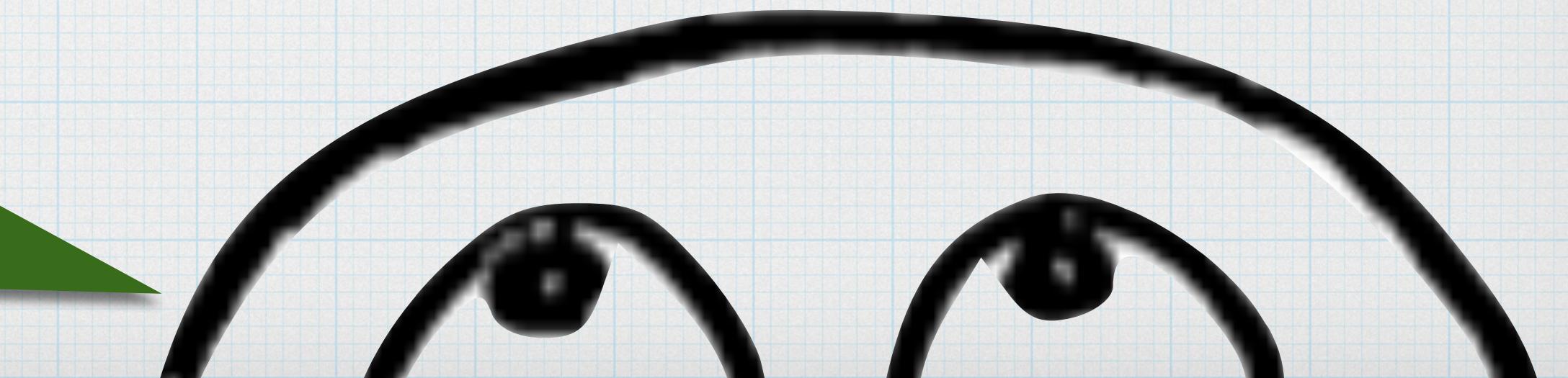


★ ex14 の B

機械学習・人工知能の歴史

機械学習 I / II



コンピュータの歴史 - 1970年頃

- 最初期のコンピュータとして知られる「ENIAC」が作られたのは **1946年**,
「EDSAC」は **1949年**.

ENIAC: 2万本近い真空管などの電子部品を組み合わせた装置で, 倉庫1棟ほどの体積があり,
総重量は27トンにおよんだ. 乗算数百回/秒.

EDSAC: プログラム内蔵方式として最初期のコンピュータ. 登場時の主記憶容量は
512 words (1word = 17bit).

- 1951年** UNIVAC 1発売. 世界初のビジネス用途向けコンピュータとされる.

動作周波数 2.25MHz, 主記憶容量 1000 words (1word = 7bit) .

- 1964年** IBM System/360 発売. オペレーティングシステムとして OS/360 を搭載.
OS/360 は現代的なOSの元とも言えるもの. 主記憶容量は 8KiB 以上.

- 1969年** 現在のインターネットの前身である ARPANET が動き出す.
最初期はアメリカのいくつかの大学間の相互接続.

この時代のコンピュータは大型で、
研究機関や大企業に一台から数台、だけ
設置されるようなものだった

コンピュータの歴史 1970年頃以降

1969年 現在のインターネットの前身である ARPANET が動き出す。

最初期はアメリカのいくつかの大学間の相互接続。

1978年 Intel 8086 発売。今まで続くインテル x86 アーキテクチャの
はじまり。16ビット、動作周波数 5 - 10 MHz.

1982年 TCP/IP 標準化。現在もインターネットで使われる通信プロトコル。

1985年 [日本] NTT シヨルダーフォン 発売。肩掛け 3kg.

