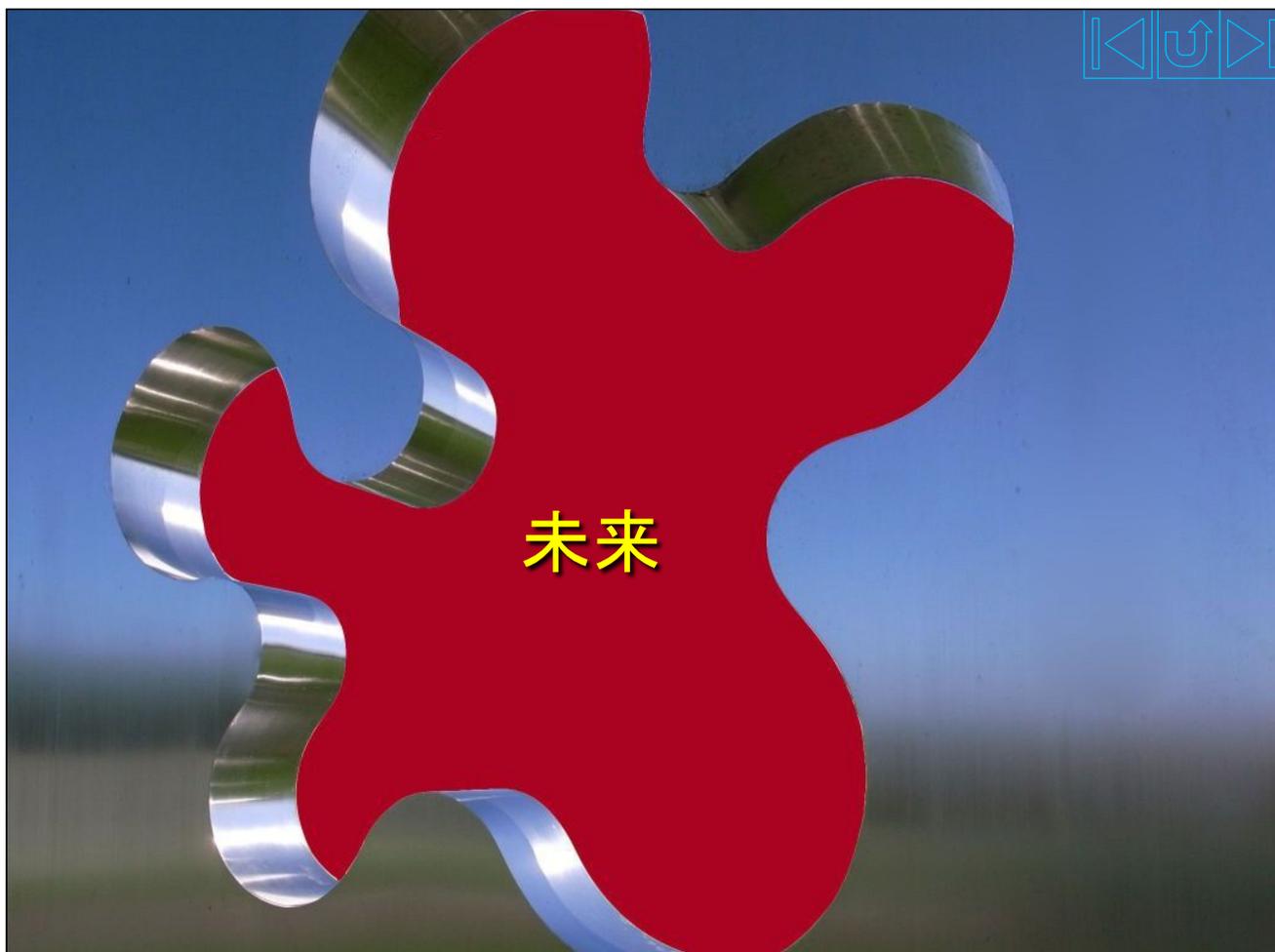
● 新しい産学コラボレーション

本プロジェクトは大規模病院をフィールドとした「患者と病院との適切なコミュニケーションシステムの開発」をテーマとし3年に渡って実施した。まず学生が自主的な判断で、患者の立場からのコミュニケーションのあり方とその問題点について、函館市内の複数の大規模病院をフィールドとしたリサーチを実施した。そこから得られた問題点の解決の為に情報系企業の商品化されていない技術をリサーチし、本来意図されていなかった新しい活用システムを構築し医療現場と企業の双方に提示した。このようなスタイルは三者各々にメリットがあり、基本的に各組織が各々の予算で活動するという柔軟な運営があったため、実現できたコラボレーションの形である。その成果は、具体的なシステムやハードウェアの技術シーズリサーチ、プロトタイプとして公開され、多くの医療現場や企業から将来市場導入する事も含めた高い評価を得た。



Marine IT

- 地方創生に資する「地域情報化大賞2015」大賞/総務大臣賞...IT漁業による地方創生
- 例
 - ホタテ養殖の水温管理
 - ユビキタスブイ(右の写真)
 - なまこ養殖の資源管理
 - iPadアプリ
- 陸の技術がそのままでは使えない
 - 価格(漁業者に手の出る価格)
