

Below the Surface:  
Analogical Similarity and Retrieval Competition in Reminding  
C. M. Wharton, K. J. Holyoak, P. E. Downing, T. E. Lange, T. D. Wickens, and E. R. Melz  
*Cognitive Psychology*, 1994, **26**, 64-101.

はじめに：論文の紹介

われわれは新しい状況に直面したとき、その領域の知識だけではなく、領域外の関連する知識を柔軟に利用することができる。後者のメカニズムは、直面している事柄(ターゲット)と以前に経験した事柄(ソースまたはベース)の間の類似性を基盤としてはたらいっていると考えられる。このメカニズムは類推(analogy)とよばれている。類推は、80年代以降の認知心理学において非常に盛んに研究が行われてきたトピックである。

一般に、類推には次の5つの下位過程が含まれていると考えられている(鈴木宏昭『類似と思考』1996)。

類推研究の多くは、ベースの検索と写像(マッピング)の過程を対象としている。今回とりあげるWhartonらの論文は、ベースの検索に関する研究である。

多くの論者が、類推はベースからターゲットへの構造的な写像に基づく、と論じている。その一方で、ベースの検索に関する実験的研究では、むしろベースとターゲットの表層的な類似性の役割が強調される場合が多く、構造的な類似性の影響については否定的な見解が多かった。これに対しWhartonらの研究は、競合デザインと呼ばれるとてもこみいった方法を用いて、ベースの検索における構造的な要因の影響を示したものである。鈴木(前掲書)は彼らの研究について「類推の研究を行なっている人たちが見つけようとしていたものをついにみつけたということになるのだろう」と評している。

なお、論文中に登場するARCSモデルは、ThagardとHolyoakら(Thagard et al. 1990AI)によって提案された、ベース検索についてのシミュレーション・モデルであり、コネクショニスト・ネットワークによってコンピュータ上で実現されている。説明は大幅に省略しましたので、詳しくはテキスト(鈴木「説明と類推による学習」、波多野(編)『認知心理学 5 学習と発達』6章, 1996)をご覧ください。

それではお楽しみください...

類推的想起(analogical reminding)は学習において重要な役割を果たしていると考えられている。本論文の目的は、記憶のなかのエピソードにアクセスする際に類推的類似性が果たしている役割について検討することである。

## 1 異なる抽象化レベルにおける類似性

類推的類似性を成立させているのは、ソースとターゲットの間の構造的-consistency (structural consistency) である。構造的-consistencyとは、表象に含まれるそれぞれの要素によって定義されるものではなくて、要素間の関係によって定義されるものである。

構造的-consistencyは、状況と状況のあいだの抽象的類似性を同定するための基盤になる。ここで、類似性の抽象性の3つのレベルを区別しておく：

レベル1: 要素の類似性 個々の要素間の、属性の重複による類似性。

レベル2: 関係の類似性 要素の関係の間の類似性。(例: 「パリはニースよりも大きい」- 「オークはヤナギよりも大きい」)

レベル3: システムの類似性 2階の関係類似性。すなわち、要素の関係のあいだの関係の類似性。(例: 「きつねがブドウをたべようとしたが、届かなかったので、あのブドウはすっぱいにちがいないと友達にいいました」- 「ハリーは主任になりたかったのに不合格だったので、あの仕事はたいくつだろうと妻にいった」。要素間の関係のあいだの因果関係が対応している。)

関係の類似性とシステムの類似性はともに構造的-consistencyに依存している。以下では類推的類似性ということばを、この両方を含んだものとして用いる。

## 2 アナロジ的類似性と記憶アクセスの諸理論

構造的-consistencyは、要素への役割の割り当て問題(binding problem)という一般的問題の解決に依存している。

- 記憶検索に関する多くの理論が、手がかりと記憶痕跡はともに特性ベクトルのかたちで表される、と考えている。こうしたベクトルは、状況にどういう特性が含まれているかを表しているだけで、特性がどのような役割を果たしているかは表していない。
  - こうしたモデルでは割り当て問題の解決方法を説明できない。
    - \* ベクトルのなかの各要素への役割の割り当てを明示的に表す特性をベクトルにつけ加える(例: 「ブドウ」と「仕事」のアプリオリな表象に「望まれていたが得られなかったので中傷されたもの」という特性をつけ加える) という考え方には、心理学的妥当性も計算論的実現性もない。
  - しかし、記憶アクセスは構造的-consistency(すなわち類推的類似性)にセンシティブでない、という考え方を採れば、割り当て問題は解消できる。
    - \* この考え方は、直観的にみて、ありそうもないことに思える。また、状況間のマッピングを明示的につくるという課題で、被験者は類推的類似性にセンシティブになることが示されている。
    - \* しかし、記憶検索の過程それ自体に構造的-consistencyが影響しているという実験結果は、これまで示されていない。

