

自己組織化マップ(SOM)による特徴抽出の 放射線生体影響評価への応用

日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門

人形峠環境技術センター 神崎訓枝

発表内容

1. 自己紹介
2. 連想記憶モデルと自己組織化マップ(SOM)
3. 放射線影響評価への応用例
4. 人工知能(AI)の今とこれから

自己紹介

2002年～ 川崎医療福祉大学 医療技術学部 医療情報学科

2006年～ 岡山県立大学大学院 情報工学研究科(工学博士)

2013年～ 有限会社アクシス 開発スタッフ

2014年～ 岡山大学大学院 保健学研究科 技術補佐員

2015年～ 岡山大学大学院 保健学研究科 (保健学博士)

2018年～ 日本原子力研究開発機構 研究員

医療関連のIT推進と
蓄積情報の二次利用の重要性



医療データ解析の問題

生体反応は複雑で医学的にわかっていないことも多い。その中で、医療スタッフの意思決定の場面が多い。



どのようにデータ処理？

- ・タグチメソッド
- ・ラフ集合
- ・自己組織化マップ 等

放射線研究に出会う！

★低線量放射線の被ばく影響について
曖昧な変化を表現できるか



発表内容

1. 自己紹介
2. 連想記憶モデルと自己組織化マップ(SOM)
3. 放射線影響評価への応用例
4. 人工知能(AI)の今とこれから

連想記憶モデル (パターンの記憶・読出を扱う神経回路モデル)

Kohonenによる定式化

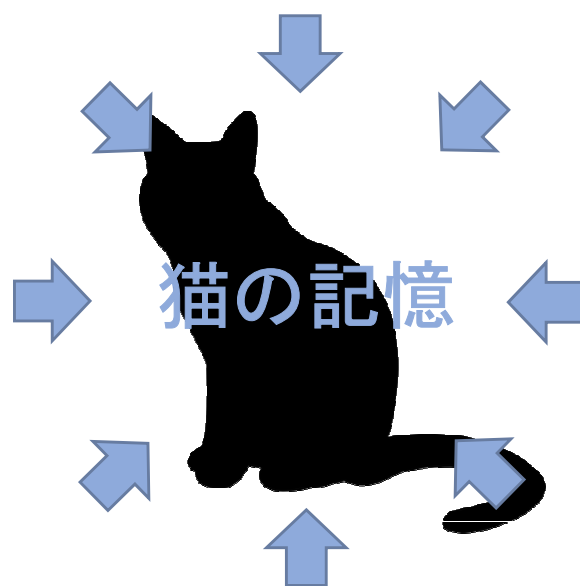
入力 x^k

⇒

記憶 M

⇒

出力 y^k

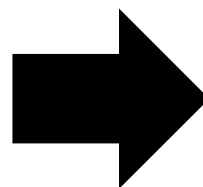


自己組織化マップ(SOM)

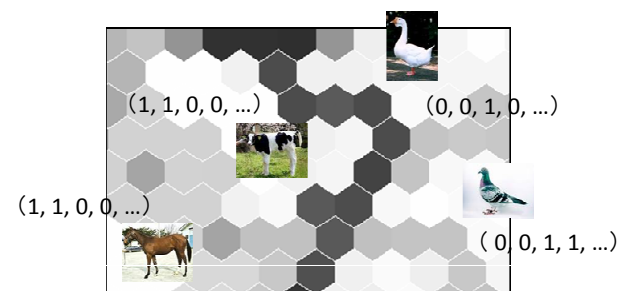
機械学習のひとつに、脳機能を計算機上でモデル化した人工ニューラルネットワークがある。教師なし人工ニューラルネットワークの一種である**自己組織化写像: Self-organizing maps (SOM)**は、1982年にT. Kohonenにより提唱され、多次元ベクトルで与えられた入力データを2次元(または3次元)に**低次元化**(ベクトル量子化)して、入力データをマップとして**可視化**！

多次元の入力データ

	足の数	走る	羽の有無	飛ぶ	...
牛	1	1	0	0	
馬	1	1	0	0	
アヒル	0	0	1	0	
鳩	0	0	1	1	
...					



