

「テクノ未来塾」

東京フォーラム (第159回)

■人間の価値そのものが問われる時代
—AIは人間を超えるか

(13:30~15:00)

講師 小林 雅一氏

- 日時 2015年7月11日(土) 13:30~17:00
(13:00開場)
- 会場 機械振興会館 B3-1会議室

主催 特定非営利活動法人「テクノ未来塾」

【市場・業界および技術動向】

人間の価値そのものが問われる時代 — AIは人間を超えるか

2015年7月11日（土）
KDDI 総研リサーチフェロー
小林雅一

本日の内容

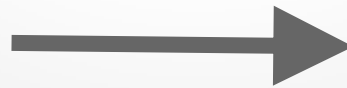
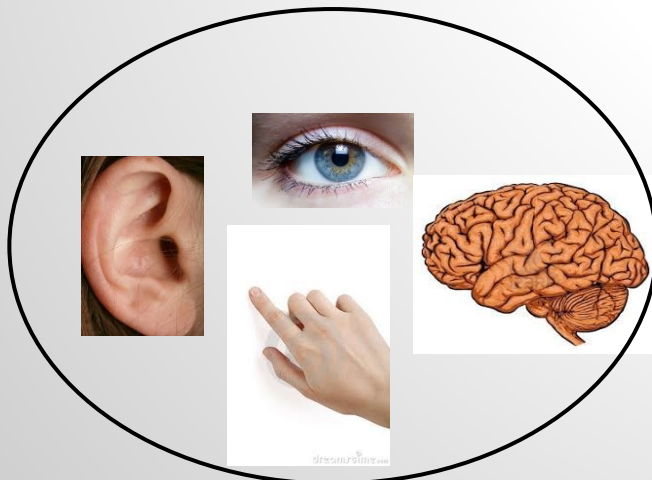
1. AIの現状と展望
2. ロボット産業の現状と全体像
3. ドローン（無人航空機）の行方
4. 製品化が前倒しされる自動運転車
5. グーグルのロボット事業参入
6. 日本企業はどうすべきか？

1. AIの現状と展望

AI（人工知能）とは何か？

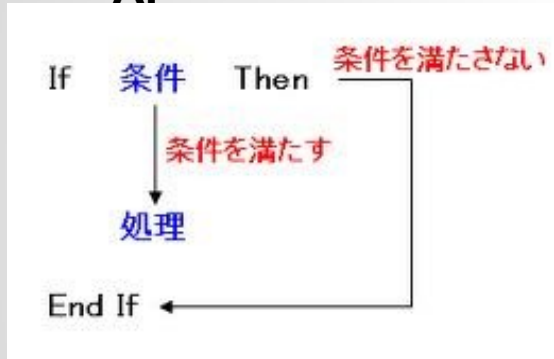
AI: Artificial Intelligence = 人工知能

様々な知覚、思考、推論、記憶など、人間の知的能力を、コンピュータや各種マシンによって代替する技術。より具体的には、それらに搭載される知的なソフトウェアを指すことが多い。



AIの歴史

ルール・ベースのAI



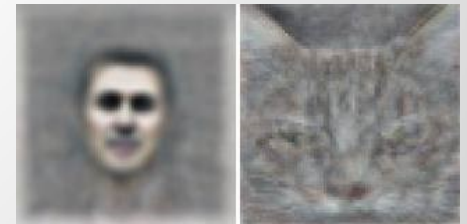
1956年：ダートマス会議

統計・確率的なAI



1980年代半ば

脳科学の成果に基づくAI



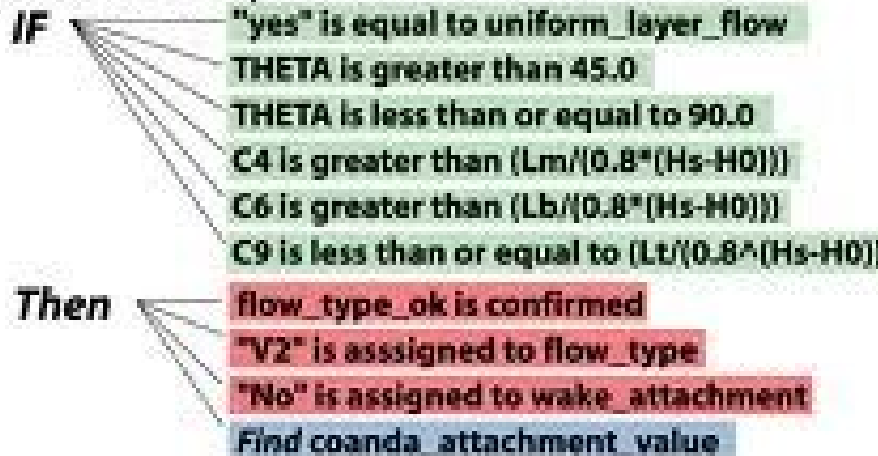
現在

今後

ルール・ベースのAI

1960年代～1980年代にかけての主流方式

A) Rulebase Example



代表例：

各種エキスパート・システム

日本の第5世代コンピュータ・プロジェクト

現実世界に必要な柔軟性や文脈の理解に欠けたため、1980年代の後半に挫折

B) Rule Tree Example



AIの冬

統計・確率的なAI

1990年代後半～現在までの主流方式



「ベイジアン・ネット」「隠れマルコフモデル」「サポート・ベクター・マシン (SVM)」など、統計・確率的なデータ解析手法を応用した新しいAI

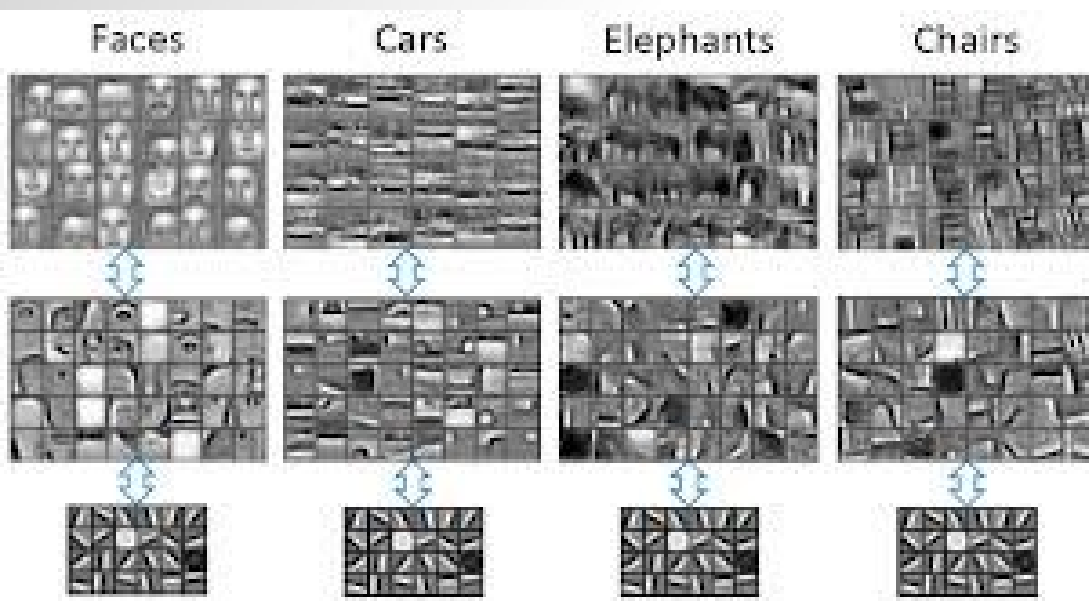
90年代以降、ウェブ上に大量のデータが蓄積され、現実世界の様々なセンサーからも多彩なデータが入力されるに連れ、このやり方が主流になっていった



ただし人間が考えるのとは全く別のやり方で「考える」ため、このやり方は邪道だ、という批判も聞かれる。また阻害も指摘されている

脳科学の成果に基づくAI（ニューラルネット）

研究は1950年代に着手されたが、本当に使えるものになってきたのは今世紀に入ってから



Deep Learning

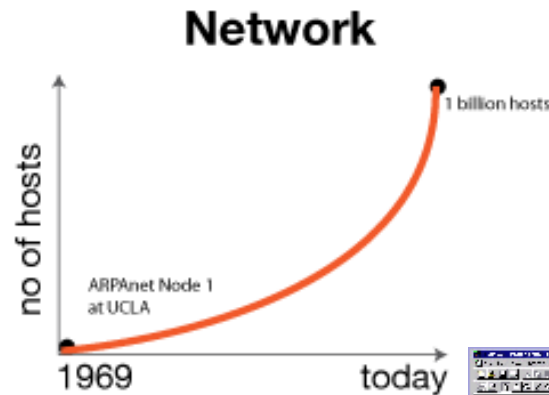
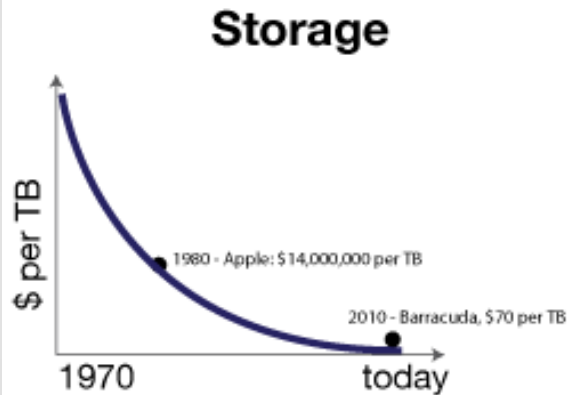
脳を構成する無数の神経細胞（ニューロン）のネットワークを工学的に再現しようとする試み

人間の生物学的頭脳をシミュレートした、という点において、AI（人工知能）の王道を行く方式

当初は大した成果をあげることができず、長く不遇の時代をかこってきたが、2006年頃からコンピューティング・パワーの飛躍的アップや、最新の脳・神経科学の成果を取り入れた「ディープラーニング」と呼ばれる手法が開発され、ここから一気に実用的な技術へと進化を遂げた

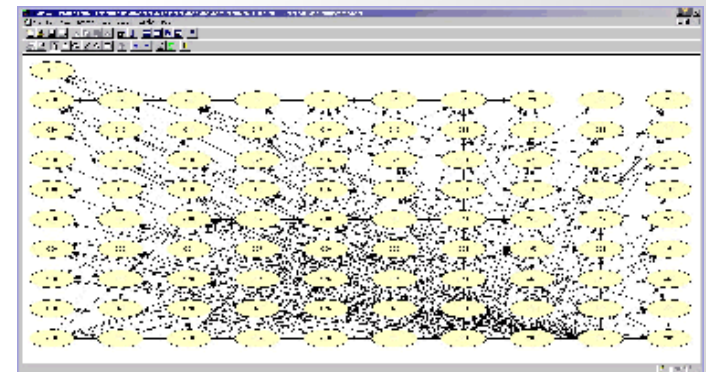
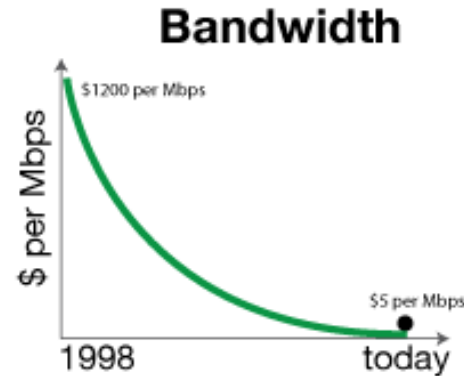
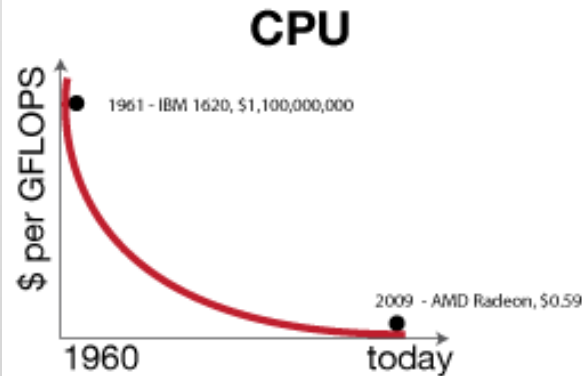
現代 AI のベース

ビッグ・データの生成 + 演算、記憶、通信コストの劇
的低下



$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}$$

ベイズ定理 (Bayes' Theorem)



ベイジアンネット
ト

AI技術の具体例：各種の要素技術

音声認識：人間の話し言葉を文字に変換する技術、Nuance Communications

画像認識：画像を認識して、人物や物体など対象物を特定する技術、

Facebook

自然言語処理：音声操作（Siri）、音声検索、機械翻訳、セマンティック検索

・ ・ ・

マシン・ビジョン：ロボットや各種マシンに工学的な視力を持たせる技術

機械学習：コンピュータや各種マシンがビッグ・データなどを解析して学習する技術

確率的推論：機械学習などの成果を使って、物事の相関性や因果関係を推論す

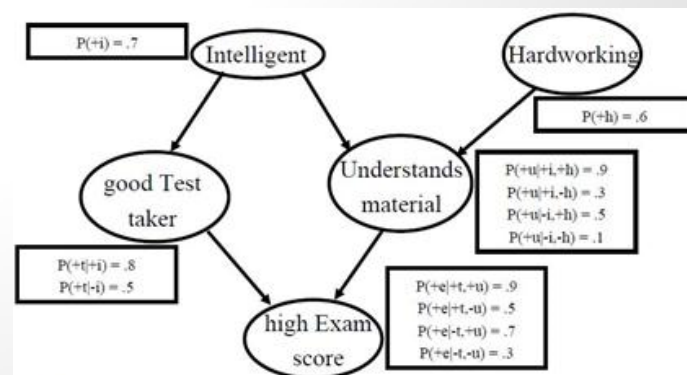
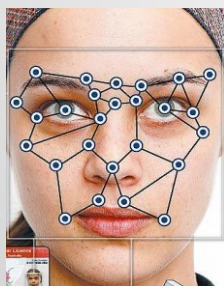
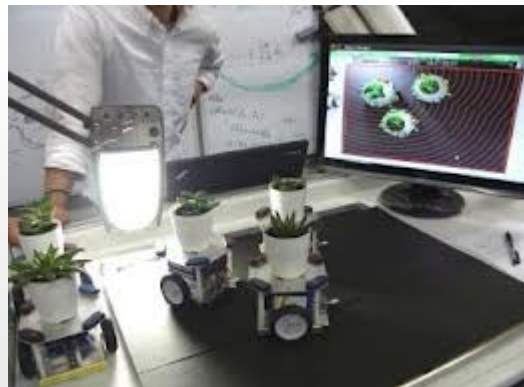
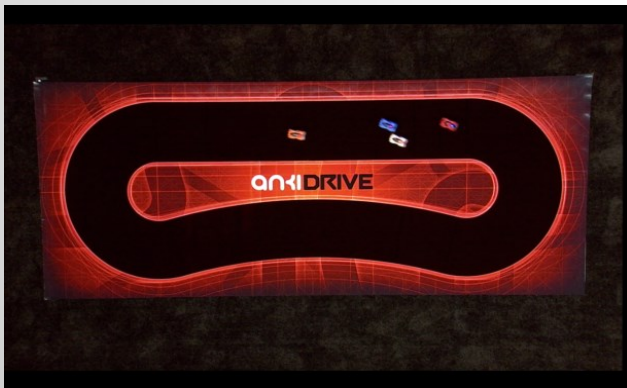


Figure 1: A Bayesian network representing what influences an exam score.