1990年 Tim Berners-Lee が World Wide Web(WWW)を考案。世界初のウェブページができる。

1995年 Microsoft Windows 95 発売。

1997年 Larry Page と Sergey Brin が PageRank アルゴリズムを考案。Google検索サービス開始。

1999年 [日本] NTTドコモが「iモード」サービス開始。携帯電話のインターネット接続サービス。

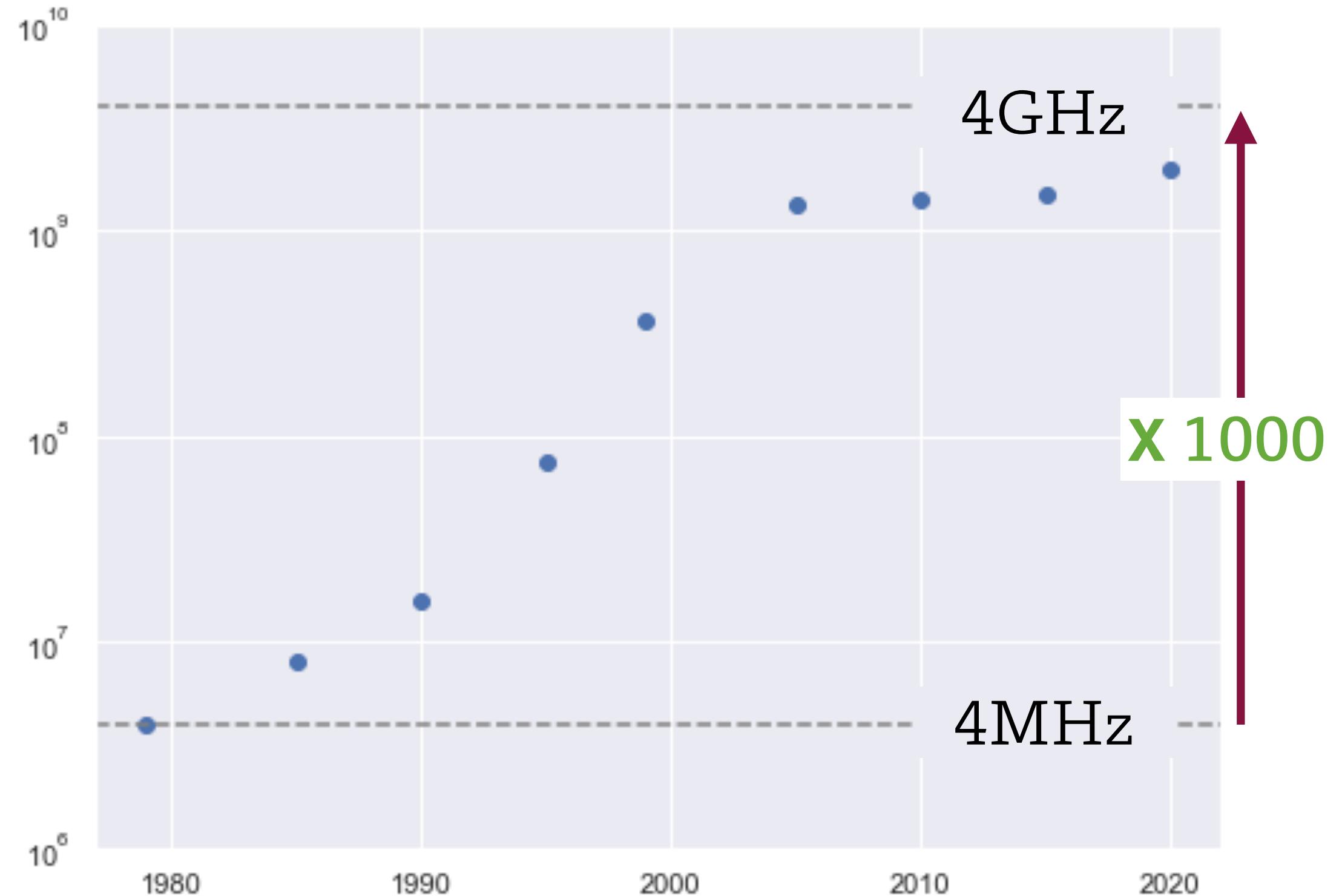
2008年 Apple iPhone (初代) 発売。

一般家庭にPCが普及
一般にインターネットが普及

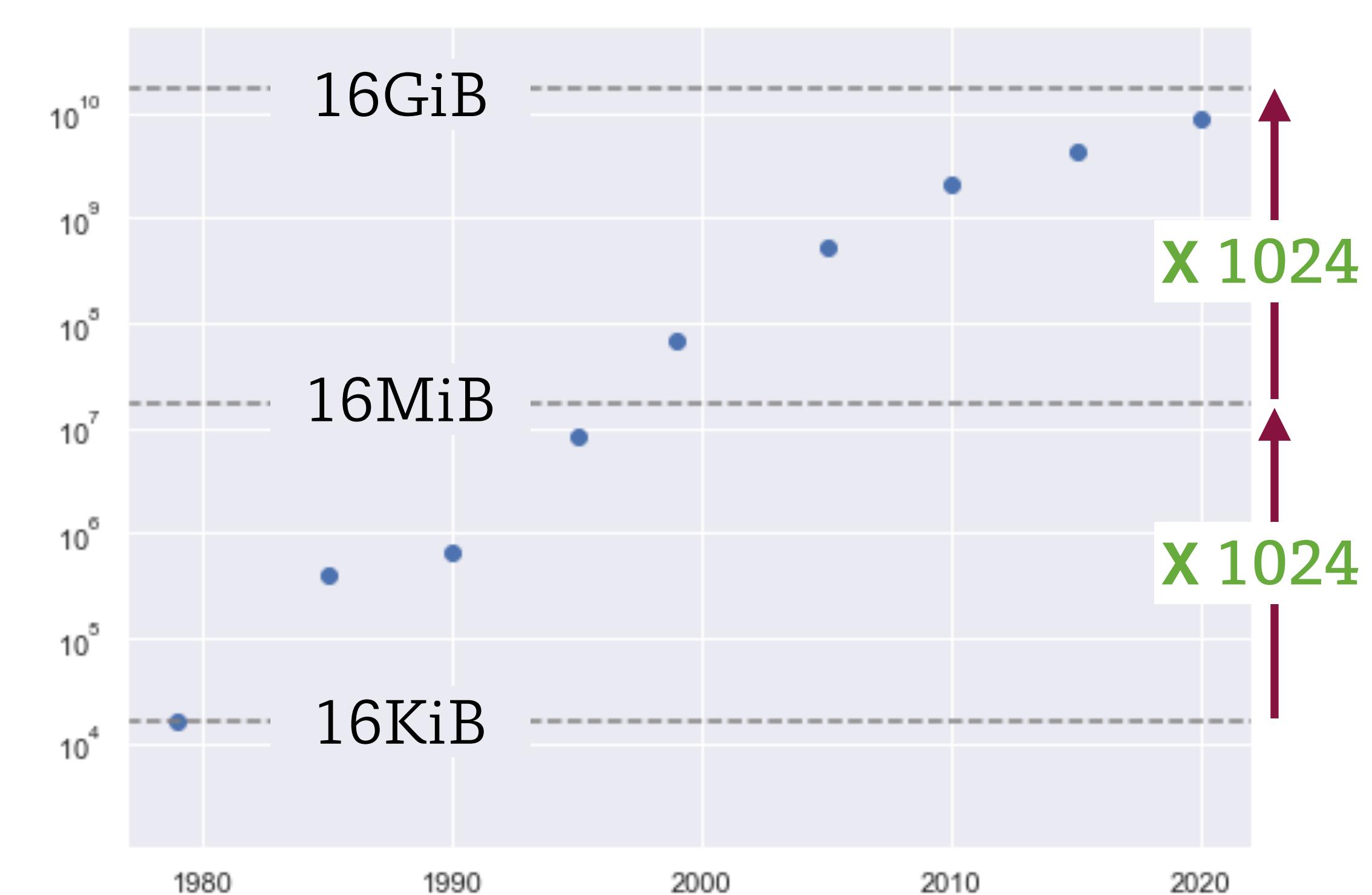
コンピュータの歴史 1980年以降のPCのスペック

高橋が適当に選んだPCのスペックの値. 前半はデスクトップPC, 後半はノートPC.

