

# 人工知能・認知科学・データサイエンス の相互関係 ～歴史・現状・将来展望～

日本学術振興会  
安西祐一郎

# 人工知能・認知科学・データサイエンス

【人工知能 (Artificial Intelligence)】 人間の知的機能を機械によって実現するための科学・技術

【認知科学 (Cognitive Science)】 心のはたらきにかかわる現象を「情報」の概念をもとにして理解するための科学

【データサイエンス (Data Science)】 データの収集、解析、発見などに関する科学 (特に大量・非構造化データを扱って何らかの目標を達成するための科学・技術)

# The Shaping of the Big Data(-based) Society

Yuichiro Anzai, Japan Society for the Promotion of Science  
November 14, 2013 Carnegie Mellon University, Pittsburgh

- Data Sciences are expected to overcome the Variety, Velocity (of transactions) and Volume of big data, to shape the Big Data(-based) Society.
- The rapid advancement of CS, DT and ICT is calling for all the sectors to participate in this Big Data Society.
- The shaping of the Big Data Society gives us opportunities to seriously think of, and implement, ethics, security, privacy, and stabilization mechanisms of the Society to keep human values and the world's sustainable growth.

- **Technology fast, Business fast,**
- **Science modest, Policy slow?**

Carnegie Mellon University  
Crossing boundaries, transforming lives

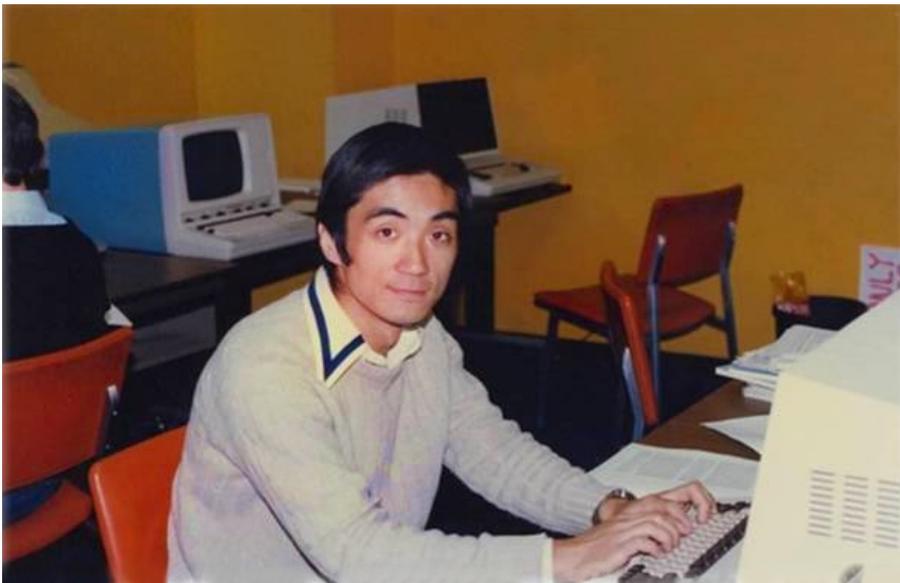


# 人工知能ブーム

図表4-2-1-5 人工知能(AI)の歴史

	人工知能の置かれた状況	主な技術等	人工知能に関する出来事
1950年代			チューリングテストの提唱 (1950年)
1960年代	第一次人工知能ブーム (探索と推論)	<ul style="list-style-type: none"> <li>探索、推論</li> <li>自然言語処理</li> <li>ニューラルネットワーク</li> <li>遺伝的アルゴリズム</li> </ul>	ダートマス会議にて「人工知能」という言葉が登場 (1956年) ニューラルネットワークのパーセプトロン開発 (1958年) 人工対話システムELIZA開発 (1964年)
1970年代	冬の時代	<ul style="list-style-type: none"> <li>エキスパートシステム</li> </ul>	初のエキスパートシステムMYCIN開発 (1972年) MYCINの知識表現と推論を一般化したEMYCIN開発 (1979年)
1980年代	第二次人工知能ブーム (知識表現)	<ul style="list-style-type: none"> <li>知識ベース</li> <li>音声認識</li> </ul>	第五世代コンピュータプロジェクト (1982~92年) 知識記述のサイクプロジェクト開始 (1984年) 誤差逆伝播法の発表 (1986年)
1990年代	冬の時代	<ul style="list-style-type: none"> <li>データマイニング</li> <li>オントロジー</li> </ul>	
2000年代		<ul style="list-style-type: none"> <li>統計的自然言語処理</li> </ul>	
2010年代	第三次人工知能ブーム (機械学習)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ディープラーニング</li> </ul>	ディープラーニングの提唱 (2006年)  ディープラーニング技術を画像認識コンテストに適用 (2012年)

(出典)総務省「ICTの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究」(平成28年)



カーネギーメロン大学コンピュータサイエンス学科  
ウィーンホール(のちのサイエンスホール)にて  
1978年早春(徳田英幸氏撮影)

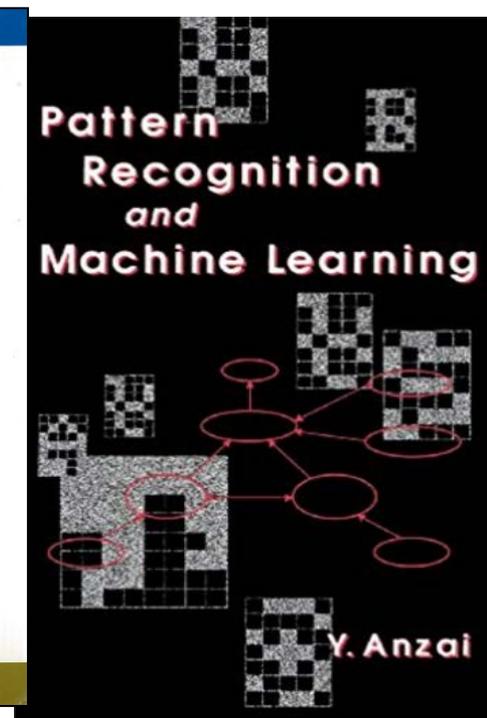
Times Higher Education (THE)  
2016年世界大学ランキングコンピュータサイエンス分野

1. スイス連邦工科大学(ETH)チューリヒ校
2. カリフォルニア工科大学
3. オックスフォード大学
4. マサチューセッツ工科大学
5. ジョージア工科大学
6. **カーネギーメロン大学 (安西1976-78, 81-82)**
7. インペリアル・カレッジ・ロンドン

©Yuichiro Anzai



岩波書店, 1989



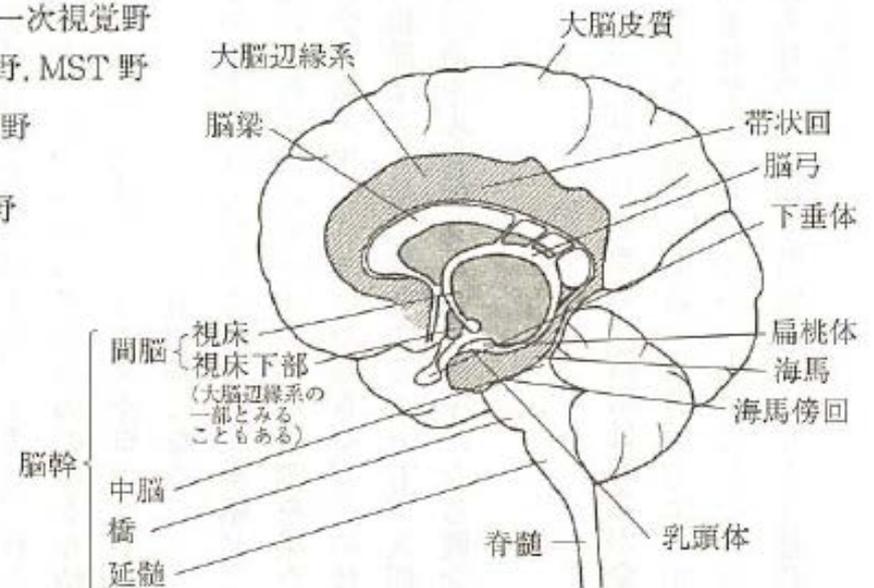
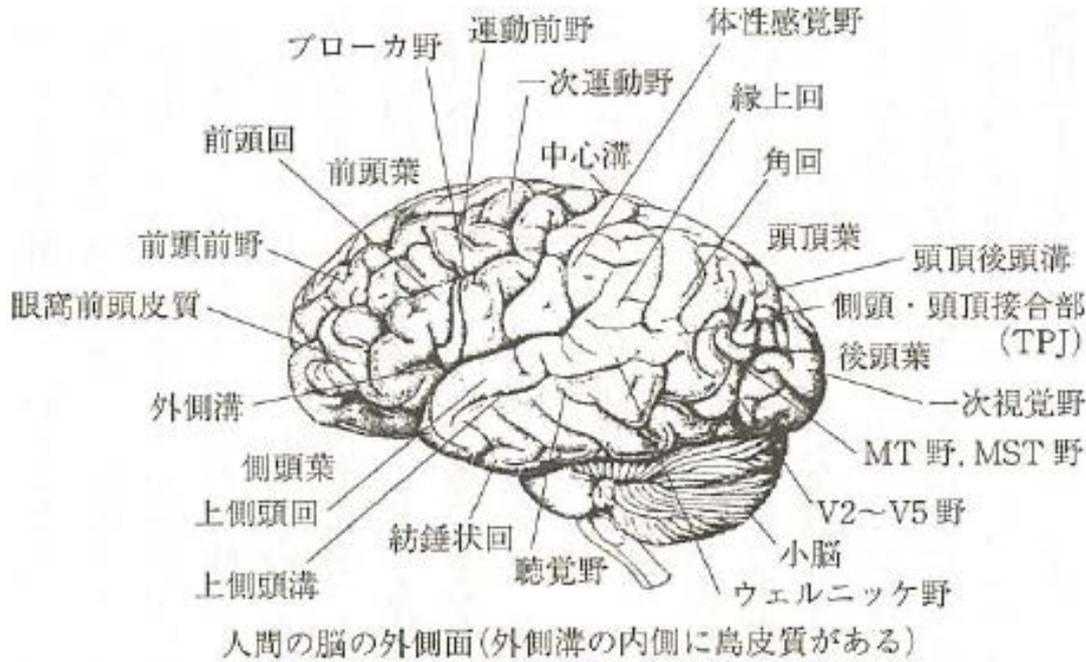
Academic Press, 1992



岩波書店, 1990(若松・安西共著)