様々なAI応用製品

スマートTV、ロボット掃除機、代理ロボット、介護ロボット、ゲーム、農業用ロボットなど
応用領域は尽きない。既存の様々な製品が、AIによって新たな付加価値商品に生まれ変わるの
がポイント



AIの応用が期待される産業

家電：掃除ロボット、スマートTV、

自動車：ドライバー支援システム、自動運転車

軍事：無人航空機、兵士支援ロボット

医療、介護：代理ロボット、介護ロボット、医師支援システム、院内搬送ロボット

金融・投資：HFTなどコンピュータによる自動取引

法律：証拠文書の解析ソフト

農業：スマート・アグリ、農作業支援ロボット

教育：自動採点など教師支援システム

A I が既存産業を再活性化する

見慣れた製品、見飽きた製品がAI（知性）の導入によって、全く新しい姿へと生まれ変わる。これによって停滞していた産業が再活性化される

パナソニック、シャープは過去最悪の赤字

電機大手8社の今期連結業績見通し

	売上高	前回公表比	最終損益
パナソニック	8兆円 (▲8)	▲3600億円	▲7800億円 (赤字転落)
ソニー	6兆4000億円 (▲11)	▲1300億円	▲2200億円 (連続赤字)
シャープ	2兆5500億円 (▲16)	▲2960億円	▲2900億円 (赤字転落)
日立製作所	9兆5000億円 (2)	—	2000億円 (▲16)
東芝	6兆2000億円 (▲3)	▲750億円	650億円 (▲53)
三菱電機	3兆6700億円 (1)	▲350億円	1000億円 (▲20)
富士通	4兆4900億円 (▲1)	▲250億円	350億円 (▲36)
NEC	3兆1000億円 (—)	▲1150億円	▲1000億円 (連続赤字)

計1兆2900億円
巨額赤字

*各社決算資料等から作成。カッコ内は前年比増減率(%)、前回公表比は上半期決算時との比較



自動車全滅
 ニッポン大恐慌の現実シナリオ
 国内各メーカーの土壇場
 自動車販売危機度マシマシ
 自動車の販売は、今後数年間で半減する
 リンカーン「中国は日本を凌ぐ」
 本誌特別企画 中国自動車市場の分析
 自動車業績減速度32社
 減額ワースト32社
 世界最大600人以上の自動車企業
 11大強が激突する中国自動車市場
 上野千鶴子×橋本健児 対談

トヨタ 赤字転落の危機
 経営利益7%減！顧客の小型車、プリウスも大不調
 系列帝国崩壊へ!? 下町東洋経済
 今トヨタは8年前のGMと同じ
 今トヨタは8年前のGMと同じ

東洋経済 週刊
 12月20日号

現在のAIの限界

「（統計確率的アプローチに従う）自動運転車は、人間の脳とは別の仕方でもノを認識している。

このやり方だと、仮に自動車のフロントガラスに蠅（ハエ）が止まっただけでも、それを小石のような重大な障害物として急停車してしまうかもしれない。

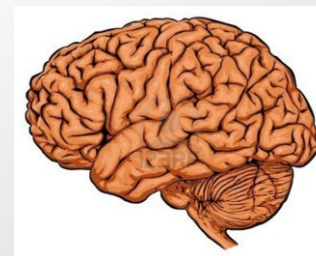
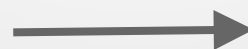
蠅を蠅として認識するには、人間と同じ認識機構を導入するしかない。逆に言うと、そこまでしない限り、自動運転車の実用化はできないだろう」

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$



Bruno Olshausen

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$



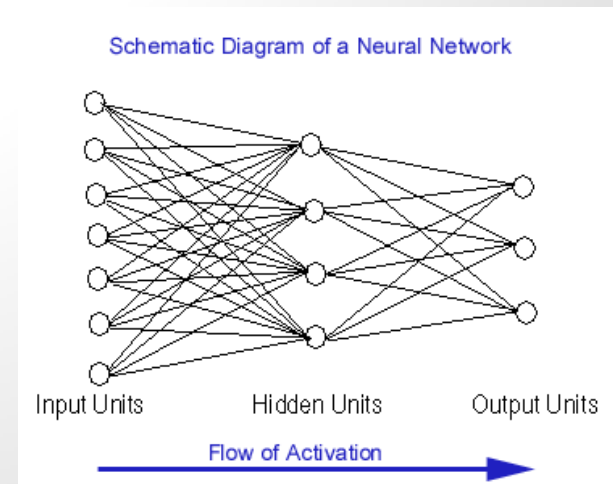
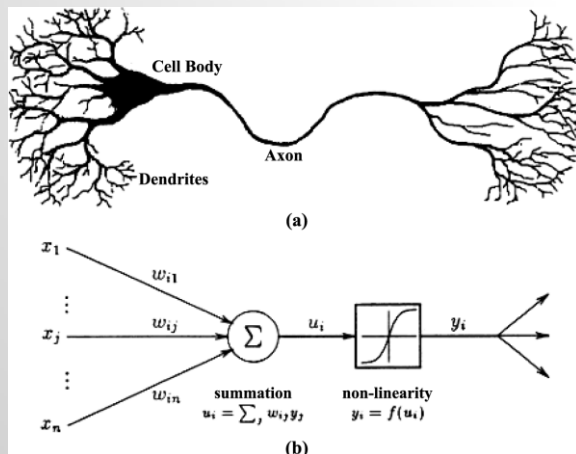
ニューラル
ネット

ニューラルネットとは何か

ニューラルネット (Neural Network)

AIの研究開発が始まったのと、ほぼ同時期の1950年代に研究開発が始まった伝統的なAI技術。米国の心理・コンピュータ科学者のFrank Rosenbratt氏らが開発したパーセプトロン (Perceptron) を嚆矢とする。

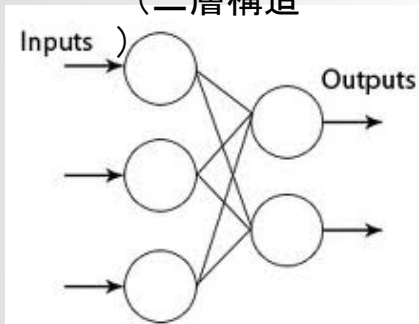
生物の脳を構成する無数のニューロン (神経細胞) とシナプス (接合部) のネットワークを工学的に再現したもの。ただし、実際にそうしたモノ (ハードウェア) が存在するわけではなく、ニューラルネットは (少なくとも従来は) ソフトウェア (アルゴリズム、プログラム) として実現されてきた。



ニューラルネットの歴史

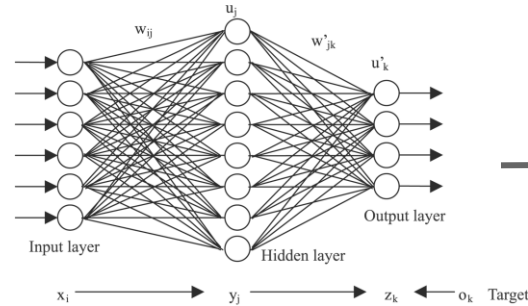
ニューラルネットの歴史は多層化の歴史

Perceptron
(二層構造)



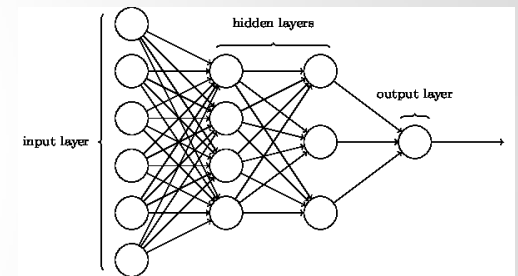
“I don't understand XOR”

三層構造

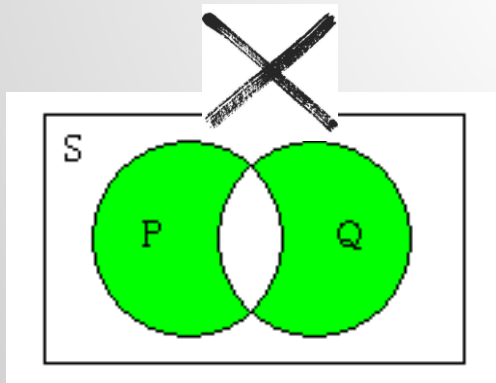


“I do understand XOR”

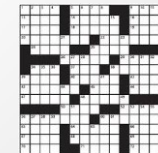
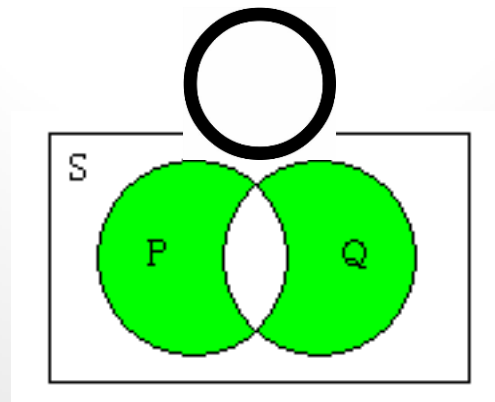
N層構造



“I do understand any complex thing”



XOR (Exclusive OR: 排他的論理和)



ニューラルネットの実態

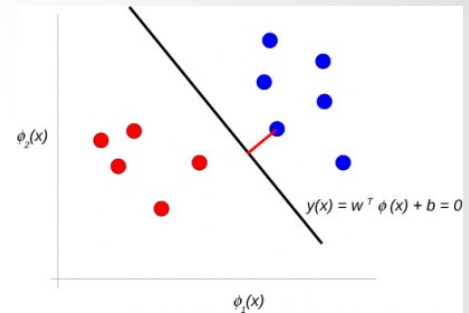
それは本当に脳を模倣しているのか？

$$J(\Theta) = -\frac{1}{m} \left[\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K y_k^{(i)} \log h_{\theta}(x^{(i)})_k + (1 - y_k^{(i)}) \log(1 - h_{\theta}(x^{(i)})_k) \right] + \frac{\lambda}{2m} \sum_{l=1}^{L-1} \sum_{i=1}^{s_l} \sum_{j=1}^{s_{l+1}} (\Theta_j^{(l)})^2$$

$$\min_{\Theta} J(\Theta)$$

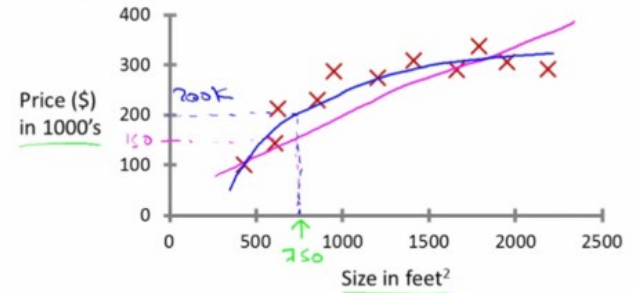
答え：No! (少なくとも従来は)

「ニューラル」という呼称は名ばかり
その実態は泥臭い数値計算の手法



分類問題 (Classification)

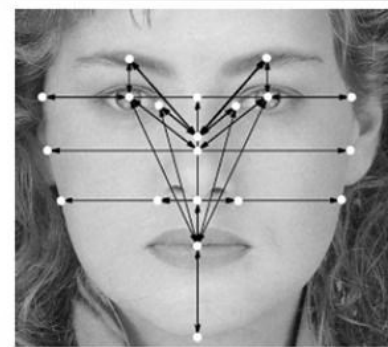
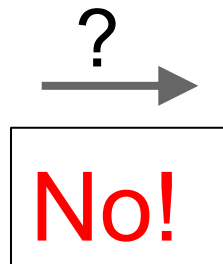
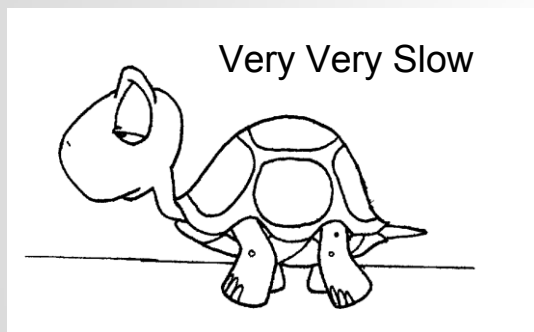
Housing price prediction.



回帰分析 (Regression)

従来型ニューラルネットの限界

- ①ネットワーク構造を多層化するとデータ処理に膨大な時間がかかる
- ②汎用性に乏しい。たとえば音声認識用に開発されたニューラルネットは、画像認識には使えない。その逆もしかり。



Too Slow! (遅すぎるぞ!)

So, how many kinds of neural-nets do we have to make ?!
(一体、何種類のニューラルネットを作らなくちゃいけないんだ?)

I can't wait.....zzzzZ

This is not gonna work! We have to do something new!
(このままじゃ駄目だ! 何か新しい工夫をしなくちゃ!)

ブレークスルーはどのように？

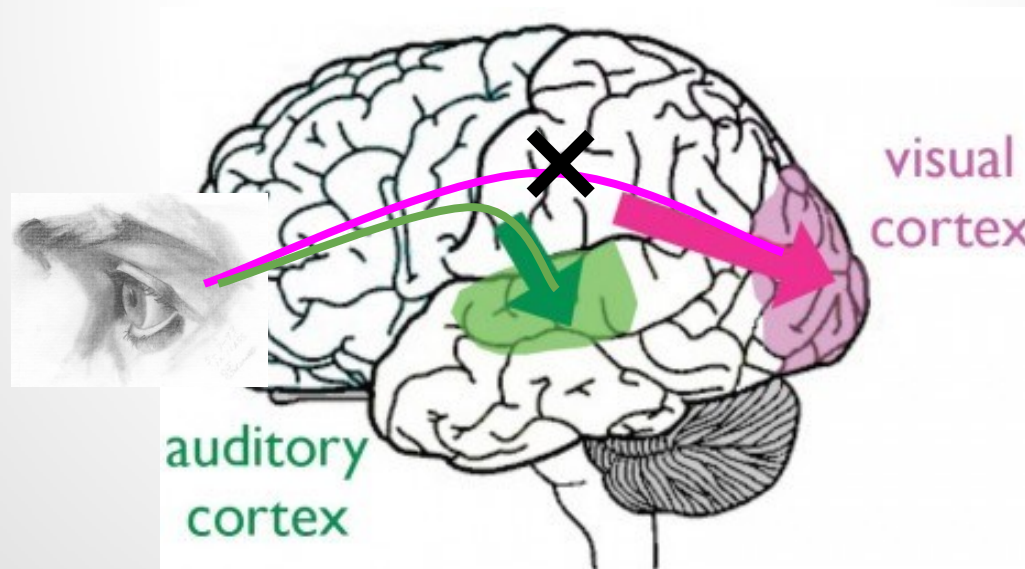
GPU(Graphical Processing Unit)
の導入（2006年頃～）

元々はパソコンやワークステーションなどにおける画像処理用の補助プロセッサとして利用されてきたが、2006年頃からニューラルネットにパターン認識に使われるようになった。大量データを高速に処理することができる。



ブレークスルーはどのように？

最新の脳・神経科学の成果を導入
脳の持つ汎用的な情報処理能力をニューラルネットに活用する
One Learning Theory

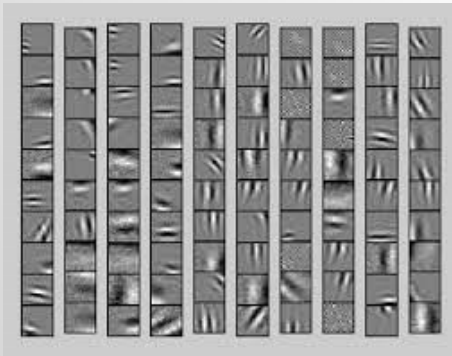


目から大脳の視覚野へとつながる神経のラインを切断し、それを聴覚野へとつなぎ直したら、その後の訓練で再び目が見えるようになった（動物実験）。

Sparse Coding (Sparse Representation)

