

概念合成によるコンセプトのデザインと連想: 概念の連想数と動作概念の役割

森田 純哉, 永井 由佳里, 田浦 俊春, 岡田 亮士

The present paper discusses the creative design process using the conceptual combination task. As factors involved in the creative design process, we focused on the number of concepts associated with the concepts presented in the task and the use of action concepts during design process. In the experiment, the number of associated concepts was manipulated by using the electronic concept dictionary that was constructed by a large-scale association experiment. The protocols data obtained in the experiment were analyzed by automatic methods using the dictionary. As a result, (1) design products were highly evaluated when they were produced through combinations of two concepts that have a large number of associated concepts, and (2) the participants used many action concepts associated with the presented two concepts when the presented concepts had a large number of associated concepts. These results indicate effectiveness of analyzing associations for exploring design creativity.

Keywords: Design (デザイン), Creativity (創造性), Concept Combination (概念合成), Association (連想)

1. はじめに

現代社会において、我々人間を取り囲む環境は、多くの人工物で満たされている。我々の日常において、これら人工物の機能を活用しない時間は、ほとんどないとさえいえる。さらに、企業では新たなコンセプトの人工物が、続々と開発され、生産される。革新的・創造的なコンセプトの人工物が、製品として市場に送り出されたとき、その新機能は、我々の生活環境を劇的に変化させる。

さて、言うまでもなく、人工物は人間(デザイナー)の知性によって生み出される。したがって、新たな人工物を生み出す(デザインする)という行為は、認知科学における研究の射程に入る。本研究

Design Creativity and Association in Conceptual Combination: Role of the Number of Associated Concepts and Action Concepts, by Junya Morita (Japan Advanced Institute of Science and Technology), Yukari Nagai (Japan Advanced Institute of Science and Technology), Toshiharu Taura (Kobe University), Ryoji Okada (Japan Advanced Institute of Science and Technology).

は、創造的な人工物のデザインにおける思考を、実証的に検討するものである。なお、本論文では、人工物という用語によって、工業製品などに代表される「人間によって作られた用途が明確な有形の物」を指し¹⁾、創造的デザインという用語によって、独創性と有意性を備えた従来にないコンセプトの人工物を生成することを指す。

創造的デザインにおける思考を探るにあたり、本研究では、そこで利用される知識に着目する。つまり、著者らは、生成されるコンセプトが、従来にないものであったとしても、それを生成するプロセスに、既存の知識が用いられると考える。そして、デザインにおける知識の利用を、概念合成 (Fauconnier & Turner, 2002; Wisniewski, 1996) と呼ばれる課題を用いて検討する。この課題は、名詞の新規な組み合わせ(以後、出発点と呼ぶ)に対し、その意味(以後、ゴールと呼ぶ)を答えさせるものである。概念合成の例としては、「白鳥イス」のような合

1) 人工物 (Artifact) とは、一般に工業製品、ソフトウェア、社会基盤、芸術作品など、人間により造られたあらゆる物事を含む。本研究はその全てを扱うものではない。

成語から「白鳥のようにソフトなすわり心地のイス」を考えることが挙げられる。

著者らは、この課題における概念と概念の相互作用は、創造的デザインにおける思考と深く関連すると考える。このような考えを支持する人工物は、カメラ機能付の携帯電話やノートパソコンなど、我々の身の回りにあふれている。特に、Olfa社のカッターナイフは、開発者自らが「割れたガラス」と「板チョコレート」の特徴を合成することによって考案したと認めるものであり(岡田, 2005)、上記の考えを直接的に支持するものといえる。さらに言えば、デザイン研究の分野では、現実世界における人工物の実例から、それが2つの概念を組み合わせることで生成されたと議論するものもあり(Kulinski & Gero, 2001)、概念合成と創造的デザインの関係は広く認められることである。

それでは、概念合成におけるどのような思考の要因が、創造的なコンセプトの生成を導くのであろうか。この問題と関連した実証的知見は、Wilkenfeld and Ward (2001) によって得られている。彼らは、概念合成によって発現する創発特性(もとの2つの概念には含まれない特徴)に関与する要因を実験的に検討した。そして、(1) 類似していない2つの概念を結びつけること、(2) 同じ概念の組み合わせについて、繰り返し合成を試みるのが創発特性を導くことを示した。これら2つの結果の説明として、概念間の結合が困難な状況において、2つの概念を結び付けようとする努力が、特徴の探索範囲を拡げ、創発特性を導くと述べた(関連した議論として、Finke, Ward, Smith, 1992)。

さらに、本研究とより関連した概念合成の研究として、田浦と永井らによるものをあげることができる(Nagai & Taura, 2006; Taura, Nagai, & Tanaka, 2005)。彼らが設定する実験の状況は、他の創造的思考に関わる研究と比べ、デザインの現場に近いものである。特に、Wilkenfeld and Ward (2001) と比べた場合、彼らの研究は、3つの特徴をもつといえる。

- ゴールを制約するカテゴリの付与

まず、彼らの研究では、概念合成の出発点のみならず、デザイン成果を制約するカテゴリ

がゴールとして、被験者に与えられる²⁾。つまり、通常の場合合成課題と異なり「AとBの特徴を用いて、新たなCをデザインしてください(A, B, Cは概念を表す)」と被験者は教示される。これは、通常、デザイナーは、他者から、デザイン成果が満たすべき制約を要件として与えられ、ゴールを精緻化することでコンセプトの創造を進めるという前提からくる。たとえば、Suwa, Gero, and Purcell (2000) や Goldschmidt (1994) による実験において、被験者は、実験者から付与された要件に従いつつも創造的なデザインコンセプトを作り上げた。

- スケッチを通じたデザインコンセプトの探索
第2に、彼らの実験に参加する被験者は、コンセプトの創造において、スケッチを描くことを求められる。従来の研究の多くが、デザインにおける、スケッチングとアイデア生成との密接な関連を示しているからである(Goldschmidt, 1994; 永井・野口, 2001a, 2001b, 2001c; Suwa et al., 2000)。

- 発話プロトコルの分析

最後に、彼らの研究では、概念合成の最終的な成果のみを分析の対象とするのではなく、プロセスに関わるデータを直接的に分析の対象とする。発話プロトコルの分析を通して、デザインの最終成果の背後にある構造が探られる。

このような実験を通して、彼らは、Wilkenfeld and Ward (2001) と整合した知見を提出した。まず、Taura et al. (2005) は、出発点となる2つの概念の意味的距離を操作し、Wilkenfeld and Ward (2001) と同様、距離の遠い概念を結びつけることが、より創造的な成果を導くことを示した。また、Nagai and Taura (2006) は、概念合成によるコンセプトデザインの生成プロセスを、発話プロトコルの記録を通して検討した。そして、発話プロトコルに現れる単語について、出発点、あるいはゴールとなる概念からの意味的な距離をカウントした。その結果として、出発点/ゴールから、意味的に離れた単語を発話することと、生成されるデザインコンセプトが受ける創造性評価の高さとの相関関係を示した。この結果は、Wilkenfeld and Ward (2001) の

2) デザインとは、open-endな問題であるため、状態が一意に定まるゴールが与えられるわけではない。本論文で用いるゴールという用語は、最終成果を方向付ける制約条件を指すものである。

説明と整合し、思考の拡張が概念合成における創造性に寄与することを示すものといえる。

このように、概念合成を課題とした一連の研究によって、創造的デザインに関するある程度の実証的知見が積み重ねられてきた。だが、これらの研究の成果をもって、創造的デザインにおける思考の特徴が、十分に明らかになったとは言えない。なぜなら、思考を拡張することは、独創性の高いコンセプトを生成することの説明にはなるが、有意性を満たすコンセプトを生成することを保証しないからである。著者らは、人間にとって意味の有る人工物は、単純な思考の拡張によって生まれないと考える。人間の生活に役立つ人工物のデザインには、広げるべきところと、抑えるべきところを統制する思考が必要になる。つまり、思考の拡張における方向を検討しない限り、独創性と有意性を兼ね備えた創造的コンセプトの生成を説明することはできない。

