

第13回RIETIハイライトセミナー  
「AIと経済社会の未来」  
プレゼンテーション資料

2015年9月28日

辻井 潤一

産業技術総合研究所人工知能研究センター  
センター長

# 略歴

1971.4 京都大学大学院修士課程入学(研究室:坂井利之教授) 1973.4 京都大学工学部助手(研究室:長尾眞教授) 1979.6 京都大学大学院工学研究科助教授(研究室:長尾眞教授) 1981.6 -- 1982.4 CNRS(Center National de la Recherche Scientifique、グルノーブル、フランス) 招聘上級研究員	京大 15年
1988.11 マンチェスター大学教授 (University of Manchester Institute for Science and Technology) 1992.3 – 1995.6 マンチェスター大学計算言語学センター(CCL)、センター長	マ大 7年
1995.6 東京大学大学院理学系研究科教授	東大16年
2005.7 マンチェスター大学教授(兼務) 英国国立テキストマイニングセンター(NaCTeM)、センター長(兼務) 2008.3 英国国立テキストマイニングセンター(NaCTeM)、研究担当ディレクター(兼務)	マ大 6年
2011.4 マイクロソフト研究所(北京) 首席研究員	MSR 4年
2015.5 産総研人工知能研究センター センター長	京都大学 15年 マンチェスター大学 13年 東京大学 16年 マイクロソフト研究所 4年
ACL Fellow, Fellow IPSJ, Chair of ICCL(International Committee of CL) 紫綬褒章(2010), IBM faculty Award(2005), Daiwa-Adrian Award(2004),etc.	

# 人工知能革命、ロボット革命

- 第2の産業革命

- **47%の仕事**が人工知能に置き換わる、これまでの変化よりもはるかに早く (Oxford Study)<sup>1</sup>
- 生産基地と流通ネットワークの激変、韓国、中国、日本、米国ドイツなどロボット化が進む国での生産コストは、**2025年までに18%–33%**低下する<sup>2</sup>
- 人工知能に置き換えられる仕事は、医師、弁護士、税理士など**プロフェッショナルとされてきた仕事**
- 第1の産業革命 肉体労働の置き換え
- 第2の産業革命 知的労働の置き換え 資本を持つ層が投資 ごく少数の富裕層と**中産階級の消失**

1. THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION? By Carl Benedikt Frey† and Michael A. Osborne‡

2 Magna International Inc. CEO Donald Walker

# Be afraid, be very afraid

## The robots are coming and they destroy our livelihood (BBC Debate, April 2015)

- Adrew Keen
  - Scilicon Valley, 企業家, Author of Internet is not the answer
- George Mgnus
  - Economist, UBC chief economist

**For the motion**

- Walter Isaacson
  - Official Biographer of Steve Jobs
  - CNN, Time magazine
- Pippa Malmgren
  - Co-founder of H Robotics (Drone)

**Against the motion**

双方ともにSingularityの議論には、否定的議論は、失われる職業とそのための社会的な変動に焦点  
知的な中産階級を破壊する  
(労働生産性は向上するが、それはごく一部の富裕層を利するのみ)  
新しい職業が生み出される  
(7年前には無だったAPP市場が、映画業界を超える)

	Before	After
For	31%	43%
Against	42%	52%
Undecided	27%	5%

**Prediction based on Big Data  
Infinite Copying of Skills  
Effective action/judgement in  
circumscribed situations**



**Cognitive Processing  
Creativity,  
Judgment,  
Value System**

# Singularityについて

- 例えば、マイクロソフト
  - Bill Gates vs Eric Horovitz
- 漠然とした不安
  - Over-filtering, Censoring, Information Manipulation, Fragmented Society, Unemployment
- 自律的な人工知能への不信



"The development of full artificial intelligence could spell the end of the human race," Hawking cautioned last year.

Stephen Hawking, Bill Gates and  
Tesla Motors CEO Elon Musk

- Tom Dietterich (President of Association for the advancement of AI)
  - “So I think the dangers of AI is not so much in artificial intelligence itself, in its ability to reason and learn, but in the autonomy. What should we give computers control over?” (Darpa: Wait, What Conference, Sept. 2015)



# Andrew Ng (Stanford, Baidu)

- “There will always be work for people who can synthesize information, think critically, and be flexible in how they act in different situations,”  
However, he also acknowledges, “the jobs of yesterday won’t be the same as the jobs of tomorrow.” - See more at:

<http://staffingtalk.com/is-your-job-safe-from-artificial-intelligence/#sthash.58316vll.dpuf>

**"Right now, even the best AI systems are dumb."**

**LeCun (Director, Facebook AI Research)**

<http://www.popsci.com/facebook-ai>

# 人工知能研究センター コンセプト

産業技術総合研究所

# 人工知能

## 人間に迫る人工知能

- **IBM ワトソン**: 言語理解、テキストと構造化された知識(事実)、検索と質問応答
- **コンピュータ将棋**: 大規模な探索空間, 機械学習
- **東大入試ロボット**: 言語理解、問題解決、知識に基づく推論
- **会話ロボット**: 身体性をもった知能, 特定の文脈下での言語理解
- **深層学習**: 脳からのヒント、計算原理の変革、自律性をもった機械学習
- **脳科学**: 人間知能の解明

