



# 人工知能概論～AIの基本的理解のために～

*Basic understanding to AI: AI's our friend*

2019.08.07  
株式会社サイエンスハウス 会長  
飯箸泰宏  
一般社団法人協創型情報空間研究所 事務局長

皆さん、おはようございます。私は、飯箸と言います。  
人工知能については今日から他の先生方からもそれぞれの専門分野のお立場  
の説明がされると思います。  
私は、それらのお話に先立って、全部をまとめて、人工知能とは何かについ  
て解説することにいたします。

# 自己紹介

## <概要>

一般社団法人協創型情報空間研究所 事務局長 東和IT専門学校講師  
システムハウスの元社長 株式会社サイエンスハウス代表取締役 37.5年  
元科学ジャーナリスト 10年 / 元大学等講師 38年

## <教育経験> ※教え子の総数8,000人超

大正大学(国際文化)/明治大学(法・情コミ)/法政大学(工)/武蔵野美術大学(デザイン情報)/慶応大学(経営)/国士舘大学(理工)/早稲田大学(教育・院)  
駿台電算機専門学校/日本電子技術専門学校など  
中小企業大学校(通産省・経産省傘下)

## <学歴>

都立足立高校(ビートたけしと同級生)  
東京大学理学部化学科卒  
東京大学理学部情報科学科研究生修了

## <経営経験>

経営 各種システムハウス、出版社、電算印刷業、データエントリ業、自動車教習所ほかの代表取締役・社長  
顧問 化粧品メーカー、映像制作会社、ファッションWEB販売業、医療機器販売業、社会的企業ほかの顧問

## <主な業績>

ラスタ・ベクタ変換(特許)、世界初フレーム型人工知能システムの開発、精密誘導アルゴリズム開発、世界初MMLシステムの開発、電力館展示コンサルタントなど。

私は、長くシステムハウスを経営しながら、大学等でシステム系の教員もしてきました。長期間にわたる教員生活のため、教え子は8000人を超えていると思います。

実業の世界ではラスタ・ベクタ変換(特許)、世界初フレーム型人工知能システムの開発、精密誘導アルゴリズム開発、世界初MMLシステムの開発、電力館展示コンサルタントなど多数の事案を手掛けてきましたが、なかでも第二次人工知能ブームの前半で、初フレーム型人工知能システムを世界で初めて大規模実用システムに実装することに成功したことは忘れがたい思い出です。以来、人工知能の理論と現実を後進に伝えることを使命としてきました。

。他の経歴については、配布資料をご覧ください。

# 0. 本日の要点

●人工知能とは何か、ディープラーニングに限定されない基礎知識をお話します。

1. なくなる仕事と残る仕事(日本)
2. 本物を知っていますか？
3. 時代は変わる
4. 人工知能システムの歴史と基本形
5. 知識表現
6. AI はアルゴリズムの一種
7. 特徴表現の機械学習理論の例
8. 脳神経系と人工知能(仮説)
9. 人間の知恵は必要ないか(1)
10. 人間の知恵は必要ないか(2)
11. 必要な学習課題

今回は、お話しする時間が限られていますので、ここに書きましたようなポイントに絞ってお話いたします。

# 1. なくなる仕事と残る仕事(日本)

人の心を読まなくてよい仕事はなくなる。

人の心を読む仕事は残る。

人工知能やロボット等による代替可能性が高い100種の職業(50首順、並ひは代替可能性確率とは無関係)

人工知能やロボット等による代替可能性が低い100種の職業(50首順、並ひは代替可能性確率とは無関係)

<ul style="list-style-type: none"> <li>心臓オペレーター</li> <li>一般事務員</li> <li>清掃工</li> <li>生産事務員</li> <li>受付係</li> <li>A.V. 遠端機器組立・修理工</li> <li>事務員</li> <li>NC 切削盤工</li> <li>NC 盤工</li> <li>設計製造員</li> <li>加工係製造工</li> <li>組付係事務員</li> <li>学校事務員</li> <li>カメラ組立工</li> <li>機械木工</li> <li>検査員、検・マシン管理人</li> <li>CADオペレーター</li> <li>検査係理人</li> <li>教育・研修事務員</li> <li>行政事務員(国)</li> <li>行政事務員(県市町村)</li> <li>銀行窓口係</li> <li>生産中絶工</li> <li>生産組立工</li> <li>生産材料製造検査工</li> <li>生産組立工</li> <li>生産プレス工</li> <li>クリーニング取次店員</li> <li>計器組立工</li> <li>管渠員</li> <li>経理事務員</li> <li>検収・検保係員</li> <li>検針員</li> <li>計器作業者</li> <li>ゴム成形工(タイヤ成形を除く)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子計算機保守員(IT保守員)</li> <li>電子部品組立工</li> <li>電車運転士</li> <li>道路(パトロール)係員</li> <li>日用品検査ショップ店員</li> <li>バイク検配店員</li> <li>検電員</li> <li>検針検査係員</li> <li>ビル施設管理技術者</li> <li>ビル清掃員</li> <li>新築清掃員</li> <li>物品購買事務員</li> <li>水産物加工品組立工</li> <li>スーパー店員</li> <li>生産現場事務員</li> <li>製パン工</li> <li>製粉工</li> <li>製菓作業員</li> <li>検査・管理係員</li> <li>清涼飲料ルートセールス員</li> <li>石綿検査オペレーター</li> <li>セメント生産オペレーター</li> <li>機械部品組立工</li> <li>倉庫作業員</li> <li>惣菜製造工</li> <li>食品包装工</li> <li>製菓作業員</li> <li>新築作業員</li> <li>有害廃棄物回収員</li> <li>レシボ</li> <li>有価証券員</li> <li>レンタカー営業所員</li> <li>路線バス運転士</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アートディレクター</li> <li>アウトドアインストラクター</li> <li>アナウンサー</li> <li>アロマセラピスト</li> <li>木匠士</li> <li>医療ソーシャルワーカー</li> <li>インテリアコーディネーター</li> <li>映画監督</li> <li>映画カメラマン</li> <li>映画編集</li> <li>エコノミスト</li> <li>音楽教室講師</li> <li>学習員</li> <li>学校カウンセラー</li> <li>観光(スカイ)</li> <li>教育カウンセラー</li> <li>クラシック音楽家</li> <li>4コマ漫画家</li> <li>クアソロジー</li> <li>経営コンサルタント</li> <li>芸能マネージャー</li> <li>ゲームデザイナー</li> <li>外科医</li> <li>言語聴覚士</li> <li>工機デザイナー</li> <li>広告デザイナー</li> <li>国際協力専門家</li> <li>コピーライター</li> <li>作楽療法士</li> <li>作曲家</li> <li>作曲家</li> <li>雑誌編集者</li> <li>建築カウンセラー</li> <li>漫画家</li> <li>和楽器奏者</li> <li>和楽器奏者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バーテンダー</li> <li>俳優</li> <li>はり師・きゅう師</li> <li>美容師</li> <li>評論家</li> <li>ファッションデザイナー</li> <li>フードコーディネーター</li> <li>舞台演出家</li> <li>舞台美術</li> <li>ウェブデザイナー</li> <li>フリーライター</li> <li>プロデューサー</li> <li>ペンション経営者</li> <li>産産</li> <li>放送記者</li> <li>放送ディレクター</li> <li>報道カメラマン</li> <li>法政評論</li> <li>マーケティング・リサーチ</li> <li>マンガ家</li> <li>ミュージシャン</li> <li>メイクアップアーティスト</li> <li>書・ろう・盲学校教員</li> <li>幼稚園教員</li> <li>理学療法士</li> <li>料理研究家</li> <li>旅行会社カウンター係</li> <li>レコードプロデューサー</li> <li>レストラン支配人</li> <li>舞臺エンジニア</li> </ul>
---	--	--	--