クロック周波数 [Hz]



主記憶容量 [B]



- ★ アーキテクチャの異なるCPU間でのクロック周波数の比較はあまり意味がない. 目安程度にとらえてね.
- ★ 2005年頃からCPUのマルチコア化が進んでおり, クロック周波数のかわりにコア数が増えてきている.

- 1970年頃 機械学習と認知科学（※）のはじまり

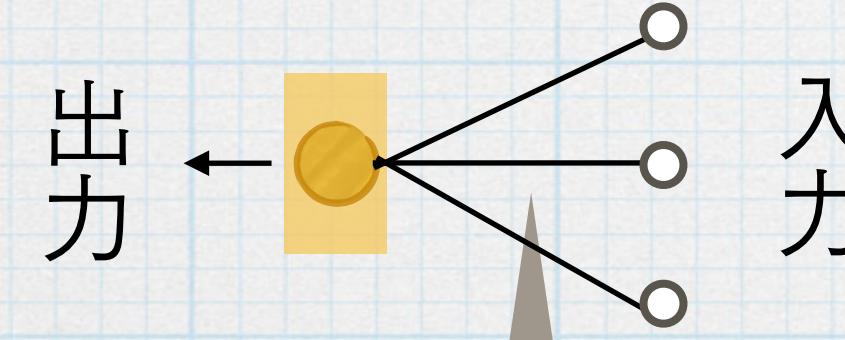
※ 神経生理学、心理学、計算機科学等を融合し、ヒトの知能を情報処理の観点から理解しようとする学問

◆ 1943年 神経生理学者 McCulloch と數学者 Pitts がニューロンのモデルを発表。

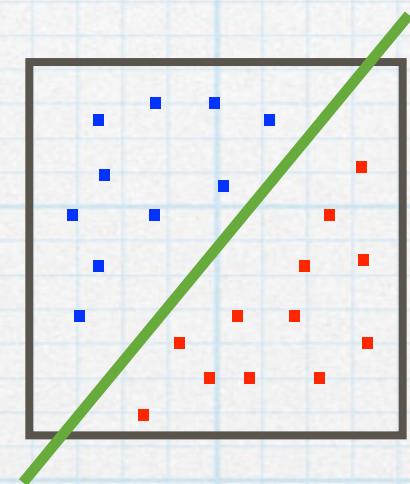
◆ 1957年 心理学者・計算機科学者 Rosenblatt が視覚と脳の機能（パターンの識別）をモデル化したパーセプトロン(Perceptron)を考案。教師あり学習によって識別問題を解くことができた。