視覚野の処理機構をアルゴリズム化

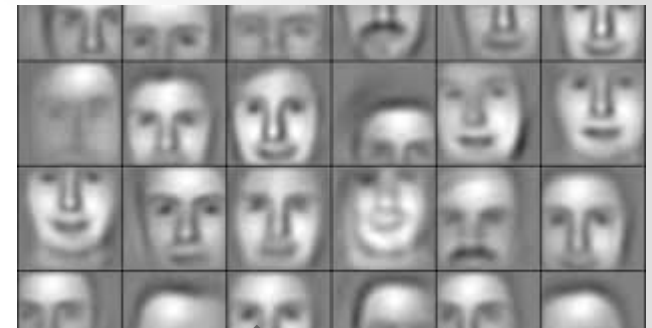
①視覚野は目から入った映像を、幾つかの基底ベクトルへと分解する。



個々の基底ベクトルは、ある時点で発火（活動）している個々のニューロンに対応。



②これらの基底ベクトルを組み合わせ、目や耳などパーツ情報を構成する。

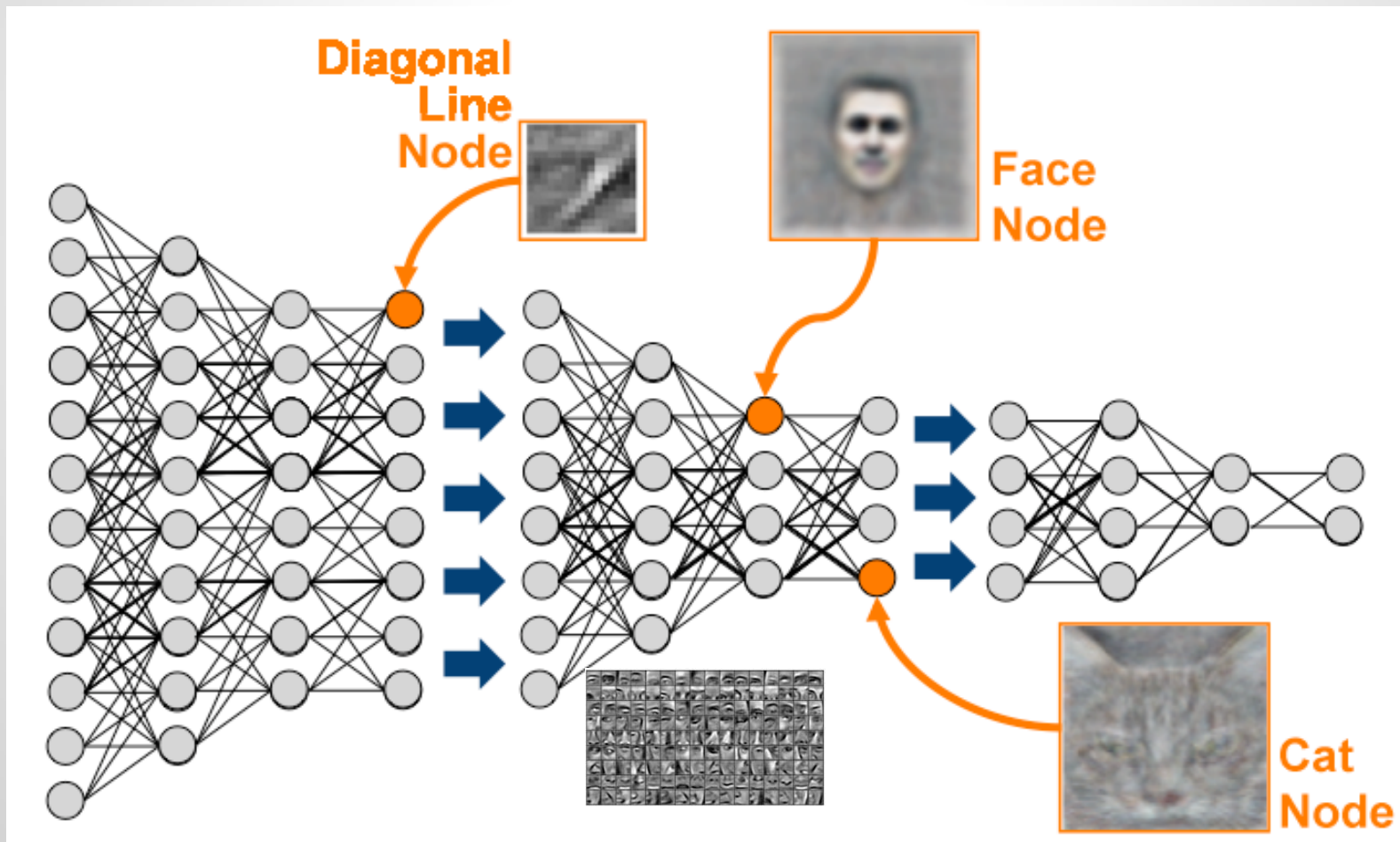


③これらのパーツ情報を組み合わせて、最終的なオブジェクト（この場合、目の前にいる人の顔）を構成する。

つまり人間（動物）の脳は、このように原初のイメージを基底ベクトルで再構成することによって、事物を認識している。

Deep Neural Network(Deep Learning)

Sparse Codingを多層ニューラルネットに導入



Deep Learningの応用範囲

既に成果があがっている領域

画像認識や音声認識など、いわゆるパターン認識
化合物の構造予測

これから成果が期待される領域

自然言語処理、医療分野（X線画像等からガン化している細胞を探す、等）、
ロボット工学

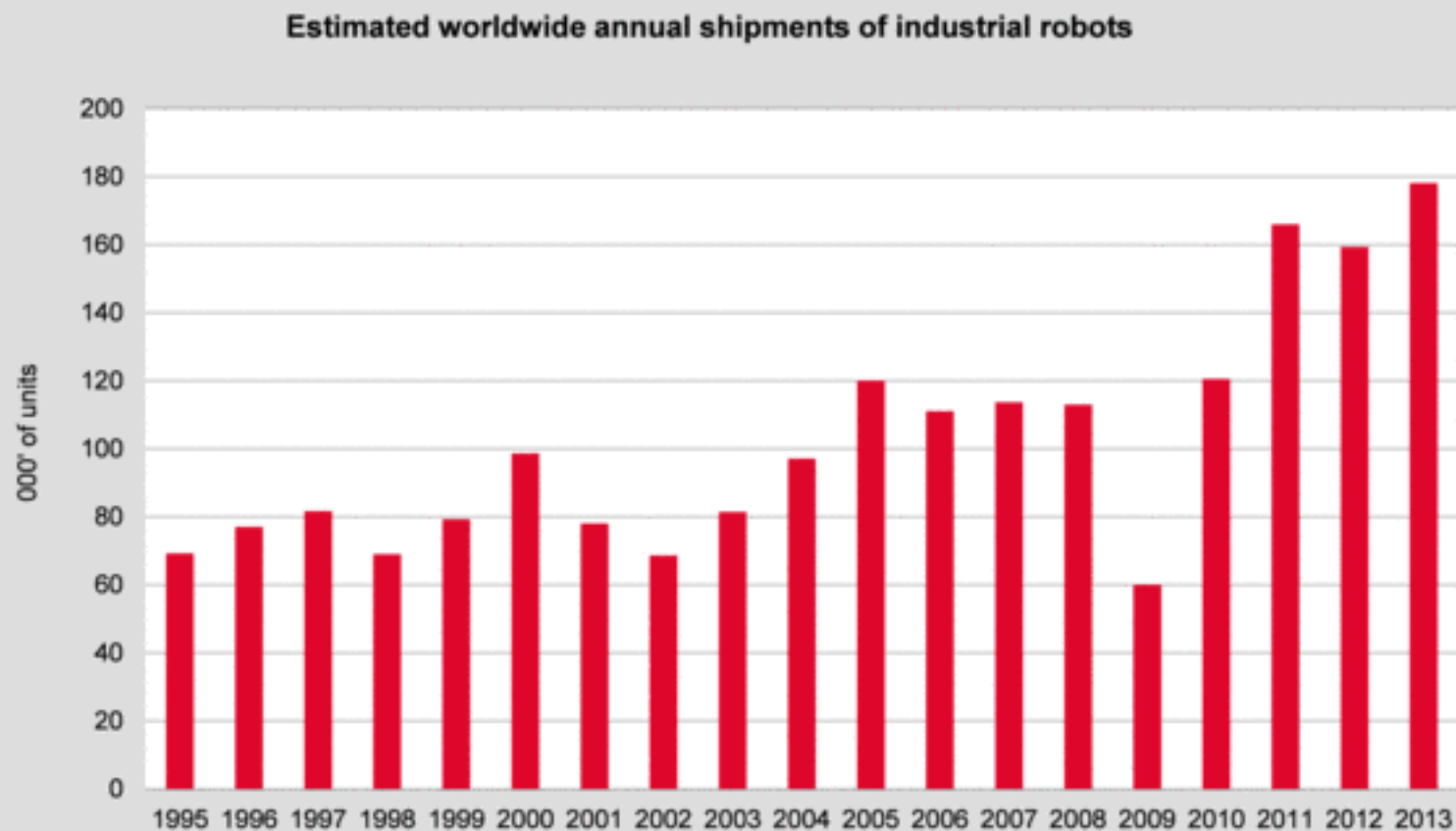
One Learning Theory（脳の持つ汎用性）を導入することにより、今後、多方面への応用が期待されている。