# もう一つの人工知能

ビッグデータ、データサイエンスからの人工知能  
人間を超える人工知能

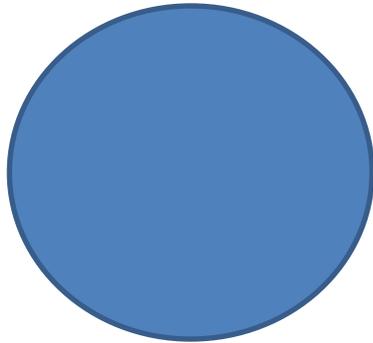
# 2つの流れの統合

## 人間知能との親和性が高いAI

- データ知識融合AI; **説明できるAI**
  - 機械はデータで考える
  - 人間は知識で考える
- 脳型AI ; **計算原理の革新**

# Data, Text and Knowledge

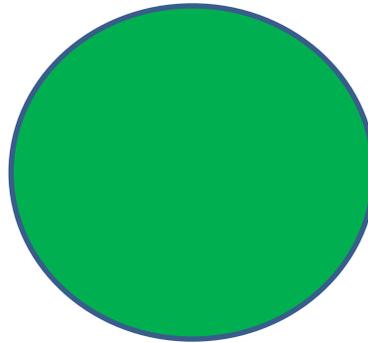
Big Data



Sensing data  
Life log  
Observation of Reality

Classification  
Pattern Recognition  
Prediction

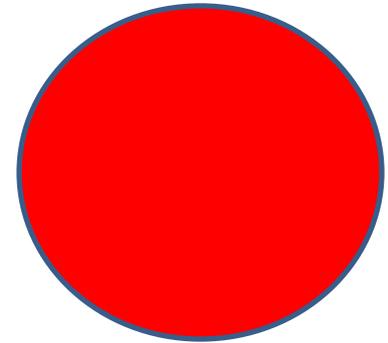
Big Text



Newspaper articles  
Blogs, Twitters  
Reports, mails



Big Knowledge



Freebase  
Knowledge Graph  
Wikipedia

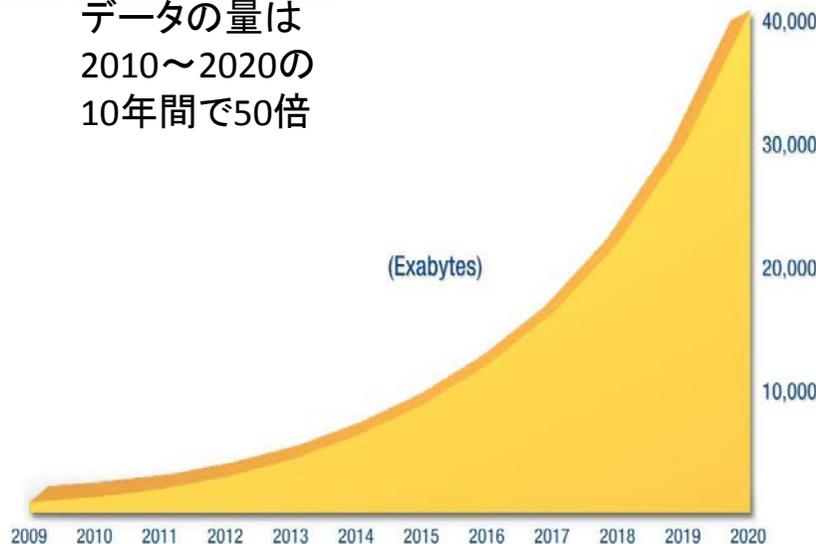
Logical Inference  
Explanation  
Problem Solving

# 1. 現状

- 計算機能力が指数関数的に向上。デジタルデータの量が爆発的に増大。人工知能が重要に。あらゆる産業の知能化が進行。
- 米国では、巨大IT企業が優れた研究者を世界中から集め、自らの持つ巨大データと様々な技術を組み合わせた人工知能を開発し、事業化。
- 実世界での応用と基礎研究への短いサイクルでのフィードバック。
- 日本では、研究者が個別に基礎研究に従事し、それらを統合して革新的な人工知能を開発する動きは少ない。

The Digital Universe: 50-fold Growth from the Beginning of 2010 to the End of 2020

データの量は  
2010～2020の  
10年間で50倍



出典: IDC “The Digital Universe in 2020”

