

インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会

第4回 議事次第

〔 日時：平成27年5月15日(金) 10:00～12:00
場所：中央合同庁舎2号館7階 総務省 省議室 〕

1 開 会

2 議 事

(1) ゲストスピーカーからの発表と意見交換

国立情報学研究所 新井紀子教授

「次世代のAI、ロボットとその課題・・・テクノロジーと人間」

(2) 報告書取りまとめについて

3 閉 会

【配布資料】

資料1 新井先生 ご発表資料

資料2 報告書骨子案（構成員限り）

資料3 第3回研究会議事概要

次世代AI・ロボットとその課題 テクノロジーと人間

国立情報学研究所
新井紀子

2015/5/15

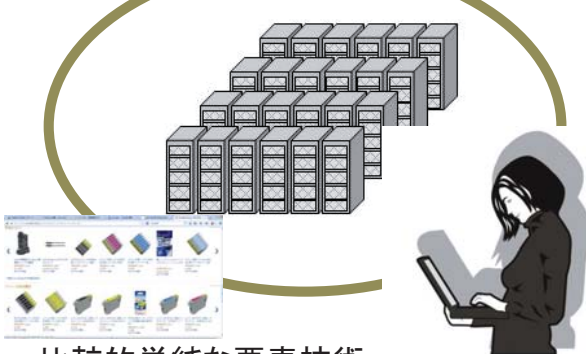
インテリジェント化が加速するICTの未来
像に関する研究会

プロジェクト

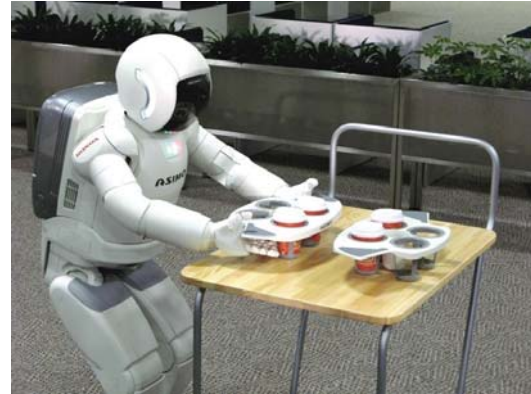
• ロボットは東大に入れるか

- タスクのためのタスクではなく、リアルデータを用い、人工知能30年をフェアな評価の俎上に乗せ、真の技術的ブレークスルーに挑戦するとともに、近未来AI・ロボットの可能性と限界を明らかにするためのベンチマークを提供する。
- 「第五」がなぜ・どのように失敗したのか、検証可能な資料がほとんど残っていない。
- 第三のAI・ロボットブームも同じことが起こる可能性。
 - 最低限乗り越えるべき統合的知的タスク・人間と比較可能なベンチマークとしての大学入試

ゼロ年代日米ロボット・AI開発の違い



- 比較的単純な要素技術
- ロボット・AIの限界を見定めた機械中心のビジネスモデル (機械に有利なことを機械に、機械に不可能なことを人間に)
- ロボット・AIが能力を発揮するような環境設計 (データ構造からロジスティクスまで「ロボットバリアフリー」なビジネス設計)
- オープンイノベーション、検証タスク



- 世界に類をみない高度な要素技術
- ロボット・AIの無限の可能性に挑戦
- コストは高止まりする一方、非構造化環境下では機能せず。
- 人の夢を叶える人間中心のロボット
- 0か100か、のビジネスモデル
- クローズイノベーション、決められたことをするデモンストレーション

2

プロジェクト

• ロボットは東大に入れるか

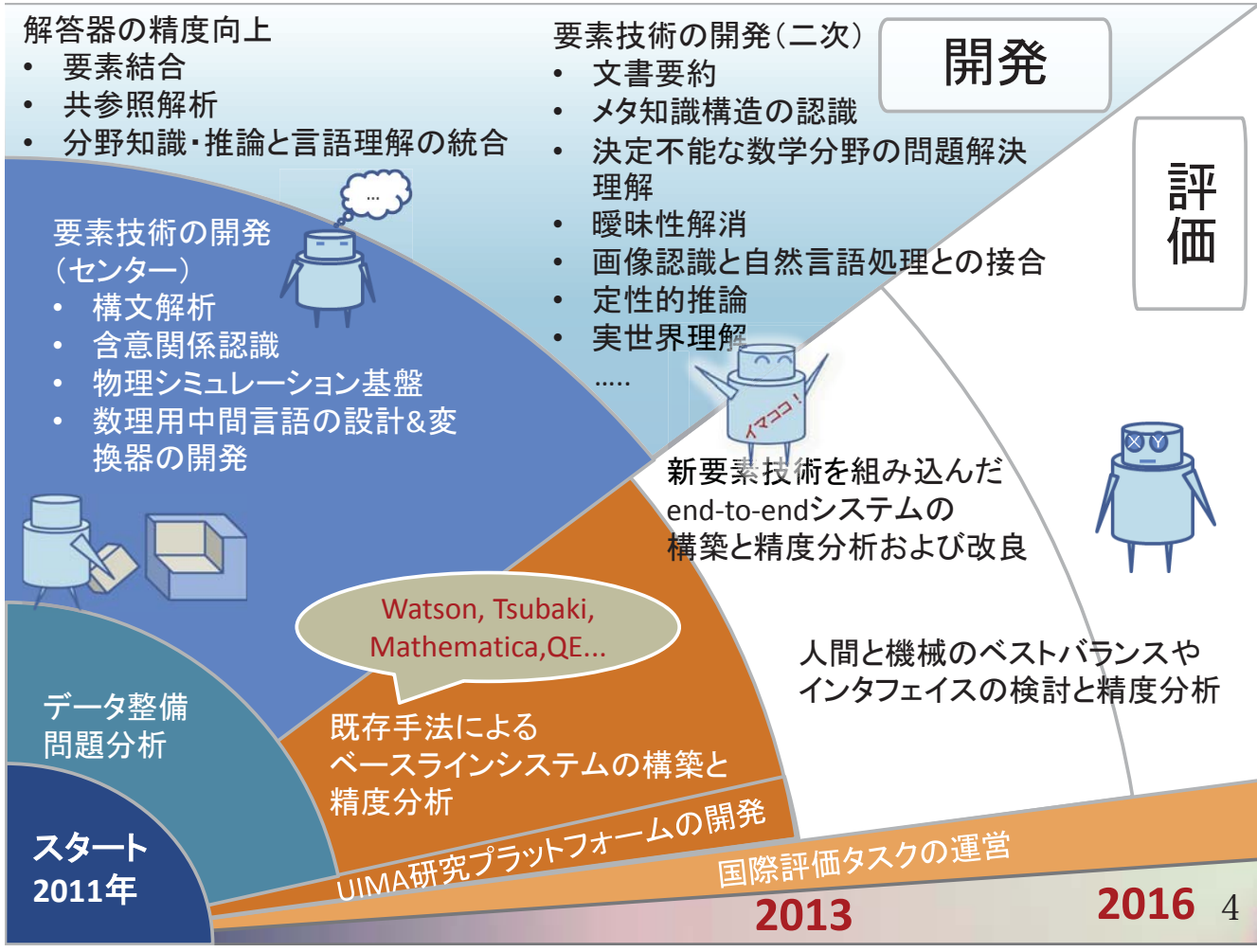
– 2016年度までにセンター入試で高得点をとる。

- 含意関係認識、機械翻訳、深く正確な言語処理、シミュレーションによる曖昧性回避、オントロジーによる選択肢の絞込み、自然言語処理と接合可能な数式処理、等
- データ整備、文法・辞書整備、UIMA研究基盤の開発、国際評価タスクの運営

– 2021年度に東大合格を目指す。

- 文書要約、曖昧性解消、メタ知識構造の認識、意味的類似度計算、決定不能な数学分野の問題解決理解、定性的推論、画像認識との接合...

