

Priming, analogy, and awareness in complex reasoning

CHRISTIAN D. SCHUNN and KEVIN DUNBAR

Memory & Cognition, 1996, 24 (3), 271–284

推論や問題解決などの高次認知についての研究は多く行われてきた

- 高度の構造化された知識の使われ方や，これら知識の生成・検索・使用に焦点
(e.g., Gentner, 1989; Holland, Holyoak, Nisbett, & Thagard, 1986; Newell & Simon, 1972)
- しかし低水準の機能（プライミング，記憶の活性化，注意）にはあまり注目されてこなかった

低水準認知処理

- 活性化拡散など，高次認知処理の礎となるものを組み込んだモデルもある
(e.g., spreading activation; Anderson, 1982, 1993; Holyoak & Thagard, 1989)
- 本研究では低水準認知処理と高次推論の繋がりについて探求する
 - 概念プライミングを用いて，後の問題解決に与える影響を検討

（先行研究）

- どれぐらい昔の知識が，新しい問題解決に適用できるかという研究
 - 類推として，高次認知の領域で過去 15 年以上，研究されてきた
 - * source がどのように新しい領域の問題 (target) に影響を与えるか
- 類推の 2 つのフェーズ (Gentner & Forbus, 1991; Ross, 1989a)
 - access phase
 - * source と類似/抽象的な概念が，選択/access される
 - * 現在の問題と類似した特徴/ゴールを持つ source が記憶から検索される
(e.g., Gentner & Forbus, 1991; Gick & Holyoak, 1980; Holyoak & Koh, 1987; Ross, 1984, 1989a)
 - use phase
 - * 抽出した類似点/抽象的な概念が適用される
 - ・ ゴールや根底にある構造 (Holyoak, 1985; Holyoak & Thagard, 1989)
 - ・ 全体的な構造的関連 Gentner (1983, 1989)
- 様々な computational model が提案された
(e.g., Gentner, 1989; Gentner & Forbus, 1991; Halford, 1992; Holyoak & Thagard, 1989)
 - しかし，2 つの欠点がある
 1. 利用可能な類推が存在しても，問題解決者は頻繁に類推を利用することに失敗する
 2. より多くの作業領域，オペレーションが高価な点から，computational model は高価である

- 近年の研究により，類推の特徴が明らかになってきた
 - － source と target 間に明確な関連があるときのみ類推が用いられる
 - － source と target 間に以下の関連が 1 つ以上必要
(e.g., Catrambone & Holyoak, 1989; Gentner, 1989; Holyoak & Koh, 1987; Ross, 1989a; Wharton et al., 1994)
 - * 表層的な類似性
 - * 類似したゴール
 - * 関連システムの同一性（問題構造の同一性）
 - － このように類推は限定的であるが，人々はよく用いている
- このような問題を解決するために …
 - － ソースの類似性のアクセスを，explicit と implicit で分けて考える
 - * explicit
 - ・ 問題解決者¹が積極的に過去の問題解決の体験を検索
 - * implicit
 - ・ 問題解決者が概念や類似性が利用できるメカニズムに気づいていない
 - ・ しばしば自動処理
 - － source の知識が，複雑な問題解決でも利用可能であることを示唆する
 - * 本研究では，問題解決者が explicit に source の情報にアクセスできない状況でも，類推が implicit なプロセスとして働いていることを検証する

プライミングについて

- implicit なプロセスとして，推論に影響を与え，転移させるものはプライミングだろう
- プライミングについての先行研究
 - － item をより利用可能にし，早い反応速度が得られる
(e.g., Graf, Shimamura, & Squire, 1985; Neely, 1979; Tulving & Schacter, 1990)
 - － item の閾値 (threshold) を下げる
(Anderson, 1983, 1993; Neely, 1977; Roediger & McDermott, 1993)
- 著者らは概念プライミングに焦点をあてる
 - － 知覚プライミングほど研究されていない
 - － しかし，多くの領域で示されている
 - * political reasoning (Young, Thomsen, Borgida, Sullivan, & Aldrich, 1991)
 - * アナグラム生成課題 (White, 1988)
 - * 他²

