

How prior knowledge affects selective attention during category learning: An eyetracking study

Shin Woo Kim & Bob Rehder

Memory and Cognition (2011), 39, 649–665

★ Introduction

- ▶ 選択的注意はカテゴリー学習において重要な役割を果たす
(e.g., Medin & Schaffer, 1978; Nosofsky, 1986; Smith, Patalano, & Jonides, 1998; also see Maddox, 2002; Maddox & Dodd, 2003)
- ▶ 既存の知識もカテゴリー学習に影響する
(Murphy, 2002; Rehder & Ross, 2001; Heit & Bott, 2000; Kaplan & Murphy, 2000)
 - 同じカテゴリーの事例が持つ特徴にテーマがあると学習が加速
- ▶ 既存知識は選択的注意にどのように影響するのか？

◇ How knowledge might affect attention

- ▶ 3つの疑問点
 - 知識は注意に影響するか否か？
(Murphy & Medin, 1985; Pazzani, 1991; Wisniewski, 1995; Bower, Clark, Lesgold, & Winzens, 1969; Craik & Lockhart, 1972; Craik & Tulving, 1975)
 - 知識の影響は時間により異なるか？
 - ・ 学習の初期にどの次元に注目するのか決定する (Keil, 1981)
 - ・ 事例の観察によりテーマが活性化される (Heit & Bott, 2000)
 - ・ 単純な方略がうまくいかなかった時に利用される
 - エラーのフィードバックは注意のシフトに影響するのか？ (e.g., Kruschke, 1992, 2001)
- ▶ 眼球運動を用いて検討する

◇ Overview of experiments

- ▶ 蟻の分類 Dax / Kez (Figure 1)
 - プロトタイプと1つだけ異なる構造 (Table 1)
- ▶ 2水準の6つの特徴を持つ (Table 2)

- 4つがテーマに関係する
- 2つはニュートラル

▶ 実験 1

- 実験中に得られた知識により学習が速くなるかを検討
- 知識に関連するパーツのほうが早く学習されるか検討

▶ 実験 2

- 眼球運動を用いて検討

★ Experiment 1

◇ Method

◇ Materials

▶ プロトタイプ (4 種類)

- Dax / Kez
 - ・ 1111111/000000 (Figure 1)
 - ・ 101010/010101
 - ・ 010101/101010
 - ・ 000000/111111

▶ テーマ (Appendix)

- Dax 寒いツンドラ
- Kez 暑い砂漠

▶ neutral になるパーツ

- related 条件 (3 種類)
 - ・ しっぽと足, 羽と口, 前足と触覚
- unrelated 条件 全て

◇ Participants

▶ 30名の学部生

- related 条件 14名
- unrelated 条件 16名

◇ Procedure

▶ 3つのフェーズからなる

- 知識獲得, カテゴリー学習, 単一特徴テスト
- ▶ 知識獲得フェーズ
 - 12 の特徴について学習
 - ・ いずれかの特徴が表示され下に説明文 (Figure 2)
 - ・ 自分のペースですべてを学習
 - この時点では後の学習とは関連づけない
 - 選択テストにより学習を確認
 - ・ 一つの特徴について選択肢から正しい物を選ぶ
 - ・ フィードバックとエラー数の表示
 - 1回でもミスしたらもう一度学習
 - ・ 全ての問題に正しく解答できるまで繰り返す
 - 再生テストによる確認
 - ・ 全ての特徴において正しい記述ができなかったらまた学習を行う
- ▶ カテゴリー学習
 - 1ブロック
 - ・ 14 の事例をランダムな順に提示 (Table 1)
 - ・ 注視点 1.8sec.
 - ・ 事例の表示
 - ・ Dax なら”z”を, Kez なら”?”を押す
 - ・ フィードバックの表示
 - ・ 3.8 秒後次の事例へ
 - 2ブロック連続でエラーがなくなるまで続ける (最大 15 ブロック)
- ▶ 単一特徴テスト
 - 表示される 1 つの特徴を Dax/Kez に分類
 - フィードバック無し
 - 各分類後に自信度を評定 (0 ~ 100)

◇ Results (Table 3)

- ▶ カウンターバランスのための要因はつぶして分析

- ▶ 知識獲得
 - 知識獲得テストではとても正確
 - ・ 7回以上のエラーをした参加者はいなかった
 - related (0.97) / unrelated (0.98) 条件間に差はない ($t < 1$)

- ▶ カテゴリー学習
 - 基準に到達した参加者
 - ・ related 条件 12 / 14 名
 - ・ unrelated 条件 14 / 16 名
 - 到達の速さ (block; $t(24) = 2.85, p < .01$)
 - ・ related (5.50) < unrelated (8.57) 条件
 - エラーの数 ($t(24) = 3.29, p < .01$)
 - ・ related (8.67) < unrelated (19.07) 条件
 - 先行研究の追試に成功
 - 課題の有効性を確認