参考: <http://shyosei.cocolog-nifty.com/shyoseilog/2018/04/-88-03c6.html>

「なくなる仕事と残る仕事」というと、オズボーン氏の「雇用の未来 (THE FUTURE OF EMPLOYMENT Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne. September 17, 2013)」が有名ですが、その研究はもっぱらアメリカを対象とするものでした。日本では、その2年後、オズボーン氏の協力も得て、野村総研が同様の研究をしています。野村総研の研究成果はアメリカの研究よりもより詳細です。

その成果から、2030年には「日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能に」としたものが、研究成果の骨子ですが、このスライドでは、なくなる仕事を左の枠に、残る仕事は右の枠内に書いています。

産業革命以来1970年代までは「単純反復労働」が労働人口の過半数を占めていました。その後の情報化と機械化の進展で「単純反復労働」が減少に転じて、2000年代になるとこれに代わって資格仕事が労働人口の主流になってきました。しかし、その資格仕事が、なくなる仕事(左側)と残る仕事(右側)とに分かれてきています。なくなる仕事(左側)と残る仕事(右側)の違いは何でしょうか。

なくなる仕事(左側)はおおむね人と接したり人の気持ちを汲んだりすることがなくとも仕事ができる職種です。残る仕事(右側)は教育、育児などのように人と接して相手への心を読み解く力が必要な職業です。クリエイターや漫画家もヒトの心を読み取れなければ仕事はできません。アメリカの報告も、この日本の報告も明言していませんが、なくなる仕事は「人の心を読ま

くてもできる仕事」、残る仕事は「人の心を読む仕事」ということができるでしょう。

つまり、2045年に人工知能が人を超える（シンギュラリティ）などと言われています（2045年問題）が、人工知能が発達しても当面の間は「人の心を読む仕事」は残ると思われます。すでに人工知能化の時代に突入していますが、皆さんの仕事がなくなることはありません。皆さんの未来の主な職域は「人の心を読む仕事」となるでしょう。「人の心を読む仕事」に就いて、皆さんが、人工知能を使い倒す時代になっていると私は思います。

## 2. 本物を知っていますか？ --(1)

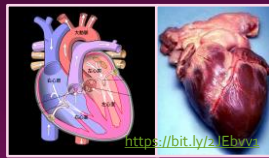
### 作る人も、使う人も

たとえば、人工心臓を作るエンジニア、施術する医師、人工心臓管理技術認定士は、本物の「心臓」を知らなくて大丈夫？

ありえな〜い。



人工心臓モデル



人の心臓

「人工知能」とよく似た言葉に「人工心臓」というものがあります。

「人工心臓」を作ったり、「人工心臓」を患者の体に取り付ける医師は、本物の心臓を知らない人だろうか。本物の心臓を知らずに人工心臓は作れないし、できた人工心臓をどうやって人体に取り付けたらいいか分からないだろう。

「人工心臓」を作ったり、扱ったりする者は本物の心臓を知る必要があるということです。

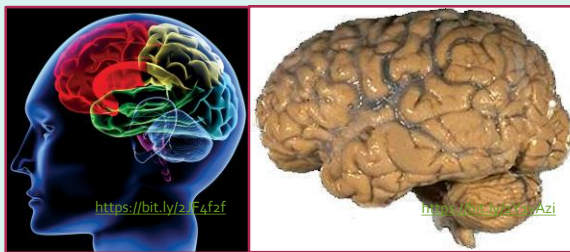
## 2. 本物を知っていますか？ --(2)

### 作る人も、使う人も

では、「人工知能」は？ 本物の「知能」を知らなくても大丈夫？ **ありえな〜い。**



人工知能



人間の知能

それでは、「人工知能」はどうでしょうか。

本物の知能を知らずに人工知能は作れないし、できた人工知能をどうやって現実世界で扱ったらいいか分からないだろう。

「人工知能」を作ったり、扱ったりする者は本物の知能を知る必要があるということです。

## 2. 本物を知っていますか？ --(3)

### 「狭義の人工知能」と「広義の人工知能」

アルゴリズム	数理解法 (厳密解)	演繹と計算	解析的解法	
			数値計算	
自然アルゴリズム		経験的知識と 経験的推論	狭義の人工知能	推論と探索 (検索と条件分岐) 知識工学 (知識ベースと推論エンジン) ニューロコンピュータ (深層学習を含む) その他 補足: ヒトの脳の拡張人工頭脳 単位技術の例 ・事例ベース推論 ・グラフ探索 ・モンテカルロ法 ・セールスマン巡回問題 ・深層学習 (DL) ・その他
			広義の人工知能	群知能 (蟻や蜂など社会的生態を持つ生物の賢い判断) 遺伝的アルゴリズム (環境最適化を図る遺伝子選択の仕組み) アニーリング (部分最適化から大域最適化に変化する焼きなまし) その他 補足: ヒト以外の賢い動作を真似て拡張しているもの 実際は、「広義の人工知能」の多くの技術は、ヒトの脳の中にもほぼ同一の思考プロセスがあることが予感されている。脳内活動を明示化する手段が乏しいので、外部に手本を求めているとも解釈できる。

