

人工知能の歴史を振り返る

丸山不二夫



1950年 Turing



“COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE” A. Turing 1950年

- 「私は、『機械は考える事が出来るか?』という問題を考察することを提案する。」今から三十年以上前、膨大な数の真空管からなるコンピューターがこの世に生をうけてまもなく、チューリングは、先の一節ではじまる「計算機械と知能」と題する、現代の人工知能(Artificial Intelligence AIと略される)研究の第一ページをしるす、興味深い論文を雑誌「マインド」に寄稿している。
- この論文の中で彼は、まず、後に「チューリング・テスト」と呼ばれる事になる機械が知能を持つか否かの判定基準を提案した。それは、簡単にいえば、もし我々が、直接には相手が誰だかわからないかたちで --テレタイプを通じて -- 機械と会話するかぎり、会話の相手が機械であるのか、人間であるのか判断がつかないなら、その機械は知能を持つと言えるというものであった。

<http://www.loebner.net/Prizetf/TuringArticle.html>

Turingの展望

「約五十年のうちには、.....普通の質問者が五分間質問したあとで正解率が七〇%を超えない様にコンピューターをプログラムすることが可能であると私は信じている。

『機械は考える事が出来るか?』という、最初に掲げた問題が、今では議論にも値しない程無意味なものである事は私も認めよう。

しかし、それにもかかわらず、今世紀の終わりには人達の意見が大きく変化して、ついには、矛盾していると考えることなく『機械の思考』について語る事ができるようになるであろうと私は信じている。」

Turingが、想定したTuring Test

Q: Please write me a sonnet on the subject of the Forth Bridge.

A : Count me out on this one. I never could write poetry.

Q: Add 34957 to 70764.

A: (Pause about 30 seconds and then give as answer) 105621.

Q: Do you play chess?

A: Yes.

Q: I have K at my K1, and no other pieces. You have only K at K6 and R at R1. It is your move. What do you play?

A: (After a pause of 15 seconds) R-R8 mate.

現時点で、それは達成されているか？

Q: Please write me a sonnet on the subject of the Forth Bridge.

? A : Count me out on this one. I never could write poetry.

Q: Add 34957 to 70764.

○ A: (Pause about 30 seconds and then give as answer) 105621.

Q: Do you play chess?

○ A: Yes.

Q: I have K at my K1, and no other pieces. You have only K at K6 and R at R1. It is your move. What do you play?

○ A: (After a pause of 15 seconds) R-R8 mate.

まだ二十年近い猶予期間があるのだが、我々はチューリングの見通しは妥当なものであったと、今日の時点で、確信をもって言うことができる。

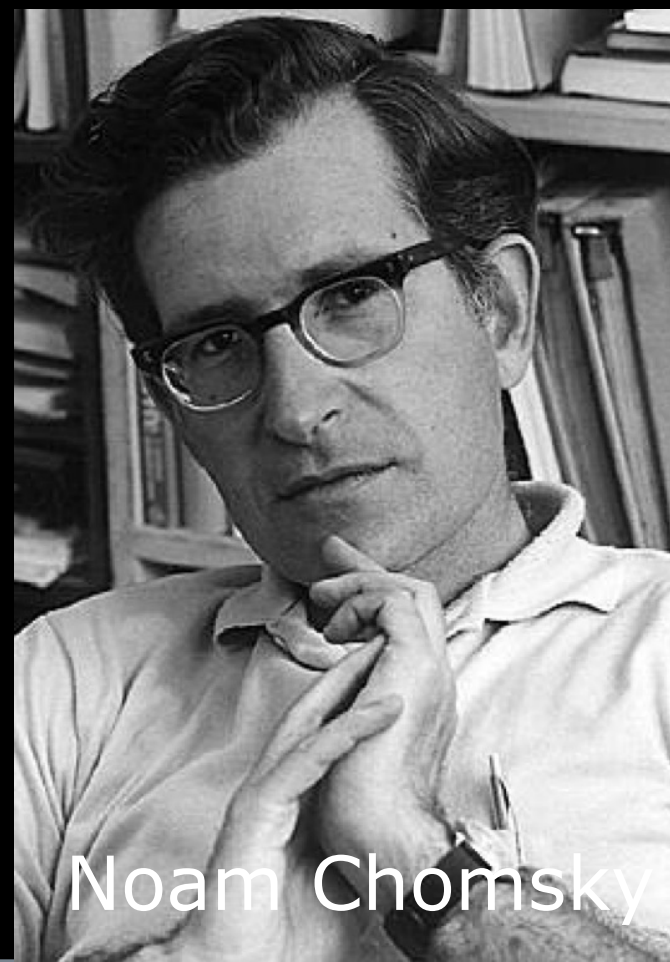
しかし、コンピューターを用いた人工知能研究は、計算機科学のパイオニアの展望したこうした遭を、なめらかにたどってきたわけではなかった。