 - 波の揺れ(ユーザインタフェースも変わる)
 - 海上無線LANの実験も



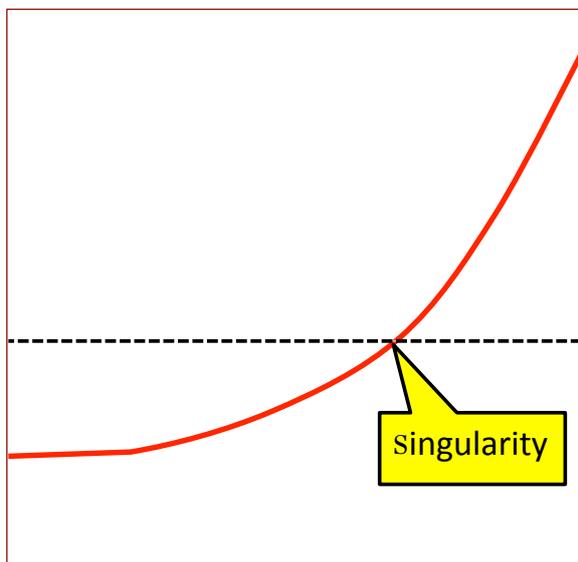
Singularity(特異点)

- Ray Kurzweil: The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology (2006)
 - ポスト・ヒューマン誕生 – コンピュータが人類の知性を超えるとき (2007)
- 前提は二つ
 - ムーアの法則(コンピュータの処理能力が脳を超える)
 - 人間より賢いプログラムができる
 - そのプログラムが自分より賢いプログラムを作り続ける(再帰的)

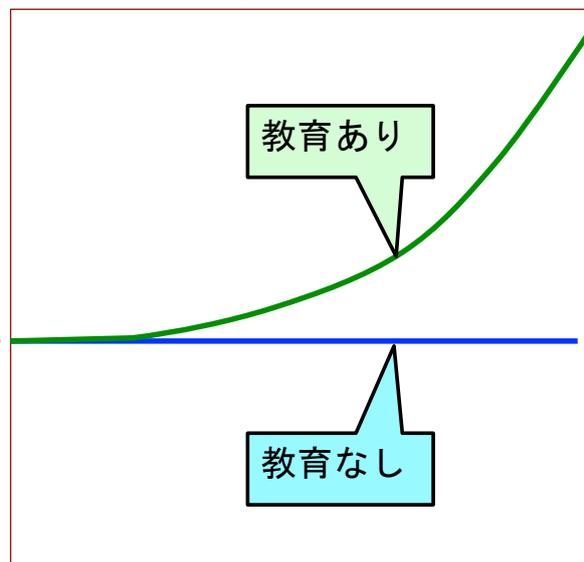
2016/1/25

Singularityは本当に来るか？

コンピュータ: ムーアの法則



人間の認知機能



人間より賢いプログラムは(人間に)書けるか？

- 速度だけではダメ
- 人間より賢いプログラム
 - 人間がプログラムできるか？
 - 学習によって人間より賢くなれるか？
- 将棋／囲碁プログラムの例
 - 作者より強いプログラムは作られていない
 - 例外:モンテカルロ法
 - 学習によって強くなる
 - 棋士(棋譜)から学ぶ