3



社会科と英語 – 言語理解と知識の活用

含意関係認識の研究を推進

- Wikipediaや教科書を知識源として社会科の問題に答える
- ⇒ あるテキスト t1 を事実と仮定し、別のテキスト t2 が事実かどうかを判断する
どれが正しい？

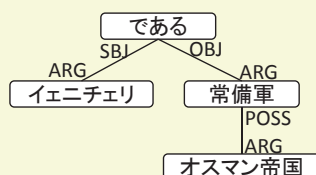
- ポエニ戦争後、重装歩兵として従軍した農民層は経済的に豊かになった。
- 八旗は、順治帝が創設した軍隊である。
- イエニチェリは、オスマン帝国の常備軍であった。○
- フランク王国では、テマ制(軍管制)の下で屯田兵制が行われた。

国際会議 NTCIR-10,11 において評価タスクを開催

System	Points (/100)
DCU	74
Shizuoka U.	57
CMU1	55
CMU2	52
CMU3	48
YNU	46
CMU4	45
CMU5	43
Fujitsu Lab	41
Fujitsu R&D	37
Fujitsu Lab2	34
Hokkaido U.	31
Fujitsu Lab3	23
Baseline	20

高精度な含意関係認識手法を開発

- 文の意味を集合間関係の代数式で表現
- 集合間関係を論理演算や機械学習で認識



英文読解

- 国際会議 CLEF 2013, 2014 において、評価タスクを開催

国語：表層的手がかりで傍線部問題を解く

- 選択肢を選ぶ**根拠となる部分**を、本文より抽出
- 文字オーバーラップ率で照合
- 評論に対して**50%の精度**

設問文	問5 傍線部D「行為と行為をつなぐこの空間の密度を下げているのが、現在の住宅である」とあるが、それはどうか。その説明として最も適当なものを、次の1～5のうちから一つ選べ。
選択肢①	現在の住宅では、仕事部屋や子ども部屋など目的ごとに空間が切り分けられており、それぞれの用途とはかかわらない複数の異なる行為を同時に行ったり、他者との関係を作り出したりするような可能性が低下してしまっていること。
選択肢②	現在の住宅では、ゾーニングが普及することでそれぞれの空間の独立性が高められており、家族であってもそれぞれが自室で過ごす時間が増えることで、人と人が触れあい、関係を深めていくことが少なくなっていること。
選択肢③	現在の住宅では、空間の慣習的な使用規則に縛られない設計がなされており、居住者たちがそのときその場で思いついたことを実現できるように、各自がそれぞれの行為を同時に行えるようになっていること。
選択肢④	木造家屋などかつての居住空間では、居間や台所など空間ごとの特性が際立っていたが、現代の住宅では、居住者が部屋の用途を交換でき、空間それぞれの特性がなくなっていること。
選択肢⑤	木造家屋などかつての居住空間では、人体の運動と連動して空間が作り変えられるような特性があったが、空間ごとの役割を明確にした現在の住宅では、予想外の行為によって空間の用途を多様にするのが困難になっていること。