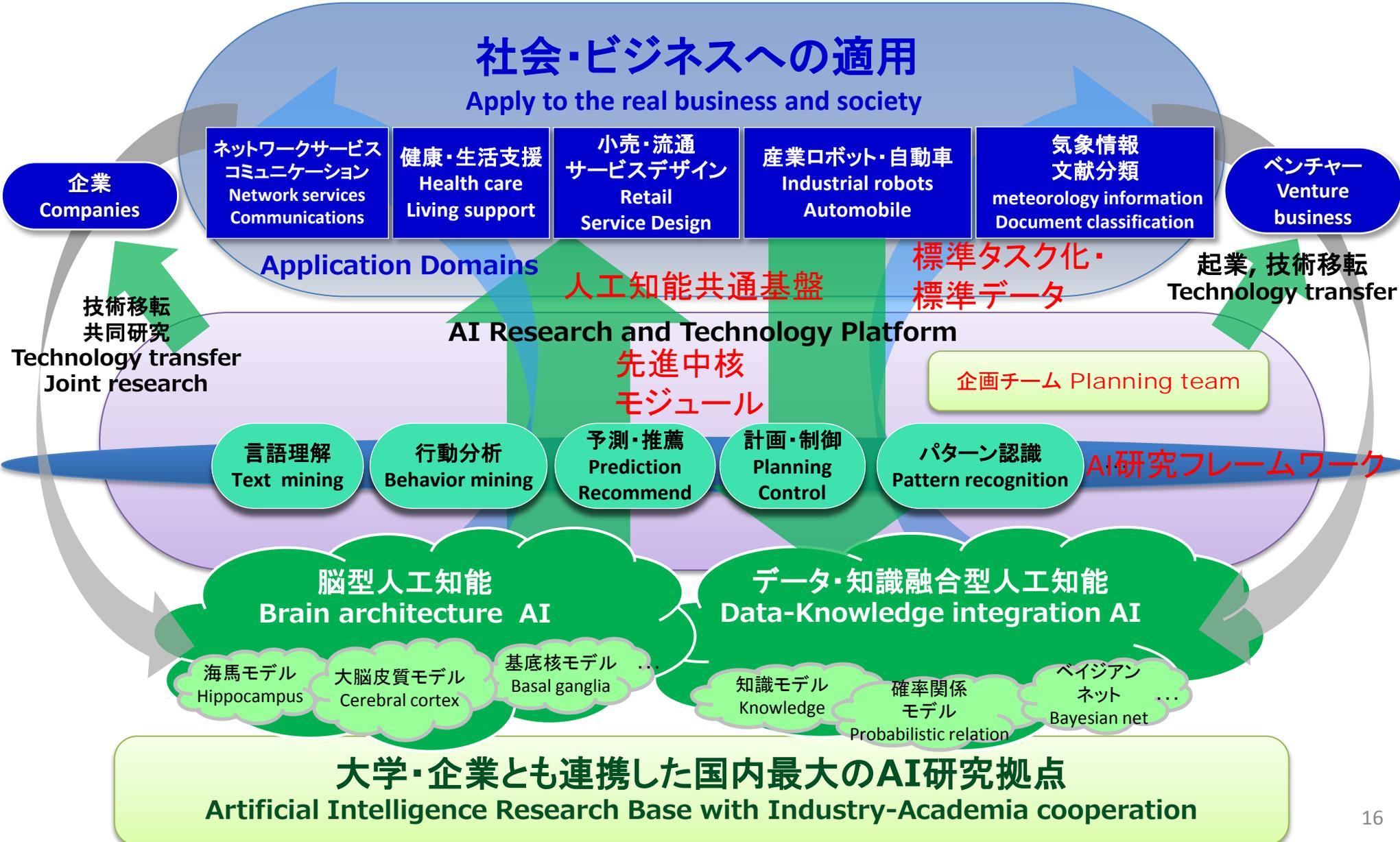


大規模物体認識 ILSVRC2012  
における Deep Learning の性能

# 人工知能の技術開発：現状

- 米国の巨大IT産業
  - データ、資金、研究者、開発者の集中
  - 閉じたエコシステム
  - 応用の急速な広がり、データの局在時代から偏在時代へ
  - Start-UpのM&A
- 日本(ヨーロッパも)
  - データ、研究者、技術者のFragmentation
  - 資金の欠如
  - 開いたエコシステムへ
  - Start-Upとの共同、援助

# AI技術の研究開発と実用化の循環



**"If we have an idea that actually works,  
within a month it can be in front of 1.5  
billion people."**

**LeCun (Director, Facebook AI Research)**

# 研究開発の3つの層

## NEDOプロジェクト

### ① 大規模目的基礎・先端技術開発

- ①-1 **脳型人工知能** 大脳皮質、視覚野、行動野の計算モデル
- ①-2 **データ知識融合** テキストと視覚・論理、知識の分散表現
- ①-3 **機械学習、計算の数理モデル**

### ② 次世代人工知能フレームワーク、先進モジュール

- ②-1 **文脈依存性、時間依存性**の強いデータ処理フレームワーク  
**ビッグデータ**のためのワークフローのプラットフォーム
- ②-2 先進中核モジュールの開発

### ③ 次世代人工知能共通基盤

人間行動モデリング、衛星画像解析、事故情報テキスト解析、知的ロボット

# AI研究の中核拠点としてのAIRC

- 大学、研究機関に散在した研究者の集積
  - 多様な人材を集めるため、産業技術総合研究所のクロスアポイント制度の拡充により対応
- ユーザとの緊密な共同
  - 産業界
  - 生命科学、医学、物質科学
  - 健康、福祉への応用
  - 地方創生など社会への貢献

企画チームを組織することで、外部連携を強化し、外部の有するデータから、そのニーズに対するアウトプットを提供していくことで、幅広い分野に対する人工知能技術を産総研に蓄積