2016/1/25

『知能の物語』(中島秀之2015)から

- ある石の集団が死ぬとわかったときに、これをどうするかは別問題である。振り代わるなりして、その石の死を無駄にしないのが知能であり、このあたりのプロの技は注目に値する。
- このような失敗からの脱出は知的活動のなかでも最もむずかしい部類に属すると思う。外界からの刺激に反応するだけでは対処できない。記号処理をもう一度見直す必要があると考えている。初期の記号処理盲信ではなく、環境との相互作用などを考えた新しい記号処理パラダイム {脚注:最近Deep Learningが、概念獲得を含めた学習ができるということで期待されている。ニューラルネットワークの枠組みで記号処理ができるということである。しかしながら、ここで議論しているような一段抽象的な推論能力、あるいは自分の知識や推論に関するメタ学習能力に関してはまだ示されていない。}が欲しい。

2016/1/25

機械学習の問題点

- 過学習 (over fitting)
- 騙され易い(ある意味の過般化)
 - 誤認識に導くパターンが容易に作れる
 - 人間にも錯視はあるが...

→ トップダウン予測で解決可能

2016/1/25

AIプロジェクト

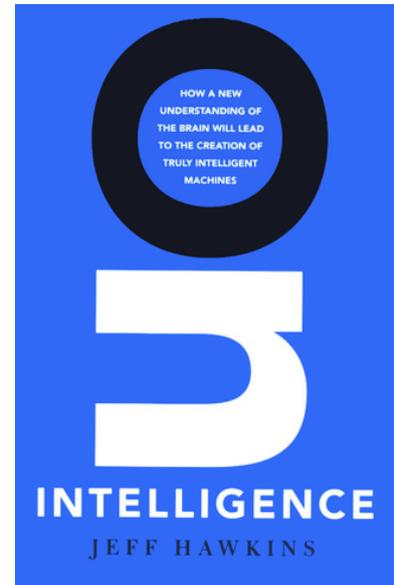
- 第五世代に続く世界的インパクトが欲しい
- 「ボトムアップ(ニューラルネット)とトップダウン(記号処理)の融合」

脳科学の知見とAI技術を融合し
「**構成的知能**」の実現を目指す

2016/3/3

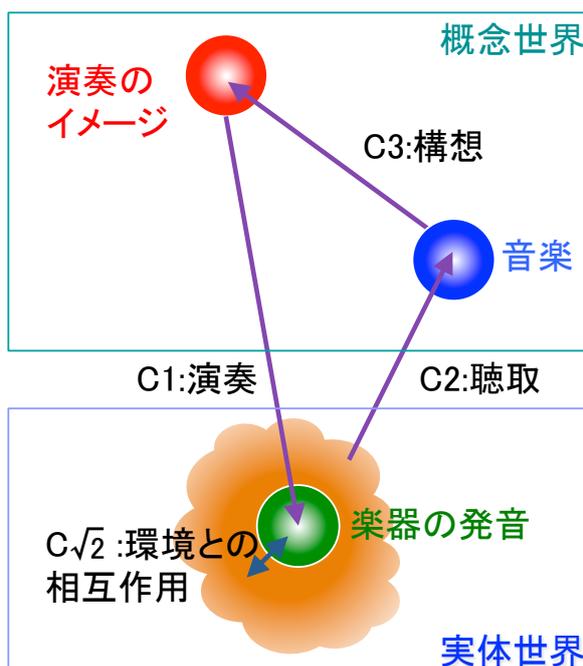
トップダウン(予期)とボトムアップ(入力)の融合

- 「**構成的知能**」の実現を目指す
- 大脳皮質の6層構造をヒントに
 - Deep learningは基本的にはボトムアップ処理
- 人間の環境認識
 - **トップダウンが主**
 - 脳が処理する情報の93%がトップダウンだという説も(池上高志曰く)
 - 機械学習の限界(過学習や騙されやすいこと)を超える鍵
 - ボトムアップは引金