五十年代の終りには、次の様な、いささか極端な主張があらわれ、そうした傾向は一部六十年代の初めまで続いた。一九五七年、サイモンは次の様な予言を行った。



このスライド「1957年 Simonの楽観論」へ

1955年 Chomsky 生成文法

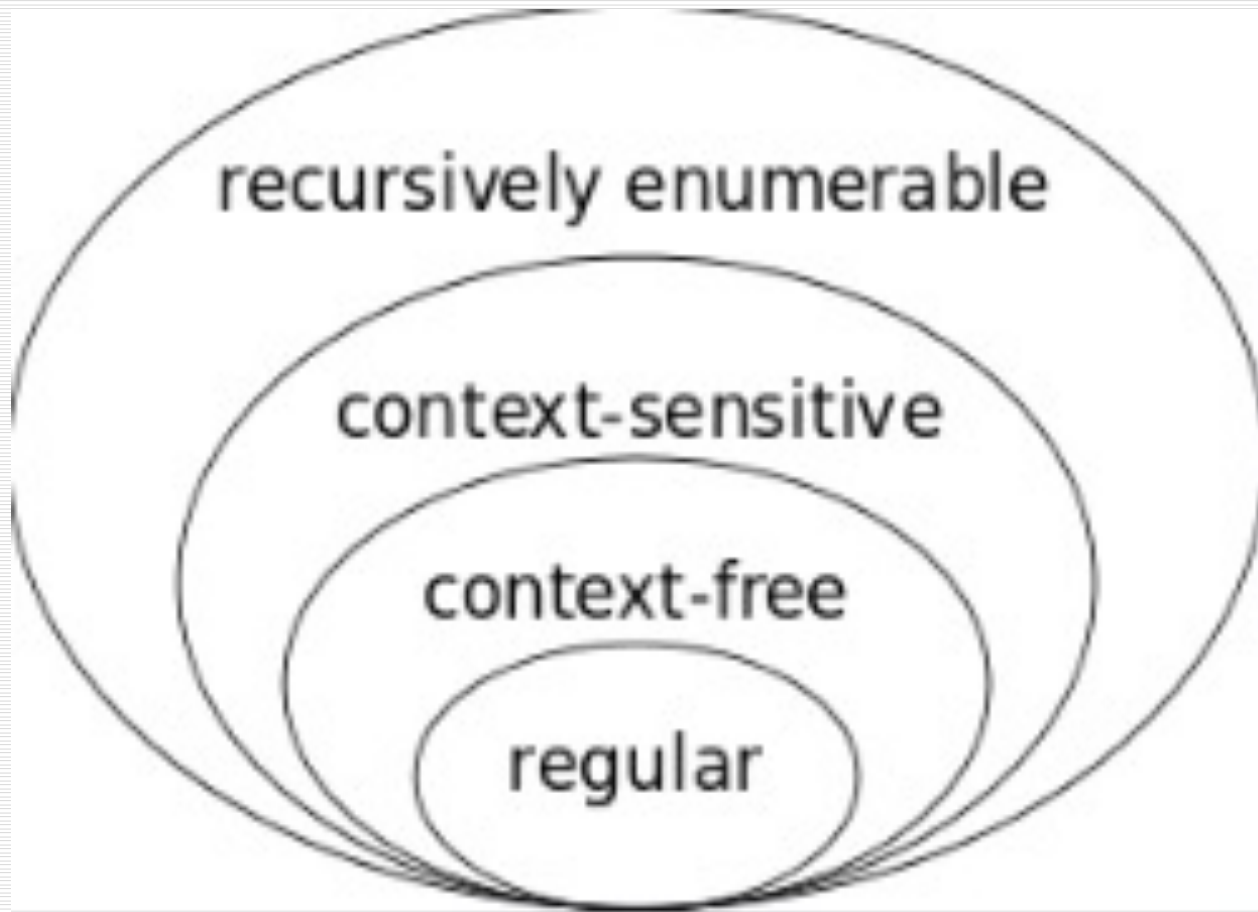


Noam Chomsky

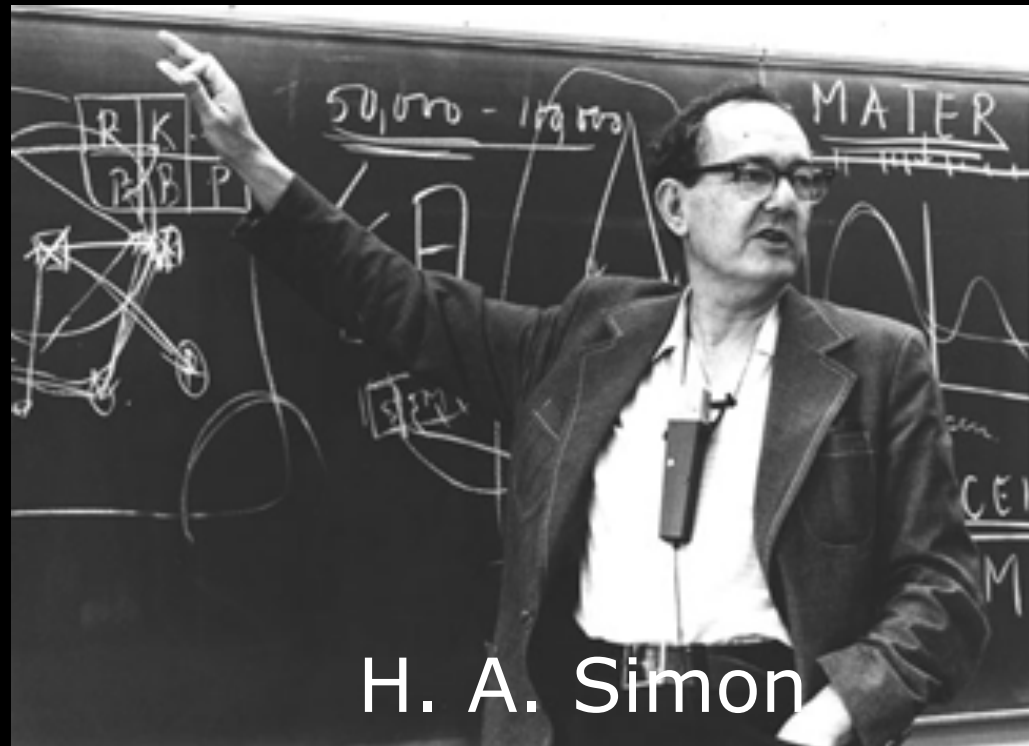
“Logical Syntax and Semantics. Their Linguistic Relevance” 1955年

- No one can quarrel with the suggestion that linguists interest themselves in meaning or transformation rules, but the relevance of logical syntax and semantics (at least as we now know them) to this study is very dubious. I think that a closer investigation of the assumptions and concerns of logical syntax and semantics will show that the hope of applying the results which have been achieved in these fields to the solution of linguistic problems is illusory.

“Three Models for the Description of Language” 1956年



1957年 Simonの楽観論



Heuristic Problem Solving: Next Advance of Operation Research H.A. Simon 1957年

「こうした、いくつかの発展と、この分野での研究が進みつつあるスピードを基礎にして、きたる十年以内に下の事が実現すると私はすすんで予言しようと思う。

1. 十年以内に、コンピューターは、チェスの世界チャンピオンとなるであろう。
2. 十年以内に、コンピューターは、重要な新しい数学の定理を発見し、証明するであろう。
3. 十年以内に、コンピューターは、批評家たちにかかなりの美的な価値を持つと認められるであろう音楽を作曲するであろう。
4. 十年以内に、心理学のほとんどの理論は、コンピューター・プログラムの型をとるか、あるいはコンピューター・プログラムの特徴についての量的な言明という型をとるであろう。

サイモンの予言は、ことごとく外れた

「こうした、いくつかの発展と、この分野での研究が進みつつあるスピードを基礎にして、きたる十年以内に下の事が実現すると私はすすんで予言しようと思う。

- ? 1. 十年以内に、コンピューターは、チェスの世界チャンピオンとなるであろう。 **IBM Deep Blue 1997年**
- ? 2. 十年以内に、コンピューターは、重要な新しい数学の定理を発見し、証明するであろう。
- ? 3. 十年以内に、コンピューターは、批評家たちにかかなりの美的な価値を持つと認められるであろう音楽を作曲するであろう。
- ? 4. 十年以内に、心理学のほとんどの理論は、コンピューター・プログラムの型をとるか、あるいはコンピューター・プログラムの特徴についての量的な言明という型をとるであろう。

1958年 Perceptron



“The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain” Rosenblatt, Frank (1958)