NEDO プロジェクトマネージャ(PM)関根

AIST プロジェクトリーダー(PL)辻井

企画チーム

松尾(東大)、本村 他

有識者

樋口(統数研)、松原(はこだて未来大)、中川(東大)、櫻井(慶大) 他

人間行動モデリング

本村  
櫻井 他

画像解析

中村  
村川  
河西  
パスコ 他

事故情報解析・事故予防

中田(亨)  
Geczy 他

対人インタラクション

大森  
(玉川大)  
長井  
(電通大)  
他

産業用ロボット

原田(研)  
三菱電機  
他

自動運転

大屋  
我妻  
(九工大)  
市瀬(NII)  
他

観測・データ収集モジュール

西田・本村 他

認識・モデル化・予測モジュール

佐藤・岩田・村川、藤吉(中部大)、橋本(中京大)、原田(達)(東大) 他

行動計画・制御モジュール

原田(研)・万、辻(九大) 他

自然言語理解モジュール

宮尾(NII) 他

次世代人工知能フレームワーク 小川・谷村・的野、稲邑(NII) 他

次世代脳型人工知能

一杉・中田(秀)、山崎(電通大)、岡田(東大)、大羽(京大)、銅谷(OIST) 他

機械学習・

確率モデリング高度化  
麻生・赤穂、松尾(東大)、村田(早大)、三菱電機 他

データ・知識融合型人工知能

辻井・中田(亨)、宮尾(NII)、鶴岡(東大)、岡崎(東北大)、高村(東工大)、中山(東大)、市瀬(NII) 他

ATR

次世代脳型人工知能 石井・神谷・内部 他

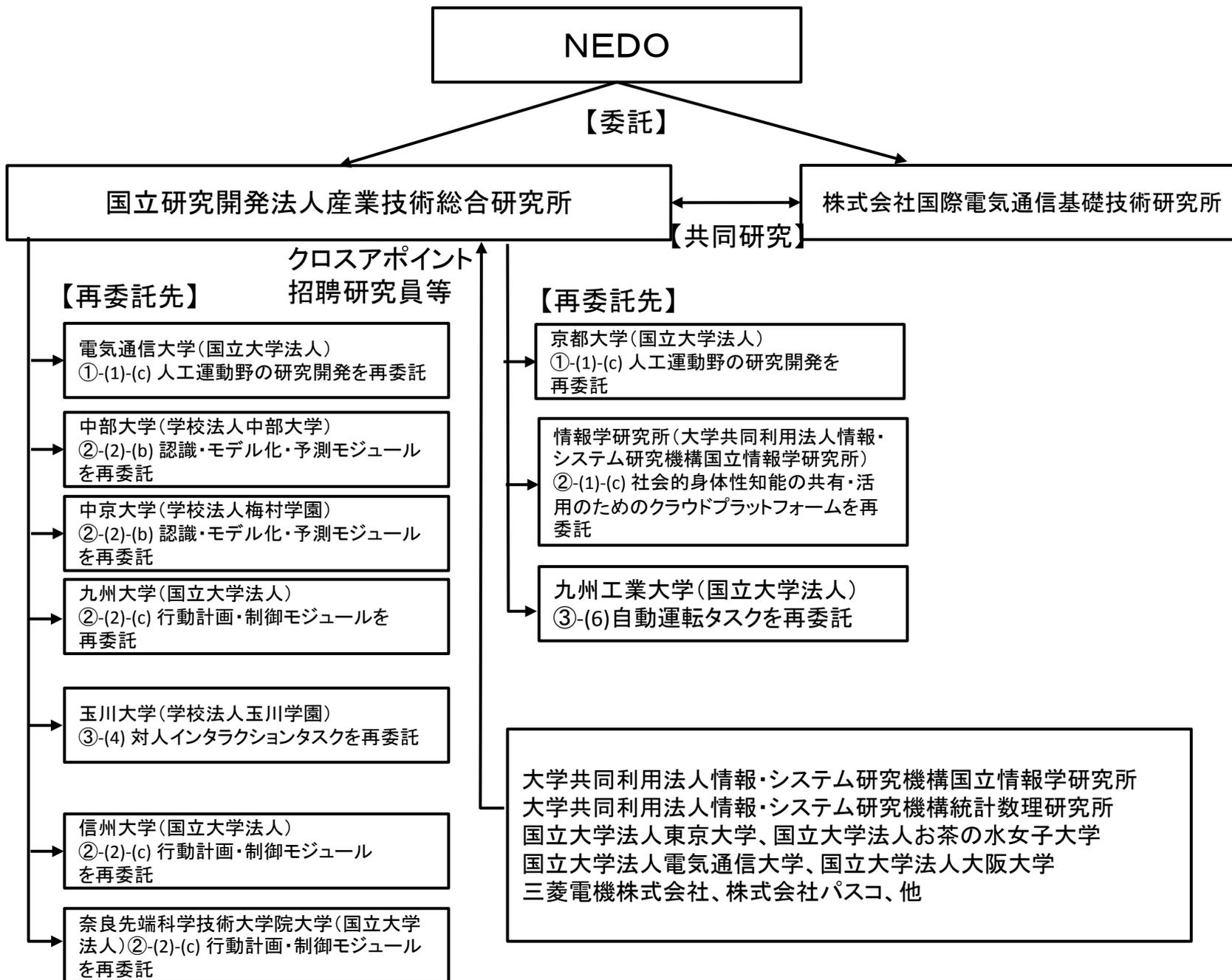
スタート時点では研究者約75名の体制。8月頭時点では、

研究者約100名超の体制

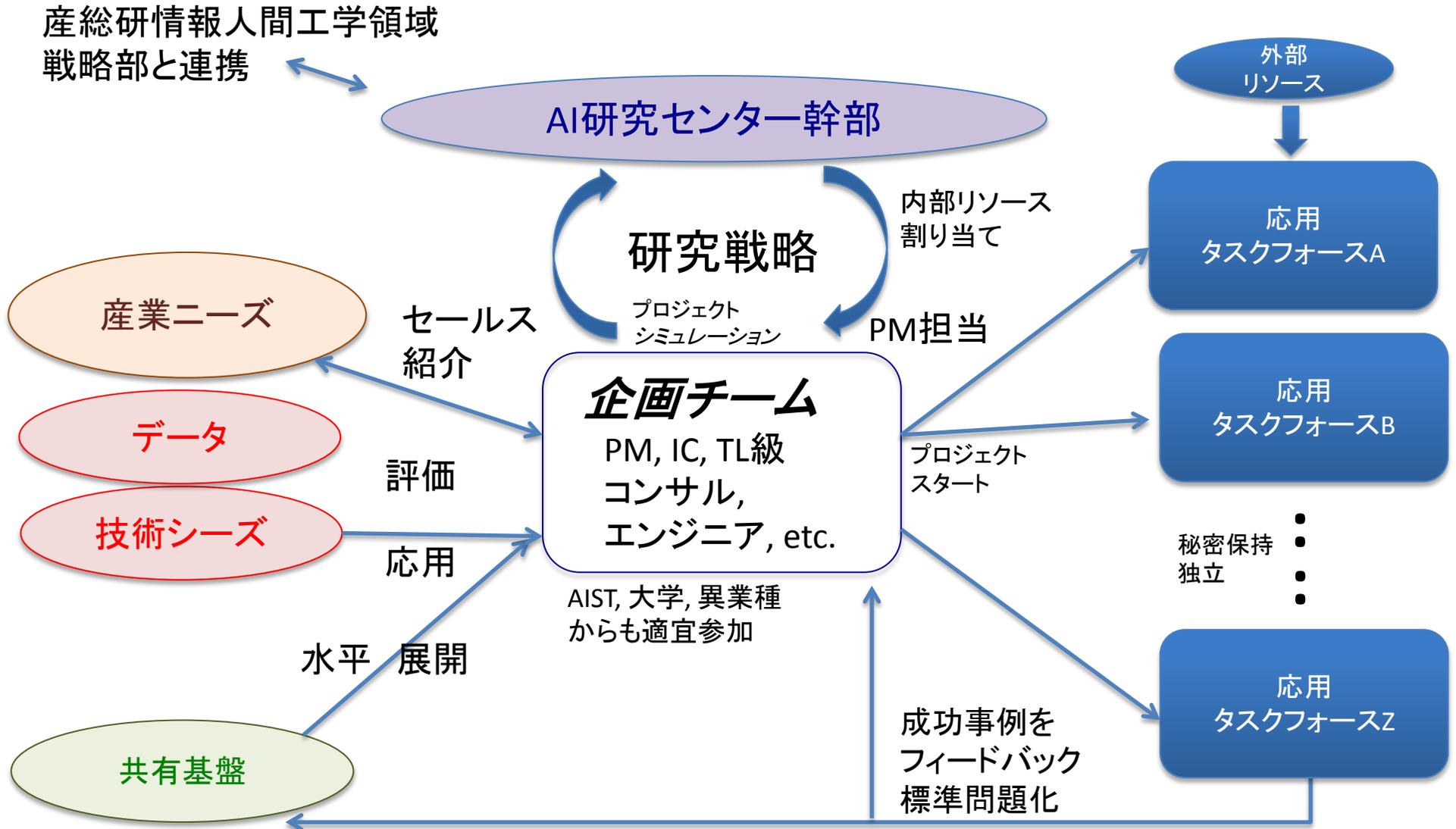
※産総研常勤職員、招聘研究員(クロスアポイントメント、転籍出向等を含む)、客員研究員、特別研究員(ポスドク)、リサーチアシスタント等の総計

