



【セクG企画】

Pythonプログラミング (人工知能/ディープラーニングのプログラミング)

2017年12月29日

名古屋校 2011期 越智 由浩

自己紹介



越智 由浩（おち よしひろ）

愛媛生まれの43歳。祖父母・両親・姉 ほぼ皆 美容師
鎌倉/東京育ち、名古屋在住、5人家族



1998年～日本アイ・ビー・エム

2012年～ネットアップ 名古屋支店長

2016年～ 〃 トヨタ担当 グローバル・マネージャ



2010年7月から半年間は単科、

2011年4月から大学院へ

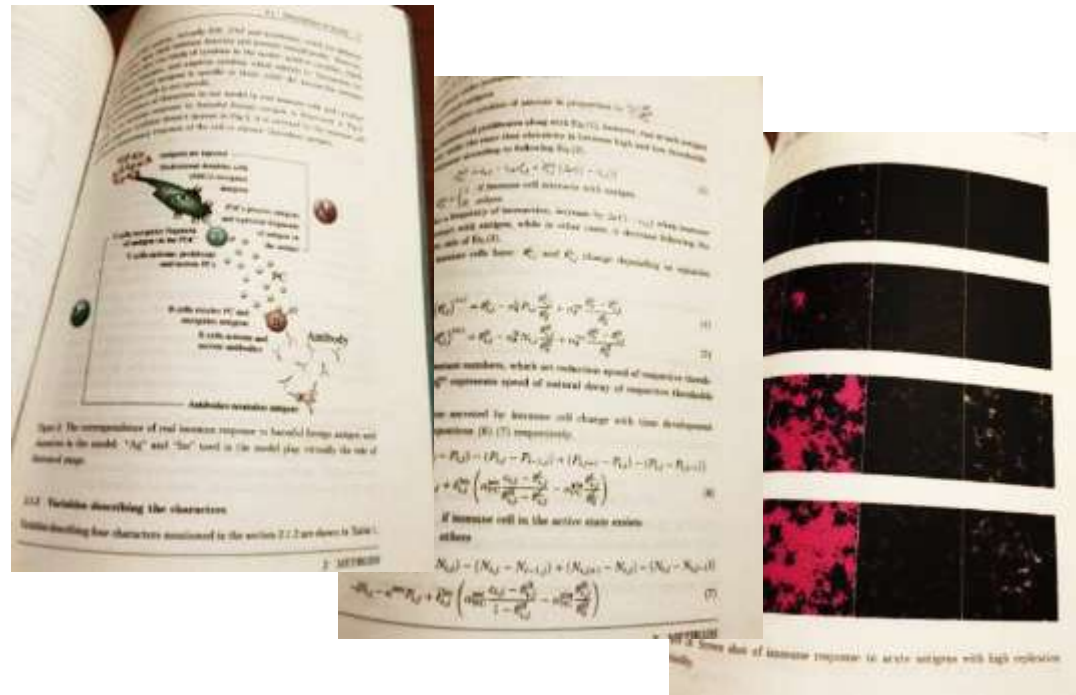
2014年4月、卒業

私とプログラミング

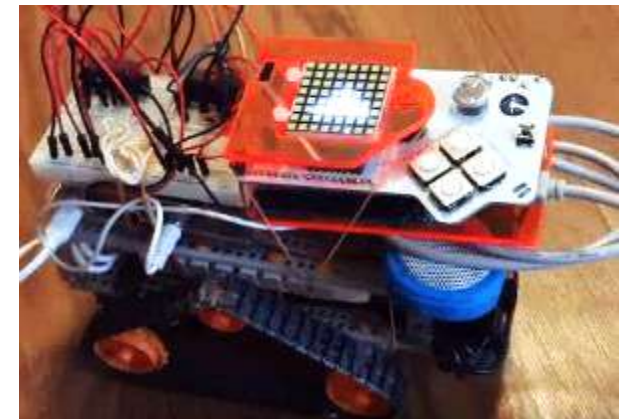
小学生の頃～



学生の時
カオス・複雑系
免疫系のコンピューター・シミュレーション



最近
オタクっぽい趣味の再燃



名古屋校 テクノベート勉強会 クラブ活動



9月
25日 プログラミング ハンズオン&ワークショ...
日 14:30 - グロービス 名古屋校 101教室
プログラミング勉強会主催



10月
30日 実践！Excel VBA入門/プログラミング ...
日 14:30 - グロービス 名古屋校 101教室
プログラミング勉強会主催



11月
27日 *IoTコトハジメ* 世界でたった一つだけ...
日 14:00 - グロービス 名古屋校 101教室
プログラミング勉強会主催



2月
19日 野呂さん公認・パクリ版*ゼロからのR...
日 14:00 - グロービス名古屋 101教室
プログラミング勉強会主催



4月
8日 ここ中部圏をプログラミング教育のメッ...
土 14:00 - グロービス名古屋校 101教室
プログラミング勉強会主催



5月
28日 やってみようぜ、ディープラーニングの...
日 14:00 - グロービス名古屋校 101教室
プログラミング勉強会主催

今日のアジェンダ

- 今日の立ち位置、言葉の整理
- ディープラーニングの
 - 計算のやり方
 - 計算の道具
- ディープラーニングを用いた手書き文字(数字)認識の実例

今日のアジェンダ

- 今日の立ち位置、言葉の整理
- ディープラーニングの
 - 計算のやり方
 - 計算の道具
- ディープラーニングを用いた手書き文字(数字)認識の実例

今日の立ち位置 ~ 人工知能を学ぶ中で

社会・ビジネス視点

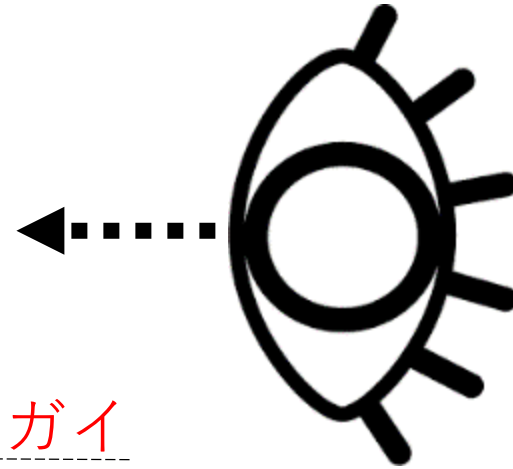
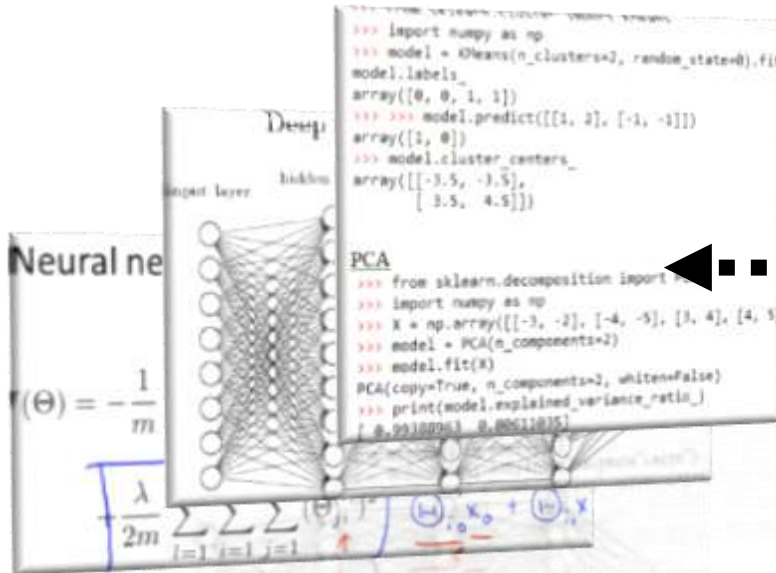
ディープラーニングで何が
できるのか、世の中がどう
変わるのか



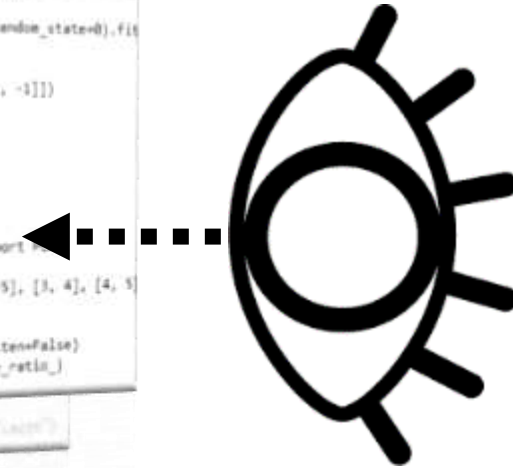
コトバノチガイ

サイエンス・ テクノロジー視点

ディープラーニングって
そもそも中身は何を
やっているのか



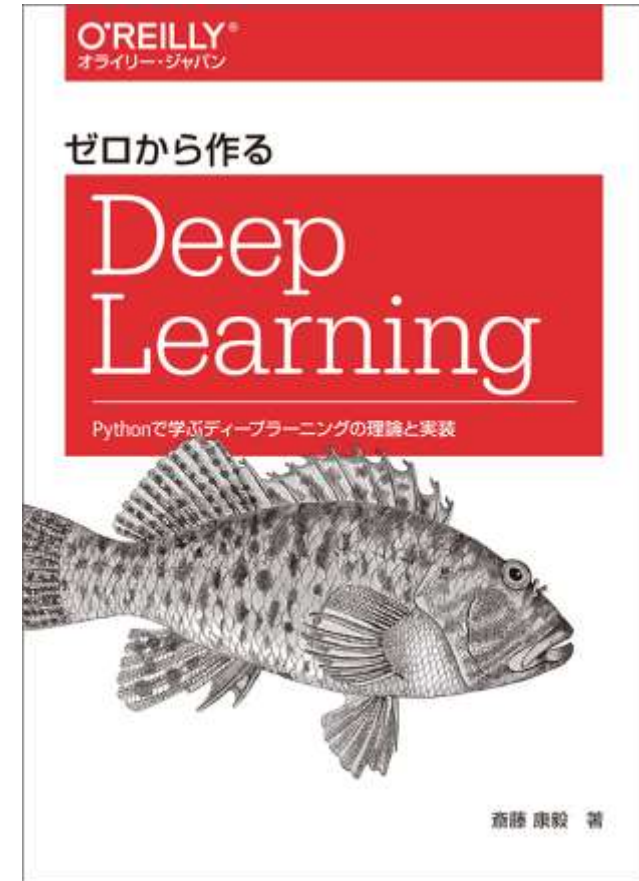
両方の目を持とう!



今日はこちら
側の基礎的な
ところ

今日の内容のベースとなる本

- 内容、ソースコード、図など、こちらの本から引用しております
- Amazonでディープラーニングで検索するとベストセラー本として簡単に見つかります
- 復習兼ねてぜひご購入をお勧めします



3時間後の皆さんの状態（期待値）

- さらに学ぼうとして、その手の本とかwebコンテンツを見たときに「あああああ、なんとなく見たことあるぞ」という親近感を得られる
- Jupyterに触れるようになる—ディープラーニングを動かせる/試せる環境を手に入れることができる