本文
3300字程度

根拠部分

たとえば、先頭から傍線部を含む段落まで

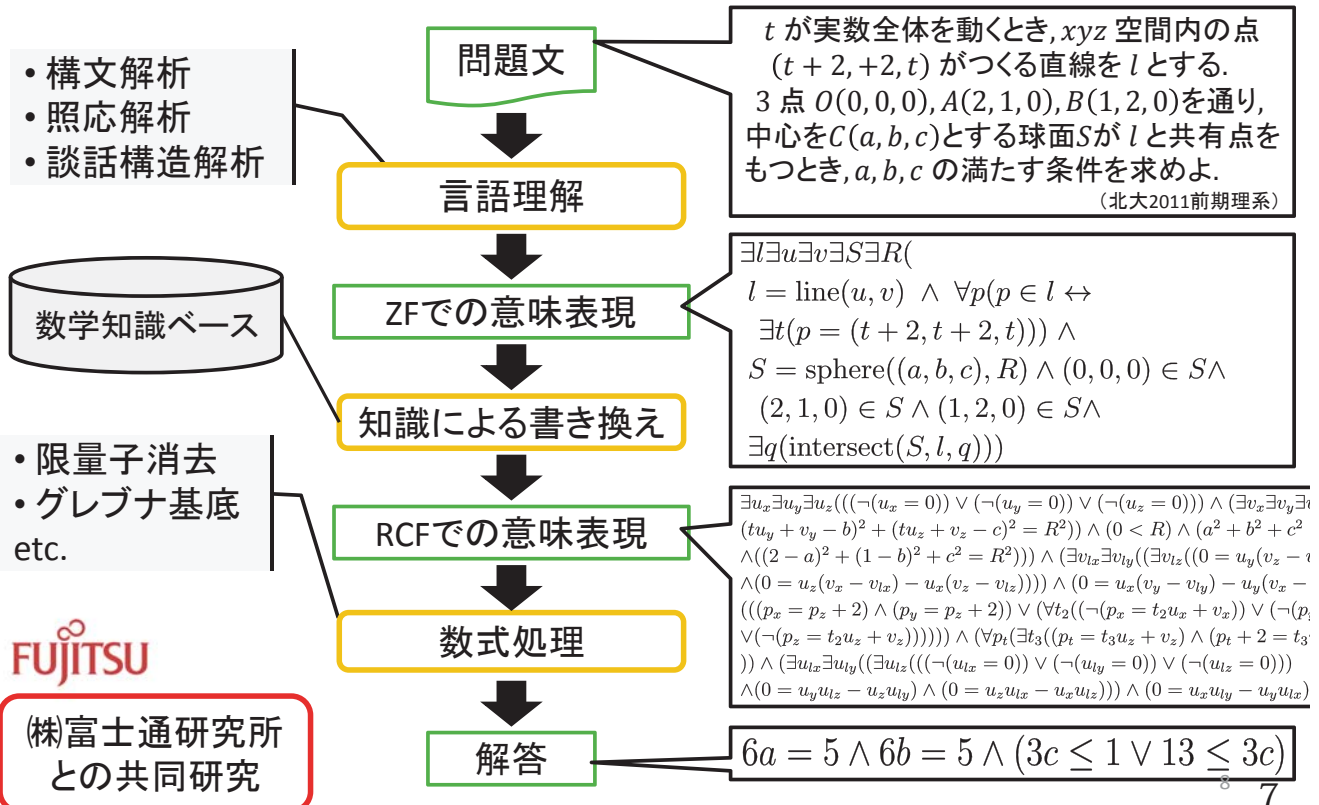
最もよく「含意する」
選択肢を選ぶ
＝含意認識問題

NTCIR-10 含意認識
MCサブタスクでトップ

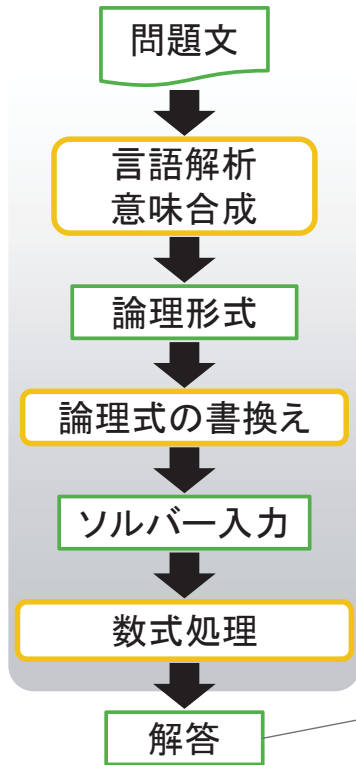
名古屋大学 佐藤研
との共同研究

6

数学 — 自然言語処理・ロジック・数式処理の接合



市口ボクんの解答 理系[5]



求める実数を x_{gen12}

と置くと、問いの条件は次の一階論理式と同値になる:

$$(0 < a \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a \wedge \exists x_{00} (\exists y_{00} (a \leq y_{00} \wedge y_{00} \leq 2a \wedge y_{00}(-x_{00}) + \frac{y_{00}}{x_{00}} + \frac{x_{00}}{y_{00}} = x_{gen12}) \wedge \frac{1}{2} \leq x_{00} \wedge x_{00} \leq 1) \wedge 0 < a \wedge (\forall y_0 (\forall x_0 (\frac{1}{2} > x_0 \vee x_0 > 1 \vee x_{gen12} \leq y_0(-x_0) + \frac{y_0}{x_0} + \frac{x_0}{y_0} \vee a > y_0 \vee y_0 > 2a) \vee 0 \geq a))$$

この式は実閉体の体系 RCF の式であることから、Tarski-Seidenberg の定理により、この式と同値で量子子を含まないような式を求めることができる。Tarski の量子子除去アルゴリズムに従って上記の式を書き換えた結果が以下の式である(変形の過程が長いので、計算紙で別途提出する。):

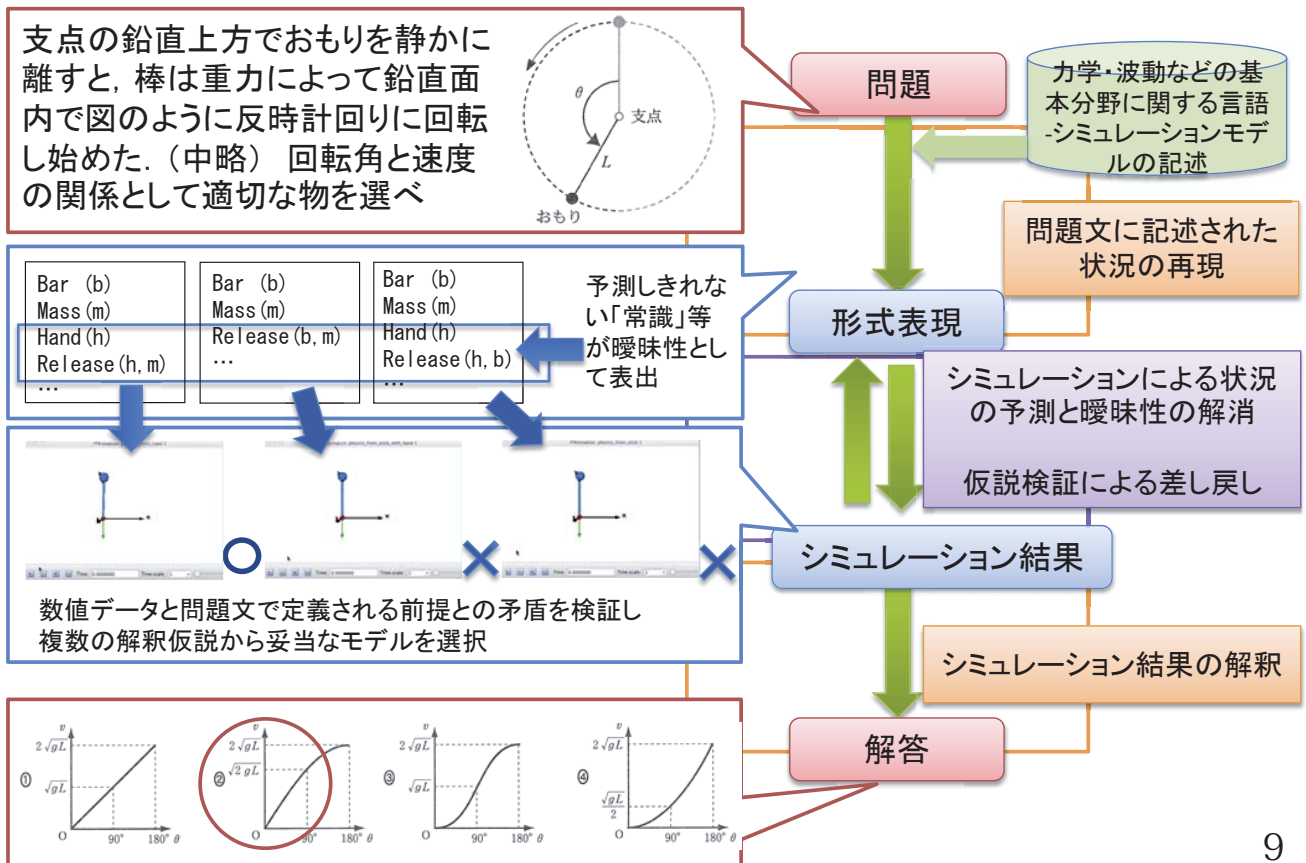
$$(((0 < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{5}} \wedge \frac{12a^2+1}{4a} \leq x_{gen12} \wedge x_{gen12} \leq \frac{1}{a}) \vee (\frac{1}{2\sqrt{5}} < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge \sqrt{4-16a^2} \leq x_{gen12} \wedge x_{gen12} \leq \frac{1}{a}) \vee (\frac{1}{2\sqrt{2}} < a \wedge a \leq \frac{1}{2} \wedge \frac{1}{2a} \leq x_{gen12} \wedge x_{gen12} \leq \frac{1}{a}) \vee (a > \frac{1}{2} \wedge \frac{1}{2a} \leq x_{gen12} \wedge x_{gen12} \leq \frac{12a^2+1}{4a})) \wedge 0 < a \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a \wedge 0 < a \wedge (a < 0 \vee (0 < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{5}} \wedge x_{gen12} \leq \frac{12a^2+1}{4a}) \vee (\frac{1}{2\sqrt{5}} < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge x_{gen12} \leq \sqrt{4-16a^2}) \vee (a > \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge x_{gen12} \leq \frac{1}{2a}) \vee 0 \geq a))$$

これを解き、答は

$(0 < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{5}} \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a)$	のとき	$x_{gen12} = \frac{12a^2+1}{4a}$
$(\frac{1}{2\sqrt{5}} < a \wedge a \leq \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a)$	のとき	$x_{gen12} = 2\sqrt{1-4a^2}$
$(a > \frac{1}{2\sqrt{2}} \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a)$	のとき	$x_{gen12} = \frac{1}{2a}$

