

## Deliberation's Blindsight: How Cognitive Load Can Improve Judgments.

Janina A. Hoffmann, Bettina von Helversen, and Jörg Rieskamp. *Psychological Science*, 24(6). 869-879.2013.

### Introduction

- 認知的負荷は記憶から運動、問題解決に至るまで様々な場面においてパフォーマンスを低下させる。
  - 一方、認知的負荷によってパフォーマンスが改善される事例も報告されている。  
例：他人の存在による認知的負荷はしばしばパフォーマンスを増加させる(e.g., Baron, 1986; Markman, Maddox, & Worthy, 2006)
  - パフォーマンス予測するためには、問題解決の際に使用される方略に着目し、どのようにそれらのストラテジーがうまく働くかを推論する必要がある。
  - 高い認知負荷の下では、高い作動記憶容量を必要とする方略が減り、より要求の少ない方略の使用が促されることが知られている
  - つまり、作動記憶容量を使用がより少ない方略が解決の助けになるような場面において、パフォーマンスが向上するということになる。
  - 社会的圧力は、類似性ベースの戦略によって解決可能な非言語的な分類問題の学習を促進するが、ルールベースの戦略によって解決可能な言語性の分類問題の学習に悪影響を及ぼす
- 本研究では
- 初めに、認知負荷がルールベース方略から類似性ベース方略への切り替えを促進するかどうかを検討した。
  - 次に、認知負荷が類似性ベース方略がより適しているタスクのパフォーマンスを改善するかどうかをテストした。

### Multiple-Cue Judgment

- 複数手掛かり判断(Multiple-Cue Judgment)では、複数の手掛かりから、定量的な決定を行うことを求められる。  
例：患者の様々な症状からの病気の診断にける投薬量を決定する
- ルールベース方略  
例：各評価値(診断基準)によって重みづけを行い線形的に判断
- 類似性ベース方略  
例：過去の事例から似た事例を探索しそれに基づいて判断
- ルールベース方略と類似性ベース方略の間の方略の変化はタスクと認知負荷の大きさに応じて変わる。  
例：手掛かりによって判断が線形的に決定するような課題⇒ルールベース方略  
非線形的に生じる場合⇒類似性ベース方略

- 高い認知負荷の下では、方略の変更を誘発することが知られている
- ルールベース方略は類似性ベース方略に比べて高い作動記憶容量を必要とすることが知られている。

➤ 以上の議論から

- 認知負荷が判断戦略とパフォーマンスにどのように影響するかを検討した  
作業記憶の制限がルールベースの戦略に類似性ベースの戦略以上に影響する場合  
⇒認知負荷の増加はルールベースから類似性ベースの判断への移行を促進する  
類似性ベースの戦略が非線形の判断課題を解決するのに適している場合  
⇒このような場面における認知負荷はパフォーマンスを向上させる

### 実験1：Cognitive Load in a Nonlinear Judgment task

- 物体の基準値を5つの手掛かりを用いて予測するという課題
- この基準値は手掛かりの乗法的関数(非線形)によって予測されるものであった。
- 非線形課題における基準値はルールベース方略よりも類似性ベース方略によってより良く予測されることが知られている。
- 認知負荷なし、低い、高いの3つの条件を設けてこの課題を行った。

#### 方法

参加者 90名(女性42名, 男性48名)

- 参加者は17(CHF)程度の謝金をもらった, また課題のパフォーマンスに応じて平均8.3CHFもらった
- ずっと同じ解答をした参加者などを分析から除外した

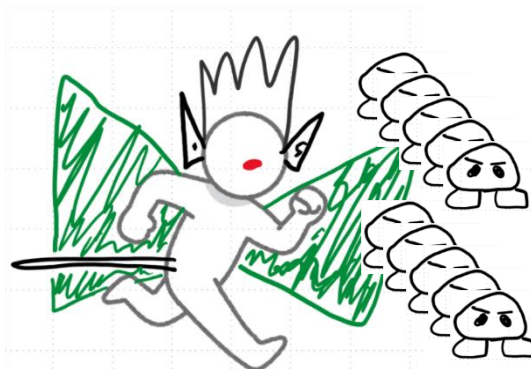
#### Design and materials.