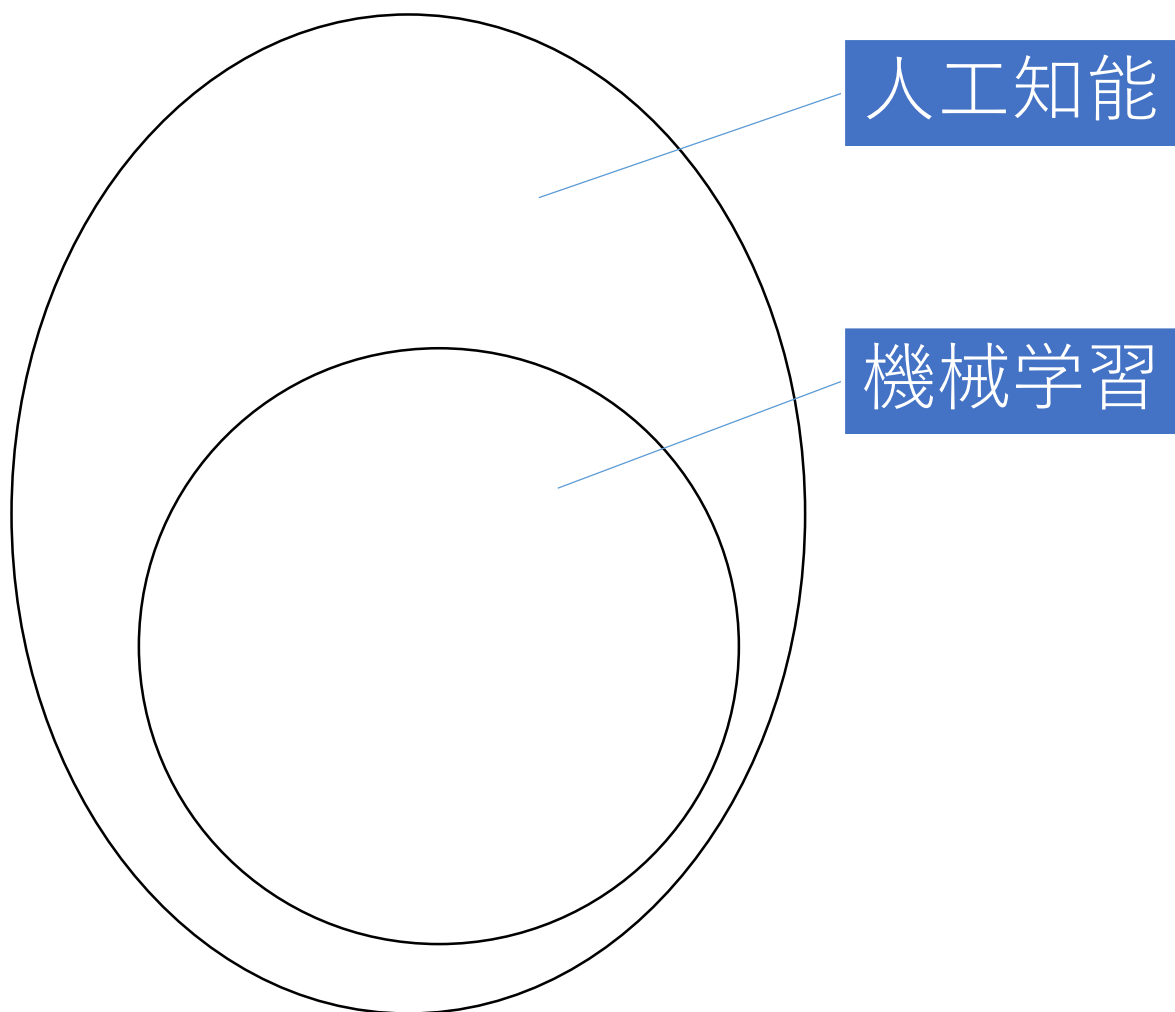
まず、言葉の整理

人工知能



「お、こいつ賢いな!」と思わせるもの、ふるまい。
またそれを探求する学問領域。

まず、言葉の整理



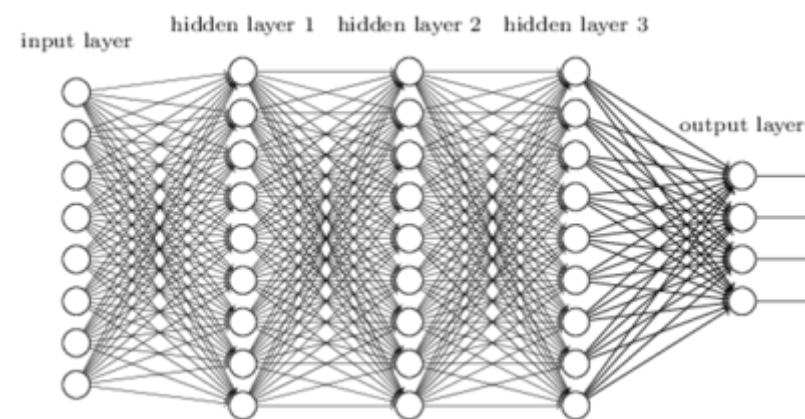
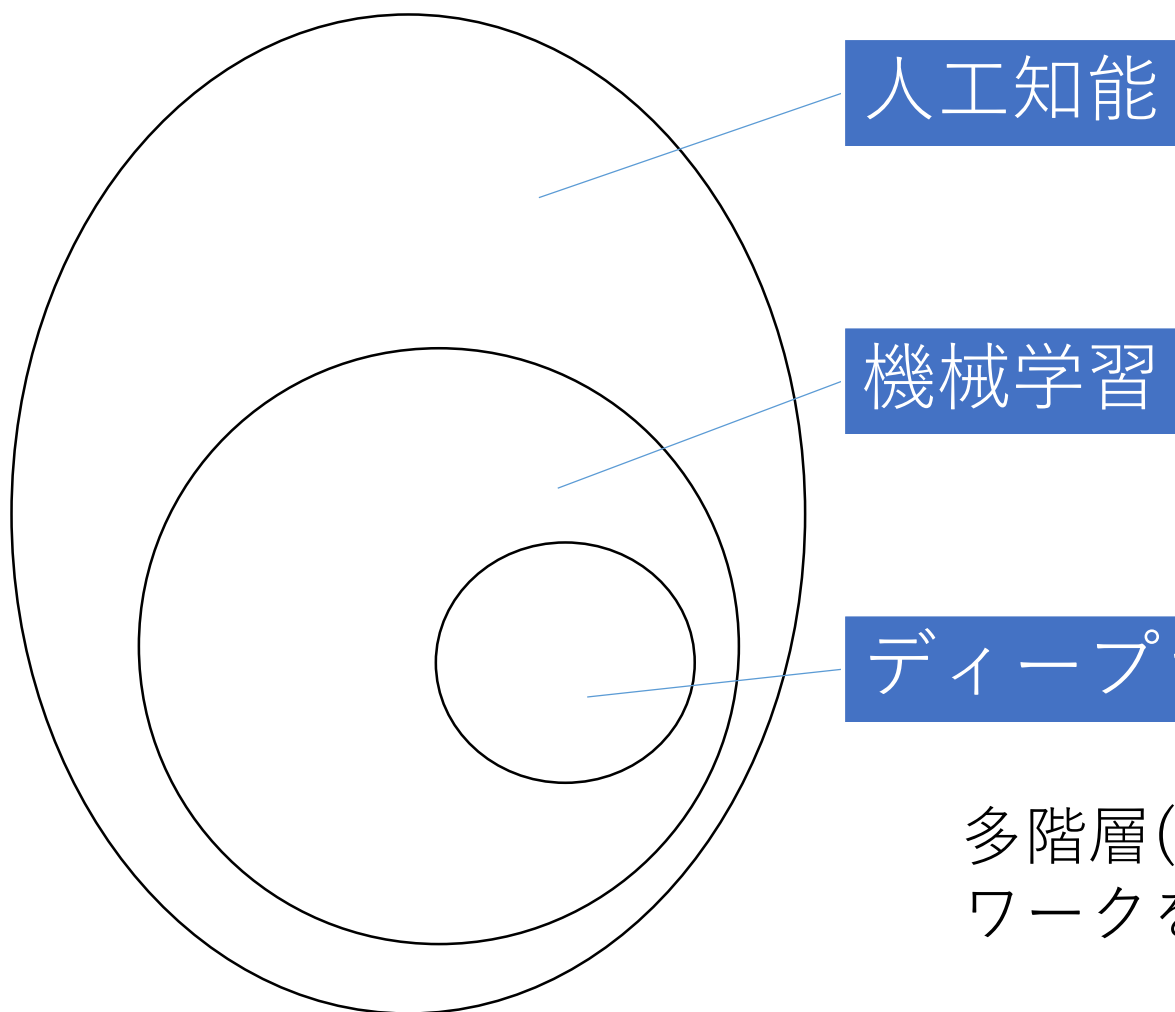
人工知能を実現する一つ的手段。
過去のデータ(知見/経験)に基づいて：

- ・ 将来を予測する
- ・ 未知のものを分類する

例)

eコマースサイトのリコメンド
迷惑メールの自動振り分け

まず、言葉の整理



多階層(ディープな)ニューラルネットワークを用いた機械学習(ラーニング)

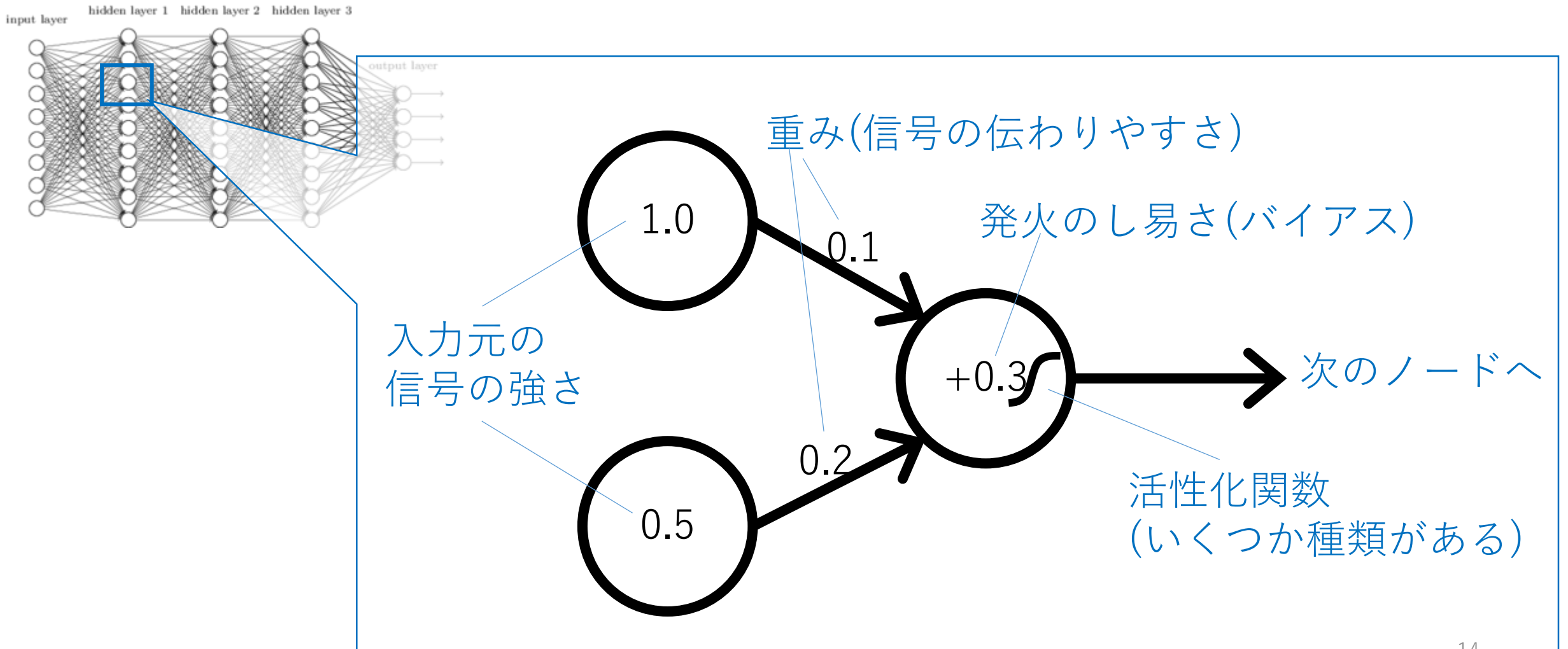
今日のアジェンダ

- 今日の立ち位置、言葉の整理

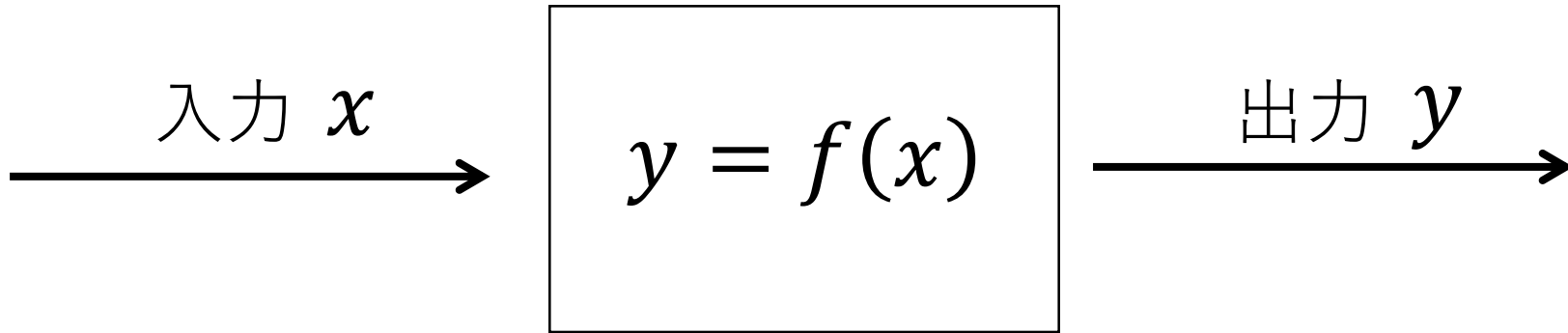
- ディープラーニングの
 - 計算のやり方
 - 計算の道具

- ディープラーニングを用いた手書き文字(数字)認識の実例

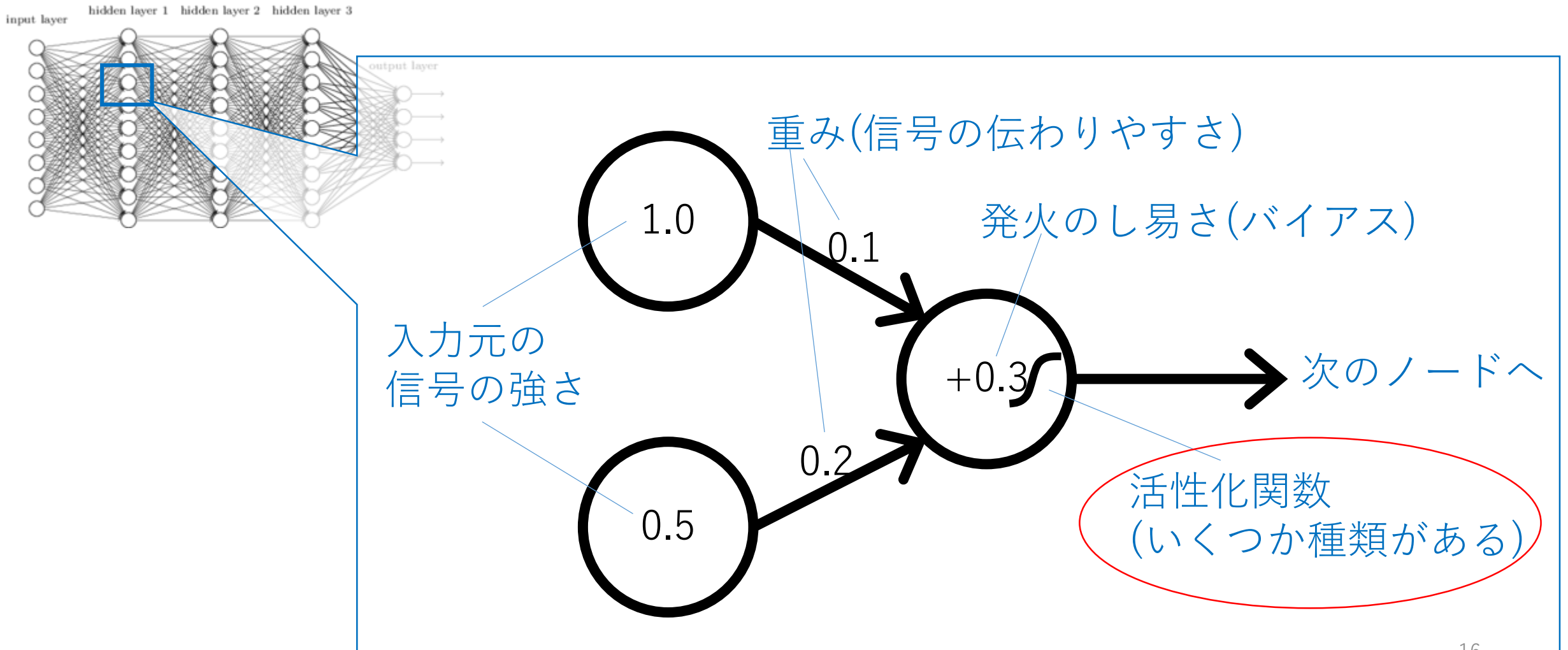
ニューラルネットワークモデルの計算 ルール



「関数」ってなに？

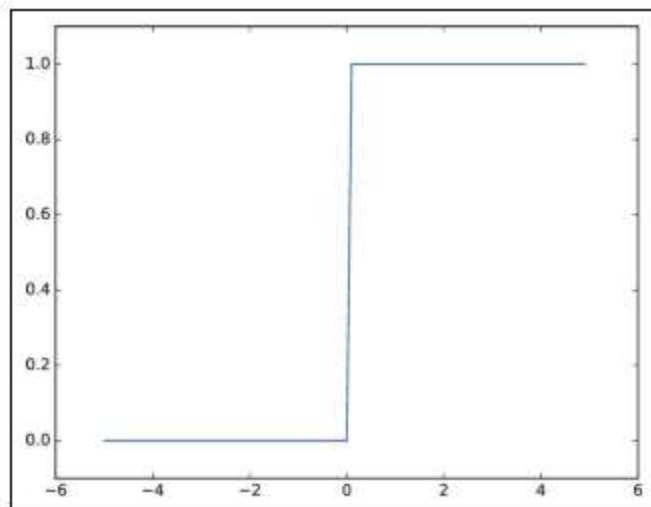


ニューラルネットワークモデルの計算 ルール



活性化関数

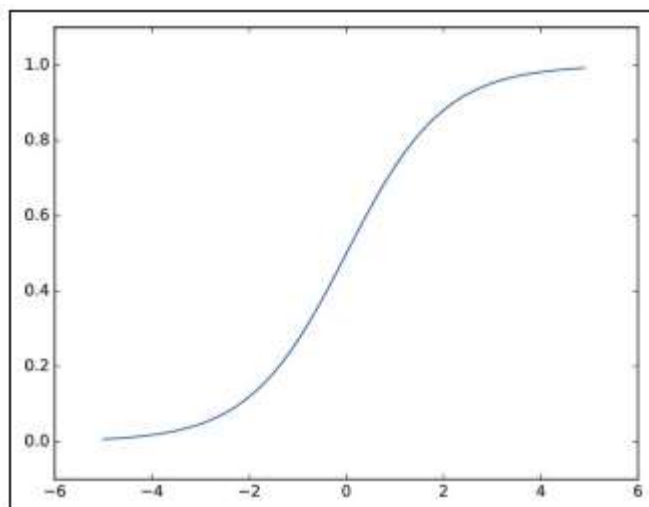
ステップ関数



出力 ↑
→ 入力の総和 + バイアス

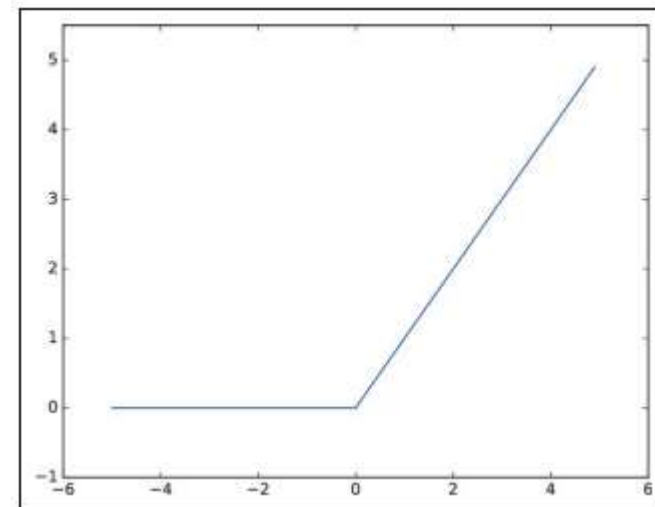
$$h(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 0) \\ 1 & (x > 0) \end{cases}$$