となる。

物理(理科) — 自然言語と物理シミュレーションの接合



災害現場でのミッション記述例

誰がこんなに細かく指示をするの？

カメラの映像だけからこのような記述を出力するのも困難

「撤去せよ」とはどういう意味？

本質的で抽象的かつシンプルな表現への言い換え

図のように、木製の角材が8個置かれている黄色の部分について、角材Aは水平におかれている。角材B,Cは平行を保った状態で一端を地面に、もう一端を角材Aの上に乗せた状態になっている。角材D,Eは平行を保った状態で一端を地面に、もう一端を角材Fにかけた状態になっている。BC間の距離は50cm, DE間の距離は60cmとし、角材の長さは1m, 断面積は10cm × 10cm とする。角材の位置はA(0,15,20) (中略)

~~全ての角材を撤去せよ~~

角材Aをつかみ、右側の枠外に移動させるためには、どの順序で角材を撤去すれば良いか？また、角材Aをつかむ時に必要となる力は何Nかを求めよ

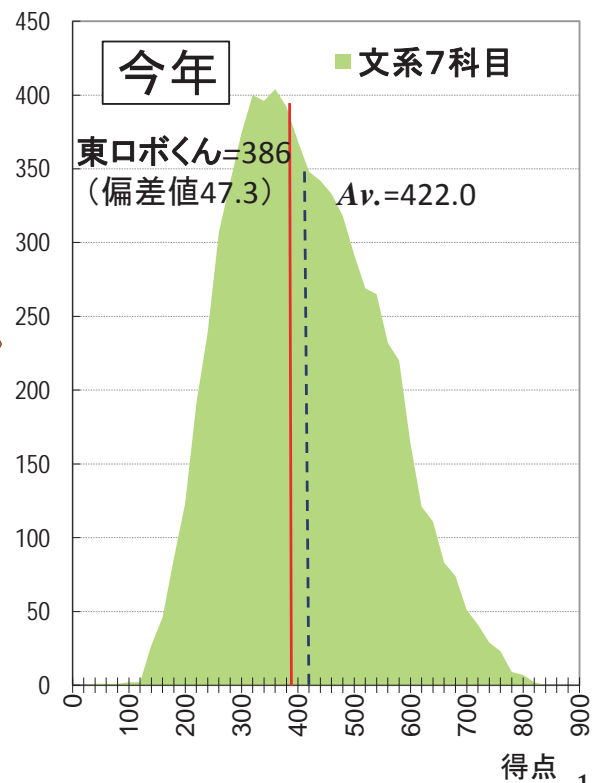
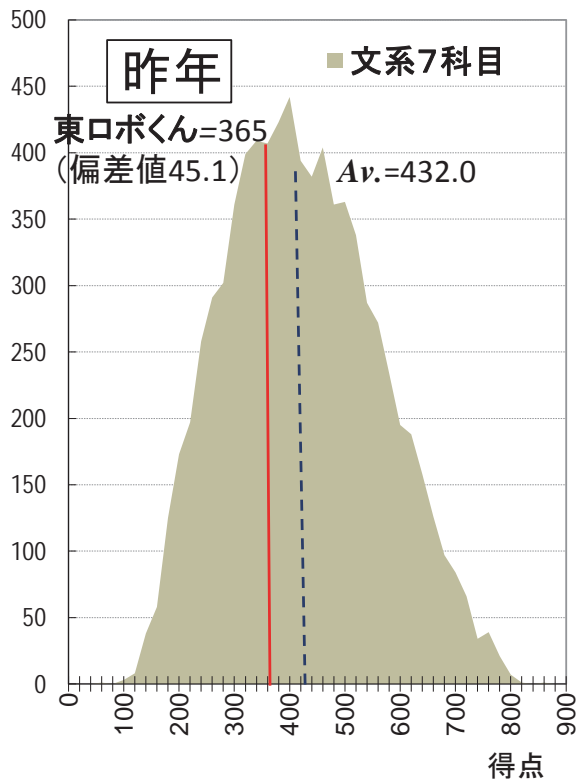
東ロボくん 代ゼミ全国センター模試成績

受験番号 116-5004E 氏名 東ロボクン イチゴウ

科目	満点	全国平均点	本人得点 (昨年)	本人偏差値 (昨年)
英語	200	93.1	95 (52)	50.5 (41.0)
国語(現文+古文)	150	60.2	69 (62)	54.2 (45.9)
国語(現代文)	100	45.9	49 (42)	51.9 (44.7)
数学Ⅰ・数学A	100	47.1	40 (57)	46.9 (51.9)
数学Ⅱ・数学B	100	50.4	55 (41)	51.9 (47.2)
世界史B	100	40.8	52 (58)	56.1 (55.2)
日本史B	100	47.2	44 (56)	48.2 (56.1)
物理	100	32.7	31 (39)	49.0 (48.3)
文系7科目コース	900	422.0	386 (365)	47.3 (45.1)
文系3教科偏差値				53.6 (47.7)
理系3教科偏差値				49.7 (46.2)

文系7科目コースは英語、国語、数学2科目、地歴公民2科目、理科1科目の合計点。

7科目型(文系)成績の位置



12

東口ボくんが合格できる大学は？

代々木ゼミナール「全国センター模試」成績による合格判定結果

昨年

大学数	全大学・学部数		合格可能性 80%以上の大学	
国公立大学	165大学	566学部	1大学	2学部
私立大学	579大学	1,670学部	403大学	814学部
合計	744大学	2,236学部	404大学	816学部