- 参加者は「ソニック」が架空の生き物(ゴブリン)を何匹捕まえられるかを予測した。
- ソニックの見た目は基本的な体に以下のパーツの組み合わせで表現された  
髪 (スパイク 対 ドレッド) 鼻 (赤く丸い 対 黄色いくちばし) 尾 (とがった 対 ねじれた)  
耳 (尖った 対 フロッピー) 身体 (緑色の翼 対 青いスパイク)
- 特徴は捕まえたゴブリンの数を予測する手掛かり, 特徴ごとにその重みづけがされた
- これらの課題はルールベース方略と類似性ベース方略によって推測が可能になっていた。
- 項目は表1に記述されているようにトレーニングセットとテスト項目で構成されていた。

**Table 1.** Cue and Criterion Values of Items in the Nonlinear Judgment Task of Study 1

Set and item	Cue 1	Cue 2	Cue 3	Cue 4	Cue 5	Criterion
Training set						
Item 1	1	1	0	1	1	20
Item 2	0	0	0	1	0	1
Item 3	0	0	0	0	0	0
Item 4	0	1	0	0	1	2
Item 5	1	1	0	0	1	7
Item 6	1	0	0	1	1	5
Item 7	0	0	0	0	1	0
Item 8	1	1	0	1	0	9
Item 9	0	1	0	0	0	1
Item 10	0	0	1	0	0	1
Item 11	0	1	0	1	0	2
Item 12	0	1	0	1	1	5
Item 13	0	0	1	1	1	4
Item 14	1	0	1	1	1	16
Item 15	1	1	0	0	0	3
Item 16	1	1	1	1	1	62
Validation set						
Item 1	1	0	0	1	0	2
Item 2	0	0	1	1	0	2
Item 3	0	1	1	0	0	2
Item 4	1	0	0	0	0	1
Item 5	1	0	1	1	0	7
Item 6	1	0	1	0	1	6
Item 7	1	1	1	0	1	23
Item 8	1	0	1	0	0	3
Item 9	0	0	1	0	1	1
Item 10	0	1	1	1	0	6
Item 11	0	0	0	1	1	1
Item 12	0	1	1	0	1	5
Item 13	0	1	1	1	1	14
Item 14	1	0	0	0	1	2
Item 15	1	1	1	1	0	28
Item 16	1	1	1	0	0	10

Note: Training items were presented in the training and the test phase. Validation items appeared only during the test phase.



**Procedure.**

- 初めにWMCのサイズをコントロールするためにOSPANを行った。
  - その後の判断課題はトレーニングとテストの2つのフェーズに分かれていました
- トレーニングフェイズ** 16の訓練項目
- トレーニング項目の16のソニックのうち1つのソニックを見せられ、捕まえたゴブリンの数を推定した
- 各施行の後ゴブリンの正しい数と得られたポイントについてのフィードバックを受けた
- 認知負荷低、高の参加者はソニックが出現する前に、2つ(低)または4つ(高)子音が提示され、フィードバック後に提示された順序で再生するように求められた。
- 学習基準に達したところで終了した。
- 学習基準は、参加者の回答と正しい基準値の間の平均二乗偏差(RMSD)が6RMSD
- 最低でも8ブロック(1ブロック16施行)課題を行った。学習基準に達していなくても14ブロックが終了したところで終了した。
- テストフェイズ** 16の訓練項目と16のテスト項目
- フィードバック・認知負荷なし
- 参加者を動機づけるために得点に応じて報酬を支払った。正しい答えから離れた回答をすると、得点が低くなる
- 認知負荷条件の参加者は正しい文字を呼び出す際に追加でポイントを受けた
- 参加者が判断パフォーマンスを上げるために記憶課題の手を抜かないように、単語を思い出すことが出来ない時に、判断のポイントを与えなかった
- さらに参加者は14ブロック以内で学習基準に達した場合(トレーニング)にボーナスを受け取った

**Results**

- 認知負荷操作チェック
  - 正確に想起された文字列の割
  - 低認知負荷下では、高認知負荷よりも再生成績が良かった。(t (46.13) = 3.35、p = .002)
  - どちらの条件においてもパフォーマンスの高さは、単語の再生と関連していた(all rs <-.35、all ps <.05)