- Full automatic is easy. Including a human makes it much more difficult.  
(完全自動の機械は簡単さ。人間が入ると遥かに難しくなるのさ。)  
— Marvin Minsky
- Well, science takes a long time ...  
(そうだね、科学というのは時間がかかるものだよ。)  
— Herbert A. Simon
- What is AI technology? It is a technology for giving nearly correct solutions to NP-complete problems.  
— Yuichiro Anzai  
(AI技術とは何? NP困難な問題に近似解を与えるための技術のことです。)

# 脳



人間の脳の内側面(さらに奥に大脳基底核の線状体、黒質などがある)

人間の脳神経系、脊髄に近い内側から頭蓋に近い外側に向けて、脳幹、大脳基底核、大脳辺縁系、白質、大脳新皮質などが重なっている。ひだが膨らんでいる部分を「回」、内側に入り込んでいる部分を「溝(ぞう)」と呼ぶ。また機能に基づいて「野(や)」(例えば視覚野)と呼んだり、形態と機能を併用して「皮質」などと呼ぶこともある。

# 海馬領域への皮質性入力

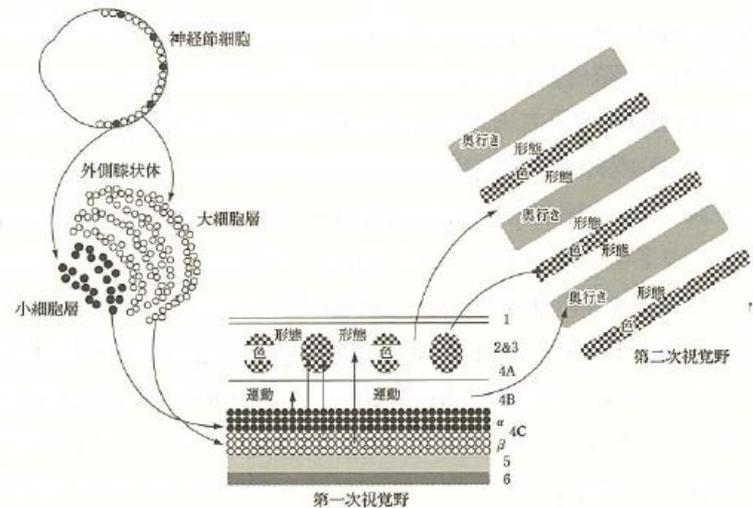
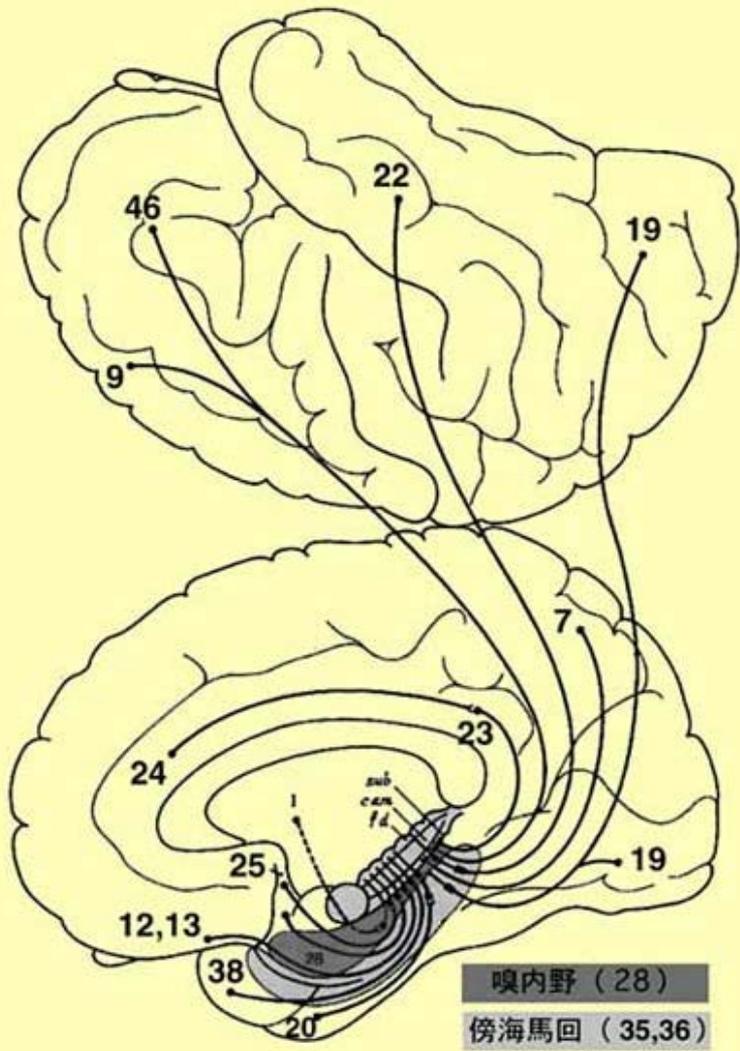
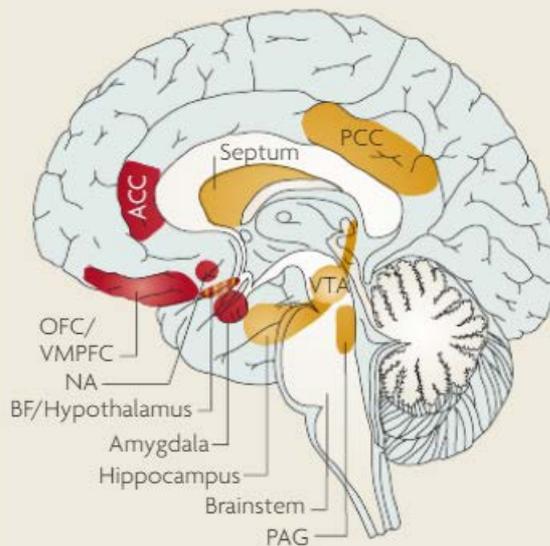


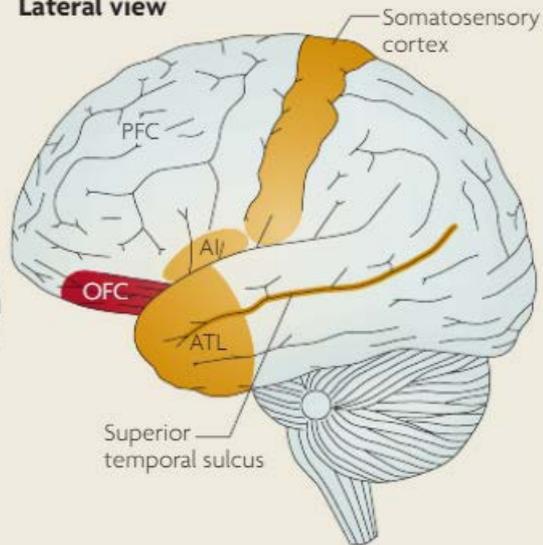
図 1-14 大細胞系と小細胞系 (Livingstone & Hubel, 1988 を参考に作成)  
(横澤一彦『視覚科学』勁草書房, 2010より)

## Box 1 | The emotional brain: core and extended regions

### Medial view



### Lateral view



# 「直感」による「次の一手」はどこで？

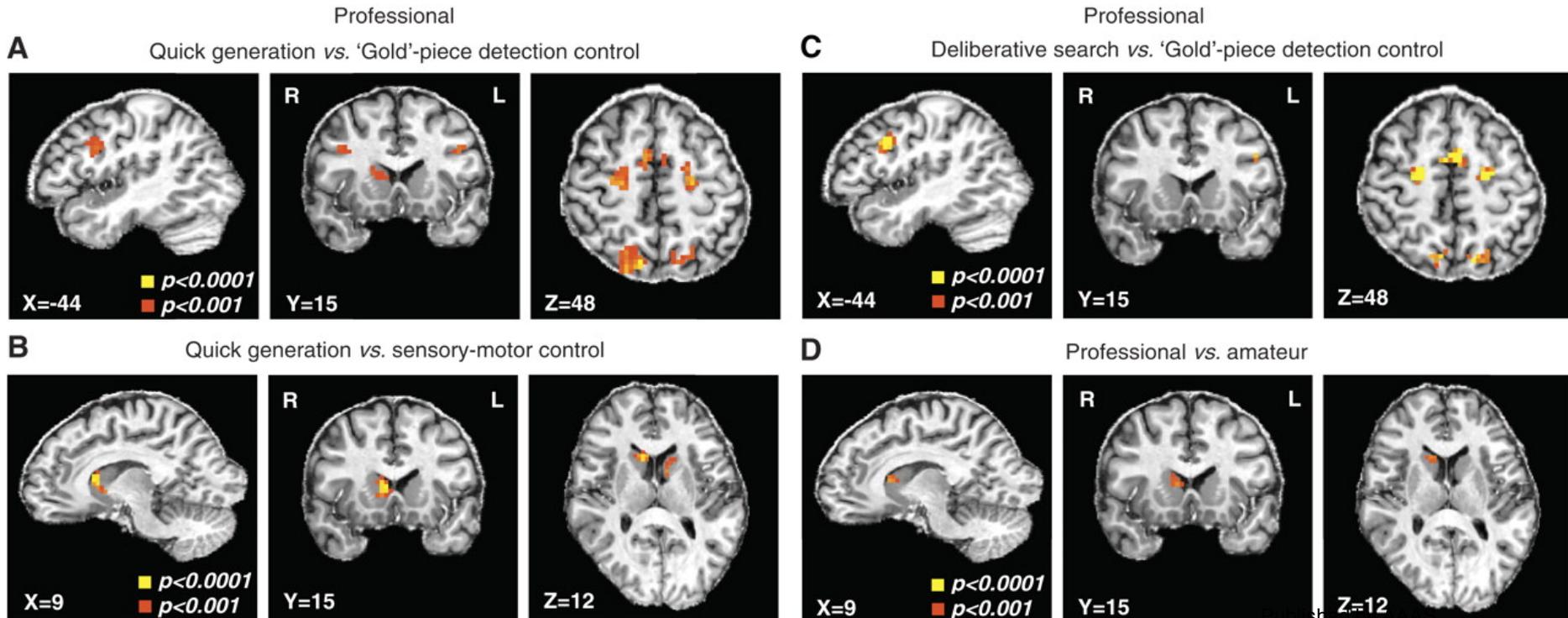


Fig. 2 Activations associated with quick generation of the best next move ..

Wan, X. et al. (2011) The neural basis of intuitive best next-move generation in board game experts. *Science*, 331, 341-346.