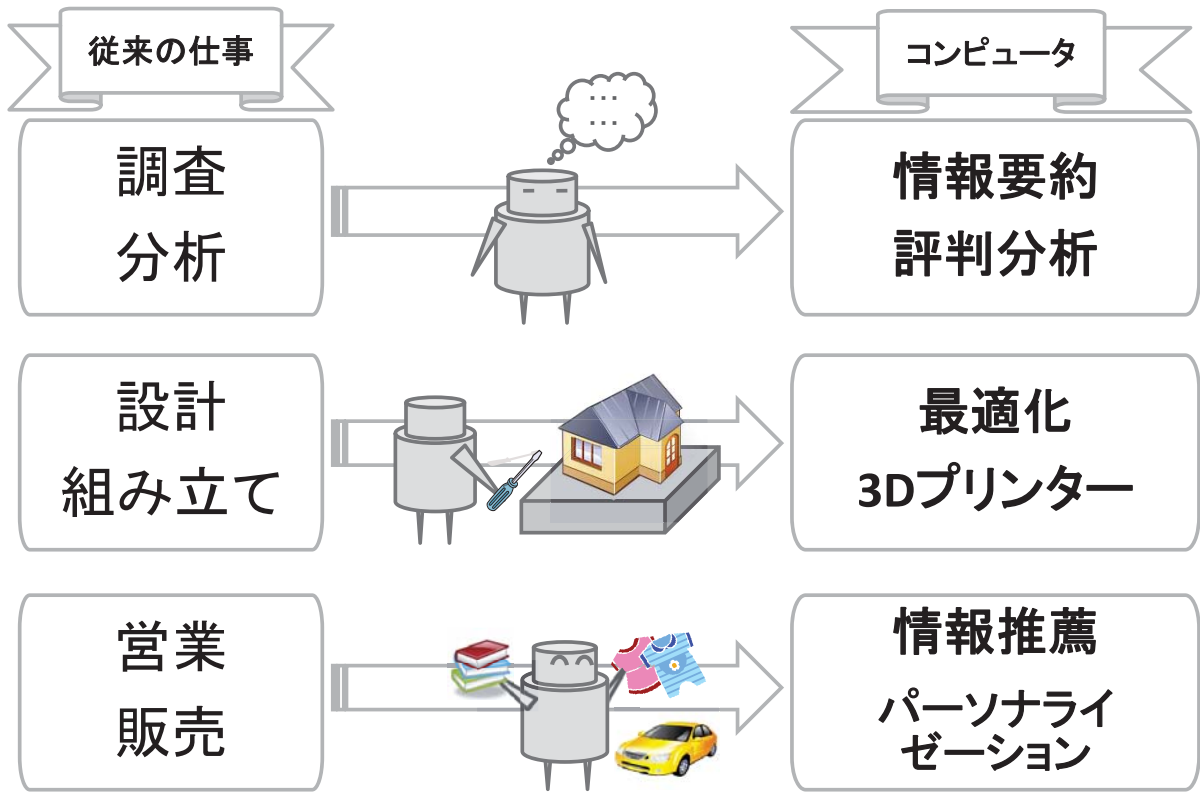


今年

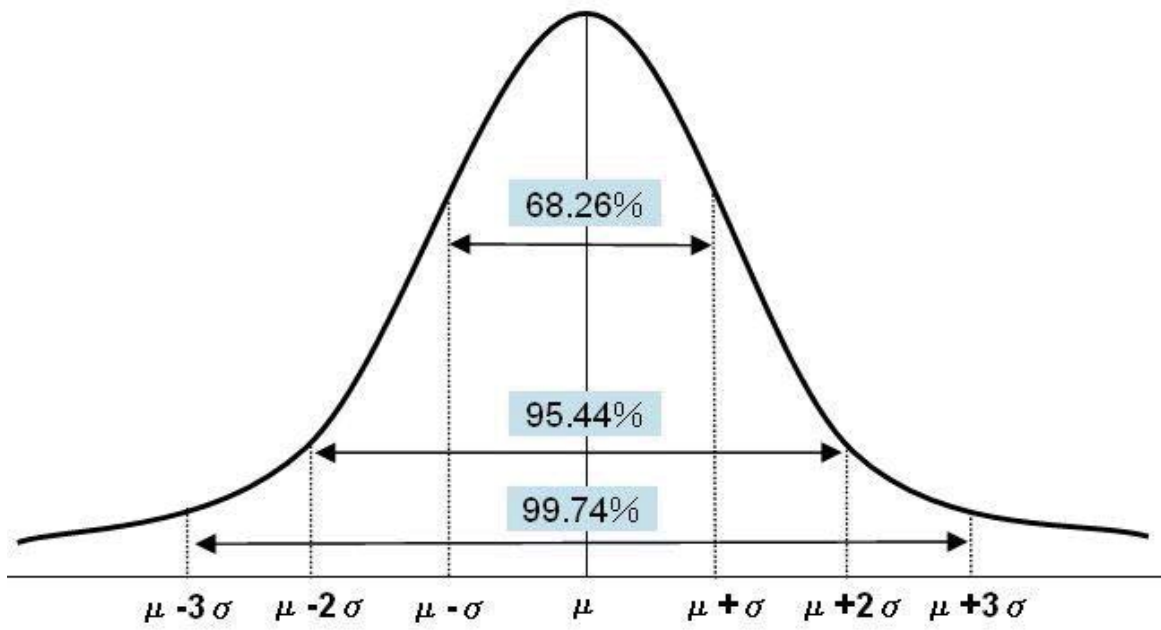
大学数	全大学・学部数		合格可能性 80%以上の大学	
国公立大学	166大学	570学部	4大学	6学部
私立大学	581大学	1,697学部	472大学	1,092学部
合計	747大学	2,267学部	476大学	1,098学部

国公立はセンター得点による判定。私立は各大学・入試方式で必要な科目の偏差値による判定。

13



知的コンピュータによって上下に分断される労働



人間に残されるのは、高度知的労働・肉体労働・教育を要しない低賃金労働(コンピュータの下処理)になる可能性が高い。

定型的環境



※AI完全問題: 人間と同程度に知的なコンピュータ(人工知能)を作るうえで障害となる技術的な問題



半定型的環境

半定型的環境の中で、ロボット・AIが得意なことを発見し、ロボット・AIが働きやすい環境を整えたときに、生産性が飛躍的に向上する。

ポイント:

- ✓ データ構造からロジスティクス・メンテナンス・人間からの情報吸い上げ・社会整備に至る綿密なビジネスデザイン
- ✓ 一箇所でもAI完全問題※が混入すると、すべてが台無しに
- ✓ 重要なのは要素技術以上に、要素技術の連結可能性
- ✓ 諦めも肝心: 遠隔操作・人間-ロボ協働・自動化の切り分け
- ✓ 労働代替も、稼ぎどころ(システム輸出)も、半定型的環境の構造理解にある

ロボット・AIの能力:

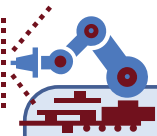
構造的環境では? 最高の人間何十人分。
非構造的環境では? 二歳児以下
(ロボットは人間に歩み寄れない)



16

非定型的環境

ハード・ソフト・環境の三位一体による「ロボットバリアフリー化」の推進



ハード技術

- 高速精密センシング
- 小型・高出力アクチュエータ
- 人工筋肉など新素材

ソフト技術

- 状況・人の行動・言語の理解
- ロボ-ロボ、人-ロボ連携基盤
- 統計-論理ハイブリッド知的処理



AI(人工知能)が能力を発揮できるような物理/情報環境

- ロボットへの物理・情報インタフェースを備えた材料・部材・環境設計
- ミドルウェア・ロボット環境部材の実装と標準化
- 対人間優位性を検証するための統合タスク
- 要素技術の連結可能性を検証するための統合タスク
- ロボットバリアフリー環境を推進する法制度・社会制度



環境設計を含めたラディカルなロボット化が可能なタスク・職種・領域を世界にさきがけて発見・実用化



ハード・ソフト・環境の三つ揃いによる
ロボット・ソリューションの包括的提供

17

Can a Robot Get Into Japan's Most Prestigious University?

Article

Comments

Email Print

f t + in

A A

By YOREE KOH [CONNECT](#)

Tokyo University's notoriously difficult entrance exam shatters the dreams of thousands of Japanese high school students each year. Can it also crush the hopes of Japan's best robot scientists?



National Institute of Informatics
The logo for the Todai Robot project spearheaded by the National Institute of Informatics.

The scientists won't be taking the test themselves. Instead, this being Japan, researchers have posed the question of whether a robot could pass the test to get into the country's most prestigious university.

