

Automatic activation of categorical and abstract analogical relations in analogical reasoning

ADAM E. GREEN, JONATHAN A. FUGELSANG, and KEVIN N. DUNBAR

Memory & Cognition, 2006 34(7), 1414–1421

類推は人の知的活動の重要な構成要素であると考えられてきた (Sternberg, 1977)

- 帰納的推論 (Holyoak & Thagard, 1997)
- 日々の会話 (Blanchette & Dunbar, 2002)
- 新しいアイデア生成や、環境に対する理解・学習 (Dunbar & Blanchette, 2001; Holyoak, 2005)

mapping

- 例：“a hand is to a glove as a foot is to a sock”
- ある item や状況の抽象的な構造と、他の item や状況の抽象的な構造を結合すること
- 2つの elements の (抽象的) 構造を、1対1の配置とすること
(Gick & Holyoak, 1980; Markman & Gentner, 2000)
 - hand:foot, glove:sock

本研究の目的

- カテゴリ化の役割について検討
 - analogical mapping についての、(1対1の) 配置のメカニズム
- 類推的關係の心的表象が、類推を行う構成要素と区別する (同一でない) ことを示す¹

Categorization in Analogical Reasoning

類推的思考についての、重要な疑問

- analogical mapping における、カテゴリ化の重要性
 - 類推において、カテゴリ化が重要であると指摘
(Bowdle & Gentner, 2005; Gentner & Markman, 1997; Hesse, 1966; Holyoak & Thagard, 1997; Sternberg, 1977)
 - 多くの類推研究で、カテゴリ化は結果として用いられる (e.g., Gentner & Markman, 1997)

¹item/element そのものが、心的表象の対象でないことを示す？

- 非競合仮説 (的なもの)
 - カテゴリ化は、抽象的な elements 構造を 1 対 1 の関係に配置し (align) , analogical mapping が起こる
 - * (Green, Fugelsang, Kraemer, Shamosh, & Dunbar, 2006)
 - * “mapped elements . . . are typically similar but not identical” (Gick & Holyoak, 1983)
 - ・しかし、これらはまだ実験的に検証されていない

(本研究で用いる刺激)

- four-word analogies
 - 例：hand:glove+foot:sock (他の例として Figure 2)
 - 単語間の関連性について
 - * 形式的意味関連²: 例) hand wears glove; foot wears sock
 - * 類推 (analogy) : 例) hand is to glove as foot is to sock
- (類推とカテゴリ化)
 - 類推を起こさない例
 - * copier:document+rowboat:pier
 - * 各単語ペアに 1 対 1 の構造的配置がない
 - 類推を起こす例
 - * hand:glove+foot:sock
 - * 各単語ペアに 1 対 1 の構造的配置がある³
- (繰り返しになるが) 本研究の目的
 - カテゴリ化と類推に関連について検討する
 - * 1 対 1 の配置が analogical mapping に重要である
 - * 各要素がそれぞれ、共通のカテゴリに属している必要がある

Priming of Analogical Relations

- 典型的なプライミングの効果は、類推的関連性がある課題のパフォーマンスを向上
 - 類推的関連のある単語の方が、関連のない単語よりプライム効果あり (Spellman, Holyoak, & Morrison, 2001)
 - テキスト処理中の概念プライミング効果 (Blanchette & Dunbar, 2002)

²conventionalized semantic relation

³1 つのペアで構造を表現している

The Approach of the Present Investigation

古典的なストループ課題を使用

- 呈示刺激（単語）の文字色を口頭で報告
- 活性化された概念の単語を読みやすくする
 - より強くプライムされると，反応時間 (RTs) が遅くなる

本研究で扱うこと

- four-word task をカテゴリ化課題と類推課題として使用⁴
 - analogical mapping がカテゴリ化を必要とするなら，どちらの課題でも活性化されるはず
 - 抽象的な類似性の心的表象が，構成要素と同じなら，どちらの課題でも違いはなく，類推課題でのみプライムされたなら，構成要素と心的表象が同じではないことを示す

