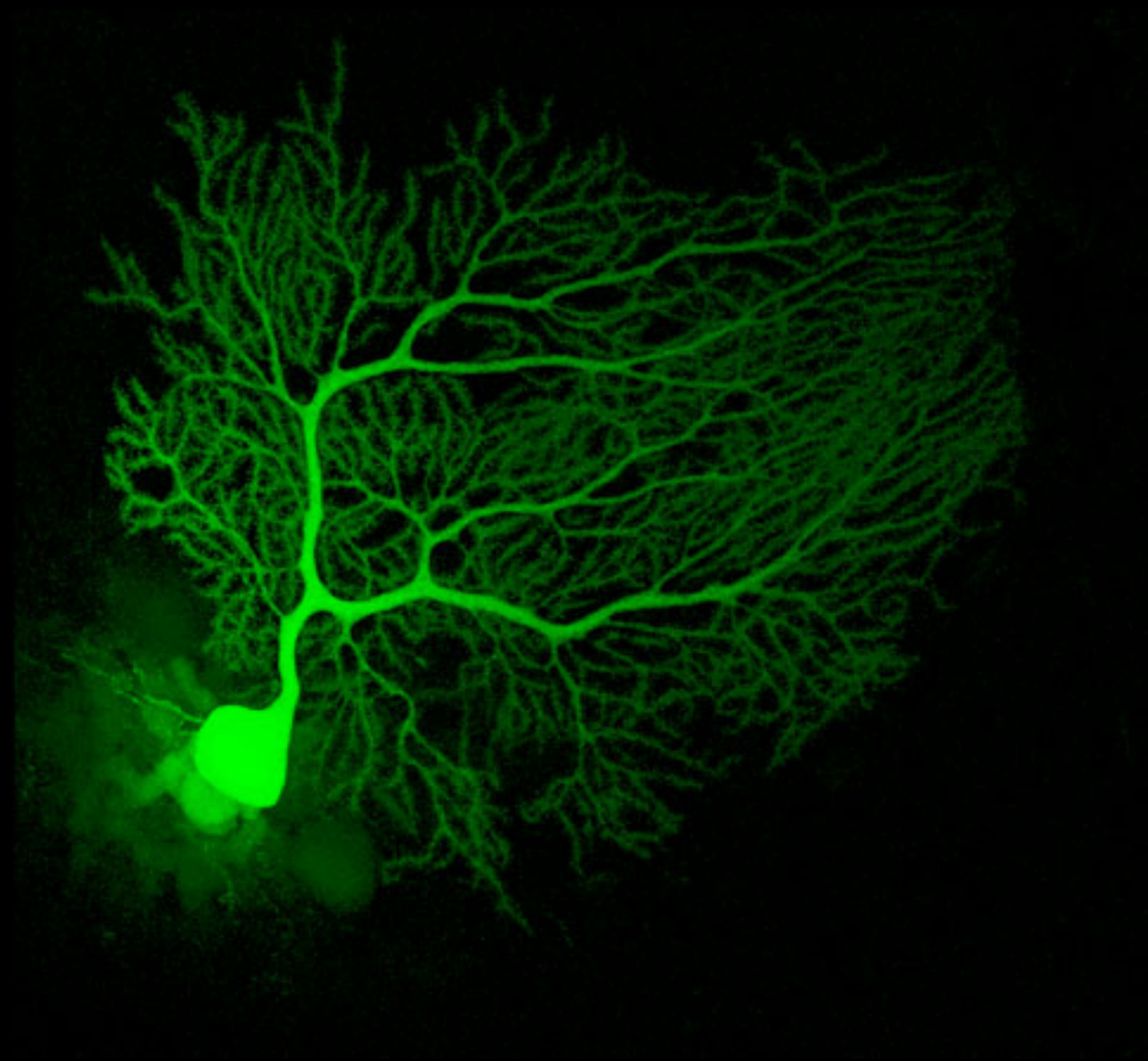
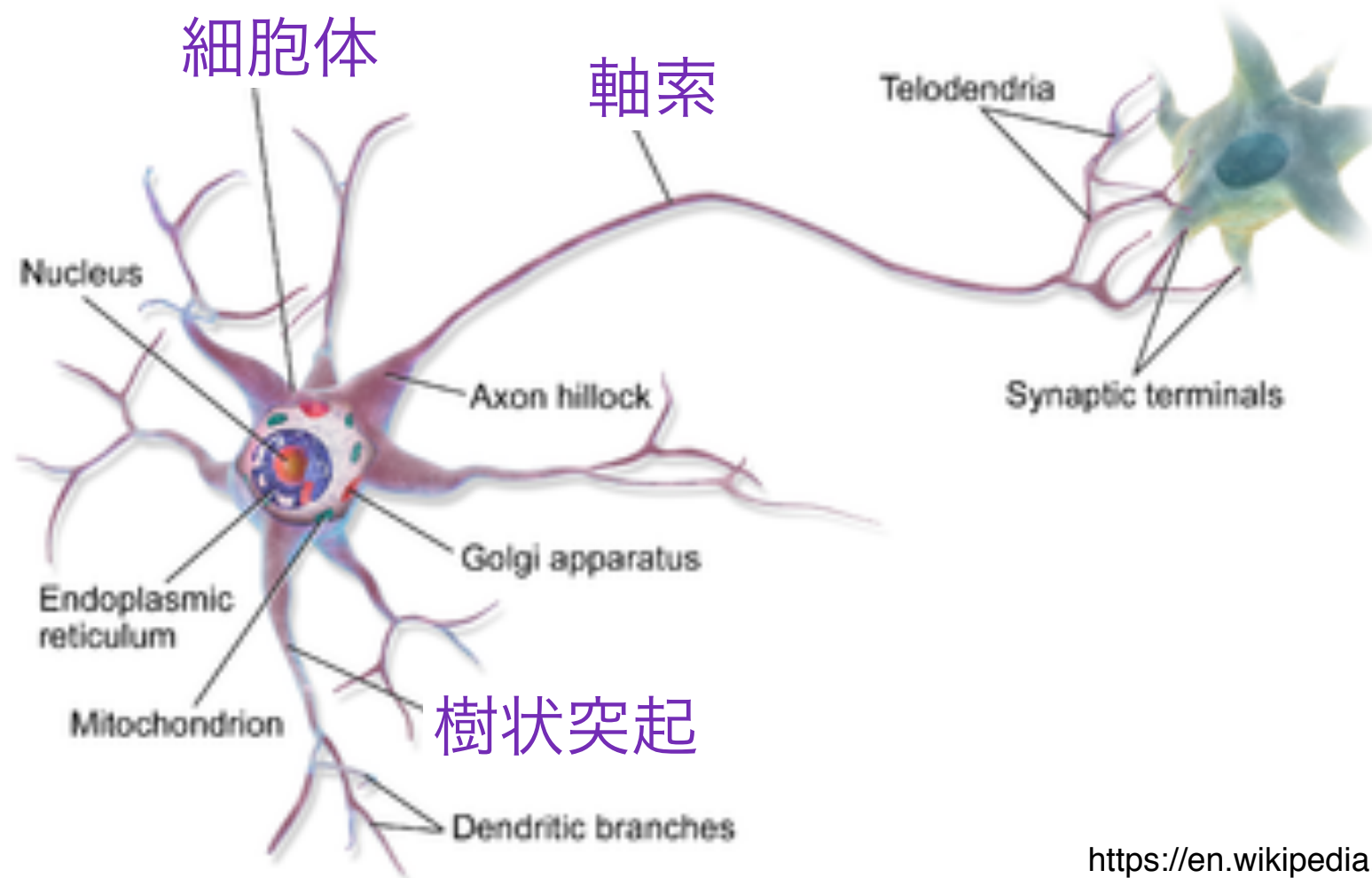


