

# 概念融合による創造的特徴の連想メカニズム： 意味的距離と連想順序に関する検討

## Association mechanism of creative features in conceptual blending

和田 周<sup>1†</sup>, 楠見 孝<sup>2</sup>, 地村 弘二<sup>3</sup>, 寺井 あすか<sup>1‡</sup>

Shu Wada, Takashi Kusumi, Koji Jimura, Asuka Terai

<sup>1</sup> 公立はこだて未来大学, <sup>2</sup> 京都大学, <sup>3</sup> 慶應義塾大学

Future University Hakodate, Kyoto University, Keio University

<sup>†</sup>b1014255@fun.ac.jp, <sup>‡</sup>aterai@fun.ac.jp

### 概要

本研究は創造的特徴が生成される連想過程について、心理実験・言語データ解析に基づき検討した。創造的特徴を含む連想の特性を明らかにするため、2つの単語対が表す特徴を自由に回答してもらう特徴生成課題を用いた心理実験結果に対し、回答された特徴間の“意味的距離”を言語データに基づき推定し、その距離を重みとして持つ連想ネットワークを作成することで、創造的特徴が生成される際の連想ネットワークの特性について検討した。その結果、創造的特徴は多数の特徴からなる広範な連想過程（ネットワーク）において一定程度の連想が進んだ段階で生成されることが示された。

キーワード：連想 (Association) 創造的思考 (Creative Thinking) 概念融合 (Conceptual Blending)

### 1. はじめに

本研究の目的は、新たな概念の創発が起きる思考のメカニズムの解明である。新たな概念の創発は既存の概念と概念の融合が本質的なプロセスであると示唆されている [1]。例えば、ガラスの破片“削る”とチョコレート“ポキポキ折れる”の融合により折刃カッターが創造されたといった事例が挙げられる。このような、概念の融合による創造について、田浦ら [2] は2つの基底となる概念を元にデザイナーが新たな成果物をデザインする思考過程を意味ネットワークを用いて構成的シミュレーションにより検討している。また、須藤ら [3] はコンセプト創出における概念融合をネットワークのエッジ予測問題として定式化し、コンセプト創出に共通する法則性を示した。しかし、これらの研究は基点となる概念同士や基底概念と創造された概念間の連想過程をシミュレーションにより推測しており、創造的思考における連想過程そのものは実験的に

明らかにされていない。そこで本研究では2つの概念「A」「B」の組み合わせが表す特徴を口頭で自由に回答してもらう特徴生成課題を用いた心理実験を実施し、回答された特徴間の“意味的距離”を言語データに基づき推定し、その距離を重みとして持つ創造的特徴を含むまたは含まない連想過程を表現する連想ネットワークを作成・比較する事で、概念融合において創造的な特徴が出現する際の連想過程が持つ特性を明らかにする。

### 2. 方法

#### 2.1 特徴生成課題を用いた心理実験

実験参加者は大学生・大学院生・社会人の計22名。刺激は比喩表現における創造的解釈生成に関わる先行研究 [4] で用いられた「AはBだ」における単語対 (A, B) を基底単語として用いた。これらの基底単語対は、新奇単語対 (例:知識一廊下), 慣習的比喩文「AはBだ」における喩えられる語 (A)・喩える語 (B) からなる比喩的単語対 (例:知識一食物), 字義通り文「AはBだ」における単語 A・B からなる字義通り単語対 (例:知識一情報) の各15対からなっている。3種類の単語対に共通の単語 A を共通単語、3種類の単語対において異なる単語 B を固有単語とする。実験は特徴生成課題と事後課題からなっている。特徴生成課題では、各基底単語対をスクリーンの左右に提示し、実験参加者に2つの単語の組み合わせが表す特徴を自由に口頭で回答してもらった。実験参加者は思いつく特徴を全て回答した時点でキーを押し、単語対の提示を終了させ、次のトライアルへと進むことができた。特徴生成課題は9セッションからなっており、各セッションではランダムに5単語対が提示された。また、特徴生成課題での発話は全て録音した。特徴生成課題の直後に、事後課題を実施した。事後課題では、参加者自