人工知能というものは、アルゴリズムの一種です。広い意味では、自然アルゴリズムと同じと言ってもよいでしょう。そもそも、知能はヒトだけのものではないでしょうか。チンパンジーやゴリラに知能を見ることはかなり一般的です。犬や猫にもそれなりの知能を認めることも一般的でしょう。たとえば、蟻が広い地表のどこかに餌を見つけるとたちまち仲間たちが集まって、効率的にえさを巣に運びます。一匹一匹の行動は極めて単純で知能を持つように見えませんが、それが集団になると極めて効率的で賢い行動になっています。彼らの動きを真似た知性は「群知能」と呼ばれます。複雑な条件が絡む環境に最も適した解を求めるには、種の保全のために遺伝子の組み合わせを変えて環境適応性最大化を図る生物の知恵を真似たアルゴリズムは進化論的アルゴリズムまたは遺伝的アルゴリズムと呼ばれます。自然アルゴリズムが手本にしているのは生物ばかりではありません。熱した金属などを急冷させると原子の配列が部分的最適化の状態に固化してしましますが、焼きなましすると原子配列が変化してより大域的な最適化が起こります。この原理を真似るアルゴリズムをアニーリングと言います。これらも自然のなりわいをよく知らないで作ることも使うこともできません。「自然に近いアルゴリズム」を作ったり、扱ったりする者は本物の自然の所業を知る必要があるということです。

表を見れば一目瞭然ですが、深層学習 (ディープラーニング) は、人工知能の大切な単位技術の一つです。しかし、単位技術はたくさんありますから、



人工知能の全部でもありませんし、他の技術を塗り替えたわけでもありません。たとえば、プロの棋士を負かしたことで有名になった人工知能「アルファ碁 (AlphaGo)」は、「モンテカルロ法」を基本の要素技術にすえて、深層学習 (ディープラーニング) という別の単位技術がこれを補強しているものです。「アルファ碁 (AlphaGo)」は、「深層学習 (ディープラーニング)」だけからできていたわけではありません。また、誤解が多いので、申し添えますが、「厳密解」でもないことに注意してください。時間も限られていますから、ここから先は、狭義の人工知能について絞ってお話をさせていただきます。

### 3. 今は、脳の時代へ

時代は、(1)「人工知能 (AI)」と (2)「脳活技術 (ブレインテック)」に向かっている。

(1) 人工知能 (AI) ---ヒトの脳を真似た拡張人工臓器

<https://bit.ly/2JBDmfs>

(2) 脳活技術 (ブレインテック) ---ヒトの脳に直接インターフェイスを結びつける拡張機能

<https://bit.ly/2xSgyBC>、<https://bit.ly/2Z9AETy>

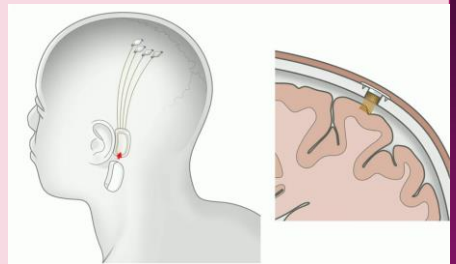
(1) 人工知能

(2) 脳活技術 (ブレインテック)



← 飯著、2018年度農業AI分科会資料

<https://gigazine.net/news/201907-17-elon-musk-neuralink/>  
 イーロン・マスク氏など →



狭義の「人工知能」と「広義の人工知能」というお話をしましたが、「狭義の人工知能 (この後は、単に「人工知能」と言います)」に隣接した領域に、もう一つ似た技術があります。

それは「脳活技術」や「ブレインテック」と呼ばれるものです。

「人工知能 (狭義の)」は、「ヒトの脳を真似た拡張人工臓器」を作って活用しますが、「脳活技術 (ブレインテック)」は生身の脳という臓器を直接使用するものです。

「脳活技術 (ブレインテック)」は人工臓器を作らずに、生身の脳をそのまま利用する技術です。脳の特定の部位にクリップを使って伝導ケーブルをつないで、義手や義足を思いのまま操るなどの研究がこれにあたります。脳波で義手や義足を動かす研究もありましたね。この分野も急速に進歩しています。

両者はよく混同されますが、「人工臓器を作るのか」か、「生身の脳をそのまま活用する」かという点で別物なのです。また、別物ですが、両方共に生身の脳の働きをよく知らなければ実現できないという共通点も存在しています。

今後は、「脳科学」と「人工知能」と「脳活技術 (ブレインテック)」が、相互促進的に三つ巴になりながら進化していくと思います。人工知能をより良く発展させるためには、「脳科学」や「脳活技術 (ブレインテック)」もやぶにらみで睨みながら進める必要があります。

# 3. 時代は変わる

時代は、(1) 「人工知能 (AI)」 と (2) 「脳活技術 (ブレインテック)」

**脳皮質: 進化が止まっている。**

- 辺縁皮質: 本能的行動
- 間脳: 自律神経中枢
- 中脳: 立ち直り反応
- 橋: 脳神経との連絡
- 延髄: 心肺機能調節

**脳活技術 (ブレインテック)**

- 推論と探索 (前頭前野部の新皮質) <第一次ブーム>
- 手続き型知識 (運動野の新皮質と頭頂葉の新皮質) <第二次ブーム>
- 宣言型知識 (側頭葉の新皮質と頭頂葉の新皮質)
- ディープラーニング (小脳の一部と後頭葉の一部) <第三次ブーム>
- AI化未完成 (大脳の新皮質以外と脳幹) <第四次ブーム?>