シグモイド関数



$$h(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)}$$

ReLU関数
(Rectified Linear Unit)



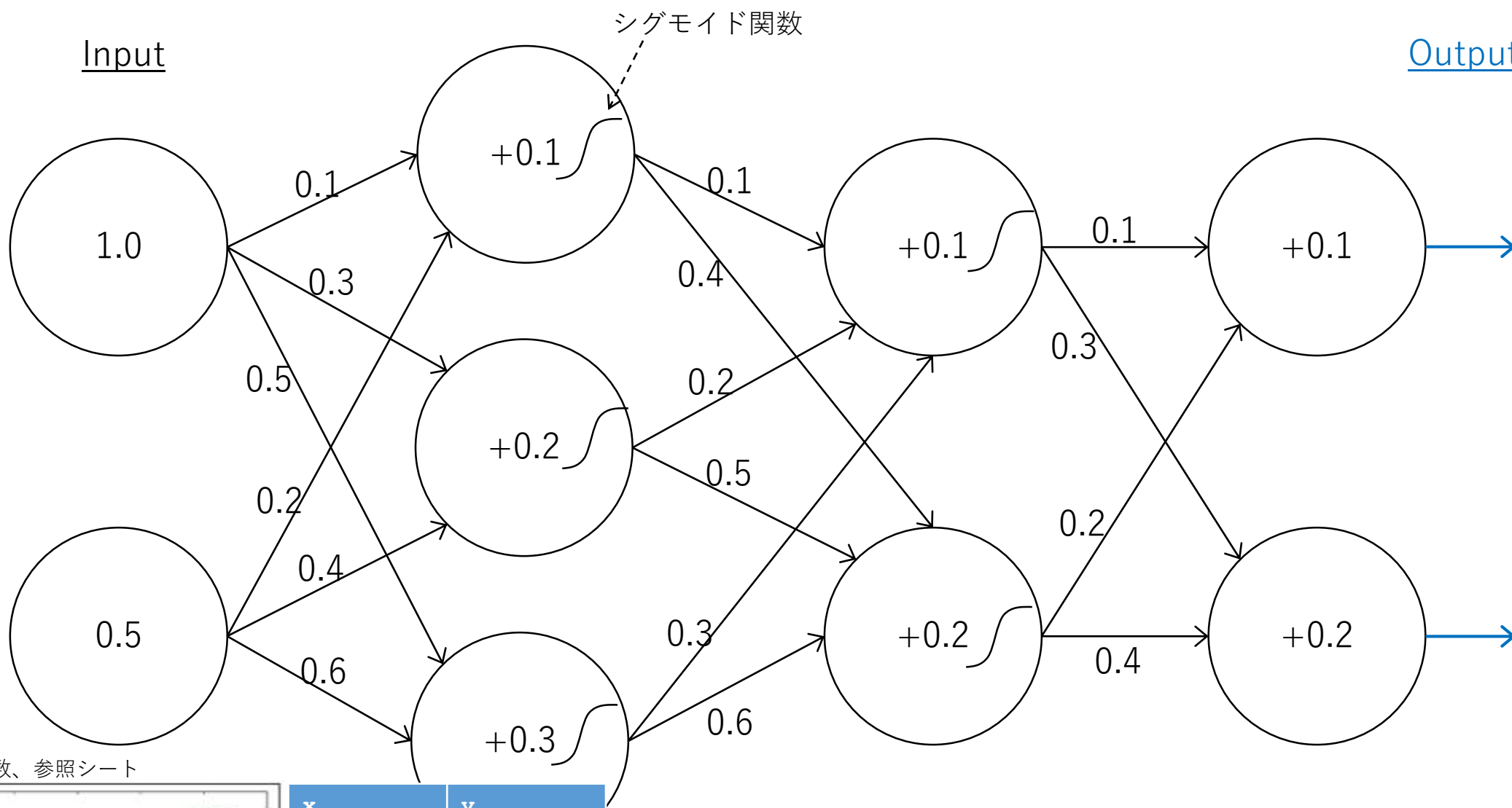
$$h(x) = \begin{cases} x & (x > 0) \\ 0 & (x \leq 0) \end{cases}$$

手触り感持って理解するために、さほど
ディープじゃないニューラルネットワークモ
デルを使って手計算してみよう

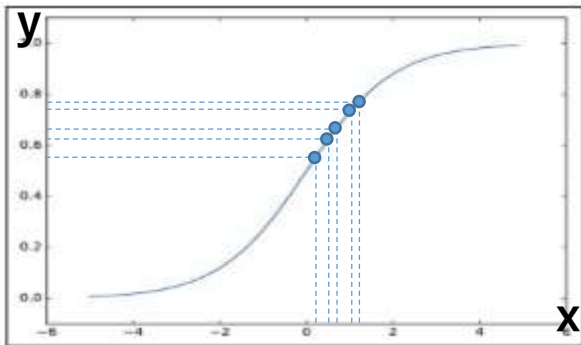


Input

Output



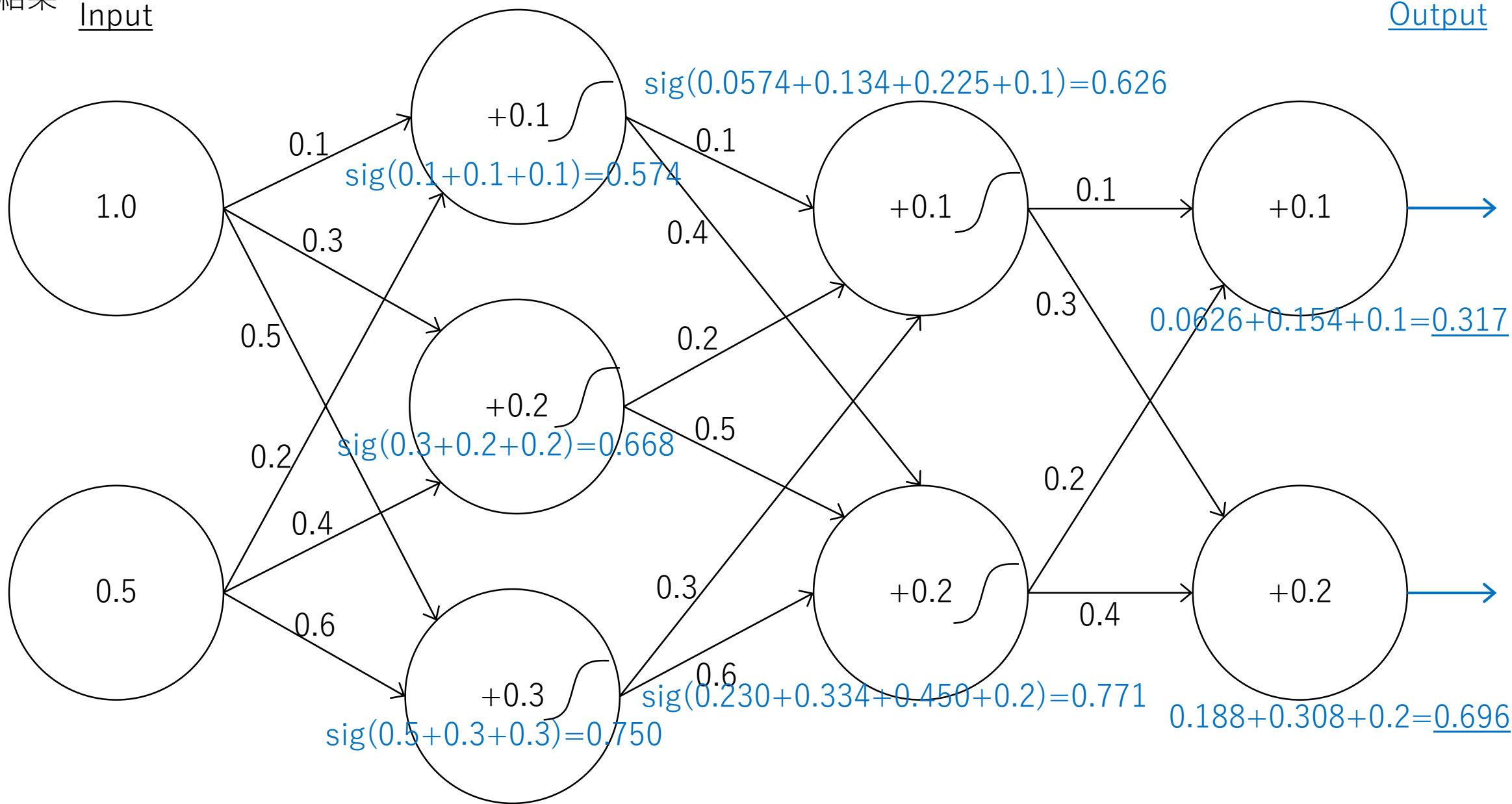
シグモイド関数、参照シート



x	y
0.3	0.574
0.516	0.626
0.7	0.668
1.1	0.750
1.214	0.771

Input

Output

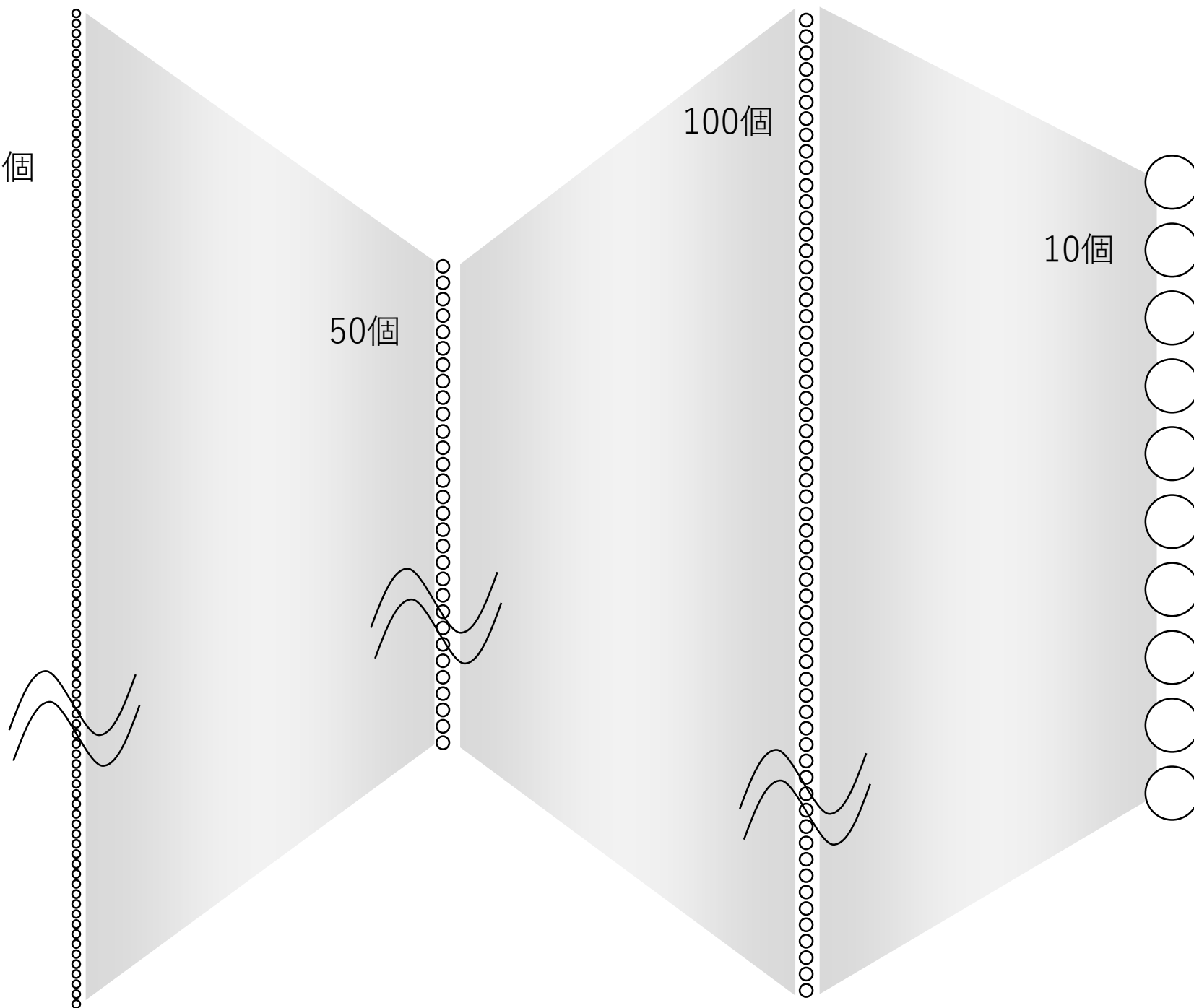


784個

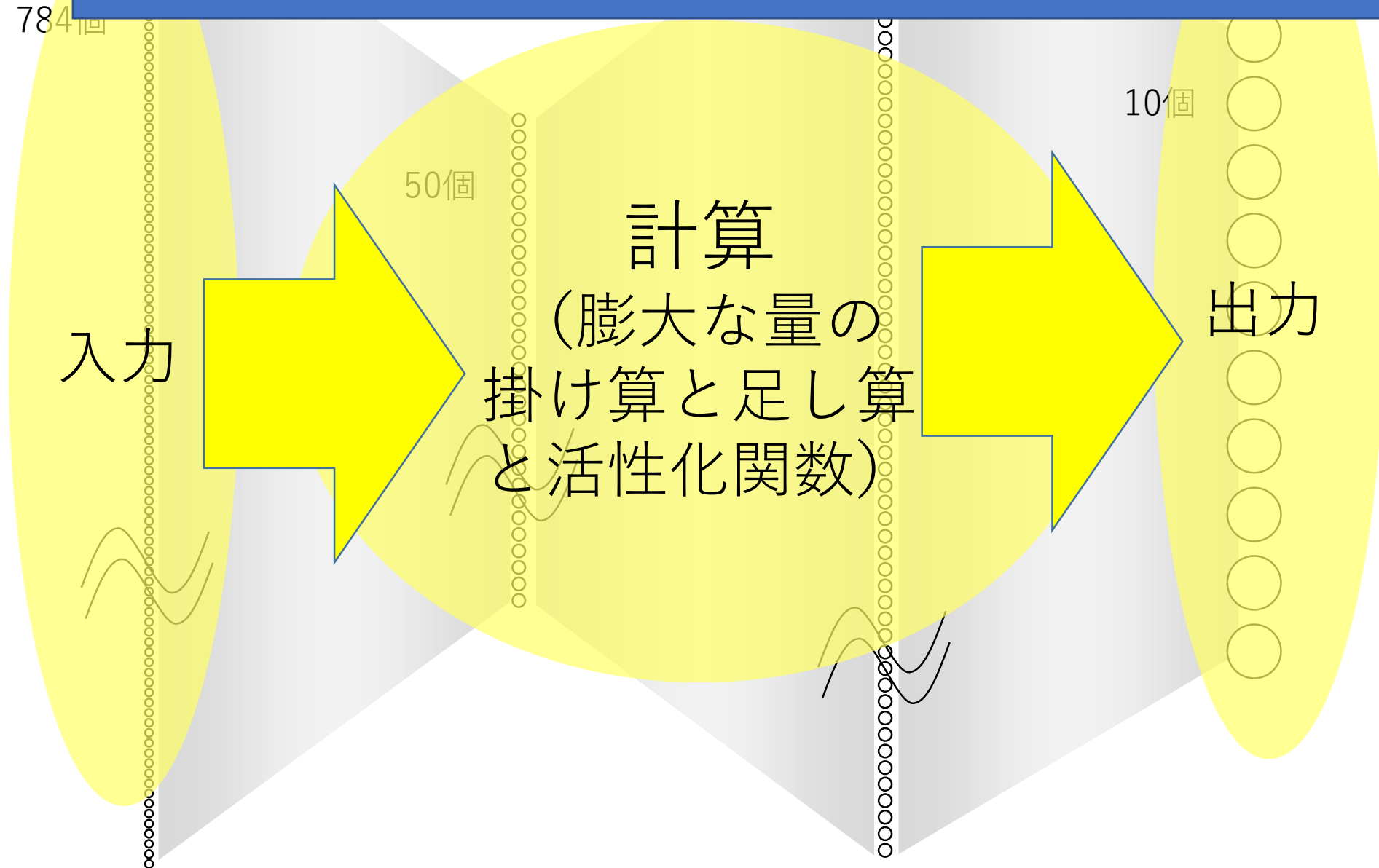
50個

100個

10個



このくらいの数のニューラルネットワークを使うと、
手書きの文字認識ができちゃいます。



手計算じゃムリ！



計算
(膨大な量の
掛け算と足し算
と活性化関数)