人工知能研究センター  
客員研究員等  
(予定を含む)

氏名	所属	役職	専門分野
荒瀬 由紀	大阪大学	准教授	自然言語処理
石井 信	京都大学	教授	機械学習、確率モデリング
磯崎 隆司	ソニーコンピュータサイエンス研究所	研究員	確率モデリング
市瀬龍太郎	情報学研究所	准教授	オントロジー学習
稲邑 哲也	情報学研究所	教授	機械学習、知能ロボティクス
植野 真臣	電気通信大学	教授	確率モデリング
大羽 成征	京都大学	講師	機械学習、確率モデリング
大森 隆司	玉川大学	教授	認知モデル
大屋 勝敬	九州工業大学	教授	知能ロボティクス
岡崎 直観	東北大学	准教授	自然言語処理
尾形 哲也	早稲田大学	教授	知能ロボティクス
岡田 真人	東京大学	教授	スパースモデリング
樺島 祥介	東京工業大学	教授	情報統計力学
櫻井 彰人	慶応義塾大学	教授	統計的機械学習
佐藤 一誠	東京大学	助教	統計的機械学習
杉山 将	東京大学	教授	統計的機械学習
鈴木 謙	大阪大学	准教授	確率モデリング
善甫 啓一	筑波大学	助教	サービス工学
田浦 健次朗	東京大学	准教授	並列処理
高村 大也	東京工業大学	准教授	自然言語処理
辻 徳生	九州大学	教授	知能ロボティクス
津田 宏治	東京大学	教授	機械学習、バイオインフォマティクス
鶴岡 慶雅	東京大学	准教授	自然言語処理、機械学習
銅谷 賢治	沖縄科学技術大学院大学	教授	計算論的神経科学
長井 隆行	電気通信大学	教授	知能ロボティクス
中川 裕志	東京大学	教授	統計的機械学習
中山 英樹	東京大学	講師	コンピュータビジョン
橋本 学	中京大学	教授	知的センシング
原田 達也	東京大学	教授	ロボット視覚
樋口 知之	統計数理研究所	所長	確率モデリング、データサイエンス
藤吉 弘亘	中部大学	教授	ロボット視覚
戸次 大介	お茶の水女子大学	准教授	自然言語処理
松尾 豊	東京大学	准教授	Webマイニング、特徴表現学習
松原 仁	はこだて未来大学	教授	人工知能
松原 崇充	奈良先端大学院大学	助教	知能システム制御
湊 真一	北海道大学	教授	離散構造処理
美馬 秀樹	東京大学	准教授	自然言語処理
宮尾 祐介	情報学研究所	准教授	自然言語処理、理解
三輪 誠	豊田工業大学	准教授	自然言語処理
村田 昇	早稲田大学	教授	統計的機械学習
持橋 大地	統計数理研究所	准教授	自然言語処理、確率モデリング
山川 宏	株式会社ドワンゴ人工知能研究所	所長	全脳アーキテクチャ
山崎 公俊	信州大学	助教	知能ロボティクス
山崎 匡	電気通信大学	助教	計算論的神経科学
鷺尾 隆	大阪大学	教授	データマイニング、機械学習
川島 英之	筑波大学	講師	データベース、ストリーム計算
山口 佳樹	筑波大学	准教授	HPC



# 産学連携：人工知能研究センター企画チーム





—日本を元気にする産業技術会議シンポジウム—

## 産業技術総合研究所

# 人工知能研究センター設立記念シンポジウム

■日時：2015年9月30日(水) 13:00～16:00

■会場：日経ホール(東京都千代田区大手町1-3-7 日経ビル3階)

■主催：産業技術総合研究所 人工知能研究センター／日本を元気にする産業技術会議 ■後援：日本経済新聞社

- 講演1 辻井潤一, 産総研人工知能研究センター 研究センター長  
基調講演1 Hans Uszkoreit, Scientific Director, ドイツ人工知能研究センター  
基調講演2 川人光男, 株式会社国際電気通信基礎研究所 脳情報通信総合研究所 所長  
基調講演3 河原林健一, 国立情報学研究所 ビッグデータ数理国際研究センター長  
講演2 岡野原大輔, 株式会社Preferred Infrastructure取締役副社長

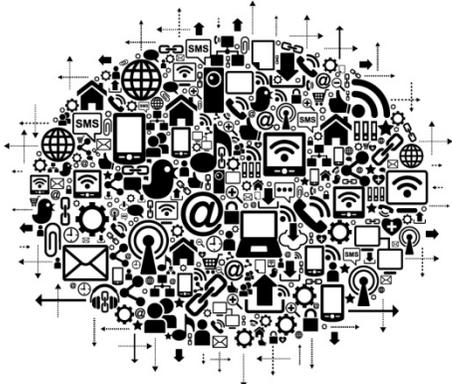
### パネルディスカッション

- パネリスト 石山洸 株式会社リクルートホールディングス 人工知能研究所長  
岡島博司 トヨタ自動車株式会社 技術統括部 主査/担当部長  
中川八穂子 株式会社日立製作所 情報通信イノベーションセンタ  
シニアプロジェクトマネージャ  
依田章 富士フイルム株式会社 R&D統括本部 画像技術センター長  
モデレータ 尾原和啓 人工知能研究センター・アドバイザー、Fringe81執行役員