- これまでの実験研究には方法論的問題があって、構造的一致性の役割を見逃していたのかもしれない。
  - その場合には、構造化された象徴表現が重要な役割を果たすような、役割割り当てにセンシティブな検索システムを想定する必要が生じる。
  - 類推的アクセスについての計算モデルは、すでにこのような特徴を持っている。

本実験は、この2つの方向のどちらが正しいかを定めることを意図している。

### 3 アナロジ的想起についての実証的研究

- ターゲットと構造的には似ているが表層的には似ていないソースは検索されにくい、というのが、これまでの類推研究において確立している知見である (e.g., Gick&Holyoak,1980CP; Keane, 1988book; Ross,1987JEPL; Seifert et al.,1986JEPL; Spencer&Weisberg,1986M&C)。
- 問題解決に関するいくつかの研究では、現在の問題と表層的に似ているエピソードを検索する際に、構造的 consistency が影響することが示されている。
  - Ross(1989JEPL):
    - [課題] ソース例題提示後にターゲット問題を解かせる。
    - [要因] 2つの問題の全体的類似性(両方ともIBM駐車場の問題/駐車場問題と看護学校問題); 構造的 consistency (ヒトはヒトに, モノはモノに対応 / ヒトがモノに, モノがヒトに対応)
    - [結果] 全体的類似性が高いときのみ, 構造的 consistency の効果がある。
  - Holyoak&Koh(1987M&C) 同様の結果。
- Gentnerらは想起におけるシステム類似性の役割を直接的に検討する実験をおこなっている。
  - Rattermann&Gentner(1987Proc.CogSci)
    - [課題] 物語をたくさん読ませる。1週間後別の物語を読ませ、先週読んだ物語を想起させて書かせる。
    - [要因] 要素の類似性(具体的名詞で指示された概念が類似/非類似); システムの類似性(主題が類似/非類似)。関係の類似性(動詞で指示された概念の類似性)は常に高い。この4条件を彼らは以下のように呼んでいる:

		システムの類似性	
		高	低
要素の類似性	高	字義的類似性 (0.56)	見かけだけ (0.53)
	低	真の類推 (0.12)	偽の類推 (0.09)

- [結果] 想起確率を上表( )内に示す。想起に一次的に影響するのは表層的類似性である。
- 予期の失敗と説明が想起の基盤となることがあるように (Gick & McGarry,1992JEPL; Read&Cesa,1991JESP), 高次の主題的関係も想起の基礎となることがある, という研究がある (Seifert et al.,1986JEPL; Johnson&Seifert,1992JVLVB)。

このように、想起において類推的アクセスがおこるかどうかを決定する要因はなにか、という問題はまだよくわかっていない。

類推的類似性の役割が弱いという実験結果は、指標の精度の低さから生じたものかもしれない。上述のどの実験でも、手がかりと意味的に強く結びついた目標はせいぜいひとつしかなかった(以下では単棋デザイン (singleton design) と呼ぶ)。これでは、目標は手がかりと構造的に類似していようがいまいが検索されてしまうだろう<sup>1</sup>。そこで本研究では、手がかりと意味的に関連している項目が複数貯蔵

<sup>1</sup> 鈴木(前掲書)は、Gentnerらの研究の問題点を以下のようにまとめている。  
 (1) 想起に要素の類似性の影響が強いとしても、関係の類似性がはたらいいていないとはいえない。  
 (2) 課題における記憶検索が類推という文脈とは無関係におこなわれている。  
 (3) 日常的な類推では、目標はさまざまなレベルで相互に似通っていることが多い。  
 ここで Whartonらが指摘しているのは(3)の点であるといえるだろう。