◆ 1958年 統計学者 Cox がロジスティック回帰を発表。

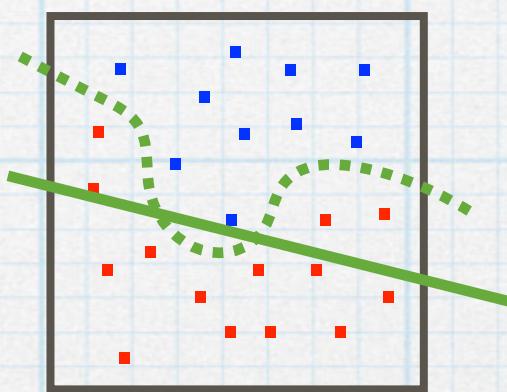
パーセプトロン（と等価なモデル）



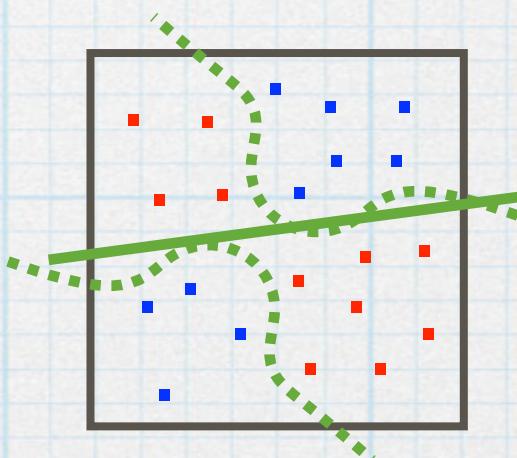
学習するパラメータ



線形分離可能



線形分離不可能



◆ 1969年 計算機科学者・認知科学者 Minsky と數学者・計算機科学者 Papert が著書 "Perceptrons" の中で、パーセプトロン（と等価なモデル）が解けるのは線形分離可能な識別問題に限られることを証明。

非線形なニューロンを含む中間層をもつニューラルネット（多層パーセプトロン）なら線形分離できない場合も扱えることは当時から知られていたが、学習の方法が分かっていなかった。

1970年頃・1990年頃 エキスパートシステムの時代 / 誤差逆伝播法の（再）発見

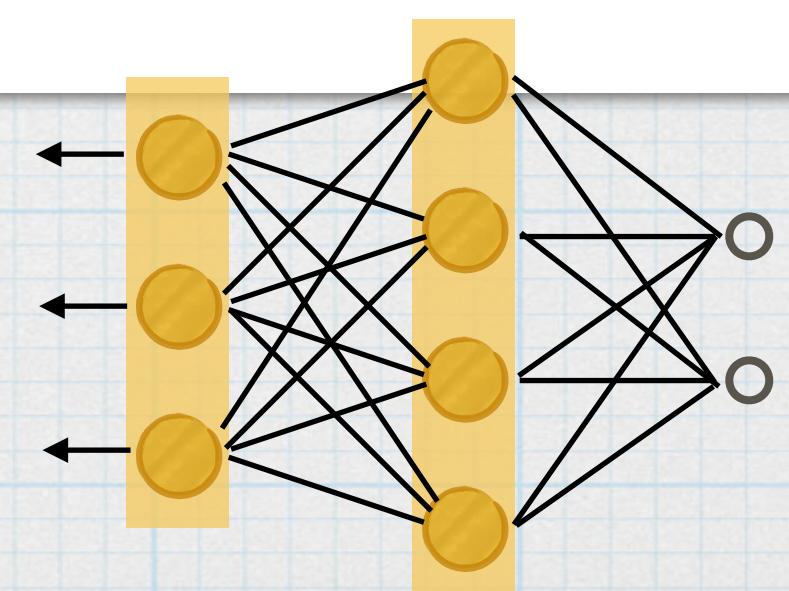
◆ **1960年代後半から80年代** 人間の専門家の意思決定の過程をコンピュータで真似るエキスパートシステム (**expert system**) の研究が進展。エキスパートシステムは、専門家がもつ知識と意思決定のルールを集めて作られ、論理的な推論によって問題を解く。機械学習に基づくシステムと異なり、データを用いてパラメータを自動調節するような仕組みは一般に含まない。

例えば、**1970年代**に開発されたエキスパートシステム Mycin は、伝染性の血液疾患を診断することができた（専門医には劣るが専門外の医師と同程度の正解率だったとされる）。

1982年から1992年にかけて、日本では、「第五世代コンピュータ」プロジェクトという、エキスパートシステムのような論理的推論に基づくコンピュータの研究開発を進める国家プロジェクトが進められた。

◆ **1986年** Rumelhart, Hinton and Williams が非線形なニューロンを含む中間層をもつニューラルネット（多層パーセプトロン）の学習法（誤差逆伝播法）を再発見し広まる（※）。