**現時点のAI研究の重大課題**

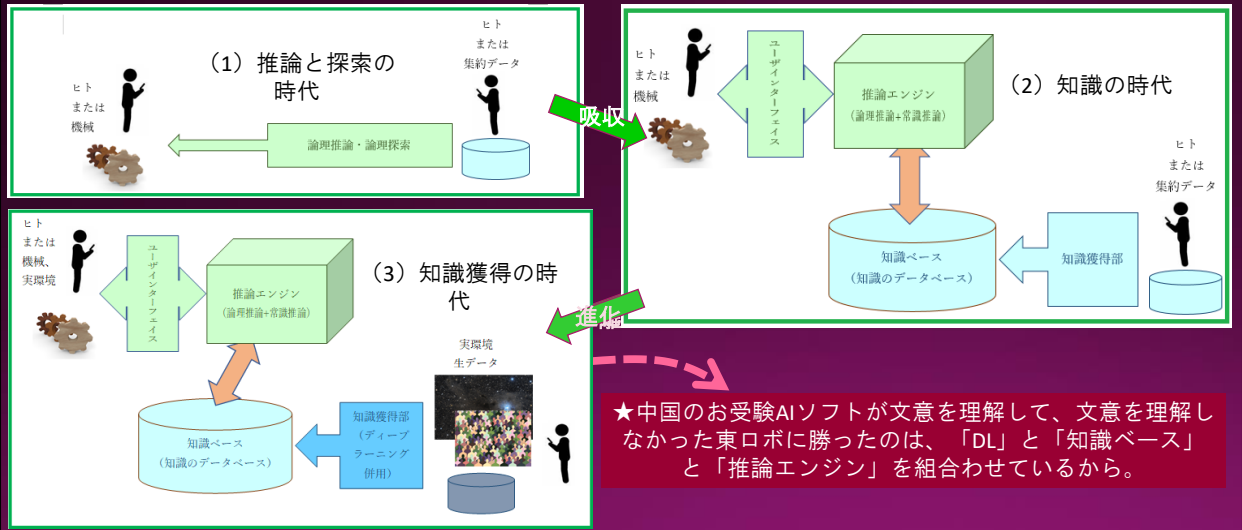
- ★「ディープラーニング部」が「知識部」や「推論探索部」と連結していない。
- ★大脳新皮質一部以外はほとんどAI化されていない。
- ★生存に直結する部分が空白である。
- ★日本では、脳科学を無視する「計算知能」派が「脳科学」を排している。 (脳科学が中国の興隆の秘訣)

[http://www.itoortho.or.jp/n2002\\_2.html](http://www.itoortho.or.jp/n2002_2.html)

本日、お話しするのは、ヒトの脳の人工臓器を作って、活用する「人工知能 (狭義の)」です。

この図についての詳しい説明は、後ほどさせていただきます。

## 4. 人工知能システムの歴史と基本形



人工知能には長い歴史があります。「人工知能 (Artificial Intelligence)」という用語が歴史上初めて使われたのは、1956年7月から8月にかけて行われた「ダートマス会議」を呼び掛けた提案書です。現代的な意味での人工知能はここに始まると考えられています。

この会議では「コンピュータ」、「自然言語処理」、「ニューラルネットワーク」、「計算理論」、「抽象化」と「創造力」がすでに議論の対象になり、これらの研究は今でも続けられています。

その後の人工知能はいつも順調だったわけではなく、ブームと冬の時代を繰り返しました。

(1) 第1回AIブーム: 推論と探索の時代 1956年-1974年 / (2) 第2回AIブーム: 知識工学の時代 1980年-1987年 / (3) 第3回AIブーム: ディープラーニングの時代 2016年-

(1) 推論と探索のテクニック駆使して解を探索することが主流だった時代です。この研究を進めるうちに論理的推論には限界があり、実際には膨大な常識や経験知が必要であることに気づかされることになり、研究は低調になりました。その冬の時代を通して、膨大な経験的知識と経験的な推論のルールを持つことが必要であるとして、これらを研究する知識工学が台頭しました (2) 知識工学をベースにして、膨大な常識や経験知を知識のデータベース (知識ベース) と経験的な推論のルールの体系 (推論エンジン) を持つ新

しいタイプの人工知能が発達しました。飯箸らは、この時代の前半でミンスキーが提案した「フレーム理論（心の社会学）」を手掛かりに、造船支援システムを完成し、当時の造船不況を救った実績を持っています。しかし、膨大な常識や経験知を矛盾なく網羅したり、経験的な推論のルールも矛盾なく整理して格納するのは、人間が個人の知力と記憶力に頼って行うことしか方法がなかったので、当時の人工知能は飯箸らが到達したレベルを超えることはできず、たちまち停滞に向かうこととなりました。膨大な知識とルールを入力して保守するのは人智を超える難行でしたので、知識とルールをヒトの力ではなく、自動的にできるようにしたものが望まれました。（3）ニューラルネットワーク（深層学習=ディープラーニング）がこれを成し遂げたのです。つまり、このときのニューラルネットワーク（ディープラーニング）は、もともと第二次ブームの時代に作られた人工知能を補強するいわば補助技術であり、取って代わるものではありません。東大お受験ソフト「東ロボくん」プロジェクトが失敗に終わったのは、経験的知識と経験的推論の電子的な解である「知識ベース」と「推論エンジン」を採用しなかったからです。プロジェクト終了後の昨年（2018年末）、NTTデータが後継研究を実施して「辞書式の検索方式を用いて、得点を10点以上押し上げることに成功した」と伝えられています（プライベート・コミュニケーション）。「辞書式の検索方式」とは「事例ベース推論」の原始的な形式と推定されますが、「知識ベース」の一種を採り入れたことを意味しています。私は、「東ロボくん」プロジェクトが立ち上がる当初から「事例ベース推論」と「深層学習（ディープラーニング）」の組み合わせで攻めるべきであると述べていましたが、「東ロボくん」をはるかに超えた中国のお受験ソフトは、私が提唱していたこの組合せ方式を取り入れていると推定されています。

# 5. 知識表現

## 1. プロダクションルールの例

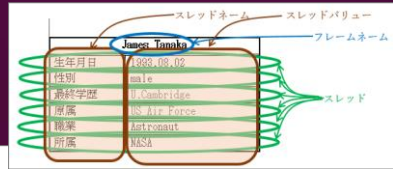
- ①もし、君が彼女が好きならば、デートに誘うために②に進む。  
さもなければ、⑩に進む。
- ②彼女が映画好きならば映画にさそって、⑩に進む。  
さもなければ、③に進む。
- ③彼女が海が好きならば海岸ドライブに誘って、⑩に進む。  
さもなければ、④に進む。
- ④彼女が食事が好きならば食事に誘って、⑩に進む。  
さもなければ、⑤に進む。  
...
- ⑩彼女がOKならばデートに行って②に進む。  
さもなければ、⑩に進む。  
...
- ②③彼女が君の手を握ってくれたら、...
- さもなければ、...
- ⑩何事もなかったように、「またね」と言って別れる。

