

# 記憶する負荷の操作によるカテゴリー化における 般化パターンと連合強度の変化の検討

松香研究室 16L1027X 加藤綾乃

## 1. はじめに

過学習とは、機械学習における複雑な関係を学ぶ中でノイズも学習してしまい、テスト時にエラーが増える現象である。Dropoutとは、過学習を抑制するために訓練時にユニットを消去しテスト時に復活させる手法である(Srivastava, Hinton, Krizhevsky, Sutskever, & Salakhutdinov, 2014)。ヒトの記憶はDropoutのような仕組みによって不完全になる。その結果ヒトは、事物を般化し効率的にカテゴリー化する。では、人工的につくられた般化だけでは弁別できないようなカテゴリーにおいては、事例を完全に記憶できるのだろうか。

栗本(2018, 卒業論文)は、計算モデルALCOVEによるシミュレーションでDropoutありモデルとなしモデルを用意し、ハトのカテゴリー化の結果と比較、検討した。特殊事例を重点的に訓練したが、般化パターンは部分的にDropoutなしモデルと似た結果となった。本研究では、訓練～テスト時にいわば外部記憶として訓練刺激を参照することで記憶の負荷を減らし、事例を完全に記憶した状態を仮想的につくりだそうとした。その上で、カテゴリー化の様相をシミュレーションによる結果と比較、検討した。

## 2. シミュレーション

### 2.1. 目的

ヒトの実験結果と計算モデルALCOVE(Kruschke, 1992)によるシミュレーションの結果を比較するために、2つのモデルを用意し、モデル間の違いを検討した。

### 2.2. 方法

計算モデルALCOVE(Kruschke, 1992)を使用した。Complete Memorization (CM)では、訓練時にすべての事例を、Incomplete Memorization (IM)では、訓練時に約半数の事例をランダムで記憶・参照させた。テスト時には両モデルですべての事例を参照させ

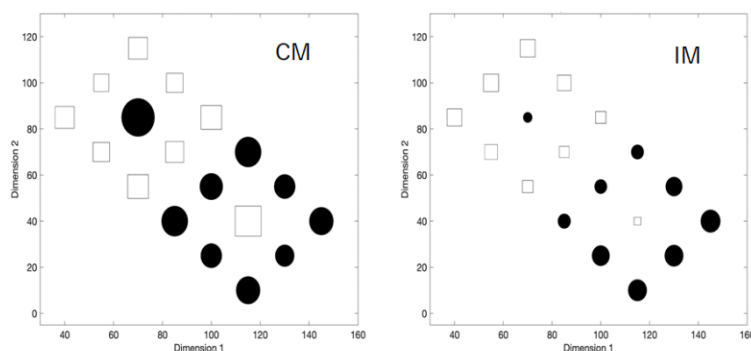


Figure1. 訓練刺激とカテゴリーラベルの連合強度。円, 四角形の大きさと連合の強さを表した。軸はそれぞれ別次元の特徴を表す。

た。訓練刺激とカテゴリーの連合強度と、刺激に対する般化パターンを、CM, IM のモデル間で比較した。

### 2.3. 結果と考察

Figure1 に連合強度の結果を示した。CMにおいては、特殊事例の連合が最も強く、続いて特殊事例と同じ特徴を持つ一般事例、それ以外の一般事例という結果になった。IMに関しては、特殊事例の連合が最も弱く、一般事例はカテゴリー境界に近いほど弱く、離れるほど強くなった。Figure2 には般化パターンの結果を示した。CM では特殊事例に反応でき、IM では特殊事例に反応できなかった。