¹原論文では subjects

²列挙されているので，他は原論文を参照されたし

- さらに、概念プライミングは長時間、持続することが知られている
(Becker, Moscovitch, & Behrmann, 1994; Rappold & Hashtroudi, 1991; Srull & Wyer, 1979)

本研究について

- プライミングは、先の（類推の）欠点がない
 - 計算論的に高価でない
 - 複雑な心的な構造を必要としない
- 複雑な課題を遂行中の、高次推論プロセスにプライミングが影響を与えるか検証する
 - 類推がなされなくとも、プライミングは後続する課題のパフォーマンスに影響されると考えられる

（手法）

- 2日にわたる実験を実施
 - Day 1
 - * ウイルスの課題
 - * 抑制の概念を学ぶ
 - Day 2
 - * 遺伝子工学の課題
 - * どの遺伝子が、どのような働きをするのかについて発見する
 - * 発見すべき働きは抑制
- どちらも、シミュレーションを用いた実験的手法をとおして学習/実施

METHOD

Subjects

- 大学生 80 人
- 生物学の入門コース受講経験あり
- 遺伝子の調整・ウイルスの増殖の知識はなし

Apparatus

- コンピュータ (Macintosh II) 使用
 - 基本的に全ての task はコンピュータ上のシミュレーション（実験）として実施

Procedure

Day 1: The virus task

- 2つの phase で構成
 - introductory phase
 - * 基礎的な生物化学について教示
 - ・ ウィルスが酵素によって活性化/休眠する
 - ・ 観察方法についての手法
 - discovery phase
 - * ウィルスが休眠状態では増殖しないことを教示
 - * G, K, Q の酵素のうち, どの酵素がどのようにウィルスを制御するかを発見する
 - * 参加者が統制するのは, 酵素の種類と量
- 参加者間要因で 4 条件を設定
 1. correlated
 - 酵素 Q が多いとウィルスが活性化することを発見 (酵素 Q の量とウィルスの活動が関連)
 2. positive regulation
 - 酵素 Q がウィルスを活性化することを発見
 3. negative regulation
 - 酵素 Q がウィルスの増殖を抑制することを発見
 4. story
 - 酵素 Q がウィルスの増殖を抑制すること教えられる
 - この条件では, シミュレーション (実験) を行わない
 - * 抑制の概念ではなく, 実験手法が転移したかどうかを調べるための条件
- 実験中は verbal protocol を取得

Day 2: The genetics task

- 全条件, 同一の課題を実施 (Dumbar, 1993 の課題)
- 2つの phase で構成
 - introduction phase
 - * 分子生物学の基礎を教示
 - discovery phase
 - * 以下の状況を教示
 - ・ E. coli ³ が生存するためにはグルコースが必要

³coli は大腸菌

- ・ E. coli は乳糖を分解して，グルコースを得る
- ・ E. coli の染色体が ガラクトシダーゼを分泌し，グルコースを分解する
- * 更に，以下のことが知られていると教示
 - ・ ガラクトシダーゼを分泌する遺伝子は，乳糖があると分泌する
 - ・ 乳糖がないと分泌しない
 - ・ I, P, O の遺伝子が ガラクトシダーゼの分泌を制御している
- * 以下の課題を要求される
 - ・ I, P, O がどのように ガラクトシダーゼを制御しているか発見する
- * 統制できるものは以下のとおり
 - ・ 遺伝子上の I, P, O のうち 1 つを変更可能 (mutation)
 - ・ 2 つの染色体を持った状態にすることができる

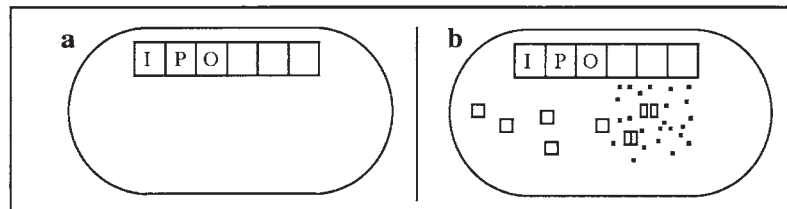


Figure 2. The computer interface used in the genetics task. (a) *E. coli* with controller and producer genes. (b) *E. coli* breaking down lactose with beta-gal.