情報機械の誕生

- ・ 40億年位前(?): 生命誕生
 - ・ 自己増殖プログラムの誕生(情報+物質の複合体)
 - ・ 感覚運動処理系の誕生
 - ・ 進化の法則: より良い情報を持つものが生き残る
- ・ 6-7億年くらい前(?): 神経系の誕生
 - ・ 記憶・学習プログラムの誕生

脳の部品 … 神経細胞





<https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

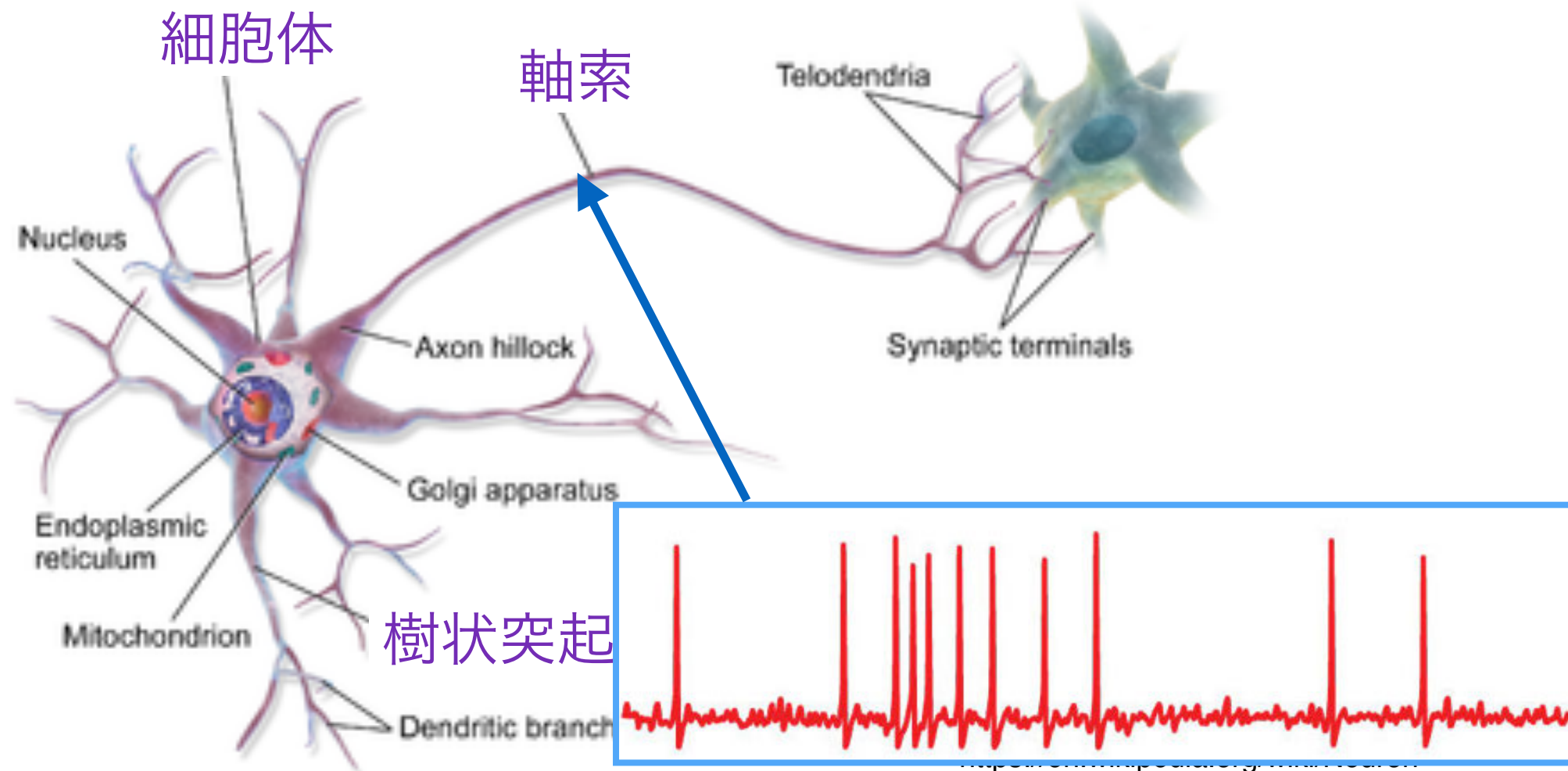
N.ウィナーが神経回路の研究のためのチーム結成
…生理学者・数学者・論理学者を集める.

神経細胞: 脳に100億個以上

注) Intel CPU(core i7)
に7億トランジスタ

シナプス結合

- 1個の細胞に1万個位
- 信号の伝わりやすさを決める



- 入力：大 ⇒ 興奮状態（電気パルス列をたくさん出す）
- 入力：小 ⇒ 静止状態（電気パルス列をあまり出さない）

All or None の法則（神経細胞の活動状態は二値で表現できる！）

BULLETIN OF
MATHEMATICAL BIOPHYSICS
VOLUME 5, 1943

A LOGICAL CALCULUS OF THE IDEAS IMMANENT IN NERVOUS ACTIVITY

WARREN S. MCCULLOCH AND WALTER PITTS

FROM THE UNIVERSITY OF ILLINOIS, COLLEGE OF MEDICINE,
DEPARTMENT OF PSYCHIATRY AT THE ILLINOIS NEUROPSYCHIATRIC INSTITUTE,
AND THE UNIVERSITY OF CHICAGO