# 人工知能の2つの流れ

- 知能とは
  - 伝統的なAI: 人間を手本
  - データサイエンスからのAI

# From **Data Science** to AI



Sensing/  
Acquisition



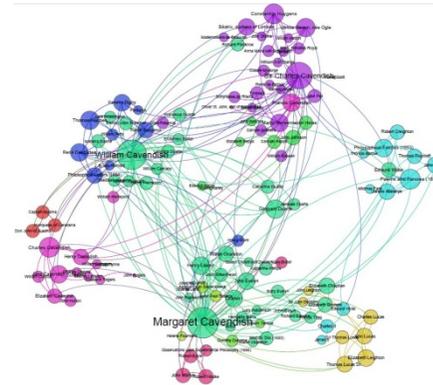
Big Data

Data Analytics

Critical Thinking  
Statistics, CS  
Domain Knowledge

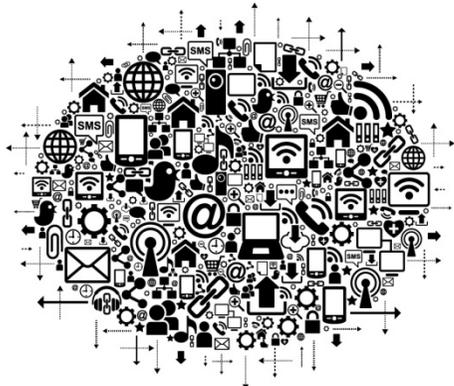


Interpretation



Visualization

# From Data Science to AI



Sensing/  
Acquisition



Big Data

Control  
Manipulation

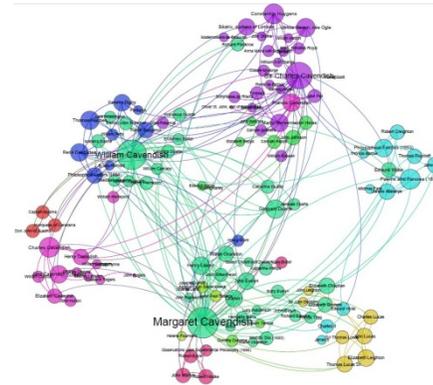


Machine Learning

Classification

prediction

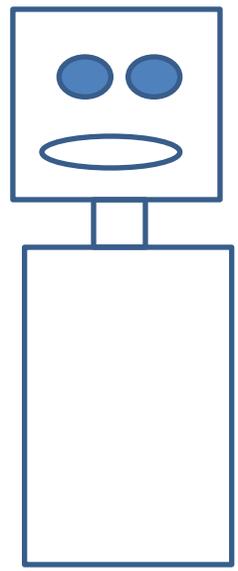
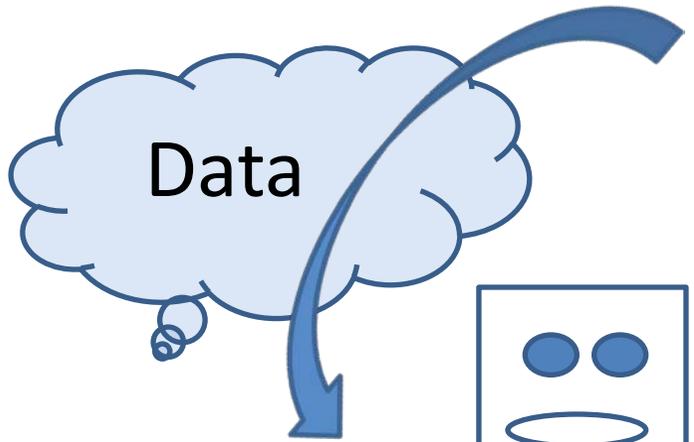
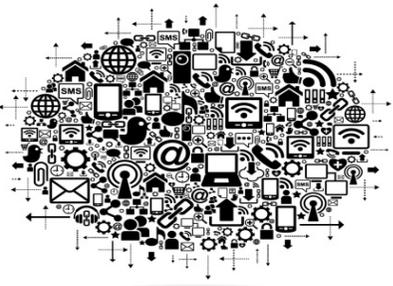
Explanation



Computational Model

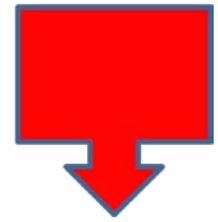
# 知能

- 外界世界のモデルを学習により獲得し、それを計算の対象にする
- 分類、予測、操作
- 外界世界を合目的的に操作する、外界の変化に適応する

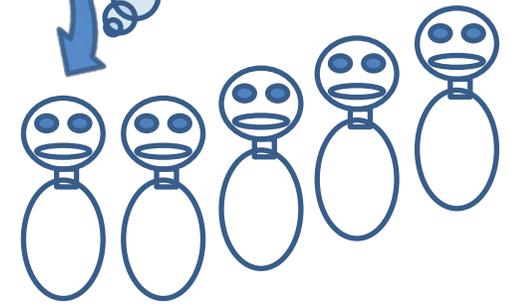
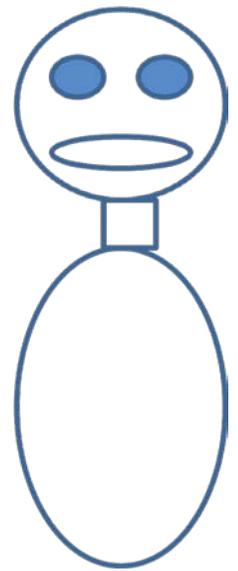
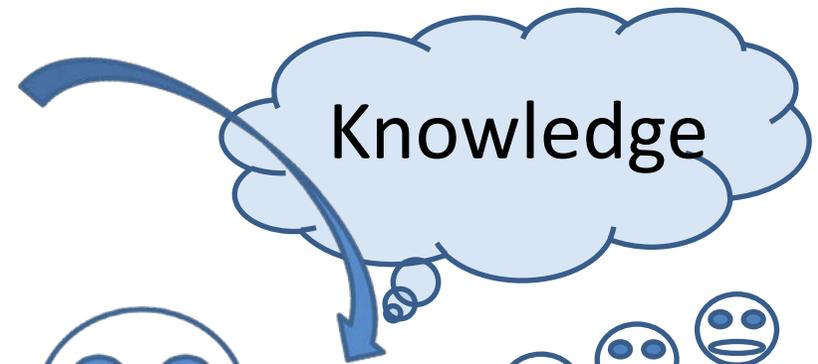


Artificial  
Intelligence

Cooperation



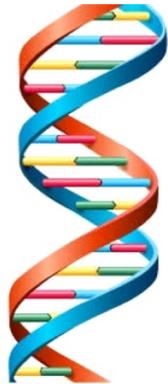
Big Challenges



Natural  
Intelligence

# Big Mechanism by DARPA

# Genome-Wide Association Studies (GWAS)



A  
T  
C  
G

... ATTCGGATATTTAAGGC ...