2016/3/3

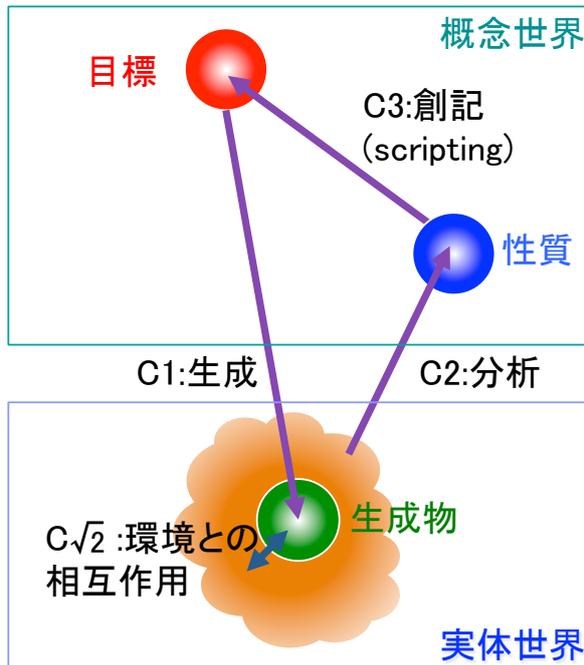
木村敏のNoemaとNoesis



- 楽器の演奏の例
 - C1: 演奏行動
 - C1v2: 楽器の発音, 反響, 聴衆の反応等
 - C2: 奏でた音楽の聴取
 - C3: 次の演奏行為の構想

2016/3/3

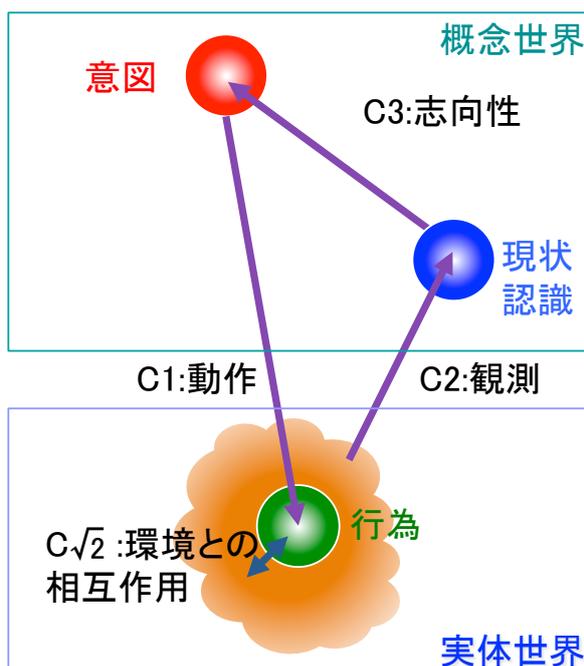
FNSダイアグラム：構成の方法論の定式化



- Future Noema
Synthesis
- 実際にはフラクタル & スパイラル
 - 矢印を展開するとFNS
 - たとえばC2は科学の仮説
生成—検証ループ:構成は分析を包含している
 - 目標が変化していくのでスパイラル