METHOD

Subjects

- 大学生 36 人，謝礼は講義のボーナス点

Materials

- 1 試行（参考例 Figure 1）
 1. four-word task を 1 問実施
 2. ストループ課題を 1 問実施

True Trials		False Trials					
Critical Trials	Unrelated Trials						
Can + Soda	Bottle + Beer	Puppy + Dog	Foal + Horse	Clerk + Store	Car + Motor	Ear + Earring	Nose + Tissue
Beverage (red)	Measure (yellow)	Bone (blue)	Think (green)				

Figure 1. Example stimuli. The parenthetical color names below the words in the bottom row of the figure represent the four colors in which colored words were presented. These parenthetical color names did not appear in the actual stimuli.

⁴ 教示により操作，参加者間要因

- four-word task
 - true trial と false trial の 2 種類
 - true trial を例とした課題内関連 (Figure 2)
 - * 形式的意味関連：conventionalized semantic relation
 - * カテゴリ的関連：categorical relation

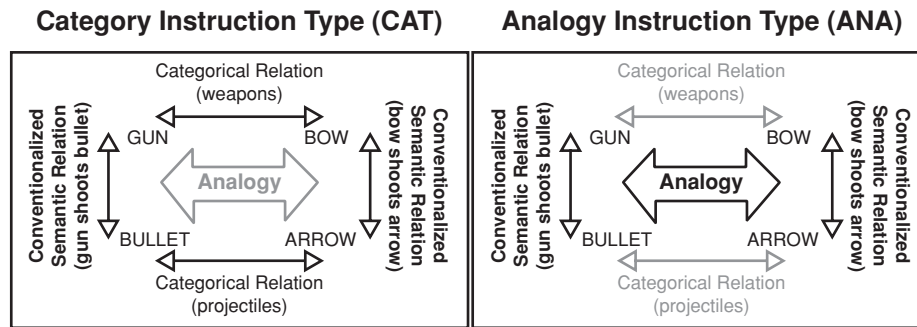


Figure 2. Relations involved in four-word stimuli in both instruction types. Stimuli in the CAT instruction type involved two conventionalized semantic relations and two categorical relations and constituted an overall analogical relation. However, the subjects were not explicitly instructed to evaluate the analogical relation constituted by the four terms. Stimuli in the ANA instruction type involved two conventionalized semantic relations and two categorical relations and constituted an overall analogical relation (gun is to bullet as bow is to arrow). However, the subjects were not explicitly instructed to evaluate the categorical relations.

- true/false trial 定義⁵
 - * true trial
 - ・ 2 つの形式的意味関連と、2 つのカテゴリ的関連
 - * false trial
 - ・ 1 つのカテゴリ的関連 or カテゴリ的関連なし (50%ずつ)
 - ・ 2 つの形式的意味関連 or 1 つの形式的意味関連 or 形式的意味関連なし (50%, 25%, 25%)
- ストループ課題
 - true trial のうち、50% で以下いずれかの関連単語 (critical trial)
 - * カテゴリ的意味関連のうち 1 つ
 - * 類推的関連
 - true trial の残り と false trial では無関連の単語 (unrelated trial)

Procedure

- 教示 (2 種類：ANAlogy instruction type/CATegoly instruction type)
 - 左右のそれぞれの単語ペアについて形式的意味関連があるか判定を要求
 - * true or false で回答

⁵他の大学生 (27 人) によるチェックあり、90% 以上の同意

- true 判定の場合，以下の判定を要求
 - * ANA 条件：4 つの単語で analogy を構成するか否か
 - * CAT 条件：(上下 2 つで) 2 つのカテゴリ的な分類が可能か否か
- 順序と従属変数
 - four-word task 直後にストループ課題
 - ストループ課題の RT が従属変数

Design and Apparatus

- 要因計画
 - 2 × 3 の混合計画
 - * 教示 (参加者間)
 - ・ CAT vs. ANA (両条件で four-word task は同一)
 - * 参照タイプ - same/other/unrelated (参加者内)
 - ・ same：呈示単語が教示と一致した内容
 - ・ other：same と排他関係
 - ・ unrelated：無関係⁶
- 装置
 - 課題はコンピュータ (iMac) 上で，PsyScope 2.5.1 を用いて実施