このような観点に立ち、本研究では、創造的デザインにおける思考を、拡張の度合いだけでなく、拡張の方向にまで踏み込んで分析することを目的とする。そのために、この課題における思考を、連想の観点から記述することを試みる。つまり、課題中に思考された概念が、既存のどのような概念から想起されたのかを検討する。連想という観点から、表出された概念の背後にある構造を探ることで、思考の広がりの方が明らかになると考える。

本研究において、創造的デザインにおける思考を連想の観点から記述する理由は、連想による概念の発想は、デザインにおける思考の基盤の1つとみなされてきたからである (Lai & Chang, 2006)。もちろん、デザインという行為は、連想による概念の発想のみで完結するものではない。意味のある人工物を生み出すためには、概念の発想に加え、コンセプトを精緻化するプロセスも必要になる。ただし、思考拡張の方向を探るという目的において、連想の観点に立った思考プロセスの記述は妥当である。

また、連想というトピックは、認知科学の基礎的な領域においても古くから研究されてきた。たとえば、連想実験やプライミングによる記憶実験を基に、多くの情報処理モデルが構築されてきた (Collins & Quillian, 1969; Anderson, Bothell, Byrne, Douglass, Lebiere, & Qin, 2004)。さらに、近年では従来の連想研究の枠組みに従う大規模なシソーラスも整備されつつある (Miller, 1995; Miller, Fillmore,

Palmer, & Hayes, 2004)。よって、その成果を援用することで、デザインにおける思考の特徴を、従来の研究よりも詳細に検討できるのではないかと考えた。

本研究では、上記の目的を達成するために、Nagai and Taura (2006), Taura et al. (2005) の方法を踏襲した実験を行う。そして、概念合成によるデザインプロセスを、発話プロトコルの記録を通して分析する。そこで検討する課題は、(1) 思考を拡張させる要因を、連想の観点から検討すること、(2) 創造的デザインにおける思考の拡張を、連想の観点から記述することである。以下、実験の方法を示す前に、これら2つの問題に関わる仮説とアプローチを示す。

2. 仮説とアプローチ

2.1 創造性に影響を及ぼす要因としての連想数

先述したように、Wilkenfeld and Ward (2001), Nagai and Taura (2006) では、思考の拡張が創造的なコンセプトの生成に寄与することを示した。これらの研究を受けて、本研究では、思考の拡張に影響する要因として、出発点となる概念の連想数に注目する。連想数とは、その概念から、どれだけの数の概念を連想することが可能かを示すものである。

定義上、連想数が多い概念を出発点としたデザイン行為では、発想される概念の数が多いと考えられる。そして、デザイン行為において発想される概念の数が増加することは、成果物に関する特徴の吟味に繋がる。その結果として、連想数が多い概念を出発点とした場合は、そうでないときに比べ、創造的な成果が得られやすいと予測する。

本研究では、この予測を、岡本・石崎 (1999, 2001, 2003) によって構築された連想概念辞書に依拠して検討する。連想概念辞書は、日本語における概念間の関係を、人間を被験者とした連想実験 (被験者に刺激となる語を提示し、連想する語を回答させる実験) によって推定したシソーラスである。連想概念辞書は、人間の心理データを直接的に利用する点で、他のシソーラスと区別される。そして、この特徴ゆえに、連想概念辞書は、EDR電子化辞書 (日本電子化辞書研究所, 1995) などに比べ、より正確に人間の知識構造を再現するものになるとされる (岡本・石崎, 2001)。

なお、この辞書に含まれる刺激語 (連想実験にお

いて被験者に提示した語)は1,656語、連想語(連想実験において被験者が報告した語)の延べ数は127,874語、連想語の異なり語数は33,018語である。このように、彼らが行った連想実験は、大規模なものであり、日常的に使用される基本的な語彙については、ほぼ網羅されているといえる。本研究では、これを利用することで、概念の持つ連想数を実験的に操作し、連想数が多い概念を出発点とした概念合成と連想数が少ない概念を出発点とした概念合成を比較する。

2.2 創造的デザインにおける拡張の方向

創造的デザインにおける拡張の方向を検討するにあたり、本研究では、機能に関わる概念がデザインプロセスの中で重要な役割を果たすと仮定する。なぜなら、デザインコンセプトの性質は、その定義上、色や形状などの属性によって定まらず、それがどのように動作し、どのような用途において用いられるのかによって定まるからである。実際、デザイン行為に関する理論には、機能の記述を重視したものが多く(Gero, 1990; Kulinski & Gero, 2001; Umeda, Ishii, Yoshioka, & Tomiyama, 1996)。

さらに、もう1つの仮定として、概念合成課題における連想を、「出発点からの連想」と、「ゴールからの連想」に区別する。そして、機能に関わる概念は、出発点から連想されたものと、ゴールから連想されたものとで、異なる役割を果たすと考える。概念合成によるデザインにおいて、出発点となる概念は、デザインのヒントになるものであり、ゴールとなる概念は、生成されるコンセプトが含まれるべきカテゴリである。よって、ゴールとなるカテゴリにもともと備わる機能を考えることよりも、出発点となる概念に備わる概念を考えることは、より独創的なコンセプトを導くと考えられる。

そして、そのような思考を行いやすい条件が、連想数の多い概念を出発点とすることと予測する。連想数が多い概念を出発点とした場合は、ゴールには含まれず、出発点とした概念にのみ含まれる機能を多く連想することができる。そして、それをゴールへと流用することで独創的なデザインコンセプトが生成されると考える。逆に、連想数が少ない概念を出発点とした場合は、出発点とした概念に含まれる機能が少ないため、それをゴールへ流用することが困難になる。

この予測を確かめるためにも、岡本と石崎の連想概念辞書を使用することは意味がある。連想概念辞書は、EDR電子化辞書などとは異なり、概念間を、上位下位関係のみで結合しない。岡本・石崎(1999)による連想実験では、被験者に、刺激語との連想の関係をタイプごとに区別して報告させた。そのタイプとは、刺激語となる概念の「上位概念」、「下位概念」や「類義語」、および、その概念の持つ部分や材料に関する「部分・材料概念」やその概念の特徴を表す「属性概念」、さらには、その刺激語が日常生活で用いられている動作を表す「動作概念」や概念が用いられる環境(状況)に関する「環境概念」である。連想概念辞書の中で概念と概念の関係は、このような連想のタイプに即して構造化される。

そして、これらの連想タイプのなかで、デザインの機能に関わる単語は、動作概念と関連するものと仮定される。なぜなら、機能は、「人間の行為と人工物の動作を関係付けるもの」と定義でき(Gero, 1990)、人間と人工物の動作を要素として構成されるものと考えられるからである。

このような前提に立てば、デザインにおける機能に関わる思考プロセスは、連想概念辞書に含まれる動作概念を利用することで検討できることになる。このような考えのもと、本研究では、連想概念辞書を直接的に利用した新たなプロトコル分析の手法を開発した。そこでは、発話プロトコルに現れる個々の概念が、どこから連想されたのかを、連想概念辞書に依拠して推定する。特に、発話プロトコル中の動作概念(機能に関わる概念)に注目し、それが、出発点から連想されたのか、ゴールから連想されたのかを検討する。

2.3 本研究の仮説

ここまでの考察を整理すれば、実験的に検討可能な仮説を、以下のようにまとめることができる。

仮説1: 連想数の多さと創造性の関係 連想数の多い概念を出発点とした課題では、思考が拡がり、創造的なコンセプトが得られる。

仮説2: デザインにおける連想の制約 デザインプロセスにおいて、動作概念は思考の拡張を方向付ける重要な役割を果たす。デザインプロセスは、動作概念をどこから連想したかによって区別される。連想数が多い概念を出発点とした課題では、そこから豊富な動作概念が発話され、

表1 実験材料となった概念.

