

# カテゴリー学習における弁別困難な事例の影響

松香 敏彦<sup>†</sup>, エキムジャン ラフィラ<sup>†</sup>  
Toshihiko Matsuka, Yafeila Aikemujiang

<sup>†</sup> 千葉大学  
Chiba University  
matsuka@chiba-u.jp

## 概要

人間の記憶システムは忘却や虚偽記憶をもたらすなど、不完全であると考えられている。一方で、人間の hochi 認知において重要で基礎的な処理であるカテゴリー化に関する理論では、人間は過去に経験した様々な事例を高い精度で想起し参照することができるとされてきた。本研究では、学習における記憶の曖昧性の効果を検証した。具体的には、事例弁別の感度を定義するハイパーパラメータを操作し、参照する事例の弁別が困難な場面を再現した。計算機シミュレーションを行った結果、弁別困難なモデルでは、曖昧性を回避するために学習が促進され、むしろより強い過剰一般化を引き起こすことが示された。しかし、選択的注意に対応した学習可能なパラメータに制約を設けた場合には、過剰一般化を軽減出来ることが示された。

キーワード: categorization, memory カテゴリー化、記憶

## 1. はじめに

人間の記憶システムは忘却や虚偽記憶をもたらすなど、不完全であると考えられている。一方で、人間の hochi 認知において重要で基礎的な処理であるカテゴリー化に関する理論では、人間は過去に経験した様々な事例を高い精度で想起し参照することができるとされてきた。Matsuka (2019)らのおこなった記憶の精度を操作したカテゴリー学習に関する計算機シミュレーションの結果では、記憶の精度の低いモデル（想起出来る事例数が実際に経験した数より少ないモデル）は記憶の精度の高いモデルに比べ、特定の事例の影響を受けることなく、また、重要な特徴次元への選択的注意の分配はより効率的であることが示された。さらに、記憶の精度の低いモデルは過剰一般化を回避する一方で、全ての事例において正しいカテゴリーとの関連性を獲得していることも示された。これらのことから、記憶の精度の低いカテゴリー学習モデルは、記憶の精度の高いモデルに比べ知識の抽象化が促進し、より汎用性の高い知識を獲得出来ることが示された。

本研究では、Matsuka らとは異なり、記憶の精度ではなく記憶の曖昧性を再現し、学習における記憶の曖昧性の効果を検証した。具体的には、事例弁別の感度を

定義するハイパーパラメータを操作し、参照する事例の弁別が困難な場面を再現し、その影響を検討する。

## 2. カテゴリー化モデル

本研究では、事例モデルの1つである ALCOVE (Kruschke, 1993) を応用する。

ALCOVE では、カテゴリー化される  $I$  次元からなる入力刺激  $x$  と記憶されている  $j$  番目事例  $R_j$  の心理的距離  $d_j$  が以下の式で計算される：

$$d_j = \sum_i a_i (R_{ij} - x_i)^2$$

ここで  $a_i$  は特徴次元  $i$  に向けられた選択的注意で、多くの選択的注意が向けられた場合（値が高い場合）その次元の特徴は強調され、僅かな違いであっても認識することが可能であり、逆に選択的注意が向けられない場合、その次元にどのような違いがあっても認識されない。

この入力刺激と事例の心理的距離をもとに、その2つの心理的類似性  $s$  が以下の式で決まる。

$$s_j(x) = \exp(-c \cdot d_j)$$

ここで  $c$  は刺激スペース全体の類似性勾配で実験者が定義するパラメータである。

次に心理的類似性をもとにカテゴリー  $O_k$  の活性化度が決まる。

$$O_k(x) = \sum_j w_{kj} s_j$$

ここで、 $w_{kj}$  は事例  $j$  とカテゴリー  $k$  の関連性の重みであり、カテゴリー  $k$  と事例  $j$  の関連性が高いほど正の大きな値をとる。例えば、ある入力刺激が過去に見たカテゴリー  $Z$  に属する多くの事例に心理的に近い場合、つまり、その入力刺激とそれらの事例の心理的距離が短い場合、 $Z$  の事例群と心理的類似性が高いということになり、類似性の高い事例はカテゴリー  $Z$  を集合的に活性化する。

ALCOVE においては、選択的注意の  $a$  および事例・カテゴリー間の関連重みの  $w$  が（教師あり）学習の対象となっており、勾配法によって間違ったカテゴリー化を最小化するように、重要な特徴次元に選択