出力マップ



自己組織化マップ(SOM)

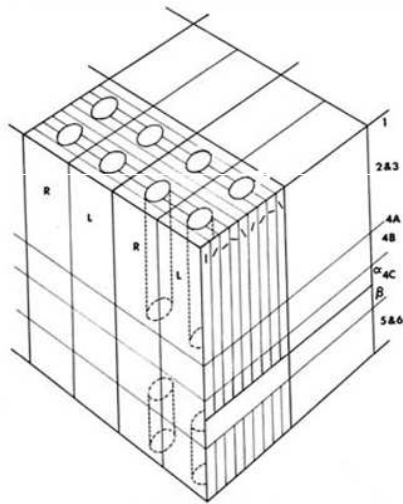
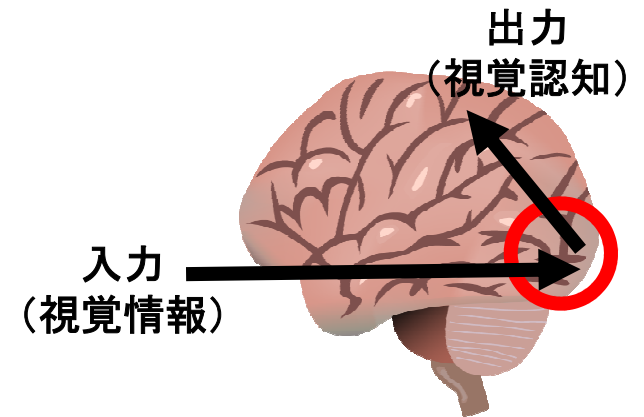


図. ニューロンのカラム構造の模式図
(Hubel et al., J.Neurosci 4, 309-356, 1984)

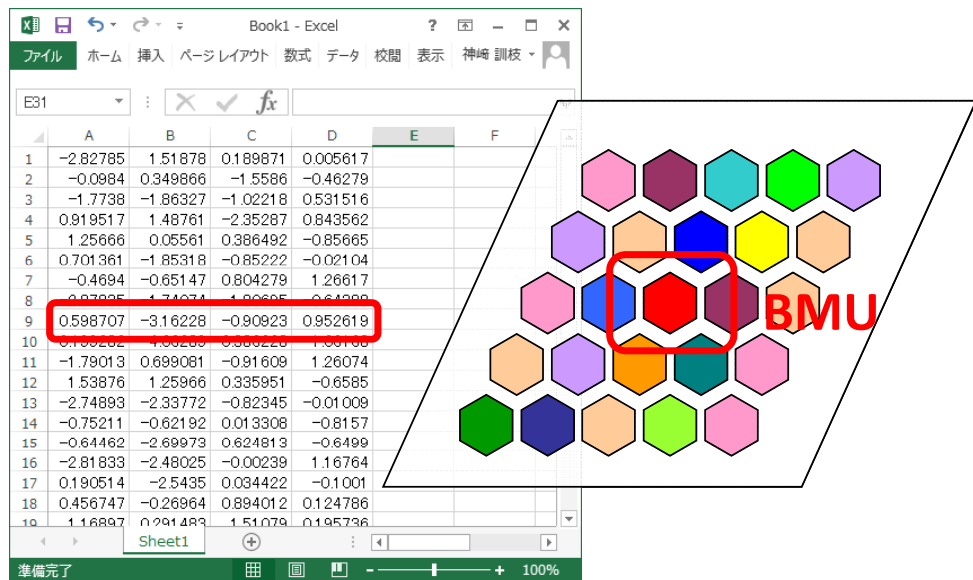
一次視覚野のニューロンは、**似通った刺激に反応するニューロンが近くに配置**され、効率的に情報を伝達できるように並んでいる。

モデル化した一次視覚野の機能

- ✓ **カラム構造** (眼球・方位・色・明るさ)
- ✓ **自己組織的**にネットワークを構成
- ✓ **可塑性** (外からの刺激に適応して変化)