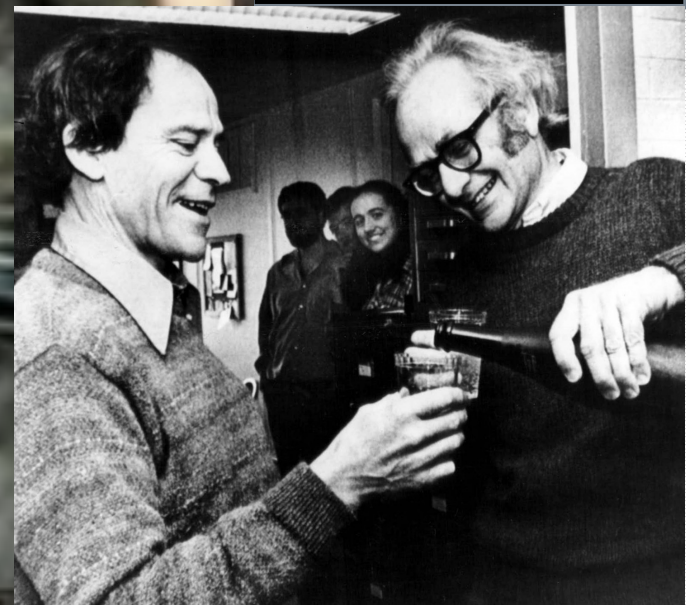
- 「ここに報告された理論は、認知システムの組織に対する定量的で統計的アプローチが、実現可能で実り多いことを明確に示している。パーセプトロンのようなシステムの研究によって、機械や人間を含む情報を扱うシステムの全てに共通する基本的な組織の法則性が最終的に理解されることが期待される。」
- 「視覚と脳の機能をモデル化したものであり、パターン認識を行う。シンプルなネットワークでありながら学習能力を持つ。
1960年代に爆発的なニューラルネットブームを巻き起こしたが、1969年に人工知能学者マービン・ミンスキーらによって線形分離可能なものしか学習できないことが指摘されたことによって下火となった。」



1959年

David H. Hubel

Torsten Wiesel



1965年 Resolution Principal



John Alan Robinson

Robinson, J. Alan (1965). "A Machine-Oriented Logic Based on the Resolution Principle".

The theory of the resolution process is presented in the form of a system of first-order logic with just one inference principle (the resolution principle). The completeness of the system is proved; the simplest proof-procedure based on the system is then the direct implementation of the proof of completeness. However, this procedure is quite inefficient, and the paper concludes with a discussion of several principles (called search principles) which are applicable to the design of efficient proof-procedures employing resolution as the basic logical process.

1970年代 懷疑論



Douglas Hofstadter

石田晴久の全否定

「しかし六十年代を通しての研究経過を見てみると、計算機は、人間の頭脳労働のある局面を代行することはできるものの、結局、考えることは出来ない機械であり、将来ともに考える機械の実現はほとんど絶望的なことがはっきりしたと思われるのである。」

「さて、常識的な意味で、計算機が”考える機械”でないことははっきりした。これは人類にとって祝福すべきことであろう。外国語の翻訳をしたり、話しことばを聞きわけたりする機械の出現もほとんど絶望的である。」

石田晴久「人工知能研究の批判」

東大理学部憎報科学研究施設編「思考過程と憎報科学」所収
p196 産業図書(1972)

ホフスタッターの皮肉:「テスラーの定理」

「ひとたび、ある精神的な機能がプログラムされると、人々は、すぐにそれが『実際の思考』の本質的な要素の一つであるとは考えなくなる。知能の不可欠の中核は、つねに、未だプログラムされた事のない、この次のプログラムの中にあるのである。この『定理』は、ラリー・テスラーによって最初に提案されたので、私はこれを、『テスラーの定理』と呼ぶ。すなわち、『人工知能とは、いまだなされていない事すべてである』と。」

Douglas Hofstadter "*Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*" 1979年

1974年 Frame理論



Marvin Minsky “A Framework for Representing Knowledge” 1974年

- 我々は、新しい状況に遭遇したとき(あるいは、現在の問題の見解を大きく変えるとき)、記憶からフレームという構造を選択する。これは、必要に応じて詳細を変更することによって現実にあうように適応された、思い出されたフレームワークである。
- フレームとは、居間にいるとか、子供の誕生日パーティーに行くなどのステレオタイプの状況を表すためのデータ構造である。各フレームには、いくつかの種類の情報が添付されている。この情報の一部は、フレームの使用方法に関するものである。そのいくつかは、次に起こることが期待できることについての情報である。これらの期待が確認されなかった場合の対処方法の情報もある。

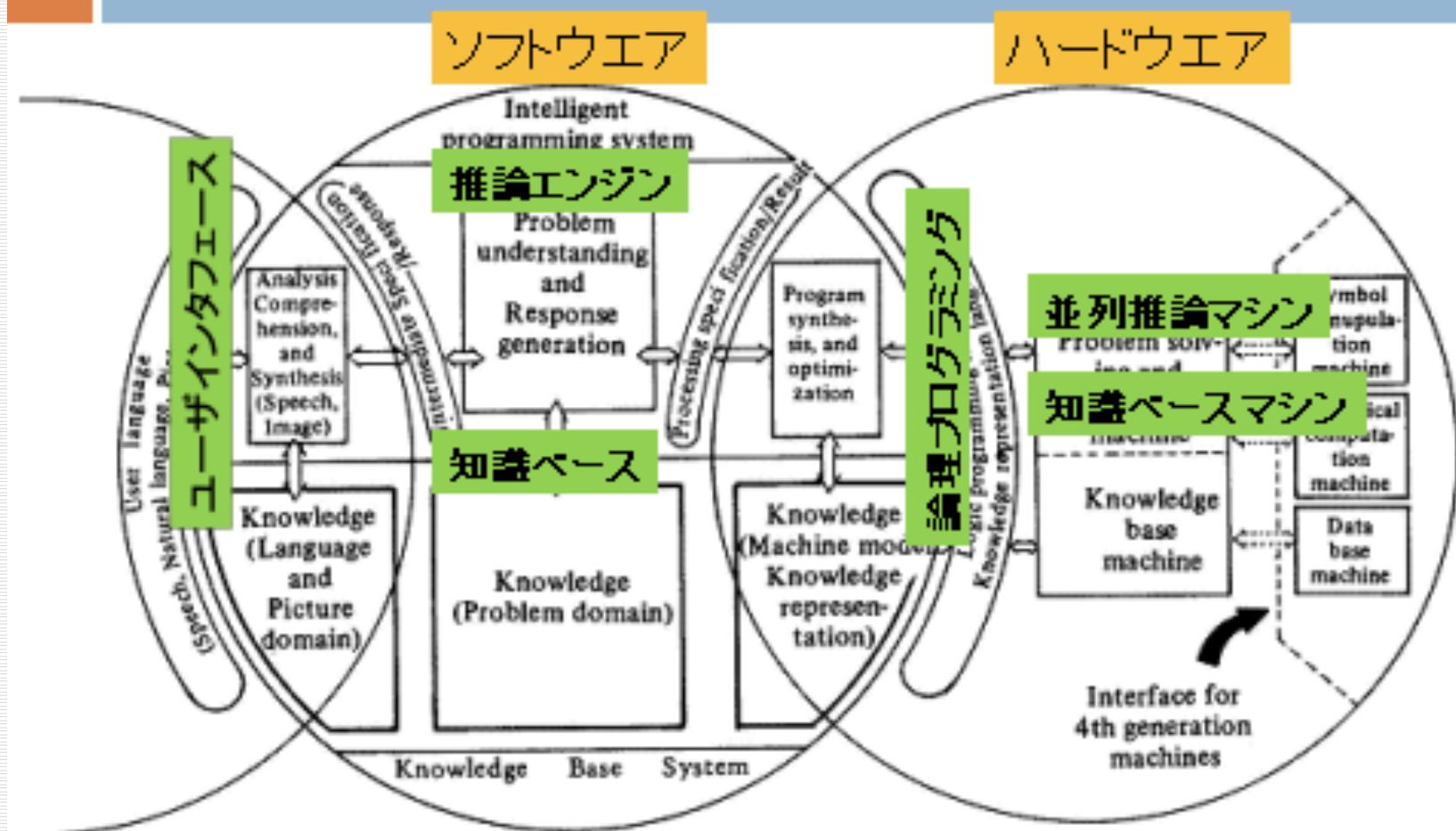
-
- フレームは、ノードと関係のネットワークと考えることができる。フレームの「トップレベル」は固定されており、想定される状況について常に真であるものを表す。下位レベルには、特定のインスタンスまたはデータで埋められなければならない多くの終端「スロット」がある。
 - 関連するフレームの集まりは、一緒に、フレーム・システムにリンクされる。重要なアクションの影響は、システムのフレーム間の変換に反映される。これらは、特定の種類の計算を経済的に行い、強調と注意の変化を表現し、「イメージ」の有効性を説明するために使用される。
-