RESULTS

- 分析対象外データ
 - RT が 100ms 以下，2000ms 以上のデータ (2.4%) を除外
- 分散分析 (Figure 3)
 - 参照タイプの主効果あり， $F(2, 33) = 19.00, MS_e = 6, 059.28, p < .001, \eta^2 = .35$
 - 教示の主効果なし， $F(1, 33) = 2.32, MS_e = 35, 843.85, p = .137, \eta^2 = .064$
 - 交互作用あり， $F(2, 33) = 3.17, MS_e = 6, 059.28, p < .05$
 - * ANA-other は ANA-unrelated よりも遅い， $t(17) = 2.68, SE = 20.39, p < .05$
 - * CAT-same は CAT-unrelated よりも遅い， $t(17) = 2.945, SE = 20.29, p < .01$
 - ・ これらは，類推的関連のプライミングが起こったことを示している
 - * ANA-other と CAT-same が同程度 ($t < 1$) のプライム効果
 - * ANA-same は CAT-other よりも遅く， $t(34) = 3.969, SE = 31.90, p < .001$
 - CAT-other は CAT-unrelated と同程度， $t < 1$
 - ・ これら 2 つの違いは教示のみで，four-word task は同一であり，類推的関連のプライム効果のみが示されたといえる

⁶true trial のみか，false trial も含むかは不明．文脈から推定するに，true trial のみか？(2 つ目の判定が true trial のみのため)

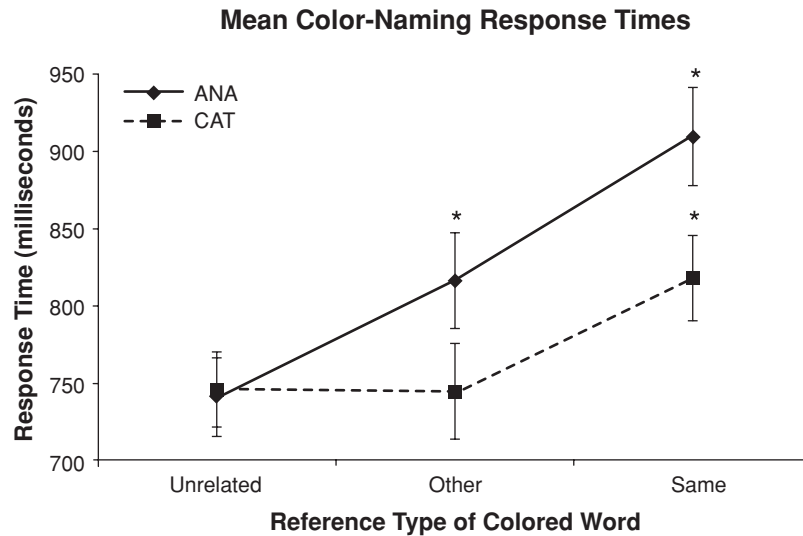


Figure 3. Mean response times (in milliseconds) for critical trials. Asterisks denote mean response times that were significantly slower than those for unrelated trials in the same instruction type, indicating that priming occurred. Error bars represent the standard error of the mean.

DISCUSSION

- カテゴリ概念が類推的推論の基本的なものであることを示した
- カテゴリ概念が自動処理 (automatically) であることも示した
 - ANA 条件では明示的にカテゴリ化を行うように教示していない
 - さらに ANA-other と CAT-same が同定のプライム効果であった
- 抽象的な類似性の表象と、特定の構成要素によって行われる類推と異なる⁷
 - ANA-same と CAT-other のプライム効果の差が根拠
 - これらの条件は同一の刺激を用いている
- Spellman らの研究 (2001) と矛盾しない
 - analogical priming が自発的な処理 (spontaneous) ではない
 - 本研究でも CAT 条件で抽象的な類似性に対するプライム効果は (ANA 条件と同等程度には) 認められなかった