(補2) フレーム表現の例

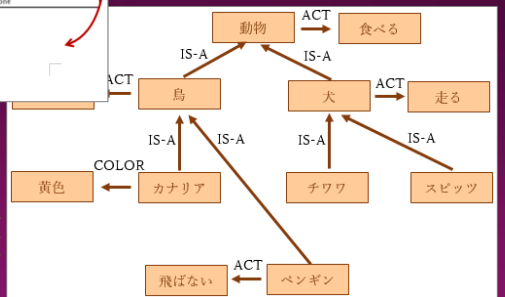
Jason Tanaka	
生年月日	1993.08.02
性別	male
最終学歴	U. Cambridge
所属	RAF Air Force
職業	RAF Pilot
所属	RASA

1993.08.02 生まれ	
人物 1	鳥、黄色、ツリノ首の動物(鳥)
人物 2	James Bond (アクション)
人物 3	Donald Sutherland (ボクサー)
人物 4	鳥目 (野生、鳥)
人物 5	Jason Tanaka (宇宙飛行士)
人物 6	Xiang Bai (ボクサーの選手)
人物 n	Astrone



## 2. フレーム表現の階層構造例



## 3. 意味ネットワーク

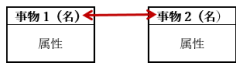
URL: [https://www.kindai.kagaku.co.jp/suppr/r/0356/09\\_1011](https://www.kindai.kagaku.co.jp/suppr/r/0356/09_1011より、一部改変)  
より、一部改変

### (補1) ユニット表現の例

(1) ユニット表現

事物 (名)
属性

(2) ユニットの連携 (並列)



経験的な知識や経験的推論を記述して、コンピュータで扱いやすくするに、様々な表現方法が編み出されています。

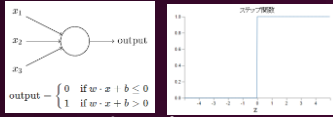
それらの表現方法を総称して「知識表現」と呼びます。

ここに引用したものは、代表的な例です。「1.プロダクションルール」は、この例のように「もし～～ならば、～～し、そうでなかったら～～をする」という分の羅列から構成されます。まともな処理をさせようとすると数千行～数万行の「もし～～ならば、～～し、そうでなかったら～～をする」を書かなければなりません。人間がこれを書いたり、他のところから別の「もし～～ならば、～～し、そうでなかったら～～をする」のかたまりをいただいて、混ぜて使おうとすると、どこかに矛盾が生まれたり、ある事案がどの条件にもあてはまらずに処理が漏れてしまったりしてしまいます。個別の知識、すなわち「もし～～ならば、～～し、そうでなかったら～～をする」の一つ一つがバラバラではなく、一次元的に並べたものなので、見通しが悪く、間違いが起りやすい欠点を持っています。

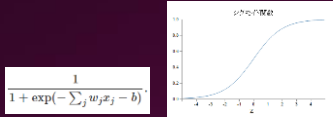
ヒトの知識を矛盾なく体系的に整理するためには、知的に優れた人ならば誰しもがしているように、「知識をピラミッド型の階層構造（～ツリー構造）にする」とことと「個別の知識がツリー構造を無視して自由に結びつくネットワーク構造を作ること」が有効です。「知識の階層構造（～ツリー構造）を作るうえで、最も自由度が高いものは「フレーム型の知識表現」で、「知識のネットワーク」をあらわす知識表現の代表的な例になります。

このスライドには書いてありませんが、個別の知識の間に矛盾があってもよいとする知識表現もあり、その代表例が「事例ベース」で、これを使った経験的推論の方法を「事例ベース推論」と言います。

## 6. 特徴表現の機械学習理論の例

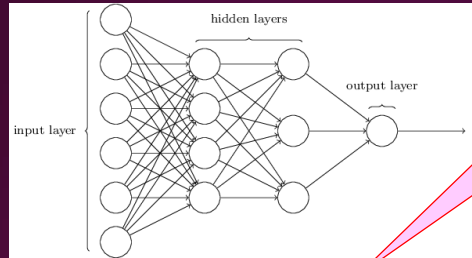


パーセプトロン



シグモイドニューロン

$$\frac{1}{1 + \exp(-\sum_j w_j x_j - b)}$$



多層パーセプトロン(=多層シグモイドニューロンのこと)

Michael Nielsen 「ニューラルネットワークと深層学習」(「同」翻訳プロジェクト)  
[http://nnadi-ja.github.io/nnadi\\_site\\_ja/](http://nnadi-ja.github.io/nnadi_site_ja/)

「多層化」  
を指して  
「ディープ  
ラーニング」

1956年のダートマス会議ではニューロコンピュータ（人の脳神経の機能を真似た人工知能）の可能性が話題になっていましたが、それから2年後の1958年にその解として「パーセプトロン」が提案されました。左からの入力が一定の値を超えると一気に発火（右への出力）が起こるというモデルです。この提案は熱狂をもって迎えられましたが、提案された当時のパーセプトロンは単層構造の単純なものでしたから、ANDやORの処理はできても、XORに当たる処理は不可能でした。パパートとミンスキーは、この限界を数学的に証明して公表したため、一気に熱は冷め、第一次ブームの終焉のきっかけの一つになってしまいました。

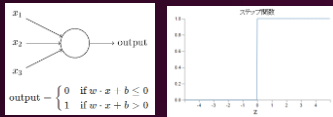
その後の長い冬の時代にも続く研究の結果、多層化することや階段状の出力ではなく曲線的な出力を採り入れることで問題解決がすすめられてきました。この研究には日本人研究者も大いに貢献しています。出力の立ち上がり曲線がシグモイド関数になっているものは「シグモイドニューロン」モデルと呼ばれています。他の関数も使われますが、比較的単純で微分積分で扱いやすいことからこの「シグモイド関数」が主流になっています。

右上のやや大きめの図に注目してください。シグモイドニューロンを多層に組合わせています。○で示した各ニューロン（神経細胞に相当）の左から入ってくる入力の強さに対して、各経路（神経線維に相当）には重みとバイアスの係数（神経線維の太さに相当）が決められることとなります。すべての経路（～神経線維）の重みとバイアスの係数（～神経線維の太さ）が決定さ

