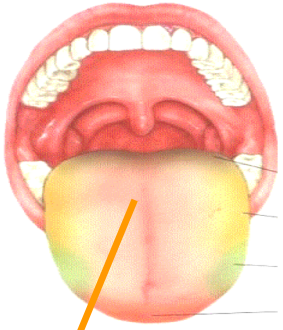
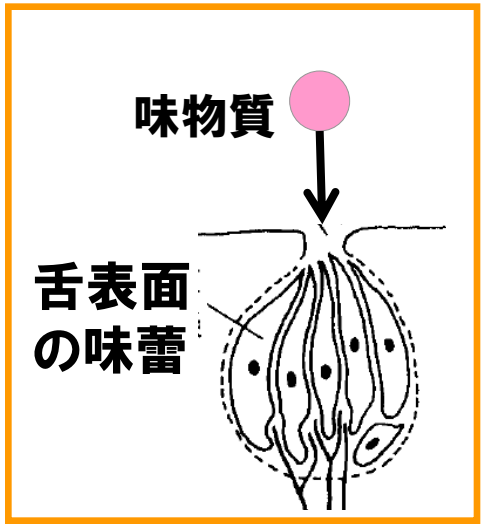
ニューラルネットワークを用いた味覚センサーの原理

AISSY株式会社　鈴木隆一

味覚の基本　～5基本味～

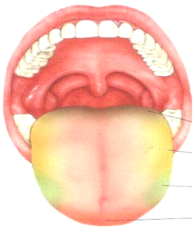
味を感じるメカニズム

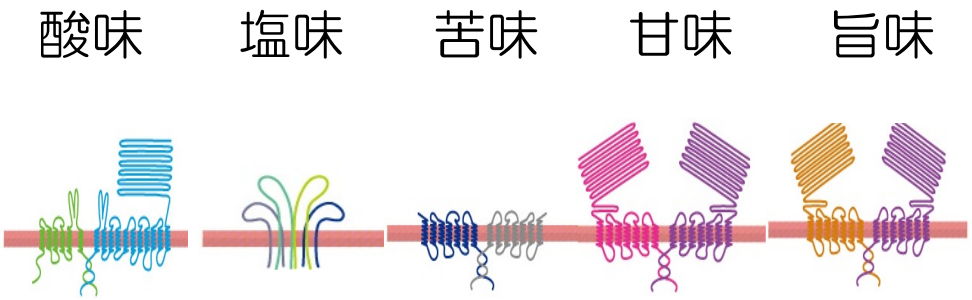


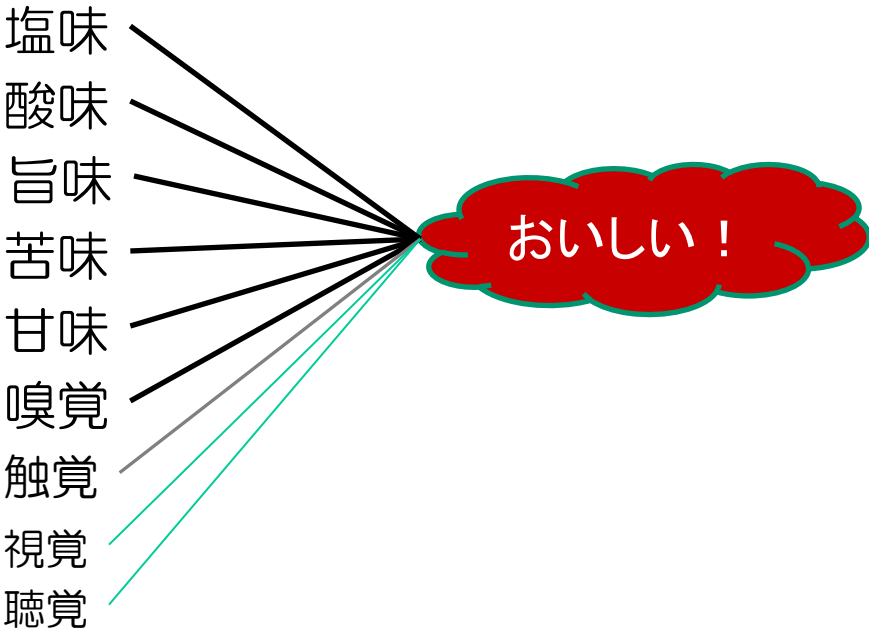


約10日おきに
生まれ変わっている!