2. ロボット産業の全体像と現状

次世代ロボット スペインのSantander銀行が導入した案内ロボット

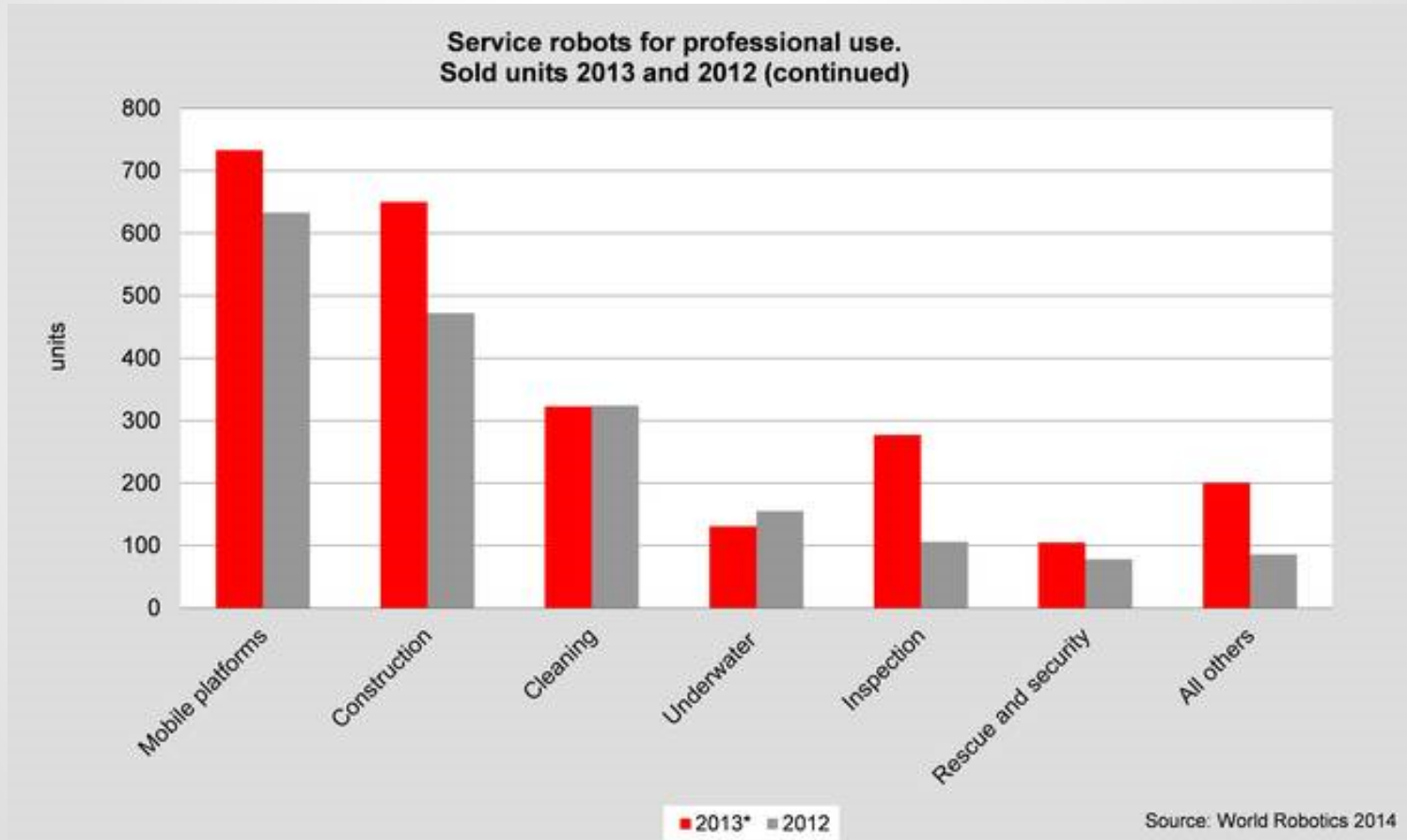


世界のロボット市場：産業用ロボット

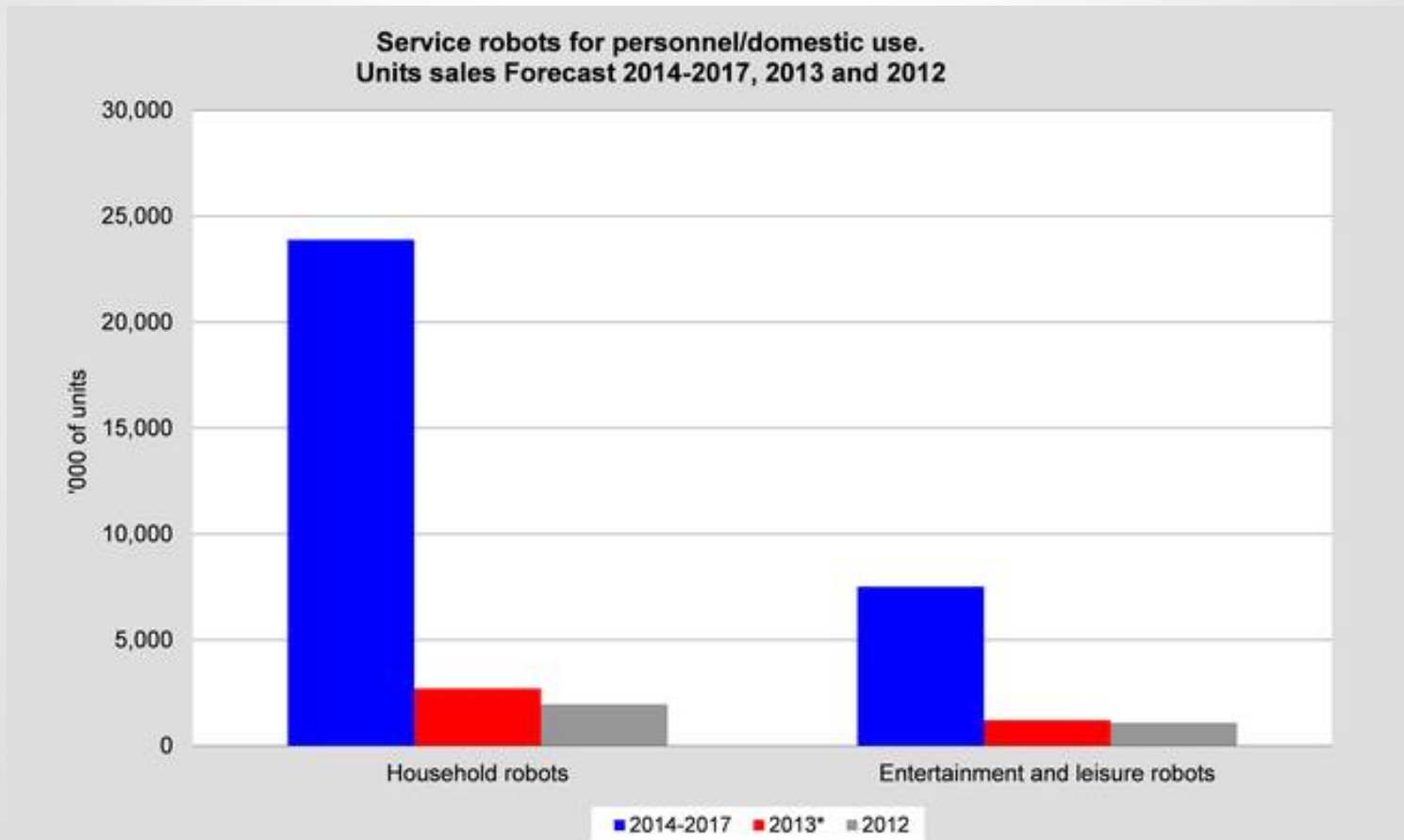


Source: World Robotics 2014

世界のロボット市場：サービス・ロボット

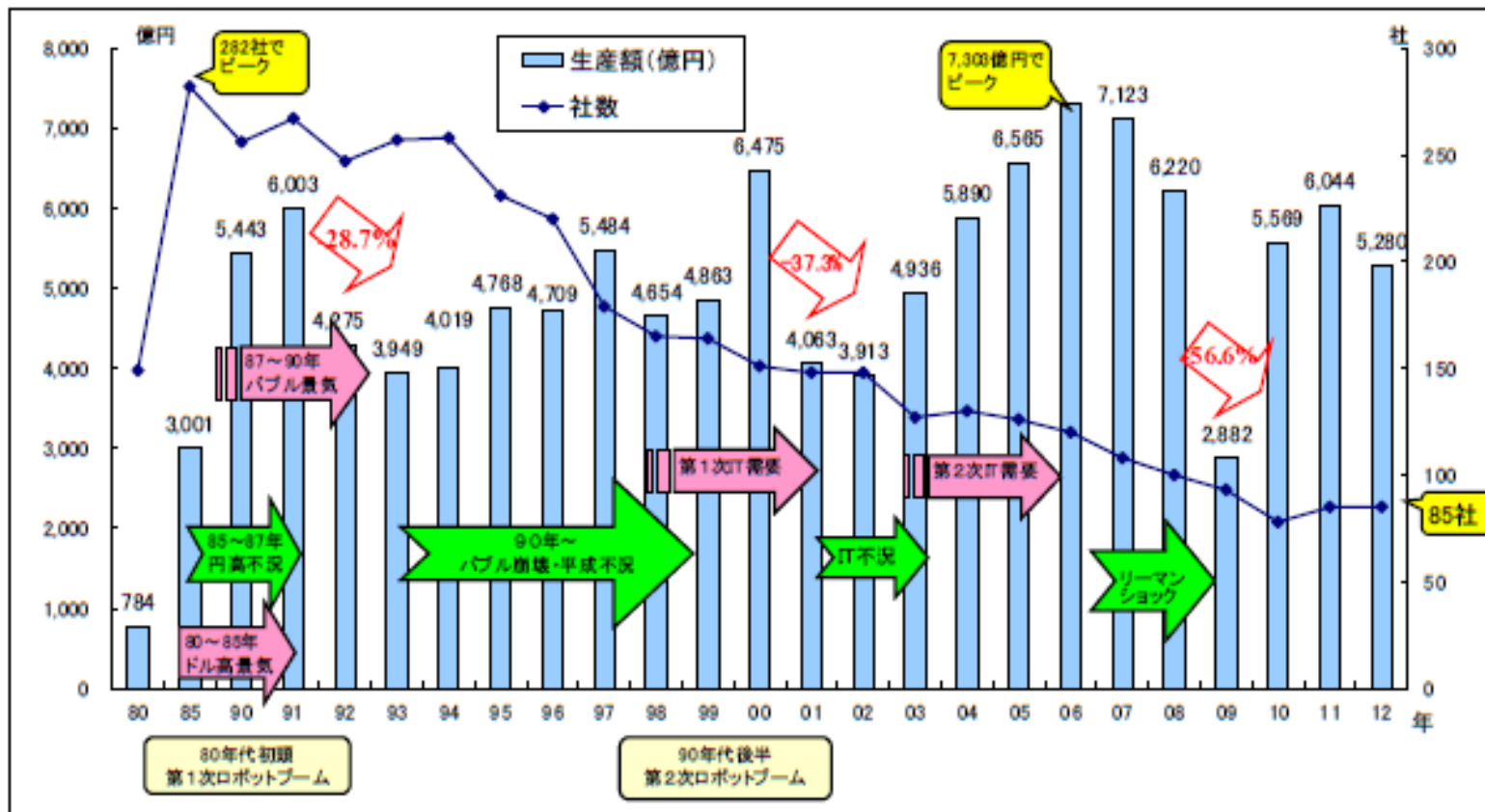


サービス・ロボット：市場予測



2-2. 日本ロボット産業の現状

日本のロボット生産額の推移



日本ロボット工業会調べ (出典: NEDO 2014ロボット白書)

国内ロボット産業を取り巻く諸環境

物流（運輸・倉庫・宅配など）業界における恒常的な人手不足

震災復興需要、東京五輪関連の事業、さらに従業員の高齢化などによる建設業界の今後長期に渡る人手不足

（2020年の東京五輪が終われば大規模工事は減るが、就業者数は減り続ける見通し。建設業界の就業者数は2013年に499万人。この3分の1が55歳以上。日本建設業連合会は、10年後に100万人の就業者が消えると見ている）

高度成長期に建設された、全国の道路や橋、トンネルなどインフラの老朽化に伴う点検や補修工事等の増加

（2014年7月には、道路の橋やトンネルの定期点検が地方自治体に省令で義務化された。約70万本ある長さ2メートル以上の橋梁や約1万本あるトンネルが対象）

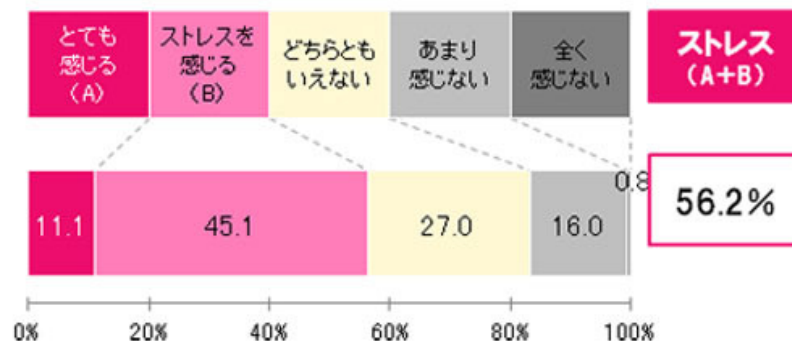
国内ロボット産業を取り巻く諸環境

社会の高齢化

晩婚化、一人暮らしの増加など社会変化



【グラフ3】お掃除ストレス

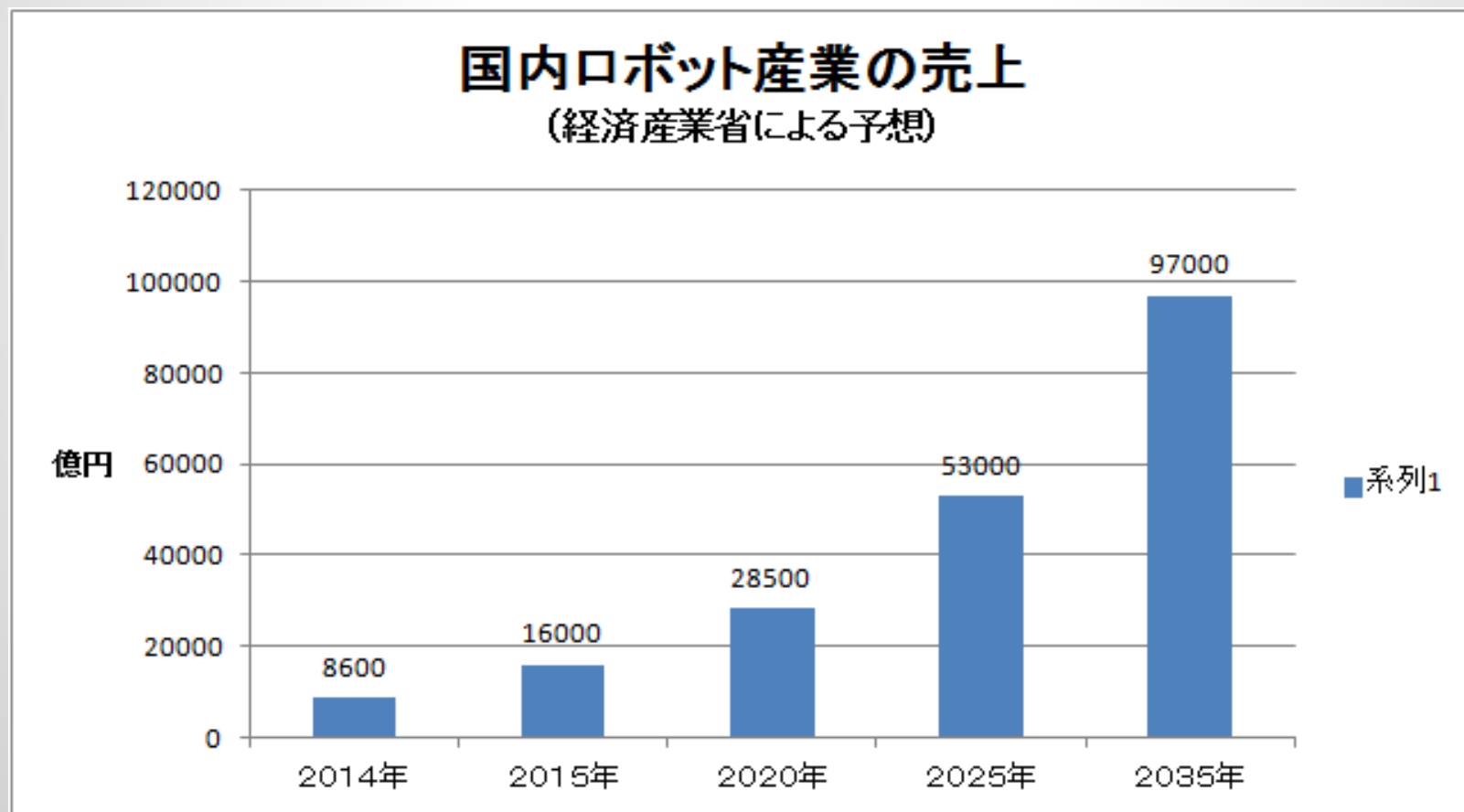


知性 (AI) を備えた機械やロボットが人間を助けたり、人間の仕事を代行する時代に

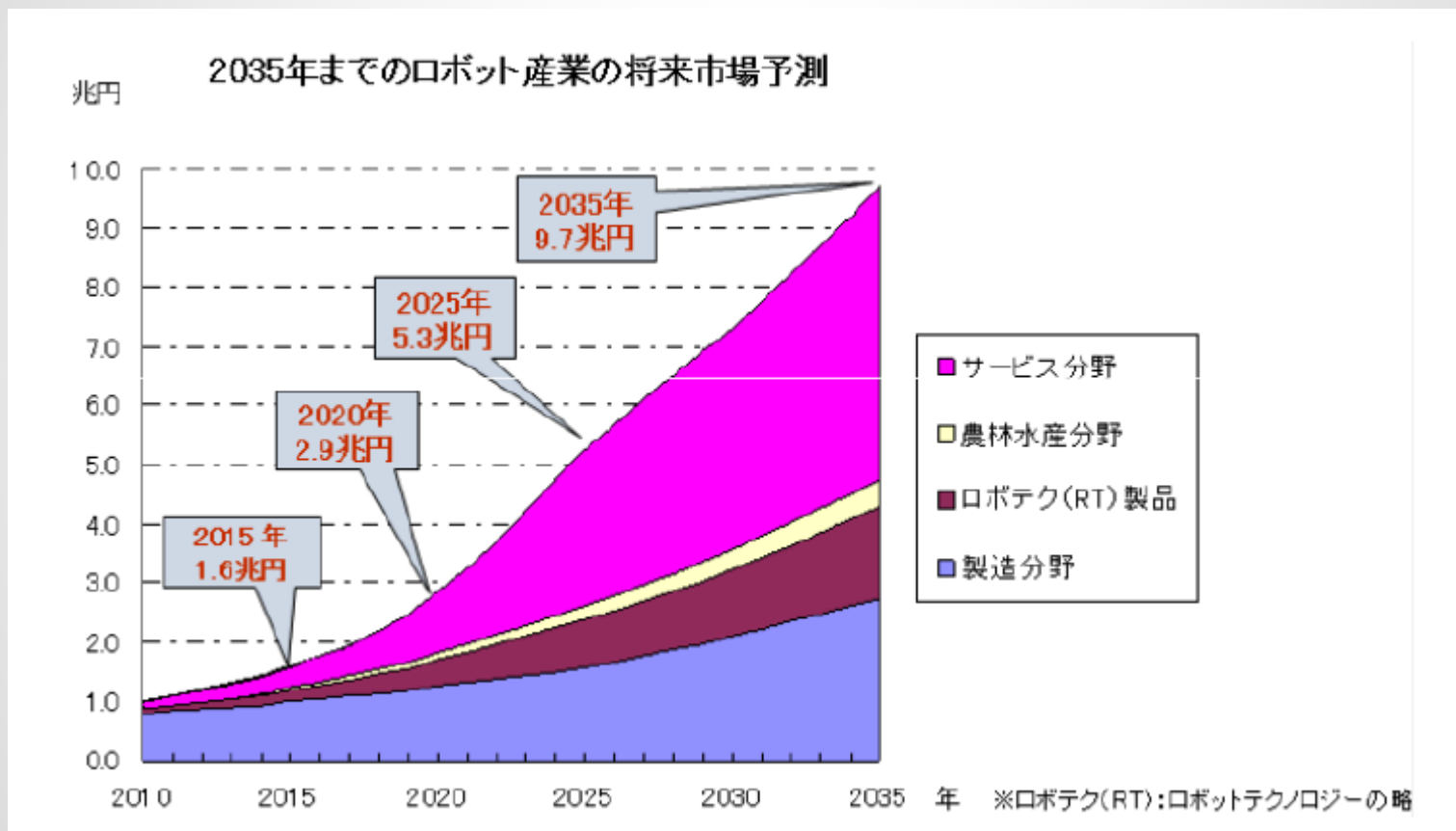
国内ロボット産業の成長予想

安倍政権の成長戦略にロボットが組み込まれた

「2020年までにロボット市場を現在（8600億円）の3倍以上にまで成長させる」



国内ロボット産業の分野別予測



出典：NEDO ロボット白書201

Robot Renaissance

全く新しいサービス・ロボットの数々



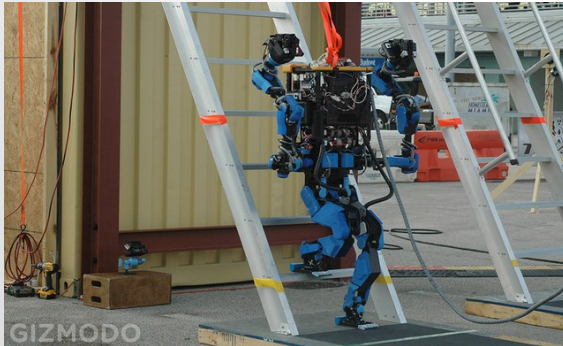
Robot Renaissance



Knightscope K5



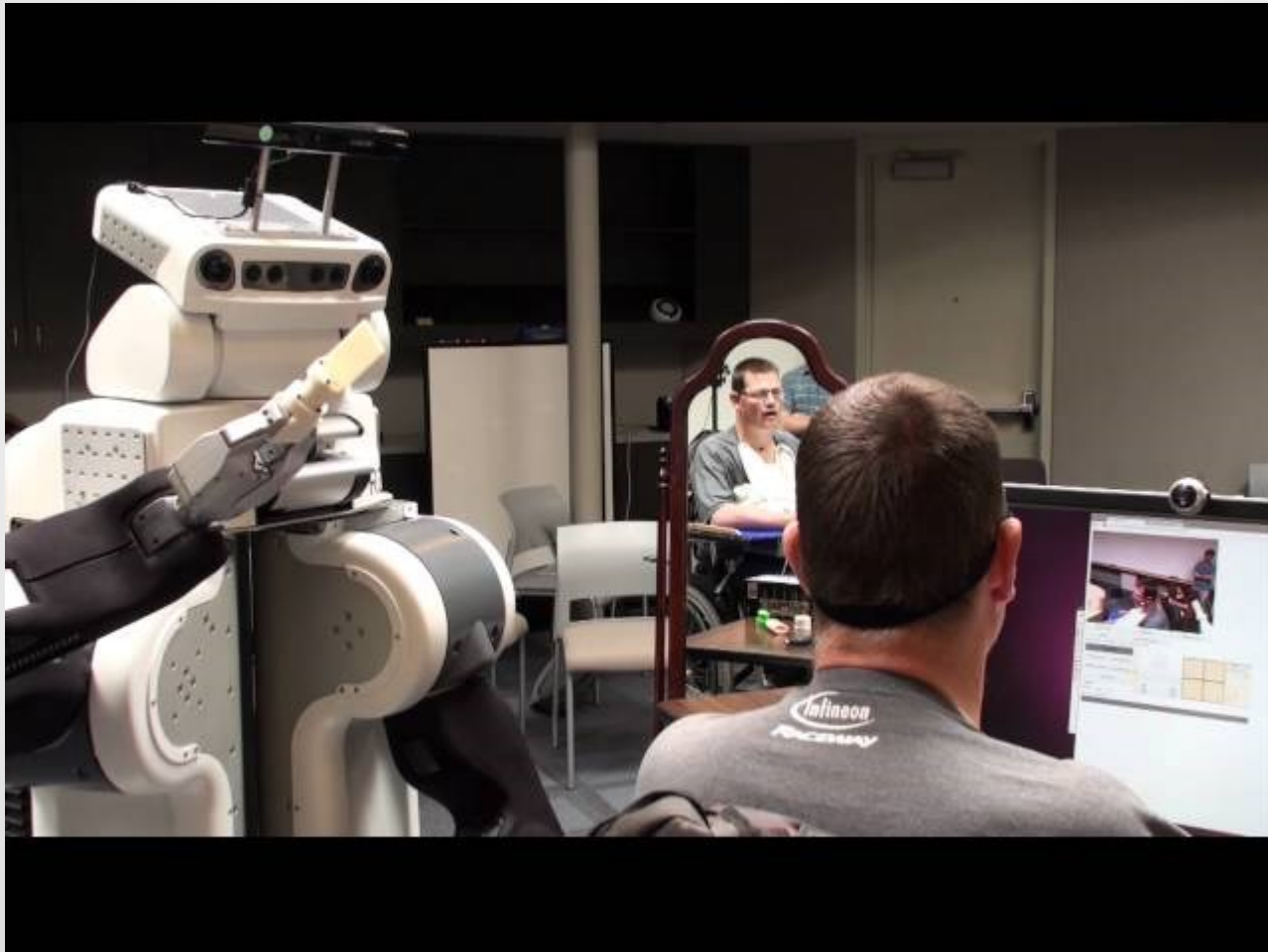
Robot Renaissance



過去の（商業的には不発に終わった）ロボット・ブームとの違い

- ①社会環境の変化：各種作業現場の高齢化による構造的な人手不足
- ②プロセッサなど部品価格の低下や3Dプリンタの普及などにより、ロボットの製造コストが低下
- ③アプリ × ロボット：ユーザーのニーズに応じてロボットをカスタマイズ可能
- ④無線インターネットの普及：スマホを使ってロボットを遠隔操作できる
- ⑤AI（人工知能）技術の発達：音声、画像認識など基本的なパターン認識能力がロボットに備わる