- ▶ 単一特徴テスト
 - relate 条件の参加者は
 - ・ 関連パーツにおいてより正確に回答 ($t(11) = 1.79, p = .10$)
関連パーツ (0.89) \geq ニュートラル (0.71)
 - ・ 関連パーツにおいてより速く分類 ($t(11) = 1.48, p = .17$)
関連パーツ (2.9 s) \leq ニュートラル (4.1 s)
有意には達しない
 - 自信度評定
 - ・ 正解パーツではそのまま 0~100
 - ・ 不正解パーツではマイナスに変換 -100~0
 - ・ 関連パーツにおいてより正しく、自信を持って回答 ($t(11) = 1.82, p < .05$)
関連パーツ (67.1) > ニュートラル (37.0)

- ▶ ニュートラルパーツの条件間比較
 - 条件間に学習の差はない ($ps > .20$)

◇ Discussion

- ▶ これまでの研究の結果の追試に成功
 - related 条件で unrelated 条件より少ないブロックとエラーで学習が起こる
 - related 条件では関連パーツにおいてニュートラルパーツより良い学習が見られる
- ▶ 実験中に獲得された既有知識の効果を確認

★ Experiment 2

- ▶ related 条件のみ

◇ Method

◇ Materials

- ▶ 実験 1 と同様

◇ Participants

- ▶ 24 名の学部生

◇ Procedure

- ▶ 実験 1 と同様
- ▶ 眼球運動測定に関する手続きを追加 (カテゴリー学習中)
 - 開始前にキャリブレーションを行う
 - フィードバックは音声で返す
 - 4 秒後に次の事例

◇ Eyetracking measures

- ▶ 6 つの AOI (areas of interest) を指定
- ▶ 4 つの指標を利用
 - 観察パーツの数
 - ・ 各パーツを観察したかしないかの 2 値
 - ・ 関連パーツ 0~4
 - ・ ニュートラルパーツ 0~2
 - 注視の確率 (0~1)
 - ・ 観察パーツ数をそれぞれのパーツの総数で割る

- 注視数の割合 (0~1)
 - ・ 関連パーツへの注視数を全パーツへの総注視数で割る
- 注視時間の割合
 - ・ 関連パーツへの注視時間を全パーツへの総注視時間で割る
- ▶ 割合の指標は 0.67 (= 4/6) と比較する

◇ Results

◇ Basic learning results

- ▶ 知識獲得は正確 (0.97)
 - 20名の参加者が基準に到達
 - 平均 6.5 ブロック
 - 平均 10.60 エラー

◇ Single-feature test (Table 3)

- ▶ 関連パーツにおいて
 - より正確 ($t(19) = 3.31, p < .01$)
 - ・ 関連パーツ (0.91) > ニュートラル (0.70)
 - 自信が高い ($t(19) = 5.75, p < .001$)
 - ・ 関連パーツ (73.6) > ニュートラル (29.1)
 - より速い ($t(19) = 2.92, p < .01$)
 - ・ 関連パーツ (2.6 s) < ニュートラル (4.0 s)

◇ Eye fixations

- ▶ ブロックを結合して4試行ずつのサブブロックを作る
- ▶ Figure 3a
 - 関連パーツ
 - ・ 初めは3つ程度から始まり、徐々に観察パーツが増加
 - ニュートラルパーツ
 - ・ 1.5程度から始まり徐々に減少
- ▶ Figure 3b
 - 注視数と同様の傾向
 - ・ 初めは同じくらいの割合だが、徐々に離れていく

- 2 (パーツ: related vs. neutral) x 2 (サブブロック: 前半 vs. 後半) の ANOVA
- パーツの主効果 ($F(1, 19) = 17.61, MSE = .087, p < .001$)
 - related > neutral
- サブブロックの主効果はない ($p > .10$)
- パーツとサブブロックの交互作用 ($F(1, 19) = 26.53, MSE = .051, p < .001$)
 - 各サブブロックにおいて t 検定
 - サブブロック 1, 2, 3, 6 以外ではパーツによる差を確認 (p 's < .05)

▶ Figure 3c

- 0.67 (偏りなし) 付近から始まり関連パーツへ偏っていく
- 前半と後半で有意な差が見られる
 - サブブロック 1, 2, 5, 6, 7, 8 以外では 0.67 より有意に大きい (p 's < 0.001)

◇ Backward learning curves

▶ エラーとの関連を調べる

▶ 逆向き学習曲線を作成

- 最後にエラーが起きた試行 (サブブロック) を 0 とする
- その前の 10 サブブロックと後の 3 サブブロックを含む

▶ Figure 4b

- 各サブブロックにおける t 検定
 - 矢印で示されるサブブロックから関連パーツをより注視するようになる (p 's < .05)
- 同じ位から始まり, 関連パーツへの注視が増加, ニュートラルパーツが低下する

▶ Figure 4c

- Figure 4b と同じサブブロックから 0.67 より有意に大きくなる (p 's < .05)
- 偏りのないところからはじまり, 徐々に関連パーツへと偏っていく