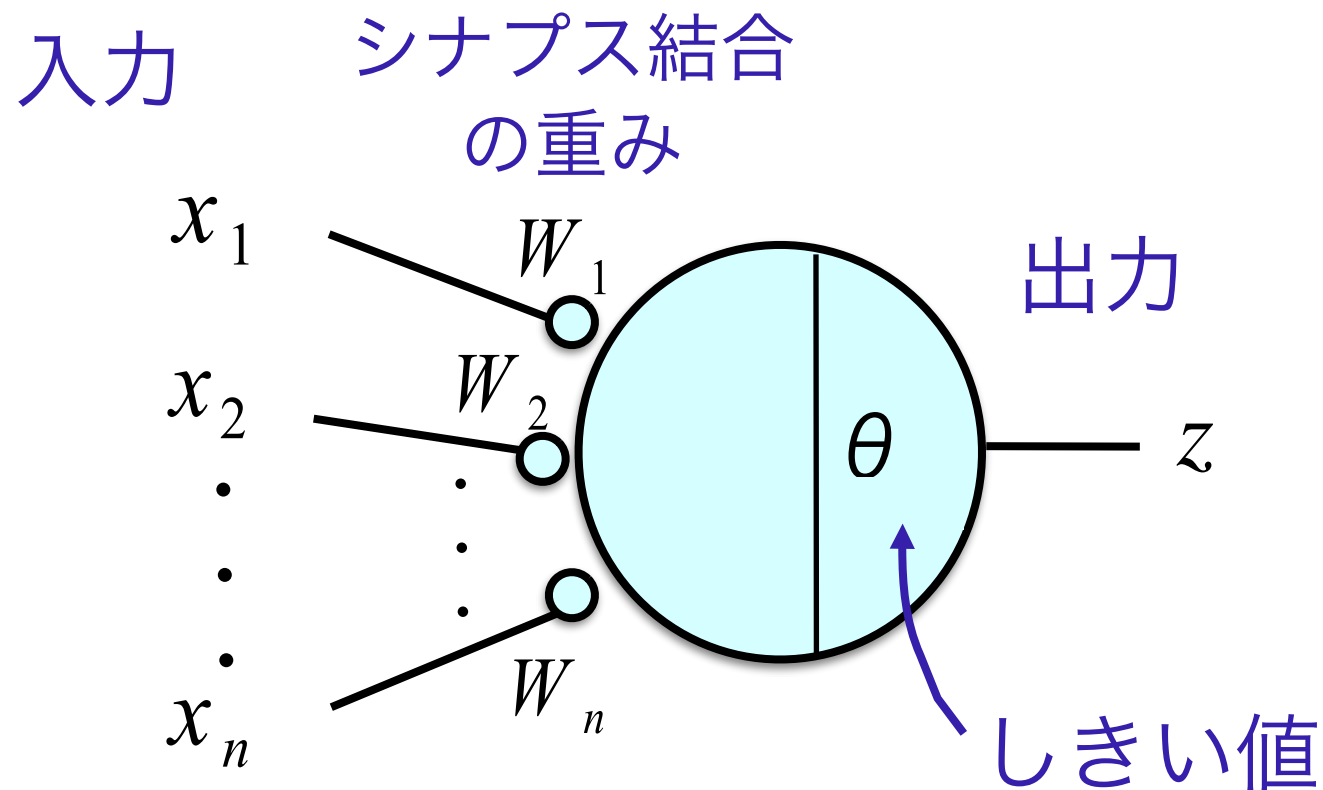
Because of the "all-or-none" character of nervous activity, neural events and the relations among them can be treated by means of propositional logic. It is found that the behavior of every net can be described in these terms, with the addition of more complicated logical means for nets containing circles; and that for any logical expression satisfying certain conditions, one can find a net behaving in the fashion it describes. It is shown that many particular choices among possible neurophysiological