- * 正解
 - ・ I, O の遺伝子が ガラクトシダーゼの分泌を抑制する
 - ・ I は同一の染色体に存在する必要がある
 - ・ O は制限なし

- シミュレーション実験の例も提示 (ABC example)
- 実験中は verbal protocol を取得

Postgenetics task questionnaire

- 昨日と今日の実験で関連があると思ったか，類似点は，助けとなったかを質問

RESULTS AND DISCUSSIONS

Virus Task Results

正答者

- correlated, 20(100%): positive, 18(90%): negative, 19(95%) が正答
- 正答者のみを genetics task の分析対象とする

概念について

- positive, negative 条件の verbal protocol を分析
 - ほとんどの参加者が重要な（確証を得る）実験前に該当概念について言及
 - * negative: 90% (immediately, 80% + before crucial 10%)
 - * positive: 85% (immediately, 70% + before crucial 15%)
 - 該当概念を virus task で獲得したわけではなく、事前に獲得していたと判断

Genetics Task Results

1. Overall performance on the genetics task.

- 最終的に，P = no rule, I = O = inhibitor と回答したものを正答とみなす (Figure 3)
 - negative, story > correlated, positive, $\chi^2(1) = 3.6, p < .05$
 - Dunbar (1993) と比較しても，negative, story は促進的に働き，他は効果がないといえる

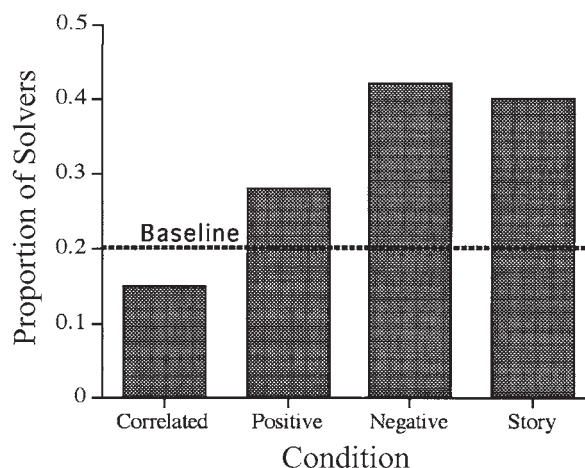


Figure 3. The proportion of solvers in each condition, with the expected baseline solution rate from Dunbar (1993).

- (Genetics task の正誤に関わらず) 参加者の最終回答を分析 (Figure 4)
 - 条件ごとに，P, I, O 酵素の働きを分類
 - 条件間の有意差あり, $F(3, 73) = 3.3, p < .03$
 - * Post hoc analyses で，negative, story がより抑制の仮説であったことが示された Scheffe $F(3, 73) = 8.4, p < .05$
 - * 活性化の仮説については有意差なし, $F(3, 73) < 1, p > .7$

2. Evidence of procedural transfer.

- virus task での条件間の違いによって，特定のシミュレーション実験手法が転移したか確認

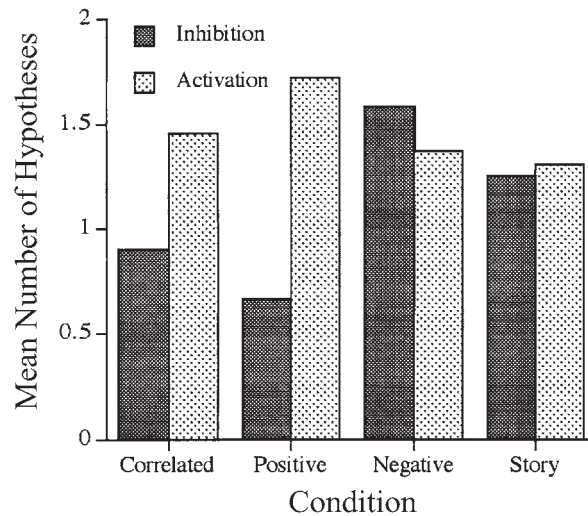


Figure 4. Mean number of inhibition and activation hypotheses in each condition.