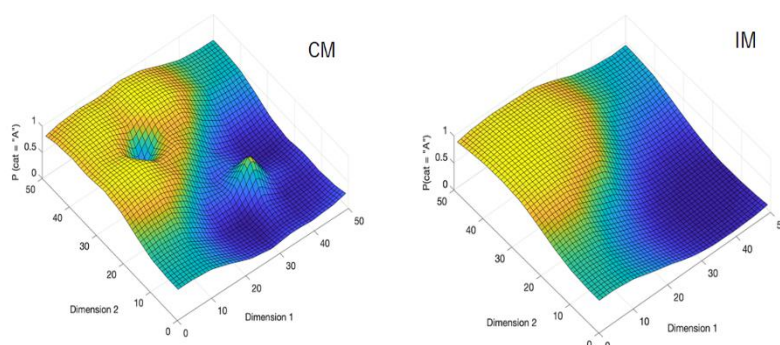


Figure2. 訓練刺激と新奇刺激における一方のカテゴリーへの反応強度。軸はそれぞれ別次元の特徴を表す。

## 3. 実験 1

### 3.1. 目的

ヒトのカテゴリー化における連合強度と般化パターンを、シミュレーションの結果と比較、検討した。ヒトが完全記憶した状態を再現しやすくするため、訓練刺激を呈示しながらおこなった。

### 3.2. 方法

**被験体**：大学生 9 名（19-21 歳の女性 5 名，男性 4 名）

**装置**：Microsoft Visual Basic 6.0 を用いて作成された実験用プログラム（栗本, 2018），PC2 台

**刺激**：半径 40～145 ピクセルを 15 ピクセルおきに、角度 10～115 度を 15 度おきに設定した扇形図形 52 種類（Figure3，青・赤：訓練刺激，白：テスト刺激）

**手続き**：モニタに呈示された扇形刺激のカテゴリーを、左右カーソルキーのどちらかを押すことで回答させた。【訓練】キーを押すと、正誤がフィードバックされ、カテゴリー学習をさせた。一般事例 16+特殊事例 2 の 18 試行を 1 ブロックとし、ブロックの正答率が 80%以上になった時点で訓練終了とした。【テスト 1】自分の回答に対する確信度が、訓練刺激とカテゴリーラベルの連合強度に相当すると思った。刺激のカテゴリーを選択した後、その確信度を 1 から 9 で答えさせた。18 試行おこなった。【テスト 2】般化パターンを見るため、新奇刺激も含めてカテゴリー選択をさせた。訓練刺激 18+新奇刺激 34=52 を 10 回ずつ、520 試行おこなった。 ●記憶の負荷を減らすために、操

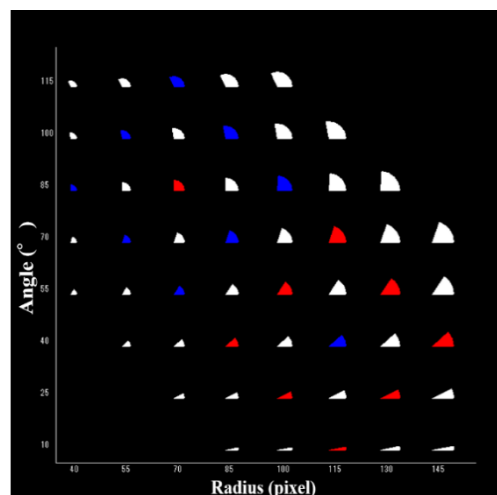


Figure3. 扇形刺激一覧（栗本, 2018, 卒業論文）

作 PC の横に設置した別のモニタに訓練刺激を呈示した。刺激のカテゴリの記載はなく、18の刺激をランダム順に並べて呈示した。

### 3.3. 結果と考察

訓練の結果、9人中8人が正答率80%に到達し、残りの1人もチャンスレベルを大きく超えていたため、テストに移った。Figure4から、ほとんどの被験者において、カテゴリ境界から最も離れた刺激の確信度が高く、境界に近づくにつれ低くなった。この結果は、シミュレーションのIMに似ている。特殊事例に関しては一般事例と差が出なかったため、IM・CMのどちらとも異なった。Figure5から、特殊事例に関してのみいえば、9人中3人が片方に正しく反応し、6人は両方に反応できなかった。これはIMに似ている。ただ、反応できた3人もカテゴリ境界が特殊事例まできており、特殊事例として記憶したとは考えにくい。また、カテゴリの境界が直線  $y=x$  ではなく、水平に近い状態になっていた点は、IM・CMのどちらとも異なっていた。また、テスト1で角度が最大・最小の刺激において、全被験者が最も強く確信していた。これらの現象は、y軸の「角度」という特徴に強く注意を向けてカテゴリ化していたためと考えられる。CMに似た結果を再現できなかった原因として、訓練刺激の呈示方法が記憶の補助として弱すぎたと考えられる。また、実験時間が長すぎた。そこで、刺激の呈示方法を変え、テストの試行数を減らした実験2をおこなった。