単調な計算の繰り返しは
コンピューターの得意技。
プログラムを作って計算
させちゃえばいい！



今日のアジェンダ

- 今日の立ち位置、言葉の整理
- ディープラーニングの
 - 計算のやり方
 - 計算の道具
- ディープラーニングを用いた手書き文字(数字)認識の実例

ふたつの道具を手に入れよう

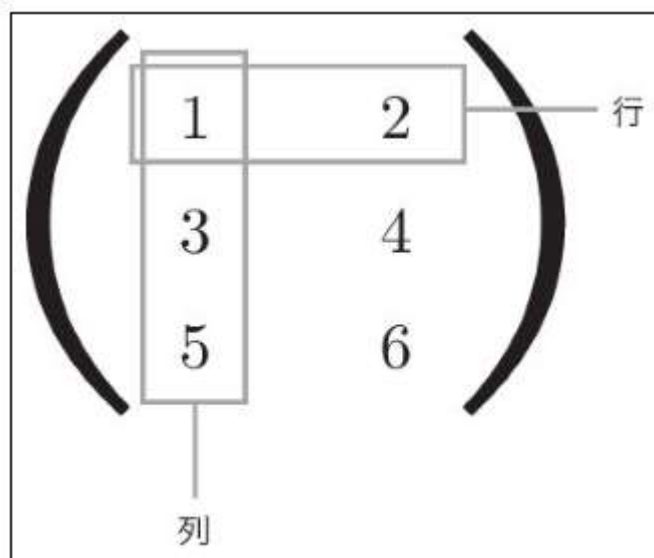
- 数学の道具 – 行列の計算
- プログラミング – Python
(なぜPythonかは後ほど補足)



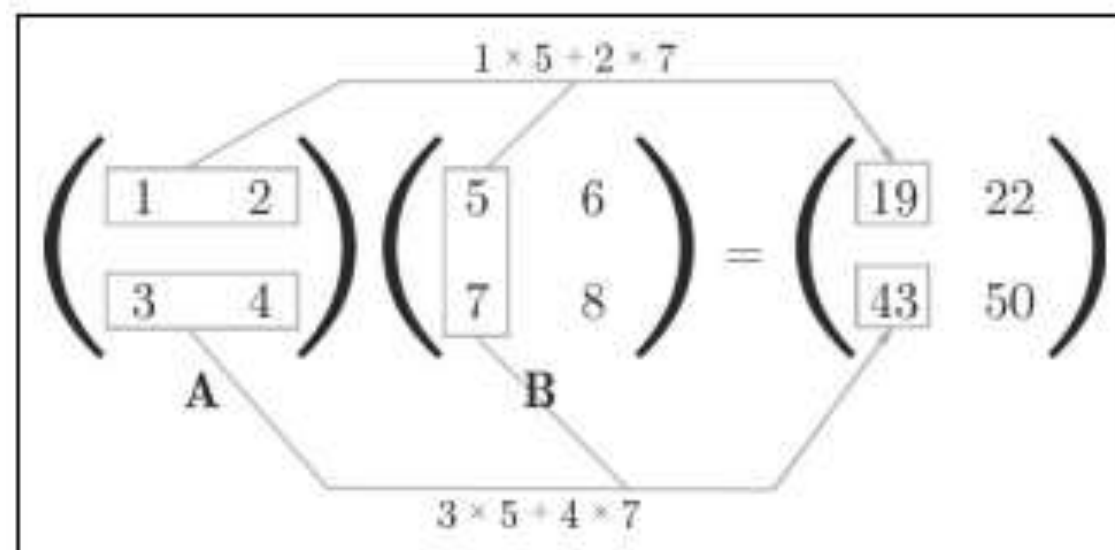
数学の便利な道具－行列、内積

なぜ便利かは後ほどわかる

3 × 2の行列の例



行列の内積の例



行列計算に慣れ親しむ

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 5 & 7 \\ 9 & 11 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 11 \\ 22 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 77 \\ 209 \\ 341 \end{pmatrix}$$

$$(11 \ 22) \cdot \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 5 & 7 \\ 9 & 11 \end{pmatrix} = \boxed{?}$$



蛇足

いろいろな呼び方

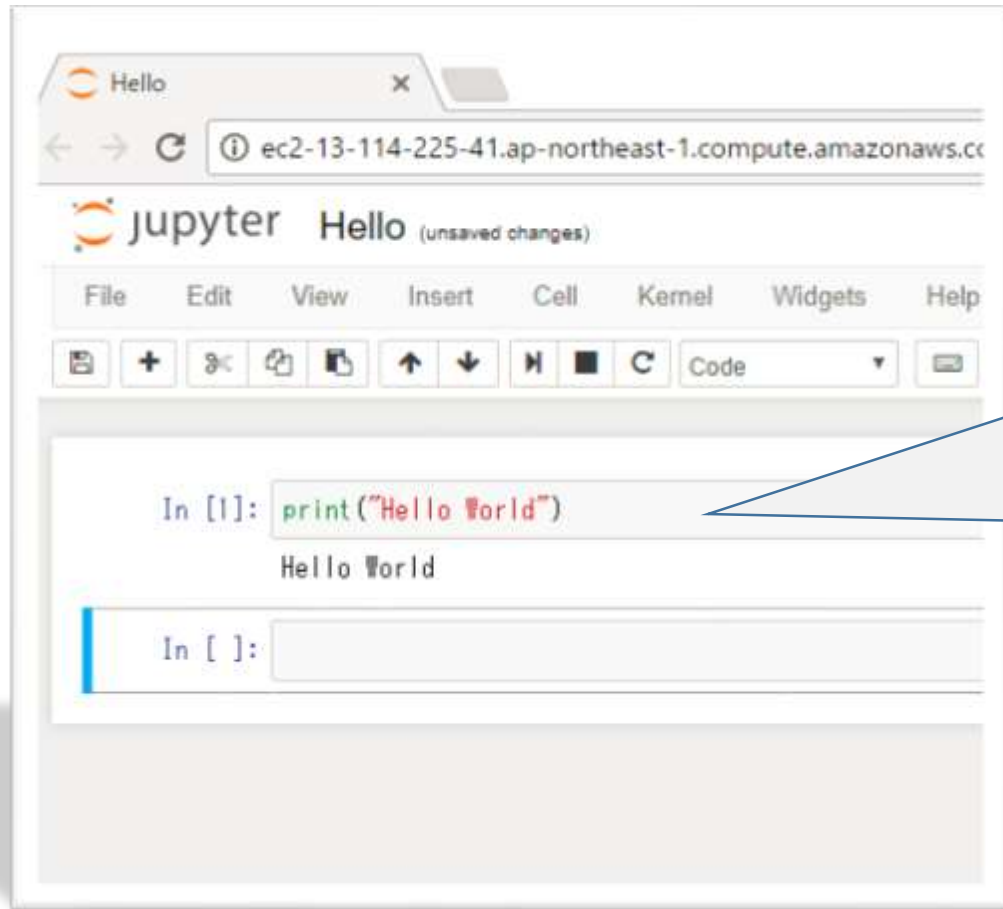
• 行列 = マトリックス = 二次元配列 = 二次元行列
数学っぽい 英語 プログラムのときよく使う 次元を明示的に

• ベクトル = 配列 = リスト
数学っぽい プログラム.. 特にPython

表記方法

- 行列は大文字 A, B, C..
- ベクトルは小文字 a, b, c..

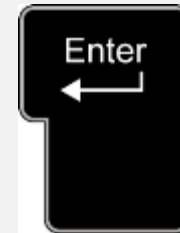
いよいよPythonプログラミングです



Jupyterというブラウザベースの開発環境を使います。



+



で、セル内のコマンド(プログラム)を実行します。

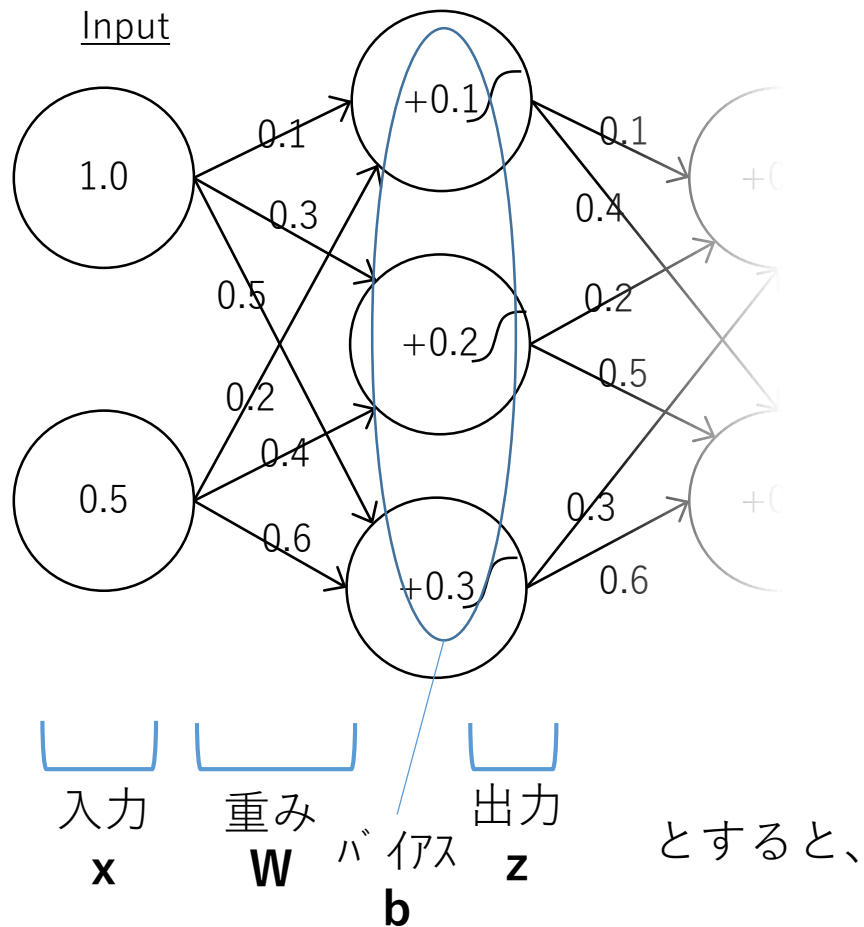
なぜ、行列（内積）なんていう道具を使うのか？

それは、行列を使うとニューラルネットワークを
シンプルに記述できるから。

ニューラルネットワークを行列計算で表現してみる

$\text{sig}()$...シグモイド関数

先ほどの模型の前半部分



$$\begin{aligned} z &= \text{sig}(W \cdot x + b) \\ &= \text{sig}\left(\begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 \\ 0.3 & 0.4 \\ 0.5 & 0.6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1.0 \\ 0.5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \end{pmatrix}\right) \\ &= \text{sig}\left(\begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.5 \\ 0.8 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \end{pmatrix}\right) \\ &= \text{sig}\left(\begin{pmatrix} 0.3 \\ 0.7 \\ 1.1 \end{pmatrix}\right) = \begin{pmatrix} 0.574 \\ 0.668 \\ 0.750 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

ニューラルネットワークを行列計算で表現してみる

先ほどの模型の前半部分

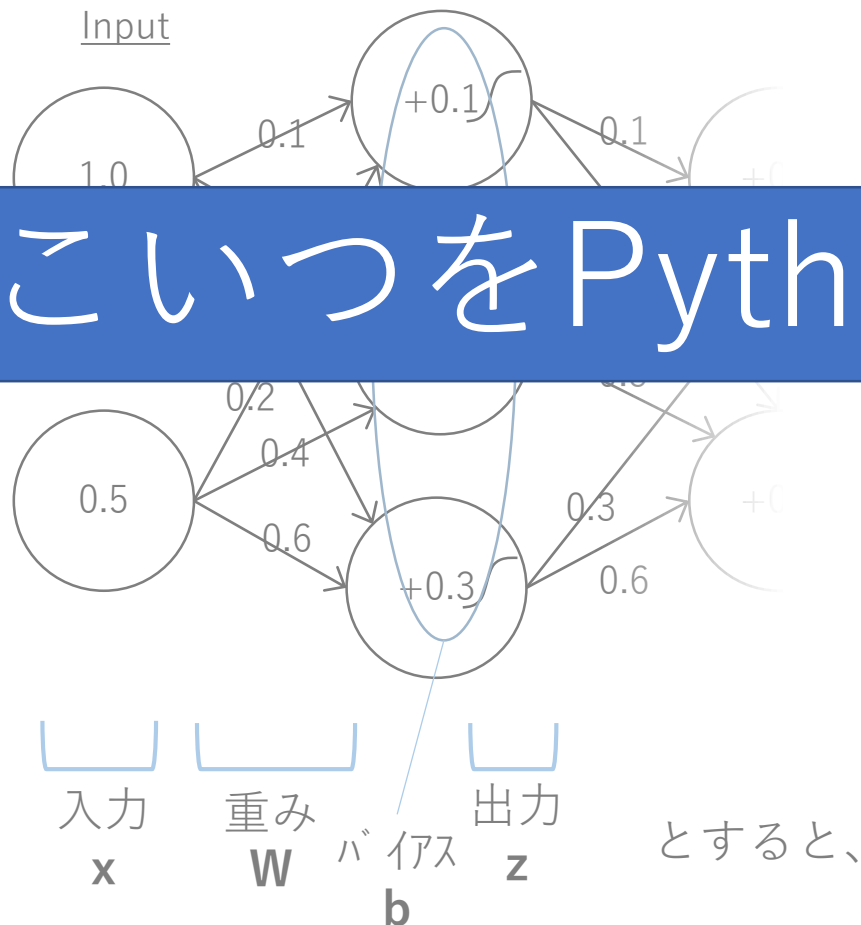
sig() …シグモイド関数

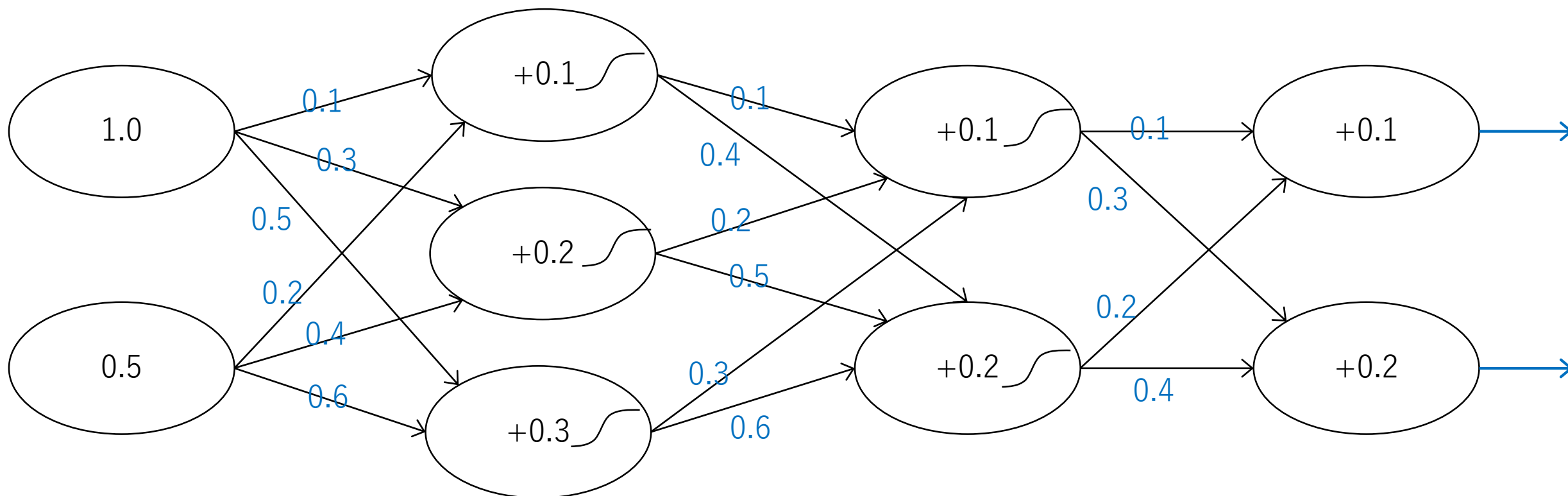
$$\mathbf{z} = \text{sig}(\mathbf{W} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{b})$$