<http://www.sciencemag.org/content/331/6015/341.full>

# 人間とAIのインタラクション

(萩田紀博ATR社会メディア統合研究センター長提供)



(高の原イオンショッピングセンター 2007.7.23-8.31)



Entertainment technology



Multimedia technology

Interaction

Emotion and interaction

Cognitive interaction

Social interaction



Networked robotics



Interface technology

Behavioral protocols

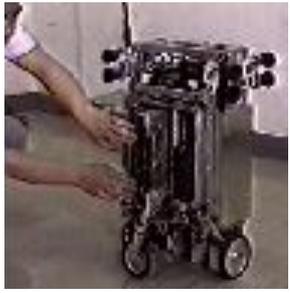


Technology

Human-Robot Interaction

Cognition and Behavior

Robot architecture



Linguistic faculties

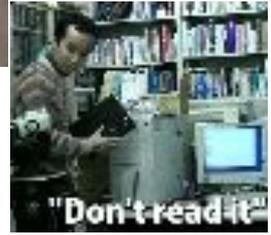


Perception and memory

Body movements and performance

Sensor and actuator technology

Artificial Intelligence



Learning and problem solving



Computer architecture

Agent

©Yuchiro Anzai



# 人間と人間の インタラクション



「婚活お見合いミドル」より



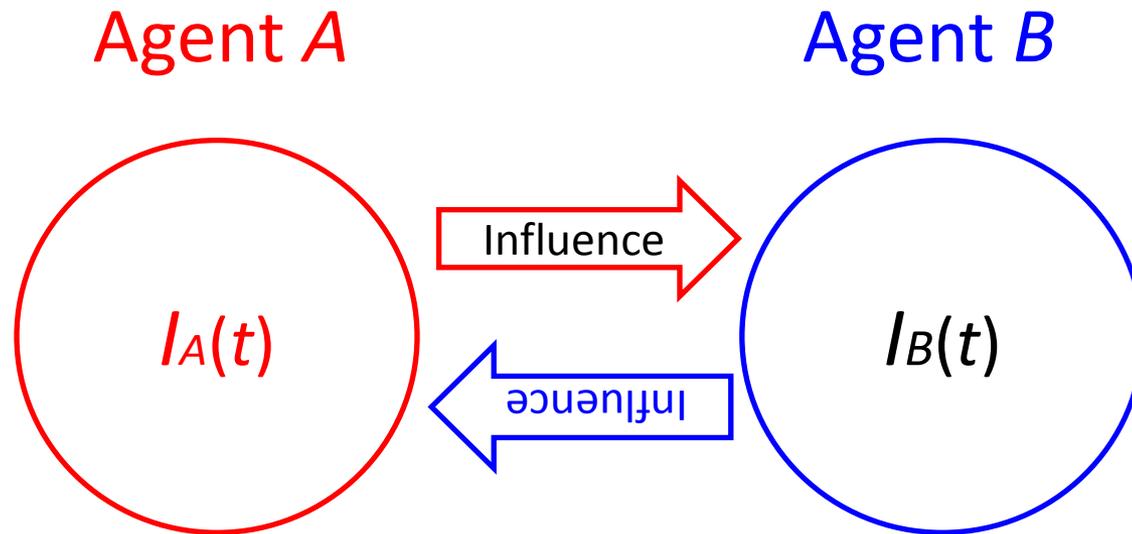
Keio University SFC Campus



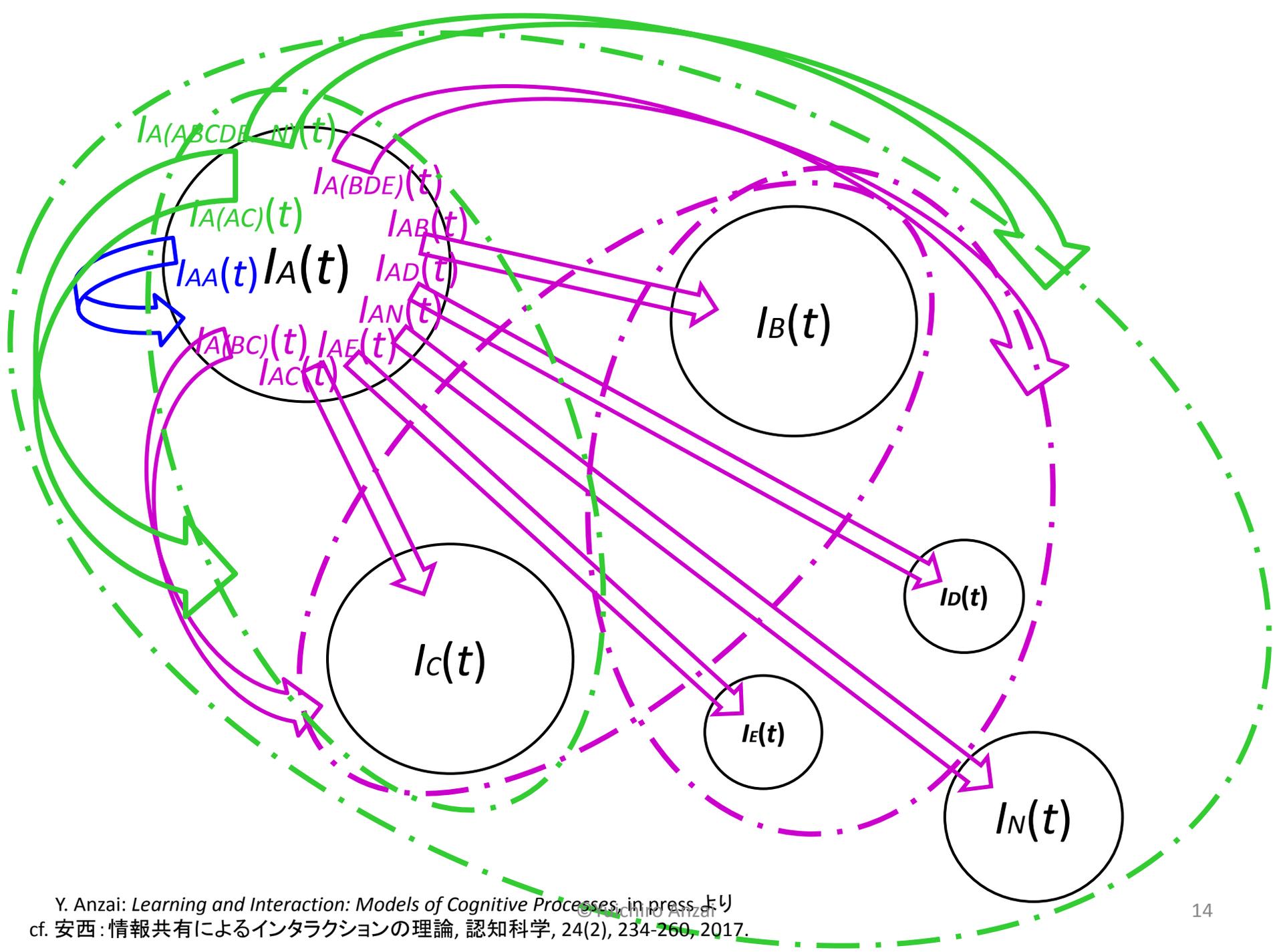
<https://ja.wikipedia.org/wiki/スクランブル交差点>



出典: Michael Tomasello and Josep Call, 'Methodological Challenges in the Study of Primate Cognition', 'Science', Vol.334, 1227-1228, 2 December, 2011.



Y. Anzai: *Learning and Interaction: Models of Cognitive Processes*, in press より  
cf. 安西: 情報共有によるインタラクションの理論, 認知科学, 24(2), 234-260, 2017.



# 情報共有によるインタラクション\*

- 人と人、人とモノの間のインタラクションにおける情報処理は、何によって規定されるか？
- 「情報を共有する」とはどういうことか？
- インタラクションに参加するエージェントには、どのような内部メカニズムが必要か？
- GRAMES

Goal-directed mechanisms (目標指向メカニズム), Reward systems (報酬システム), Attention systems (注意システム), Motivational mechanisms (動機メカニズム), mechanisms for Emotion (情動メカニズム), and Social information processing mechanisms (社会性情報処理メカニズム)

- 自己、相手、他者のどんな情報をどのようにして取得し、共有していると推論するか？

\* Y. Anzai: *Learning and Interaction: Models of Cognitive Processes*, in press.

cf. 安西: 情報共有によるインタラクションの理論, 認知科学, 24(2), 234-260, 2017.



The  
**F O U R T H  
P A R A D I G M**

DATA-INTENSIVE SCIENTIFIC DISCOVERY

EDITED BY TONY HEY, STEWART TANSLEY, AND KRISTIN TOLLE

アレックス (サンディ)・ベントランド

# 正直シグナル

非言語コミュニケーションの科学

柴田裕之 訳  
安西裕一郎 監訳

**HONEST SIGNALS**  
How They Shape Our World



コミュニケーションの  
隠れた次元に迫る。

人間の正直すぎるシグナルを可視化するテクノロジーと「ネットワーク・インテリジェンス」の可能性を描き出す、MITメディアラボの先覚的研究。

みすず書房 定価 (本体 2600 円 + 税)

非言語コミュニケーションの科学  
正直シグナル

A・ベントランド

柴田裕之 訳  
安西裕一郎 監訳

アンドロイドは  
空気を読むか？

みすず書房

# Science Paradigms

- Thousand years ago:  
science was **empirical**  
*describing natural phenomena*
- Last few hundred years:  
**theoretical** branch  
*using models, generalizations*
- Last few decades:  
a **computational** branch  
*simulating complex phenomena*
- Today: **data exploration** (eScience)  
*unify theory, experiment, and simulation*
  - Data captured by instruments  
or generated by simulator
  - Processed by software
  - Information/knowledge stored in computer
  - Scientist analyzes database/files  
using data management and statistics



$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{4\pi G\rho}{3} - K\frac{c^2}{a^2}$$

