

Overt Attention and Predictiveness in Human Contingency Learning

M. E. Le Pelley, Tom Beesley, & Oren Griffiths

Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes (2011),
37(2), 220-229

- ◇ よく学習される刺激とされない刺激があるのはなぜか？
 - ▶ 刺激の予測性の経験による
 - 手がかりからイベントがどれほど予測できるか
 - associability (連合性: e.g., Kruschke, 2001, 2003; Le Pelley, 2004; Mackintosh, 1975; Pearce & Hall, 1980)
 - 高い連合性 → 学習
 - ▶ Mackintosh (1975) のモデル
 - イベントと対になる手がかりの連合性が高くなる
 - ▶ Pearce-Hall (1980) のモデル
 - 予測できない手がかりの連合性が高くなる

- ◇ Le Pelley & McLaren (2003)
 - ▶ Stage 1 : A~Dが予測手がかり
 - ▶ Stage 2 : A~DとX~Wの組み合わせで決定
 - ▶ Test
 - A~Dを使用した手がかりとX~Wを使用した手がかりで予測に違いがある

Table 1
Design of the Experiments

Stage I	Stage II	Test
AV-o1	AX-o3	AC
AW-o1	BY-o4	BD
BV-o2	CV-o3	VX
BW-o2	DW-o4	WY
CX-o2		
CY-o2		
DX-o1		
DY-o1		

Note. Letters A-D and V-Y refer to different cues; o1-o4 refer to outcomes. On test, ratings of the cue compounds shown were obtained with respect to outcomes o3 and o4. All participants experienced all types of trial listed under a given stage of training.

・AC → o3, BD → o4 > VX → o3; WY → o4

- ▶ 事前に予測手がかりとなった手がかりにおいて、手がかり-結果の連合をより素早く学習した
- ▶ 予測手がかりの方が連合性が高い (Mackintoshのモデル)

☆ 連合性と手がかりへの注意との関連

- ▶ 注意理論 (Kruschke, 2001, 2003)
 - 予測の経験により手がかりへの注意の量が影響される
 - 学習された注意が手がかりの学習に影響する
 - ・より注意が払われる手がかり = 連合性が高い
- ▶ 予測性の違いにより起こる手がかりの連合性と注意の関係について直接的にはかかった研究はない
- ▶ 眼球運動を利用して測定

☆ 眼球運動を用いた先行研究

- ▶ Rehder & Hoffman (2005a; 2005b; Hogarth, Dickinson, & Duka, 2009; Hogarth, Dickinson, Hutton, Elbers, & Duka, 2006; Hogarth, Dickinson, Wright, Kouvaraki, & Duka, 2007)
 - 予測手がかりへの注視を観察 (Mackintoshのモデル)
- ▶ Hogarth, Dickinson, Austin, Brown & Duka (2008)
 - Pearce-Hallのモデルが支持される場合もある
 - ・AX → 音声が付属する (100%)
 - ・CX → 音声が付属しない (100%)
 - ・BX → 音声が付属するときとしないときがある (50%)
 - ・BXの時に最も注視が多い
- ▶ Training phaseにおいてのみ測定
 - 手がかりが平等にイベントを予測するときの連合性の影響を調べる
 - Stage 2における眼球運動の検討が必要
- ▶ Beesley & Le Pelley (2010)
 - 連合性を眼球運動を用いて調べた唯一の研究
 - ・予測性は眼球運動にも新奇学習の割合にもはたらかなかった

- ・予測性の影響が眼球運動により表れた参加者は学習の割合に予測性の影響がより表れた
- どちらのモデルでも説明可能

★ Experiment 1

- ▶ 眼球運動と予測性の影響の指標としての学習の割合の間の関係性を調べる

◇ Method

◇ Participants, apparatus and stimuli.

- ▶ 21名の大学生
- ▶ 手がかり 8つの無意味語
 - Table 1のA~D, X~Wにランダムに割当
- ▶ 4つの結果 (o1~o4) は短い音 (ランダムに割当)

◇ Procedure and data analysis.