5基本味とおいしさ







5種の味をキャッチする仕組み
辛味は味蕾でなく痛覚、触覚に近い

おいしさは5感で感じる

5基本味の物質と特徴

味	主な物質	特徴
甘味	砂糖、人工甘味料	エネルギー源
塩味	ナトリウムイオンなど金属系陽イオン	体液バランスに必要なミネラル供給
旨味	グルタミン酸ナトリウム、イノシン酸ナトリウム	生物に不可欠なアミノ酸、核酸の供給
酸味	酢酸、クエン酸などから生じる水素イオン	新陳代謝の促進 腐敗のシグナル
苦味	カフェイン、キニーネなどアルカロイド系物質	毒物の警告、少量なら薬（良薬口に苦し）

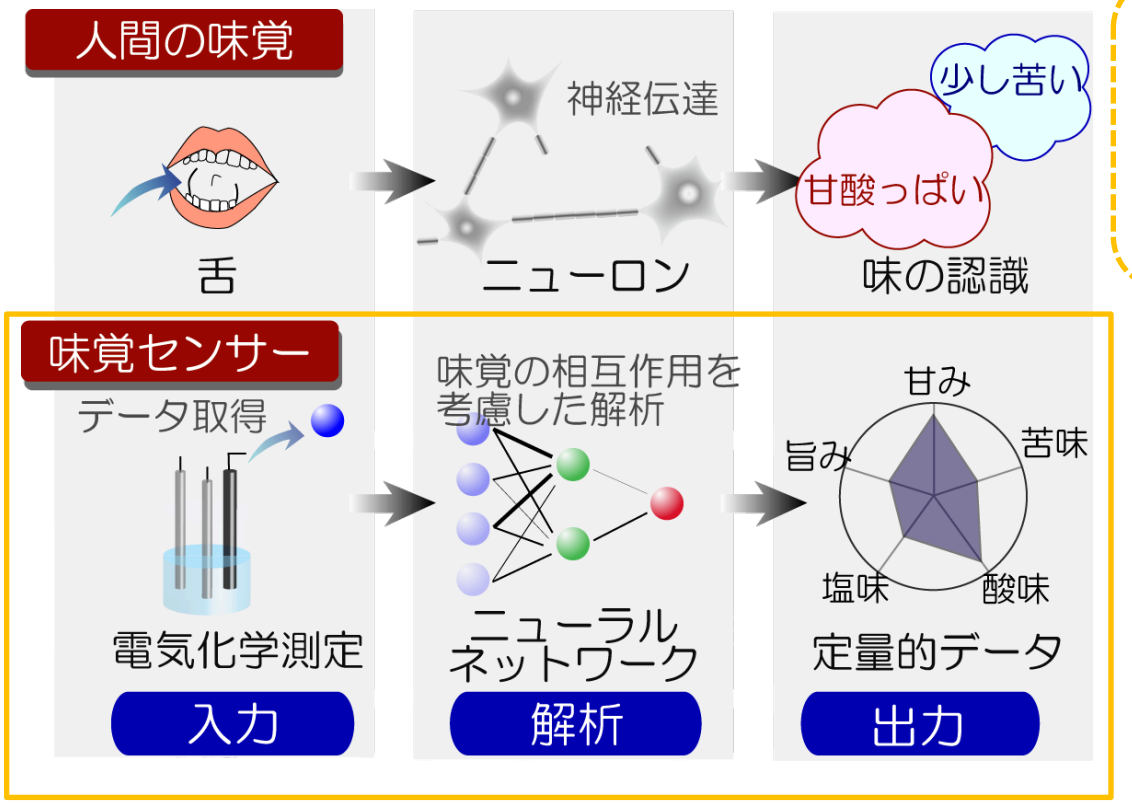
幼少期から好き
生理的欲求、動物と同じ

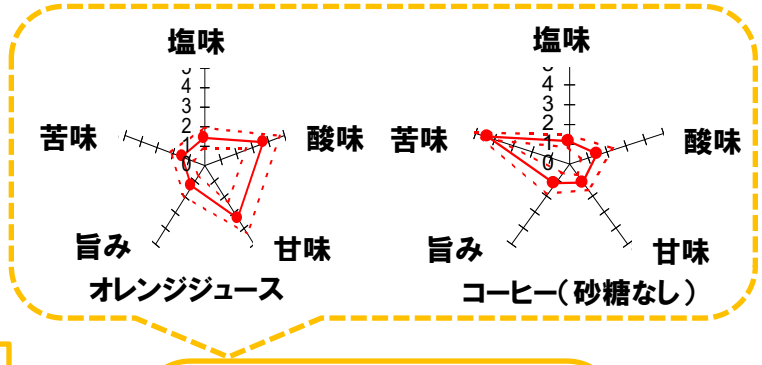
“学習効果”で好き
例：ビール、コーヒー

1つ1つの食経験で”学習”→味に慣れる

単調な味覚は飽きてしまう
複雑な味覚は薄味でも楽しめる

ヒトの味覚を再現した味覚センサー





呈味成分をセンサーで直接測定

➡ **基本五味**に変換

開発された味覚センサー装置

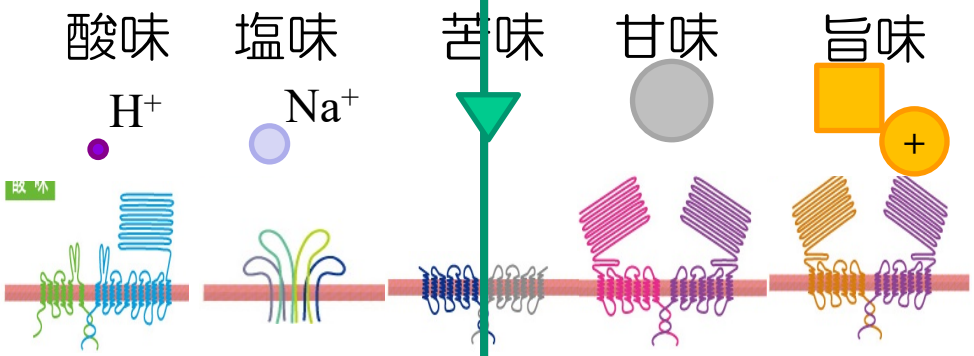
AISSY㈱設立

「味の見える化、数値化」技術　Patented