⇒単語再生と判断課題のトレードオフは生じていない。認知負荷の操作に成功した。
- WMCの個人差
  - 作業記憶能力は、認知負荷条件の間で有意に変化しなかった(F (2,86) = 1.20、p = .305)
- 判断のパフォーマンス
 

高い認知負荷の下で学習が可能か？

  - 参加者の多く (68%) は14ブロック以内で学習基準に達した
  - 学習基準に達しなかった参加者の数は有意差はなかった(high load: 11, low load: 6, control: 12),  $\chi^2(2, N = 89) = 2.85, p = .241.2$
  - 分散分析では、2つの認知負荷条件では、認知負荷なし条件よりも多くの訓練を必要としない(差がない)ことが明らかになった (F (2,86) = 2.30、 $\eta^2 = .05$ 、p = .107)
  - 認知負荷の有無や高低はトレーニングフェイズの最後のブロックでのパフォーマンスに有意な差は

見られなかった( $F(2, 86) < 1, p = .778$ )

- 認知負荷の下でもテスト項目(validation items)の良いパフォーマンスを一般化できるのだろうか？
- テストフェーズにおける判断の正確さを基準値と参加者の判断緒間のRMSDとして、トレーニング項目とテスト項目をわけて分析した。
  - ⇒トレーニング項目における3つの条件間の差異は見られなかった( $F(2, 86) = 1.61, \eta^2 = .04, p = .206$ )
  - ⇒テスト項目については、参加者は負荷なし条件よりも2つの認知負荷条件でより正確な判断をした( $F(2, 86) = 4.00, \eta^2 = .09, p = .022$ .)
  - ⇒さらに、認知負荷の線形対比から、検証項目では認知負荷の増加が判断の正確さを高めることが分かった( $F(2, 86) = 7.78, p = .007$ .)
- まとめ 認知負荷が人々の判断のパフォーマンスを増加させることを示した。

**Table 2.** Mean Results for the Three Conditions in Study 1

Phase and measure	No cognitive load	Low cognitive load	High cognitive load
Pretraining phase			
Operation-span score	37.5 (16.3)	36.0 (17.2)	42.7 (19.2)
Training phase			
Letters recalled (%)	—	96.0 (4.3)	90.7 (7.5)
Number of blocks completed	11.5 (2.5)	10.0 (2.3)	10.8 (2.8)
Judgment accuracy: last block	8.14 (5.63)	7.40 (6.62)	8.54 (6.52)
Test phase			
Judgment accuracy: training set	8.03 (3.95)	8.79 (5.46)	10.49 (6.57)
Judgment accuracy: validation set	12.87 (6.43)	10.55 (4.54)	9.30 (3.47)
Judgment accuracy: both sets	11.21 (4.20)	10.20 (3.91)	10.30 (4.41)

Note: Standard deviations are given in parentheses. Judgment accuracy was measured in root-mean-square deviations (RMSD) from the correct response.