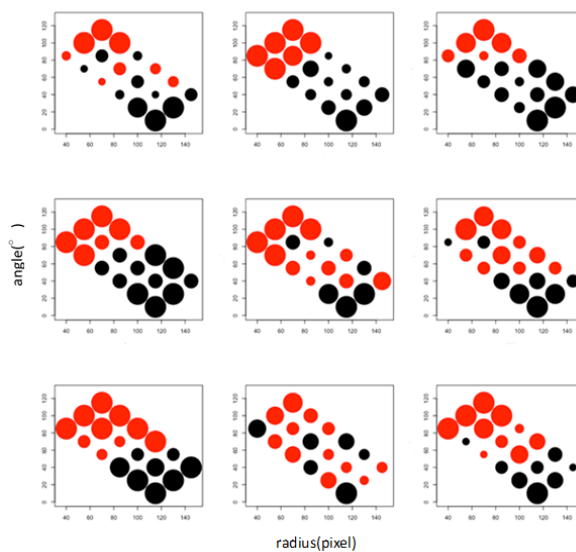


Figure4. 被験者ごとの自分の回答に対する確信度。色は選択したカテゴリを、大きさは確信の強さを表す。x軸は半径、y軸は角度を表す。

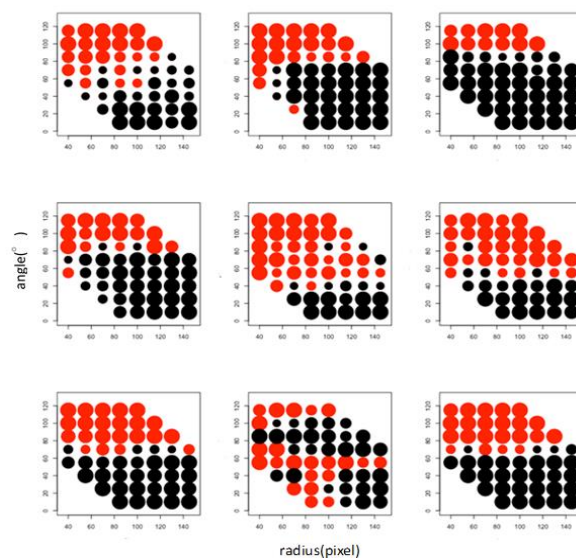


Figure5. 被験者ごとの訓練刺激と新奇刺激における各カテゴリへの反応確率の平均。円の大きさは反応率を表す。

## 4. 実験2

### 4.1. 目的

訓練刺激の呈示方法を変え、完全記憶した状態を再現しようとした。

### 4.2. 方法

被験体：大学生8名（20-22歳の女性6名，男性2名）

装置：PsychoPyを用いて作成した実験用プログラム，PC1台

刺激：実験 1 と同じ

手続き：1 試行の流れは実験 1 と同じ。●記憶の負荷を減らすために，訓練刺激を操作画面に，カテゴリーごとに分けて呈示した。

【訓練】答えを見ながらカテゴリーを選択することになるため，カテゴリー学習というよりは課題に慣れるための訓練であった。18 試行を 1 ブロックとし，3 ブロックで終了した。【テスト】連合強度と般化パターンを同時に測った。52 刺激分を 5 回ずつ，260 試行おこなった。