assumptions are equivalent, in the sense that for every net behaving under one assumption, there exists another net which behaves under the other and gives the same results, although perhaps not in the same time. Various applications of the calculus are discussed.

I. Introduction

Theoretical neurophysiology rests on certain cardinal assumptions. The nervous system is a net of neurons, each having a soma

マカロクとピッツの形式ニューロン

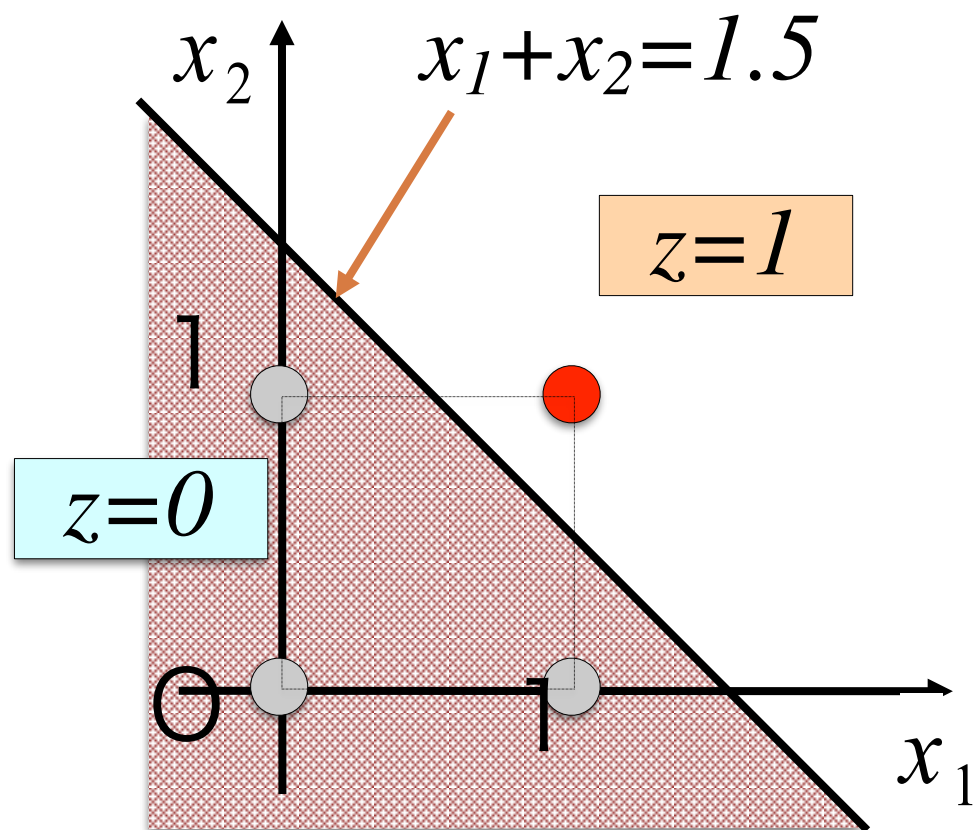
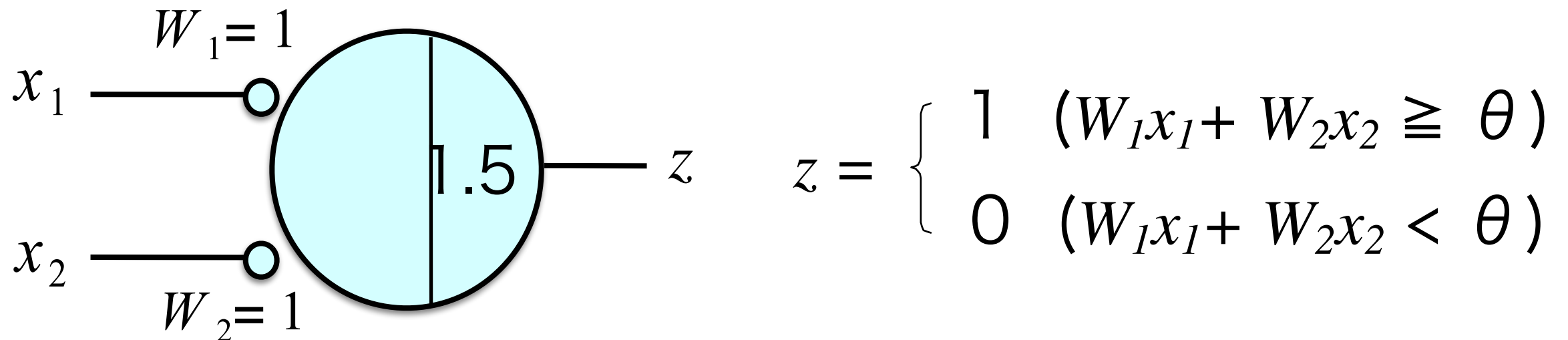
【McCulloch（神経学者） & Pitts（数学者） 1943年】