	出発点	ゴール
連想数少	卵・毛布	乗り物
連想数多	花・鏡	乗り物

連想数が少ない概念を出発点とした課題ではゴールにもともと備わる動作概念が多く発話される。

この仮説を確かめるために、本研究では、出発点となる概念の連想数を操作し、発話プロトコルを連想概念辞書に基づいて分析した。以下、実験の方法を示す。

3. 実験方法

3.1 実験材料

本研究において用いた概念合成課題は、Nagai and Taura (2006), Taura et al. (2005) と同様、被験者へ、出発点となる2つの概念と、ゴールを制約するカテゴリを与えるものであった。そして、概念合成の出発点となる概念として、連想数の多いもの（連想数多条件）と、連想数の少ないもの（連想数少条件）を用意した。これらの課題条件は被験者内要因とした。

表1に、両条件において用いた概念を示す。被験者は、連想数少条件において「卵」と「毛布」、連想数多条件において「花」と「鏡」の特徴を利用した「乗り物」をデザインすることが求められた。これらの概念は、以下の手続きを経て選定された。

(1) 出発点の候補を選出

まず概念合成の出発点となる概念を人工物と自然物の組み合わせと定めた。そして、人工物概念10語、自然物概念10語の計20語を選定した。この選定は、Wilkenfeld and Ward (2001), Taura et al. (2005) が課題選定の際に用いた語を参考に行った。

(2) 出発点候補の連想数

次に選んだ語の連想数を、連想概念辞書に依拠してカウントした。表2に、選定された20語の連想数を示す。この表において、先述した連想数多条件における出発点（花・鏡）は、自然物と人工物の最上位に位置することが分かる。それに対して、連想数少条件における出発点（卵・毛布）は表における下部に位置する。直接確率計算（両側検定）の結果、花と鏡の連想数の合計（265）と、卵と毛布の連想数の合計（140）に、有意な差異が認められた

($p < .0.0001$)。

(3) ゴールの選定

ゴールの選定では、Finke et al. (1992)のイメージ合成による発明実験を参考にした。彼らは、発明対象となるカテゴリに制約を与えることで、創造的な成果が生成される可能性が高まると報告した。Finke et al. (1992)において用意されたカテゴリは、「家具」、「身の回りのもの」、「輸送」、「科学機械」、「家庭電器器具」、「工具・用具」、「武器」、「玩具・ゲーム」であった。本研究では、これらから、日常生活と関連が薄い「武器」と「科学機械」を除外し、残り6つから任意に「輸送」を選出した。しかし、「輸送」という表現は一般的なものではないため、より被験者に馴染みがあるであろう「乗り物」という言葉に変えた。

(4) 概念間の距離の統制

先述のように、Taura et al. (2005), Wilkenfeld and Ward (2001) は、概念合成においては、出発点となる2つの概念間の意味的な距離が、創出されるコンセプトの創造性と関係することを指摘した。そこで、出発点となる概念間の距離が創造性へ影響することを統制するために、条件間で、合成される概念の距離が等しくなるように概念を選定した。

距離の統制には、2つの方法をもちいた。まず、連想概念辞書において「乗り物」の連想語に含まれず、かつ相互に直接的な連想関係にない語を出発点とした。さらに、EDR電子化辞書の概念体系辞書³⁾を利用し、概念間の距離を算出した。概念体系辞書は、概念間を上位下位の関係で結合することで概念の体系を記述するものである。概念間距離は、概念体系辞書の階層構造に従い、階層を1つ移動するごとに、移動距離が1つずつ増えるようにカウントし、2つの概念間を結びつけるのに移動した距離として定義した(Nagai & Taura, 2006; 岡本・石崎, 2001)。連想数少条件と連想数多条件におけるそれぞれ3つの概念間の距離は表3に示される。表に示されるように、実験材料となった概念間の距離は、条件間で等しくなっている。

(5) 連想概念辞書における連想タイプの統制

本研究では、連想概念辞書における連想タイプとして、動作概念に注目し、それがデザインプロセスで果たす役割を検討する。よって、事前に、2つの条件で、出発点と結合する連想語のタイプに大きな

3) 2005年に改定されたバージョン (CPD-V030) を使用した。

表2 課題選定に用いた20の概念とその連想数.

人工物概念	連想数	自然物概念	連想数
鏡	114	花	151
眼鏡	110	犬	127
バッグ	97	魚	115
手紙	93	鳥	112
椅子	91	ミルク	91
はさみ	81	水	85
プール	75	オイル	78
ギター	74	卵	71
毛布	69	星	64
温度計	68	氷	52

表3 EDR電子化辞書における概念間の距離.

連想数少		連想数多			
鏡	乗り物	毛布	乗り物		
花	9	10	卵	9	10
鏡	7	毛布	7		

表4 出発点概念のタイプ別連想語数.

	連想数少		連想数多	
	卵	毛布	花	鏡
上位概念	7	6	8	7
下位概念	8	4	29	13
部分・材料概念	7	11	10	11
属性概念	11	10	28	23
類義概念	1	1	3	1
動作概念	17	19	28	29
環境概念	16	11	38	25
関連語	4	7	7	5

違いがないことを確認する必要がある. 表4に, 各条件での出発点となる概念に対し, それと結合する連想語の数を, 連想概念辞書における連想タイプ別に示した. 各条件における2つの概念の連想数を, タイプごとに合計し, 比率の検定を行ったところ, 条件と連想タイプの有意な連関は認められなかった [$\chi^2(7) = 11.951, n.s.$].

3.2 被験者

実験には, デザインを専門としない大学院生2名, 美術大学デザイン専攻学生2名, プロとして活動歴のあるデザイナー1名の合計5名が参加した.

3.3 実験手続き

被験者は, 実験に個別に参加した. 実験の手続き

は3段階からなった.

(1) 概念合成の教示と注意事項の説明

各被験者に対して, 概念合成に関する教示を与え, 実験中の注意事項を説明した. なお, 概念合成の教示は, Taura et al. (2005)における実験で使用した課題を例に説明した. 教示では, 合成されたデザインコンセプトはもとの2つの概念の特徴を継承してさえすれば, 形状や材質は自由に変えてよいと, 説明した.

(2) 練習セッション(5分)

概念合成と発話思考法を練習するためのセッションを設けた. このセッションにおいて, 被験者は, 回答用紙と鉛筆を手渡され, そこにデザイン案となるコンセプトをスケッチとして描いた. ここにおける被験者の課題は, 「鳥」と「ガラス」から新しい「文房具」を創出することであった. この概念の組み合わせは, Taura et al. (2005)において用いられたものであった. 練習セッションにおいて, 被験者は, 「頭に思い浮かぶことをそのまま声に出しながら」デザインを行うように教示された. なお, 練習セッションにおいて得られたデザイン案と発話プロセスは, 後の分析では対象としなかった.

(3) デザインセッション(10分×2)

被験者に対して, 表1に示した2つの条件の概念セットを提示した. その際, 順序効果を統制するために, 出発点となる概念の提示順序に関して, カウンターバランスをとった. 5名中3名の被験者(以後, 被験者1, 被験者3, 被験者5と呼ぶ)には連想数少条件から与え, 残りの被験者(以後, 被験者2, 被験者4と呼ぶ)には連想数多条件から与えた⁴⁾. デザインセッションにおいて, 被験者は与えられた出発点の特徴を利用しながら, ゴールのカテゴリを満たすコンセプトを考えた. その際, 練習課題と同様, 思考を発話しながら, 紙に鉛筆でスケッチを描くことを求められた. セッション中の被験者の様子は, すべてビデオカメラで記録した. なお, このセッションにおいて, 被験者は, 複数のデザイン案を提出することがあったが, 最終的には1つを選択させた.

4) 被験者1と被験者2はデザインを専門としない大学院生, 被験者3と被験者4は美術大学デザイン専攻の学生, 被験者5はプロとして活動歴のあるデザイナーである. このように, 条件の提示順序と被験者のデザイン経験に偏りはなかった.

表5 生成されたデザインコンセプト.