2016/3/3

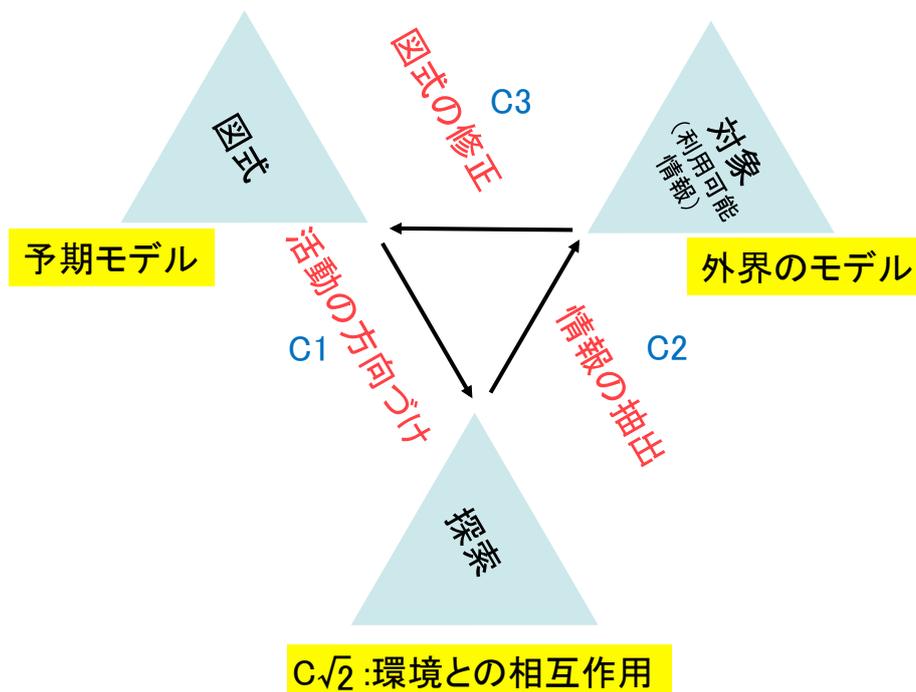
構成的知能



- こちらのほうが木村敏のNoemaとNoesisに近い
- 未来を構成的に作り出すことのできる知能
 - C1:トップダウン
 - フィードバックあり
 - C2:ボトムアップ
 - 観測にもトップダウン予期が入る
 - 環境中の見たいものだけを見る(Cf.環世界)
 - C3:思考, 概念操作

2016/3/3

知覚循環モデル (Neisser 1976)



まとめ: AI研究の方向性(歴史)

- 独立知能から環境の重視へ
 - 環境の制御／デザインを視野に含める
- 個から社会へ
- これらはどちらも東洋思想的
 - 日本の出番

付録2：越塚 登 先生 ご講演資料

NISTEP ミニワークショップ

越塚 登
東京大学大学院情報学環 教授
YRPユビキタス・ネットワーキング研究所 副所長

YRP Ubiquitous Networking Laboratory

AIと私

ポストAI世代 ポスト第五世代コンピュータ

1966年生まれ

理学部情報科学科進学が1987年

「知能」の次のコンセプトに 飢えていた時代

AI → UI

メディアとしてコンピュータ
PC、Internet、GUI、VR/AR...
そして、Ubiquitous Computing/IoT

Augmentation of Human

「頭脳」 → 「運動神経」

そして、組み込みリアルタイムシステム
TRON...

社会実装へのトピック

ISSUE 1

「社会」の組み込みシステム化 による、きめ細やかな最適化

技術者、科学者は、 より「賢い」処理の実現を目指す

IoT, Bigdata, AI時代...
コンピュータはとんでもなく
賢いことをやりそうな
期待と不安

実際の社会は、、、

当然やるべきことを やっていない

例えば、PDCAサイクル

なぜなら、人間の判断・制御は

コスト

そこを**IT**化して **低**コスト化

今までできなかつた **きめ細かな**最適化、品質

恐らくそれが**IT**

コンピュータが**とんでもなく**
賢いことをやってくれる
のではなく。。。。

むしろ...
「当然やるべきことができてない」
部分を可能にする

と考えたほうが、正しいIoTの使い方

かつ...
人手ではコストがあわない程度の
比較的経済密度の薄い部分

やはり広く薄くが王道か...

ISSUE 2 "HINKAN"

日本流品質管理

日本はモノづくりの国なのだが むしろ、品質管理（ヒンカン）の国

ものだけでなく、サービス、コンテンツ、...
高い品質管理されたサービス = 「おもてなし」

人の技量や意識を高めることで 高い品質管理を実現

QC運動など

壊れても一時間後に 代替品が届くなら...