SOMで学習データの特徴が写像されたマップを構築

Step1 初期化



Step2 学習データの提示

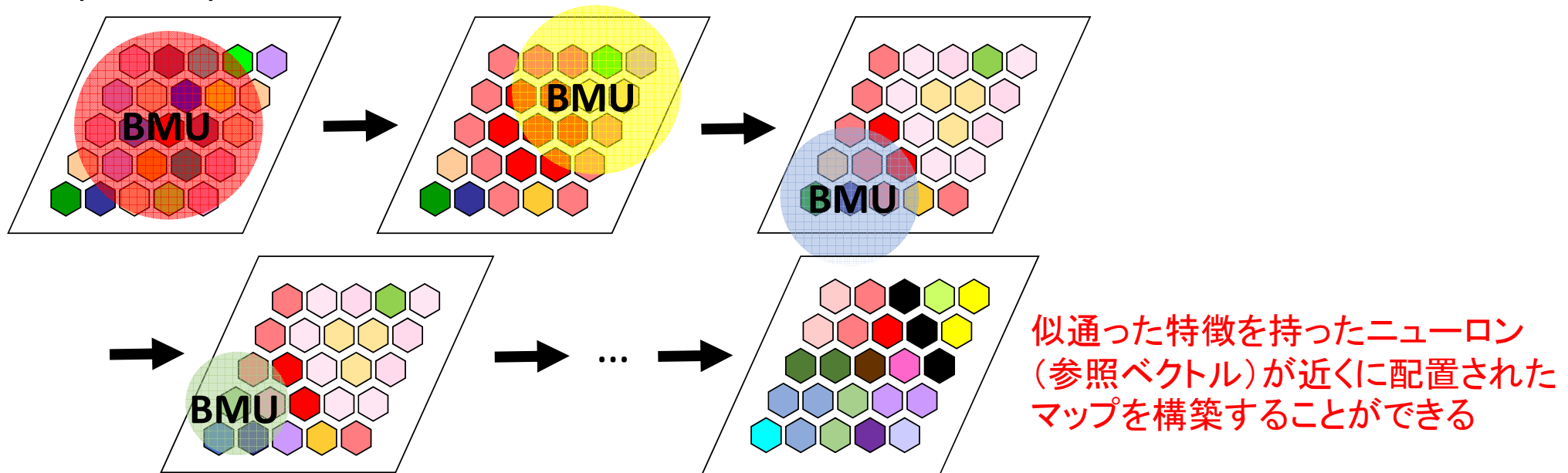


Step3 Best Matching Unit (BMU) の探索

SOMで学習データの特徴が写像されたマップを構築

Step4 結合ベクトルの更新, Step5 近傍領域の縮小などパラメータ更新

Setp6 Step2～5を任意の回数だけ繰り返し学習



SOMのアルゴリズム

① 初期化

② 学習データの提示

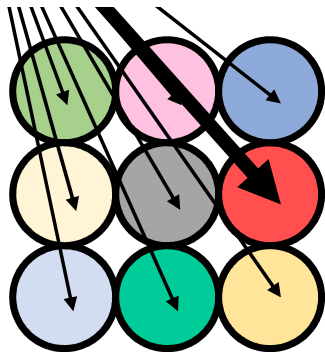
入力データ $X = \{x_i(s) \mid i = 1, 2, \dots, n; s = 1, 2, \dots, S\}$



結合ベクトル

$W = (w_{ij}(t, s) \mid i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, P \times Q; t = 0, 1, \dots, T; s = 1, 2, \dots, S)$