- genetics task のシミュレーション実験手法に偏りが無いことを検証⁴
 - 条件ごとに行われたシミュレーション実験数に違いは認められず, $F(3, 37) = 1.3, p > .25$
 - genetics task の所要時間に違いは認められず, $F(3, 37) = 1.8, p > .15$
 - 単位シミュレーション実験の所要時間に違いは認められず, $F(3, 37) < 1$
 - 更に, 特定の重要なシミュレーション実験について分析したが, 条件間で違いは認められず
3. References to the virus problem in the verbal protocols.
- verbal protocol で得られた発話を以下 3 つのカテゴリに分類
 1. 例 (ABC example) に言及
 2. virus task に言及
 3. 他の知識に言及
 - 条件ごとの発話度数 (Table 2)
 - negative, story では virus task についての言及がなかった
 - 顕在的にソースを mapping した訳ではない

Table 2
References to Other Sources of Knowledge in the Verbal Protocols of Subjects in the Genetics Task for Each Condition

Mentioned Object	Correlated	Positive	Negative	Story
ABC	0	2	4	3
Virus	0	2	0	0
Other	2	1	2	1

⁴手法の転移があれば, 特定の手法が多く/長く用いられるだろうと考えに基づくと考えられる

4. Postgenetics task questions.

- A. “During the experiment did you at any time think of yesterday’s experiment?”
 - correlated:35%, positive:41%, negative:57%, story:20% が考えたと回答
 - 有意差なし, $\chi^2(3) = 5.1, p > .15$
- B. “Do you see any similarities between yesterday’s and today’s experiments and what are they?”
 - negative 以外を分析対象⁵
 - 回答を以下のカテゴリに分類 (Table 3)
 - * methods
 - * goals for experiments
 - * mechanism
 - * elements
 - * none (類似性なし)

Table 3
Numbers of Kinds of Responses in Each Condition
to the Question, “Do You See Any Similarities
Between Yesterday’s and Today’s Experiments?”

	Correlated	Positive	Story
Methods	8	8	3
Goal	7	1	1
Mechanism	0	0	2
Elements	4	4	9
None	3	5	8

- C. “Do you think that yesterday’s experiment helped you in any way?”
 - 全体で 37% が助けとなったと回答
 - * 有意差なし, $\chi^2(3) = 3.1, p > .3$

5. Point at which subjects propose inhibition.

- verbal protocol から , はじめに抑制について言及した (時系列的な) 位置をカテゴリ化 (Table 4)
 - immediate : はじめて抑制がわかるシミュレーション実験をする前
 - later(noimmediate) : immediate 以降

Table 4
When Subjects First Mention Inhibition in Each Condition

Timepoint	Correlated	Positive	Negative	Story
Immediate	6	7	10	12
Nonimmediate	14	11	9	8

- negative, story の方が , 他より早く抑制に言及⁶, $\chi^2(1) = 3.8, p < .05$

⁵理由は不明

⁶inhibitory = {negative, story}, other = {correlated, positive} として分析している模様

GENERAL DISCUSSION

- 本研究では以下のことを示した
 - － 参加者の気づきを伴わなくとも，他の課題が別の課題を解決する助けとなる⁷
 - * 顕在的なソースへの mapping（類推）が行われなくても問題解決を促進
 - * 概念プライミングが複雑な課題でも認められた
 - * プライミングは，高次認知に影響を与える
- verbal protocol の有用性
 - － 他の研究では事後のアンケートやインタビューが用いられている
 - － しかし，verbal protocol の取得は，on-line に作業記憶の内容を反映する
 - － 事後に（課題遂行中を）思い返すのは，想起に失敗することも考えられるため，verbal protocol の取得は有効である
- なぜ，参加者は顕在的な類推を行えなかったのか
 - － 本研究では課題間の表層的類似性が低かったためだろう
- プライミングは問題解決に重要な可能性を秘めている
 - － 特に，顕在的な類推が起こらないときに重要なメカニズムである

⁷本研究では verbal protocol に重点を置いている