1982年 第五世代コンピュータ



淵一博

第五世代コンピュータの概念図

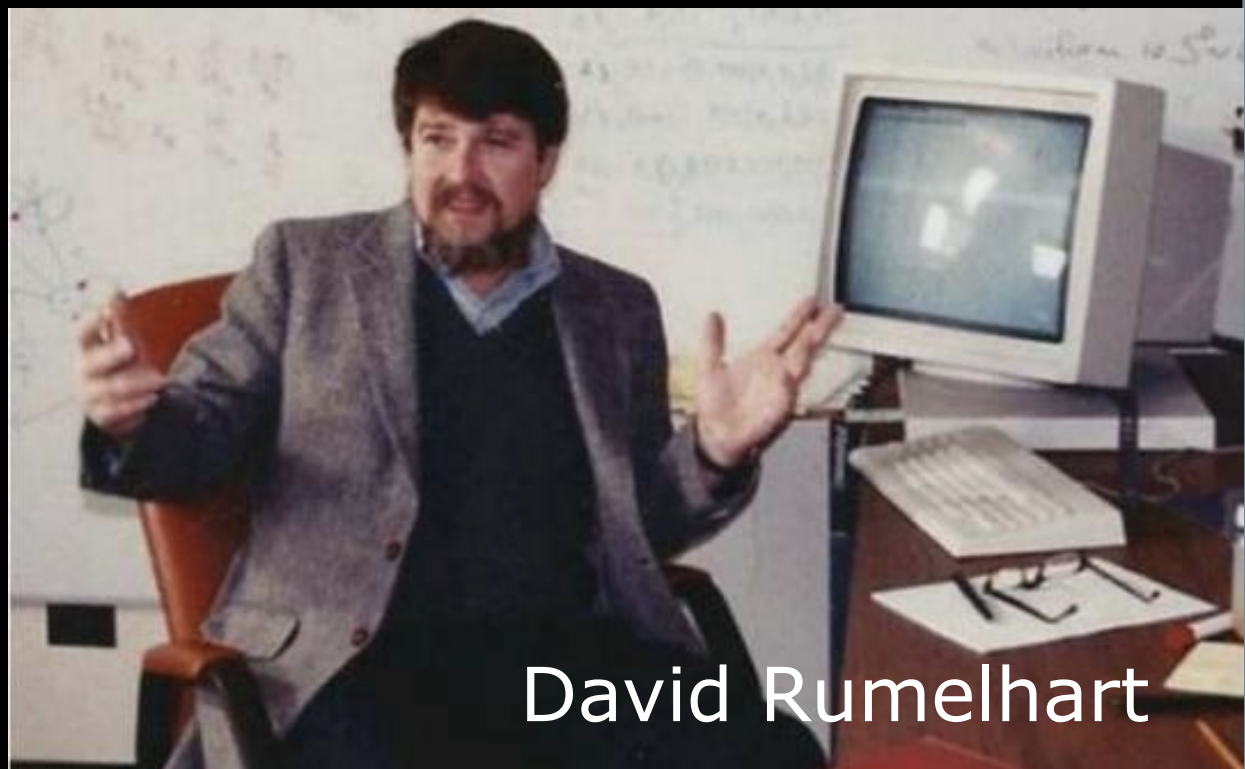


「第五世代コンピュータ・プロジェクト 最終評価報告書」1992年

- 第五世代コンピュータ・プロジェクトは、国際貢献を果たしつつ技術先進国として発展 するという我が国の政策のもとに、昭和 57年度(1982年)にスタートした。このような背景から、プロジェクト開始にあたっては、世界を視野にいたれた国家プロジェクトのあり方の議論を行い、国際的にみても創造的・先駆的な技術という意味を込めて「第五世代コンピュータ」と名付けた。そして、その技術目標を「知識情報処理を指向した新しいコンピュータ技術の研究開発」と定め、技術目標に含まれる多くの要素技術の実証・評価を行う必要性から、並列推論型コンピュータのプロトタイプ・システムの試作に その中心を置き、推進母体として財団法人新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)を設立した。昭和 57 年度に研究開発を開始した本プロジェクトも、11 年間で約 540 億を投じ、平成 4 年度をもって終了することとなった。

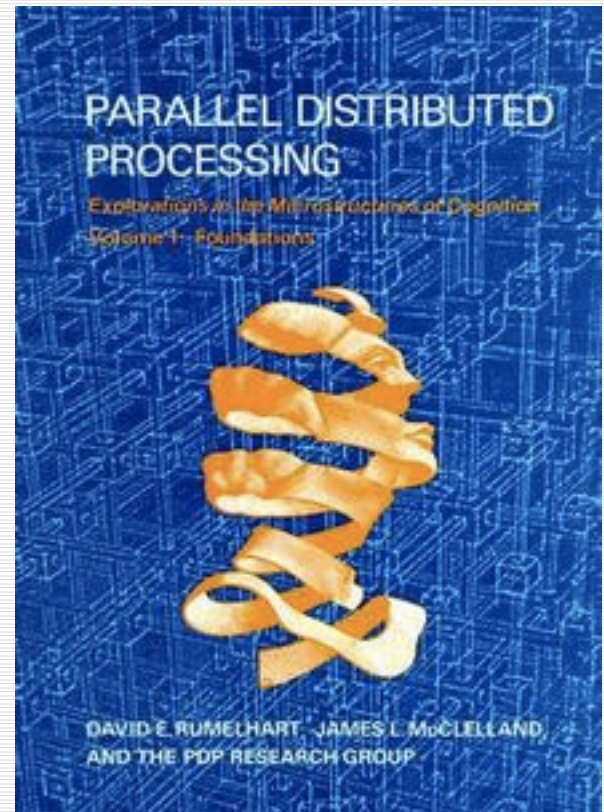
<https://goo.gl/Zmh1iu>

1986年 Parallel Distributed Processing



“Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition” Rumelhart et al. 1986