次世代ロボットの用途：介護



Willow Garage: Robots for Humanity project

皿洗いロボット : Fraunhofer IPA, Germany - IFR R&D Institute



サービス・ロボットの弱点：動きが遅い



サービス・ロボットの弱点：認識精度が低い



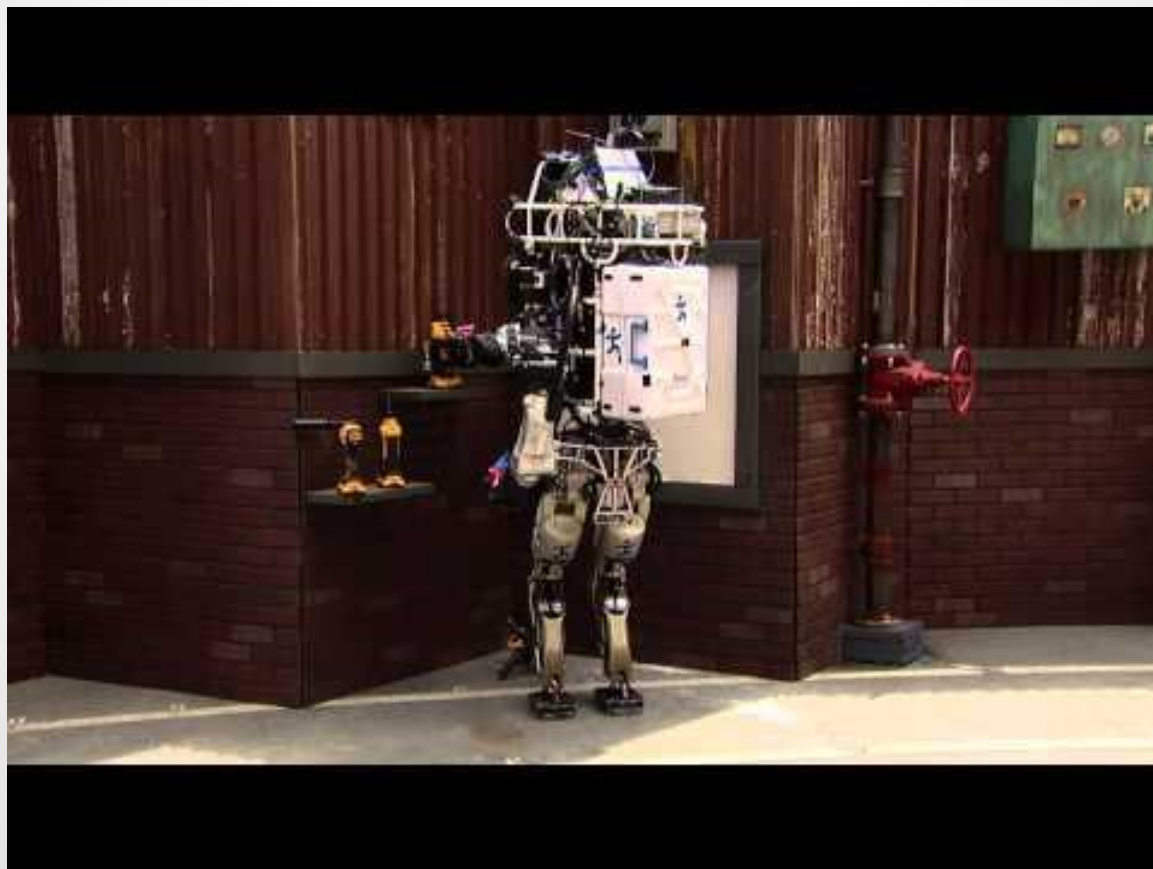
災害対策ロボットの實力



Darpa Robotics Challenge Qualifier, 2013年12月

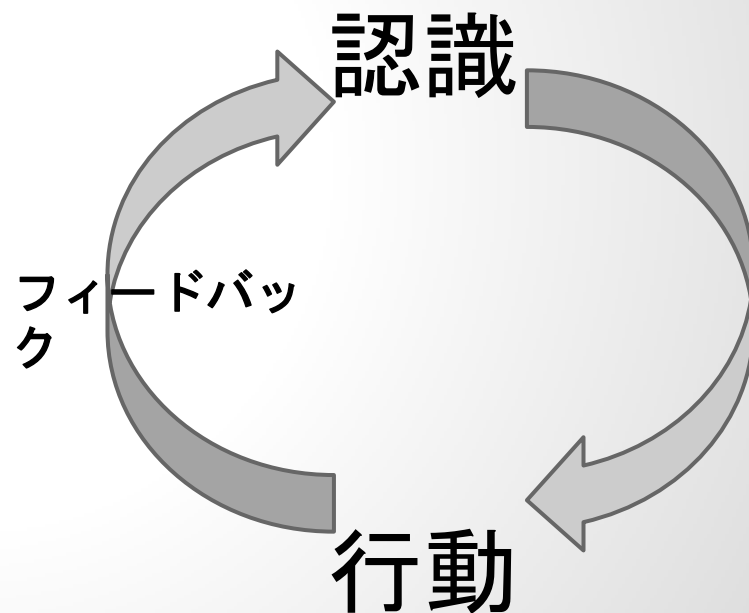
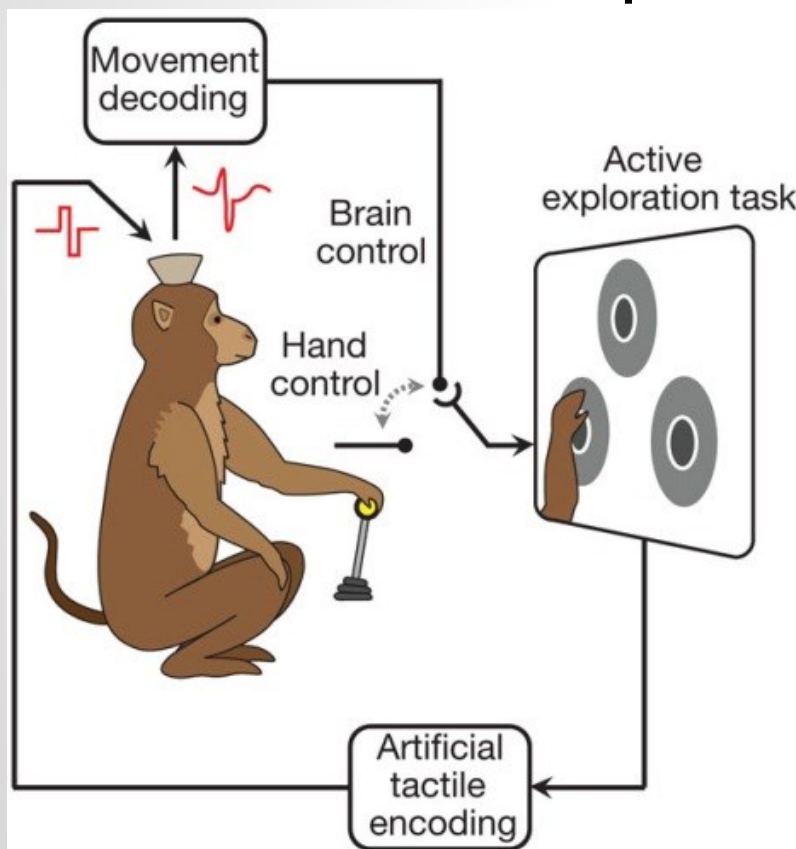
1年半経って、どうなったか？

DRC Final 2015年6月

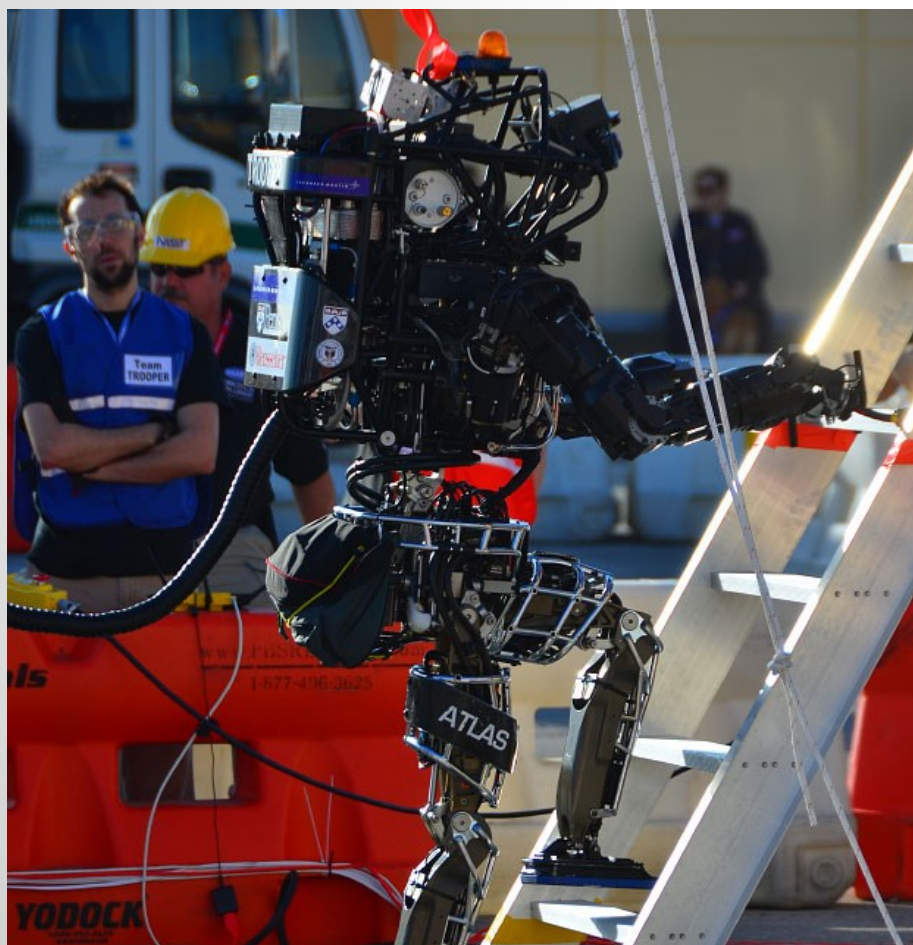


次世代ロボット開発へのカギ

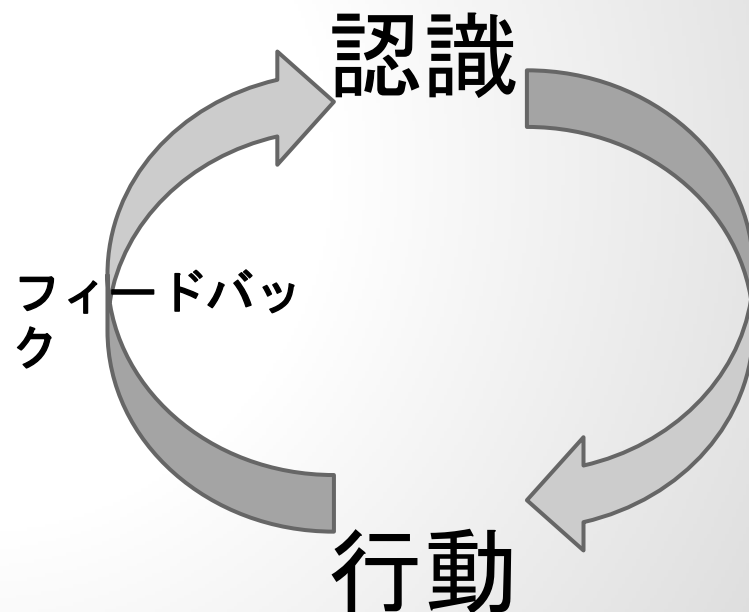
Sensor Motor Loop



なぜロボットは人間のように動けないのか



Sensor Motor Loop



人やサルなど動物には簡単にできることが、今のロボットにはできない。特に認識系の処理に時間がかかる

認識系の技術に問題

たとえば、これまでのロボットに使われてきたマシン・ビジョン技術では、作業台の上に広げられたセーターと、折り畳まれたセーターが同じものとは認識出来ない。台に置かれた際の形状が全く違うからだ。

たとえ形は違っていても実は同じものであると認識するためには、ロボットにディープラーニングやニューロモーフィック・チップのようなAI技術を搭載する必要がある。

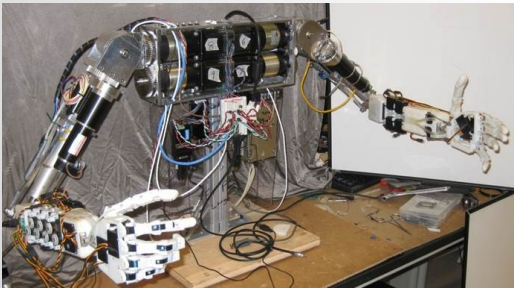


「違うもんやろ？」



サービス・ロボットが抱える最大の問題

外界を認識するA I（人工知能）が弱い
→ 画像認識や音声認識など、人間並みの認識能力を備えたA Iを開発して、ロボットに搭載する必要がある。

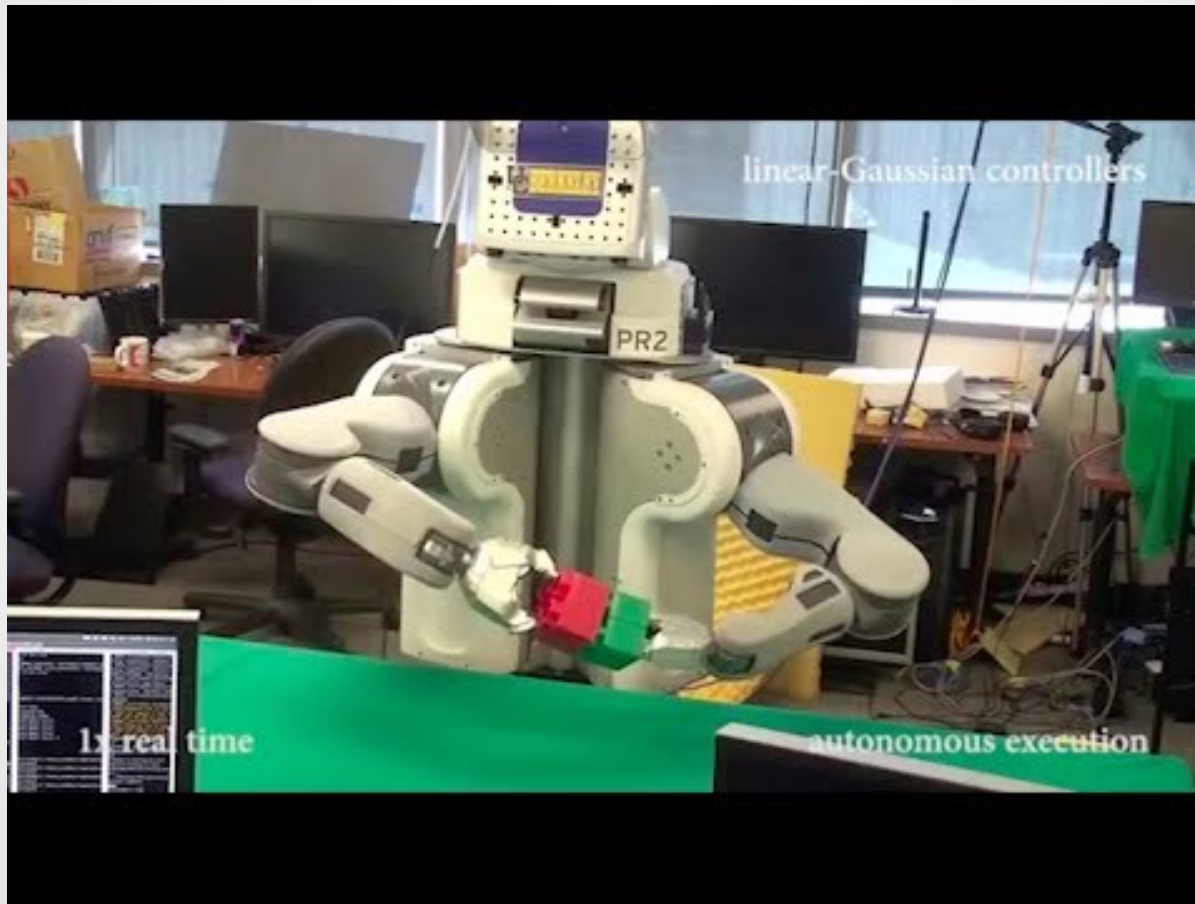


(body) is OK.