Fujitsu Ltd. is betting artificial intelligence is smart enough to make the grade for Todai — as the university is also known. In response to the challenge "Can a Robot Pass the Todai Entrance Exam?", the electronics company said Monday that its research subsidiary, Fujitsu Laboratories Ltd. will join forces with

NHKスペシャル
「コンピュータ革命 最強×最速の頭脳誕生」
NHK ニュース7 「人工知能 400大学で合格圏内に」
BS 日テレ「東大を目指す「東ロボくん」登場！
頭のいいロボットで社会はどう変わる」 ...

メディア掲載

Wall Street Journal, Fortune Magazine, IEEE Spectrum, The New York Times, 読売, 朝日, 日経, 毎日, 東京, 日経BP, エコノミスト, 日経コンピュータ, 科学, ...



Robotics | Artificial Intelligence | News

Can an AI Get Into the University of Tokyo?

The school's notorious entrance exam could be the perfect test for artificial intelligence

By Eliza Strickland
Posted 21 Aug 2013 | 15:37 GMT

Share | Email | Print

For the thousands of secondary school students who take Japan's university entrance exams each year, test days are long-dreaded nightmares of jitters and sweaty palms. But the newest test taker can be counted on to keep its cool: AIs don't sweat.



Photo: John S. Lander/LightRocket/Getty Images
Enter: Students, human and robotic, must pass an exam to get through the gates of the University of Tokyo.

At Japan's National Institute of Informatics (NII), in Tokyo, a research team is trying to create an

「インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会」

第3回 議事概要

1. 日時

平成27年4月6日(月) 16:00~18:00

2. 場所

中央合同庁舎2号館11階 総務省第3特別会議室

3. 出席者(敬称略)

【構成員】村井座長、荒木構成員、岩田構成員、岩本構成員、江田構成員、川上構成員、下條構成員(TV会議参加)、関口構成員、西川構成員、森川構成員

【総務省】西銘総務副大臣、阪本総務審議官、鈴木情報通信国際戦略局長、南政策統括官(情報通信担当)、泉情報通信政策研究所長、小津調査研究部長

4. 議事要旨

(1) 総務省挨拶

第三回の開催に当たり、西銘総務副大臣より挨拶が行われた。

【要旨】

- ・ 今回はICTのインテリジェント化が今後のビジネスをどのように変えていくか、物事のデータ化が究極まで進むと、その利活用がどうなっていくのかということについて議論すると聞いている。これまでの議論と併せて、ICTのインテリジェント化の主要要素が揃うことで、今後、課題の整理が進むのではないかと期待している。
- ・ 先般、参議院の総務委員会(平成27年3月24日)でシンギュラリティに係る将来展望についての質問がありました。高市総務大臣は本研究会における検討に言及した上、ICTの発展が私たち国民に一層の恩恵をもたらすよう、議論を深めてまいりたい旨の答弁をされた。かように各方面において関心が高まる中、本研究会でのご議論が進み、将来展望が開けることを強く期待する。

(2) 構成員からの発表

○「ICTのインテリジェント化と今後のビジネス」(岩本構成員)

【要旨】

- ・ **情報の3階層**：Data、information、Intelligenceの3階層で情報は飛翔していく。ビッグデータの時代になると、いろいろなデータが全てデジタル化し、集めて処理をしやすくなる。しかし、ビッグデータがそのままInformation、Intelligenceになるわけではなく、高度化したICTによるエンパワーされたフィルタがそれを可能にする。
- ・ **ICTの指数関数的飛躍**：ICTの飛躍的な世界で何が原動力になっているかということ、私が三大要素技術と呼ぶCPU、ストレージ、ネットワークの進化である。1993年頃から上述3つのチャンピオンデータを取っているが、間違いなく指数関数的に伸びており、この20年でCPUは300倍、ストレージは3,000倍、ネットワークは3万倍かそれ以上のスピードで進化している。指数関数的に伸びていくというのは、初期の変化は気づかない程度であるが、あっという間に大きな変化になっているということである。

- ・ **3階層の進化の過程**：三大要素技術が指数関数的な勢いでエンパワーしたときに、Data、Information、Intelligence がどのように変わると認識すべきか。まず、Data は全ての物が可視化されるということである。そこから必要な Information を抽出し、さらに判断の源である Intelligence まで昇華することが出来る。現在では、更にその先の人間がやっていた判断や行動までコンピュータが行うことが現実になってきている。
- ・ **近未来のコンピューティング**：あらゆる業種、業界の枠を超えて、デジタルの世界が驚異的に進展する近未来では、エッジヘビーデータになると考えられる。いろいろなモノが全てインターネットに繋がり、多くのセンサーや様々なデバイスが我々の周りを取り囲むようになり、数ミリ秒のレイテンシーも無視できないリアルタイム処理をする時代になる。そうしたネットワーク全体が1つの大きな処理をするような形になる場合、クラウドだけでなく、エッジコンピューティングという考え方も重要となってくるだろう。
- ・ **雇用の問題**：過去に製造業の領域では機械化によって雇用が減り、それらの労働者はどこに行ったかという流通業、宿泊業、飲食サービス業等のサービス産業にシフトしていったと考えられる。今回の ICT・AI の進展でホワイトカラーの労働者はどこにいくのかという問題も出てくる。
- ・ **AI の制御の問題**：チェス・将棋など計算能力ではコンピュータは人間の能力を超え始めているが、人間の代替となるには、脳の仕組みについて更なる研究を行う必要があると考える。ニューヨークの証券取引所で 2010 年に起きたフラッシュクラッシュのように、コンピュータによって人間が意図しない事象が起きることも考えられる。必ずしもいいことばかりではないため AI の暴走を制御できる仕組みも必要と考える。
- ・ **日本の競争力**：ICT の活用に日本企業と米国企業で見ると圧倒的に差がある。日本企業はまだ業務の効率化やコスト削減が目的の一番にくるが、米国の企業は新しいサービスやビジネスモデルの変革に活用をしている。これからデジタルの社会が進化していく中で、日本の CEO の ICT に対する理解を向上するべきで、教育・啓蒙も必要だと考える。ICT 人材がベンダー側に多い日本では、企業と ICT ベンダーの共創モデルが大変重要と考える。

○「あらゆるものごとの『データ化』とその利活用の展望」(森川構成員)

- ・ **データ駆動型経済**：データ駆動型経済は、データドリブンエコノミーという言い方もされる。データさえ集めれば、色々なものと連携して新しい価値を生み出していくという流れを google 等の企業は作っている。これからは新しいデータとして、モノのデータ、ヒトのデータ、それを誰がどのように集めていくのか、ポイントになっていくと考える。
- ・ **モノのデータ**：モノのデータに関しては、IoT という形で言われているが、私見として、生産性の低い分野にデータあるいは IoT を適用することによって価値も高めていくと考える。ICT 関連企業は GDP の円グラフで言うと、10%の情報通信産業を対象に仕事をしてきたが、これからの ICT はそれ以外の 90%の産業セグメントが非常に大きな市場になっていくのではないかと考える。特に医療領域ではデータを利活用して、生産性を高め、価値を作っていくことが重要と考える。
- ・ **ヒトのデータ**：Google のコンタクトレンズとか NTT の hitoe など、少しずつヒトのデータを集められるようになり、さらにコンピュータが身体の一部になり始めてきて、超人的な身体強化という世界が生まれてくると考える。また、ナノテクノロジー、遺伝子工学、生物学、