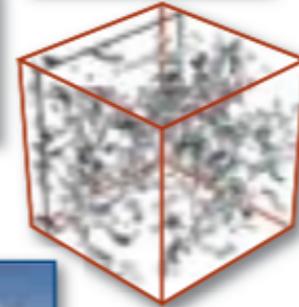
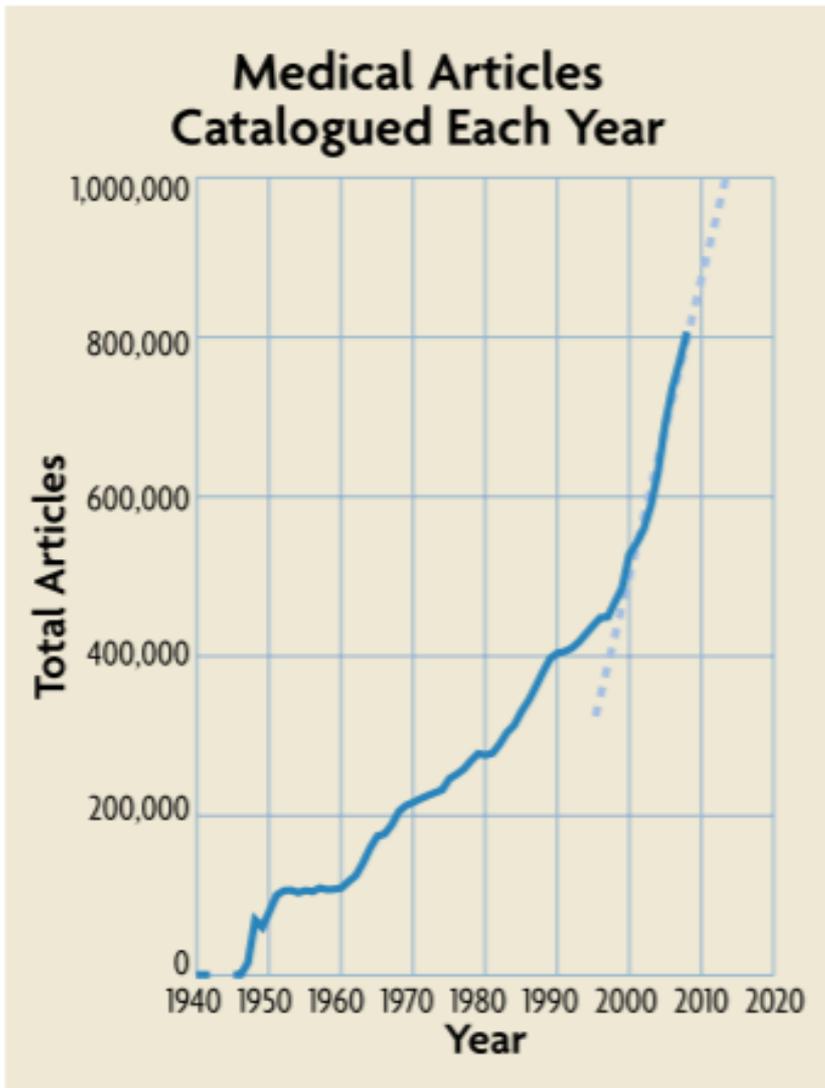
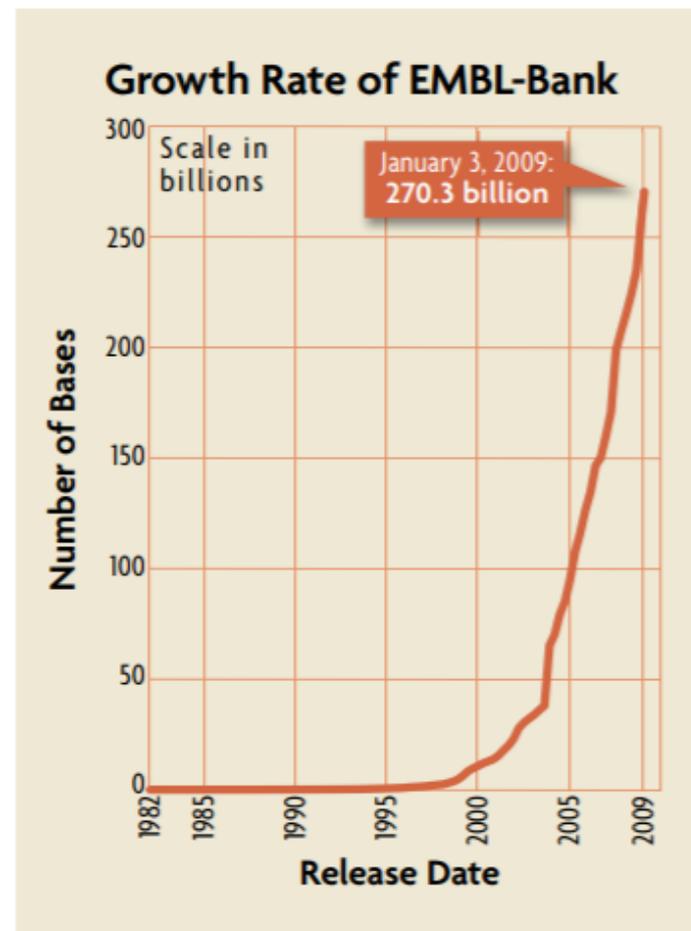


FIGURE 1

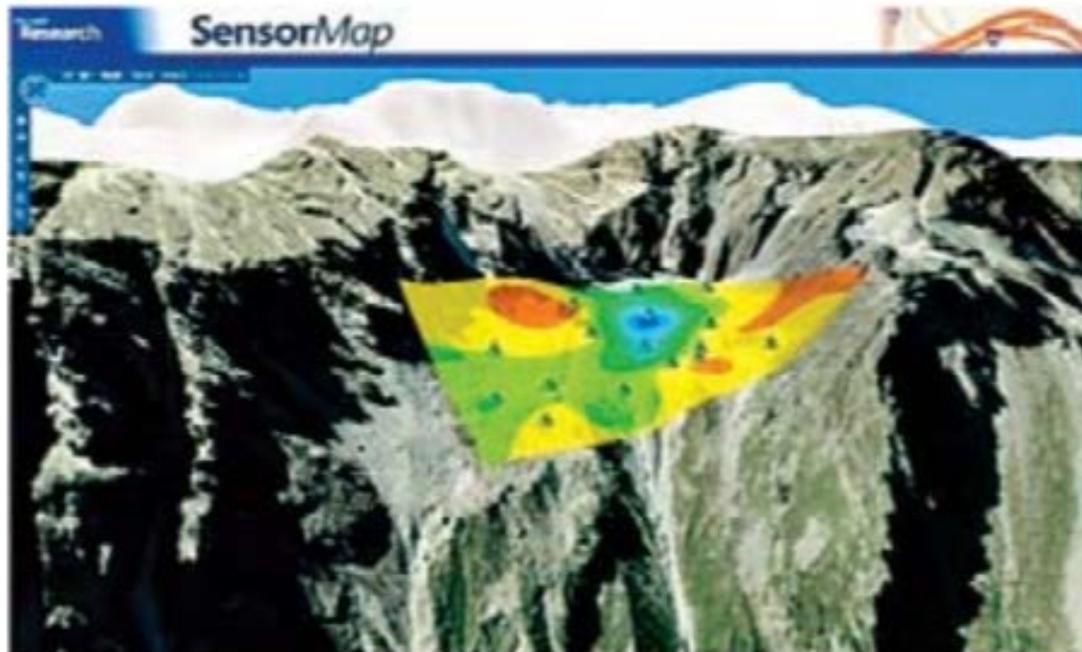


**FIGURE 1.**  
*The number of biomedical articles catalogued each year is increasing precipitously and is expected to surpass 1 million in 2012.*

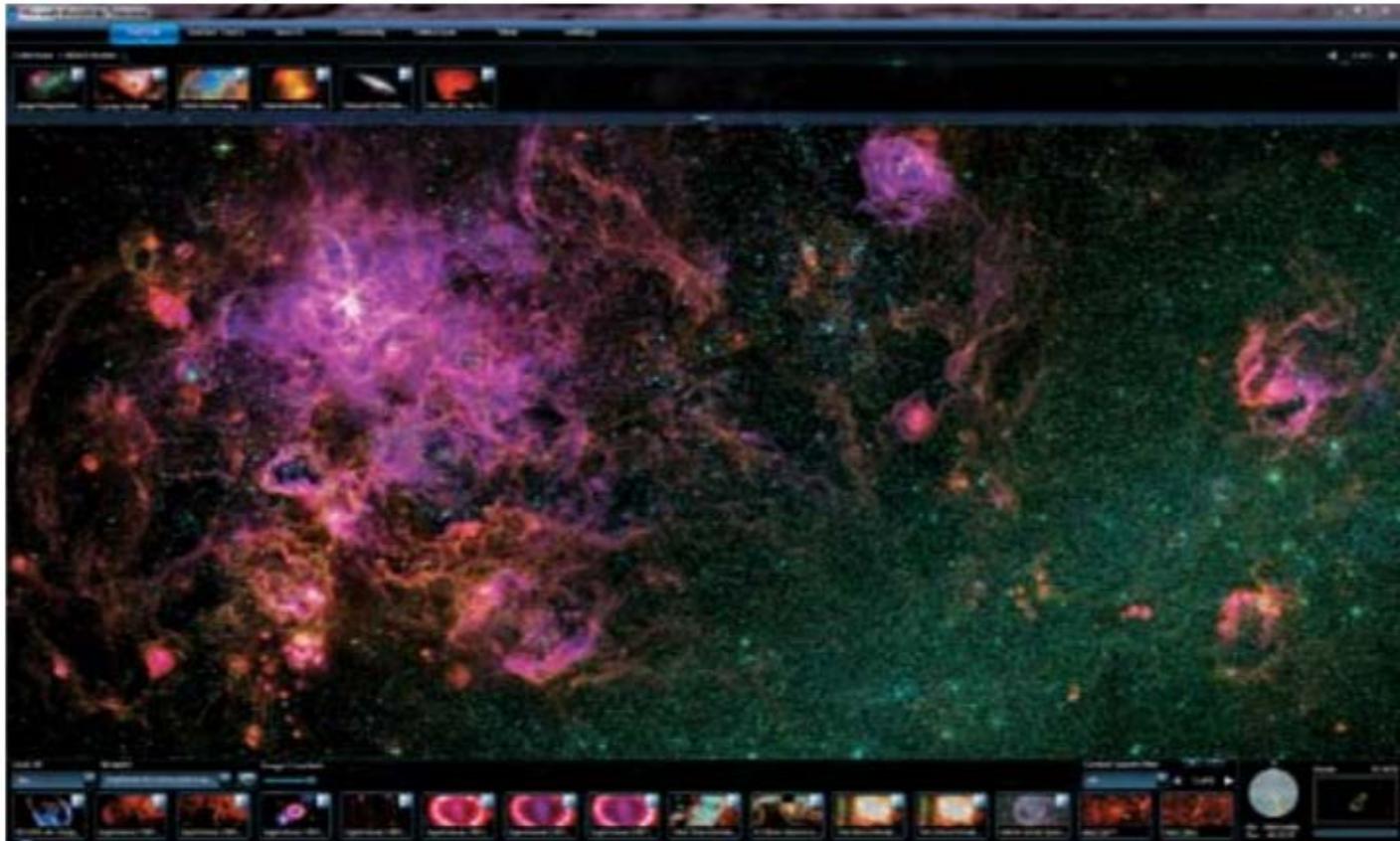


**FIGURE 1.**  
*Growth in the number of bases deposited in EMBL-Bank from 1982 to the beginning of 2009.*

EMBL-Bank is hosted at the European Bioinformatics Institute (EBI), an academic organization based in Cambridge, UK, that forms part of the European Molecular Biology Laboratory (EMBL). The EBI is a center for both research and services in bioinformatics.