$$z = \begin{cases} 1 & \text{[興奮状態]} (W_1x_1 + W_2x_2 + \cdots + W_nx_n \geq \theta) \\ 0 & \text{[静止状態]} (W_1x_1 + W_2x_2 + \cdots + W_nx_n < \theta) \end{cases}$$

記憶はシナプス結合重みやしきい値の変化による！？

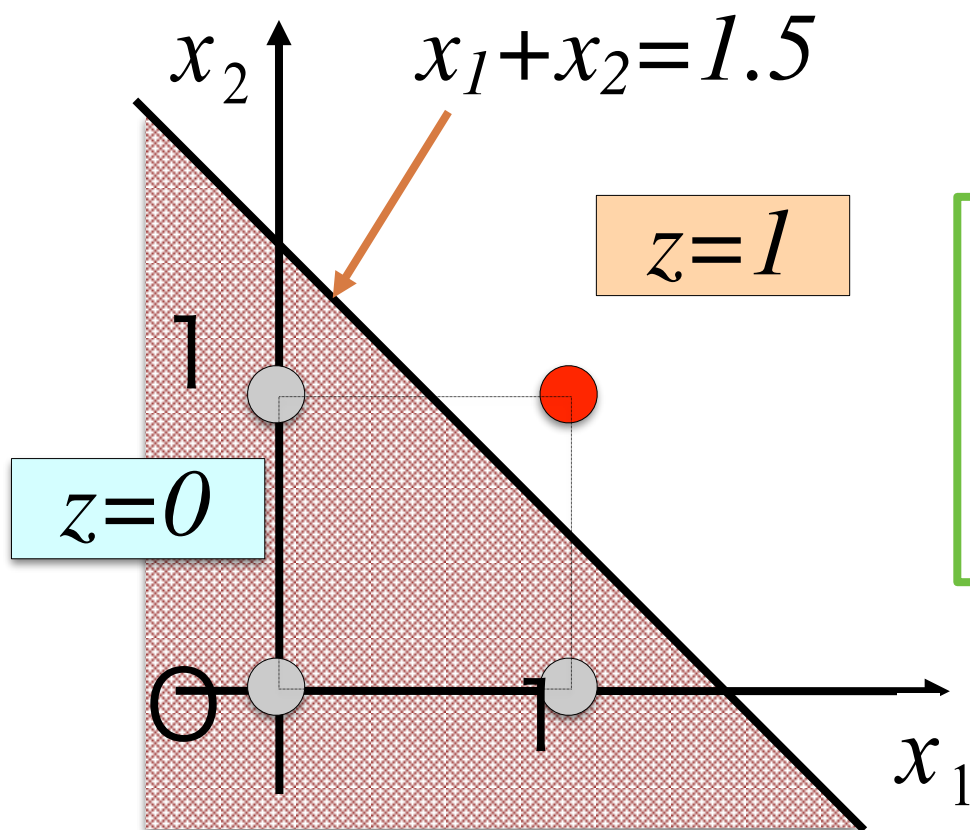
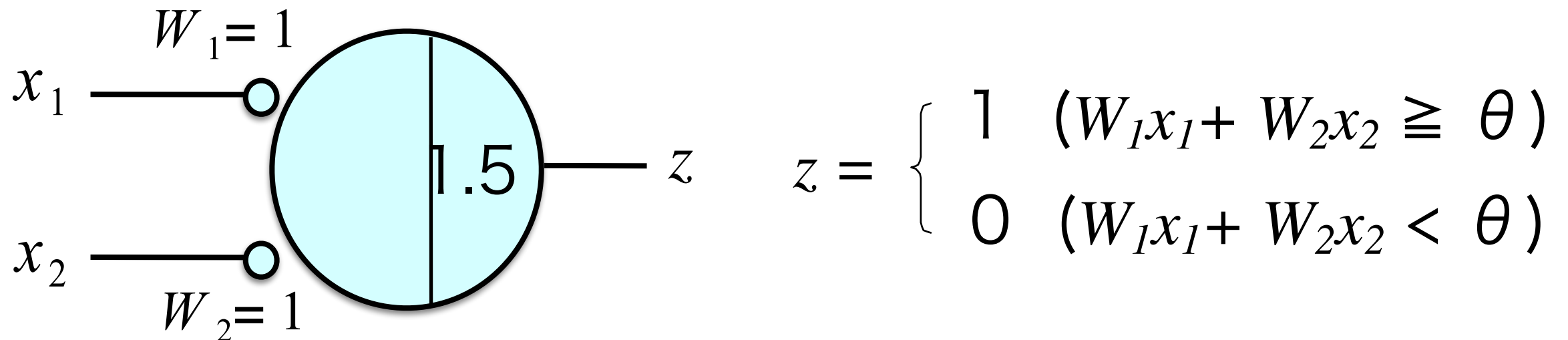
AND回路