出力マップ



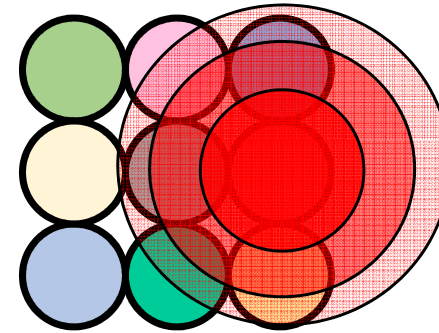
③ BMUの探索

$$d_j^2(t, s) = \sum_{i=1}^n (x_i(s) - w_{ij}(t, s))^2$$

④ 結合ベクトルの更新

$$w_{ij}(t+1, s) = w_{ij}(t, s) + h(t)(x_i(s) - w_{ij}(t, s))$$

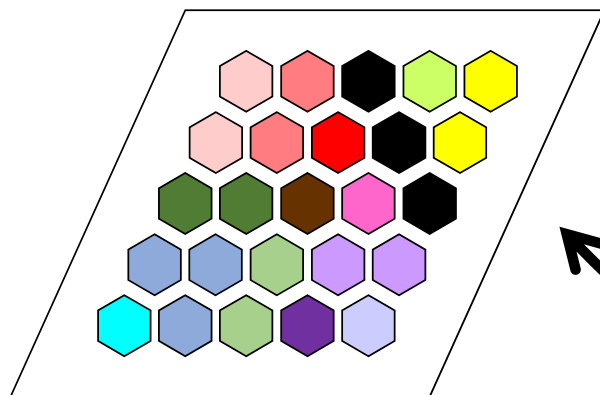
$$h(t) = \alpha(t) \cdot \exp(-\|\lambda_v - \lambda_j\|^2 / 2\rho^2(t))$$



⑤ パラメーターの更新

⑥ 任意の回数だけ②～⑤を繰り返し学習

SOMの有効性



マップ上のデータ配置
十分な精度でマップ上の
データ配置を理解できるか
(トポロジーが保たれているか)

精度: 量子化誤差
マップにどれだけ情報が反映されたか
(学習データと出力マップとの誤差)

可 視 化

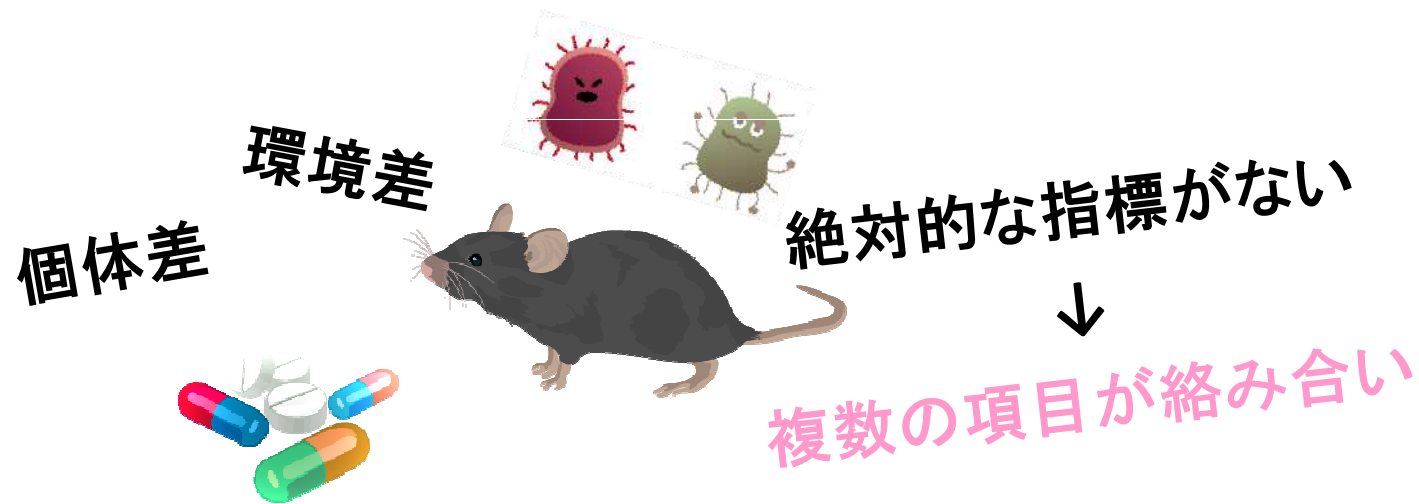
- U-Matrix
- Component plane

	A	B	C	D	E	F	G
		項目1	項目2	項目3	項目4		
1							
2	サンプル1	0.6	-3	-1	1		
3	サンプル2	0.5	2	-2.5	1		
4	サンプル3	-2	0.7	1	2		
5	サンプル4	2	-0.3	2	0.7		
6	サンプル5	0.7	1.3	0.7	1.3		
7	サンプル6	-0.3	0.5	-0.3	-2.5		
8	サンプル7	-0.3	2	-0.3	-0.3		
9	サンプル8	1.3	0.7	0.4	0.4		
10	サンプル9	2	-0.3	1.3	2		
11	サンプル10	1.3	2	2	0.7		