**FIGURE 3.**  
*SensorMap showing temperature distribution overlaid on  
3-D mountain terrain.*



**FIGURE 1.**

*WorldWide Telescope view of the 30 Doradus region near the Large Magellanic Cloud.*

Image courtesy of the National Optical Astronomy Observatory/National Science Foundation.

# AIの「現在の波」と「過去の波」(1)

## 【現在の波が過去の波と似ている点】

- 人間の知に対する過小評価
- AIだけが尖鋭的に取り上げられる風潮
- 何をもってAIと呼ぶのかによって経済効果の大きさがかなり変わる事
- 学習に時間がかかる事
- ハードウェア・ボトルネックが最大の課題
- それが一般には理解されていない事
- ブームに乗って急に「AIとは何か」論、「人間のほうが偉い」論、「人間への脅威」論を述べる人が多い事

# AIの「現在の波」と「過去の波」(2)

## 【現在の波が過去の波と異なる点】

- 機械学習の限界がまだ見えないこと
- 限定されたタスク領域について機械の優位性が示せたこと
- インターネット、クラウド、高性能デジタルセンサなど、多様なデジタル技術が利用可能なこと
- ビッグデータ、IoTの重要性拡大とマッチしていること
- 応用分野がはるかに広く想定されていること
- 研究開発や使用における制度・倫理が現実の課題になること
- 米国ビッグインダストリーが存在すること、また彼らの戦略の一環である面が強いこと

# 現在のAI・BD・IoTブームの原因は何か？

- 単に2000年代半ばに深層学習が出現したからではなく、コンピュータサイエンスの総合的な発展、およびその技術資産を保有してコモディティ化の先を狙った企業などの戦略によるもの：
- 1. **ハードウェア** (デバイス、アーキテクチャ、分散システム、ネットワーク、ディペンダビリティ、セキュリティ、オープン化、省電力化、その他) の性能向上
- 2. **ソフトウェア** (基本ソフトウェア、ネットワークウェア、API、ディペンダビリティ、セキュリティ、オープン化、その他) の性能向上
- 3. **ネットワーク** (有線、無線、GPS、プロトコール、その他) の性能向上
- 4. **HCI・認識・合成など** (自然言語・音声・画像処理、インタフェースデザイン、その他) 関連技術の性能向上
- 5. **アルゴリズム** (深層学習、確率探索、因果推論、ベイジアンネット、マイニング、データ構造・知識表現、推論・検索、その他) の性能向上
- 6. **ビッグデータ** (VLDB、スケーラブルDB、DBM、タグ付け、標準化、データアナリティクス、その他) 関連技術の性能向上
- 7. **ビッグデータの蓄積・管理** (大規模情報検索・システムソリューション企業の戦略的発展、知財権、その他)
- 8. **セキュリティ** 関連技術の性能向上
- 9. **人材とインセンティブ** の確保 (なぜその企業で働きたいか?)

# The current state of machine intelligence 3.0

Watching the appeal and applications of machine intelligence expand.

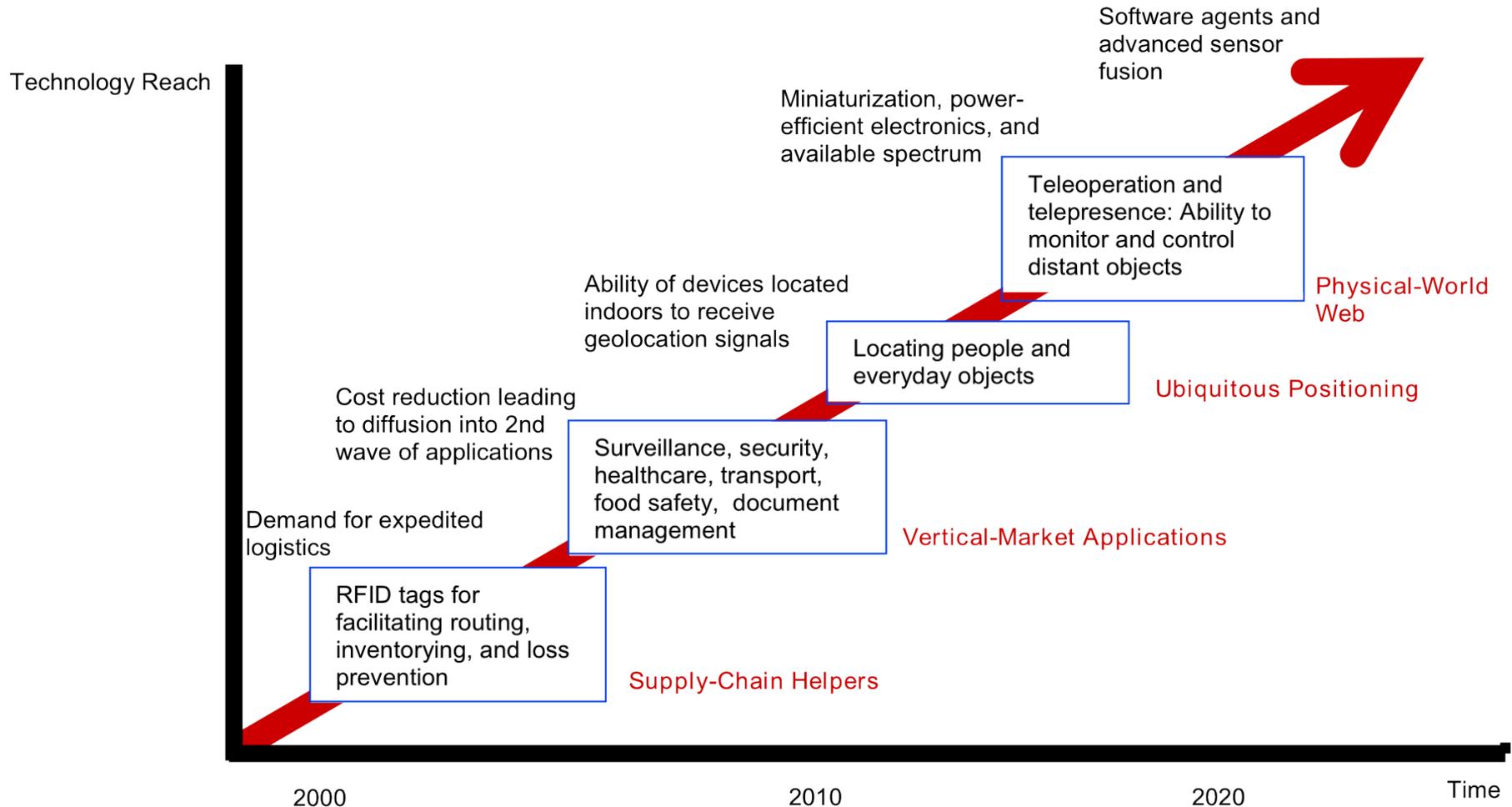
By Shivon Zilis and James Cham, November 7, 2016

What's the biggest change in the last year? We are getting inbound inquiries from a different mix of people. For v1.0, we heard almost exclusively from founders and academics. Then came a healthy mix of investors, both private and public. Now overwhelmingly we have heard from existing companies trying to figure out how to transform their businesses using machine intelligence.

For the first time, a *"one stop shop" of the machine intelligence stack is coming into view*—even if it's a year or two off from being neatly formalized. The maturing of that stack might explain why more established companies are more focused on building legitimate machine intelligence capabilities. Anyone who has their wits about them is still going to be making initial build-and-buy decisions, so we figured an early attempt at laying out these technologies is better than no attempt.

# IoPeople, IoThings, IoServices, IoAgents が統合されていく

## TECHNOLOGY ROADMAP: THE INTERNET OF THINGS



# AI・BD・IoT技術開発の支援

1. ベンチャー支援・スタートアップ支援
  - ベンチャー投資の制度的支援の拡大
  - ベンチャー企業と研究機関の集積
2. ビッグデータの蓄積・整備支援
  - 使える構造を持ったビッグデータの蓄積・開発
3. CDO(Chief Digital Officer)を置き、デジタル化時代の戦略的組織体制整備、データ共有、AI, BD, IoT, CyberSecurity等に対する戦略的対応、人材の手当て、その他に責任をもって対応
4. 制度に関わる支援
  - 国際標準確保の支援
  - 知財権保護の支援

## 5. 人事の流動性拡大

給与・給与体系の自由化

クロスアポイントメントの実質化

外国からの引き抜きへの対抗

## 6. 人材育成の実質化・迅速化

大学の教育・研究構造転換

学校教育(次期学習指導要領など)との接続

学びの方法の革新

## 7. BD・AI技術開発支援

数理統計学、推計学、認証・暗号、データ解析、データ可視化、

データ構造・知識表現、VLDBマネジメント、深層学習、

因果推論、階層ベイジアンネット、確率探索、推論・検索、

その他

## 8. IT技術開発支援

### ハードウェア技術開発支援

(アーキテクチャ、コンピューティングデバイス、センサ、アクチュエータ、分散システム、ネットワーク、ディペンダビリティ、セキュリティ、オープン化、省電力化、その他)

### ソフトウェア技術開発支援

(基本ソフトウェア、超並列ソフトウェア、ネットワークウェア、クラウド&エッジ、API、ディペンダビリティ、セキュリティ、オープン化、その他)

### ネットワーク技術開発支援

(有線、無線、GPS、プロトコル、IoT、センサネットワーク、その他)

### インタラクション技術・制御技術開発支援

(自然言語・対話処理、画像・音声処理、制御技術、インタフェースデザイン、VR、AR、その他)

## 9. 開発環境・使用環境の開発支援

(開発用ソフトウェアプラットフォーム、学習フェーズと使用フェーズの両立)