されているデザイン(競合デザイン)を導入し, ARCS モデルの予測を検証する。

## 4 制約ベース検索システムにおけるアナロジ的想起

想起の ARCS モデルは, 類推的マッピングの ACME モデル(Holyoak&Thagard,1989CS) を拡張したものである。ARCS は, 類推におけるベースの検索を, 制約充足の過程としてとらえている。制約として(1)概念の直接的類似性, (2)同型性, (3)プラグマティックな中心性, の3つが想定されている。

ARCS は記号処理アプローチとコネクショニスト・アプローチを混合したモデルである<sup>2</sup>。

ARCS によれば, 次の4点が予測される。

- A. 手がかりと構造的に一致した目標は, そうでない目標に比べて検索されやすい。
- B. 記憶のなかの複数の目標が手がかりと意味的に結びついていると, 単一の目標と結びついているときにくらべて目標は検索されにくい。
- C. 手がかりと意味的に関連した目標がひとつしかないときには, 構造的-一致性が無くても検索されるが, 複数あるときには, 構造的-一致性がある目標が検索されやすい。
- D. 手がかりと似ている目標がないときには, 無関係な項目が検索されやすくなる。

## 5 実験 1A

短い文章(目標文章が含まれている)をたくさん読ませたのち, SVO 構造からなる単文(手がかり文)を読ませ, そこから想起された文章を書かせる。各手がかり文に対応する目標文章は手がかり文と語彙的に類似した文を含んでおり, (Table 1), その数と格役割構造の点で, 競合条件, 一致単棋条件, 不一致単棋条件, 無関連条件のいずれかである (Fig. 2)。

ARCS により以下のように予測される:

- (a) 一致文章は不一致文章よりも再生されやすい。
- (b) どちらの目標文章も, 競合条件より単棋条件のほうが再生されやすい。
- (c) 一致/不一致の差は競合条件で大きい。

### 5.1 方法

材料 {手がかり文, 一致目標文章, 不一致目標文章} の24セットを用意した。目標文章は目標文と周辺文(1~2文)を含む。目標文-手がかり文の一致/不一致操作の妥当性は, 別の被験者群に評定を求めて確認してある。各被験者のために目標文章冊子と手がかり文冊子を作成した。前者は12目標文章(競合条件の2対, 一致単棋2つ, 不一致単棋2つ, 手がかりと無関連な文章4つ), 後者は10手がかり文(競合条件2文, 一致単棋2文, 不一致単棋2文, 対応する目標文章がない4文)からなる。

被験者 大学生 36名。

<sup>2</sup> 詳細略。Fig. 1 参照。

手続き (1) 目標文章冊子を3度通して読み、各文章について評定。項目は{もっともらしさ, わかりやすさ, イメージしやすさ}。1度のおし読みで1項目を評定する。読み時間は1文章あたり20秒(初回は30秒)。(2) 妨害課題(論理的推論課題)を5分間。(3) 各手がかり文について、3項目について評定し、さきほどの文章のうちそこからおもいだされたものを列挙する。時間制限無し。

## 5.2 結果と考察

被験者が再生した文章に出現している単語に基づいて、各目標文・周辺文のアクセス率を計算した(Fig. 3)。

- 一致文章のほうがアクセスされやすい。( 予測(a)を支持)
- 単棋条件でのほうがアクセスされやすい。( 予測(b)を支持)
- 一致性の効果は競合条件でより大きいが、交互作用は有意でない。( 予測(c))
- 非関連文へのアクセスは、他の文と手がかり文との結びつきが弱くなると増大する(各条件で順に1,3,7,13%)。( 予測(D))

## 6 実験1B

実験1Aの追試。実験条件への材料の割り当てかたが少し異なる(詳細略)。同様の結果が得られた。

## 7 実験2

実験1における構造的-一致性の効果は、目標文章から被験者がおこなった推論に基づいていたのかもしれない。(例: 一致文章「仕事をくびになったので…」からは個人的相談に行くという推論が生じ、不一致文章「教会が問題を抱えていて…」からは経済的相談に行くという推論が生じるので、手がかり文「ラビは社長に自信を持たせた」は前者とより関連しているのかもしれない。) 実験2では目標文章から周辺文をとりのぞく。