	連想数少	連想数多
被験者1	『ガチャポンカプセルアトラクション』ガチャポンカプセルのようなカプセルの中に入って、レールを転がり落ちる遊園地のアトラクション。レールはカプセルの上下に二本ずつ、合計4本のレールでカプセルを固定している。カプセルの中にはクッション材が入っている。	『ステルス性を持つ自動車』ステルス (Stealth) とは、レーダーなどからの探知や、目視による発見を防ぐための技術である。この自動車の燃料はガソリンではなく、バイオマスエネルギーを燃料とする。
被験者2	『お座敷自転車』畳の上に毛布が敷いてあり、毛布に包まれたまま運転できる自転車。畳の下には三輪の自転車がついている。なお、車輪は電動で動くため、操作はハンドル操作のみとなっており、ドライバーは寝転んだまま運転できる。	『上手に運転しないと枯れていく(壊れていく)自動車』ここで上手に運転するとは、ドリフト走行などの運転テクニックではなく、慎重な運転をしているか、自動車に対して優しい運転をしているか、ドライバーの車に対する接し方などを指す。不真面目な運転をしていると車が壊れていく。良い運転をすると車が綺麗になっていく。
被験者3	『卵のような形状をした自動車』車体のフロント部分は透明になっており、卵が割れるように前方に開く。そこからドライバーが乗車する。内装はファーのような素材で出来ている。カラーリングは白で、2人まで乗車可能。	『花壇タンカー』巨大タンカーの上一面が花壇になっている。花壇の上には、タンカーの側面から上部に突き出した巨大な反射板があり、日光を反射させ、常に花に光を与えられる。
被験者4	『卵形スライダー』卵形の球体の中に入って、円柱を半分に切ったハーフパイプのような形状をした滑り台の上を転がるアトラクション。球体の中には緩衝材が入っている。球体の中では仰向けに寝転ぶ。球体は二層構造になっており、中に入った人はずっと上を向いたままでいられる。	『車窓の風景でつくる万華鏡』バスや電車の中に、2人がけのソファが2脚、対面して置いてあり、それぞれのソファの後ろには鏡がある。鏡は対面しているので、合わせ鏡のようにになっている。また、左右には窓がある。乗り物がお花畑などを走ることによって、合わせ鏡に反射した風景が万華鏡のように変化する。
被験者5	『空飛ぶLove Board』(恋人同士の愛する心に乗せる)直径10cmほどの空を飛ばすことのできる円盤のボード。円盤の中央部分が光り、その部分には、文字や写真を表示することができる。また中央の光る部分には短い音声も録音できるようになっており、光る部分を押すことで音声再生できる。	『円柱のリラックスエレベーター』(底面の直径が約1.5m、高さが約100m)移動を目的としたものではなく、自分自身に向きあうスローな空間をコンセプトとしている。円柱の表面には数分ごとに水が流れ落ち、心を癒してくれる。1人乗りのゴンドラに乗り、水のエネルギーを使用して、円柱内をゆっくりと昇ったり降りたりするエレベーターになっている。その中で、景色を楽しんだり、考え事をしたり、眠ったりできる。

図1 被験者によるスケッチの例.

4. 分析

本研究の検討課題は、(1) 思考を拡張させる要因を、連想の観点から検討すること、(2) 創造的デザインにおける思考の拡張を、連想の観点から記述することであった。データの分析においては、まず、得られたデザイン案の創造性を評価した。その後、創造的デザインに至るプロセスをプロトコル分析によって検討した。

4.1 デザインコンセプトの創造性評価

各被験者の考案したデザインコンセプトは、表5に示される。これらは、実験者が、被験者の記述したスケッチおよび文章、ならびに課題後のインタビューをもとに、記述したものである。また、課題遂行中に描かれたスケッチの例は図1に示される。

これらのデザインコンセプトに対し、創造性評価を行った。評価者は、意匠または造形デザイン教育者7名、プロとして活動しているデザイナー2名の合計9名であった。評価者に提示する材料には、図1に示されるスケッチを含めず、表5の文章のみとした。スケッチを提示しなかった理由は、創造性評価に、スケッチングのスキルが影響しないようにするためである。評価軸は、Finke et al. (1992) の創造性評価に基づき、有意性（ナンセンスでない、意義がある、価値がある）と、独創性（オリジナリティ）とし、評価基準はそれぞれ、4（高い）から1（低い）までの4段階とした。

4.2 プロトコル分析

実験中にビデオカメラで記録された発話データに基づいて、創造的デザインのプロセスを連想の観点から検討した。分析の手続きは、連想概念辞書を利用した半自動的なものであった。連想概念辞書は、人間が保持する知識の標準的な構造を計算機上にモデル化したものとみなすことができる。これを用いることで、課題における被験者の連想を、標準化された知識構造に即して記述した。以下、具体的な分析の手続きを、順に示す。

(1) 発話データの書き起こし

各課題におけるそれぞれの被験者の発話をテキストに書き起こした。テキスト中の漢字は、連想概念辞書に準拠した形へと変換した（例：「ひよこ」「雛」「速い」「はやい」「球」「玉」）。

(2) 分析対象の抽出

発話データから、デザインコンセプトの内容に関連した語を分析対象として抽出した。まず、書き起こされたテキストに対し形態素解析を実施した。そして、そこから、助詞、助動詞、感嘆詞、接続詞、接頭詞、連帯詞を除いた。また、名詞、動詞、形容詞、副詞の中でも、それ単体では意味をなさない非自立語を除外した。

その後、被験者自身の行為を言及した語（例：「思う」「デザイン」）を除いた。また、同じ課題の中で重複して発話された単語を分析の対象から除外し、新規に出現した単語のみを分析対象とした。

さらに、形態素解析の結果、連想概念辞書に掲載される概念と異なる形で分節化される語は、連想概念辞書に準拠した形へと変換した（例：「移動_手段」「移動手段」）。同時に、発話データ中の表現において、連想概念辞書に含まれる語と明らかに意味が同一で、表現のみが異なる語は、連想概念辞書に準拠したものへと変換した（例：「ステルス」「ステルス機」「花の柄」「花柄」「鶏の卵」「鶏卵」）。ただし、ここでの変換は、最小限にとどめ、使用される文脈の異なる語を同一のものとして扱わなかった。たとえば、「たくさん」を「豊富」に変換するということや、「ブラケット」を「毛布」へ変換するということはしなかった。その理由は、連想概念辞書が、概念の出現形の差異を重視した構成になっているからである。実際、上記の概念は、それぞれ区別された形で辞書に掲載される。

（3） 刺激語（連想元になる概念）を推定

上記手続きによって抽出された単語が、どのような刺激語から連想されたのかを推定した。なお、本研究では、人間の連想プロセスは暗黙的なものであるという前提に立ち、刺激語の推定に、被験者の内省報告などは用いなかった。また、ここでは、手作業による推定を行わず、すべて自動的な推定作業を行った。これによって、ここでの作業に分析者のバイアスが混入することが防がれると考えた。

刺激語推定の狙いは、発話された単語の出発を、課題において与えた概念に遡って推定することであった。それによって、出発点となる概念からの連想とゴールとなる概念からの連想を区別した。よって、推定の手続きは、課題における出発点(「卵」、「毛布」/「花」、「鏡」)、あるいはゴール(乗り物)となった概念からの連想関係に重点をおいたものになっている。推定の手続きは、以下の3ステップに分けられる。

- Step 1 出発点/ゴールからの1次の連想

まず、分析対象として抽出されたすべての語に対して、その語が、それぞれの課題における出発点、あるいはゴールの連想語に含まれるか調べた。これは、連想概念辞書を参照することで、直接的に調べられる。以下、連想概念辞書に掲載されるデータの形式を示す。

乗り物, 道路, 7, 0.376, 1.429, 0.7, 1.543

このように、連想概念辞書は、カンマ区切りの形式で、データを格納する。以後、本論文では、このような個々のデータを連想関係データと呼ぶ。連想関係データの1列目には刺激語、2列目には連想語、3列目には連想タイプを識別する番号(7は環境概念を表す)が示される。つまり、上記のデータは、「乗り物」を刺激語とした連想実験において、「道路」が連想語として得られたことを示す。同時に、そのときの連想実験において、被験者が連想すべきタイプとして環境概念が設定されていたことも示される。そして、このデータにおける4列目から6列目が、連想実験において得られた反応時間や出現頻度などの行動データの値を表している。7列目の数値は、それら行動データをパラメータとして見積もられたとされる概念間の距離である。連想概念辞書には、連想実験において出現したすべての連想語について、上記形式の連想関係データが格納される。