弊社味覚センサーの特徴

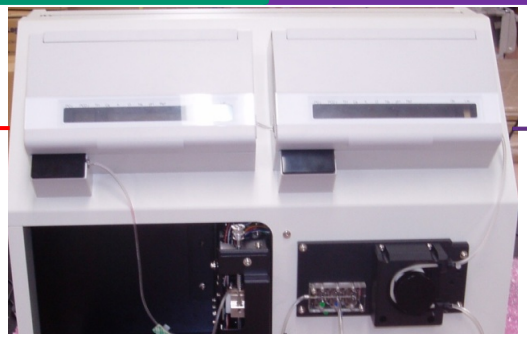
イオンチャネル型受容体

タンパク質型受容体



温度依存なし・単調
既存味覚センサーのモデル
旨味をNaで測定する、など

温度依存あり・複雑
酵素味覚センサー
威力発揮



甘味物質・旨味物質の計測例

甘味物質：糖（スクロース、グルコースなど）

sucrose	enzyme (invertase/mutarotase/ glucose oxidase/ peroxidase)	sucrose + $H_2O \xrightarrow{INV}$ D-fructose + α-D-glucose α-D-glucose $\xrightarrow{MUT}$ β-D-glucose β-D-glucose + $O_2 \xrightarrow{GOD}$ D-gluconolactone + H_2O_2 $H_2O_2 \xrightarrow{HRP} H_2O$
glucose	enzyme (glucose oxidase/ peroxidase)	β-D-glucose + $O_2 \xrightarrow{GOD}$ D-gluconolactone + H_2O_2 $H_2O_2 \xrightarrow{HRP} H_2O$