x_1	x_2	$W_1x_1 + W_2x_2$	z
0	0	$1 \times 0 + 1 \times 0 = 0 < 1.5$	0
0	1	$1 \times 0 + 1 \times 1 = 1 < 1.5$	0
1	0	$1 \times 1 + 1 \times 0 = 1 < 1.5$	0
1	1	$1 \times 1 + 1 \times 1 = 2 > 1.5$	1

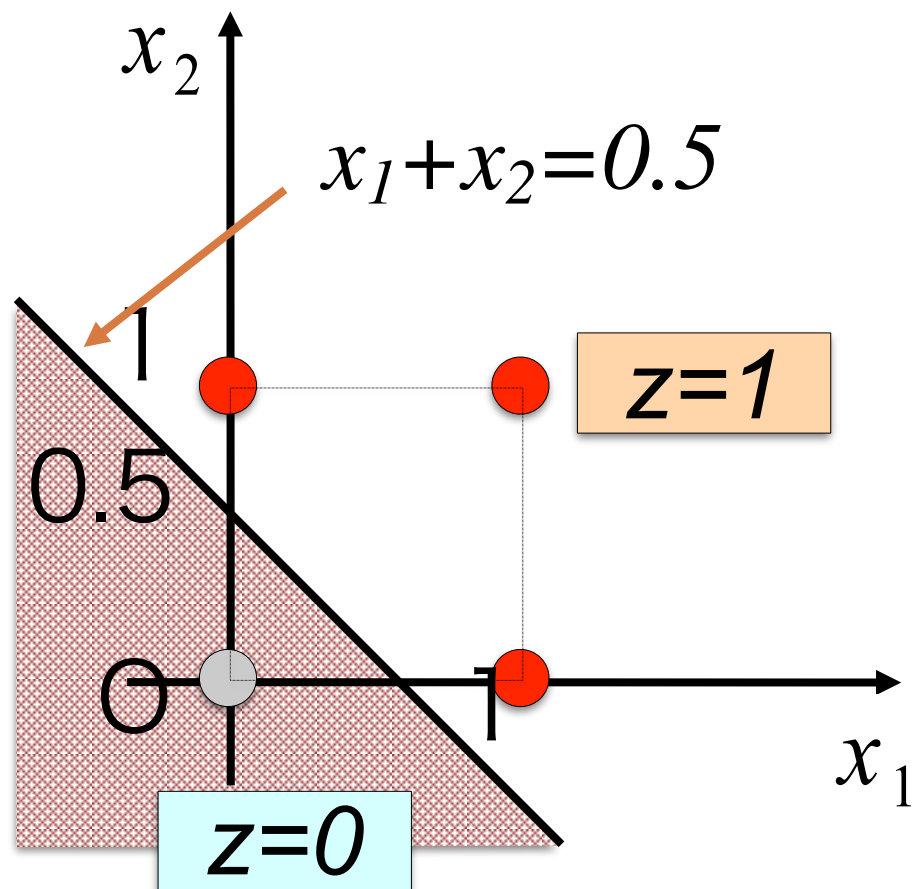
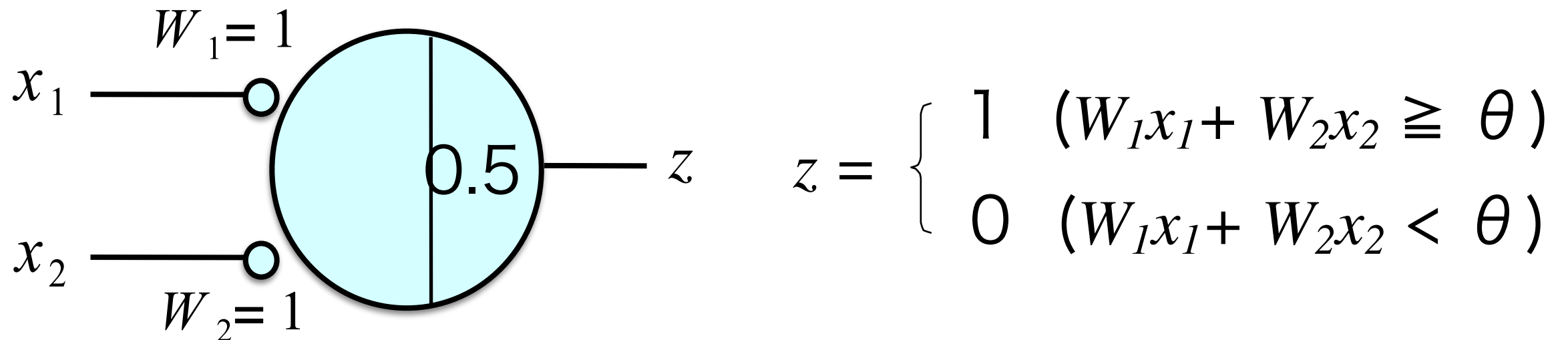
OK !