インターネット時代の品質管理

AI+IoT時代の品質管理 人間ではなく、機械による品質管理

お客様の顔色と所作から健康を推察 VS. メディカルデータチェック

人間系ではコストが合わず
きめ細やかな最適化が
行き届かなかったところに

AI + IoTで低コスト化

機械ならではのきめ細やかさ

ISSUE 3

組織変革、制度改革

働き方を変えずに ITを有効活用することは難しい

ITが有効化するように 社会や制度を柔軟に変える

日本において 理工系が主導権をとって 社会を変えることの難しさ

ISSUE 4

AIが向く分野

「コンピュータの影響を受けやすい未来の仕事」

■ Oxford大学 Osborne教授らの発表

- ▶ これからの20年で、現在のアメリカの雇用の半分はコンピュータによって代替されるだろうと予測
- ▶ 700個以上の仕事についてランキングをつけた

(参考文献)

C. B. Frey and M. A. Osborne: "The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?", Oxford University, 2013.

APPENDIX

The table below ranks occupations according to their probability of computerisation (from least- to most-computerisable). Those occupations used as training data are labelled as either '0' (not computerisable) or '1' (computerisable), respectively. There are 70 such occupations, 10 percent of the total number of occupations.

Computerisable				
Rank	Probability	Label	SOC code	Occupation
1.	0.0028		29-1125	Recreational Therapists
2.	0.003		49-1011	First-Line Supervisors of Mechanics, Installers, and Repairers
3.	0.003		11-9161	Emergency Management Directors
4.	0.0031		21-1023	Mental Health and Substance Abuse Social Workers
5.	0.0033		29-1181	Audiologists
6.	0.0035		29-1122	Occupational Therapists
7.	0.0035		29-2091	Orthotists and Prosthetists
8.	0.0035		21-1022	Healthcare Social Workers
9.	0.0036		29-1022	Oral and Maxillofacial Surgeons
10.	0.0036		33-1021	First-Line Supervisors of Fire Fighting and Prevention Workers

コンピュータ≒AI は、基本的には 人間を**Augment**するツール

UI屋的な基本思想
singularityが起きないかぎり...

人間の最も弱いところ

知的能力??

人は「めげる」
人は「落ち込む」
人は「悩む」

多分、AIは「めげない」

多分、AIはうつ病にならない

もしかすると、ストレスをかけると
うつ状態になるか???

ストレスフルな知的作業こそ、 AIの出番では？

しかも、みなHAPPY

(例)
リストラ担当の人事部

(例) 会社更生法適用後 残務処理

(例) クレーム対応の電話オペレータ

(例)
もしかしたら「教師」

モンスターペアレンツをうまく対処できるAI

ISSUE 5
社会実装

いい人に支えられているうちは 未成熟

悪人がとびつくことが大事

あやしい人、危ない人、悪い人が
近よってきて始めて達成感

研究

Purely Applied Computer Science

CACMか、IEEE Computerに出た
Google社のエッセイから

上流

下流



上流

開発

研究

営業

下流

理論研究者こそ営業の最前線に

最もリアルユーザに近くにいるべき

研究成果をdeployする方法 たくさんある

教育（人を通じて）

知財（論文→特許）

オープンソース

国際標準化

企業共同研究

ビジネス

教育（人を通じて） →  本来の学校の役割

知財（論文→特許） →  情報分野では難しい

オープンソース → 

国際標準化 → 

企業共同研究 → 

ビジネス → 

調査資料-252

第10回科学技術予測調査にみる人工知能・情報技術が切り拓く未来

2016年8月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術予測センター
小柴 等

〒100-0013 東京都千代田区霞が関3-2-2 中央合同庁舎第7号館 東館16階
TEL: 03-3581-0605 FAX: 03-3503-3996

A Future Vision Realized by ICT/AI through S&T Foresight

August 2016

Hitoshi KOSHIBA
Science and Technology Foresight Centre
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan

<http://doi.org/10.15108/rm252>



<http://www.nistep.go.jp>