1986年、Rumelhartは、James McClellandと共同で、「並列分散処理 (PDP): 認知のマイクロ構造の研究」を出版した。そこでは、彼らが作り出した知覚のコンピュータ・シミュレーションについて述べられ、コンピュータ・サイエンティストに、神経処理の最初のテスト可能なモデルを提供した。この本は、今日では、認知科学の分野における中心的なテキストと認められている。」



2004年 Google



Larry Page

検索と人工知能: Larry Pageの人工知能観

- 「Googleの検索エンジンが、AIによって完全なものになったときにのみ、Googleのミッションは、完遂されるだろう。あなたたちは、それが何を意味するのか知っている。それが人工知能なのだ。」
 - 「人工知能は、Googleの最終バージョンになるだろう。Web上のすべてのものを理解するだろう究極の検索エンジンは、あなたが望むものを正確に理解するだろうし、あなたに正しいものを与えるだろう。我々は、今は、そうしたことをするのに、遠いところにいる。ただ、我々は、少しずつ、それに近づくことはできる。我々が取り組んでいることは、基本的には、そのことなのだ。」
 - 「検索における我々の大きな目標は、人が望むものを、実際に正確に理解し、世界のすべてのものを理解することである。コンピューター科学者として、我々は、それを人工知能と呼ぶ。」
-

2011年 IBM Watson

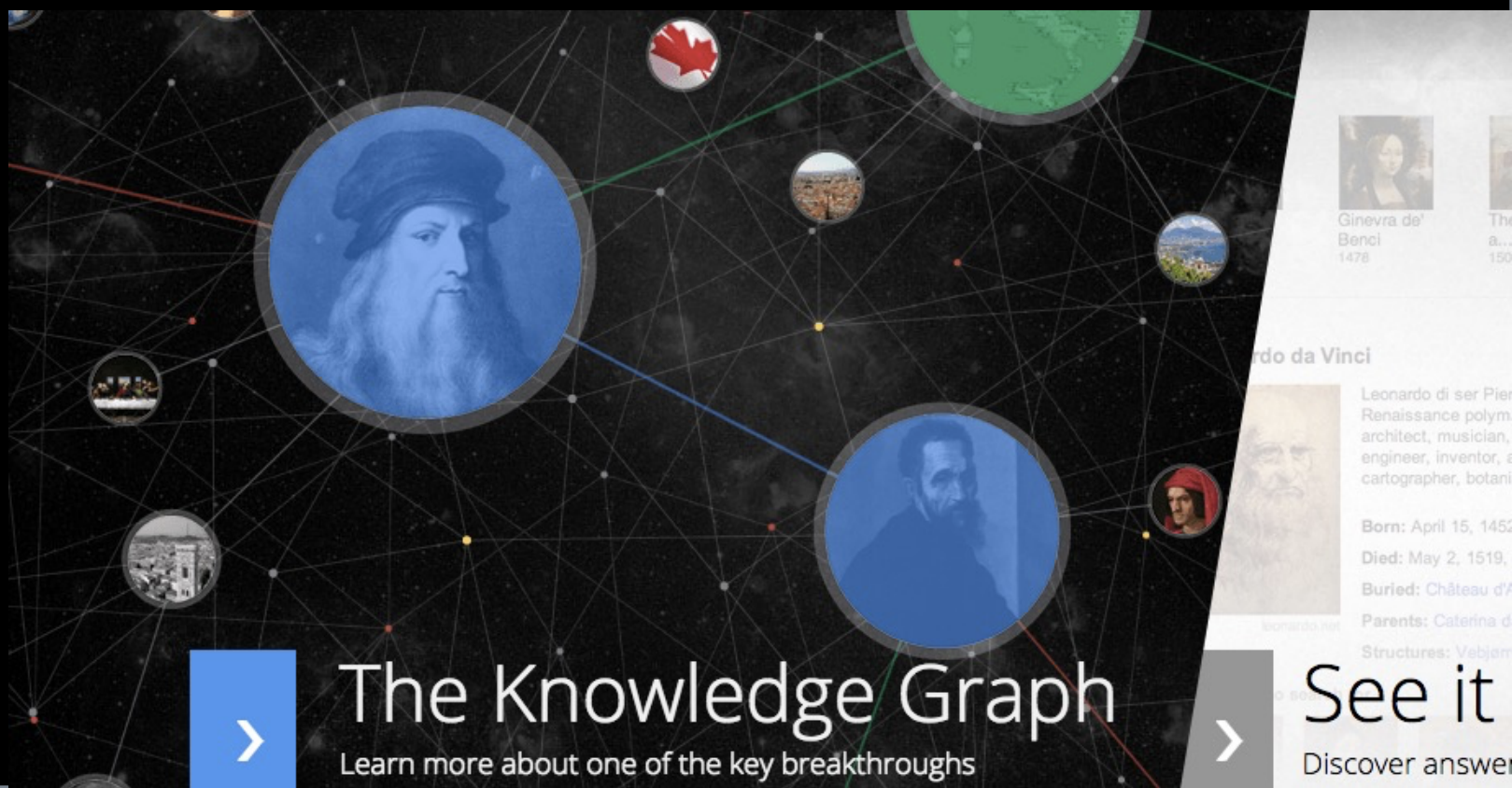


2012年 Facebook

**He who controls the graph,
controls the world.**



2012年 Google Knowledge Graph



The Knowledge Graph
Learn more about one of the key breakthroughs

See it
Discover answers

Leonardo da Vinci
Leonardo di ser Piero da Vinci
Renaissance polymath, architect, musician, engineer, inventor, astronomer, cartographer, botanist, geologist, and scientist.
Born: April 15, 1452
Died: May 2, 1519
Buried: Château d'Amboise
Parents: Caterina da Vinci
Structures: Vespiger