(AI) is the issue .

ロボットにディープラーニングを搭載



<https://www.youtube.com/watch?v=JeVppkoloXs>

脳の神経回路網を模倣したプロセッサの登場

IBM: シリコン基板上に脳の神経回路網を実装した「ニューロモーフィック・チップ（**Neuromorphic Processor**）」と呼ばれる補助プロセッサを開発：TrueNorth
Qualcommやベンチャー企業なども同様のプロセッサを開発中

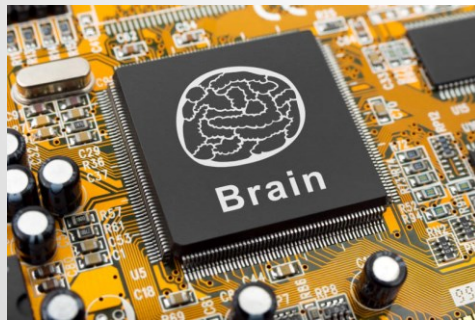
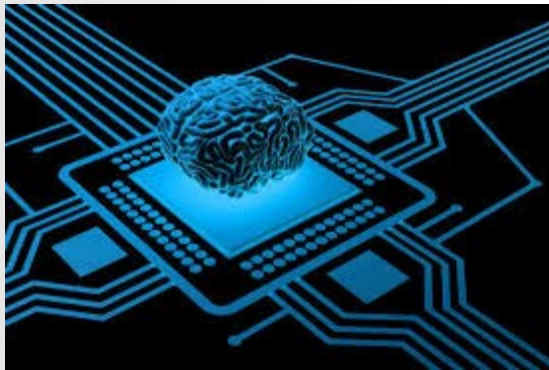
ニューロモーフィック・チップ（**Neuromorphic Processor**）

従来、ソフトウェアとして実現されてきたニューラルネットをハードウェア化したものと見ることができる。前述のディープラーニング・アルゴリズムを実行するのに最適なハードウェアとされる。

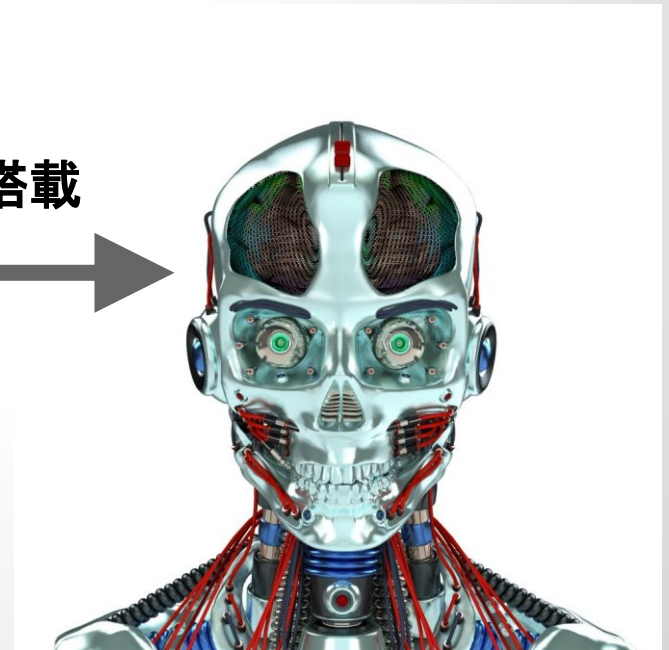


ニューラルネットを1チップ化

Neuromorphic Chip (Spiking Neural Net)



ロボットに搭載



自律性の高い各種サービス用ロボットの登場

ニューロモーフィック・チップなど脳の仕組みを取り入れたAI技術の導入により、各種サービス・ロボットが今後、急激に進化すると見られる。→ キャズム越え



Source: © Schunk GmbH & Co.



いずれは、こんなロボットも？


(今は、あくまでデモ・ビデオ。これは夢)



外界を認識し、人とコミュニケーションする
.libo

ロボット（AI）の言語能力

Some examples from ImageNet



motor scooter

motor scooter
go-kart
moped
bumper car
golfcart

grille

convertible
grille
pickup
beach wagon
fire engine

cherry

dalmatian
grape
elderberry
ffordshire bullterrier
currant

UBC Computer Science
© Copyright
Distinguished Lecture Series
May 30 15:51
Geoff Hinton
Recent Developments in Deep Learning

Deep Neural Netの実力（言語能力）

辺り

動画54分10秒目

同時通訳などにも応用



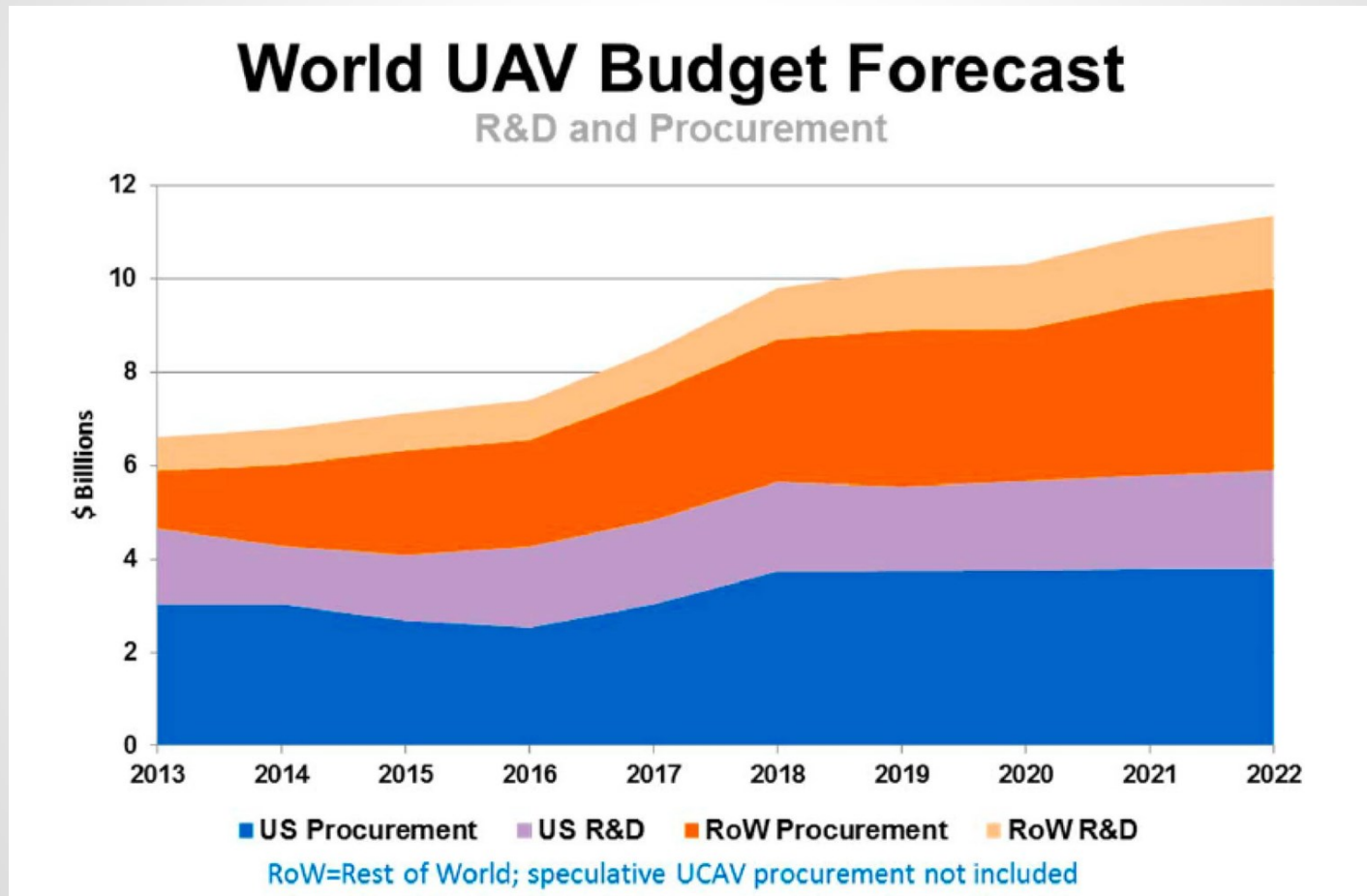
Skype TranslationはDNNを採用（ただし音声認識のみ）

3. ドローンの行方



withnews 2015年04月22日 ドローン、日本でも規制が 首相官邸に落下、テロ警戒も 長島一

無人航空機（UAV, Drone）



世界的に拡大する無人機市場：今後10年で10兆円市場になるとの見方も

ドローン（無人航空機）の現状

ドローンは「物資の輸送」「インフラの点検」「災害時の救助活動」など、「空の産業革命」と期待される一方で、トラブルの急増で風当たりも強くなっている。

例：米国では今年1月、ホワイトハウスの敷地内にドローンが墜落。日本でも今年4月、首相官邸の屋上でドローンを発見。善光寺などでもドローンが墜落。

安全性への懸念が払拭できない

2001年9月~2013年末までに、世界各地で起きた米軍無人機の墜落や衝突など重大事故は少なくとも418件に上る（米Washington Post）

418件のうち194件が被害額200万ドル（2億円）以上の深刻なクラスAに分類

ただし事故の大半はアフガンやイラクなど紛争国で発生。
米国内での事故は47件

無人機：安全性等への懸念



軍用以外でも、ホビー・娯楽用と見られる小型無人機が米シアトルやニューヨークのビルに衝突するなど事故が報告されている。

また歩行者にぶつかった無人機もある。

米国内では、2014年8月までの約5年間に274件の事故

無人機：安全性等への懸念

事故以外には、通常の航空機とのニアミスも多発している。たとえばニューヨーク上空では、旅客機と無人機が急接近し、パイロットが衝突を避けるために向きを変えろといった事件が、何度か管制塔に報告されている。

こうしたことからF A Aは、緊急時には無人機を破壊できるという、ルール作りを検討しているとされる。

プライバシーの問題も指摘されている。たとえば警察が無人機を使用した場合、そこから得られた情報がいかに使われるかも議論の対象となっている。

米国における無人機商用化の現状と今後の見通し

米国では個人が趣味で無人機を飛ばすことは、一定のルールの下、原則自由。しかし商用利用は、F A A（米連邦航空局）が規制をかけている。

現時点では軍、警察、消防など政府機関、ないしは（調査・研究目的に）大学などが無人機を利用している。

無人機をどう利用するかについては、現在、ニューヨークやテキサス州など全米6か所にテスト・サイトを設けて、ここで研究活動をしている。

ただしF A Aが規制をかける前から、既に使っている人たちがいる。たとえば一部の不動産業者が、不動産物件を売る際に、上空から無人機で物件を空撮して、買い手に見せるということをやっていた。しかし規制に抵触する恐れがあるとして業界団体が圧力をかけ、これを止めさせたことがある。

米国における無人機商用化の現状と今後の見通し

米政府（F A A）は、無人機の商用利用について、2017年末までに、運用基準を策定する予定。2015年2月に示された暫定案では、「有視界飛行に限る」「免許制の導入」「飛行高度は150メートル以下」など厳しい規制になりそう。

これに対しては産業各界からの強い反発の声：

「現場を知らない人たちに勝手にルールを決められたくない」（CNN関係者）

「ドローンがもたらす可能性はとて大きく、マイナス面を遥かに凌ぐ」（グーグル関係者）

米国における無人機商用化の現状と今後の見通し

これを受けF A A（規制当局）は態度を軟化

「企業から技術を学び、安全を配慮しながら同じゴールを目指したい」
（F A Aフェルタ長官）

有視界から離れた範囲での飛行時における課題などを企業と連携して調査することになった

当面は、これまで通り産業各界からの要請に応じて、F A Aは段階的に商用利用への認可を出して行く見込み

2014年6月：FAAは、英BPなど石油大手がアラスカ州内の油田調査に無人機を飛ばす計画を認可

2014年には米映画業界による空撮利用に認可

その後、農業や広告、さらにはアマゾンが要求している商品配送への利用などへと広がる。初期の商用化は、墜落時の危険が比較的小さい農業が先行しそう

ドローン：日本での利用状況

日本での法規制は米国よりも緩い（航空法の対象外として、趣味・娯楽用、商用利用のいずれにも規制はかけられていない）。

警備会社のセコムは、今年6月から不審者を追いかけるなど商業施設の警備に無人ヘリを導入する。

他にも、商品の配送やプラントの資材管理など、多方面の商用化に向けて、各社の準備が進んでいる。

ただし事故などの危険性もある。2014年4月には、名古屋で空撮していた無人機が繁華街に墜落し、操縦者が航空法違反の疑いで書類送検された。

ドローン 規制に向けた動き

そうした中、今年4月、総理官邸にドローンが落下し、規制に向けた議論が一気に加速し始めた
政府はドローン購入者の氏名、住所の登録義務など法整備を進める

地方自治体も自主規制のルール案作りに
例；水戸市・広報部 海外の規制を参考に自主ルールを策定

- ①上空からの撮影には、3人体制でドローン进行操作
 - ②人が多くない広い場所で飛行させる
 - ③機体の操作は上昇、下降のみ
- こうした運用ルールを条例化する可能性もある

メーカー（業界）側の対応

技術的対策：

- ドローンのプロペラに囲いをつけて、ビルの壁などに衝突したときの墜落を防止
- センサーとA I（人工知能）を搭載し、人や壁などにぶつからないよう、自動で方向を変える
- D I J（中国のドローン・メーカー、世界シェア7割）の日本法人は、総理官邸、皇居周辺1キロなど飛行禁止区域を設定。それらの区域では、機体が動かなくなるようにソフトウェアを更新。

メーカー（業界）側の対応

サービス面での対応：

- DJI ジャパンは今年5月に発売の最新機種「ファントム3」から保険付きで販売。三井住友海上と協力。
- 対人保険は賠償額が最大1億円、対物は最大5000万円
- ファントム3の販売価格は保険料込みで前機種の1割高
保険付きは当初、日本市場のみ。主に企業向けに販売。

4. 製品化が前倒しされる自動運転車

今、最も注目を浴びるAI応用製品

自動運転車 (Self Driving Car, Autonomous Vehicle)