身が回答した特徴に関し、提示された2つの基底単語のどちらにも由来しない特徴であると思うか否かを7件法(1. 全くそう思わない(由来する特徴である)~7. 非常にそう思う(由来しない特徴である)で評定を求めた。この評定が5(多少そう思う)以上の特徴を創造的特徴、4(どちらでもない)以下の特徴を非創造的特徴と分類し、一つの単語対に対する回答に創造的特徴を含むものを創造的連想、含まないものを非創造的連想とした。

## 2.2 連想ネットワークの推定

### 2.2.1 意味的距離

基底単語・特徴間の距離は毎日新聞1年分(2014年)に基づき word2vec により推定された各単語・特徴を表す意味ベクトルによる cos 類似度を1から減算し、 $[0, 2]$ の値に変換した値を用いた。

$$d_{ij} = 1 - \frac{x_i \cdot x_j}{|x_i||x_j|} \quad (1)$$

$x_i$  は単語・特徴  $i$  を表す意味ベクトル、 $d_{ij}$  を2つの単語・特徴  $i, j$  の距離を表す。この距離の妥当性を図るために刺激として提示した基底単語間の距離を解析した結果、新奇単語対、比喩単語対、字義通単語対の順に有意に距離が長く ( $ps < .05$ )、word2vec を用いた意味的距離の推定は妥当だと言える。このようにして推定された意味的距離を指標として用いる事で、連想の広がりや創造的・非創造的特徴の性質を定量的に解析できると考えられる。

### 2.2.2 連想ネットワーク

一般的に我々の知能は様々な概念が互いに関係を持った複雑なネットワーク構造であると考えられている。そこで、特徴間の連想は一方向ではなく双方向に関連していると仮定し、無向グラフとして各連想のネットワーク構造(連想ネットワーク)を Python 及び NetworkX を用いて推定した。各基底単語・回答された特徴をノードとし、単語・特徴間の意味的距離をそれらを表すノード間のエッジの重みとして付与した。また、意味的に遠いノード間にはエッジは存在しないと仮定し、意味的に関連が少ないと考えられる新奇単語対間の平均距離 0.75 を閾値とし、それ以上の重みを持つエッジを削除した。

## 3. 創造的・非創造的連想の比較

### 3.1 特徴数と意味的距離

創造的連想がもつ特性を明らかにするため、各連想に含まれる特徴数と連想の意味的な広さを反映する各単語と特徴または特徴間の最大距離、また回答された創造的・非創造的特徴と各基底単語との距離に関し、混合効果モデル(固定効果:単語対の種類(新奇・比喩的・字義通り)、連想の種類(創造・非創造)、ランダム効果:実験参加者、共通単語の種類)を用いて分析を行った。

特徴数について単語対の種類の主効果 ( $F(2, 826.24) = 83.83, p < .001$ ; 字義通単語対 > 比喩単語対,  $p < .001$ ; 比喩単語対 > 新奇単語対,  $p < .001$ )、連想の種類の主効果 ( $F(1, 844.37) = 28.74, p < .001$ ; 創造 > 非創造) が得られた。

最大距離について、連想の種類の主効果 ( $F(2, 4631.5) = 3.90, p < .05$ ; 字義通単語対 > 新奇単語対,  $p < .05$ ; 比喩単語対 > 新奇単語対,  $p < .05$ )、連想の種類の主効果 ( $F(1, 4648.8) = 13.01, p < .001$ ; 創造 > 非創造) が得られた。

基底語と特徴の距離について単語対の種類の主効果 ( $F(2, 2838.8) = 5.83, p < .01$ ; 比喩単語対 > 字義通単語対,  $p < .01$ ; 比喩単語対 > 新奇単語対,  $p < .05$ )、連想の種類の主効果 ( $F(1, 2831.5) = 6.78, p < .01$ ; 創造 > 非創造) が得られた。

### 3.2 ネットワーク構造

創造的・非創造的連想のネットワーク構造の比較として創造的・非創造的連想ネットワークのクラスター性・ノード間の最大経路である直径の比較を行うとともに、創造的連想における創造的・非創造的特徴の次数中心性について比較した。クラスター性は対象となるネットワークのノード間がどの程度密接に繋がりが合ってるか、すなわち連想において各特徴間の関連性の程度(ネットワークの複雑さ)を表す指標である。また、次数中心性はネットワーク内における各ノードが他のノードと繋がっているエッジの数を表しており、連想において対象となる特徴が他の特徴と関連している程度を表す指標である。これらの指標に対し、線形混合モデルを用いた分析を行った。