発表内容

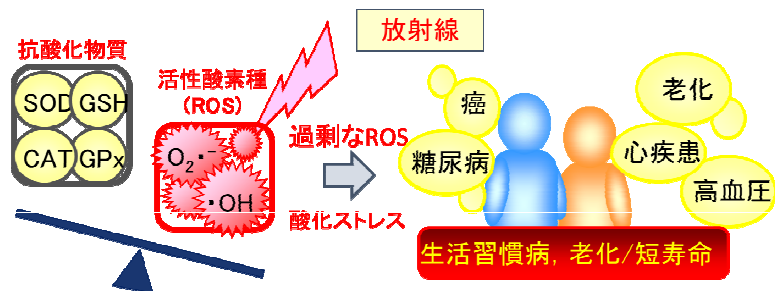
1. 自己紹介
2. 連想記憶モデルと自己組織化マップ(SOM)
3. 放射線影響評価への応用例
4. 人工知能(AI)の今とこれから

自己組織化マップ(SOM)を用いた低線量放射線による疾患抑制効果と抗酸化機能亢進に関する特徴抽出



治療効果(低線量放射線影響)は曖昧で判断が容易ではない

ラドン生体影響に関する研究

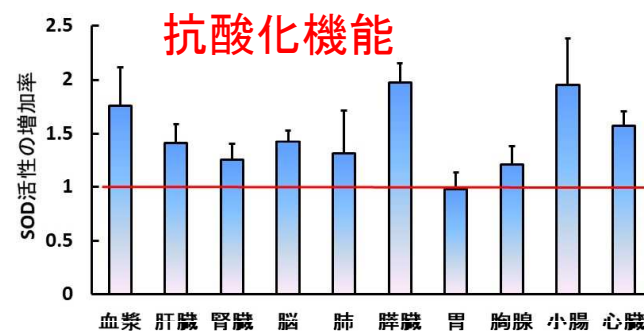


過剰な酸化ストレスは種々疾患を誘発させる

ただし

ラドン温泉

適度な酸化ストレス(被ばく)は, 抗酸化機能を亢進する



(Kataoka et al., J Radiat Res 2011)



肝臓 ・四塩化炭素誘導肝障害 [Inflammation 2011, J Radiat Res 2012]
・急性アルコール性肝障害 [Mediat Inflamm 2012, J Nucl Sci Technol 2015]

脳 ・一過性脳虚血
[Inflammation 2014]

膵臓 ・ストレプトゾトシン誘導1型糖尿病 [Physiol Res 2013]

腎臓 ・四塩化炭素誘導腎障害
[Renal Fail 2012]
・腎障害(糖尿病の合併症)
[J Nucl Sci Technol 2016]

大腸 ・デキストラン誘導大腸炎
[Mediat Inflamm 2012]

肝臓・腎臓 ・オキソン酸カリウム
誘導高尿酸血症
[J Radiat Res 2016]

胃 ・アルコール誘導胃粘膜障害
[J Radiat Res in press]

足 ・カラゲニン誘導炎症性足浮腫 [Inflammation 2012]
・ホルマリン誘導炎症性疼痛 [Inflammation 2013]
・神経障害性疼痛 [Eur J Pain 2013,
Oxid Med Cell Longevity 2016]

ラドンを吸入させたマウスは全身の様々な疾患が抑制されることを報告

入力データ

既存論文から抽出したマウスに対する薬剤と低線量放射線の治療効果
(抗酸化機能の代表的な指標と疾患の程度についての4次元データ)

入力データの例				
SOD	GSH	Cat	疾患の程度	処置
0.5	0.1	0.7	0.5	シリマリンによる肝炎の治療
0.3	0.4	0.5	0.3	インドメタシンによる疼痛の治療
0.2	0.3	0.6	0.5	エダラボンによる脳障害の治療
...	...	...	...	...
0.2	0.7	0.8	0.3	24時間Rn2000Bq/m ³ 吸入による肝炎の治療
0.6	0.6	0.7	0.7	24時間Rn1000Bq/m ³ 吸入による疼痛の治療
0.3	0.6	0.7	0.5	24時間Rn2000Bq/m ³ 吸入による脳障害の治療
...	...	...	...	...