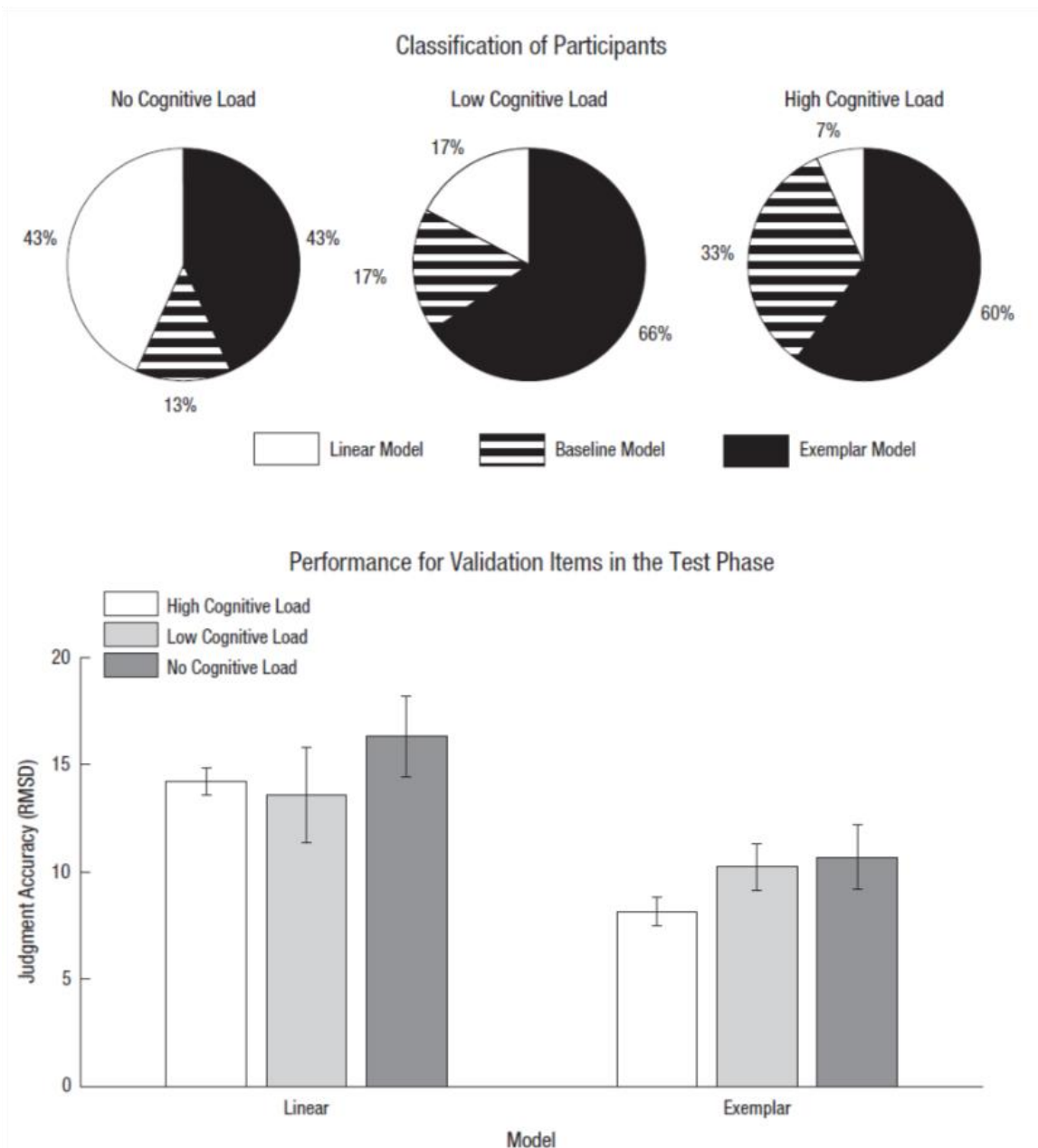
- 判断方略の認知モデリング
  - 仮説に従うのであれば、認知負荷は類似性ベース方略への判断方略の移行を促す
  - 今回用いた課題は、ルールベース方略よりも類似性に基づく方略によってより良く解決可能な課題であるため、このような方略の変化は、パフォーマンスの変化から予測することが出来る。
  - 3つの計算論的モデルとのフィッティングを検討した
    - 典型モデル (similarity-based strategy)
    - 線形モデル (rule-based strategy)
    - ベースラインモデル (estimating participants' mean judgment)
  - テストフェーズ中の判断がどのモデルから説明されるか検討した。そして、ベースラインモデルによって最もよく説明された参加者を除外した
  - 参加者が典型モデルまたは線形モデルにどの程度依存しているかを調べるためにテストフェーズ中の参加者の判断に0から1の方略重みづけがされました