ここでの推定では、課題において発話された各単語について、それを連想語とし、出発点もしくはゴールを刺激語とする連想関係データが、連想概念辞書に含まれるかを探索した。そして、この条件に合致する連想関係データが辞書に含まれた場合、発話された単語の刺激語を、当該の出発点、もしくはゴールに関わる単語とした。複数の連想関係データが条件に合致した場合、連想概念辞書に記載される距離の最も小さいものから刺激語を推定した。

- Step 2 文脈からの連想

上記手続きによって刺激語が推定されなかった場合、その被験者が当該の課題において発話した他の語との連想関係を検討した。たとえば、連想数少条件(「卵」と「毛布」から新しい「乗り物」を考える)において、「ヘリコプター」という単語が発話されたとする。連想概念辞書に、この単語を連想語とし、その課題の出発点、あるいはゴールを刺激語とする連想関係データは存在しない。しかし、その課題において、「ヘリコプター」を連想語として持つ刺激語(例:「空」、「飛行機」)が別の時点で発話されていた場合、その2つの単語が連想関係にあるとみなす。なお、単一の語に対して、複数の語が条件に合致する連想関係データを持つ場合には、連想概念辞書に記載される距離にしたがって、刺激語を選択した。

- Step 3 出発点/ゴールからの2次の連想

上記2つの手続きにおいて刺激語の推定に失敗した場合は、出発点/ゴールからの2次の連想を探索した。ここでいう2次の連想とは、2つの単語が、別の単語1つを媒介して結合する関係をさす。たとえば、連想数多条件(「花」と「鏡」から新しい「乗り物」を考える)において、「インテリア」という語が発話されたとする。連想概念辞書において、この語は、出発点となった概念ともゴールとなった概念とも結びつかない。しかし、「家具」という語を媒介することで、「鏡」からの連想の経路を推定することができる。「家具」は、連想概念辞書において「鏡」の上位概念として記載され、「インテリア」の類義概念として記載される。この推定においても、連想概念辞書に記載される距離を使用した。まず、出発点、あるいはゴールとなる

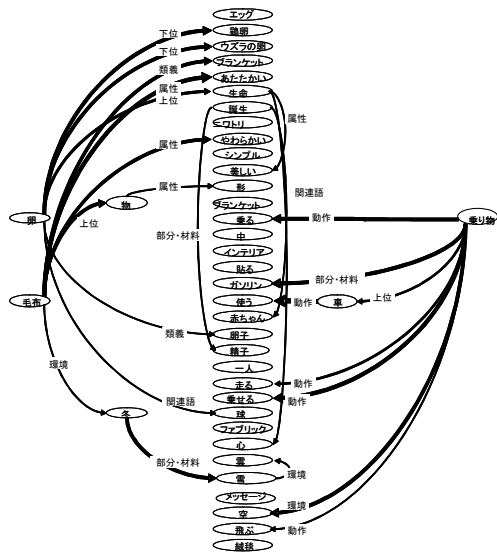


図2 概念合成によるデザインにおける連想の記述。

概念と最も距離の短い連想関係を選択した。その後、そこにおける連想語を刺激語とし、発話された概念を連想語とする連想関係を、距離の短い順に探索した。連想概念辞書に、その連想関係が存在しなかった場合、出発点、ゴールとの距離がその次に短い連想関係を選択した。これを発話された概念との連想関係が見つかるまで繰り返した。

なお、原理的には、連想概念辞書を利用することで、さらに高次の連想関係を推定することもできる。ただし、2次の連想までで、連想概念辞書によって推定可能な語(連想概念辞書に記載される語)の多くについて、刺激語を推定できた。よって、本研究では、それ以上高次の推定を行わなかった。2次の連想までで刺激語を推定できなかった語は、未推定の語として扱った。

(4) 連想のタイプを推定

先述したように、連想関係データには、連想実験において設定された被験者が報告すべき連想のタイプが示される。そのタイプとは、動作、環境、部分・材料、類義、属性、上位、下位、関連語である。これを利用し、分析対象となった各単語がどのような連想のタイプの中で発話されたのかを判定した。

上記手続きによって、得られた結果の一例(連想数多条件における被験者5)を図2に示す。この図で

表6 独創性評価の結果。

	連想数少	連想数多
被験者1	2.0	2.0
被験者2	2.0	3.1
被験者3	1.7	2.5
被験者4	1.7	2.4
被験者5	2.2	2.3
平均 (SD)	1.92 (0.22)	2.46 (0.40)

は、分析の結果を連想関係のネットワークとして表現している。ネットワークの中央の列に、分析対象として抽出された単語が示される。これらは課題中に発話された時間に即して、上から順に配置される。そして、それぞれの単語には、その連想元の問題を表すリンクが付与される。左側に、この課題の出発点となった概念(「卵」「毛布」)からのリンクが示され、右側にはゴールとなる概念からのリンクが示される。いずれも、リンクには連想タイプを表すラベルが付与される。また、リンクが太いものほど、概念間の距離が短いものになっている。

このネットワークを参照することで、課題中に現れた概念がどのような既存の概念から連想されたかを検討できる。たとえば「鶏卵」「ウズラの卵」は、「卵」の下位概念を探索する中で連想されたものとみなせる。同様に「乗る」「乗せる」などは「乗り物」の動作概念として連想された語とみなせる。また「美しい」「赤ちゃん」などの語は、それ以前に発話された語「生命」の属性、関連語とみなせる。さらに、「形」は「毛布」の上位概念である「物」の属性とみなせ、同様に「雪」は「毛布」の環境概念である「冬」を介した2次の連想とみなされる。

5. 結果

上記分析の結果を示し、2.3節で示した仮説の検討を行う。まず、創造性評価の結果を示し、仮説1の検討をする。その後、プロトコル分析の結果を示す。プロトコル分析の結果としては、まず、基礎データを示す。その後、仮説2の検討をするために、動作概念の連想に関する結果を示す。

5.1 創造性評価の結果

創造性評価の結果を報告する前に、評価者間の一致度を示す。独創性と有意性の評価値について、ケンドールの一致度係数を調べたところ、独創性

表7 プロトコル分析結果の概要. 平均 (標準偏差).

	連想数少	連想数多
Step 1	13.40 (7.94)	13.80 (7.17)
Step 2	14.20 (5.84)	27.20 (13.46)
Step 3	4.60 (2.87)	7.80 (3.19)
未推定	17.60 (11.23)	20.20 (11.05)
分析対象語数	49.80 (21.06)	69.00 (28.30)

についてのみに有意となり, 有意性については有意とならなかった [順に $W = .252, \chi^2(9) = 20.49, p < .05; W = .163, \chi^2(9) = 13.27, n.s.$]. よって, 以後, 本論文では, 一致度の低い有意性の判定に関わる結果は用いず, 独創性に関する結果に焦点をあてて分析を行う.

仮説1に従えば, 連想数の多い概念の組み合わせを使用した連想数多条件において, 独創性評価の得点が高くなると予測される. この予測を確かめるために, 連想数少条件と連想数多条件における独創性評価の値を比較した. 表6に, 被験者毎の数値を示す.

被験者1に注目すると, 両条件ともに, 独創性の数値は2.0となっており, 差は見られないが, 被験者1を除くすべての被験者において, 連想数の多い概念の組み合わせである連想数多条件の値が連想数少条件を上回ったことが分かる. このような印象を支持するように, 片側t検定の結果, 連想数多条件における独創性評価の平均と連想数少条件における平均の差が有意となった [$t(4) = 2.55, p < .05$]. この結果は, 仮説1 (連想数の多さと創造性に関する仮説) と整合し, 連想数の多い概念を出発点とした場合, 独創的なコンセプトが得られることを示す.