情報通信技術が融合することによって、新しい形のコンピュータ、新しい形の人間とコンピュータのインタラクションがこれから始まっていくと考える。

- ・ **日本の競争力**：日本はユーザ企業での ICT 技術者がいない。したがって逆に考えると、ユーザ企業をスマート化していくために色々なチャンスがまだまだたくさんあると考える。さらに人材面で、デザイン能力が求められる。デザイン能力とは「気づく」・「考える」・「試す」・「伝える」能力で、特にこれから求められるのが「気づく」能力と「伝える」能力で、農業にしてもシビルエンジニアリングにしても水道系にしても、そういった人たちに ICT、IoT を使うと、こんなことが可能になるのだということを伝えられる「気づく」能力と「伝える」能力の両方を兼ね備えていかなければいけない。
- ・ **雇用の問題**：アメリカでこれから小学校に入る学生の生徒が大人になって就く職業の 65%は、今はない職業だと言っている。100 年前は全人口の半分以上が農業人口だったことを考えると、職というのは時代によって生まれてくるのではないか。ICT あるいは IoT が全ての産業セグメントに入っていくということを考えると、特に地方で新しい職が生まれていくのではないかと考えている。
- ・ **制度設計に関して**：新しい技術が入り込んでくるときには、どうしても制度との齟齬が発生してくる。それに関して技術屋とか研究者はしっかりと制度まで考えていかなければいけないのではないかと考える。よって新しい技術は制度とのバランスもしっかりと考えながらやっていかなければいけない。

○ 「ICT インテリジェント化時代におけるグローバル社会での成長に向けて」（江田構成員）

- ・ **シンギュラリティへの過程**：オリンピックの区切りで見えていくと、1964 年の頃メインフレームが始まってきて最終的に 2045 年にテクノロジー・シンギュラリティが起こると言われているが、その前にクラウド上である程度、人工知能の集約というものが起こりつつあるのではないか。それが恐らく 2020 年のオリンピックに向けて、ある程度の形になってくるのではないかと想像する。
- ・ **ユーザ企業の積極性**：米国西海岸の状況と比べ、ユーザ企業からのアグレッシブな姿勢が日本の業界ではあまり見られない。事業を開発していくのは、事業会社であり、一番中身を知っていて、どういうデータがあって、どういうことが可能になっていくというイマジネーションが一番もっているはずなので、こうしたユーザ企業側の積極性が求められると考える。
- ・ **教育の問題**：10 年前には存在しなかったが現在の人気職種というものが複数存在する。現在、各国、各企業、色々なところにデジタル化であったり、新しい世界に対応していく 21 世紀型のスキルであるとか、問題解決能力、提案力などの教育に注力している。そうした流れの中で我が国の教育もついていくようにしなければならない。ICT 企業が革新を起こすよりも、産業が ICT を利用していくこと、そして、どうやってトップレベルの人材を確保して、この地でイノベーションを起してもらおうか、こういったところが課題であると考え。
- ・ **価値構造の変化**：シンギュラリティの世界に向かっていくと、機械化が進んで、マニュファクチャリングは人間が考え及ぶ以上の効率化が進んで、ここのバリューが出しにくくなっていくのではないかと考える。そうなってくると、R&D のところを各社で競い、マーケティングのところでもクラウド企業の協調、競争が起こっていくと考える。そうした世界になると、安価な

マニュファクチャリングに依存してきた中国などは変革を迫られ、アジアを経済圏と考えたときの日本の役割等も検討課題となると感じる。

- ・ **国際的な課題**：安価な労働力による生産というのが成長のエンジンではなくなった時に、人口が伸びて、若い世代が多いアジアの国々はどうやって、この成長を考えていったらいいのか。そして彼らが今後の国の発展を考える上で、日本はどのような役割をできるのだろうかということを考える必要がある。他にも、消費もマニュファクチャリングがかなり機械化されることによって、安価になってくると、消費活動を支えてくる経済活動の基は何なのだろうということも課題と考える。
- ・ **ICT インテリジェント化時代におけるグローバル社会での成長**：優秀な人が集まる仕組みをいかにつくるかに関して、データに近ければ近いほど、今そこにトップタレントが集まっていると聞いている。東京大学からも優秀なデータサイエンティスト候補が Google に引き抜かれるような構造になってくると、人材が集まらない。これは今後の日本の経済活動を考えていったときに大きな課題となる。
- ・ **労働流動性の課題**：継続的にイノベーションを起していくために多様性、労働流動性が求められる。今、多様性が叫ばれてはいるもの、このスピードで社会が変わっていく中で、追いつくかということは不安材料である。また、労働流動性に関しては、職能横断的な知識や、学問横断的な知識を醸成する環境の下に我々が経済活動をしできているかということも検討課題としたい。

(3) 意見交換

(村井座長) 今回、発表していただいたこと、あるいは今まで発表していただいたことを含めてご議論いただければと思います。どなたからでも結構ですので、少し話題を提供していただければと思いますが、いかがでしょうか。

(岩田構成員) 3点ほど皆様にお伺いしたい。人材と雇用の問題について、米国で最近発表された論文では機械化の雇用に対する影響については厳しく見ている。技術革新のスピードが早過ぎて、雇用の増加につながらず、技術的失業が発生する懸念があるのではないかと。また、ICT 人材が日本の場合にはベンダーに偏在している一方で、イノベーションはユーザサイドで起きている。CIO の整備を含め、企業がユーザサイドで ICT を戦略として活用するような体制に変われるのか。さらに、グローバルに見て ICT に注力しているインドのような国が、BPO (ビジネス・プロセス・アウトソーシング) 分野でマネジメントや高度なコンサルティングのような分野にまで力を伸ばすことを狙っている中で、日本が劣後するリスクがあるのではないかと。

(岩本構成員) 人工知能に関しても、俗に言うホワイトカラーの様々な職種も今後は効率化が進むと考えられるので、新しいモデルを培っていくべきと考える。歴史を振り返ってみると、新しい仕事ができきて、その仕事にシフトしていつているので、新たな仕事が ICT で生まれてくるとポジティブに考えたい。さらに、日本が再生していくためにはイノベーションが重要で、日本は今の大きな企業の中でイノベーションが起きることが一番重要ではないかと考える。そのイノベーションの元に、新しい労働のマーケット・仕事生まれてくるのではないかと。

(森川構成員) IoT という言葉が思った以上に広まってこれまでの ICT のバズワードと一線を画している。今は東京を中心として大企業がメインだが、これが中小企業まで浸透すると大きな変化が起こると考える。ドイツは製造業分野に注力しているが、これからは全産業で進むはずで、そこは一種のイノベーションなのだろうと思う。それをプッシュしていくべきで、そのためにこれをやるとこんなにいいのだというベストプラクティスを伝えていくことが重要。

(江田構成員) 雇用関連に話が及ぶと、悲観的な話になることも多いが、時代とともに革命のときには仕事の内容が変わっていくので、大切なのはその変化に動じないような総合力を持った人材を育てること。また、日本人が得意とする細かなニーズを拾っていくところに可能性を感じていて、それが今日本にこれだけ外国人に來たいと思うのもその一部だと思う。そういったところに、新しい日本的なイノベーションが生まれてくるのではないかと楽観的に考えている。