薬剤の効果
濃度依存性が明確
(168サンプル)

低線量放射線
の効果
統計的には曖昧
(122サンプル)

問題点: 質の異なるデータを混合すると精度が下がる → アルゴリズム改良(未発表)

出力マップ(疼痛に関する例)

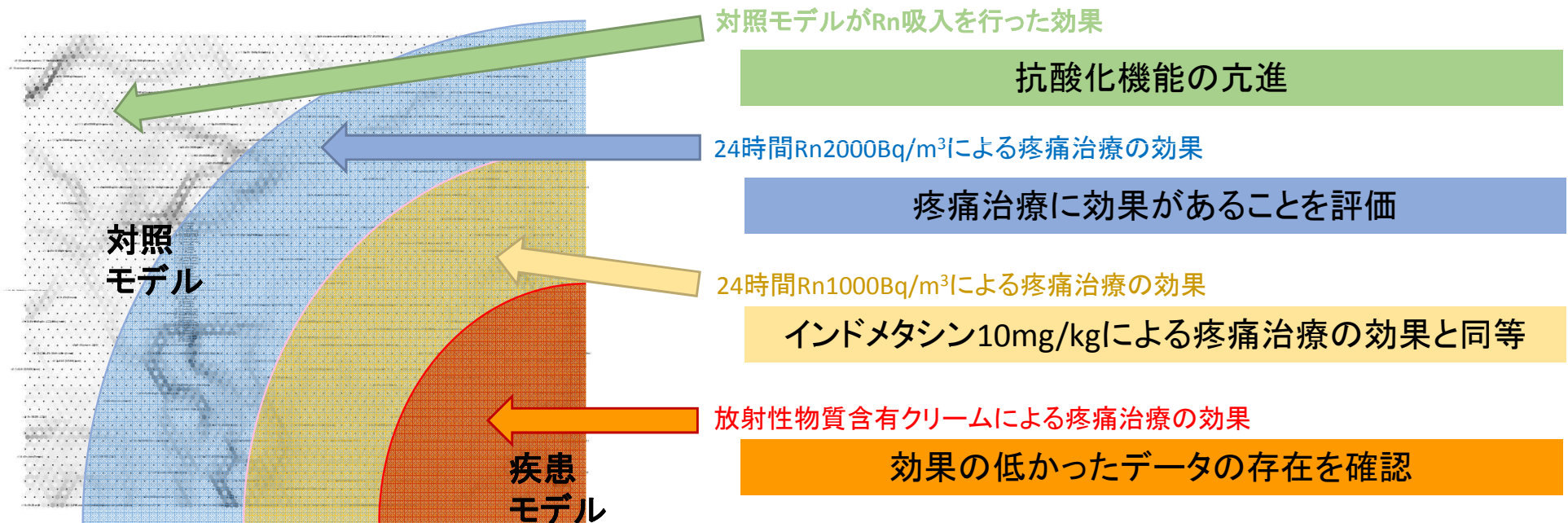


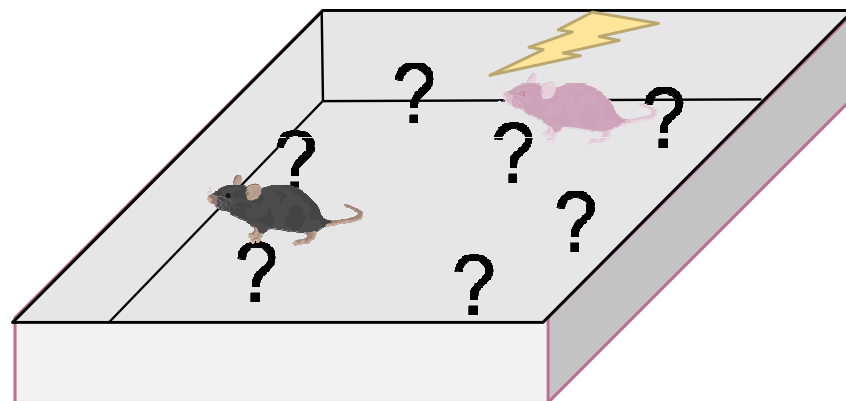
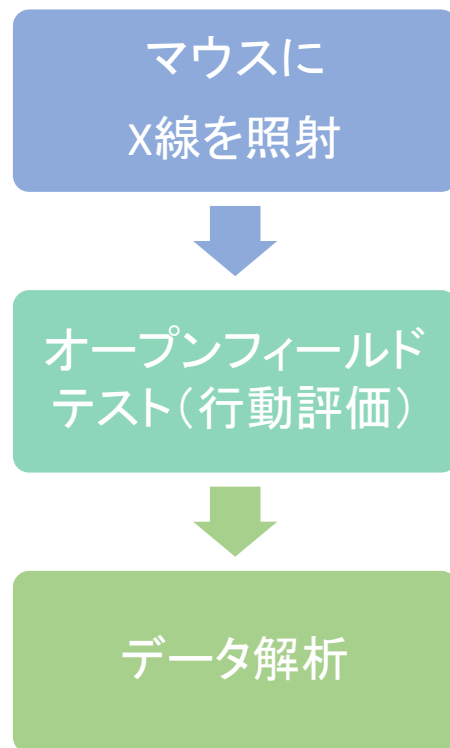
図. 提案SOMでの出力結果
(学習回数 500000回, 学習率 0.5, マップの大きさ 60×60, 量子化誤差 0.071421)