### 7.1 方法

材料 実験1Bの材料セットから周辺文をとりのぞいた。  
被験者 大学生72名。

### 7.2 結果と考察

実験1とほぼ同様(Fig. 5参照)。構造的-一致性の効果は、競合/単棋の条件間で同程度になった。文脈がないせいで、競合条件での2目標文間の主題的違いが無くなり、競合において同程度になったせいだろう。

## 8 実験3

長い文章を用い、手がかり-目標間のシステムの類似性を変動させる。

材料セットの例を Table 2 に示す。各セットは4文章からなり、出来事のタイプは一定で(就職面接, 買い物), 2文つつ2テーマにわかれる(とらぬ狸の皮算用, 待望の就職決定)。単語に重複はなく, 人物・モノも異なる。すなわち, 構造的-一致性は要素の類似性のレベルでは常に低く, 関係の類似性のレベルでは常に中程度で, システムの類似性のレベルで変動している。

ARCSにより, ふたたび(A)(B)(C)が予測される。

### 8.1 方法

実験1Aとほぼ同じ。

材料 材料セットは12個+フィラー2個。各被験者には目標と手がかりとして7文章づつを与える。

被験者 大学生42名。

手続き 目標文章を読む際にはイメージ容易性評定を求める。読み時間は1分。手がかり文章を読む際には評定を求めない。

### 8.2 結果と考察

Fig. 6参照。予測は支持された。

## 9 ARCSによるシミュレーション

実験の結果をARCSでシミュレートし, モデルによ予測をおおざっぱに示す。

入力の例を Table3,5 に示す(パラメータの初期値など詳細は省略)。得られた解を Table4,6 に示す。値の大小の順位が実験データとほぼ一致している。

## 10 一般的考察

### 10.1 他の検索モデルへの含意

- MAC/FACモデル(Gentner&Forbus,1991Proc.CogSci)は, ARCSモデルと同様に, 記憶検索が表層的類似性と構造的整合性の両方に影響されると予測している。ターゲットとの語彙的重複を欠いた目標の検索や, 検索時競合の役割を説明することはできないが, この方向に拡張することは可能だろう。

- 構造化されていない特性ベクトルに基づく記憶検索理論や、要素の類似性によるマッピングだけに依存する類推アクセス理論では、構造的-一致性の効果を説明できない。
- 命題的知識の符号化・検索が格役割付与にセンシティブであるとする記憶理論や、格ベース推論に関する多くのAI理論は、構造的-一致性についての知見と整合的である。

## 10.2 将来の方向

- 目標提示から手がかり提示までの時間的間隔の影響について検討が必要。。
- アクセスへの構造的-要因の影響と、プラグマティックな要因(例, ゴール関連性)の関係について検討が必要。
- 想起における理解・推論過程の役割。実験1と2の結果の差は、より多くの推論を可能にする文脈が伴うと構造的-一致性の影響が強くなることを示している。このように、本実験で示された、想起における構造的-一致性の役割は、構造的-要因それ自体によるものなのか、構造的-要因によって引き起こされた推論の違いによるものなのか、明確でない。  
推論は、高階の関係(すなわち、システムの類似性)に基づく推論をモデル化する上でとりわけ重要な問題である。これはARCSモデルでは説明できない問題であり、著者らはその改良の試みとして、テキスト推論と類推的想起を統合するモデルを構築している。
- 本研究の結果は、問題解決の初期段階で複数のエピソードを検索する、格ベース推論とEBLモデルに対しても示唆的な含意を持つ。本実験では競合条件における複数対象の想起は少なかった。これは、競合条件での2対象がお互いに良い類似物になっていなかったためであろう。今後は複数想起に影響する諸要因についての検討が必要であろう。
- 本研究を含め多くの研究は、記憶検索にあたって手がかりを用いるように教示し、類推的想起を対象にしている。一方、類推的プライミングは検索しようという意識を必要としない。構造的-一致性の影響は後者でよりも前者で強いだらう。  
類推的記憶アクセスのモデルは、この両方(そしてその交互作用)を対象にしなければならないだろう。さらに、明示的教示によって与えられる文脈的・内容的手がかりの利用をメカニズムにとりいれることができるかもしれない。— もっと一般的にいえば、類推的想起は、もっと字義的な再生・再認において利用されているのと同じ記憶システム全体に依存しているのだ、ということを中心に留めておく必要がある。