## 10. プロセスイノベーション

生産・管理・サービス業務のAI化支援

ホワイトカラー業務のAI化支援

無人走行車の導入による高齢者の移動、認知症患者の支援、教育・文化など、社会的なプロセスのAI化支援

## 11. プロダクトイノベーション

工業製品・消費者向け製品などの開発、創薬、材料、その他先端技術による新規プロダクトの開発  
各分野のプロダクト開発者とAI技術者のマッチング

## 12. AIに対する誤解の払拭

## 13. その他

# 学習（深層学習・ベイズ学習など） に関連したアルゴリズム開発

1. スパースデータ・少数データ・時系列データ・高次元データなどに対する学習
2. オンラインデータの学習・データのオンライン学習
3. ノイズを含むデータに対するロバストな学習
4. 学習の高速化
5. 階層ベイズ解析の高速化
6. 異なる領域への学習結果の転移
7. 学習過程の因果的説明
8. その他

# 学習（深層学習・ベイズ学習など） に整合するシステム開発

- ハードウェア・アーキテクチャ
- ソフトウェア・アーキテクチャ
- 使用目的・アルゴリズムとの整合性（PUの構造、PU間接続、通信リンク、誤り訂正符号）
- クラウド技術・エッジコンピューティング技術
- センサ技術・センサネットワーク技術
- 開発環境と使用環境（例：FPGA）
- IoTとの整合性
- セキュリティ技術との整合性

# 産業構造の試算結果

※2015年度と2030年度の比較

部門	変革シナリオにおける姿	名目GDP成長率（年率）		従業者数 ※（ ）内は2015年度の従業者数		労働生産性（年率）	
		現状放置	変革	現状放置	変革	現状放置	変革
①粗原料部門 （農林水産、鉱業等）	経済成長に伴い成長。	+0.0%	+2.7%	-81万人 -71万人 (278万人)		+2.3%	+4.7%
②プロセス型製造部門 （中間財等） （石綿品、鉄鋼粗鋼、化学繊維等）	規格品生産の効率化と、広く活用される新素材の開発の プロダクトサイクルを回すことで成長。	-0.3%	+1.9%	-58万人 -43万人 (152万人)		+2.9%	+4.2%
③顧客対応型製造部門 （自動車、通信機器、産業機械等）	マスカスタマイズやサービス化等により新たな価値を創造し、 <b>付加価値が大きく拡大、従業者数の減少幅が縮小。</b>	+1.9%	+4.1%	-214万人 -117万人 (775万人)		+4.0%	+5.2%
④役務・技術提供型 サービス部門 （建築、卸売、小売、金融等）	顧客情報を活かしたサービスのシステム化、プラットフォーム 化の主導的地位を確保し、 <b>付加価値が拡大。</b>	+1.0%	+3.4%	-283万人 -48万人 (2026万人)		+2.0%	+3.6%
⑤情報サービス部門 （情報サービス、対事業所サービス）	第4次産業革命の中核を担い、成長を牽引する部門として、 <b>付加価値・従業者数が大きく拡大。</b>	+2.3%	+4.5%	-17万人 +72万人 (641万人)		+2.5%	+3.8%
⑥おもてなし型サービス部門 （旅館、飲食、娯楽等）	顧客情報を活かした潜在需要等の顕在化により、ローカル な市場が拡大し、 <b>付加価値・従業者数が拡大。</b>	+1.2%	+3.7%	-80万人 +24万人 (654万人)		+2.1%	+3.5%
⑦インフラネットワーク部門 （電気、送配電送、通信・電話等）	システム全体の質的な高度化や供給効率の向上、他サービス との融合による異分野進出により、 <b>付加価値が拡大。</b>	+1.6%	+3.8%	-53万人 -7万人 (388万人)		+2.6%	+4.0%
⑧その他 （医療・介護、政府、教育等）	社会保障分野などで、AIやロボット等による効率化が進 むことで、 <b>従業者数の伸びが抑制。</b>	+1.7%	+3.0%	+51万人 +28万人 (1421万人)		+1.5%	+2.9%
合計		+1.4%	+3.5%	-735万人 -161万人 (6334万人)		+2.3%	+3.6%

※部門は、産業連関表におけるアクティビティベースの産業分類に対応し、個々の財・サービスの生産活動による分類である。例えば、自動車製造をIT化で効率化する企業があった場合、自動車製造活動と情報サービス活動に分割され、それぞれの活動が顧客対応型製造部門と情報サービス部門に計上される。

[http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/shin\\_sangyoukouzou/pdf/008\\_04\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/shin_sangyoukouzou/pdf/008_04_00.pdf)  
経済産業省新産業構造ビジョン中間整理(2016.4)より

# 就業構造の試算結果

※2015年度と2030年度の比較

職業	変革シナリオにおける姿	職業別従業者数		職業別従業者数（年率）	
		現状放置	変革	現状放置	変革
① 上流工程 経営戦略策定担当、研究開発者等	経営・商品企画、マーケティング、R&D等、新たなビジネスを担う中核人材が増加。	-136万人	+96万人	-2.2%	+1.2%
② 製造・調達 製造ラインの工具、企業の調達管理部門等	AIやロボットによる代替が進み、 <u>変革の成否を問わず減少</u> 。	-262万人	-297万人	-1.2%	-1.4%
③ 営業販売（低代替確率） カスタマイズされた高額の保険商品の営業担当等	高度なコンサルティング機能が競争力の源泉となる商品・サービス等の営業販売に係る仕事が増加。	-62万人	+114万人	-1.2%	+1.7%
④ 営業販売（高代替確率） 低額・定型の保険商品の販売員、スーパーのレジ係等	AI、ビッグデータによる効率化・自動化が進み、 <u>変革の成否を問わず減少</u> 。	-62万人	-68万人	-1.3%	-1.4%
⑤ サービス（低代替確率） 高級レストランの接客係、きめ細やかな介護等	人が直接対応することが質・価値の向上につながる高付加価値なサービスに係る仕事が増加。	-6万人	+179万人	-0.1%	+1.8%
⑥ サービス（高代替確率） 大衆飲食店の店員、コールセンター等	AI・ロボットによる効率化・自動化が進み、 <u>減少</u> 。 ※現状放置シナリオでは雇用の受け皿になり、微増。	+23万人	-51万人	+0.1%	-0.3%
⑦ IT業務 製造業におけるIoTビジネスの開発者、ITセキュリティ担当者等	製造業のIoT化やセキュリティ強化など、産業全般でIT業務への需要が高まり、従事者が増加。	-3万人	+45万人	-0.2%	+2.1%
⑧ バックオフィス 経理、給与管理等の人事部門、データ入力係等	AIやグローバルアウトソースによる代替が進み、 <u>変革の成否を問わず減少</u> 。	-145万人	-143万人	-0.8%	-0.8%
⑨ その他 建設作業員等	AI・ロボットによる効率化・自動化が進み、 <u>減少</u> 。	-82万人	-37万人	-1.1%	-0.5%
合計		-735万人	-161万人	-0.8%	-0.2%

(出所) 株式会社野村総合研究所およびオックスフォード大学 (Michael A. Osborne博士、Carl Benedikt Frey博士) の、日本の職業におけるコンピュータ化可能確率に関する共同研究成果を用いて経済産業省作成

[http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/shin\\_sangyoukouzou/pdf/008\\_04\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/shin_sangyoukouzou/pdf/008_04_00.pdf)

経済産業省新産業構造ビジョン中間整理(2016.4)より

# AI, BD戦略(マクロ)

1. **社会イノベーション戦略** ⇒ ICT・BD・AI・CyberSecurityを横串とする「知的社会基盤」の構築(企業活動・生産・サービス・モビリティ・医療福祉・社会活動・人材開発・教育などを含む)
2. **ビジネスイノベーション戦略** ⇒ 社会イノベーションに資するビジネスの開発と成長
3. **技術開発戦略** ⇒ 目標の明確化、手段の明確化、要素技術の明確化と確保
4. **研究戦略** ⇒ 流行しているテーマでない、知的社会基盤の構築に必要な基盤的研究テーマの発見と目標の明確化
5. **他の戦略**

## 戦略とは何か？

Positioning(差別化) + Trade-offs(選択) + Fit(整合)

(From Michael E. Porter, What is Strategy? *On Strategy*, HBR's 10 Must Reads, Harvard Business School Publishing Corporation, 2011, pp.8. (Originally published in 1996.)

# 日本のAI技術戦略

## 1. 人工知能技術戦略会議

総務省、文部科学省、経済産業省  
＋農林水産省、厚生労働省、国土交通省  
＋内閣府

- AI技術の研究開発目標と産業化ロードマップの提示
- 産学官の協力による一体的な研究開発・課題解決戦略の推進

## 2. 官民研究開発投資プログラム(PRISM)

内閣府＋各省庁等

- 研究開発の一体的推進の加速
- 民間投資の誘発・拡大

## 3. その他

# 1. 人工知能技術戦略会議

内閣府(CAO)  
総合科学技術  
イノベーション  
会議(CSTI)  
(S I P)

出口戦略  
の共有



**人工知能技術戦略会議**

産業連携会議・研究連携会議      タスクフォース

AI研究開発・イノベーション施策の3省連携を主導  
(安西議長、CSTI久間議員、5法人の責任者、産業界、学术界、3省の局長)

**総務省(MIC)**  
情報通信研究機構

脳情報通信、音声翻訳  
革新的ネットワーク等

**文部科学省(MEXT)**  
理化学研究所  
革新先端統合研究センター  
科学技術振興機構 ACT-I

基礎研究、人材育成  
大型計算機資源等

**経済産業省(METI)**  
産業技術総合研究所  
人工知能研究センター  
NEDO

応用研究、標準化  
共通基盤技術等

**AI産業化へ工程表**

人工知能(AI)の産「セキュリティ」の4  
業化に向けて政府が取り 分野を選んだ。人間の意  
まとめる工程表の概要が 思を予測して動く高度な  
1日、明らかになった。 介護ロボットを2030  
産業界と連携する戦略分 年以降に実用化するなど  
野として「健康、医療・ の目標を盛り込んだ。  
介護」移動「生産性」 2日に明かされる政府の  
民間投資が不足しそ

日経  
2016.11.2  
朝刊より



**関係省庁**

**農林水産省(MAFF)**



スマート農機  
高度水管理  
農作物の病徴診断

**厚生労働省(MHLW)**



画期的医薬品の創出  
診断補助技術

**国土交通省(MLIT)**



ドローンによる3次元測量  
ICT建機、検査省力化

な分野をこの資金で補つ 習し、精度を高めるのに  
など研究開発の効率向上 AIを活用する。そのう  
に役立てる考えだ。 えで30年以降により高度  
介護ロボットでは201 なるロボットを実現する。  
30年までに利用者の意思 移動では2030年まで  
をもとに動いたり、体感 に、経路検索と軌道や航  
の変化をいち早く察知し 空域などの予約を統合し  
たりできるようにする。 た統一標準のよいサイヒ  
動作や行動パターンを学 スを実現するとした。