5.2 プロトコル分析に関わる結果

5.2.1 基礎データ

プロトコル分析の結果を示すにあたり, まず, 連想概念辞書による刺激語推定の基礎データを示す. 表7は, 2つの条件のそれぞれにおいて, 刺激語推定の各ステップ (4.2節) で推定された語の平均数, 分析対象となった語数の平均を示している.

さて, 仮説1では, 連想数の多い概念を出発点とした場合では, 連想数の少ない概念を出発点としたときに比べ, 発想が拡がり, 創造性が高くなると予測した. この仮説は, すでに5.1節において支持されたが, ここから, 連想数少条件に比べ, 連想数多

条件では, 全体的に発話数が増加するとも予測できる. この予測を確かめるために, 表7に示した各指標について, 対応のある片側t検定を実施した. 結果, 分析対象語の総数において, その差が有意傾向となった [$t(4) = 1.78, p < .10$]. また, Step 2 (文脈からの連想) において推定された語数でも, その差が有意傾向となった [$t(4) = 2.05, p < .10$]. ただし, Step 1 (出発点/ゴールからの連想) [$t(4) = 0.84, n.s.$], Step 3 (ゴール/出発点からの2次の連想) [$t(4) = 1.17, n.s.$] において, その差は有意とはならなかった.

この結果は, 仮説1と矛盾するものではないものの, 出発点となる概念の連想数の多さによって, 思考の拡張の程度が定まるという結論を導くほど十分なものではない. さらに, 不可解な点はStep 1において, その差が有意とならなかったことである. 実験操作の前提として, 連想概念辞書において, 連想数多条件における出発点となる概念は, 連想数少条件における出発点となる概念に比べ, 多くの連想語を持つことを確かめた. よって, 素直に考えれば, ここからの直接的な連想の量において, 課題間の差が最も顕著に表れると考えられる.

Step 1において条件間の差が表れなかった原因として考えられるのは, ゴールからの連想の存在である. 表7では, 課題間で共通するゴールからの連想が, 出発点となる概念からの連想と混在されてカウントされた. そのため, 出発点における連想数の効果が, ゴールからの連想の効果と相殺されたのかもしれない.

この考えのもと, 出発点からの連想 (図2における左側のリンク) とゴールからの連想 (図2における右側のリンク) を区別してカウントした. なお, ここでのカウントは, ゴール/出発点からの1次の連想に限らなかった. 2次の連想についても, 仲介される概念の先にあるものによって, 出発点とゴールを区別した (図2における「冬」を媒介とした「毛布」からの「雪」の連想). また, 文脈からの連想については, 連想の連鎖を再帰的に辿り, ゴールと結びついているものと出発点と結びついているものを区別した (図2における「心」「生命」「卵」の連鎖). 連想の連鎖を辿った結果, ゴールとも出発点とも結びついていないもの (図1における「誕生」) はカウントの対象から除外した.

図3に, 上記の手続きによって, カウントされた

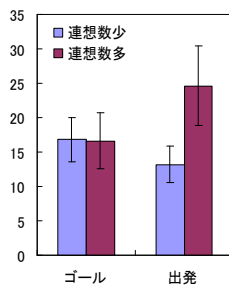


図3 ゴールと出発点を区別した語数．エラーバーは標準誤差を表す．

表8 推定された連想タイプの割合．

	連想数少	連想数多
上位	0.08 (0.01)	0.10 (0.02)
下位	0.19 (0.11)	0.13 (0.02)
部分・材料	0.08 (0.03)	0.14 (0.04)
属性	0.11 (0.01)	0.08 (0.04)
類義	0.02 (0.03)	0.04 (0.03)
動作	0.26 (0.13)	0.24 (0.09)
環境	0.11 (0.04)	0.14 (0.03)
関連語	0.06 (0.03)	0.06 (0.04)

結果を示す．ゴールから連想された語数の平均値と出発点から連想された語数の平均値が区別されて示されている．それぞれの指標について，課題間の差を対応のある片側t検定によって検討した．その結果，ゴールからの連想において課題間に差は認められず [$t(4) = 0.02, n.s.$]，出発点からの連想において連想数多条件が連想数少条件を上回ったことが確かめられた [$t(4) = 2.56, p < .05$]．この結果は先述の解釈を裏付けるものである．同時に，出発点からの連想で課題間の差があらわれたことから，実験における連想数の操作が妥当であったことが示される．

5.2.2 連想の方向に関わる分析結果

続いて，連想タイプごとの語数をカウントした．その結果を表8に示す．なお，5.2.1節において分析対象語の数に課題間での差が認められたため，表2では，各タイプに含まれる語数ではなく，分析対象語に占めるタイプの割合を示している．

さて，仮説2で述べたように，デザインプロセスを方向付ける要因は，動作概念と考えられる．しかし，表8に示される数値からは，条件間で動作概念の発話割合に顕著な差は見られない．むしろ，連想

数多条件よりも，連想数少条件において，動作概念の占める割合が，若干大きくなっている．このことから，出発点となる概念の連想数は，動作概念に関わる総体的な発話量に影響を及ぼさないとみなすことができる．

それでは，動作概念の連想は，創造的デザインのプロセスに，どのような役割を果たすのであろうか．仮説2では，動作概念がどこから連想されたのかによって，課題間での差が現れると予測した．連想数の多い概念を出発点とした場合は，出発点と連想関係にある動作概念が多く発話され，連想数の少ない概念を出発点とした場合は，逆にゴールと連想関係にある動作概念が多く発話されると考えた．この予測を検証するために，ゴールと出発点を区別し，連想タイプごとの出現割合を検討した．

図4は，ゴールからの連想語，あるいは出発点からの連想が，分析対象語の中で占める割合を，課題ごと，あるいは連想タイプごとに示すものである．割合を角変換した後，動作概念を従属変数とする 2×2 [課題 (被験者内) \times ゴール/出発点 (被験者内)] 分散分析を実施した．その結果，課題とゴール/出発点の交互作用が有意となった [$F(1, 4) = 23.16, p < .01$]．さらに，単純主効果の検定の結果，連想数多条件に比べ，連想数少条件では，ゴールと結びつく多くの動作概念が発話されたことが確かめられた [$F(1, 4) = 19.50, p < .05$]．また，出発点における課題間の差は有意とならなかったものの [$F(1, 4) = 3.80, n.s.$]，連想数多条件において，出発点からの連想が，ゴールからの連想を上回る傾向が認められた [$F(1, 4) = 4.70, p < .10$]．

つまり，ゴールから連想された動作概念の量は，連想数の多い概念を出発点とした場合よりも連想数の少ない概念を出発点とした場合でより多いことが示された．また，連想数の多い概念を出発点とした場合，出発点に関わる動作概念を，ゴールに関わる動作概念よりも多く発話することが示された．これらの結果は仮説2と整合するものといえる．

6. 考察

本節では，ここまで得られた結果をまとめ，デザイン研究における本研究の意義を述べる．そして，今後，創造的デザインのプロセスをより深く理解するために，本研究において採用した分析手法を改善する方法について論じる．

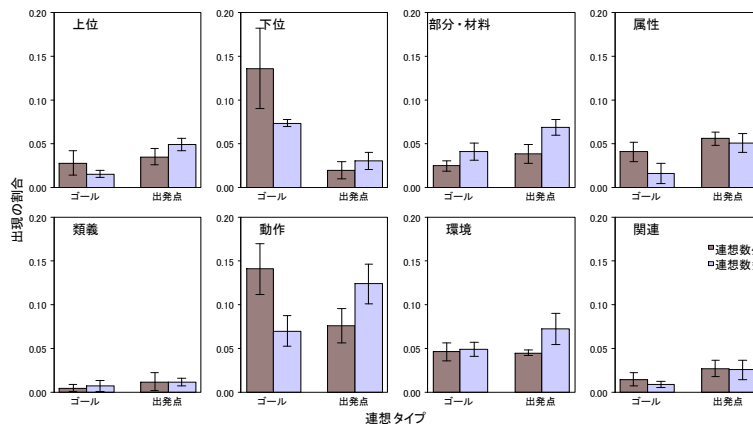


図4 ゴール/出発点からの連想概念のタイプ別の割合。エラーバーは標準誤差を表す。

6.1 結果のまとめと本研究の意義

本研究の目的は、創造的デザインにおける、思考の拡張と、その方向を検討することであった。そして、この目的のもとに、(1) 思考の拡張を促進させる要因を、連想の観点から検討し、(2) 創造的デザインにおける思考を連想の観点から記述することを検討課題とした。