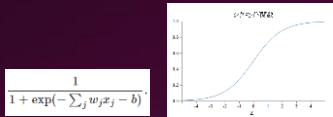


れると、一番左の細胞のさらに左から来る外部の情報（入力）に対しては決まった重みとバイアスの係数が作用し、神経細胞に相当するニューロンごとのシグモイド関数が働いて、右からその結果が出力されます。同じ入力または似た入力に対しては同じ出力またはよく似た出力が期待できます。入力情報の特徴を抽出していると考えられるので、「特徴表現」と呼ばれます。この方式のアルゴリズムを多層化しているという意味で「深層学習（ディープラーニング）」と呼ぶ場合もあるというわけです。この要素技術は、次第に知識を自動学習できる可能性があるとして各方面から熱い視線が寄せられてくるようになりました。

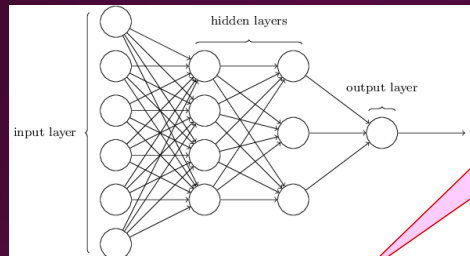
## 6. 特徴表現の機械学習理論の例



パーセプトロン



シグモイドニューロン



多層パーセプトロン(=多層シグモイドニューロンのこと)

Michael Nielsen 「ニューラルネットワークと深層学習」(「同」翻訳プロジェクト)  
[http://nnadl-ja.github.io/nnadl\\_site\\_ja/](http://nnadl-ja.github.io/nnadl_site_ja/)

「多層化」  
を指して  
「ディープ  
ラーニング」

### ディープラーニングの学習方法

#### ①もっとも原始的な方法

適当な重み $w_i$ とバイアス $b$ を与えて、初期出力を得る。初期出力と教師データとの差異を減らすように重み $w_i$ とバイアス $b$ を少しずつ変化させて、収束するまで計算を繰り返す。

#### ②勾配降下法を利用する方法

変動の幅を勾配の大きさに連動して決定するもので、収束速度が大幅に向上する。

③逆伝播法(バックプロパゲーション) 初期出力と教師データとの差異を最小化するように出力側から補正を加える方法。この方法の優れた点は、試行計算が初期計算以外には逆伝播計算が1度しか必要でないことである。

★問題点を指摘する声はまだ小さい(つまり、万能だと誤解されている)。

飯著泰宏

ところが、実は、たくさんの重みとバイアスを求める計算が大変で、場合によってはスーパーコンピュータを用いても数か月や数年、または数百年もかかると予想され、「論理的には可能、現実的には不可能」と嘆息交じりに語られることが多かったものです。研究者たちは、その時間を短縮する戦いが続けられました。

時間との戦いを以下に克服したかがこのスライドの下にまとめられています。

#### ①もっとも原始的な方法

適当な重み $w_i$ とバイアス $b$ を与えて、初期出力を得る。初期出力と教師データとの差異を減らすように重み $w_i$ とバイアス $b$ を少しずつ変化させて、収束するまで計算を繰り返す。摂動法と言われる方法ですが、何毎回何千万回と計算が行われますから、膨大な時間が必要なことがあります。

#### ②勾配降下法を利用する方法

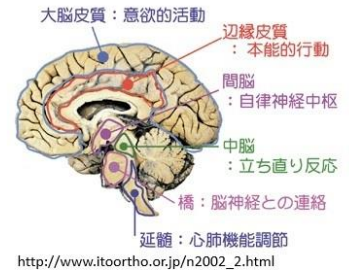
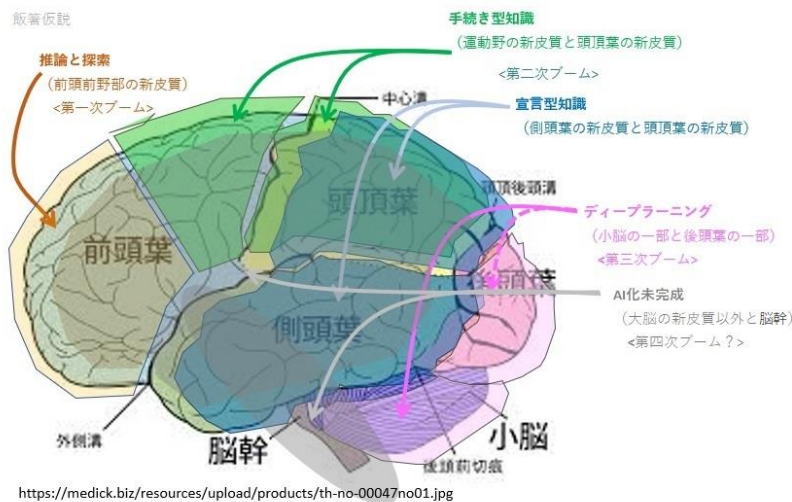
変動の幅を勾配の大きさに連動して決定するもので、収束速度が大幅に向上します。

③逆伝播法(バックプロパゲーション) 初期出力と教師データとの差異を最小化するように出力側から補正を加える方法。この方法の優れた点は、試行計算が初期計算以外には逆伝播計算が1度しか必要でないことです。

「②勾配降下法」と「③逆伝播法(バックプロパゲーション)」が行われるようになって、ようやく実用になる速度での計算ができるようになりました。このことが、人工知能の第三次ブームの原動力となったのです。

## 7. 脳神経系と人工知能（仮説）

飯巻仮説



### 現時点のAI研究の重大課題

- ★「ディープラーニング部」が「知識部」や「推論探索部」と連結していない。
- ★大脳新皮質の一部以外はほとんどAI化されていない。
- ★生存に直結する部分が空白である。
- ★日本では、脳科学を無視する「計算知能」派が「脳科学派」を排斥している。（軍ロボが中国の負ける理由）

第一次ブーム、第二次ブーム、第三次ブーム、それぞれの時代に発達した人工知能の技術と人の脳神経系を対応付けてみるとお観白いことに気が付きます。

第一次ブームは「推論と探索」でした。「推論と探索」は、脳神経系では、前頭葉の前半分前頭前野部の外側つまり前頭前野皮質部が主に担当します。第一次ブームは前頭前野皮質部をモデル化したものと考えられます。