主要各社の自動運転へのスタンス

グーグル：2017～2018年頃までに完全自動運転化をしたい

日産：2020年までには完全な自動運転化をしたい

トヨタ：技術開発は進めるが、商品化までは言及していない。「自動駐車」など部分的な自動運転は、すでに同社ミニバンなどで実用化している。

米GM：2017年までには、（高速道での走行や自動駐車など）部分的な自動運転化をしたい

米Tesla Motors：2016年までには、（高速道での走行や自動駐車など）部分的な自動運転化をしたい

独Daimler（Benz）：2020年頃までには完全な自動運転化をしたい。また2025年までに大型トラックの自動運転を実現したい

グーグルと既存の自動車メーカー：考え方の違い

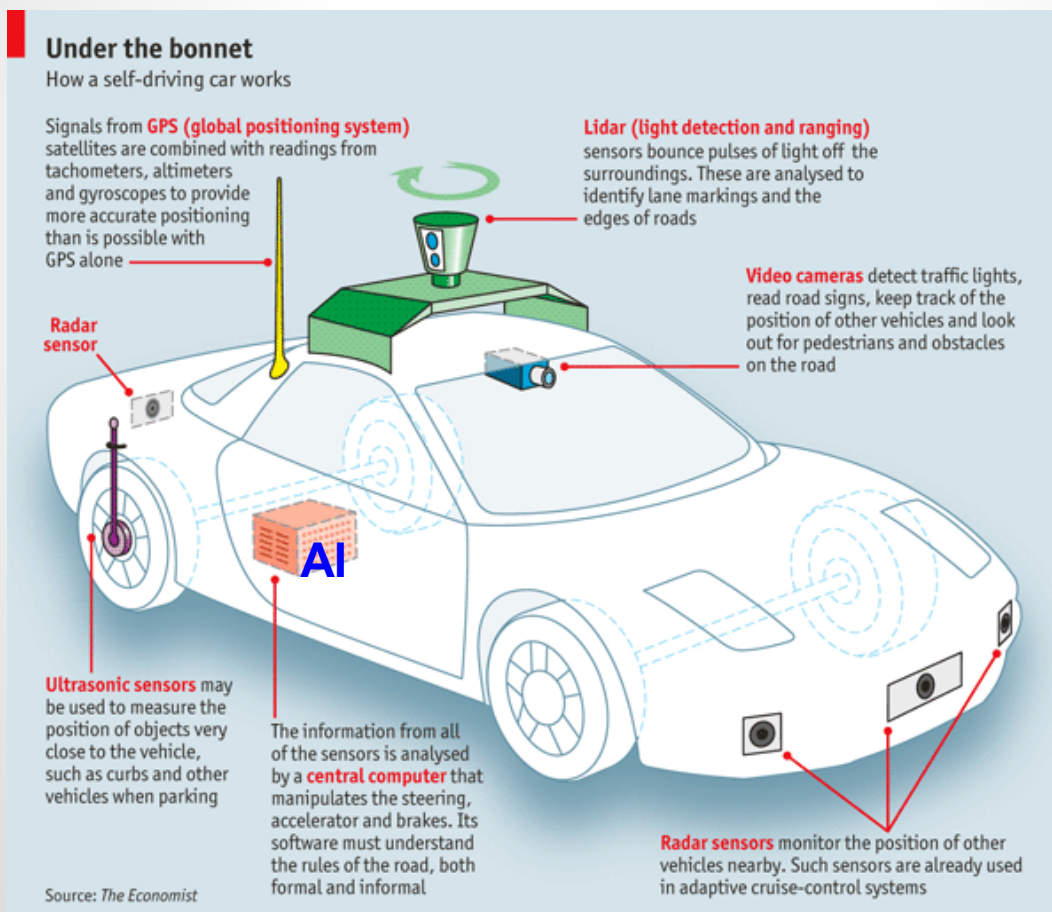
グーグルにとって、自動運転車とは社会システムや人々の生き方を変えてしまう**革命的な製品**

既存の自動車メーカーにとって、自動運転車とは現在の各種安全システム（自動ブレーキ等）の延長線上にある**ドライバー支援システム**

→ 「IT」 v.s. 「自動車」産業の主導権争い

自動運転車の基本的な仕組み

多彩なセンサーから集めたデータをAIで処理



ポイントとなるのはハードよりもソフト（A I）

各種センサーなど部品の値段は量産化に伴い下落し、コスト・パフォーマンスは上がる

製品差別化の要素はむしろソフト（A I）

グーグルはA I を中心とするO S（基本ソフト）を全世界の自動車メーカーに提供すると予想される

車載AIの仕事

- ①自分の行動計画を立てる：地点A → 地点B
- ②自分が今、いる場所を特定
- ③自分の周りにはいる歩行者や障害物、他のクルマの場所を把握
- ④自分の動きをコントロール

車載AIの基本はベイズ理論

ベイズ定理（ルール、理論）

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$

↓
式の形を少し書き直すと・・・

$$P(B|A) = ((P(A|B) \div P(A)) \times P(B))$$

事後確率

実験・測定・観測などの
結果

事前確率

車載 A I のカルマン・フィルター

移動体の場所を確率的に把握

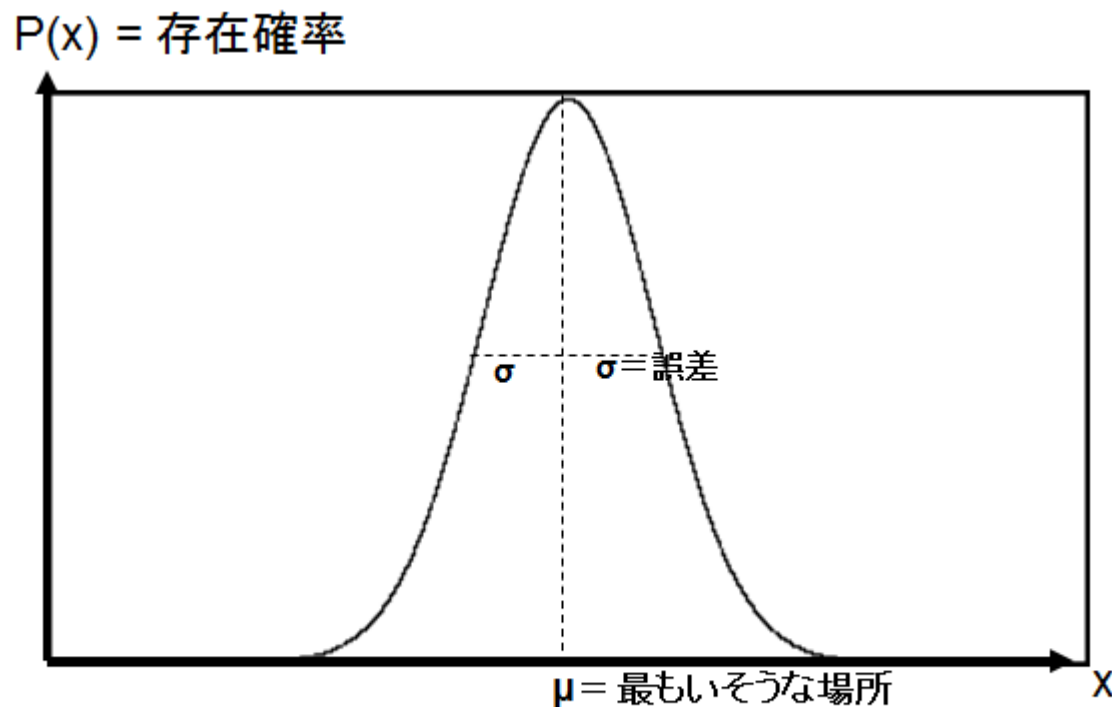


図2 正規分布曲線

カルマン・フィルターの原理

計測とベイズ定理の適用を繰り返して誤差を収束させていく

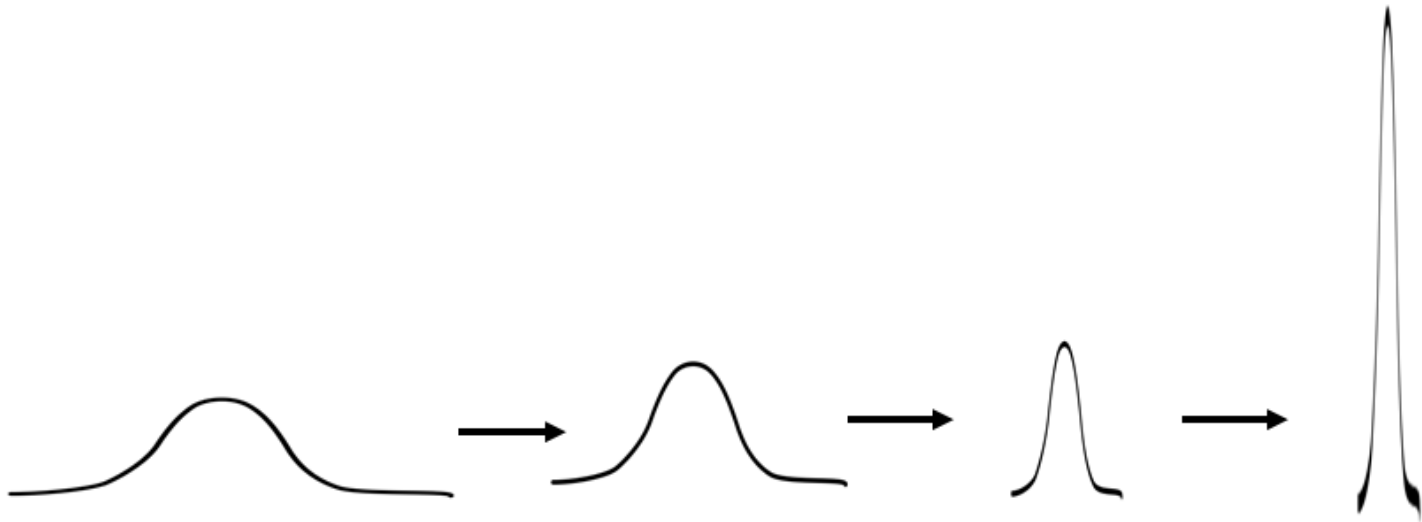
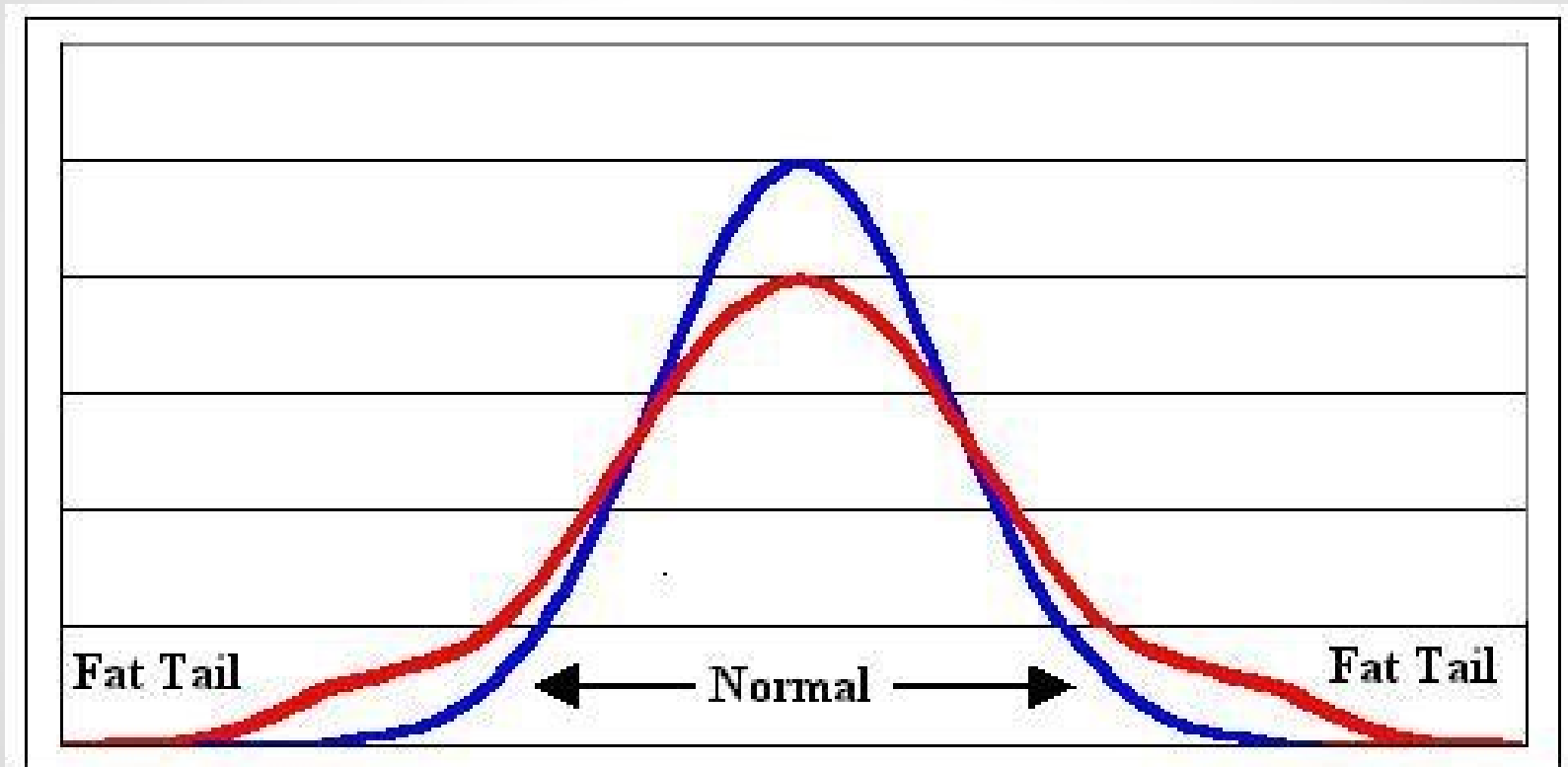


図3 カルマン・フィルターの原理

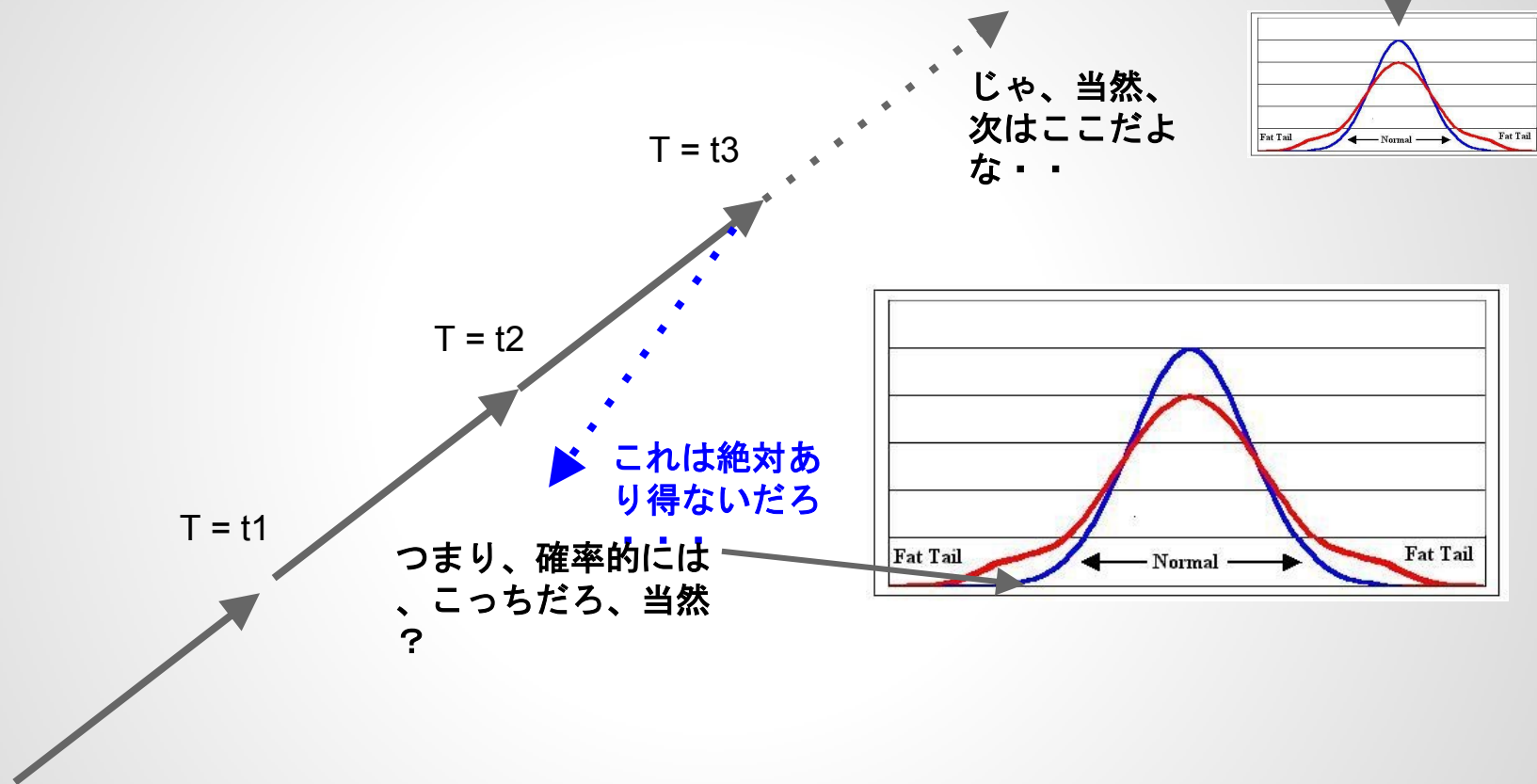
センサーによる位置測定とベイズ定理の適用を繰り返すことで、誤差を徐々に収束させて、移動体の位置を正確に把握する