旨味物質：アミノ酸（グルタミン酸ナトリウムなど）

glutamate	enzyme (glutamate oxidase/ peroxidase)	L-glutamate + H_2O + $O_2 \xrightarrow{GluOx}$ α-ketoglutarate + NH_3 + H_2O_2 $H_2O_2 \xrightarrow{HRP} H_2O$

酸化還元反応で流れるe^-を電流値として計測(アンペロメトリック)

味覚センサーの課題

- 物質の種類が非常に多い
  全てを測るのは不可能

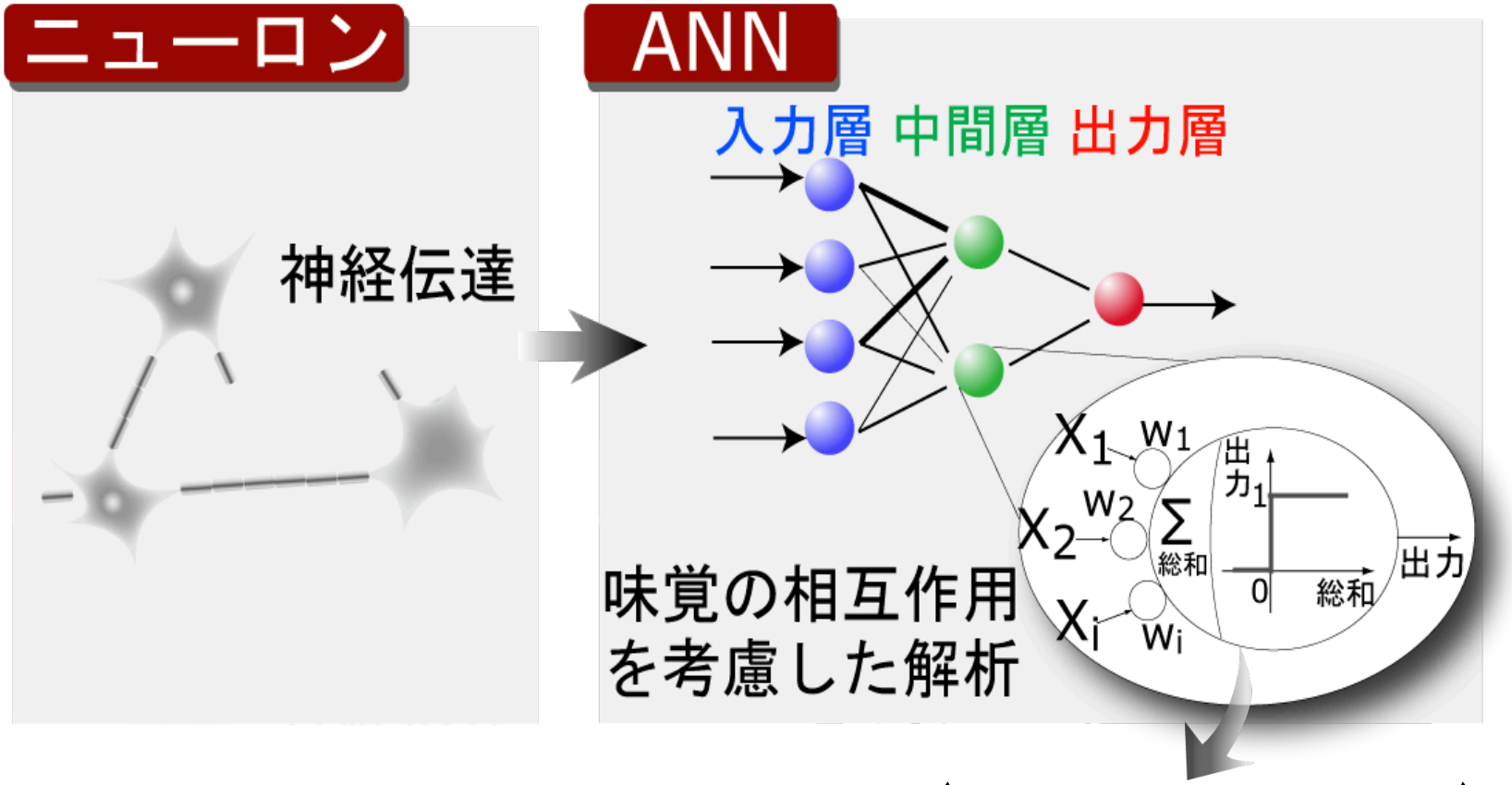
- 味の相互作用がある
  スイカに塩かけると甘くなる、など

↓

AI（ニューラルネットワーク）を用いると効果がある

ニューラルネットワーク

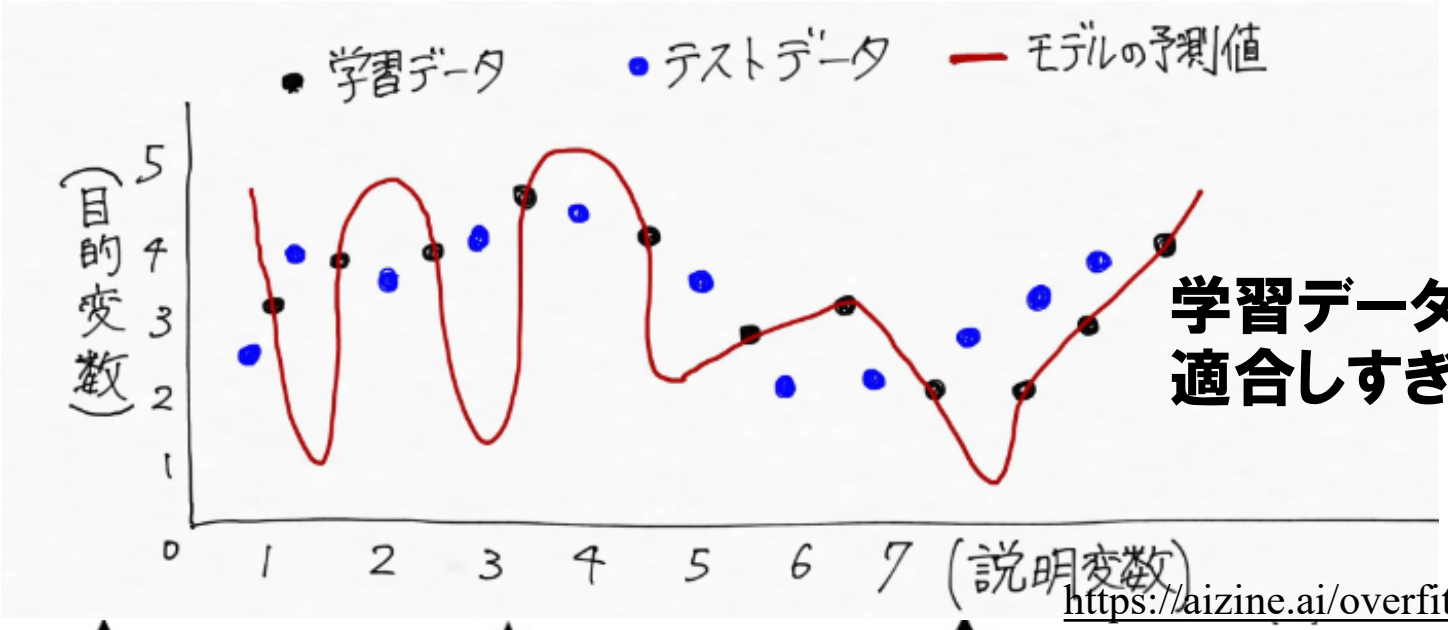
入力された信号が、学習によって構築された中間層を経て出力される解析システム



$$\Sigma = f\,(\,w_1x_1 + w_2x_2 + \cdots + w_ix_i\,)$$

相互作用が強い複雑な系の総合的解析に適する。