第二次ブームは「知識ベースと推論エンジン」でした。ヒトが自覚できる言語化した知識や味や皮膚感覚など五感につながる記憶は「側頭葉」にあります。推論エンジンに相当する戦略戦術や手続き的なルール様の知識は前頭葉の後ろ半分の「運動野」にあります。「側頭葉」と「運動野」をつないでコントロールしているのは「頭頂葉」です。第二次ブームは、第一次ブームで開拓した「前頭前野」に加えて「側頭葉」、「運動野」、「頭頂葉」をモデル化して人工知能に取り入れました。

第三次ブームは「深層学習」です。これは、画像認識を担当する「後頭葉」と前言語的知識を担当する「小脳」の機能をモデル化したものと考えられます。実際、画像認識や混沌情報（言語化が難しい情報）を扱うことに威力を発揮しています。

こうしてみると、人工知能の発達とは、ヒトの脳神経系の機能のすべてをモデル化する戦いの成果という子が良く分かります。ヒトにとって、脳の各部

位はどれか一つがあればよいというわけではなく、すべてが有機的に協調してこそ、円満な人格と豊かな知性を発揮するものです。ディープラーニングだけが人工知能だと勘違いしている人がいますが、この図を見ながら、「自分は小脳と後頭葉だけで考えているのか」と一度深く反省していただきたいと思います。

さて、この第三次ブームまで到達して、人間の脳が十分わかったかと言えばそうとは言えません。まだ万分の一も理解していないというのが私の実感です。今取り上げた大脳の4種類の葉（前頭葉、頭頂葉、側頭葉、後頭葉）と小脳についてもほんのわずかなことが分かっただけです。脳科学が猛然とその細部を明らかにしようとしています、まだ山頂に到る道のすそ野にいるというのが実態です。

右の小さ目の図を見てください。脳神経系には、これら以外に、「辺縁皮質」「間脳」「中脳」「橋」「延髄」などがあります。動物にもこれらがあり、ヒトとそれほどの違いがありませんが、これらには人工知能研究ではほとんどが手がついていません。図には書かれていませんが、そのほかにも「脊髄」「自律神経」「各種迷走神経」など、ヒトの知性を支える神経臓器がたくさんあります。

これらを考えると2045年にシンギュラリティが来ると断言するのはやや早計と思われてきてしまいます。私もシンギュラリティは来ると思っている一人ですが、時期はもう少し遅くなると感じています。

## 8. 人間の知恵は必要ないか(1)



約3000時間の練習をさせ、試行回数が80万回を超えた段階で、「知性的な受動的行動の芽生えが見られた」としている。そして、失敗率を34%から18%まで下げられた。

<https://japan.cnet.com/article/35079253/>

### 人間の知恵

☆物体の重心の位置

☆つかむ指と物体の摩擦係数（摩擦係数）

☆摘まみ上げる力のベクトルと物体の重力ベクトルの方向性が一致

ゴースト

☆指をかけるために物体を引き起こす動作

失敗率0.05%未満

失敗率をさらに半分（9%）にするためには、さらに80万回、時間になると3000時間が必要。

さすがに、Googleもあきらめた（らしい）。

Cnetが2016年03月10日に報じたところによると、ロボットが無作為に物をつかむ動作を繰り返してうまくつかめるように学習する実験が行われた。ロボット同士が経験を共有するように通信する仕組みまで装備しているが、3000時間、試行回数80万回で、失敗率が34%から18%に下がったということである。一部の「深層学習（ディープラーニング）」教の忠実な信徒は、「素晴らしい！」と絶賛しているが、本当に素晴らしいだろうか。

同じ形のものであれば、人間なら多くの場合、数回の試行でほんの数分でその物を掴むことができるようになるだろう。2つ目はもっと短時間でつかめるようになり、十数種類の形を学んだら、幾分か例外を除いて、あとは新しい形に合わせて知恵を働かせてそれぞれを一回でつかめるようになるだろう。人間のほうがはるかに「すごい！」ではないでしょうか。この実験のどこがすごいのか、まじめにやっているお笑いなのではないかと思ってしまう。

人間は、ものに触った瞬間に、そのものの表面の摩擦の程度、重さや重心の位置を即座に察知して、そのままつまめるのか、物体の下に指を入れなければならないのかを判断し、重心の位置と力のベクトルと手の揚力の中心と力のベクトルが逆向きに重なり、揚力が重力による下向きの力を上回るようにして持ち上げることができる。人間が行っている肌で行う計測と掴み上げる方法論をルール化して知識ベースと推論エンジンに入れておけば、人間と同等に人工知能が数分で10数回程度の試行で学習してしまうにちがいありま

せん。

失敗率をさらに半分（9%）にするために、3000時間かけて再び80万回もの試行をしなければならない、……。そこまでしても、人間の正確無比の動作にはほど遠いのです。

「深層学習（ディープラーニング）」教の忠実な信徒は、この実験で、「深層学習（ディープラーニング）こそが万能の神である」と言いたかったようだが、とんだ恥さらしというものですね。

人間は、生得的または成長期の教育の成果として、このくらいの知恵（経験的知識と経験的推論）は身に着けているので、これをそのまま活用する方がはるかに賢いやり方というべきです。人間には、ディープラーニングに近い働きをする小脳以外に大脳という臓器も備えられています。大脳の人工臓器である知識ベースや推論エンジン、前頭前野と運動野をモデルとした推論と探索も活用していただきたいものです。