... ATTCGGGTATTTAAGCC ...



Disease  
(e.g., Alzheimer, Cancer)



Healthy

2000



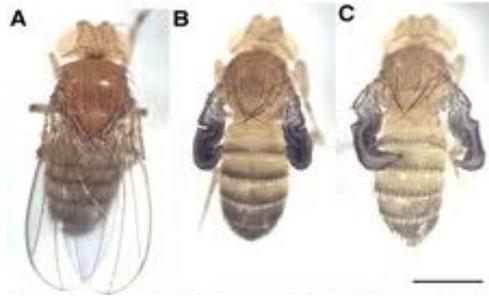
Francis Collins (NIH)

“Genetic diagnosis of diseases would be accomplished **in 10 years** and that treatments would start to roll out perhaps five years after that.”

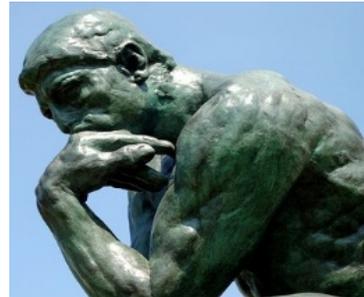
2010

“A Decade Later, Genetic Maps Yield Few New Cures” New York Times, June 2010.

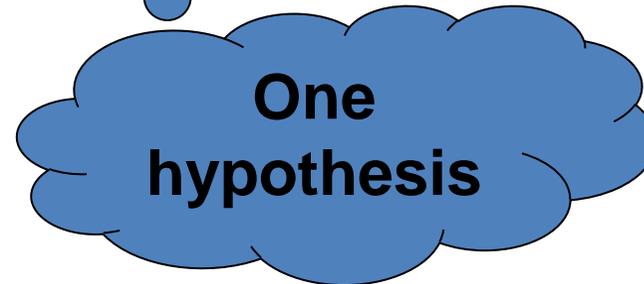
# Traditional Biology



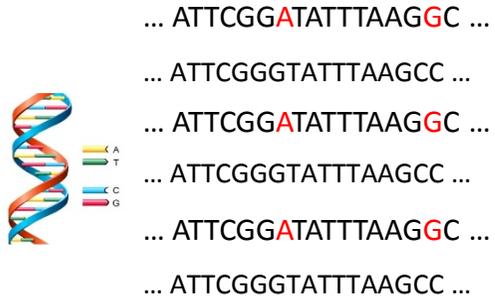
Targeted Experiments



Discovery



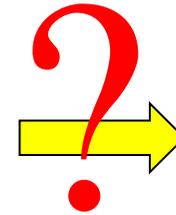
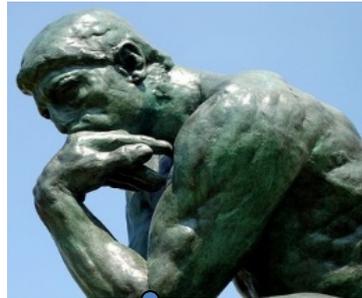
# Genomics