- ✓ 重みは典型モデルか線形モデルのどちらに依存しているかの予測子となる.
  - ✓ 重みづけが0.5以上であれば典型モデル, 0.5以下であれば線形モデルに頼っている
  - 認知負荷はこの方略重みづけに影響を与えました( $F(2, 67) = 6.98, \eta^2 = .17, p = .005$ )
  - 認知負荷低群( $M = .70, SE = .07$ )や認知負荷なし群( $M = .52, SE = .07$ )と比べて高認知負荷は方略重みづけが高くなった( $M = .86, SE = .04$ )
  - Figure.1に戦略の使用に認知負荷が与える影響を図示した.
    - ✓ 統制条件(負荷なし)では参加者の使用方略はちょうど半分程度だった.
    - ✓ しかし, 認知負荷の下では典型モデルが最も参加者の判断を説明した.
  - 認知負荷だけでなくWMCも方略選択に影響を与える可能性があるため, 認知負荷を共変量としてWMCに対する戦略的重みづけを回帰させた.
    - ⇒認知負荷を超えた効果は見られなかった( $b = 0.001, SE = 0.002, t(67) = 0.54, p = .592$ .)
- まとめ 認知負荷は, ルールベース方略よりも, 類似性方略を用いさせることが明らかになった.

#### ➤ 判断の正確さと認知負荷

戦略の変更は認知負荷の下での判断の正確さを予測できるか?

- Figure.1の下のグラフはテストフェーズにおけるテスト項目の判断の正確さを表す.
  - ⇒典型モデルのほうが線形モデルに比べて正確な判断をしている(縦軸はRSMDなので小さいほうがより正確)
- 認知負荷が方略の変更を介して, パフォーマンスを予測するならば方略重みづけは認知負荷の判断方略への影響を仲介するはずである.
- 認知負荷を独立変数, 方略重みづけを媒介変数, テスト項目のパフォーマンス従属変数として検証  
認知負荷と判断の正確さに回帰
  - この回帰によって, 認知負荷の増加が判断の正確さを高めることが明らかになった( $b = -2.39, SE = 0.78, t(68) = 3.08, p = .003, R^2 = .12$ .)
  - 方略重みづけを含む階層的回帰を行ったところ, 認知負荷は判断の正確さを予測しなくなった( $b = -0.95, SE = 0.75, t(67) = 1.27, p = .209$ .)
  - そして, 方略重みづけが判断の正確さを予測した( $b = -8.35, SE = 1.79, t(67) = 4.65, p < .001, R^2 = .34$ .)
  - 間接効果の検定によって, 方略重みづけが判断に対する認知負荷の効果の間に媒介することが示された( $b = -1.44, SE = 0.49, Sobel's Z = 2.96, p = .003$ .)



**Fig. 1.** Judgment strategies in the nonlinear judgment task in Study 1. The pie charts show the percentage of participants in each of the three cognitive-load conditions who were best described by the baseline, the linear, or the exemplar model. The graph shows judgment accuracy, measured in root-mean-square deviations (RMSDs) from the correct response, for validation items in the test phase as a function of model type and cognitive-load condition. Error bars represent  $\pm 1 SE$ .

## 実験2 線形判断課題への拡張

線形判断課題におけるパフォーマンスについては認知負荷はどのような影響を及ぼすのか？

線形判断課題…ルールベース方略でパフォーマンスが良くなる課題

- 認知負荷が類似性ベース方略を促進し、ルールベース方略の使用を減らすのであれば、パフォーマンスは低下すると考えられる。

### 方略の変更とフィードバック

- 方略の変更は労力の大きさだけでなく、課題から受けるフィードバックによっても生じる。
- フィードバックは成功した方略を促進させる
  - ⇒非線形判断課題ではフィードバックと認知負荷が類似性方略の移行を促進した可能性がある
  - ⇒線形判断課題では、フィードバックはルールベース方略を促進するように動く
- …線形判断課題ではルールベース方略を使用するように動機づけられるが、その効果は認知負荷によって軽減されると考えられる。
- 実験2では線形判断課題における認知負荷の効果を2つの条件で(高認知負荷vs認知負荷なし)検討しました

### 方法

- 参加者は60名(35人女性, 25人男性)
- 参加者はランダムに高認知負荷条件と認知負荷なし条件に分類された
- 実験デザインと材料は実験1と同じものを使用した。ただし、ソニックの捕まえるゴブリンの数は4つの数値から予測できるようになっていた。
- 推定値(ゴブリンの数)は4つの手掛かりから線形的に求められた
- 課題はトレーニングフェイズとテストフェイズからなっていた
- トレーニングフェイズでは10施行が1ブロックとして行われ、成績が基準値を超えるまで学習した
- テストフェイズは10個のトレーニング項目と、6つのテスト項目を行った。