- ▶ スクリーンに表示された2つの無意味語からどちらの音が鳴るかを予測する (Figure 1)
- ▶ Stage 1 (Figure 1A)
 - 無意味語の表示
 - 左右の矢印キーでどちらの音か予測
 - 正解音が流れる
 - 正解, 不正解のフィードバック
 - 無意味語は常に表示
 - 18ブロック
- ▶ Stage 2 (Figure 1B)
 - 新しい音を利用
 - 課題は同じ
 - 上下キーでどちらの音か予測
 - 6ブロック
- ▶ Table 1の各タイプが1ブロックに1回ずつランダムに表れる
- ▶ Test
 - 上部に2つの無意味語, その下にo3の音が書かれたボックス
 - クリックするとo3の音が流れる

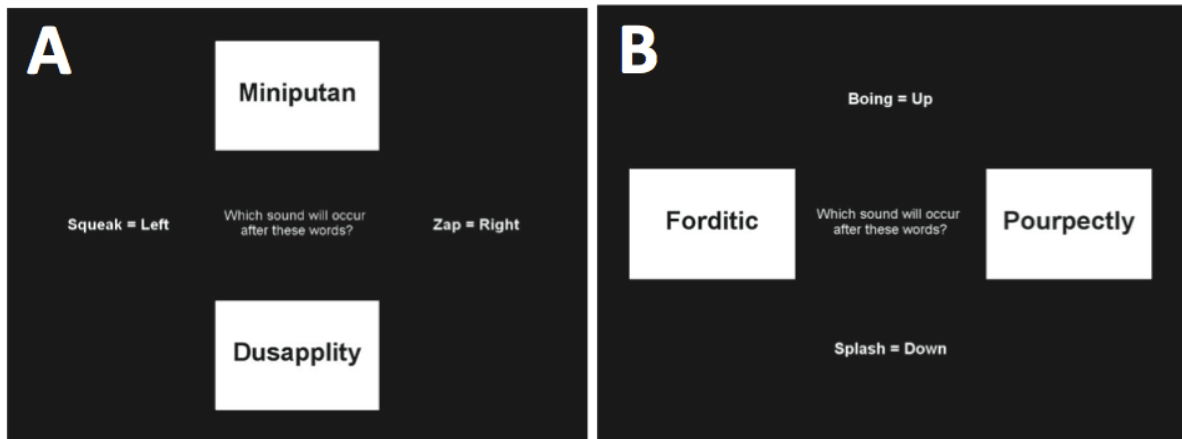


Figure 1. Screenshot of a typical training trial from (A) Stage I, and (B) Stage II of Experiment 1.

- 表示された無意味語からその音がどのくらいの聞こえる可能性があるかを評定 (0~10)
- 同様にo4も評定

◇ Data analysis.

- ▶ 差異得点 = Stage 2で関連付いていた音への評定 - 関連づいていなかった音への評定
 - 数字が10に近いほど高い選好行動を示す
- ▶ 眼球運動データ
 - 無意味語の表示された四角の中への注視時間の合計を利用
- ▶ 反応に10秒以上かかった試行を除外

◇ Results

- ▶ 眼球運動の取得ができなかった2名を除外
- ▶ Stage 1で十分な学習をしなかった1名を除外

◇ Judgment data.

- ▶ 手がかり-イベントの関係を学習
 - Stage 1の最後のブロック 正答率 91.0%
 - Stage 2の最後のブロック 正答率 91.7%
- ▶ Test phaseにおける評定の差あり ($t(17) = 2.27, p < .05$)

- AC & BD = 6.44 > VX & WY = 4.08
- Stage 2においてA~Dについて関連付けをより学習

☆ Eye gaze data.

- ▶ 平均反応時間 2112 ms
- ▶ 各StageにおけるA~D (predictive), X~W (nonpredictive) の1試行における注視時間の平均 (Figure 2)
- ▶ 反復測定分散分析 (predictiveness × training stage)
 - Predictive > Nonpredictive ($F(1, 17) = 14.4, p < .01$)
 - Stage 1 > Stage 2 ($F(1, 17) = 37.8, p < .001$)
 - ・親和性の増加
- ▶ 交互作用なし ($F < 1$)
- ▶ 計画比較
 - Stage 1: Predictive > Nonpredictive ($t(17) = 3.07, p < .01$)
 - Stage 2: Predictive > Nonpredictive ($t(17) = 3.46, p < .01$)