こいつをPythonで実装してみよう！

$$= \text{sig}\left(\begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.5 \\ 0.8 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \end{pmatrix}\right)$$

$$= \text{sig}\left(\begin{pmatrix} 0.3 \\ 0.7 \\ 1.1 \end{pmatrix}\right) = \begin{pmatrix} 0.574 \\ 0.668 \\ 0.750 \end{pmatrix}$$





x	$W1$	$b1$	$z1$	$W2$	$b2$	$z2$	$W3$	$b3$	$z3$
$\begin{pmatrix} 1.0 \\ 0.5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 \\ 0.3 & 0.4 \\ 0.5 & 0.6 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} ? \\ ? \\ ? \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.3 \\ 0.4 & 0.5 & 0.6 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} ? \\ ? \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 \\ 0.3 & 0.4 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} ? \\ ? \end{pmatrix}$

$$z1 = \text{sig}(W1 \cdot x + b1)$$

$$z2 = \text{sig}(W2 \cdot z1 + b2)$$

$$z3 = W3 \cdot z2 + b3$$

sig() …シグモイド関数

```
import numpy as np

def sig(x):
    return 1 / (1 + np.exp(-x))

W1 = np.array([[0.1,0.2], [0.3,0.4], [0.5,0.6]])
x = np.array([1.0, 0.5])
b1 = np.array([0.1, 0.2, 0.3])
z1 = sig( np.dot(W1, x) + b1 )

W2 = np.array([[0.1,0.2,0.3], [0.4,0.5,0.6]])
b2 = np.array([0.1, 0.2])
z2 = sig( np.dot(W2, z1) + b2 )

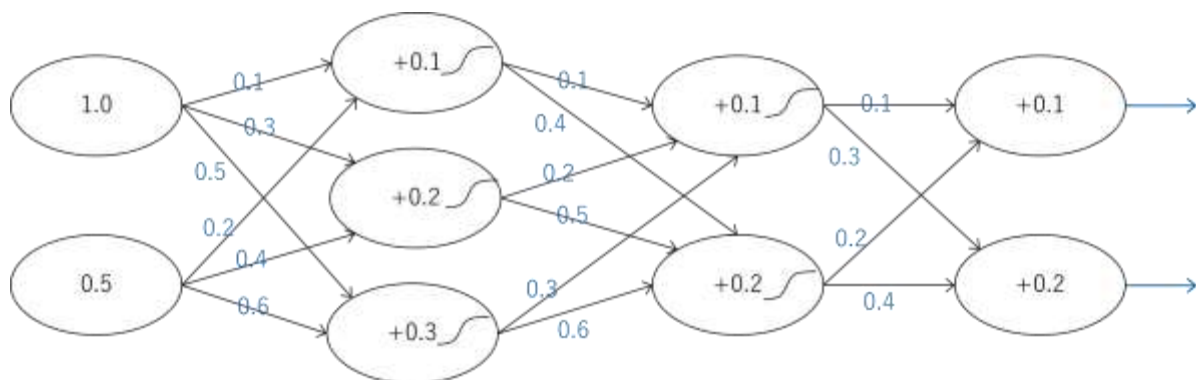
W3 = np.array([[0.1,0.2], [0.3,0.4]])
b3 = np.array([0.1, 0.2])
z3 = np.dot(W3, z2) + b3

print(z3)
```

**コンピューターにニューラルネットワーク
の演算をさせる方法を手に入れた！**

先ほどやったやつ

だったらこいつもいけるんじゃない？

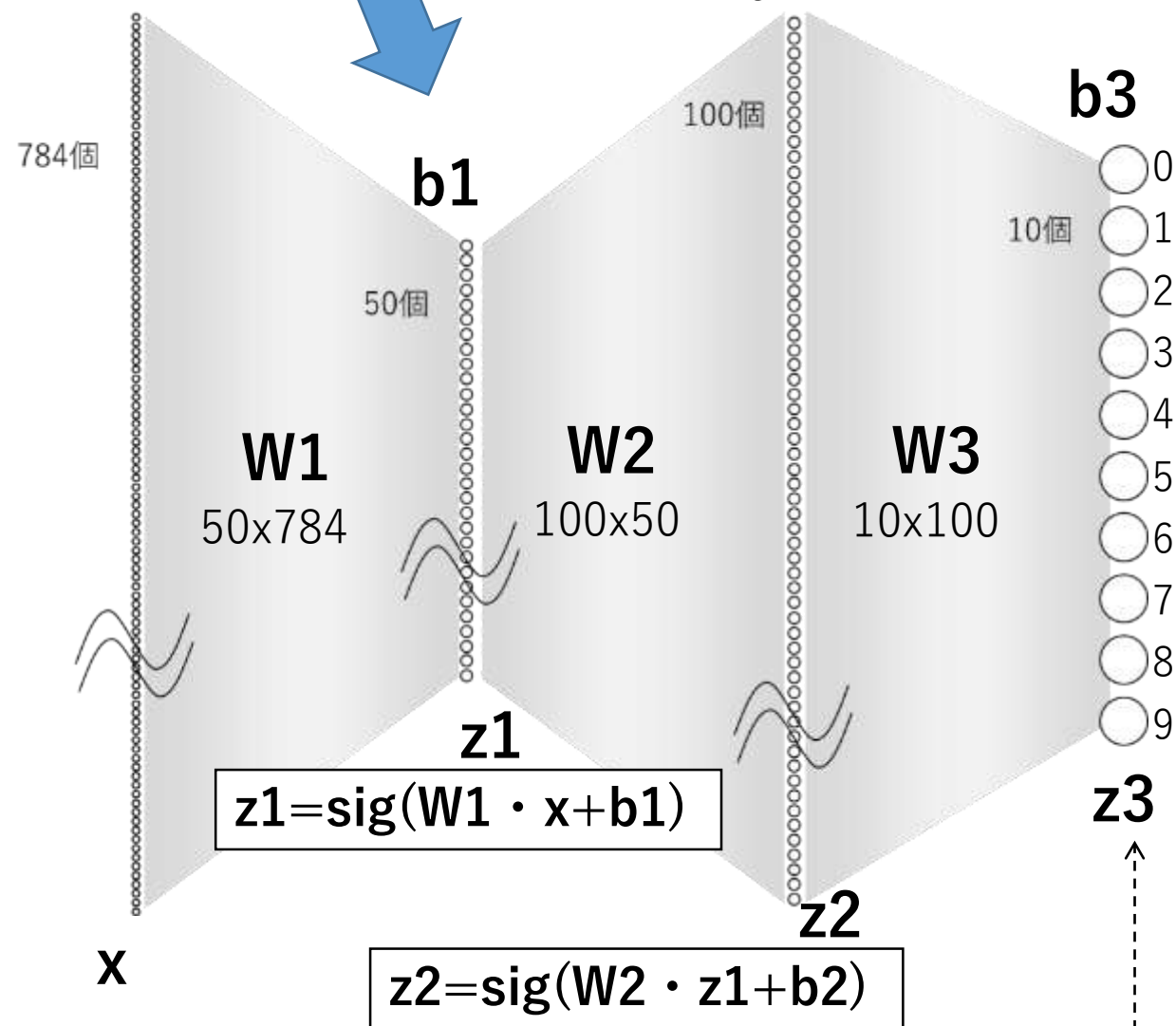


$$\begin{array}{c}
 \mathbf{x} \\
 \begin{pmatrix} 1.0 \\ 0.5 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{W1} \\
 \begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 \\ 0.3 & 0.4 \\ 0.5 & 0.6 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{b1} \\
 \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{z1} \\
 \begin{pmatrix} ? \\ ? \\ ? \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{W2} \\
 \begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.3 \\ 0.4 & 0.5 & 0.6 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{b2} \\
 \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{z2} \\
 \begin{pmatrix} ? \\ ? \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{W3} \\
 \begin{pmatrix} 0.1 & 0.2 \\ 0.3 & 0.4 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{b3} \\
 \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{z3} \\
 \begin{pmatrix} ? \\ ? \end{pmatrix}
 \end{array}$$

$$\mathbf{z1} = \text{sig}(\mathbf{W1} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{b1})$$

$$\mathbf{z2} = \text{sig}(\mathbf{W2} \cdot \mathbf{z1} + \mathbf{b2})$$

$$\mathbf{z3} = \mathbf{W3} \cdot \mathbf{z2} + \mathbf{b3}$$



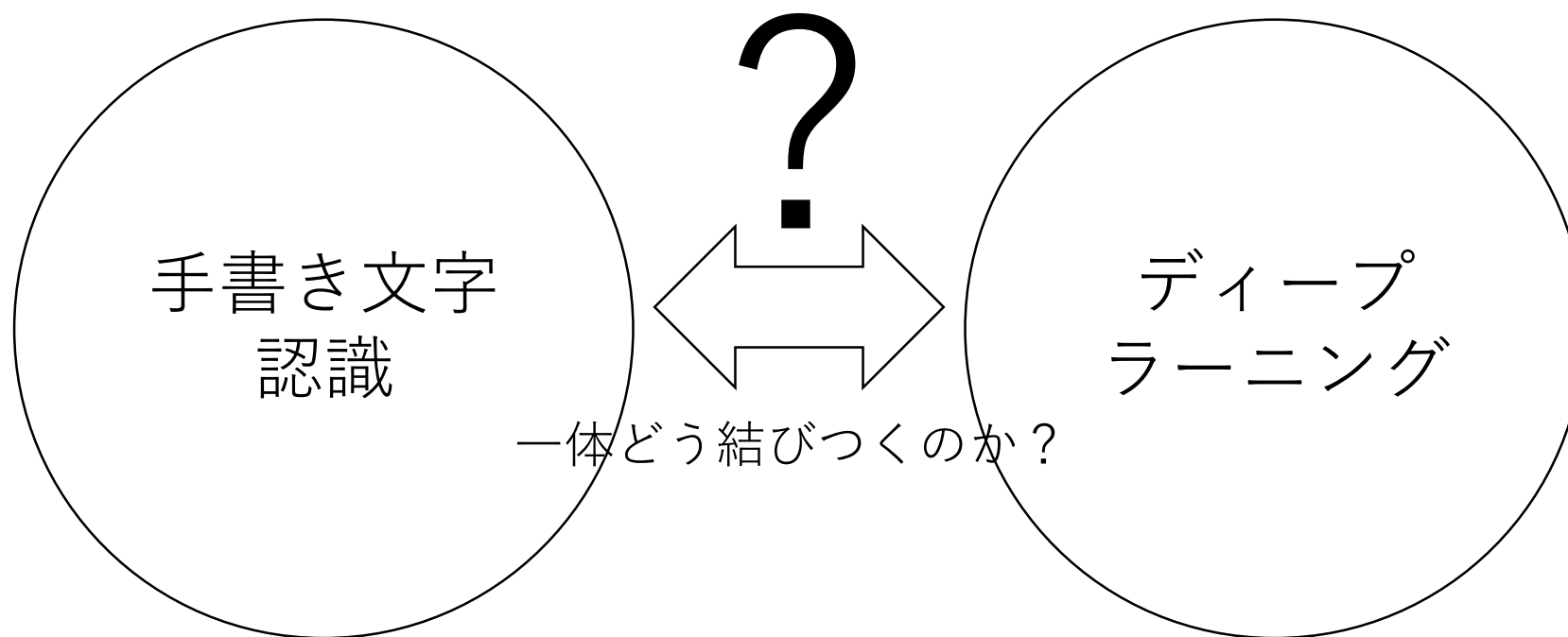
層やノードの数が増えても、行列を使うとシンプルに表現できる！
そしてPythonプログラムで記述できる。

$$\mathbf{z3} = \mathbf{W3} \cdot \mathbf{z2} + \mathbf{b3}$$

今日のアジェンダ

- 今日の立ち位置、言葉の整理
- ディープラーニングの
 - 計算のやり方
 - 計算の道具
- ディープラーニングを用いた手書き文字(数字)認識の実例

手書き文字(数字)認識をさせてみる



人間が文字認識する、をホワイトボードでやってみる

ディープラーニングの全体の流れ

データの準備

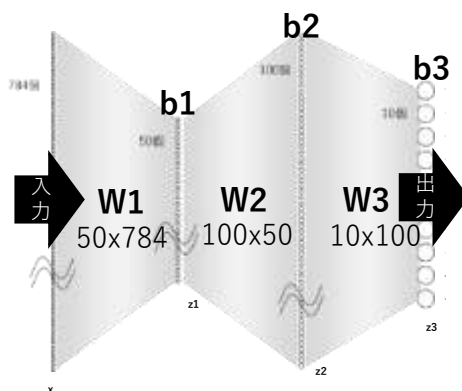


MNIST手書き文字データ

<http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>

- 6万文字分の学習用データ
- 1万文字分の検証用データ

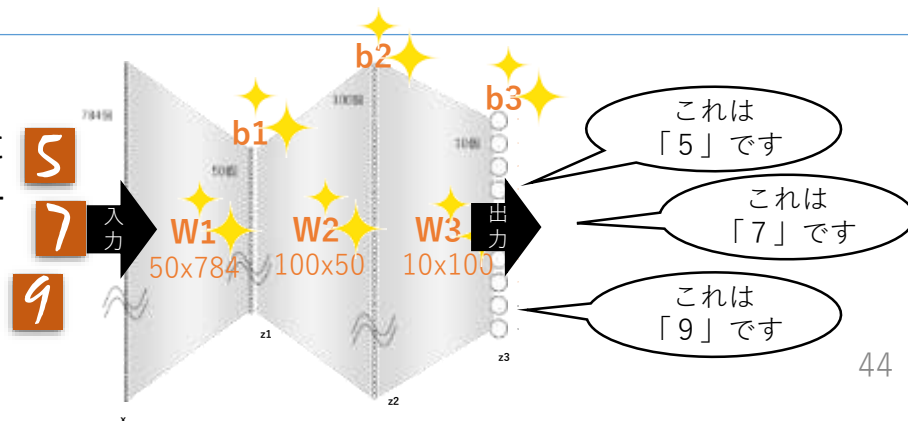
学習



6万文字分の学習用データを使って、入力した手書き文字に対応した出力が得られるようにパラメータ $W1$, $W2$, $W3$, $b1$, $b2$, $b3$ を調整