### 結果

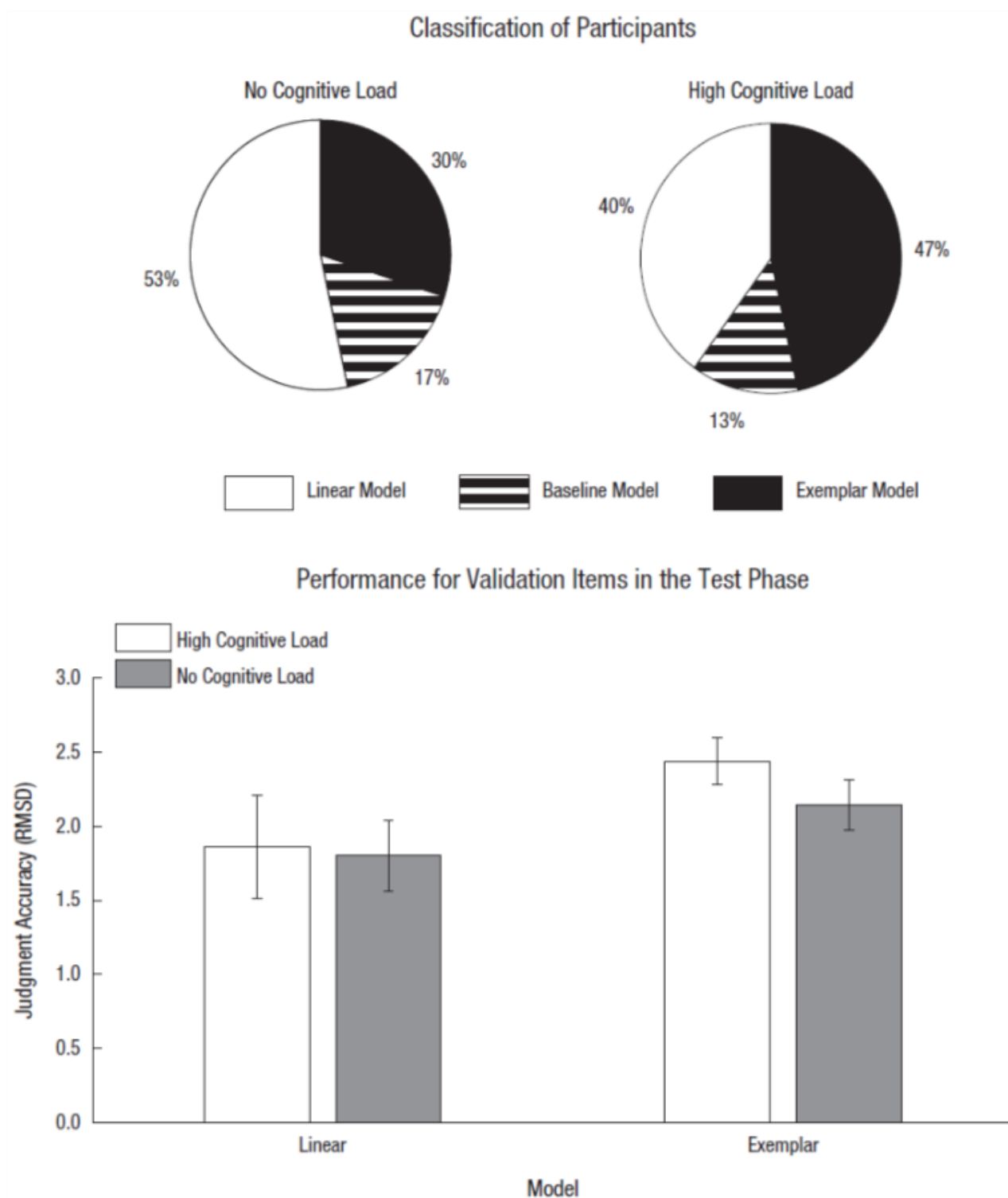
- 類似性に基づく方略に変更したかを検討するために、実験1と同じ方法を使用した。
- 参加者の判断をモデル化し、ベースラインモデルに一致した参加者を除外した。
- 次に、参加者がどの程度類似性方略に依存しているか調べるために方略重みづけを算出した
- **Figure.2**の上のグラフは、認知負荷の下での典型モデル判断方略の増加を示している
- t検定の結果、2群間の方略重みづけに有意傾向の差があった( $t(49) = 1.91, d = 0.54, p = .061$ .)
- 認知負荷はパフォーマンスに影響を与えなかった( $t(58) = 0.68, p = .50$ .)
  - 高認知負荷 :  $M = 2.32 \text{ RMSD}, SD = 0.97$
  - 負荷なし条件 :  $M = 2.15 \text{ RMSD}, SD = 0.93$
- しかし回帰分析の結果、高い方略重みづけはテスト項目における低いパフォーマンスを御予測した( $b = -0.873, SE = 0.319, t(49) = 2.735, p = .009, R^2 = .13$ .)
  - ⇒類似性判断は線形判断課題においては成績を減衰させる効果を持つ(**Fig2** 下パネル)