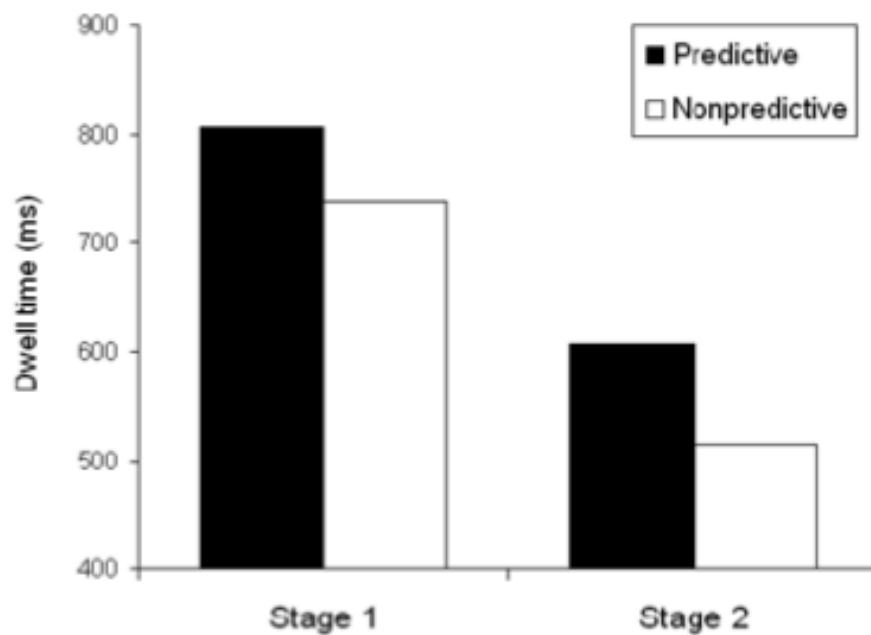


Figure 2. Preresponse dwell time on predictive and nonpredictive cues, averaged across the training blocks of each stage of Experiment 1.

- ▶ 注意の偏りと学習の関連
 - 注意への予測性の効果 (Stage 2における predictiveの平均注視時間 - nonpredictiveへの注視時間)
 - 学習への予測性の効果 (AC/BDの差異得点 - VX/WYの差異得点)
 - 有意な正の相関 ($r_s(18) = .45, p = .032$)
- ▶ 予測性の学習への影響は注意により調整される

◇ Discussion

- 事前に予測手がかりであった手がかりに付いてより学習
- Stage 1ではカテゴリー判断に関連する手がかりへ注意を傾ける
- その偏りは全ての手がかりが同等の予測性を持つ状況でも持続する
 - ・連合性の変化は手がかりへの注意の変化を反映する
- ▶ 学習の注意理論に一致
- ▶ Mackintoshのモデルと一致
 - 予測性を学習し, 予測性の高い手がかりに注意を向ける
 - Stage 1での注意は続くStage 2においても学習に影響する
 - 注意を向けた手がかりをさらに学習し, 予測性が強化されていく

◇ Hogarth et al. (2008) との矛盾はなぜ起こるか?

- ▶ 時間的違い
 - 判断の後, 予測を行った
- ▶ 手がかり提示から5秒間の眼球運動を分析
 - 反応後も分析に含まれたため違いが表れた

★ Experiment 2

- ▶ 結果遅延を利用し, 反応前後の注意を検証

◇ Method

◇ Participants, apparatus and stimuli.

- ▶ 14名の大学生
- ▶ その他は実験1と同様

◇ Procedure and data analysis.

- ▶ 実験1におけるStage 1と同様
- ▶ キープレスから音が流れるまでに4つの遅延
 - 1200, 2400, 3600, 4800 ms
 - 各ブロックで各遅延が2回ずつ

◇ Results

- ▶ 眼球運動のデータ欠如の大きい1名を除外
- ▶ 十分な学習 正答率94.2%
- ▶ 平均反応時間 2353 ms.