クラスター性について、単語対の種類の主効果 ( $F(2, 828.42) = 25.61, p < .001$ ; 字義通単語対 > 比喩単語対,  $p < .001$ ; 比喩単語対 > 新奇単語対,  $p < .05$ )

が得られた。しかし、連想の種類には主効果が得られなかった(図1(a))。

直径について、単語対の種類の主効果( $F(2, 831.90) = 18.36, p < .001$ ; 字義通単語対 > 比喩単語対,  $p < .01$ ; 比喩単語対 > 新奇単語対,  $p < .01$ )、連想の種類の主効果( $F(1, 803.95) = 9.91, p < .01$ ; 創造 > 非創造)が得られた。

次数中心性について、単語対の種類の主効果( $F(2, 1457.4) = 2.75, p < 0.1$ ; 字義通単語対 > 比喩単語対,  $p < .05$ ; 字義通単語対 > 新奇単語対,  $p < .05$ )、連想の種類の主効果( $F(1, 1450.6) = 7.68, p < .01$ ; 非創造 > 創造)が得られた。

### 3.3 創造的・非創造的連想の比較に関する考察

創造的連想において生成される特徴数が有意に多く、かつ最大距離が有意に長いことから創造的連想は非創造的連想に比べ有意に広範な連想であることが示された。また、創造的特徴において基底単語から有意に遠いことに加え、基底となる単語比喩的単語対において字義通単語対よりも有意に長いことから、特に基底単語対が比喩的關係である時、基底単語対から意味的に離れた創造的特徴が生成されることが示唆された。

さらに、推定された創造的・非創造的連想ネットワークに関する分析の結果、創造的連想において直径が有意に長いことから、意味的な距離の結果と同様に、最大距離に関する分析結果と同様に、創造的連想は非創造的連想に比べ有意に広範な連想であることが示された。しかし、クラスター性については創造的・非創造的連想において有意な差が得られず、ネットワークの複雑さについて有意な差はみられなかった。さらに、創造的連想における創造的特徴は非創造的特徴と比較し次数中心性が有意に少ないことから、創造的特徴は他の特徴との関連が少ないことが示された。

## 4. 創造的特徴生成に関わる連想過程

創造的連想において、創造的特徴がどのようなタイミングで生成されるかを明らかにすべく、創造的・非創造的特徴の生成順序の比較を行った。さらに、創造的特徴が生成される直前の連想ネットワークと非創造的連想において創造的特徴平均生成順序直前の連想ネットワークを比較し、創造的特徴が生成される連想ネットワークが持つ特性を検討する。

### 4.1 創造的特徴の連想過程

創造的連想における創造的特徴と非創造的特徴の生成順序に関し、混合効果モデルを用いた分析を行った。その結果、単語対の種類的主効果( $F(2, 3070.6) = 50.10, p < .001$ ; 字義通単語対 > 比喩単語対,  $p < .001$ ; 比喩単語対 > 新奇単語対,  $p < .001$ )、連想の種類の主効果( $F(1, 3097.6) = 11.53, p < .001$ ; 創造 > 非創造)が得られた。

さらに、生成順序を各連想で生成された全特徴数で割ることで相対順序を求めた。相対順序を0.2以下と0.2から1まで0.1刻みで9つに分類したところ、相対順序が0.9以上の創造的特徴が34.5%、非創造的特徴は18.6%であった。さらに、相対順序の9分類についてカイ2乗検定を行った結果、創造的特徴が有意に後半で生成されることが示された( $\chi^2(8) = 52.51, p < .001$ )。

### 4.2 創造的特徴が生成される直前のネットワーク

創造的な特徴が生成される直前の連想ネットワークの特性を明らかにすべく、創造的特徴が生成される直前の連想ネットワークと非創造的連想において創造的特徴平均生成順序直前の連想ネットワークのクラスター性(複雑さ)を比較した。創造的連想における最初の創造的特徴が生成される直前までに生成された特徴を対象として作成したネットワークを創造的特徴が生成される直前の連想ネットワークとした。さらに比較として、最初の創造的特徴の平均順序である3を閾値とし、非創造的連想において2つ目までに生成された特徴を対象として連想ネットワークを作成した。