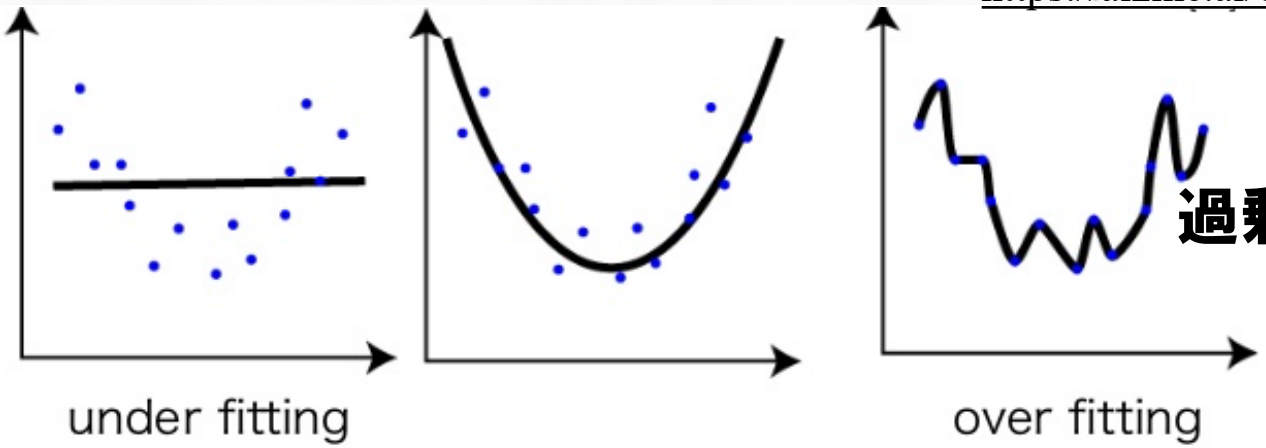
学習不足と過剰適合（overfitting）



学習データに
適合しすぎ

https://aizine.ai/overfitting0206/

学習不足



過剰適合

https://www.slideshare.net/dsuket/ss-57488780

誤差比較

推定手法の誤差比較(%)

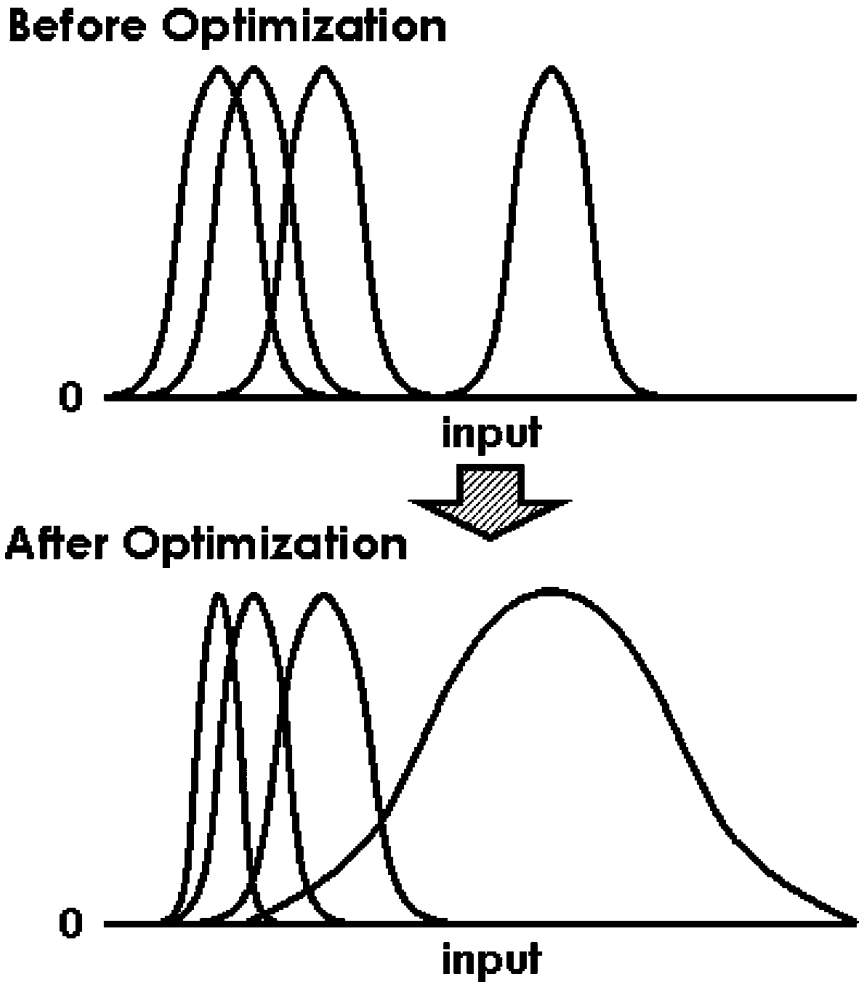
提案法：
RBFN
Radial
Basis
Function
Neural
Network
ノイズ
除きやすい