的注意を向け、また事例と適切なカテゴリを紐づけるように設計されている。

本研究では、学習における記憶の曖昧性の効果を検証した。具体的には、事例弁別の感度を定義するハイパーパラメター  $c$  を操作し、参照する事例の弁別が困難な場面を再現した (図1参照)。

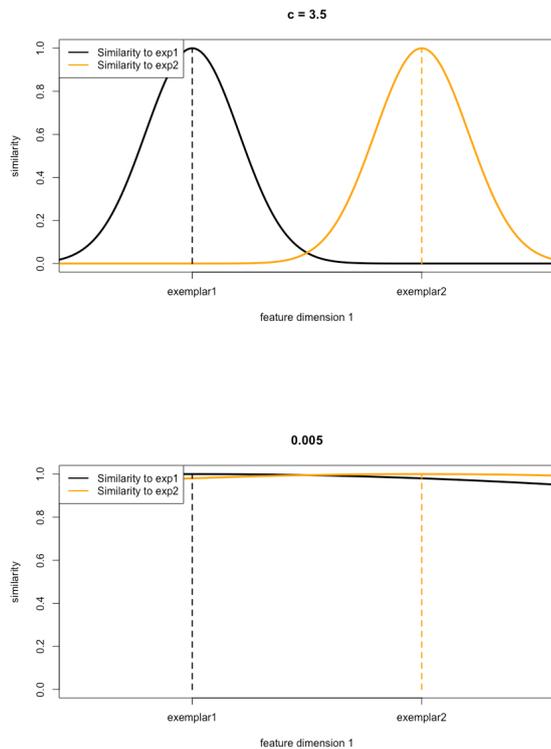


図1. 上：参照される事例の弁別が明確な場面 (moderate  $c$ )。下：参照される事例の弁別が不明確な場面 (small  $c$ )。

### シミュレーション 1

本研究では、まず Matsuka ら(2019)と同様の3つのカテゴリ学習課題を用いた。1つ目は事例とカテゴリの結びつきについての検証 (シミュレーション A)、2つ目は選択的注意の分配についての検証 (B)、3つ目は特殊事例への対応(C)についての検証であった。

#### シミュレーション 1A

シミュレーション 1A では図2で示された1次元からなるカテゴリの学習を検討した。

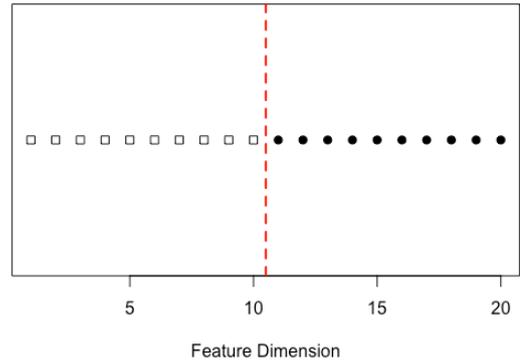


図2.シミュレーション 1A で用いた刺激

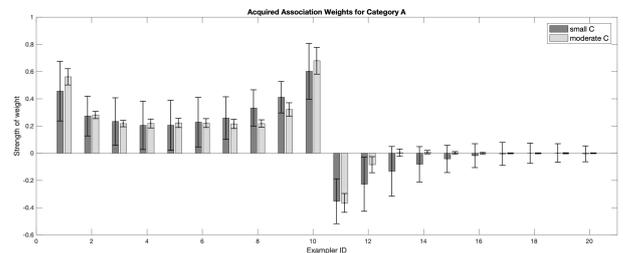


図3.シミュレーション 1A の結果

シミュレーション 1A の結果、参照する事例の弁別が困難な場面であっても、判別が容易である事例に比べカテゴリ境界にある判別困難な事例とカテゴリにより強く活性化すること (強い結びつきがあること) が示された (図3)。

#### シミュレーション 1B

シミュレーション 1B では参照する事例の弁別が困難な場面における選択的注意の分配への影響を検証した(図4)。その結果、事例の弁別が容易な場合に比べ、事例の弁別が困難な場面ではより効率的な選択注意の分配が示された。