### まとめ

- 認知負荷の増加は線形判断課題においても類似性ベースの方略への移行を促す。
- 類似性ベースの判断が害になるような場面でも生じた



- しかし、この認知負荷による類似性ベースの判断への移行は、高認知負荷におけるパフォーマンスを低下させるほど顕著ではなかった。



**Fig. 2.** Judgment strategies in the linear judgment task in Study 2. The pie charts show the percentage of participants in the two cognitive-load conditions who were best described by the baseline, the linear, or the exemplar model. The graph shows judgment accuracy, measured in root-mean-square deviations (RMSDs) from the correct response, for validation items in the test phase as a function of model type and cognitive-load condition. Error bars represent  $\pm 1 SE$ .

## 考察

- 日常生活では、並行して作業を行うことによって時間を得ることは魅力的  
⇒こうした”注意散漫”は多くの場合パフォーマンスの低下を伴う
- しかし本研究では、これが一概に言えることではないことを示した
  - ✓ 非線形課題における認知負荷の下でのパフォーマンスの増加(実験1)
  - ✓ 認知負荷がパフォーマンスを向上させる研究と一致(Beilock & DeCaro, 2007; Filoteo et al., 2010; Markman et al., 2006)
- 本研究は、参加者が使用する認知方略をモデル化し、これらの戦略を判断パフォーマンスと結びつけることにより、これらの知見を拡張した。
  - ⇒非線形判断課題では認知負荷がパフォーマンスを向上させ、
  - ⇒パフォーマンスの増加が、ルールベース方略から類似性方略への移行によって説明された。
- 厳密ではない方略への切り替えはいつでも判断パフォーマンスの増加につながるわけではない  
⇒線形判断課題においては、方略の移行に伴うパフォーマンスの向上は見られなかった。  
⇒認知負荷下で使用する戦略が課題に適合しない場合、パフォーマンスは低下する可能性があることを示した
- 認知負荷下の参加者はそうでない参加者に比べ、類似性方略への移行が多く見られた
  - ✓ ルールベース方略は類似性ベース方略に比べて作動記憶の制限の影響を受けやすい
  - ✓ 本課題では認知負荷の下で戦略を変化させる程度に線形判断課題と非線形判断課題の間に差があった。
  - ⇒パフォーマンスのフィードバックが参加者のルールベース方略の使用を強化した
- また方略の変更は認知負荷の種類によっても影響をうける  
例：視覚性の認知負荷は、類似性に基づく分類の学習を減少させる(Miles & Minda, 2011).  
⇒視覚性認知負荷では違う効果がみられる？
- 報酬による方略変更に対する影響  
損失回避⇒不確実な方略(類似性ベース方略)の敬遠

## まとめ

- 認知負荷の下では、ルールベース判断方略より、類似性ベース判断方略に頻繁に依存していた。
- 類似性に基づく戦略への戦略変更は、非線形判断課題で有用であったが、線形判断課題でパフォーマンスに悪影響を及ぼした。
- 人々が頼りにしている認知戦略を認識することは、彼らがどのように問題を解決するかを理解するための鍵であり、問題をどのように解決しているかを予測するのに役立つ