Cognitive Processes of Analogy

- four-word analogy task の ANA 条件プロセス遷移 (分解:decomposition) 図 (Figure 4)
 1. 個々の単語の意味を検索し、各単語ペアの形式的意味関係を取り出す

⁷類似性の心的表象と、類推を起こす特定要素が異なる

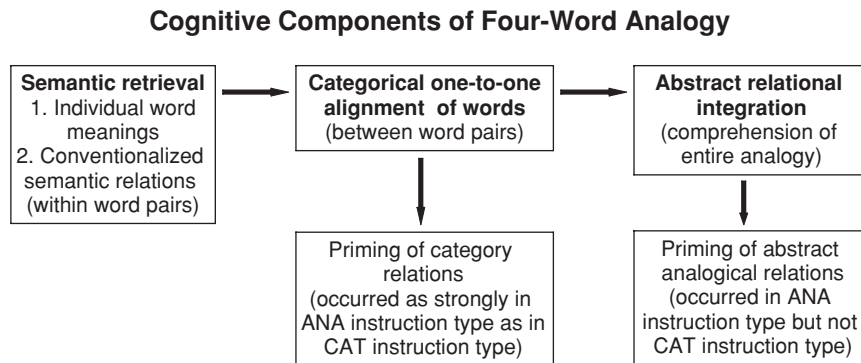


Figure 4. Componential sketch of the hypothesized cognitive processes involved in the analogy task (ANA instruction type).

2. 形式的意味関係を理解する過程で、各ペアの関係内における個々の単語の役割を理解する必要がある
3. 上記を理解すると、それらを1対1に配置することで、analogical mappingの補足とする
 - 著者らは、この配置プロセスがカテゴリ化に基づくものと仮定している
4. すべての構成要素が1つに統合されたとき、analogical mappingは完成する

Theoretical Implications

- 内的妥当性への懸念
 - たとえば、gun:bullet+bow:arrowは、 $\text{weapon}=\{\text{gun}, \text{bow}\}$ 、 $\text{projectile}=\{\text{bullet}, \text{bow}\}$ とカテゴリ化されると考えている
 - しかし、projectileもweaponの1つと考えることもできる
 - * いずれにせよ、ANA-otherでプライム効果が認められたのは、類推中に何らかのカテゴリ化が行われたためであると考えられる。
- 今後の展望
 - 本研究で用いた類推は、within-domainなものである
 - 今後は、cross-domainの類推でも検証していく必要がある
- まとめ
 - 先行研究では、構成要素の(1対1)配置がanalogical mappingに重要であることは示されてきた
 - 本研究はこれを実証し、先行研究(のモデル)を拡張したものである
 - analogical mappingがカテゴリ化をとおして行われるという仮説を導いている

APPENDIX
Stimuli for Critical Trials

Four-Word Set	Colored Word Referring to Categorical Relation	Colored Word Referring to Analogical Relation
Soda:Can + Beer:Bottle	Beverage	Contain
Driver:Taxi + Chauffeur:Limousine	Automobile	Drive
Mechanic:Wrench + Carpenter:Hammer	Worker	Use
Novel:Novelist + Poem:Poet	Literature	Write
Cub: Bear + Kitten: Cat	Baby	Become
Gun:Bullet + Bow:Arrow	Weapon	Shoot
Marinara:Spaghetti + Alfredo:Fettuccini	Sauce	Cover
Vine:Grape + Tree:Orange	Fruit	Grow
Oven:Casserole + Stove:Soup	Food	Cook
Song:Stereo + Movie:VCR	Device	Play
Waiter:Customer + Teller:Client	Employee	Serve
Axe:Trunk + Saw:Branch	Tool	Cut
Pitcher:Baseball + Quarterback:Football	Athlete	Throw
Fish:Caviar + Bird:Egg	Animal	Lay
Painter:Portrait + Sculptor:Sculpture	Artist	Create
Tuxedo:Groom + Gown:Bride	Clothing	Wear

(Manuscript received December 22, 2004;
revision accepted for publication June 30, 2005.)