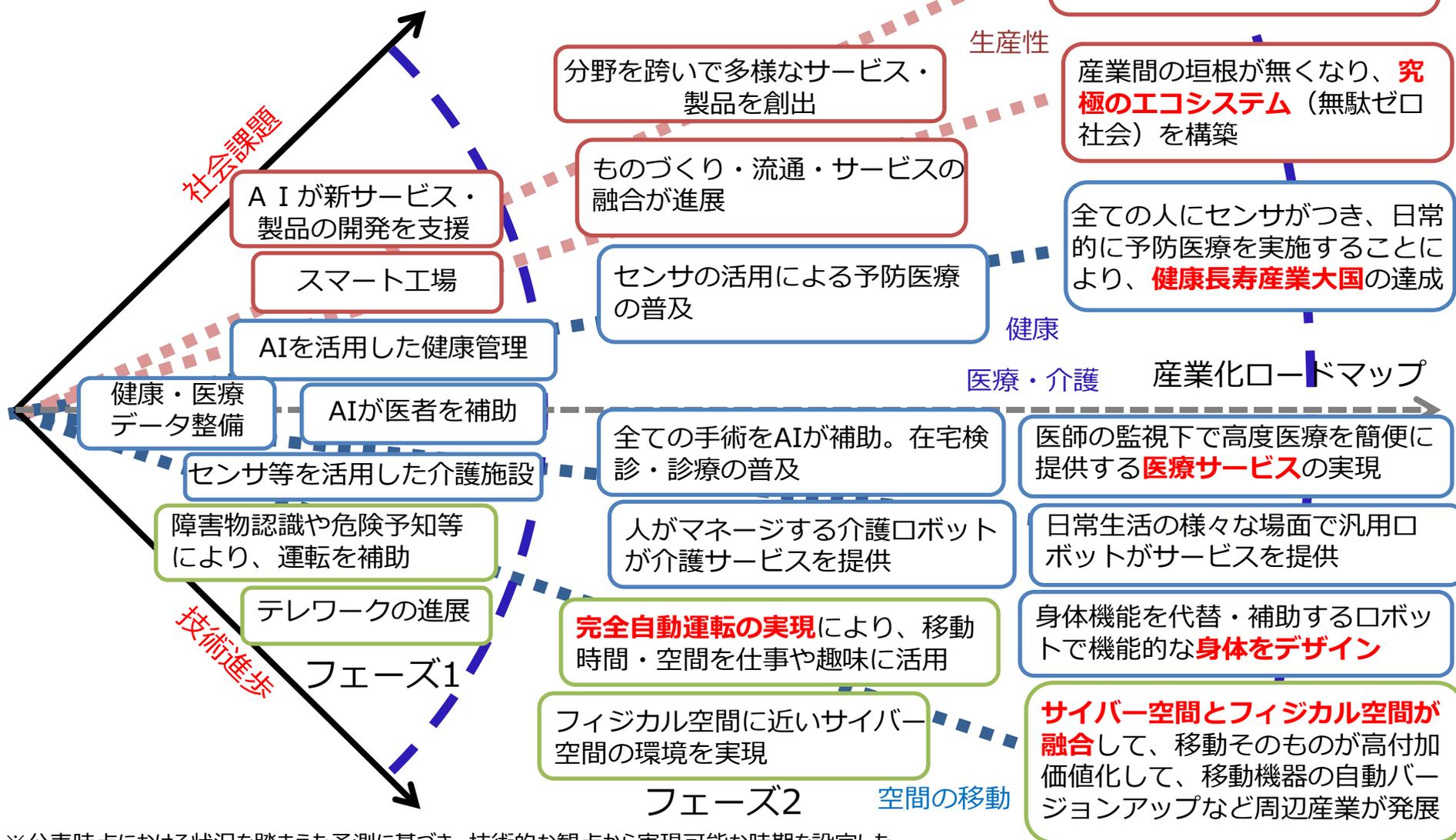
©Yuichiro Anzai

# 人工知能技術戦略会議の目標

1. 人工知能技術の研究開発目標と産業化のロードマップを平成28(2016)年度中に策定
2. 人工知能技術研究開発の司令塔として、産学官の一致協力により、課題を解決するための方策を立案・推進
3. 縦割りを排した一体的な研究開発・課題解決を推進
4. 研究開発機関における研究開発、およびそれらの機関と産学の研究開発連携を支援し、重複を排しつつ、課題解決を推進

# 研究開発目標と産業化ロードマップ

<http://www.nedo.go.jp/content/100862412.pdf>



※公表時点における状況を踏まえた予測に基づき、技術的な観点から実現可能な時期を設定した。社会実装には規制・制度的な影響も考えられるため、実質的に異なる結果を招く不確実性がある。

# 経済財政運営と改革の基本方針2017について ～人材への投資を通じた生産性向上～ (2017.6.9 閣議決定)

## 第2章 成長と分配の好循環の拡大と中長期の発展に向けた重点課題

### 2. 成長戦略の加速等

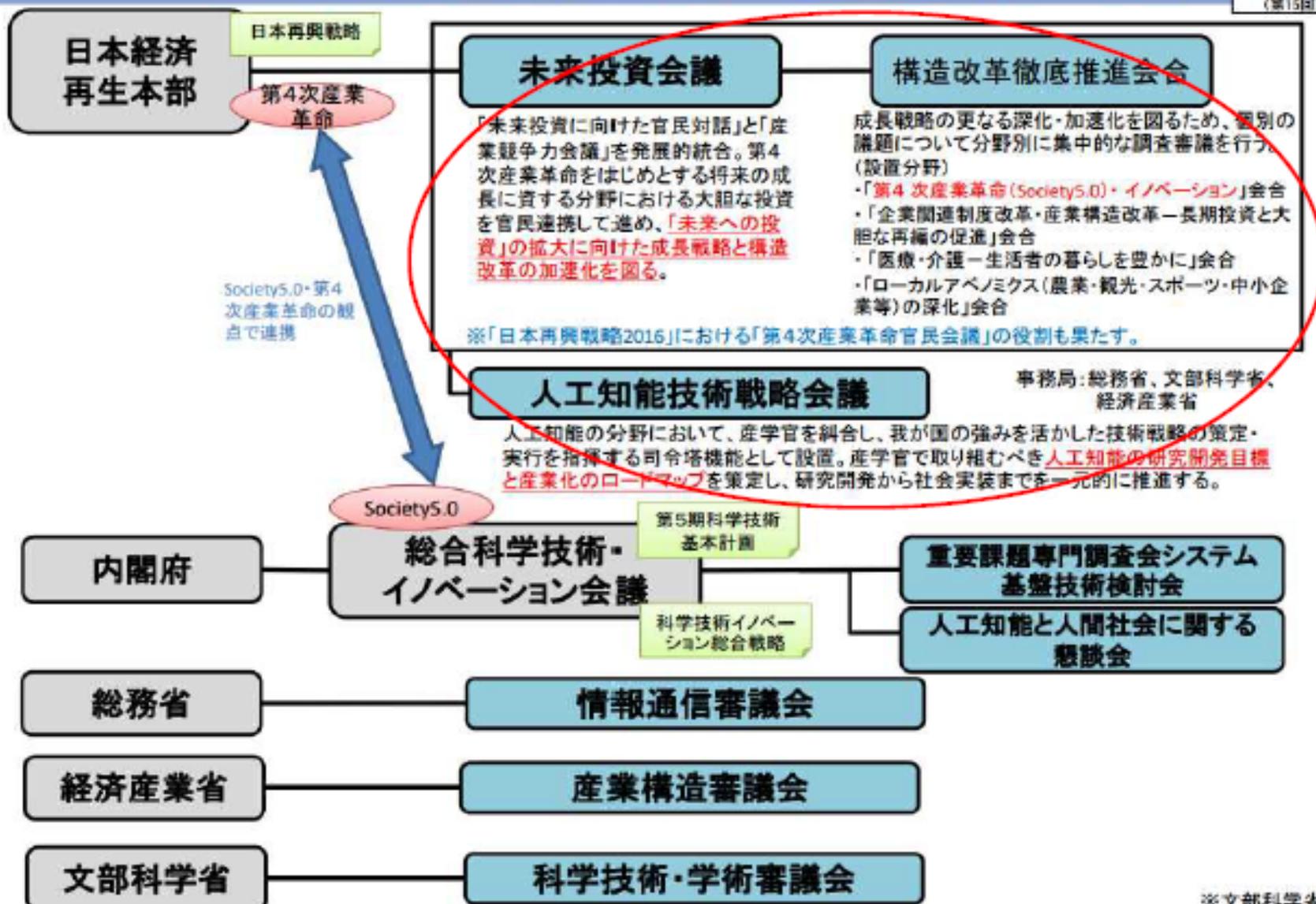
600兆円経済の実現に向けて「未来投資戦略2017」<sup>24</sup>に基づき、以下の成長戦略を強力に推進する。

中長期的な成長を実現していくために、近年急激に起きているIoT、ビッグデータ、人工知能(AI)、ロボット、シェアリングエコノミー等の第四次産業革命の技術革新を、あらゆる産業や社会生活に取り入れることにより、様々な社会課題を解決するSociety5.0を世界に先駆けて実現する。

その際、モノとモノ、人と機械・システム、人と技術、異なる産業に属する企業と企業、世代を超えた人と人、製造者と消費者など、様々なものをつなげる新たな産業システム(Connected Industries)への変革を推進する。

- (1) Society5.0の実現を目指した取組
- (2) 生産性の向上に向けた施策
- (3) 投資の促進
- (4) 規制改革の推進
- (5) 新たな有望成長市場の創出・拡大
- (6) 海外の成長市場との連携強化

# Society5.0に関する政府における検討体制について



※文部科学省作成

# 2. 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)

Public/Private R&D Investment Strategic Expansion Program

内閣府(2017.5～)

<http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/yosansenryaku/11kai/siryoy3.pdf>

## 科学技術イノベーション官民投資拡大イニシアティブ<最終報告>【概要】

～経済社会・科学技術イノベーションの活性化に向けて～

- 600兆円経済の実現に向け、成長のエンジンである科学技術イノベーションの活性化等を図るため、平成28年6月、経済財政諮問会議と総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)の下に「経済社会・科学技術イノベーション活性化委員会」を設置。同年12月に最終報告取りまとめ。