Ginevra de' Benci
1478

The
150

2012年 Deep Learning



Geoffrey Hinton
Yann LeCun
Yoshua Bengio

2012年に起きたこと

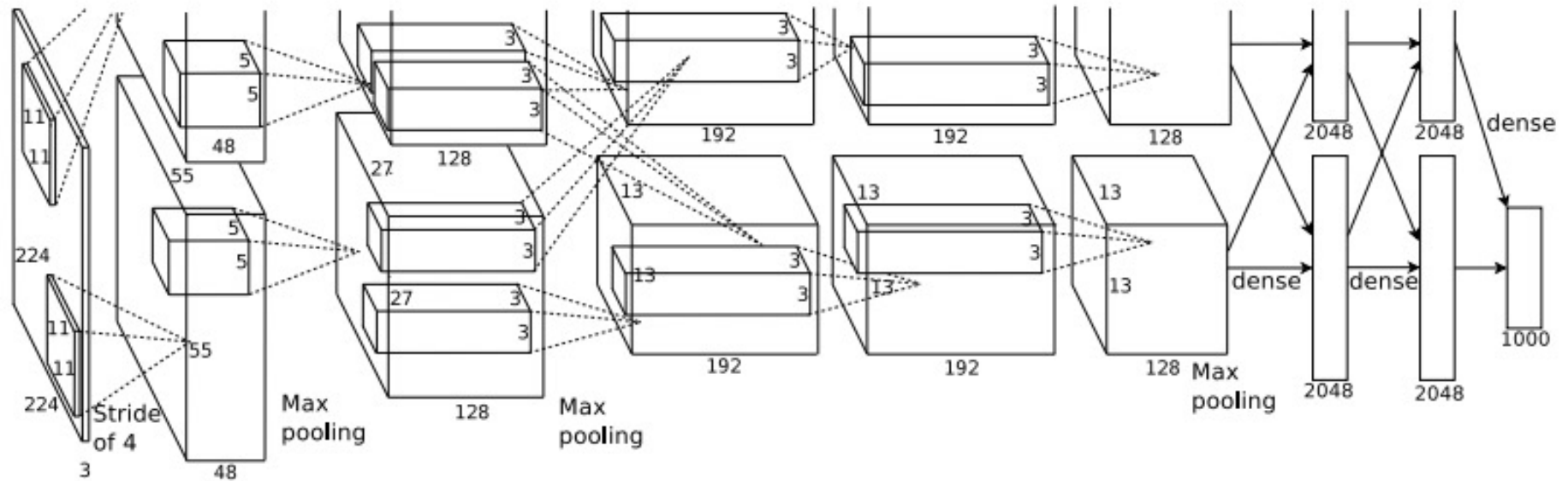
現在の人工知能に対する関心の高まりは、2012年に始まる。
この年、

1. Googleの16,000コアの巨大なシステム DistBeliefが、教師なしで**ネコ**と人間の顔を学習するのに成功した。
2. また、ImageNetの**画像認識**コンテストで、Convolutional Neural Network (CNN)のAlexNetが、圧勝した。
3. さらに、Tront大+Microsoft+Google+IBM 四者の共同研究チームが、**音声認識**にディープラーニングを用いた手法を公開。従来の方式を、はるかに上回る精度を達成した。

こうして、ニューラル・ネットワーク上のディープラーニングという手法は、現代のAI技術の中核の座を占めるに至った。



AlexNet



“Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition” Geoffrey Hinton et al.