統計・確率型 A I に潜む危険性



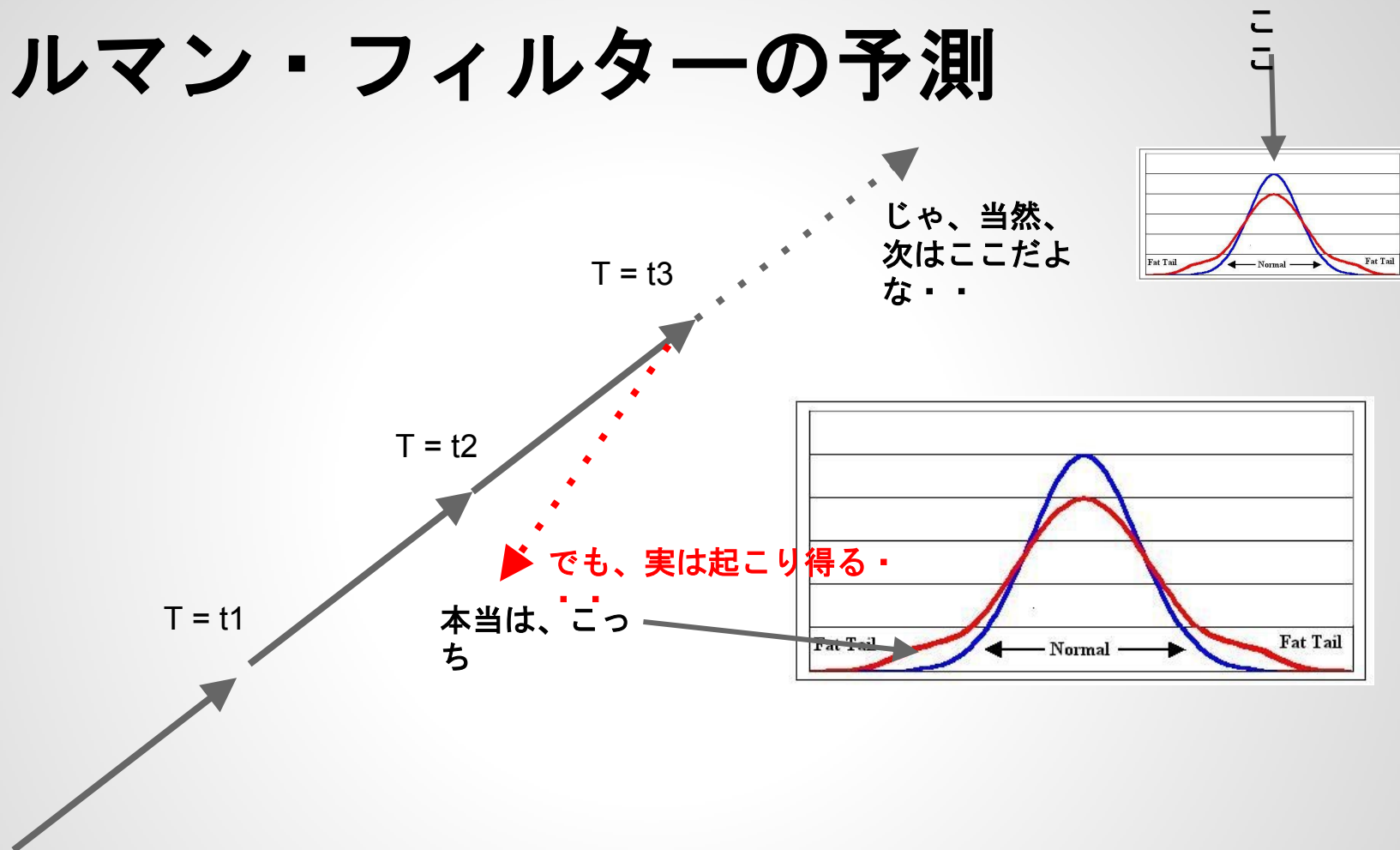
ファットテール問題

カルマン・フィルターの予測



正規分布的な考え方、予想

カルマン・フィルターの予測



正規分布的な予想の陥穽

統計確率的AIの限界

「（統計確率的アプローチに従う）自動運転車は、人間の脳とは別の仕方でもノを認識している。

このやり方だと、仮に自動車のフロントガラスに蠅（ハエ）が止まっただけでも、それを小石のような重大な障害物として急停車してしまうかもしれない。

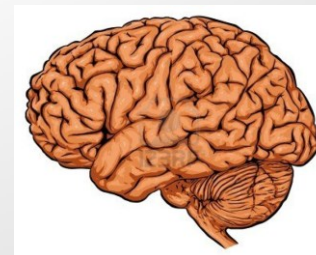
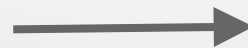
蠅を蠅として認識するには、人間と同じ認識機構を導入するしかない。逆に言うと、そこまでしない限り、自動運転車の実用化はできないだろう」

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$



Bruno Olshausen

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$



自動運転車へのディープラーニングの導入

NvidiaとAudiが共同開発：Tegra X1 + Drive PX

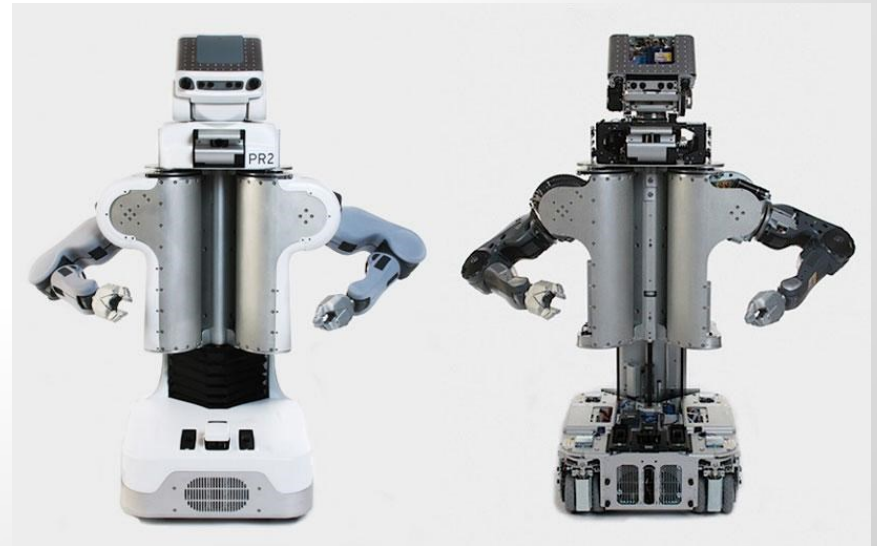


5. グーグルのロボット参入

次世代ロボットの開発

ここ数年、次世代ロボット開発のリーダー格と目されていたのが、スタンフォード大学出身の研究者が中心になって起業した「Willow Garage」というベンチャー企業（2006年設立）。

彼らは「ROS（Robot Operating System）」と呼ばれる基本ソフトを開発し、これを各種サービス・ロボットに搭載される業界標準OSにしようと、無料で一般公開してきた。



Willow Garage , ROS, PR2



Willow Garageの内部分裂

Willow Garage

→

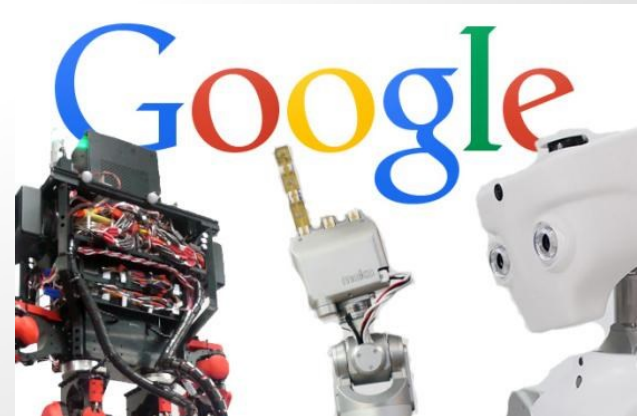
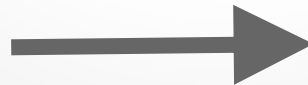
- ① Willow Garage（大幅に人員・業務を縮小）
- ② Open Source Robotics Foundation(OSRF) :
ROSの普及・配布を行う団体
- ③ Suitable Technologies : PR2の開発
- ④ Redwood Robotics（Googleに買収された）
- ⑤ Holomni（Googleに買収された）

Willow GarageからGoogleへ

Willow Garageは登記上は現在も存在するが、事実上は昨年、内部分裂を起こして、幾つかのロボット・ベンチャー企業へと分かれてしまった。

これらを買収したのがGoogle。従ってGoogleは今後、Willow Garageの野望を受け継いで、新たなロボット産業における業界標準OSの開発に乗り出す。

このOSを、同じく昨年買収した日本のSCHAFTや米Boston Dynamicsなどの技術と組み合わせて、様々な業界で活躍するサービス・ロボットを開発すると見られる。



Google Robotのターゲット

ニューヨーク・タイムズやウォールストリート・ジャーナルの報道によれば、Googleが最初にそうした次世代ロボットの投入を目指している分野は、意外にも自動車や電機など製造業。

こうした業界の工場では従来の産業用ロボットが何台も稼働しているが、一方で製品の組み立て作業など未だに人手に頼っている工程も残されている。

ここに人間の労働者を代替する、あるいは人間と共同作業できる器用なサービス・ロボットを投入すると見られている。

まずはここから入って、いずれは流通業や小売業、宅配業などサプライ・チェーン全域へとロボット市場を拡大していく腹積もりだ。

GoogleのAI・ロボット計画

まず自動車産業から入って、AI・ロボット技術の影響範囲を拡大していく



車載AI→AI OS



工場 (Industry 4.0)

物流 (倉庫・配送)

電力 (Smart Grid)



家庭 (Smart Home)



医療、介護



Wearable Devices

6. 日本企業はどうすべきか？

日本企業のスタンス

「日本のロボット業界関係者は恐らく、中国市場の次は東南アジア市場に（従来型の産業用ロボットを）売ればいいと考えている。

しかし、その流れが終わったとき、先進国で普及し始めているのはGoogleなど米国勢が今後開発する新型ロボットになっている。

日本のロボット・メーカーがそれに対応できなくなっていたら、もう後がない。Googleは我々にとって脅威としか言いようがない」

（日本の大手ロボット・メーカーからスタンフォード大に派遣留学した日本人研

日本企業に突き付けられた課題

無線操作ロボットか、それともA I搭載の自律型ロボットか？

Googleとどう向き合うか（GoogleからAI OSの供給を受けるか、それとも自社開発するか）？

次世代ロボットの完成品に挑戦するか、それとも部品供給に徹するか？

ロボット開発の最前線は自律（A I）型へ

次世代ロボットは人との関わりが多くなっていくので、「人とぶつかったら（ロボットの）手を引っ込める」といった最低限の自律性（A I）は必須

環境が予測できない屋外や危険な作業現場などで稼働するロボットにも、転んだときに自力で立ち上がったたり、側溝にはまったときに脱出できるような自律性は必要

AI搭載の次世代ロボットは自主開発すべき

理由1：グーグルなど米IT企業が提供するAI OSに依存すると、スマートフォン・ビジネスの二の舞になる。つまり日本企業は部品供給業者、あるいは下請け的な役割に終わり、利益率の大きいシステム・インテグレーションの部分は米IT企業にとられてしまう。

理由2：時間的な余裕がある。この分野で確かにグーグルは先行しているが、まだ開発の緒についたばかり。日本企業はこれまでの産業用ロボットで培った制御駆動系の技術をベースに、最先端AIの研究開発に早急に着手すれば、十分間に合う。

次世代ロボット用AIはディープラーニング



Andrew Ng: 「もし私が現在のロボットを進化させるとしたら、私の持っている全ての時間をディープラーニングの研究に費やす必要がある」

ディープラーニングの応用範囲は今後、急速に拡大する

音声・画像などパターン認識→自然言語処理→ロボット工学

次世代ロボットと工場革命

Industry 4.0：製造業を中心とする動きで、その基本コンセプトは「つながる工場」。インターネットを介して工場内外の物やサービスが連携することで、今までにない価値を生み出したり、新しいビジネスモデルを構築する。

具体的には、「ほぼ無人の工場で、ベテラン技術者のノウハウを取り込んだロボットが動く」「機械に取り付けたセンサーが、故障予測のデータを発する」・・・といったコンセプト。

日本と同じく製造業が盛んなドイツを中心に提唱されており、自動車や家電など日本メーカーの関係者も強い関心を持っている。

欧州の先端ロボット技術



Automatica 2014

Sparc (欧州)

欧州ロボティクス協会を中心とするロボット共同開発プロジェクト

欧州ロボティクス協会：欧州のロボット関連企業など約180社・団体に構成する業界団体



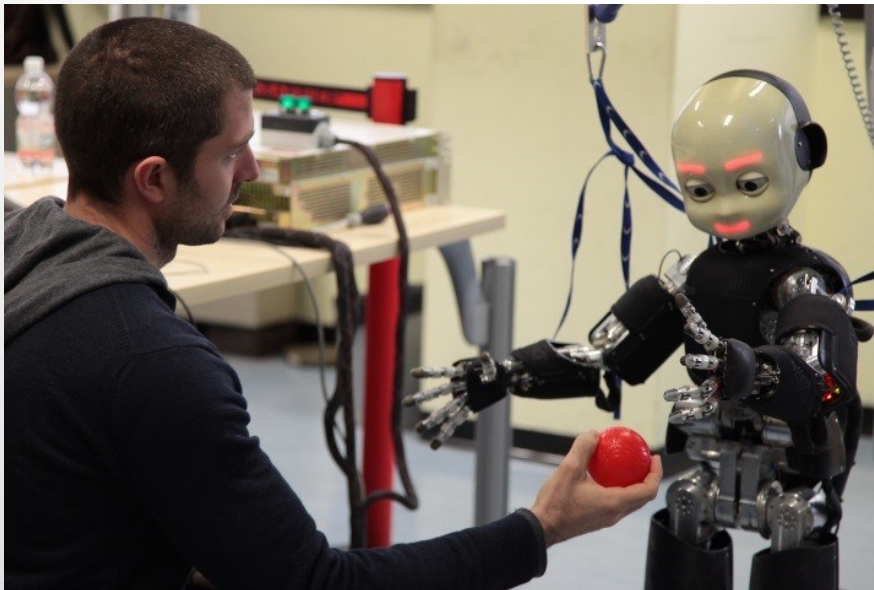
Sparc (欧州)

資金総額は28億ユーロ (約3900億円)

欧州ロボティクス協会が21億ユーロ、欧州委員会が7億ユーロを拠出

欧州勢が強い産業用ロボットに加え、医療や介護、家事、農業、運輸など幅広い分野でロボットの研究開発を進める。

研究開発で1万2000人、付随するサービスも含めた関連産業全体で24万人の雇用創出を狙う



Industry 4.0に対する日本の製造業界の反応

過去の合理化の経験から、工場の完全自動化には懐疑的

1980年代の通産省主導のAI開発プロジェクト「第5世代コンピュータ計画」挫折の記憶が関係者の間に残っており、AIに対しても不信感をぬぐいきれない

現在のA I は過去のA Iとは別物

2006年以降のニューラルネットの発達
Spiking Neural Net

Neuromorphic Chip → ロボットに搭載へ
人間のよう外界を認識し、器用に動くことのできるロボットが実現される公算が高くなってきた

→ 工場自動化への引き金にもなり得る、日本メーカーは要注意

講師プロフィール

小林 雅一（こばやし・まさかず）

KDDI 総研 リサーチフェロー、情報セキュリティ大学院大学 客員准教授

東京大学・理学部物理学科卒、同大学院・理学系研究科修士課程了。

東芝、日経BPなどを経て現職。

著書に『AIの衝撃 人工知能は人類の敵か』（講談社現代新書、2015年）、

『クラウドからAIへ アップル、グーグル、フェイスブックの次なる主戦場』

（朝日新書、2013年）など多数。