自己組織化マップ(SOM)を用いた 放射線による脳機能への影響評価



(放射線影響の)行動評価は曖昧で判断が容易ではない

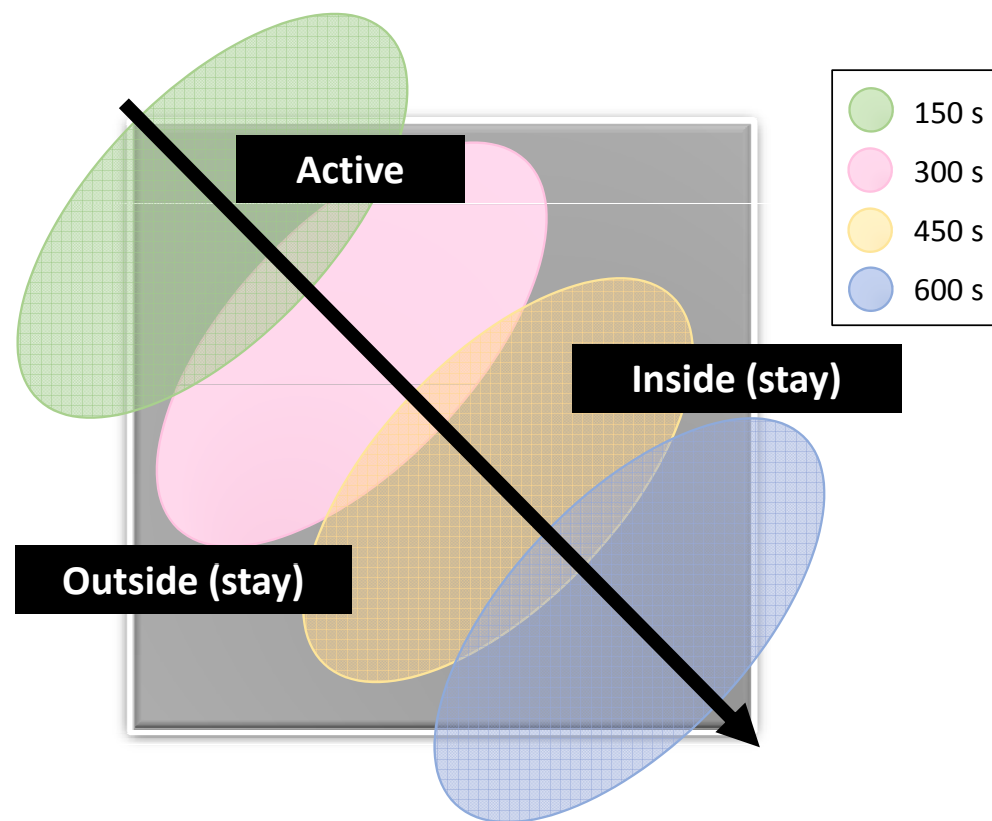
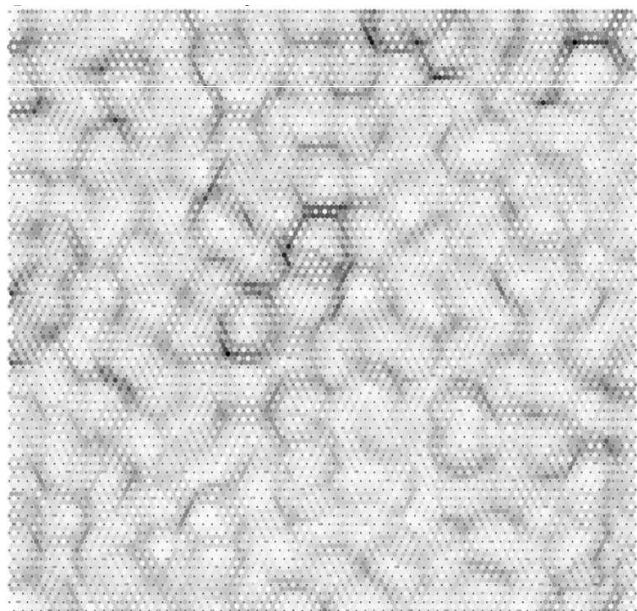
入力データ



対照マウスは、探索行動を行い、落ち着く。
被ばくマウスは、脳への影響から不安を感じやすい？

**臓器損傷がなくても、脳機能(行動)
に変化があるかもしれない**

出力マップ(どのような行動を取るか)



発表内容

1. 自己紹介
2. 連想記憶モデルと自己組織化マップ(SOM)
3. 放射線影響評価への応用例
4. 人工知能(AI)の今とこれから

AIネットワーク社会推進会議 報告書2019(総務省)

AI 利活用原則

- ① 適正利用の原則
 - 利用者は、人間とAIシステムとの間及び利用者間における適切な役割分担のもと、適正な範囲及び方法でAIシステム又はAIサービスを利用するよう努める。
- ② 適正学習の原則
 - 利用者及びデータ提供者は、AIシステムの学習等に用いるデータの質に留意する。
- ③ 連携の原則
- ④ 安全の原則
 - 利用者は、AIシステム又はAIサービスの利活用により、アクチュエータ等を通じて、利用者及び第三者の生命・身体・財産に危害を及ぼすことがないよう配慮する。
- ⑤ セキュリティの原則
- ⑥ プライバシーの原則
- ⑦ 尊厳・自律の原則
- ⑧ 公平性の原則
- ⑨ 透明性の原則
 - AIサービスプロバイダ及びビジネス利用者は、AIシステム又はAIサービスの入出力等の検証可能性及び判断結果の説明可能性に留意する。
- ⑩ アカウンタビリティの原則
 - 利用者は、ステークホルダに対しアカウンタビリティを果たすよう努める。

人間の判断と介在が必要で、関係者間の協力は必須である

不正確または不適切なデータの学習は精度低下だけでなく、セキュリティ等のリスクもある

安全性、セキュリティ、プライバシー等の問題は信用に関わる

説明責任がある

人工知能(AI)のこれから

「人工知能(AI: Artificial Intelligence)」の定義は曖昧



様々な可能性がある

産業・社会の基盤作りや分野横断的な社会実装を進めていく時期