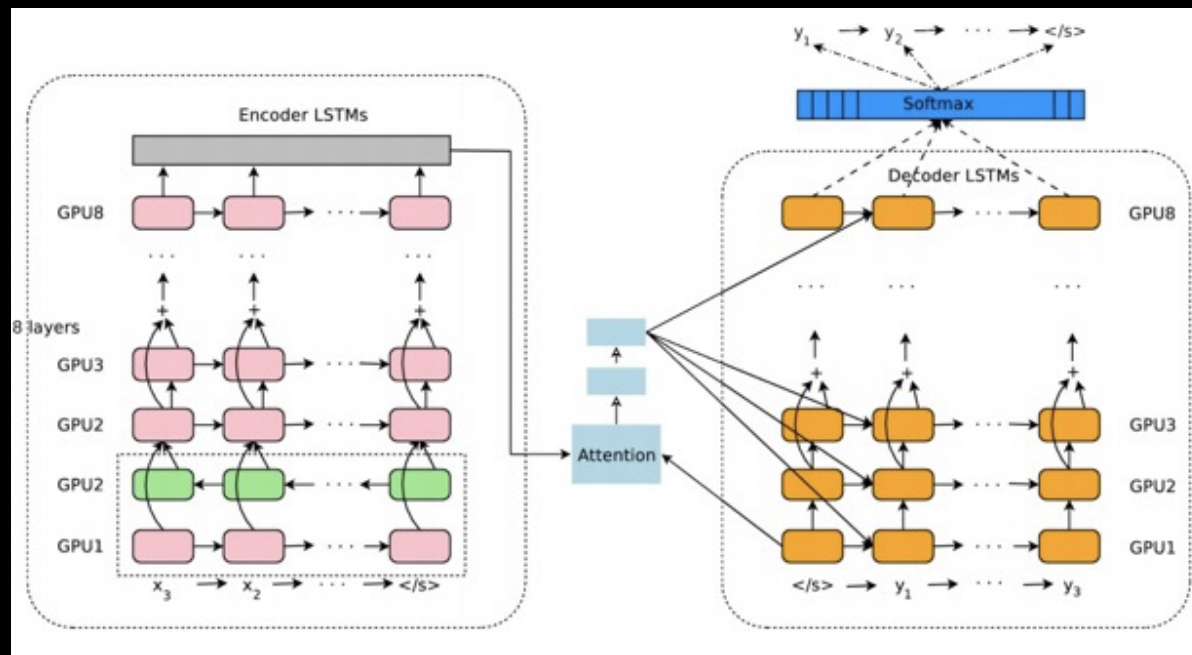
ディープラーニングを用いた
音声認識技術の飛躍

<https://goo.gl/GT6Bg9>

2012年



2016年 Google ニューラル機械翻訳



以前のGoogle翻訳との比較

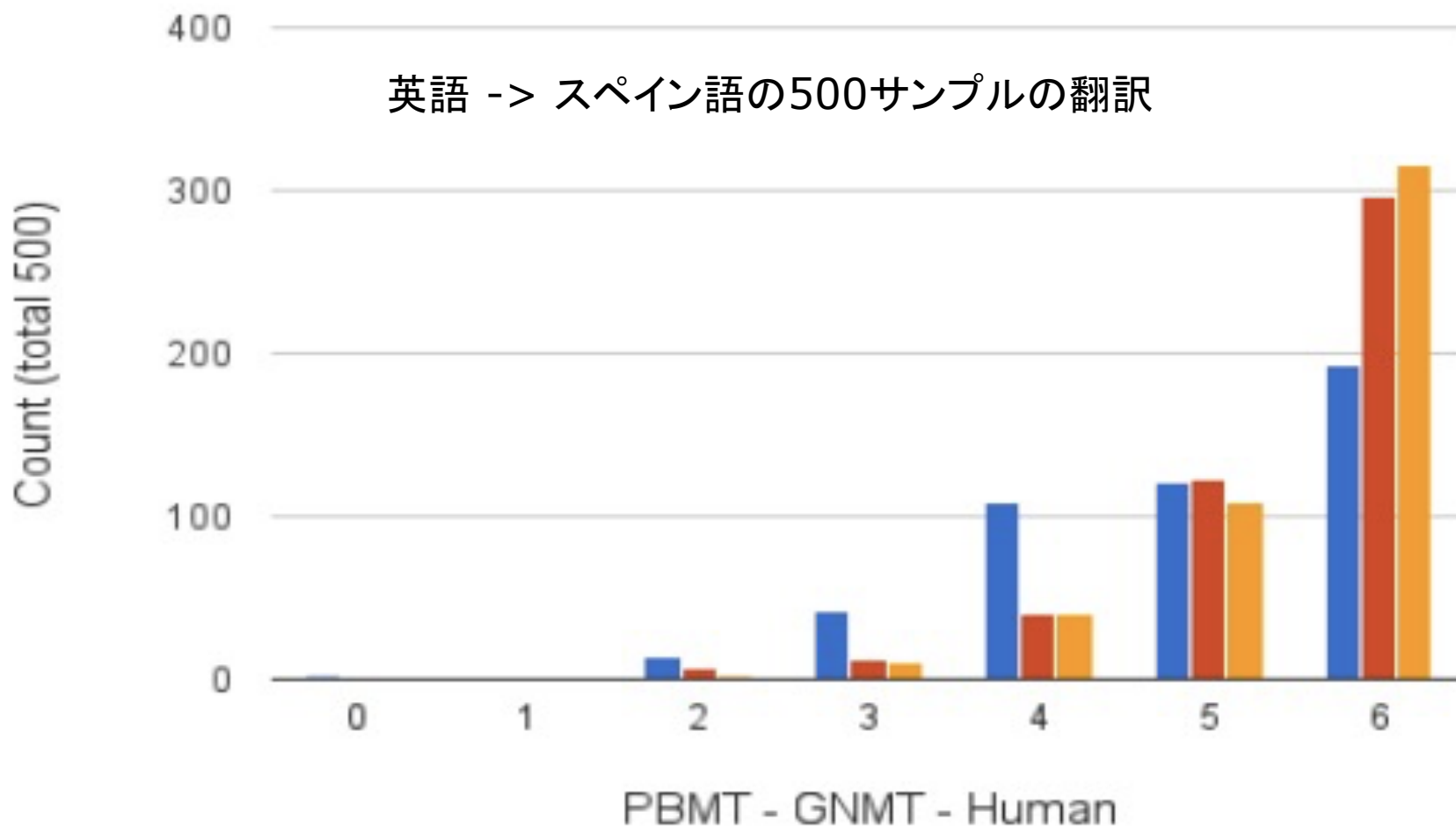
Table 10: Mean of side-by-side scores on production data

	PBMT	GNMT	Human	Relative Improvement
English → Spanish	4.885	5.428	5.504	87%
English → French	4.932	5.295	5.496	64%
English → Chinese	4.035	4.594	4.987	58%
Spanish → English	4.872	5.187	5.372	63%
French → English	5.046	5.343	5.404	83%
Chinese → English	3.694	4.263	4.636	60%

翻訳結果を、0～6の7段階で、人間が評価したもの。

以前のGoogle翻訳と比較して、58%～87%の改善が見られる。

以前のGoogle翻訳(PBMT)、現在のGoogle翻訳(GNMT)、人間による翻訳の得点分布



2017年 5年後の現在

2012年から始まったディープラーニングのブームは、5年経った今また、新しい展開を見せはじめている。

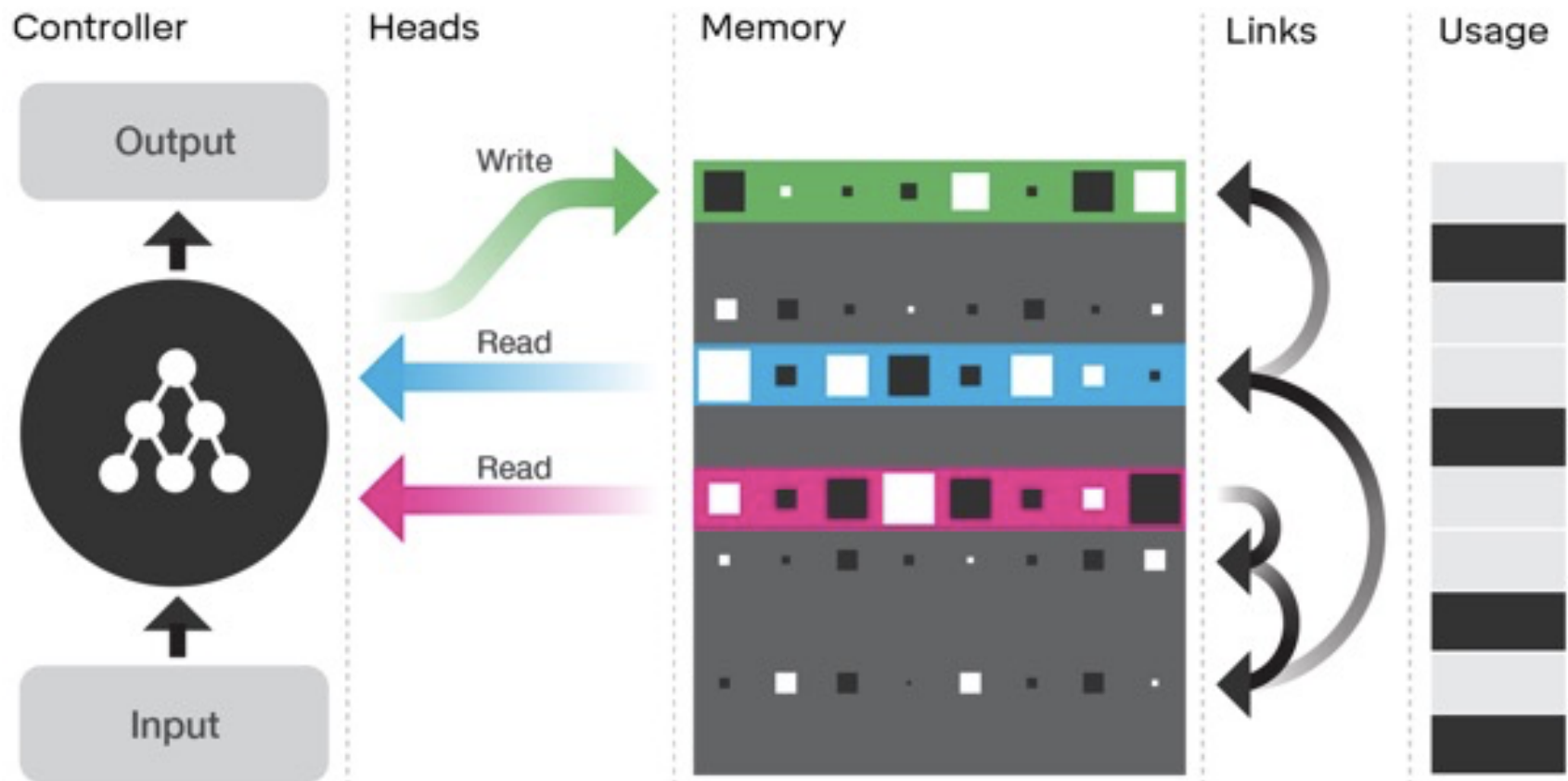
1. 一つは、昨年11月に製品版のサービスが始まったGoogleのニューラル機械翻訳が、素晴らしい成長を見せたことだ。翻訳の分野での成果だが、自然言語処理の飛躍的な発展が起こるかもしれないと期待させるものだ。
2. もう一つは、同じく、Googleが昨年末に発表した、DNC (Differentiable Neural Computer) だ。視覚を中心とした感覚・運動系の処理が得意なCNNや、言語等のシーケンス処理が得意なRNNとは、違う分野(論理的推論)に、違うアーキテクチャーで挑戦しようとしている。アーキテクチャー的には、ディープラーニング技術の発展形ではあるのだが、ノイマン型コンピュータの拡張のようにも見える。