AND回路



2 入力 of 神経細胞モデルの入出力関係は、
入力空間を 1 つの直線で区切ったもの
(線型分離)

OR回路

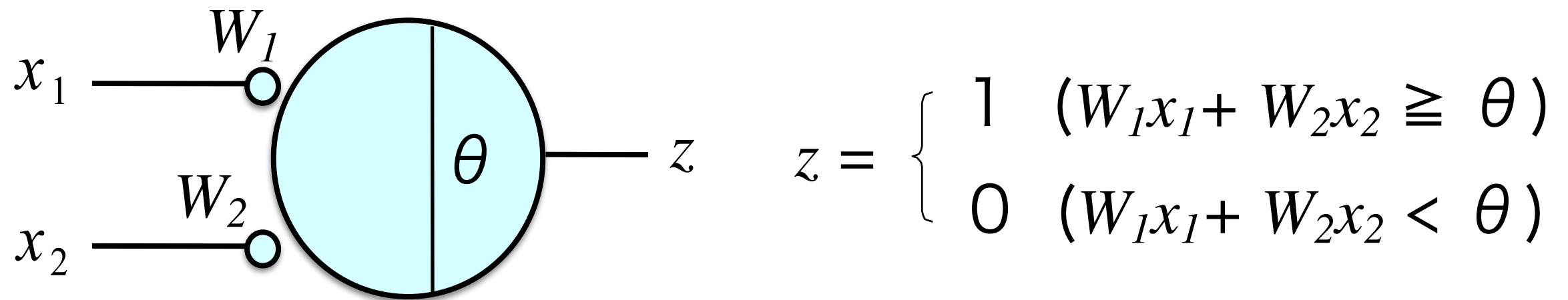


x_1	x_2	$W_1x_1 + W_2x_2$	z
0	0	$1 \times 0 + 1 \times 0 = 0 < 0.5$	0
0	1	$1 \times 0 + 1 \times 1 = 1 < 0.5$	1
1	0	$1 \times 1 + 1 \times 0 = 1 < 0.5$	1
1	1	$1 \times 1 + 1 \times 1 = 2 > 0.5$	1

OK !