第1の検討課題に関して、連想数の多さと創造性の関係を検討した。実験の結果、連想数が多い概念を出発点とした場合、デザイン成果物に対する創造性評価が高くなることが確かめられた(表6)。さらに、プロトコル分析の結果、連想数の多い概念を出発点とした課題では、全体的に多くの単語が発話される傾向にあることが示された(表7)。

また、2番目の検討課題に関して、動作概念を連想することの役割を検討した。結果、動作概念の全体的な発話割合に、課題間の差が認められなかった(表8)。しかし、続く分析において、課題間では、動作概念がどこから連想されたのかによって違いがあることが確かめられた(図4)。連想数の少ない概念を出発点とした場合、ゴールから多くの動作概念が連想されることが確かめられた。逆に、連想数の多い概念を出発点とした課題では、出発点から多くの動作概念が連想されることが確かめられた。

このように本研究では、デザインコンセプトの創造性評価に及ぼす連想数の効果を確認し、さらに、出発点となる概念の保持する連想数が、その後の動作概念の連想にまで影響を及ぼすことを示した。本研究の結果において、特に重要な点は、発話される語の総数(表7)ではなく、動作概念がどこから連

想されたのか(図4)において条件間で顕著な差が現れたことである。このことは、従来言われてきた思考の拡張(Finke et al., 1992; Nagai & Taura, 2006; Wilkenfeld & Ward, 2001)が、デザインの創造性を説明するうえで十分なものではないことを示している。本研究において示された創造的デザインのプロセスは、課題において与えられたゴールと出発点を制約とし、そこから有用な機能を探索していくものであった。このようなプロセスは、単純な思考の拡張というよりも、方向性のある思考の拡張といえる。本研究で得られた知見は、創造的デザインのプロセスをより深く理解していくうえで、重要なものであると考える。

ただし、本研究で得られた成果を一般化することは、慎重になる必要がある。本研究に対する1つの疑問は、実験で得られたデータ量である。本研究では、実験に参加した被験者が5名、出発点として選択した概念は2組であった。本来、連想数のような要因を検討するためには、大規模なデータを収集する必要がある。概念間の連想関係は被験者の個人的な経験によって変化すると考えられるし、選択した概念に固有の要因が関与したことも否定できない。

このような疑問の一部は、得られた結果を事後的に参照することで答えることができる。表7では、得られた発話プロトコルの総数で、連想数多条件が連想数少条件を上回った。もちろん、このことを根拠として、本研究の実験結果に、連想数以外の要因が混交した可能性を否定することはできない。ただ、ここから、本研究で得られた発話データに、想定された連想数の効果が反映したことは示される。

また、3.1節に示したように、本研究では、出発点となる概念間の距離などを可能な限り統制した。このような統制を併せて考えれば、データ量の限界はあるものの、本研究において得られた結果は一定の意味を持つと考えることができる。

本研究における別の限界は、創造性と連想プロセスの関係を直接的に検討していないことである。本研究では、課題間で創造性評価に差があったことをもって、連想数が多い課題では創造的な成果に結びつくプロセスがとられたと仮定した。しかし、創造的なデザインプロセスに関与する要因を特定するためには、今後、より直接的な方法で連想プロセスに関わる指標と創造性評価の関係を検討する必要がある。

さらに、上記の問題と関連し、本論文では、創造性評価に設けた2軸のうち、有意性を指標とした課題間の比較を示さなかった。有意性の評価軸を設けた理由は、独創的ではあるものの、意味を有さないデザイン案を分析から除外するためであった。5.1節では、これに関わる結果を示していないため、実験において得られたデザイン案に、意味のないものが含まれていた可能性を除外できない。

しかし、別の観点から、本研究において得られたデザイン案に、極端に有意性の低いデザイン案が含まれなかったことを示すことはできる。そもそも5.1節において有意性に関する課題間の比較を示さなかった理由は、評価者間の一致度が有意とならなかったからである。逆に言えば、このことは全ての評価者によって、一貫して低く評価されたデザイン案が存在しなかったことも示唆する。実際、評価値1を最も多く付与されたデザイン案（被験者4における連想数少条件のデザイン案）においても、評価値2を2名の評価者、評価値3を1名の評価者が付与した。このことから、本研究において得られたデザイン案に、奇抜なだけで、解釈が不可能なものは、含まれていないとみなすことができる。

6.2 今後の方向性

本研究の特色は、創造的デザインにおける思考プロセスを連想の観点から捉えたことにある。創造的デザインにおいて思考された概念がどこから連想されたのかという問題を検討するために、連想概念辞書を利用した半自動的なプロトコル分析を実施した。著者らは、本研究で採用した手法は、手作業に

よる方法に比べ、大きな利点があると考えている。図1に示されるような連想のプロセスは、通常、暗黙的なものとして扱われる。連想概念辞書を用いることで、はじめて発話プロトコルから、暗黙的な連想の経路を推定できたといえる。

ただし、注意しなければならないのは、本研究の手法は、被験者個人の連想プロセスを正確に記述するものではないということである。本研究では、標準化された知識構造の上で、被験者個人のプロセスを記述した。当然、連想概念辞書における知識構造と、個々の被験者が保持する知識構造に差異があることは考えられる。本研究の手法は、個々の連想と一般的な連想に差異があるという前提のもとで、個々の思考プロセスの特徴を、対比的に浮き彫りにすることを狙ったものである。著者らは、このような手法を採用するからこそ、思考の拡張などの現象を検討することができるのだと考えている。この意味で、本研究の採用した手法は、創造的なデザインプロセスを検討するうえで意味のあるものだったと考えることができる。

上記の限界とは別に、現時点で設定した分析の方法には、改善すべき問題もある。第1にデータに関わる問題があり、第2にアルゴリズムに関わる問題がある。著者らは、これらの問題が、本研究における分析の結果を大きく変えるものとは考えていない。しかし、これらを改善することで、より深いデザインプロセスの分析が可能になるとは考えている。以下、これらの問題を論じ、今後の方向を示す。

第1の問題とは、連想概念辞書に搭載されるデータが十分ではないことである。連想概念辞書における最も顕著な問題が、刺激語-連想語間の非対称性である。連想概念辞書では、刺激語に対して、連想語の種類が3倍近く掲載される。人間の連想を考えれば、刺激語と連想語の数が、これほど非対称になるという状況は考えづらい。つまり、この非対称性は、人間の標準的な知識構造をモデル化するという意味で、岡本・石崎(1999)による連想実験で用いられた刺激語の数は未だ十分でないことを示している。また、連想概念辞書におけるもう1つの問題が、刺激語として、名詞のみを扱っていることである。よって、形容詞(属性)や動詞(動作概念)を刺激語とした連想概念データを利用することができない。この点は、高次の連想関係を推定するうえで、深刻な問題となる。

このような問題を克服し、創造的デザインプロセスに関する網羅的な理解を成し遂げるためには、より大規模な知識資源が必要である。これに関して、近年、認知科学において、計算機上に搭載された知識資源を利用する機運は高まっており (Miller et al., 2004)、今後、多様な知識資源が開発される可能性はある。また、別の方向性として、近年では、人手で作られたシソーラスではなく、自動的にコーパスから構築された言語知識を利用した研究も行われている。たとえば、阿部・中川 (2007) では、大規模なコーパスから名詞と形容詞の共起頻度を抽出し、その結果を人間による比喩生成の分析に利用した。彼らと同様の手法は、創造的デザインプロセスにおける動作概念の連想にも利用できると考えられる。