### 4.3. 結果と考察

Figure6 から，8 人中 3 人が特殊事例の片方だけに，4 人は両方に正しく反応できた。特に被験者 6，7 は，訓練刺激 18 個すべてに正しく反応し，他の新奇刺激はおおよそ設定したカテゴリー境界で分かれて般化された。これは CM に似た結果といえる。また，特殊事例の横隣の（半径が異なり角度が等しい）刺激を，特殊事例と同じカテゴリーとみなした。これは被験者が，半径の違いには反応できず，角度の違いにはできたことを示す。次に Figure7 から，特に CM・IM に似た結果や被験者間で共通した特徴はみられなかった。

## 5. 総合考察

実験 2 の般化パターンの結果から，完全記憶した状況をつくり出すために，実験 2 のような訓練刺激の呈示方法を用いるのは有効であり，ALCOVE によるモデルは妥当であったといえそうだ。また，全体を通して「半径」より「角度」という特徴をもちいてカテゴリー化する傾向がみられた。これは，扇形が，半径が異なっていても角度が等しければ相似となる図形であるため，角度が異なるほうが違いが分かりやすいことが原因だと考えられる。そこで，実験 2 の呈示方法で，特徴の注意の向けやすさに差がないような刺激をもちいれば，ヒトのカテゴリー化において新たな特徴がみられるかもしれない。そうすれば，よりヒトの情報処理を再現したモデルについて検討できるだろう。

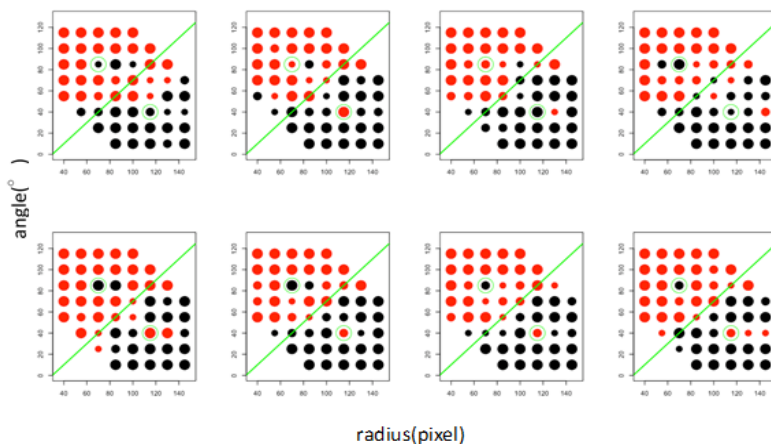


Figure6. 被験者ごとの訓練刺激と新奇刺激における各カテゴリーへの反応確率の平均。緑の丸は特殊事例を囲っており，緑の線はカテゴリー境界を表す。

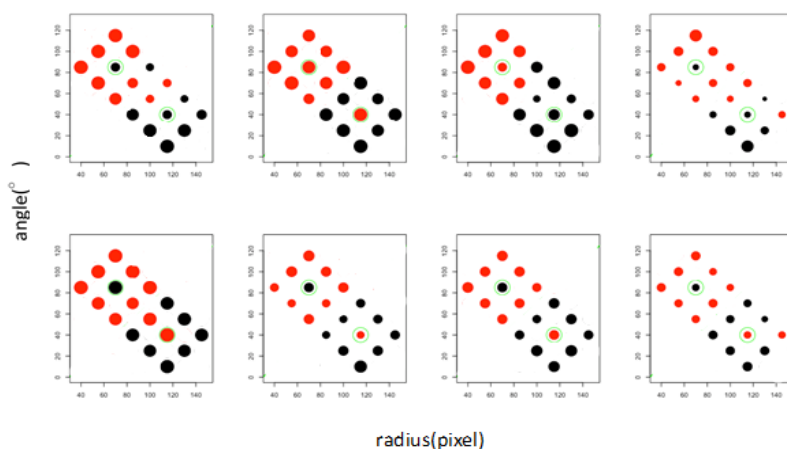


Figure7. 被験者ごとの自分の回答に対する確信度の平均。