検証／適用

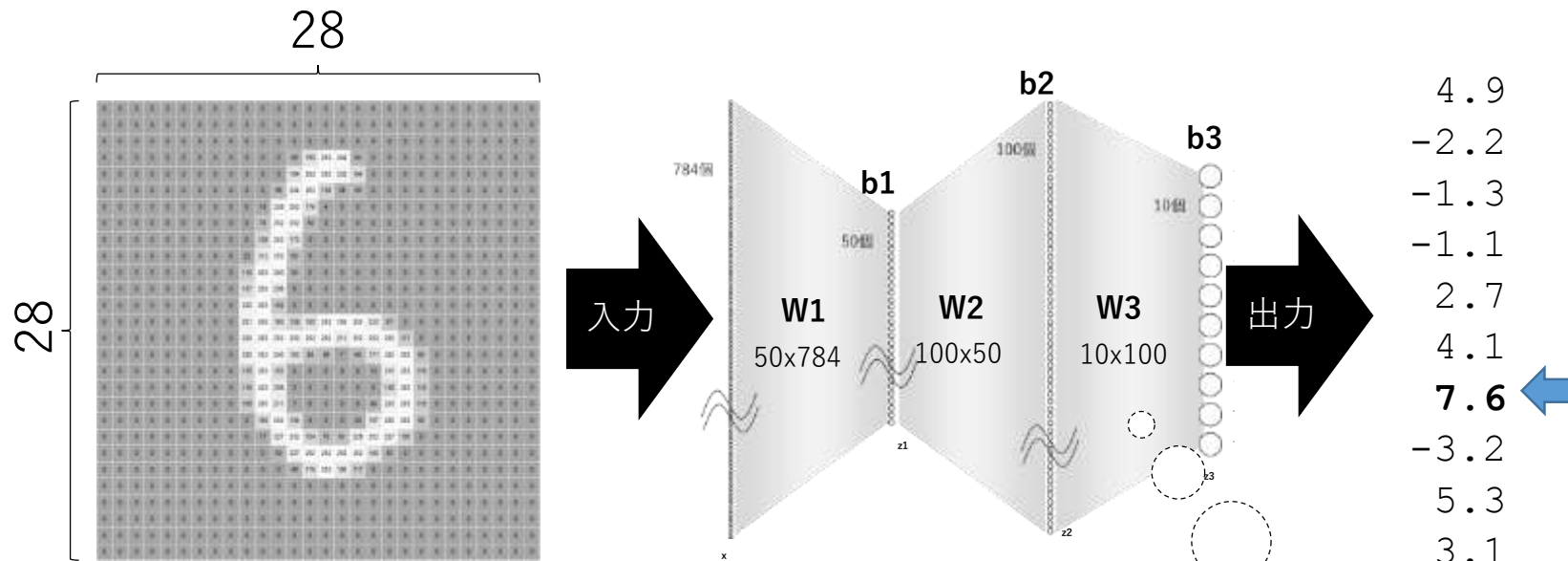
学習済(うまくパラメータが調整された状態)のニューラルネットに検証用データを入力し、うまく認識されることを検証する



ディープラーニングにおける学習とは

手書き文字を数値化し、

ニューラルネットに食わせ..

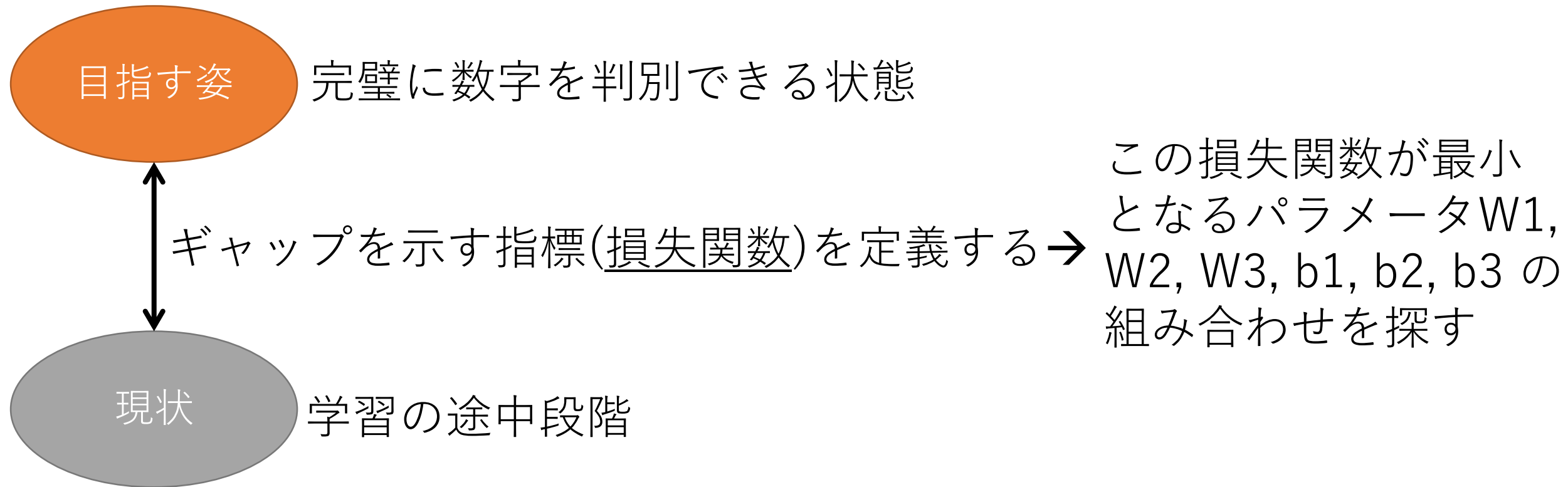


パラメータ(W1, W2, W3, b1, b2, b3 -全部で45,350個の数字)を少しずつ変えながら、入力に対応した箇所が大きな数値を示すような**絶妙な組み合わせ**を探すプロセス

28x28=784個の格子(ピクセル)ごとに0~1の255段階の値で明るさを示すことで手書き文字を表現

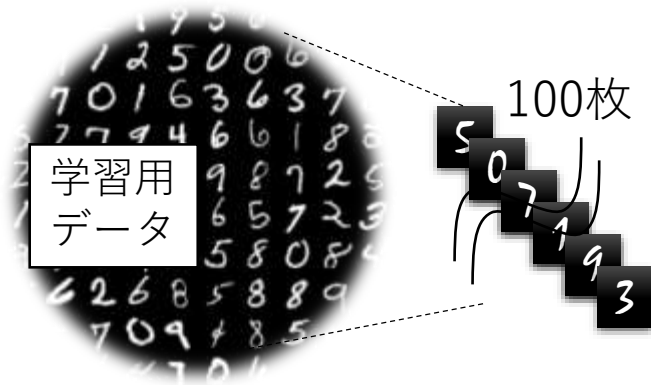


具体的にどうアプローチするか—指標の定義

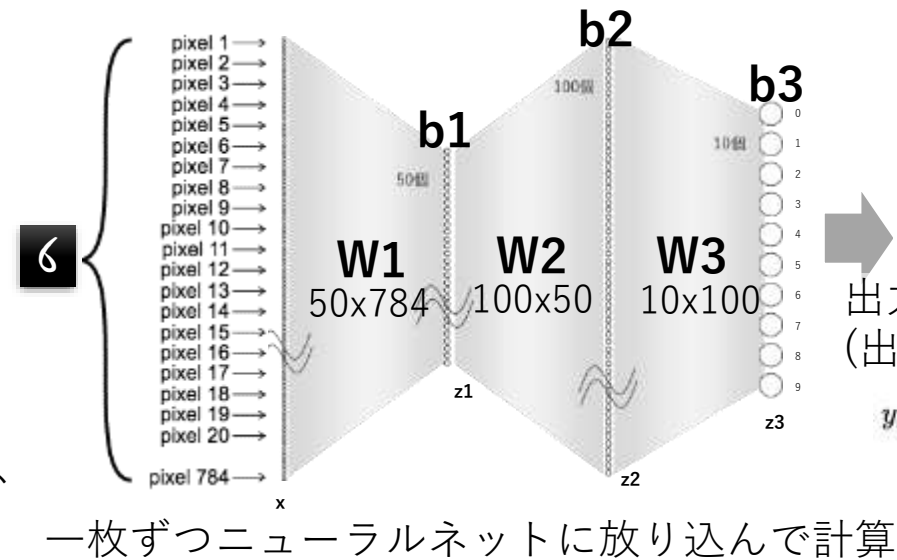




損失関数～当たってなさ具合の指標



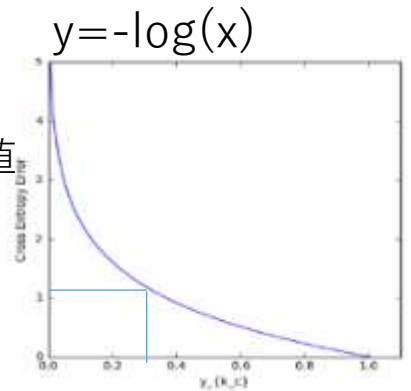
MNIST計6万枚のデータ群から、ランダムに100枚を選び出す。



出力を正規化
(出力総和=1)

$$y_k = \frac{\exp(a_k)}{\sum_{i=1}^n \exp(a_i)}$$

正解箇所の値の
エントロピー -
-logを計算



100枚分計算して平均を求める。
これが損失関数の値となる。

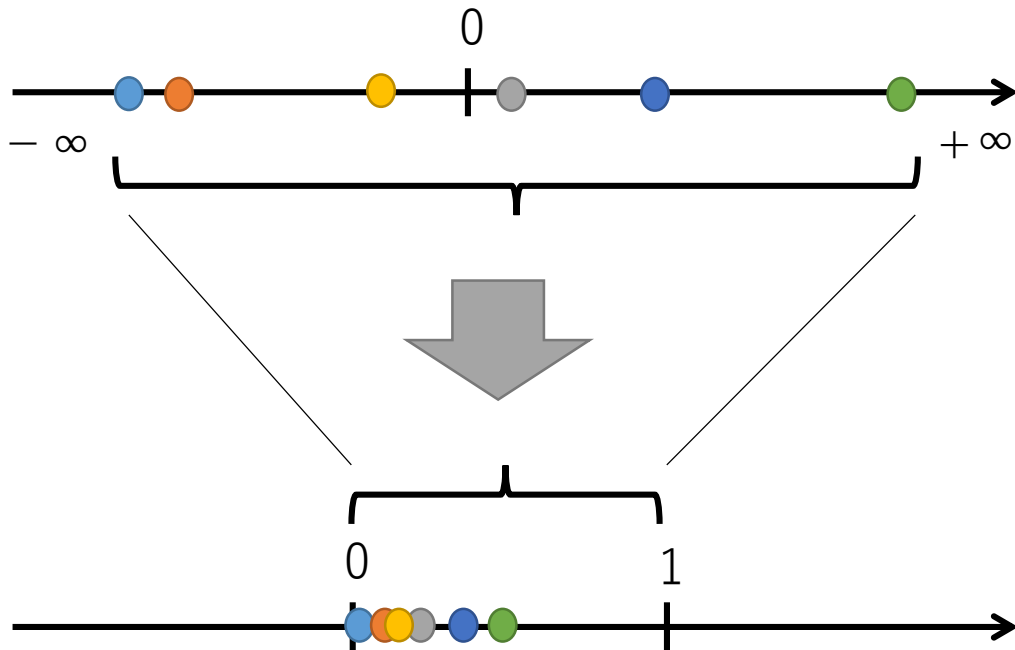
↑
パラメータW1, W2, W3, b1, b2, b3
のある組み合わせ(学習の途中段階)
における当たってなさ具合

(補足) 指数関数を用いた正規化

$$y_k = \frac{\exp(a_k)}{\sum_{i=1}^n \exp(a_i)}$$

正規化の様子を数直線で表現すると、
大小さまざまな数字について、それぞれの
位置関係は保ったままで、

- 0から1のあいだにギュッと押し込む
- 且つ、値の総和が1になる

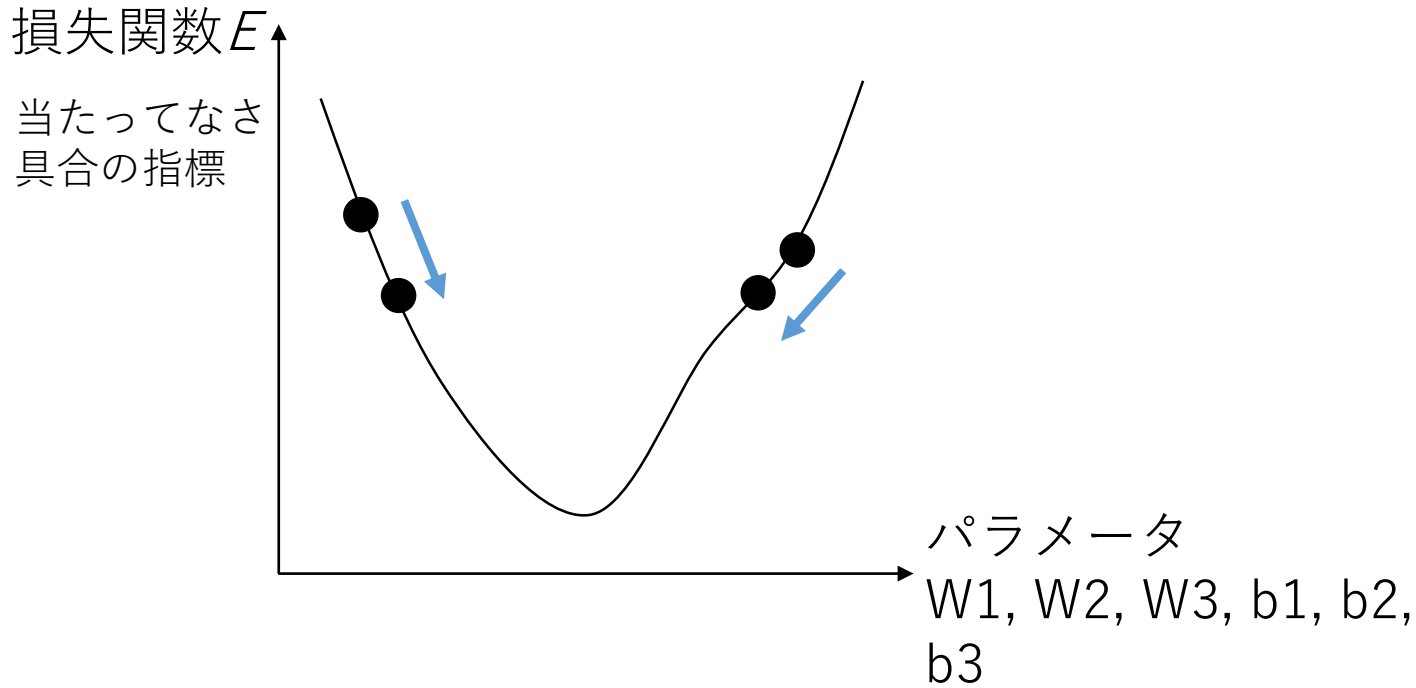


Excelシートで実際に試してみた例

適当な数字	=EXP(左セル)		左セルを%表示
-1.2	0.301194	0.037784	4%
-0.3	0.740818	0.092934	9%
1.3	3.669297	0.460304	46%
0.1	1.105171	0.138641	14%
-1.1	0.332871	0.041758	4%
0.6	1.822119	0.22858	23%
	=SUM(列の合計)		列のSUM 確かに足したら1
	7.97147		100%