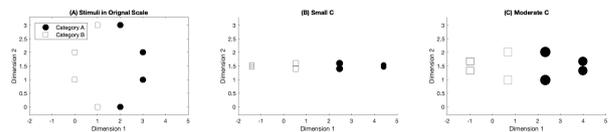


図4.シミュレーション 1B

#### シミュレーション 1C

シミュレーション 1C では、参照する事例の弁別が困難な場面における特殊事例の影響を検証した。具体的には図5に示すカテゴリの学習課題を用いた。その

結果、非曖昧事例では特殊事例のみに対し過剰一般化が起こったのに対し、曖昧事例では全ての事例に対し過剰一般化が示された。

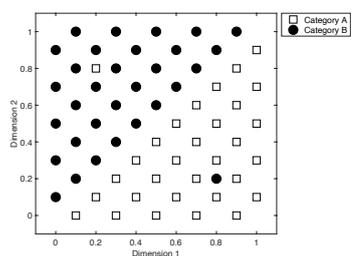


図 5. シミュレーション 1C で用いた刺激

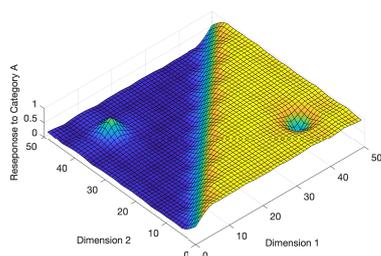


図 6. シミュレーション 1C の結果 — 非曖昧事例

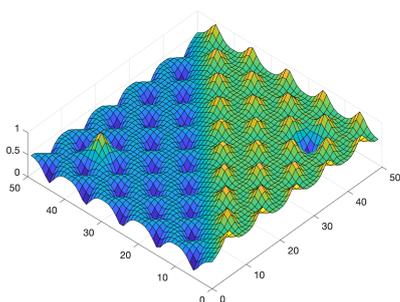


図 7. シミュレーション 1C の結果 — 曖昧事例

### 3. シミュレーション 2

シミュレーション 1 では、ALCOVE のハイパーパラメータ  $c$  を操作したものの、下記の式にあるように刺激スペース全体の類似性勾配を表す  $c$  と次元ごとに向けられた選択的注意は分離することが不可能である。そこでシミュレーション 2 では選択的注意に上限 ( $a \leq 1.00$ ) を設けシミュレーション 1 と同様に 3 つのシミュレーションをおこなった。

$$\exp\left(-c \cdot \sum_i a_i (R_{ji} - x_i)^2\right) = \exp\left(-\sum_i ca_i (R_{ji} - x_i)^2\right)$$

シミュレーションの結果、事例とカテゴリーの結びつきに関してはより過剰一般化を導くと思われる学習結果となった。

選択的注意に関しても制約のないモデルに比べより効率的であった。一方で、特殊事例に対する過剰一般化は回避することが示された。

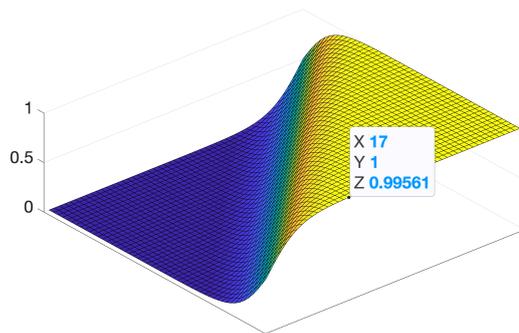
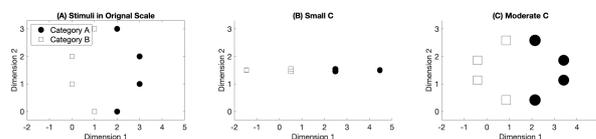
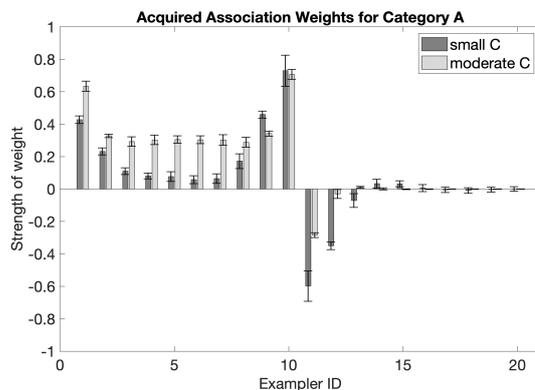


図 8. シミュレーション 2 の結果

### 4. まとめ

本研究では、事例弁別の感度を定義するハイパーパラメータを操作し、参照する事例の弁別が困難な場面を再現した。計算機シミュレーションの結果、弁別困難なモデルでは、曖昧性を回避するために学習が促進され、むしろより強い過剰一般化を引き起こすことが示された。しかし、選択的注意に対応した学習可能なパラメータに制約を設けた場合には、過剰一般化を軽減出来ることが示された。