※ 多層パーセプトロンの学習法は、甘利俊一(1967)等によって繰り返し（再）発見されてきた。



1990年頃・2010年頃 機械学習研究の進展、実用化

❶ **1980年代終わりから90年代** 第二次ニューラルネットブーム。多層のニューラルネットの学習の難しさや計算機性能の不足（学習に時間がかかりすぎる、大規模にデータを集めるのが困難）のため、広く応用されるまでには至らず。

❷ **1990年代半ば** Vapnik らが **Support Vector Machine (SVM)** と呼ばれる機械学習モデルを提案。元々 Vapnik らが研究していた線形識別モデルの学習アルゴリズムに「カーネルトリック」(kernel trick)と呼ばれる技術を導入して、非線形な識別や回帰の問題を扱えるようにしたもの。

❸ 機械学習研究の世界では、**2010年代前半まで**、SVM等の、ニューラルネットとは異なる手法が主流に。例えば、**2001年** には Viola and Jones が当時最先端の機械学習手法を組み合わせた顔検出手法を提案している。計算コスト低減の工夫によって当時のPC程度の性能で実用的な顔検出が実現できた。顔検出や顔画像からの個人識別の技術はこれ以降急速に進歩し、数年後にはカメラや携帯電話等にも搭載されるようになった（※）。

※ 高橋がデモに使ったり「数理情報演習」で触ってもらったりしてコンピュータビジョンライブラリ OpenCV の顔検出の機能(CascadeClassifier)は、彼らの手法を実装したもの。

2010年頃 - 現在 その1 ニューラルネット・深層学習の台頭

◆ **2010年代** 画像認識等の様々な分野で、非常に多くの層をもつニューラルネット(Deep Neural Network)が高い性能（識別精度, etc.）を示すという研究結果が次々と報告され、「深層学習」(Deep Learning)として注目を集める（以降、現在に至るまで第三次ニューラルネットブーム？）。

例えば、**2012年**に開催された画像認識コンテスト ILSVRC2012（※）では、Krizhevsky らの**畳み込みニューラルネット**(Convolutional Neural Network, CNN)による手法が1位を獲得したが、従来手法を用いた2位以下を大きく引き離して話題となった（誤識別率約15%。2位は約26%。ちなみに2位は東大グループ）。

※ ILSVRC2012（の Classification task）は、ImageNet と呼ばれる大規模画像データセットの中から選ばれた120万枚の画像を学習データとして1000クラスに分類するものだった。授業のデモで使ったVGG16と呼ばれるCNNも、これと同様のデータで学習済みのもの。

この進歩の主な原動力は次のものと考えられる

- (1) **機械学習研究の進展**：多層ニューラルネットの学習をよりうまく行える手法の開発等。
- (2) **コンピュータの性能向上**：学習に要する時間が大幅に短縮。特に **GPU** を利用した並列計算の恩恵が大。
- (3) **インターネットの普及**：大量の学習データを収集することが容易になった。

2010年頃・現在 その2 生成系AIの登場

⌚ **2017年** Googleの研究者たちが、**Transformer** と呼ばれる、従来のニューラルネットとは異なる構造の深層学習モデルを発表。自然言語処理の分野を中心に急速に広まりつつある。

⌚ **画像生成AI** 2021年から2022年にかけて、DALL-E / DALL-E 2, Midjourney, Stable Diffusion 等の画像生成サービスが公開。いずれも、テキスト入力に基づく画像生成(text-to-image)を基本とし、後述のLLMも組み込まれている。

⌚ **チャットAI** 2022年にOpenAIがChatGPTと呼ばれるAIチャットボットサービスを公開。そのベースとなっているのは、非常に多くのパラメータ（※）をもつニューラルネット（Transformerを含む）を大量の文書データを用いて学習させた「**大規模言語モデル**」(Large Language Model, LLM)。Google Bard等の競合サービスも続いている。

※ 2023年6月現在、無料版ChatGPTで使えるGPT-3.5シリーズのパラメータ数は数千億、有料版ChatGPT Plusで使えるGPT4のパラメータ数は 8×2200 億と言われているが、詳細は公開されていない。