(村井座長) そもそも本当に歴史上、人間の仕事をコンピュータが奪ったのか。

(関口構成員) 人工知能がホワイトカラーの部分奪っていくという議論の中で、日本の競争力の維持のためには、それに必要な技術を作る側に人間が回って、人材を育てなければいけない。また、日本は垂直統合型ビジネスを水平分業型にできるようなものを製造業の世界でやらなければいけない。インターネットが出来てから 20 年、関連の標準化は全部アメリカに取られ、ネット販売・検索・ソーシャルメディア・クラウドすべてアメリカが主導である。それを今度の 20 年は製造業でそれが進む中で同じことが起きると、日本の競争力は危機的なので、国としても企業としても、もっと横断的にやらなければならない。

(村井座長) 工場労働者がコンピュータで減ってしまったので困るのではないかとこのところから話が始まっているが、労働がどう変わるかという点について、新しいビジネスに取り組んでおられる川上さんのお考えをお聞きしたい。

(川上構成員) ICT の発展によって仕事は増えている。実際には今まで無視していたデータをたくさん増やすことで、結果として仕事は増えている。これが将来、人工知能などの発展で維持されるのが課題で、現実問題としては、たくさんのデータを作り、それを処理しても結局、解釈する部分で仕事が増えていたところが機械に置き換わってしまうのではないか。その中で人間がやれる部分として何が残っていくのかを考えていく必要がある。

(荒木構成員) 新しい技術の導入によって仕事が減るのではないかとこの議論について、何か新しい仕事を作らなければいけないという方に発想がいつているが、導入した技術を使うための仕事もおのずと増えるはずである。もう一つ、この研究会内の議論の中で、雇用や日本の競争力の問題が出るが、こういう未来が来たときにはこういう仕事が生きているとか、使いこなすためにこういう人が必要になるという、人間の必要性の展望を出すことが重要ではないか。

(下條構成員) 職を奪うか、奪わないかということに関して、人口の比率と時間的なスケール、一生の職業かどうかということを配慮すると、圧倒的に奪われていく方になる。それは悲観的というわけではなく、仕事と仕事以外の区別というものの定義が変わっていくような世の中になるのではないか。もう一点、ヒトとコンピュータが入り乱れて大規模なネットワークを作って協調する、ないしは競合する時に、システム全体としての頑強性の議論も必要ではないか。

(西川構成員) 今のディープラーニングがヒトの脳を模倣できるかどうかと言うと、まだ当分、先の未来だと思っている。自動運転で人よりも高い精度を出すというときに、人間と同じ思考をして高い精度を出すのではなく、コンピュータ側は問題の解き方を変えて、たくさんのセンシングデータを環境とインタラクションして、認識精度を上げる。それだけ特徴を広げることができれば、処理するアルゴリズム自体は別にそこまで複雑なものではなくても、人間の脳を部分的には超えられるが、当分人間とコンピュータの棲み分けは続くのではないかと考える。

(村井座長) これまでの議論で最も重要なのは、人間のためにいかにテクノロジーが使われるかということである。必ず人間が幸せになる方向にテクノロジーを使おうとするのではないか。その中で人間ができること・考えることをコンピュータが行えるようになったとしても結果的に人間の幸福につながるのではないか。では、次にどうすればいいかということデザインしなければいけない。技術的な壁を越えてシンギュラリティに近いような世界が来たとすると、コンピュータ・ネットワークを使って何をするのかを考える必要があると思いますが、この点いかがでしょうか。

(川上構成員) 本当に人工知能が人間のためになるのかということに関して、まず人工知能が誰に帰属するのかということが今後、問題になってくる。ある意味で人類の歴史で共産主義が誕生したのは、産業革命が原因。産業革命で機械が大量に物を生産するとき、資本という媒介物に辿りついたけれども、それをどう分配するかということで、共産主義というものが生まれたのだと思う。それと同じように人工知能(革命)が起こったときに、確実に知的活動をやっていることで好機を得ている人たちの収入というのを人工知能から得ることになったときに、その収入はどう配分されるのか。資本主義のときのように、問題があるということで共産主義が生まれたのと同じように、そういった議論が起こるのは避けられないと考える。

(関口構成員) 人工知能と人間の関係を対極的というか、相反するものとして捉えるのは違うと考える。主従関係がしっかりしていれば、人間を脅かすわけではなくて、むしろ人間がその分、余暇の時間が生まれるなど豊かな社会が作れると思う。そうした「使う」側のフレームワークをどう作るかということが大事だと考える。先々のネガティブな側面を憂慮して止まっていると、国際競争の中で日本は敗れ、我々はまた他国が作った人工知能を使わざるを得なくなってしまう。このことの方が私は問題と考える。

(岩本構成員) 人間社会の平和と幸せのために作ったとしても意図しない負の側面が必ずどんなテクノロジーにも出る。自動車の交通事故や原子力もそうである。しかし、技術の進歩を絶対に躊躇してはいけない。ただ、マイナスの側面が起こることだけは常に冷静に謙虚に意識しなければいけない。

(村井座長) 人工知能を開発する分野で日本は希望があるか、それとも悲観的か。

(森川構成員) IoT は希望があると考えていて、逆に日本的だというのが認識である。それは気遣いみたいなものが絶対に必要な分野になるということと、社会の隅々まで入っていく地味な分野が得意というのが強みの理由に関する私の見解。

(村井座長) 基本的にネットワーク上でソフトウェアが提供するのサービスであり、日本は人間が要求するサービスのクオリティが高いのではないか。

(岩本構成員) IoT はあらゆる業種に入ってくる。スポーツや食など様々な分野に入ってくる。そうなったとき、日本人が持っている特徴はものすごくいい形で出てくるのではないか。あとは、日本のように災害が多いところでは、防災・減災の分野など、かなりやれることはある。

(江田構成員) ビジネスとしてスケールするためには日本だけを見てはダメで、グローバルにみていく必要がある。

(荒木構成員) かつて国産 OS を作ろうとか、国産コンピュータを作ろうという話があったが、既に世の中に明らかに先行している技術がある場合には、同じものをゼロから作ったらもったいない。それであれば、その技術を先陣切って取り入れて世界一のユーザ国家になるのがいいのではないか。少子化も高齢化も進んでいて人が不足している中で、とにかく世界に先駆けて導入し、課題やニーズが出てきたら自分たちで解決策を作る。まず技術を取り入れることで、技術や製品などを使うための仕事が生まれてくると思われるので、その先陣を走っていくのが良いのではないかと考える。

(下條構成員) 非常に肯定的な意見と不安とが両方ある中で思うのは、人間の想像力には案外限界があるなということである。将来を予測しようとする、現在の外挿（既知のデータを基にしてそのデータの範囲の外側で予想される数値を求めること）しかできないということがあるので、それを前提に将来の話は近未来も含めて色々しなないといけないと感じる。一方で、まずはやってみないと倫理の問題もわからないということもある。よって、慎重でありつつ、かつ建設的なまとめをするべきと考える。

(村井座長) 本日議論された産業や労働、そしてグローバルな視点と共に、下條先生のご指摘も大変重要である。時間は限られているが、引き続きこの研究会の取りまとめにご協力いただきたい。

(4) その他

次回会合については、別途総務省ホームページにて案内する。

以上。