### 1. 基本的考え方

- CSTIの司令塔機能の強化を図り、Society 5.0の実現に資する科学技術予算の量的・質的拡大を目指す。
- 産業界と連携を図りながら、イノベーション創出を阻害している制度、仕組みを徹底して見直し、効率的な資源配分の仕組みを構築。
- 「科学技術基本計画」で定められた「政府研究開発投資の目標(対GDP比1%)」(※)の達成、大学等への民間投資の3倍増を目指すなど。  
※「経済・財政再生計画」上の整合性を確保しつつ、対GDP比の1%にすることを目標とする。期間中(平成28年度～32年度)のGDPの名目成長率を平均3.3%という前提で試算した場合、期間中に必要となる政府研究開発投資の総額は約26兆円となる。

### 2. 経済社会・科学技術イノベーションの活性化に向けた「3つのアクション」

- CSTIの司令塔機能を強化し、科学技術や研究人材投資に関する予算の量的・質的拡大を目指すほか、制度改革を通じた民間資金の導入を拡大。
- 科学技術・イノベーション予算の抜本的強化を通じ、SIP及びImPACTの拡充を含めた継続的実施を図り、事務局体制の強化を実現すべく。

#### (1) 予算編成プロセス改革アクション

今後、新型推進費の導入を含めてSIP事業を継続・発展させ、二本立ての施策の相乗効果を発揮。

- 官民で民間投資誘発効果の高いターゲット領域を設定(研究開発成果活用による財政支出の効率化への貢献にも配慮)、関連施策の提案を各省庁から求めCSTIが対象施策選定。
- 新設する「科学技術イノベーション官民投資拡大推進費(仮称)」を活用して事業費の一部を内閣府からも拠出。(平成30年度に創設。SIP事業を継続・発展させつつ財源を確保することを想定。その際、関連施策の見直しを進めるとともに、社会実装に向けた民間投資の拡大も推進)
- 対象施策は、予算編成過程で適切な予算措置が講じられるよう、経済財政諮問会議、財務省等と連携。
- CSTIはターゲット領域ごとに領域統括(仮称)を指名。現行SIPの優れた特徴を備えたマネジメントを適用。
- 対象施策は、ステージゲート方式による評価を導入。

※SIP: 戦略的イノベーション創造プログラム

#### (2) 研究開発投資拡大に向けた制度改革アクション

- 産業界からの投資拡大のための大学改革等、制度改革を実施。
- ① オープンイノベーションの促進に向けた大学等改革と産学連携の深化  
多様な資金の獲得の促進等
- ② 研究開発型ベンチャー創出の促進  
国立研究開発法人発ベンチャーの創出促進等
- ③ 新たな市場創出に向けた公共調達拡大  
革新的技術を採用しやすい仕組みの導入等
- ④ 科学技術イノベーションを通じた地域活性化  
企業版ふるさと納税の積極的活用等
- ⑤ 科学技術イノベーションを支える人材投資の促進  
産学連携による学位プログラム等の創設等
- ⑥ 科学技術イノベーション創出に効果的な予算の構築  
技術開発水準(TRL)の導入等

#### (3) エビデンスに基づく効果的な官民研究開発投資拡大アクション

- エビデンスに基づくPDCAサイクルの確立や政策効果等の「見える化」を進め、効果的な官民の研究開発投資を促進。
- インプットからアウトプット、アウトカムに至る情報を体系的に収集・相互に接続。
- 重要な政策課題に関するエビデンスを構築し、政策形成に活用。
- 俯瞰的なデータ収集・エビデンス構築  
科技関係予算の分析等
- 重要政策課題の調査分析  
ターゲット領域の設定に資する情報提供等

### 3. 経済社会・科学技術イノベーションの活性化の実現に向けて

- CSTIの司令塔機能強化とこれを支える事務局機能の強化、他の司令塔機能との連携等の深化

# 官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）に係るマネジメント体制

総合科学技術・イノベーション会議

議長：内閣総理大臣  
 議員：官房長官、科技、総務、財務、文科、経産 各大臣  
 有識者議員（8名）

PRISMガバニングボード

CSTI 有識者議員（8名）  
 久間和生、原山優子、上山隆大（常勤）  
 内山田竹志、小谷元子、橋本和仁、十倉雅和、大西隆（非常勤）

運営委員会（ターゲット領域ごと）

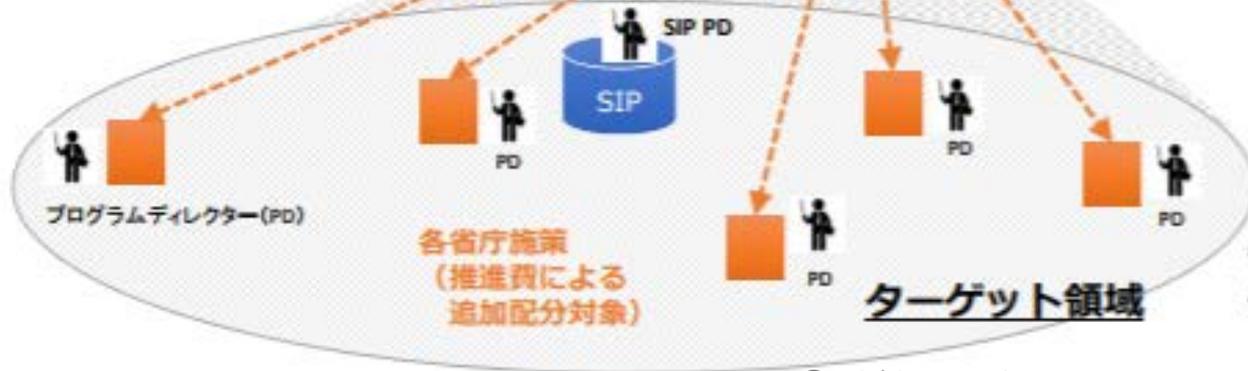
座長：領域統括 / 委員 3～5名程度

- ① 担当ターゲット領域の「実施方針」の策定
- ② 各省庁から提案される《対象施策》候補の評価・選定
- ③ 《対象施策》への予算の追加配分
- ④ 《対象施策》間の連携促進
- ⑤ 《対象施策》に係るステージゲート評価  
 （3年目以降に実施）

運営委員会  
 座長：領域統括

各省予算による研究開発に加え、  
 推進費のアドオンによる追加の研究開発を一体的に運用

- ・研究開発の加速
- ・新規研究開発の前倒し
- ・事業化への取組みの加速 等



各省庁は、領域統括が策定する「実施方針」に照み  
 ターゲット領域に係る施策(対象施策)候補を提案

# 官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）に係るターゲット領域

科学技術イノベーション官民投資拡大推進費を用いて実施する官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）に係るターゲット領域について、4月21日に開催された総合科学技術・イノベーション会議において以下のとおり決定。

## 平成30年度に設定することを前提に準備を進めるターゲット領域（3領域）

- ・ **革新的サイバー空間基盤技術（AI / IoT / ビッグデータ）**
- ・ 革新的フィジカル空間基盤技術（センサ / アクチュエータ / 処理デバイス / ロボティクス / 光・量子）
- ・ 革新的建設・インフラ維持管理 / 革新的防災・減災技術

## 平成31年度以降に設定することが望ましいターゲット領域候補（10領域）

- ・ 革新的データベース構築・利活用技術（System of Systems）
- ・ 革新的ICTプラットフォーム技術（サイバーセキュリティ／ネットワーク／プロセッシング）
- ・ 革新的蓄エネルギー技術／革新的省エネルギー技術
- ・ 革新的自動車交通技術／革新的三次元地図情報活用技術
- ・ 革新的ものづくり技術
- ・ 革新的食料生産流通技術
- ・ 革新的介護・くらし支援技術
- ・ 革新的医療・創薬技術
- ・ 革新的バイオ産業基盤技術
- ・ 革新的素材／革新的材料開発技術

※ 上記方針に基づき、各年度に設定するターゲット領域については、本プログラムへの予算措置や運用状況、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）における次期課題等を勘案しつつ、ガバニングボードにて調整。

# PRISMにおける革新的サイバー空間基盤技術 5つのテーマ（2017.10.16現在）

1. ビッグデータ・AI技術を活用したヒューマン・ヒューマンインタラクション、ヒューマン・環境インタラクション
2. 超大規模非構造化データのパターン処理
3. ロボット、輸送機器、IoTシステム等の活用のための先端的知的制御（インテリジェントコントロール）
4. 高速通信機能と高度なセキュリティ機能を支える先端的ネットワークソフトウェア
5. ビッグデータ・AI技術に活用可能な先端的省電力ハードウェア・システムアーキテクチャ

# 第5期科学技術基本計画(2016.4~2021.3)

## Society 5.0



### 超スマート社会が生み出す価値

- 生活の質の向上をもたらす人とロボット・AIとの共生
- 誰もがサービス提供者となれる環境の整備
- 潜在的ニーズを先取りして人の活動を支援するサービスの提供
- ユーザーの多様なニーズにきめ細やかに応えるカスタマイズされたサービスの提供
- 地域や年齢等によるサービス格差の解消

内閣府CSTI 基盤技術の推進の在り方に関する検討会資料より -  
第5期科学技術基本計画答申概要に骨子掲載

# 科学技術の革新と社会の関係(半世紀の法則)

1. 活版印刷術(グーテンベルク、1439)⇒宗教改革(ルター、1517)⇒近代国家
  2. 大陸横断鉄道の開通(1869)⇒第一次大戦(1914)⇒国際社会
  3. DNA構造の発見(ワトソン&クリック、1953)⇒遺伝子改変作物(GMO: Flavr Savr 1994)⇒生命の技術化
  4. 人工知能(ダートマス会議、1956)⇒深層学習(ヒントン、2006)⇒機械による知の支援
  5. パケット通信技術(ARPA-Net)(1969)⇒グローバル企業の出現、プラザ合意(1985)⇒ベルリンの壁崩壊(1989)、冷戦構造終焉⇒インターネット商用化、デジタル携帯普及(≒1995)⇒グローバル社会
  5. デジタル技術、ネットワーク、クラウド、センサー、ロボティクス、資源・環境・エネルギー技術、遺伝子技術、3D印刷等⇒人工知能、ビッグデータ、IoT、サイバーセキュリティ⇒情報技術を基盤とする産業構造・就業構造への転換⇒Society5.0・超スマート社会・Connected Industry
  6. 諸法律、知財権、国際標準、個人情報への覇権競争⇒社会システム・医療・介護・教育・宗教・交通運輸・センサネットワーク・人間と人間のインタラクションの支援・その他、物質と心と社会の境界をなくす技術の研究開発競争
- 情報技術と資本主義の結合がもたらす社会の不安定性の克服、情報技術とテロリズムの結合の克服⇒インタラクション技術と新たなコミュニケーション社会の結合の実現⇒Society5.0