人間は小脳だけで考えているわけではありません！と言わせていただきます。

## 8. 人間の知恵は必要ないか(2)

時間と語に2 (1) 問題

① みさきさんが起きた時刻は7時、朝食は7時15分に食べました。起きてから、朝食までの時間は 何分ですか？

答え \_\_\_\_\_ 分

② 学校に行くために 家を出たのは 起きてから45分後でした。家を出た 時刻は 何時何分ですか？

答え \_\_\_\_\_

③ 学校には 8時5分に 着きました。家を出てから 学校に着くまでに かった時間は 何分ですか？

答え \_\_\_\_\_ 分

④ 学校に着いた時刻は 起きてから 何時間何分後ですか？

答え \_\_\_\_\_

⑤ 下校時刻は 2時50分でした。登校する時と同じ時間かかって 家に着きました。家に着いた時刻は 何時何分でしょう。

答え \_\_\_\_\_

⑥ 朝、家を出てから 家に帰るまでの時間は 何時間何分ですか？

答え \_\_\_\_\_

⑦ 家に帰り、すぐに1時間勉強した後、30分間つづきのかたづけをしました。時刻は 何時になったでしょう？

答え \_\_\_\_\_

文字または文字列（断片）の出現頻度→答え 成功率60%  
<https://happyilac.net/zikan32.html>

日本の東大入試ロボット

中国の官僚採用  
試験ロボット

### 人間の知恵

「問題例→解答」の事例データベースを用意する。

☆近い事例データを探す。

☆違っている部分を入れ替えて解答を作り直す。

正解!!! 成功率95%

お受験ソフトの例を取り上げてみましょう。

東大受験ロボット（東ロボ君）は、文字または文字列の出現頻度を見て、頻度が近い問題が出題されたと判定して、その答えを導きだしていました。

そもそも、「人工知能は計算知能だ」と勘違いして始められたプロジェクトでしたから、その当時の正解率は高々60%台と、東大に入学できる水準を下回っていたたのです。プロジェクトリーダーは、このプロジェクトの中断を決意してチームは解散となりました。語弊を恐れず言えば、失敗プロジェクトです。「事例ベース推論」と「ディープラーニング」を組み合わせたものが最適なシステムだと私は言い続けました。

リーダーさんは「AIは文意を理解しないから、失敗した」と言い放っていましたが、文意を理解しないシステムを作ったのは、このプロジェクトチームです。

同時期、中国では官僚採用試験向けのお受験ソフトが95%の正答率を出して、見事合格したというニュースが伝わってきました。

中国側の技術の詳細は分かりませんが、おそらく私が推奨していた「事例ベース推論」と「ディープラーニング」を組み合わせたものと思われます。

「事例ベース推論」は、事例の中に文意の解釈が込められていますから、自然に文意を理解します。類似度の高い事例を検索して、異なる部分を検出して、解答を変更する経験的推論の方法も内蔵しています。

質問例 「一辺8センチの正方形の面積は何平方センチメートルか」

一番近い解答事例 「一辺10センチの正方形の面積は $10 \times 10 = 100$ 平方センチメートル」

東ロボだったら、一番近い解答がこれだから、「100平方センチメートル」と答えるでしょう。当たり前ですがバツです。

中国のお受験ロボは、設問と一辺の長さが異なるのだから、「 $10 \times 10 =$ 」を「 $8 \times 8 = 64$ 平方センチメートル」と読み替えて回答します。これは正解ですね。

しかも中国のお受験ロボはテストを受けるごとに深層学習によって、問題事例と解答事例を取得して新しい事例を「事例ベース」に追加する機能も持っているはずです。

ディープラーニングはそれだけでは解答してくれませんが、ディープラーニングのいいところは、事例を新たに獲得できるという点にあります。決定的なのは、東ロボ君プロジェクトが失敗に終わったことを受けて、後継システムを研究していたNTTデータは、「辞書を引くような機能」を作ったところ10点以上の得点アップとなり、東大合格ラインの80点台に限りなく接近したと伝えられました。「辞書を引くような機能」とは事例ベース推論の原始的なタイプと考えられますから、私の推奨は正しかったと我田引水ですが、思っています。



## 9. 必要な学習課題

- ①知能学  
(脳科学、心理学、哲学を含む)
- ②人工知能先行事例研究  
先行事例探索する能力を身に着ける
- ③人工知能の基礎知識  
知識ベース  
推論エンジン  
データサイエンス  
ディープラーニング※  
(ニューラルネットワーク)  
etc.

### ※ディープラーニングの映像教材

【4日で体験しよう!】TensorFlow x Python 3 で学ぶ  
ディープラーニング体験講座  
10147人の受講生が登録  
作成者 井上 博樹 (Hiroki Inoue)  
<https://www.udemy.com/tensorflow/>

みんなのディープラーニング講座 ゼロからChainerと  
Pythonで学ぶ深層学習の基礎  
3238人の受講生が登録  
作成者 我妻 幸長 Yukinaga Azuma  
<https://www.udemy.com/deep-learning/>

### ○ライブラリ・フレームワーク<sub>3</sub>選

- ・ 『TensorFlow』 ・ ・ ・ Google
- ・ 『Caffe』 ・ ・ ・ ・ カルフォルニア大学バークレイ
- ・ 『Chainer』 ・ ・ ・ ・ Preferred Networks

これから作られる人工知能の学習カリキュラムの柱はここに書いた3つだと思えます。

### ①知能学

人工臓器である人工知能がお手本にする生身の知能をよく知る必要があります。狭義の人工知能に限れば、ヒトの脳の働きは、脳科学、心理学、哲学で扱われてきました。

将来は「脳科学」だけですべてをカバーできる時代が来るかもしれませんが、今のところ、脳科学がそこまで進化しているとは思えません。

脳科学は、今のところ、古くからある心理学や哲学によって支援されている状態ですから、心理学や哲学が示してきた「記憶」「認知」「意識」も学ばなければなりません。

### ②人工知能先行事例研究

人工知能の進歩は著しく速いので、市販の教科書や去年作成した講義ノートはもう古くなっているはずです。

生徒や学生らは常に新しい人工知能の姿を生き生きととらえていく必要があります。教師が事例研究をして学生生徒に示すのでは間に合いません。

リアルタイムで研究開発の現状に学生生徒がついていくためには、自分で図書館情報システムやドメイン領域の情報サイトで、新しい文献や情報をキ

タッチできる能力を身に付けなければなりません。

人工知能先事例研究の実技を学生生徒たちに課して、その能力を身に付けさせることが大切です。

### ③人工知能の基礎知識

知識ベース / 推論エンジン / データサイエンス / ディープラーニング (ニューラルネットワーク) / etc.

これらも、座学による頭でっかちな知識として身に着けるのではなく、課題学習を重ねて、体感的に身に着けられるようにすべきです。

なお、これらと並行して、人工知能に負けない人材を養成するためには、創造性を開発する教育プロセスであるPBL (Project Based Learning) を推進する必要があると確信しています。

この夏期講座の後半2週間は、私がゼミ講師となって、連短期連続の集中ゼミ、つまり、創造性を開発する教育プロセスであるPBL (Project Based Learning) を実践いたします。皆さんの参加をお待ちしています。

# 終わり

ご清聴ありがとうございました。

ご清聴、ありがとうございました。

ご質問がありましたら、受付させていただきます。