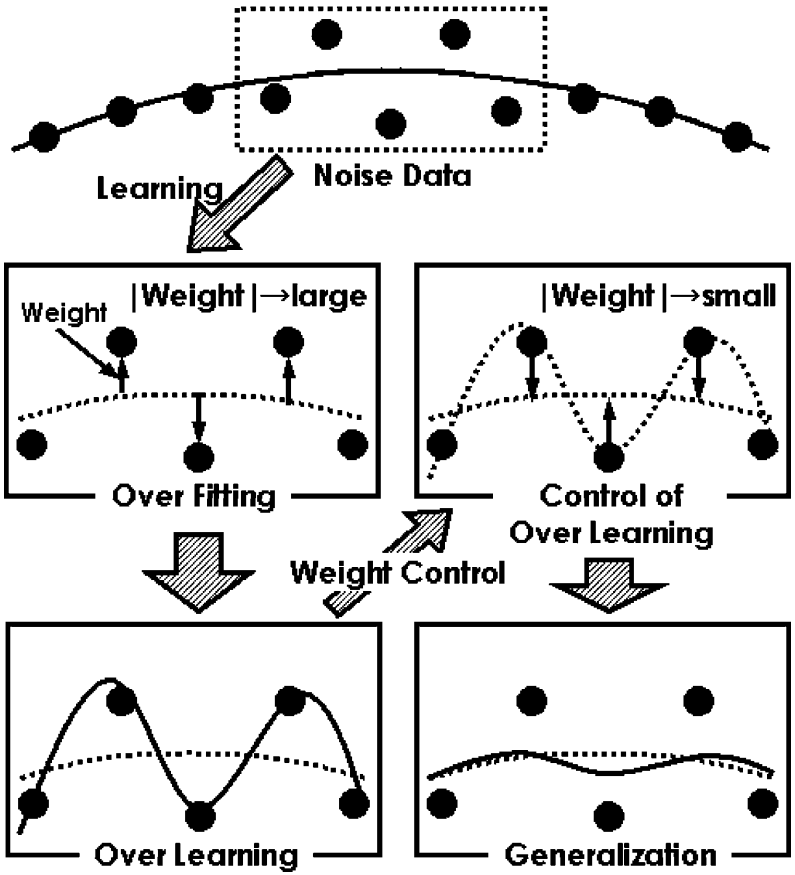
	提案法	既存法
塩味	5.9	16.2
酸味	7.2	19.6
甘味	12.4	41.9
旨味	5.6	15.0
苦味	3.9	20.2
平均	7.0	22.6