High-Throughput Experiments



**Big Data**



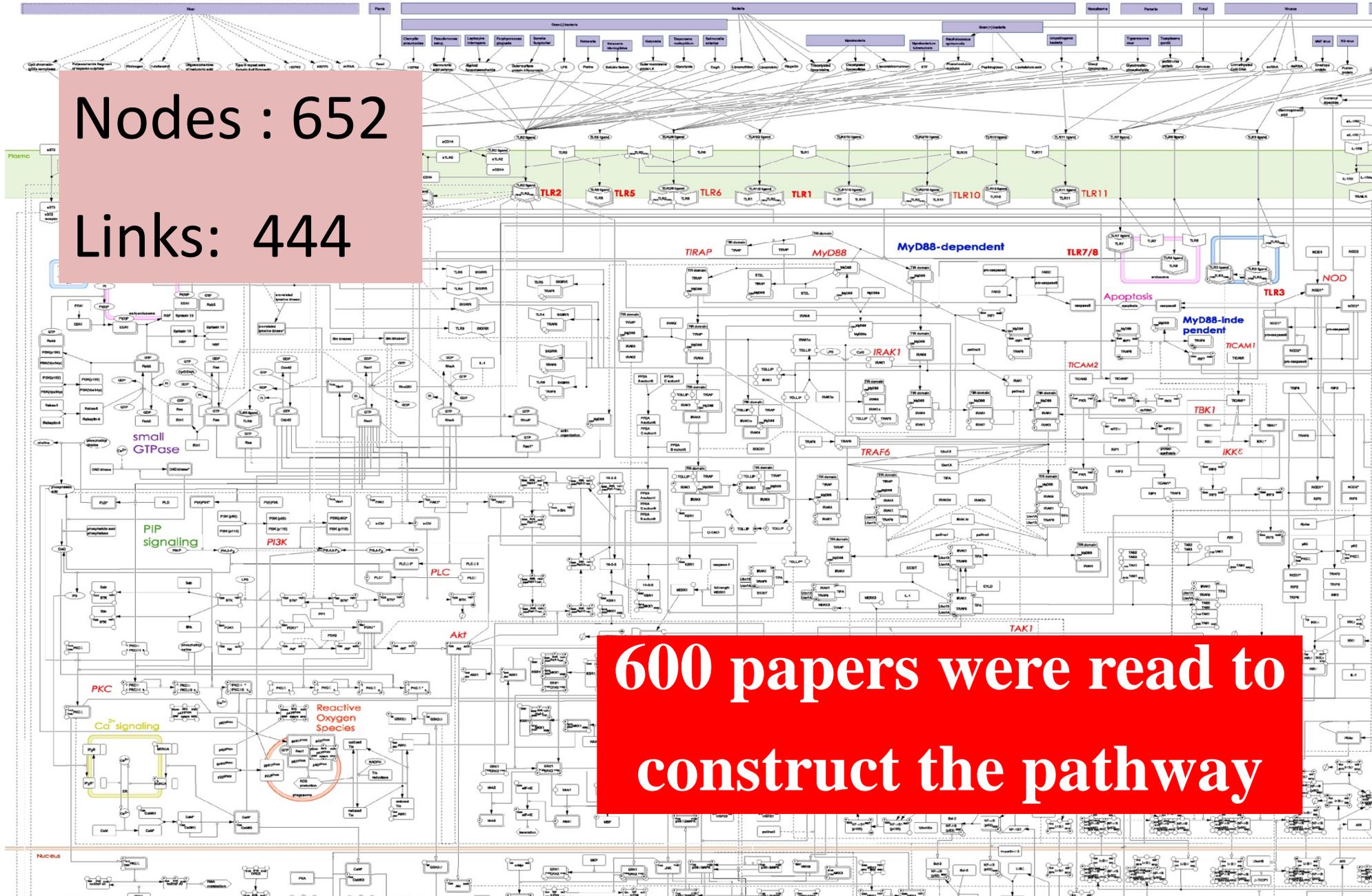
Discovery

**Too many hypotheses**

Nodes : 652

Links: 444

600 papers were read to  
construct the pathway



# Big Mechanism

- Project supported by DARPA
- **Some of the systems** that matter most to the Defense Department are **very complicated**. **Ecosystems, brains and economic and social systems** have **many parts and processes**, but they are studied piecewise, and **their literatures and data are fragmented**, distributed and inconsistent. It is difficult to build complete, explanatory models of complicated systems, and so effects in these systems that are brought about by many interacting factors are poorly understood.
- **Big mechanisms are large, explanatory models of complicated systems** in which interactions have important causal effects. The collection of big data is increasingly automated, but the creation of big mechanisms remains a human endeavor made increasingly difficult by the fragmentation and distribution of knowledge. To the extent that **the construction of big mechanisms can be automated, it could change how science is done**.

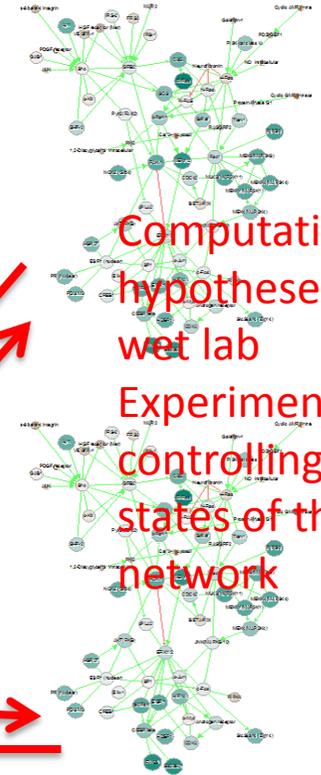
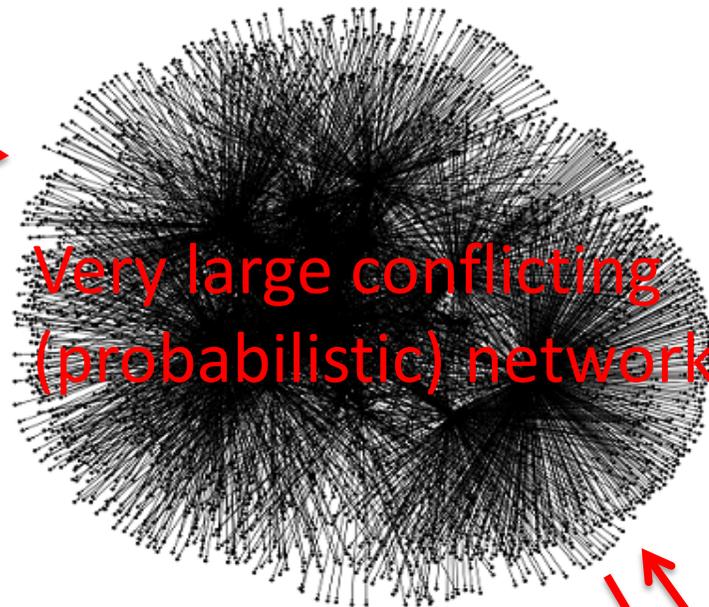
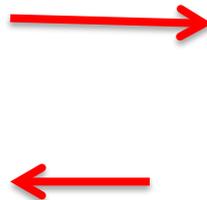
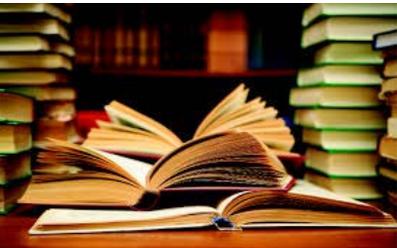
# Big Mechanism: Reading-Assembly-Explanation



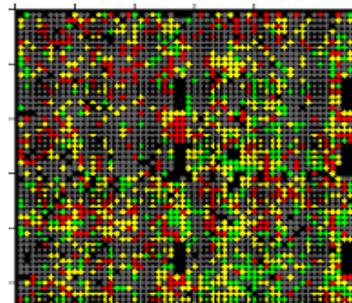
Reading

Assembly

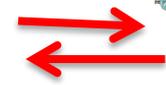
Explanation



Computational hypotheses/  
wet lab  
Experiments  
controlling  
states of the  
network



Smaller (relevant) grounded model



# Finding Evidence -EuropePubMed Central

- Currently: runs on **2,550, 328 full texts**
- **82,198,474 facts** in 38,411,661 sentences
- Full parsing used a version of Enju (Mogura)
- Parsing pipeline run on 60 machines at EBI ~30 days



<http://labs.europepmc.org/evf>

**Prediction based on Big Data  
Infinite Copying of Skills  
Effective action/judgement in  
circumscribed situations**



**Cognitive Processing  
Creativity,  
Judgment,  
Value System**