第2のアルゴリズムの問題は、本研究において採用した連想関係の推定方法にある。本研究で設定したアルゴリズムは、近年の記憶検索のモデルに即しているわけではない。たとえば、本研究では、単一の語に対して、単一の連想関係のみを推定した。しかし、近年の記憶に関わる認知科学的研究では、1つの語の連想に、複数の語からの活性伝播が関与するという見方が主流になっている (たとえば、Anderson et al., 2004)。よって、より妥当な刺激語推定のアルゴリズムを確立するためには、概念の連想を系列的なプロセスではなく並列的なプロセスとして扱うことも必要になる。

著者らは、上記2点のような問題を改善することで、デザインプロセスに関して、より正確で深い分析が可能になると考える。たとえば、本研究では連想数 (連想のしやすさ) が創造性へ与える効果を検討したが、大規模な知識資源を用いることで、被連想数 (連想のされやすさ) の効果を検討することも可能になる。直感的に考えれば、被連想数の少ない孤立した概念は、創造性へ何らかの影響を与えることが予想される。また、Anderson et al. (2004) に代表される記憶検索のモデルでは、連想数が多いときに、それと結合する概念の1つを想起することが困難になるというファン効果を仮定する。ファン効果は、本研究で報告した連想数の効果と、必ずしも矛盾するものではない。しかし、連想数に関わる負の側面という意味で興味深い現象である。今後、このような記憶メカニズムに関する知見とデザインプロセスに関する統合的な理解が望まれる。

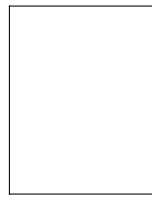
文献

- 阿部 慶賀・中川 正宣 (2007). 言語統計解析を用いた確率的言語知識の構築とその心理学的妥当性の検証. 『認知科学』, 14 (1), 91-117.
- Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). An integrated theory of the mind. *Psychological Review*, 111, 1036-1060.
- Collins, A. M. & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 451-468.
- 岡田 三朗 (2005). きっちり作って、きっちりと売る. 『デザイン・エクセレント・カンパニー賞!! 受賞経営者が語る26通りのブランドマネジメント』, 55-63. ダイヤモンド社.
- Fauconnier, G. & Turner, M. (2002). *The Way We Think - Conceptual Blending and the Mind's Hidden Complexities*. NY: Basic Books.
- Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). *Creative Cognition: Theory, Research, and Applications*. Cambridge: The MIT Press.
- Gero, J. S. (1990). Design prototypes: a knowledge representation schema for design. *AI Magazine*, 11, 26-36.
- Goldschmidt, G. (1994). On visual design thinking: the vis kids of architecture. *Design Studies*, 15, 158-174.
- Kulinski, J. & Gero, J. S. (2001). Constructive representation in situated analogy in design. *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*, 507-520.
- Lai, I. C. & Chang, T. W. (2006). A distributed linking system for supporting idea association during the conceptual design stage. *Design Studies*, 27, 685-710.
- Miller, G. A. (1995). WordNet: A lexical database for english. *Communications of the ACM*, 38 (11), 39-41.
- Miller, G. M., Fillmore, C. J., Palmer, M. S., & Hayes, P. (2004). Large-scale Knowledge Representation Resources for Cognitive Science Research. *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, p. 19.
- Nagai, Y. & Taura, T. (2006). Formal Description of Concept-Synthesizing Process for Creative Design. *Proceedings of Second International Conference on Design Computing and Cognition*, 443-460.

- 永井 由佳里・野口 尚孝 (2001a). ドローイングに表れたデザイン専攻学生の思考タイプと創造性の関係: デザイン創造過程におけるドローイングの役割(1). 『デザイン学研究』, 48 (4), 131-138.
- 永井 由佳里・野口 尚孝 (2001b). デザイン創造過程における思考の抽象度と創造性の関係: デザイン創造過程におけるドローイングの役割(2). 『デザイン学研究』, 48 (4), 185-194.
- 永井 由佳里・野口 尚孝 (2001c). デザイン創造過程におけるキーワードと思考経路の関係: デザイン創造過程におけるドローイングの役割(3). 『デザイン学研究』, 48 (4), 195-200.
- 日本電子化辞書研究所 (1995). 『EDR電子化辞書仕様説明書 (第2版)』. EDR TR-045.
- 岡本 潤・石崎 俊 (1999). 概念辞書の構築と概念空間の定量化: 連想実験による概念空間の抽出. 『情報処理学会自然言語研究会』, 13, 81-88.
- 岡本 潤・石崎 俊 (2001). 概念間距離の定式化と既存電子化辞書との比較. 『自然言語処理』, 8 (4), 37-54.
- 岡本 潤・石崎 俊 (2003). 連想概念辞書の距離情報を用いた重要文の抽出. 『自然言語処理』, 10 (5), 139-151.
- Suwa, M., Gero, J., & Purcell, T. (2000). Unexpected discoveries and S-invention of design requirements: important vehicles for a design process. *Design Studies*, 21, 539-567.
- Taura, T., Nagai, Y., & Tanaka, S. (2005). Design Space Blending. *Proceedings of International Conference on Engineering Design - '05*.
- Umeda, Y., Ishii, M., Yoshioka, M., & Tomiyama, T. (1996). Supporting Conceptual Design Based on the Function-Behavior-State Modeler. *Artificial Intelligence for Engineering Design*, 10, 275-288.
- Wilkenfeld, M. J. & Ward, T. B. (2001). Similarity and emergence in conceptual combination. *Journal of Memory and Language*, 45, 21-38.
- Wisniewski, E. J. (1996). Construal and Similarity in Conceptual Combination. *Journal of Memory and Language*, 35, 434-453.

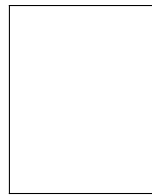
(Received 1994 5 16)

(Accepted 1994 5 16)



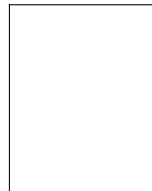
森田 純哉 (正会員)

2000年創価大学文学部卒業 . 2006年名古屋大学大学院人間情報学研究科博士後期課程修了 . 博士 (学術) . 現在, 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科助教 . 様々な場面における人間の自由な思考を, 情報処理アプローチに基づいて分析することに興味がある . また, 最近では, 感性や美意識などの問題にも取り組む . 日本認知科学会, 人工知能学会, Cognitive Science Society, 日本デザイン学会各会員 .



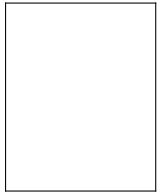
永井 由佳里 (正会員)

1961年生 . 武蔵野美術大学修士, 千葉大学博士後期課程修了 . 博士 (学術) . 文部科学省在外派遣研究員としてLoughborough University (英国) Creativity & Cognition Research Studios での研修 (2002年) 筑波技術短期大学講師, 助教授を経て, 2004年より北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科助教授 (現, 准教授) . デザインにおける創造性についての研究に従事するとともに, 認知プロセスの理解に基づいたデザイン制作を目指す . The Design Society, Design Research Society, ACM, Cognitive Science Society, 日本デザイン学会会員 .



田浦 俊春 (正会員)

1977年東京大学工学部精密機械工学科卒業 . 79年同大学院精密機械工学専攻修士課程修了 . 新日本製鐵株式会社, 東京大学人工物工学研究センター助教授を経て, 99年より神戸大学大学院自然科学研究科教授, 2007年同工学研究科教授 . 2005年より北陸先端科学技術大学院大学客員教授 (併任) . 博士 (工学) . デザインを一般的かつ学際的にとらえ, デザインの基礎的および工学的研究に従事 . Design Society (Advisory board, Design Creativity研究部会長), Design Research Society (Fellow), 精密工学会 (理事), 日本機械学会, 日本デザイン学会 (創造性研究部会主査) などの会員 .



岡田 亮士

2005年3月木更津工業高等専門学校専攻科卒業。2007年3月北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。修士(知識科学)。同年4月新日鉄ソリューションズ株式会社入社。現在は、設計・

製造データ管理のシステム開発に従事。