2016年

Differential Neural Computer



Illustration of the DNC architecture



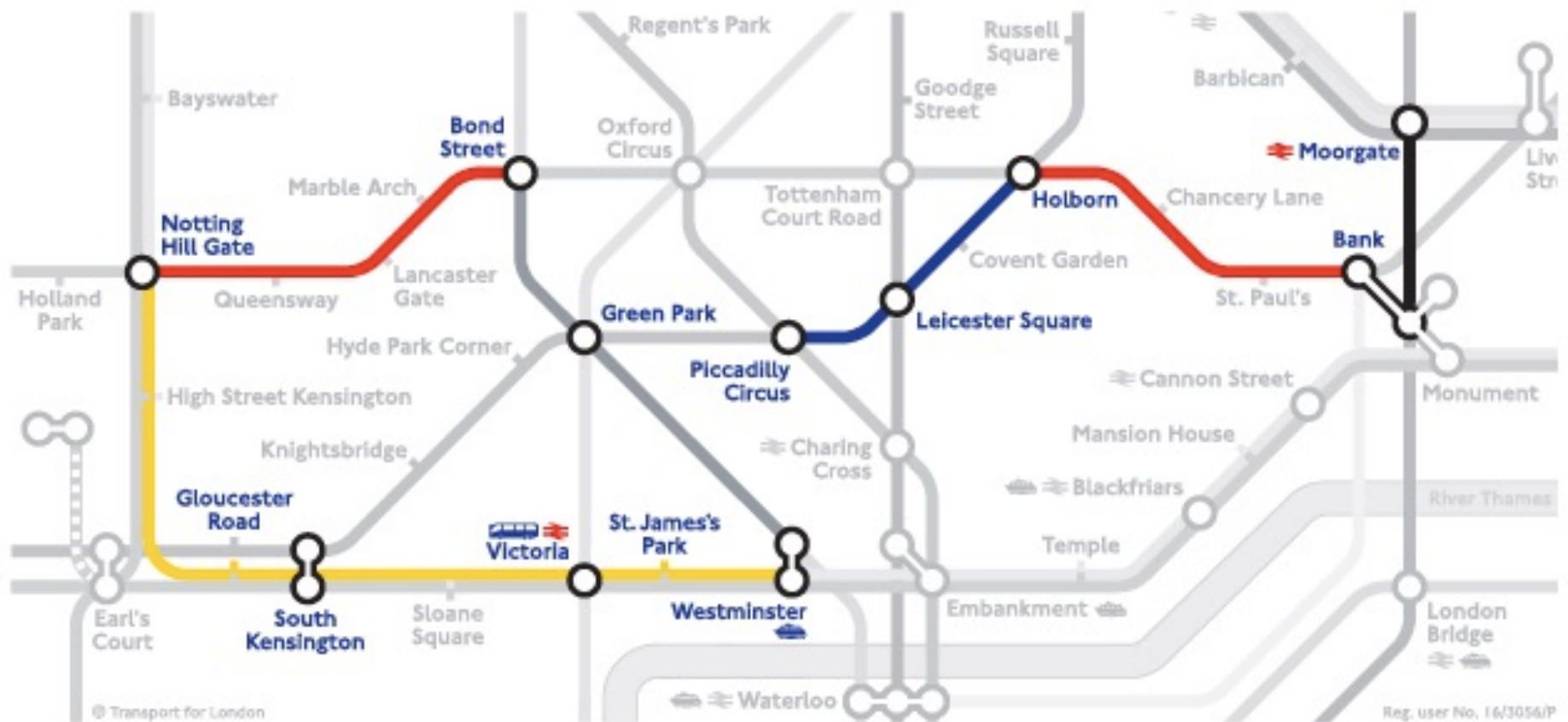
Synthetic question answering experiments

John is in the playground.
Bob is in the office.
Where is John? **A:playground**

John is in the playground.
Bob is in the office.
John picked up the football.
Bob went to the kitchen.
Where is the football? **A:playground**
Where was Bob before the kitchen? **A:office**

John picked up the apple.
John went to the office.
John went to the kitchen.
John dropped the apple.
Where was the apple before the kitchen? **A:office**

b London Underground



人工知能研究のパースペクティブ

人間の認識の発展と階層

数学的な
対象認識

科学と技術

文字による知識の集積

諸メディア

言語能力による認識の飛躍

音声言語

思考の言語

感覚・運動的外界の把握



人間の認識の発展の階層と 対応するAI技術

数学的な
対象認識



文字による知識の集積

検索
知識データベース
Knowledge Graph



言語能力による認識の飛躍

自動翻訳
Speech2Text
Bot
初等的推論



感覚・運動的外界の把握

画像認識
自動運転
ロボット

現在のAI技術を構成する複数の流れ

- 
- A) 既知のデータの統計的分析をもとに、数値予測・クラス分けを行うもの。機械学習技術。
 - B) 経験的に構築された知識・推論・対話システム。パーソナル・アシスタンス・システム etc。
 - C) ニューラルネットワークの手法を用いて、生物の感覚・運動系の能力の相同物を機械上で実現しようとするもの。ディープ・ラーニング。
 - D) 人間固有の言語能力の機械による実現。
 - E) 人間の数学的・論理的な推論能力に関わるもの。

人工知能研究のパースペクティブ

- A) 既知のデータの統計的分析をもとに、数値予測・クラス分けを行うもの。機械学習技術。
- B) 経験的に構築された知識・推論・対話システム。パーソナル・アシスタンス・システム etc。
- C) ニューラルネットワークの手法を用いて、生物の感覚・運動系の能力の相同物を機械上で実現しようとするもの。ディープ・ラーニング。
- D) 人間固有の言語能力の機械による実現。
- E) 人間の数学的・論理的な推論能力に関わるもの。



未来の、
「人工知能」

セミナー予告

5/31 マルレク @ KDDI本社
「ニューラル・コンピュータとは何か？」

現在のDeep Learning技術の最先端である、
Alex Gravesの Differential Neural
Computer モデルを、Nature誌の論文に基
づいて解説します。