= (左セル) ÷ SUMの値

損失関数が最小となるパラメータを探す

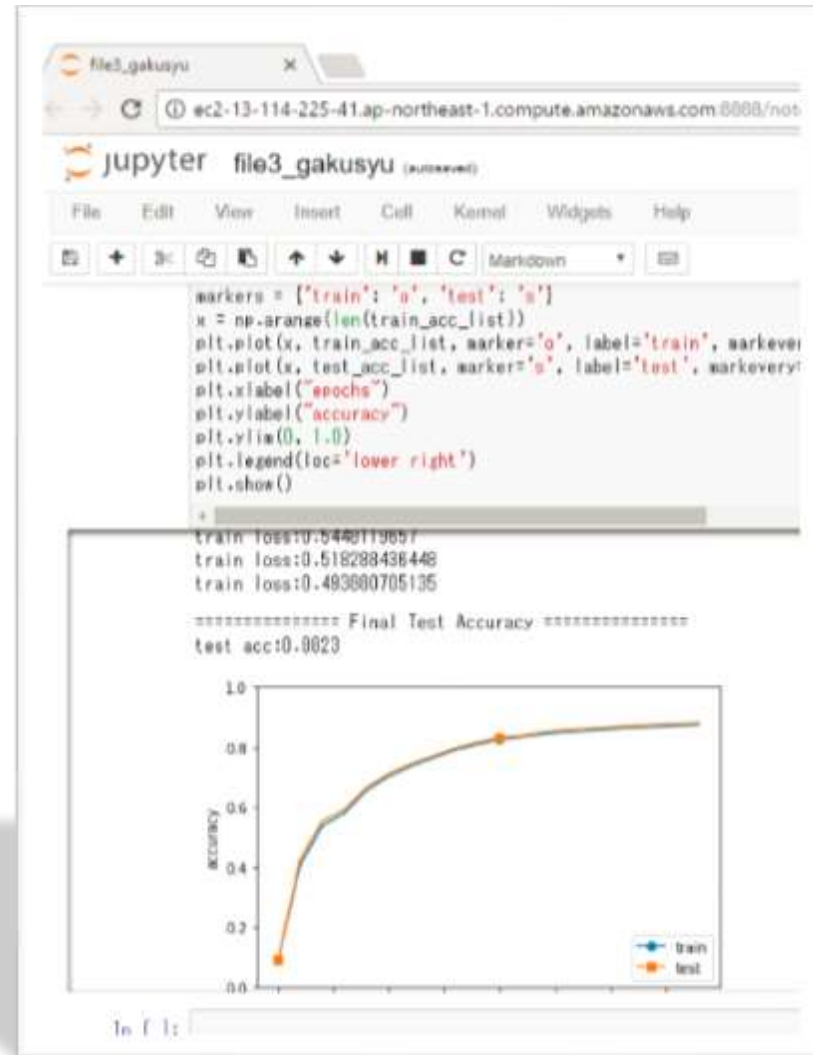


$$W_{\text{代入}} \leftarrow W - \alpha \frac{\partial E}{\partial W}$$

$$b_{\text{代入}} \leftarrow b - \alpha \frac{\partial E}{\partial b}$$

足元の坂の傾きを調べて、
その傾きの大きさに従って一歩進む。
それを繰り返して、 E の一番低いところに
たどり着く

実際の学習の過程を見してみる



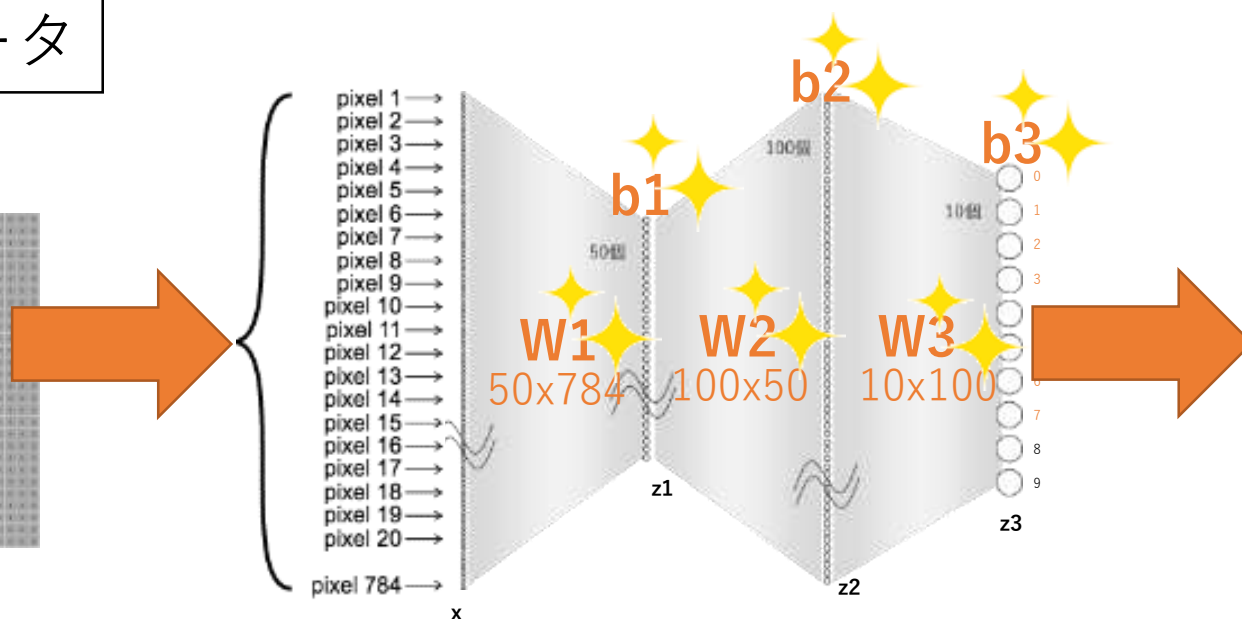
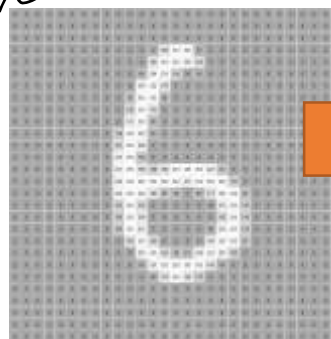
ディープラーニングの学習 ～ 奥深い世界

- 学習をいかに効率よく行うかが、実際にディープラーニングを使う上で大きな課題
- 学習(コンピューターの数値計算)の手法はそれ自体が奥深い研究テーマであり、誤差逆伝搬法(バックプロパゲーション)、SGD、Momentum、AdaGrad、Adam、…など、専門用語がバンバン出てくる領域。今日はそのあたりの深入りはやめときます

学習済のパラメータを使って、文字認識が正しく行われていることを確かめる

検証用のデータ

例えば「6」



「6」と認識できるか？
実際にPythonで動かして
試してみよう！

ということで、一通りのおさらい

(ちょっと脱線) ディープラーニングでなぜPythonなのか？



Pythonにはディープラーニングのみならず、科学技術分野に有用なライブラリが豊富。

その土台を支えるのが、行列に関する演算を高速に・手軽に行うためのNumPyライブラリ。

便利なコマンド・関数をパッケージにして、広く他の人にも使えるようにしたもの

キラーアプリとしてNumPyの存在が大きい

パラメータとハイパーパラメータ

パラメータ

$W1, W2, W3, b1, b2, b3$ ← 計算で求める
(全部で45,350個の数字)

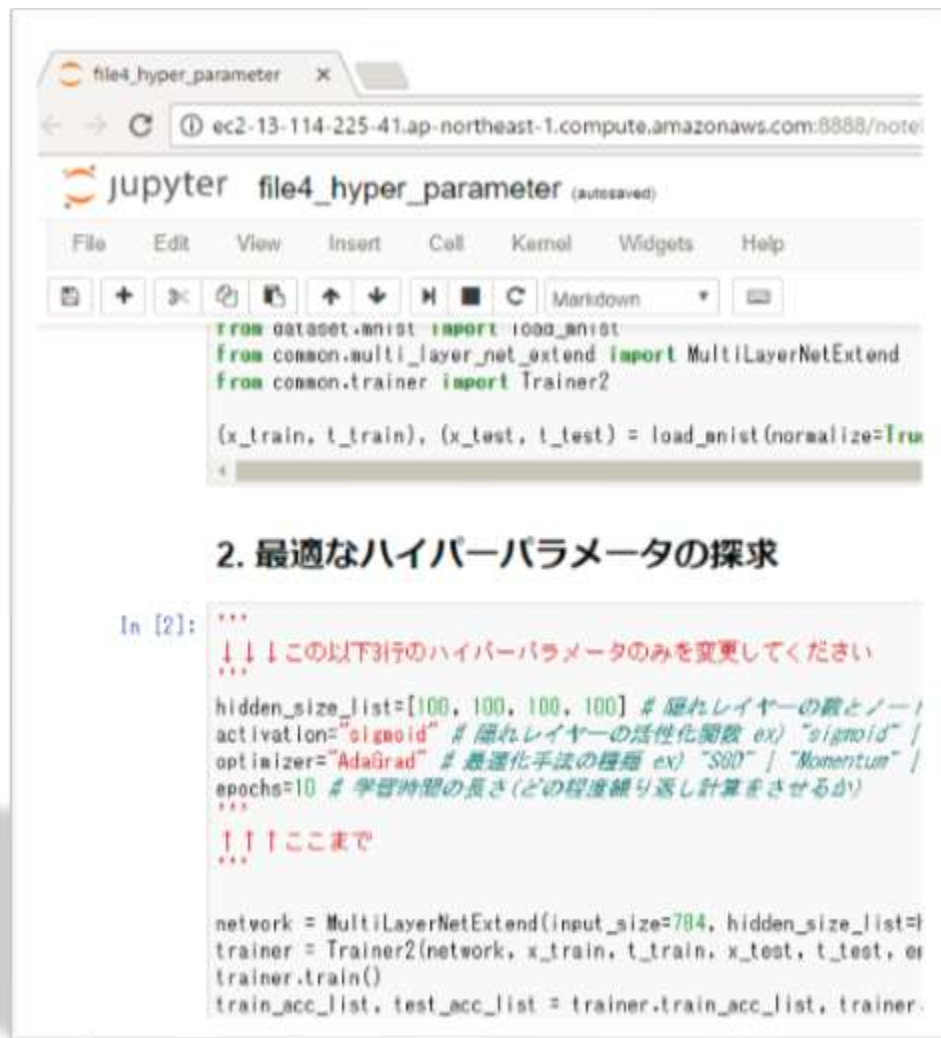
ハイパーパラメータ

- 何層にするか
- 各層のノードの数
- 活性化関数の種類
- ...

← 人による設計
何度も計算させながら試
行錯誤を繰り返す

より高いコン
ピュータの計算能
力が求められる

ハイパーパラメータ探求を体感



The screenshot shows a Jupyter Notebook window titled "file4_hyper_parameter". The browser address bar shows the URL "ec2-13-114-225-41.ap-northeast-1.compute.amazonaws.com:8888/notebook/". The notebook interface includes a menu bar (File, Edit, View, Insert, Cell, Kernel, Widgets, Help) and a toolbar with icons for file operations and cell execution. The code in the notebook is as follows:

```
from dataset.mnist import load_mnist
from common.multi_layer_net_extend import MultiLayerNetExtend
from common.trainer import Trainer2

(x_train, t_train), (x_test, t_test) = load_mnist(normalize=True)
```

2. 最適なハイパーパラメータの探求

In [2]:

```
'''
↓↓↓この以下3行のハイパーパラメータのみを変更してください
'''
hidden_size_list=[100, 100, 100, 100] # 隠れレイヤーの数とノード数
activation="sigmoid" # 隠れレイヤーの活性化関数 ex) "sigmoid" / "tanh"
optimizer="AdaGrad" # 最適化手法の種類 ex) "SGD" / "Momentum" / "Adam"
epochs=10 # 学習時間の長さ(どの程度繰り返し計算をさせるか)
'''

↑↑↑ここまで

network = MultiLayerNetExtend(input_size=784, hidden_size_list=hidden_size_list,
                               activation=activation, optimizer=optimizer)
trainer = Trainer2(network, x_train, t_train, x_test, t_test, epochs=epochs)
trainer.train()
train_acc_list, test_acc_list = trainer.train_acc_list, trainer.test_acc_list
```

パラメータの更新手法の数々

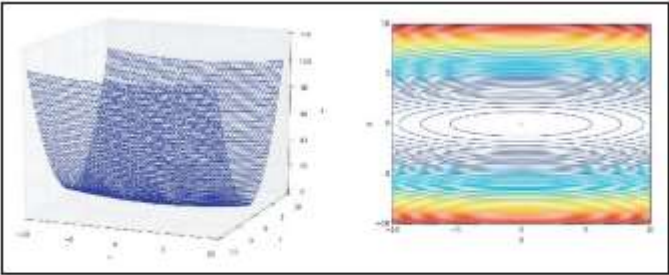


図6-1 $f(x, y) = \frac{1}{20}x^2 + y^2$ のグラフ (左図) とその等高線 (右図)