◇ キー押し反応までの眼球運動データ

- ▶ 実験1の結果と一致
 - Predictive (775 ms) > Nonpredictive (711 ms; $t(12) = 2.71, p < .05$)

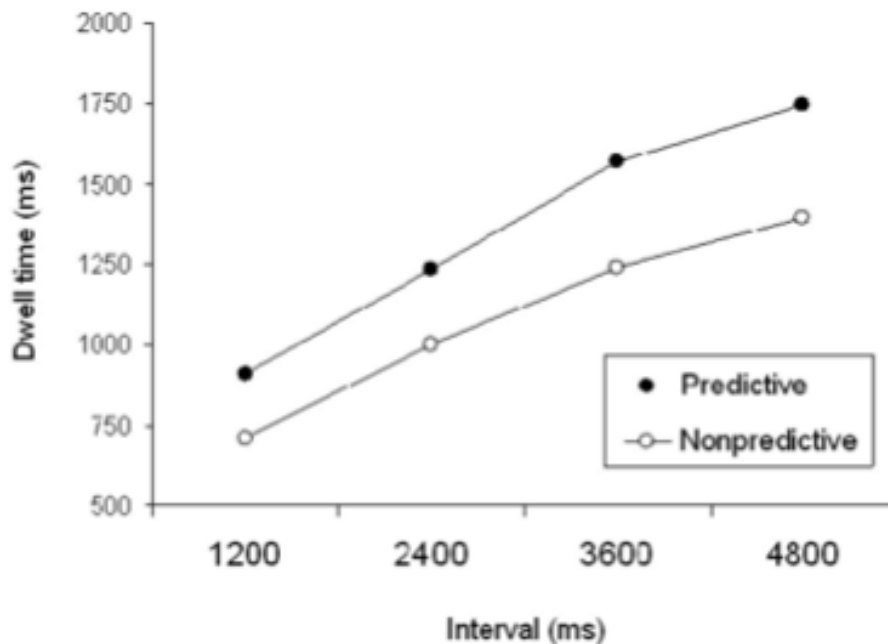


Figure 3. Dwell time on predictive and nonpredictive cues, averaged across the training blocks of Experiment 2. Data are shown separately for each response–outcome interval, and are calculated across the interval from response to the end of the trial (which includes the variable response–outcome interval, a subsequent fixed 1000 ms delay, and the 1300 ms during which the “Correct” or “Incorrect” feedback was displayed on-screen).

◇ 分散分析 (interval × predictiveness)

- ▶ 反応から試行の終わりまで (Figure 3)
 - Predictive > Nonpredictive ($F(1, 12) = 10.6, p < .01$)
 - 交互作用なし ($F < 1$)
- ▶ 反応からフィードバックまで
 - Predictive > Nonpredictive ($F(1, 12) = 7.38, p < .05$)
 - 交互作用なし ($F(3, 36) = 2.29, p = .095$)
- ▶ 両分析でインターバルの主効果 ($F(1, 12) = 125.2, p < .001$)

◇ Discussion

- ▶ 実験1と同様の結果
 - 予測手がかりへの注意の偏り
- ▶ キー押し反応後も偏りは変わらない
 - Hogarth et al. (2008) の結果は分析区間の違いによる物ではない

★ General Discussion

◇ まとめ

- ▶ 最初のトレーニングで予測手がかりに注意が偏る
- ▶ 同等の予測性を持つ場合でも、予測手がかりであった手がかりについての学習がより起こる
- ▶ 予測手がかりであった手がかりへ注意が偏る
 - → Mackintoshのモデルにフィット
- ▶ Hogarth et al. (2008) の結果との不一致
 - 分析区間の違いによる物ではない

◇ 可能性①

- ▶ 実験デザインの複雑さ
- ▶ 本研究等
 - 試行のタイプが多く複雑
 - 認知負荷が高く、正しく答えることに集中する
- ▶ Hogarth et al. (2008)
 - 試行が3タイプしかなく単純

→ 認知負荷が低く，全ての手がかりに付いて理解しようとする

☆ 可能性②

- ▶ 眼球運動の比較の仕方
- ▶ 本研究等
 - 直接的
 - 同じスクリーンに予測手がかりとそうでない手がかりが表示
- ▶ Hogarth et al. (2008)
 - 間接的
 - 予測手がかりと中立手がかり，及び，予測的でない手がかりと中立手がかりの対比を比較
- ▶ 中立手がかりの影響があったかもしれない

☆ 注意理論との一致

- ▶ 予測性が注意の払われる手がかりに影響する
- ▶ 注意が学習される手がかりに影響する
 - 直接的に操作をしていないため，因果を調べるためには実験が必要