これらのネットワークのクラスター性に関し線形混合効果モデルを用いた分析を行った結果、単語対の種類的主効果( $F(2, 546.33) = 14.69, p < .001$ ; 字義通単語対 > 比喩単語対,  $p < .001$ ; 比喩単語対 > 新奇単語対,  $p < .05$ )、連想の種類的主効果( $F(1, 533.86) = 4.95, p < .05$ ; 非創造 > 創造)が得られた(図1(b))。

### 4.3 創造的特徴の連想過程に関する考察

出現順序に関する結果から、創造的特徴は非創造的特徴と比較して連想過程の後半に有意に生成されやすく、一定の連想が進んだ段階で生成される事が示唆された。また、創造的特徴が生成される直前のネットワークは同程度まで連想が進んだ非創造的連想におけ

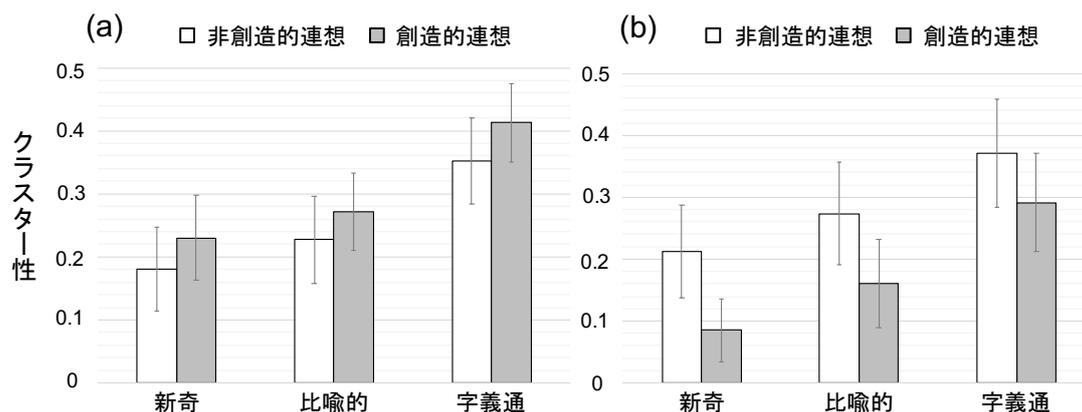


図1 (a) 联想ネットワークのクラスター性 (b) 創造的特徴が生成される直前の联想ネットワークのクラスター性

るネットワークと比較し、クラスター性が有意に低いことから、最初に創造的特徴が生成される直前の联想ネットワークにおいて各特徴間の関連性が少ないことが示された。

## 5. まとめ

本研究では特徴生成課題を用いた心理実験の解析から創造的特徴が生成される联想過程について検討した。その結果、創造的特徴は、多数の特徴からなる広範な联想過程において一定程度の联想が進んだ段階で生成されることが示された。概念融合に関する田浦らの先行研究 [2] では、創造的なネットワークはノード数が多いという結果と一致している。さらに、本研究では联想過程についての検討を行うことで、創造的特徴が生成される特徴の直前の联想ネットワークのクラスター性が低く、ネットワーク内の特徴間の関連性が低い状態において創造的特徴が生成されることが示された。

## 文献

- [1] Ronald A. Finke, Steven M. Smith and Thomas B. Ward, (1996) Creative Cognition: Theory, Research, and Applications. MIT Press.
- [2] 田浦 俊春, 山本 英子, Nor Fasiha Mohd Yusof, 伍賀 正典, 永井 由佳里, 中島 秀之, (2011) “デザインにおける創造的思考の構成的研究の試み—概念生成プロセスの構成的シミュレーション—” 認知科学, Vol. 18(2), No. 2011, pp. 329-341.
- [3] 須藤 明人, 藤原 直哉, 徳田 慶太, 本田 秀仁, 植田 一博, (2017) 意味ネットワークの経時変化で表現された計算論的なコンセプト創出モデルとその実装, 認知科学, Vol. 24, No. 1, pp. 33-51.
- [4] 寺井あすか, 楠見 孝, 地村 弘二, (2017) 概念融合による創発: 視覚的注意の時間動態, 日本認知科学会第34回大会.