既存法：
重回帰分析

同じセンサーを用いて解析手法だけ変えて実験
Leave 1 out of Cross Validation法で検証

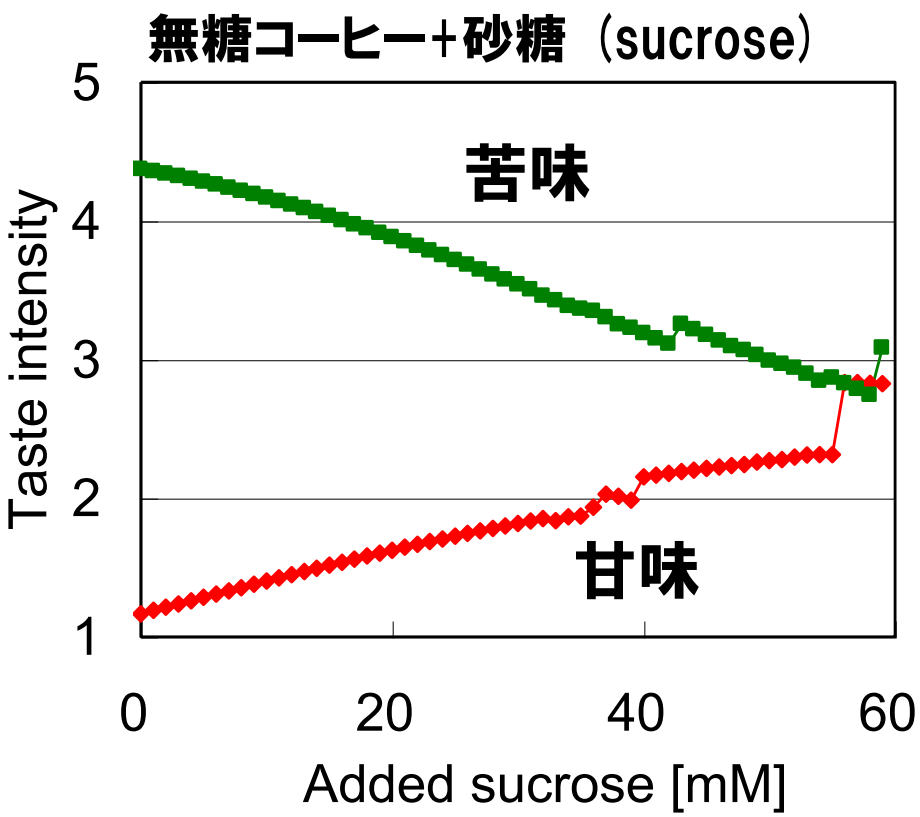
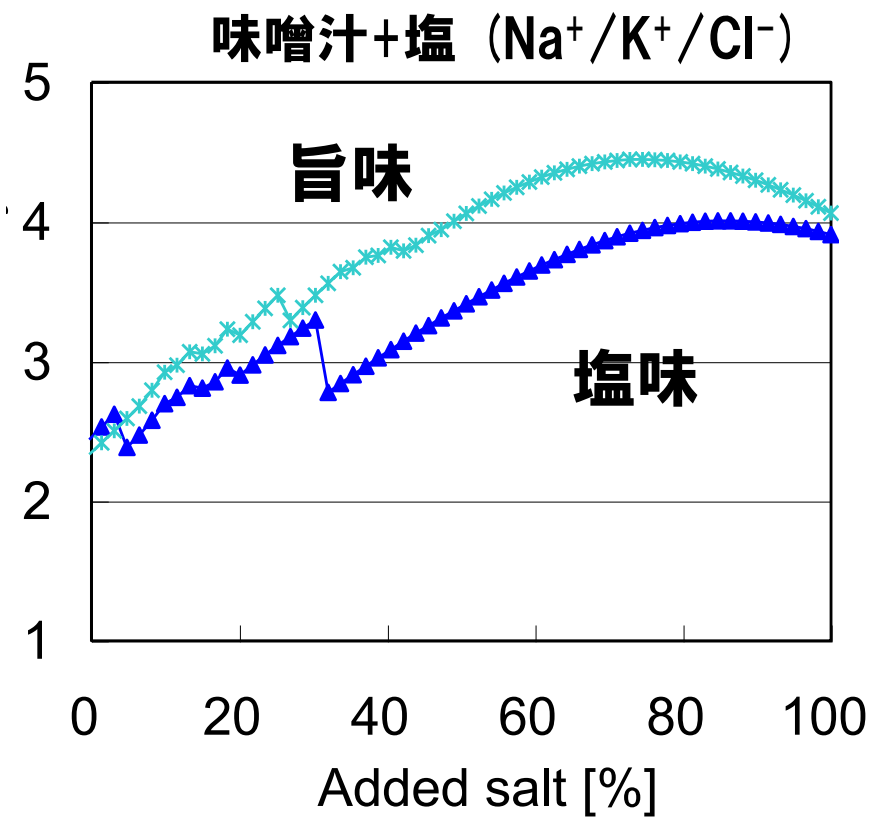
RBFN Overfittingをどう防ぐか





Anal. Chem. **2005,** 77, 7908-7915

味の抑制効果・対比効果

味同士の相互作用を含めた味の推定

- **味の抑制効果：** 苦味+甘味 → 苦味抑制
- **味の対比効果：** 旨味+塩味 → 旨味増強