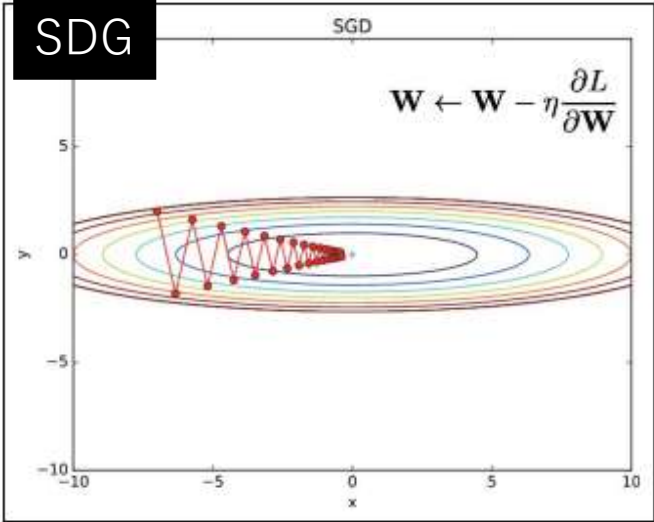


図6-3 SGDによる最適化の更新経路：最小値の(0, 0)へジグザグに動くため非効率

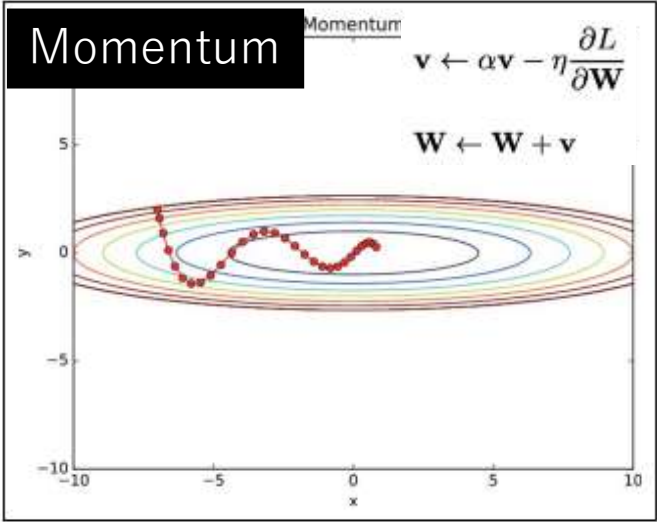


図6-5 Momentumによる最適化の更新経路

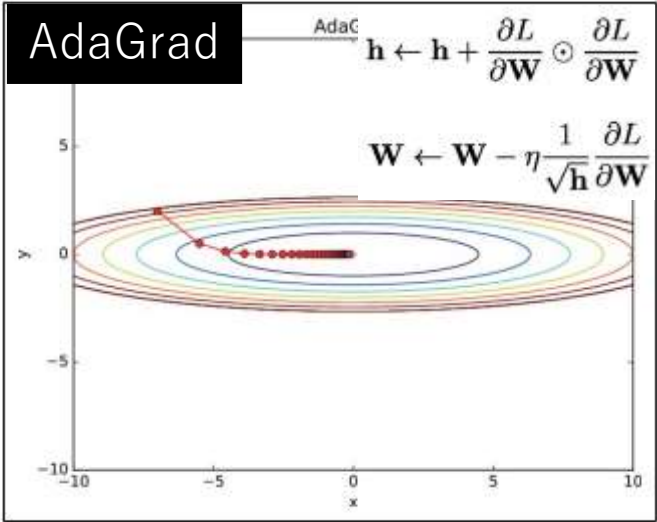


図6-6 AdaGradによる最適化の更新経路

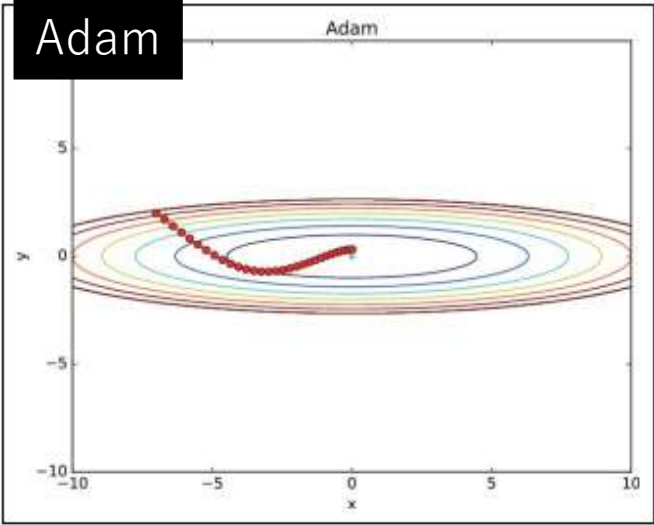
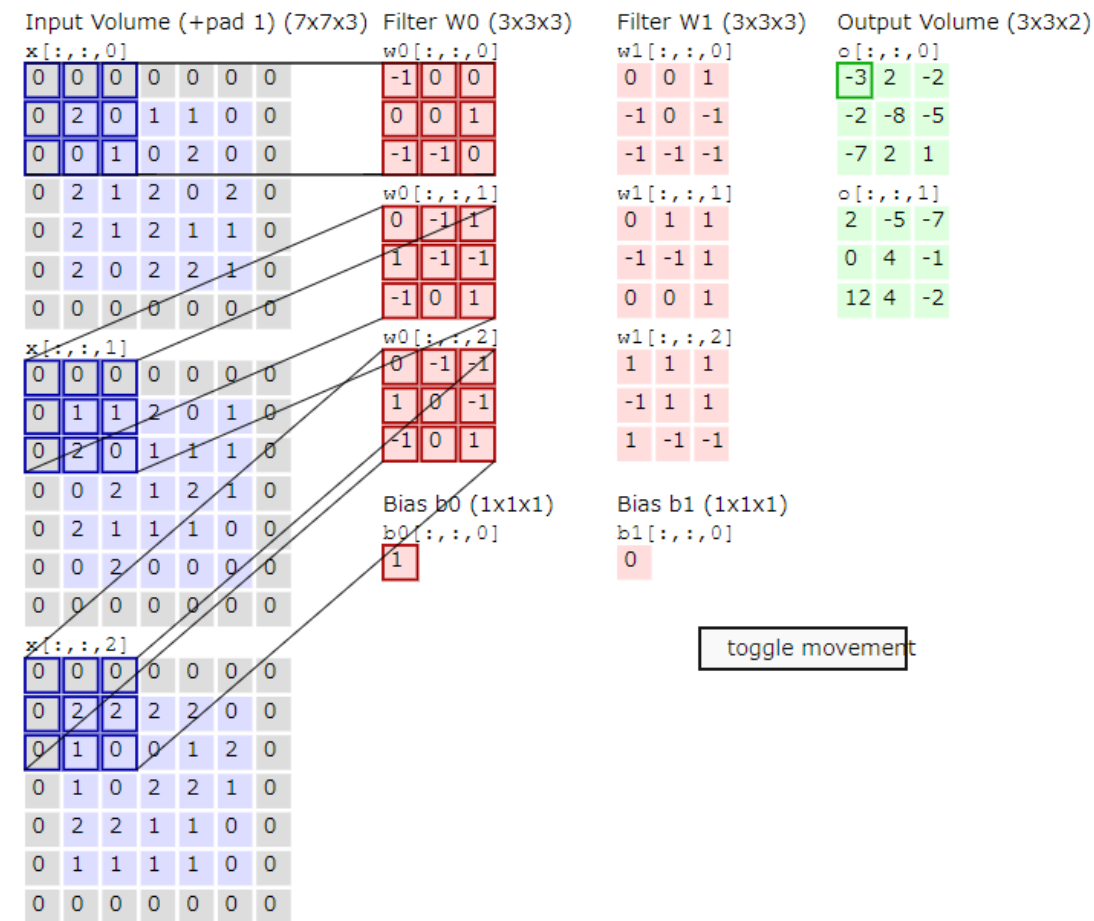


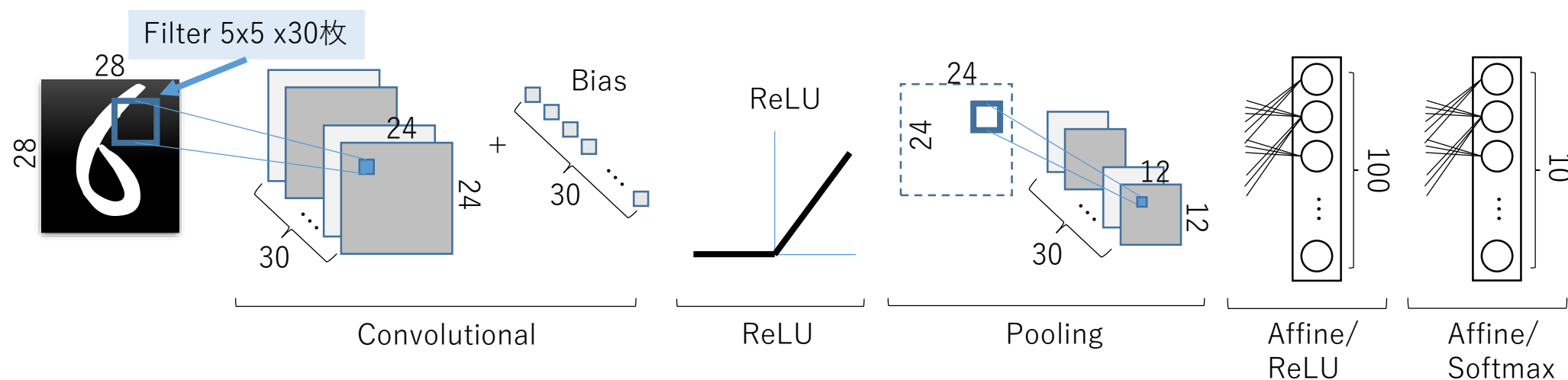
図6-7 Adamによる最適化の更新経路

さらに精度を上げる ~畳み込みニューラルネットワーク~

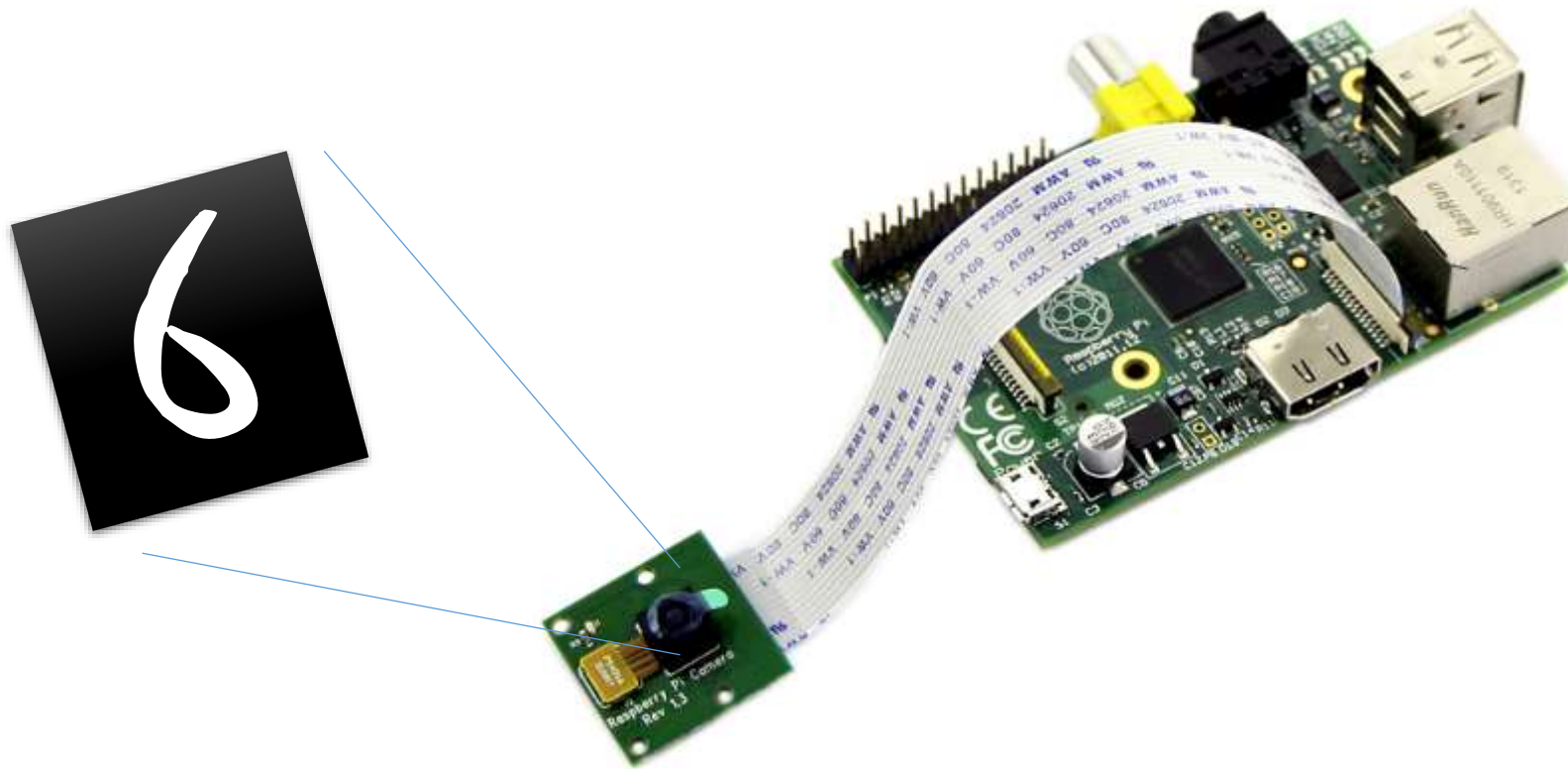
アニメーションでざっくりとしたイメージを理解する
<http://cs231n.github.io/convolutional-networks/>



評価に用いる畳み込みニューラルネットワーク ワークの構成



(時間があれば...)
Raspberry Piを使った文字認識のデモ



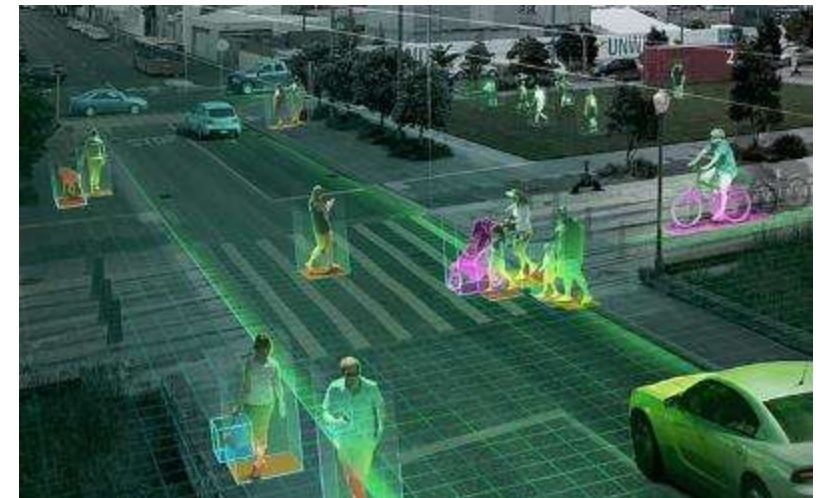
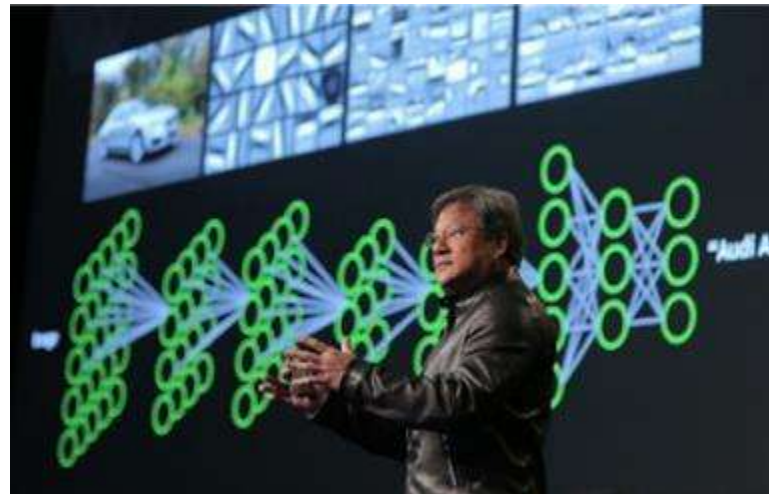
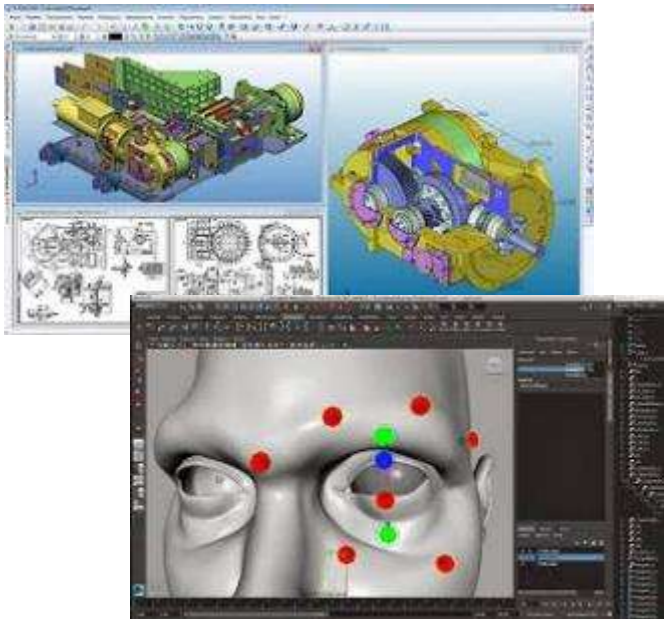
“謎のAI半導体メーカー”☺

話題の企業 – エヌビディア社



行列計算を超高速に並列処理できるチップを開発。それを組み込んだ各種ハードウェアと、それらを活用するためのソフトウェア群を提供。

CADやCG、ゲームなどの3Dグラフィックス領域から、ディープラーニングへ適応領域を拡大。いずれも膨大な行列計算を必要とするアプリケーション領域。



まだ潜り始めたばかり

まだまだ先は深いけど

- 今日の話の続きとして、畳み込みニューラルネットワークのさらなる発展、効率よく学習させるための様々なテクニックなど、学ぶべきテーマはまだまだあります
- しかし、その基本となるのは今日学んだニューラルネットワークと、それを多層構造化したモデルです
- これからニュースや記事でディープラーニングを見かけたときに、いままでよりも多少なりとも中身に親近感を持って理解できる一助となれば幸いです