▶ どちらも最後のエラーの後も注視のシフトが継続している

▶ Figure 4b

▶ 2 (パーツ: related vs. neutral) x 11 (サブブロック) の被験者内分散分析

- パーツの主効果 ($F(1, 19) = 22.92, MSE = .717, p < .001$)
 - related > neutral

- サブブロックの主効果無し ($F < 1$)
- パーツとサブブロックの交互作用 ($F(10, 190) = 5.58, MSE = .027, p < .001$)
 - ・ 関連パーツの増加とニュートラルパーツの低下 (1 から 11 まで; p 's $< .05$)
- Figure 4c
 - ・ どちらも 1 から 11 を通して増加している (p 's $< .01$)

◇ Individual variation

- ▶ 6名の参加者が平均とは異なる眼球運動を示した
 - 最後のエラーまで 6つのパーツ全てを観察する
 - カテゴリーを非常に素早く学習する
 - エラー後にはニュートラルパーツから注意をそらしていく

◇ Relating eye fixations to feature learning

- ▶ 注視パーツと学習の関係
- ▶ 各参加者において注視の割合の自信度への単回帰分析を行う
 - 注視数の係数 (298.0) は 0 より有意に高い ($t(19) = 4.33, p < .001$)
 - ・ より注視されたパーツはより学習される
 - 切片(9.1)は 0 より有意に大きくない ($t < 1$)
 - ・ 注視のないパーツは学習されない
- ▶ パーツが関連するかを予測変数として投入
 - 注視数 ($t(19) = 2.66, p < .05$) とパーツのタイプ ($t(19) = 2.45, p < .01$) が予測変数として有意に働く
 - パーツの種類は注意を調整する以外の役割を持つ

◇ Discussion

- ▶ 既有知識はどのカテゴリー情報が注目されるかに影響する
 - 知識に関連する部分 > 関連しない部分
- ▶ 初めは関連部分への注視の偏りはない
- ▶ 徐々に注意をシフトさせていく
- ▶ 分類を確立した後も注意のシフトは続く
- ▶ 眼球運動のみでは関連部分のより良い学習の全ては説明できない

★ General discussion

◇ An effect of prior knowledge on attention

- ▶ 既存知識はその知識に関連する情報へ注意を向けさせる
- ▶ 今までのモデル (Heit & Bott, 2000; Rehder & Murphy, 2003)
 - ニュートラルな特徴の乏しい学習は注意の減少ではなく手がかり競合による (Kamin, 1969; Rescorla & Wagner, 1972)
 - ・ 関連情報の学習により素早くエラーが減る代わりにニュートラルな特徴への関連付けは遅くなる
- ▶ 本研究はニュートラルな特徴への注意が減ることも原因であることを示した
- ▶ 最終的にカテゴリーに関連づけられず、分類の要因としては無視される

◇ Knowledge selection and construction in response to observed category members

- ▶ 初めの注意は既存知識に影響されない
 - 徐々に知識に関連する特徴へ偏っていく
- ▶ カテゴリーになじみがあれば、知識は初めからカテゴリーに関連づけられやすい (Heit, 1995; Pazzani, 1991)
- ▶ 本研究では、特徴の数や関連づけが多かったため、数試行後から効果が現れた
 - 知識の種類や強度によって効果が現れる時期は異なるだろう

◇ The unnecessary role of error in attending knowledge-relevant information

- ▶ これまでのモデルはエラーに基づく注意のシフトしか検討していない (Kruschke, 1992; Nosofsky et al., 1994; also see Kruschke & Johansen, 1999)
- ▶ 分類を学習した後も注意はシフトし続ける
 - 知識に基づく注意のシフトにはエラーは必ずしも必要ではない
- ▶ 2つの説明
 - 分類学習中にテーマの精緻化がなされた (Kaplan & Murphy, 1999; Medin et al., 1987; Spalding & Murphy, 1996)
 - 正確性を高めるより反応時間を速くしようとした (Nelson & Cottrell, 2007)
 - ・ 最後のエラー時点 8.7 秒 → 課題終了時 4.4 秒
 - ・ あまり学習していないニュートラルな特徴の観察を排除した

◇ Attention versus encoding, inference, and interpretation in knowledge-based category learning

- ▶ 既有知識の影響は注意への影響だけでは説明できない
 - ニュートラルな特徴の学習は **unrelated** 条件におけるニュートラルな特徴ほど悪くない
 - ・ 注意の量は少ないのに成績はそんなに悪くない
知識は注意の量だけでなく、特徴の処理やコード化にも影響する
ニュートラルな特徴もテーマに組み込もうとする
 - 知識は推論を可能にする (Heit & Bott, 2000)
 - ・ トレーニング中に観察していない事例も知識に基づき分類した
 - 知識は刺激の解釈に用いられる (Pazzani, 1991; Heit, 1995)