マカロクとピッツによる神経細胞モデル

【McCulloch（神経学者） & Pitts（数学者） 1943年】



2 入力の神経細胞モデル 1 つで AND 回路や OR 回路など、
計算機に必要な基本的な論理回路を作れる！！

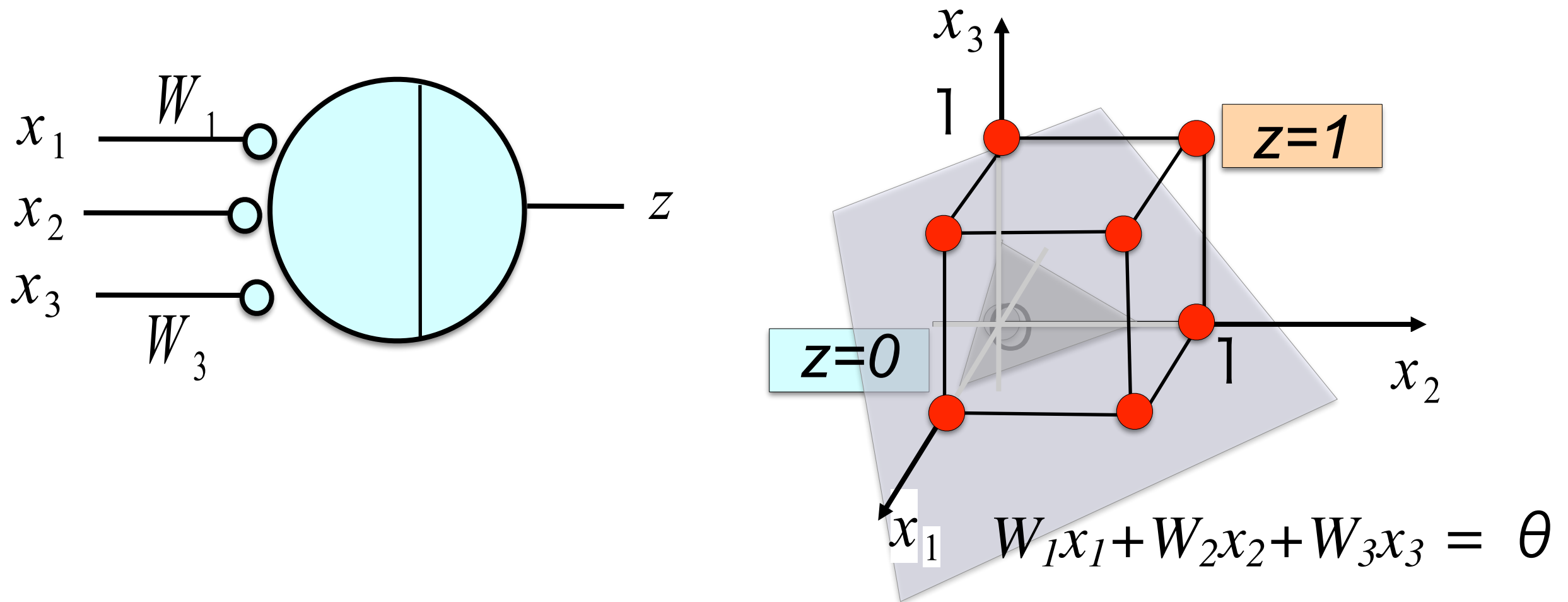
Q. 以下の論理回路を神経回路モデルで実現しなさい

x_1	x_2	z
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Q. 以下の論理回路を神経回路モデルで実現しなさい

x_1	x_2	x_3	z
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	1
0	0	1	1
1	1	0	1
1	0	1	1
0	1	1	1
1	1	1	1

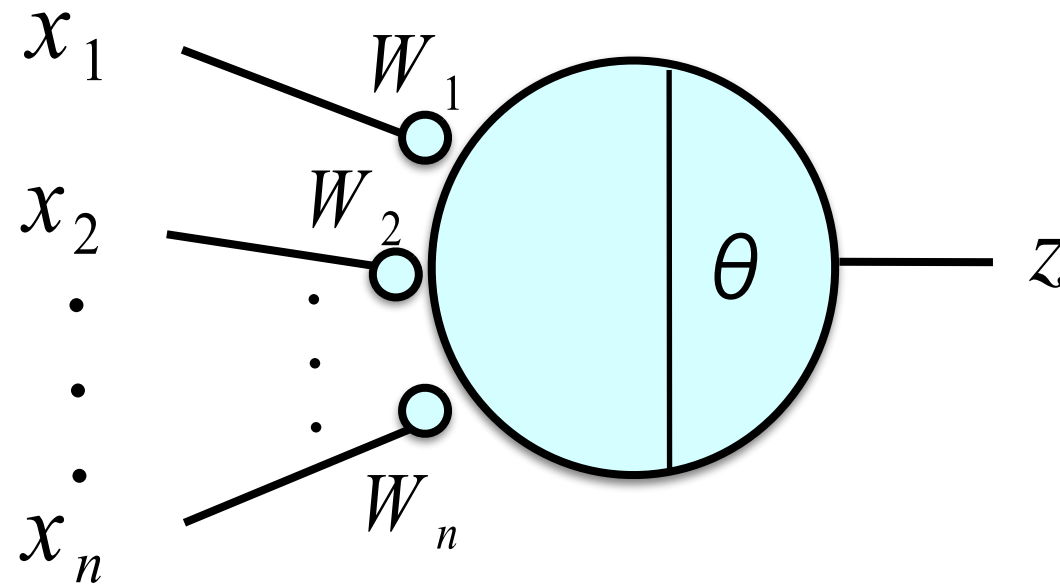
マカロクとピッツによる神経細胞モデル (3入力の場合)



$$z = \begin{cases} 1 & (W_1x_1 + W_2x_2 + W_3x_3 \geq \theta) \\ 0 & (W_1x_1 + W_2x_2 + W_3x_3 < \theta) \end{cases}$$

平面で空間分離

マカロクとピッツによる神経細胞モデル



多入力の神経細胞モデルなら，さらにいろいろな回路を実現できるはず!!

各パラメータを学習により獲得する方法は！？