

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12514

研究課題名（和文）AIとデザイナーによる協調デザインに向けたアイデア発想支援システム

研究課題名（英文）Idea generation support system for collaboration by AI and designers

研究代表者

加藤 健郎（Kato, Takeo）

慶應義塾大学・理工学部（矢上）・准教授

研究者番号：70580091

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、代表的なデザイン行為の1つであるキーワードによるアイデア発想に着目し、デザイナーの思考モデルとそれに基づくキーワードの生成・学習を行うアイデア発想支援システムを構築した。具体的に同システムは、キーワード生成のために、WordNetとWord2Vecから構成されるAutoExtendを用いて、アナロジーに基づくキーワード生成を行うものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年のIoT技術の発展と、それにより得られるビッグデータ解析のために、人工知能（以下、AI）の応用分野が広がり続けている。本研究では、デザイナーの思考モデルとそれに基づくキーワードの生成・学習を行うアイデア発想支援システムを構築した。同システムが、AIとデザイナーの協調デザイン実現の一助となり、デザイン分野においてはものづくり産業の活性化につながることを期待される。

研究成果の概要（英文）：This study focused on the design idea generation using keywords, which is one of the representative design activities, and constructed an idea generation support system that generates and learns keywords based on a designers' thinking model. The proposed system utilizes AutoExtend, which is constructed by WordNet and Word2Vec to generate keywords based on analogies.

研究分野：デザイン学

キーワード：デザイン思考モデル AI 発想支援 Word2Vec AutoExtend

## 1. 研究開始当初の背景

デザイン科学(デザイン行為における法則性の解明およびデザイン行為に用いられる知識の体系化を目指す学問)の分野では、1950年代後半から、デザイナーが逆問題を解くために行う思考についての議論がなされてきた。同研究で提唱された思考モデルの例として、L. March による PDI モデル、J.C. Jones によるシステマティックデザインモデル、M.D. Mesarović と R.D. Watts によるアイコニックモデルなどが挙げられる。それらは C.S. Peirce が定義した発明/発見のための3つの推論(帰納、仮説形成、演繹)に対応する「デザイン対象の分析」、「デザイン案の総合(発想)」、「デザイン案の評価」の3つの思考のループを回すことの重要性を指摘している。近年では、IDEO や Stanford 大学が推奨する、デザイナーが行う、共感・問題定義・創造・プロトタイプ・テストのプロセスに基づくデザイン思考も注目されており、東京大学の i.school、京都大学デザインスクールなど多くの教育・研究機関で取り組みがなされている。

このようにイノベーションを創出するデザイナー(ヒト)の思考が注目される一方で、近年の IoT 技術の発展と、それにより得られるビッグデータ解析のために、人工知能(以下、AI)の応用分野が広がり続けている。野村総合研究所は「AIに奪われない職業」としてデザイナーを挙げているものの、IoTによるビッグデータをデザイナーが扱うことは困難であるため、AIの利用、すなわちデザイナーとAIの連携(協調)は不可欠になると考えられる。

デザイナーとAIの協調という観点から、上述したデザイナーによる3つの思考である分析(帰納)、発想(仮説形成)、評価(演繹)のうち、発想に着目する。デザインにおける発想の多くは類推(アナロジー)によるものと言われている。類推とは、図1に示すように「既知の事柄 a と a' との間には本質的な関係があると考えられる場合、a と b の関係に対応する関係を a' と b' の間に考え、既知の b と類比的に未知の b' を定立すること」とされている。類推は、既知の事柄(情報)が多いほど有利に行えるため、ビッグデータを扱えるAIが、デザイナーに替わり多様な発想を効果的に行うようになる可能性は高いといえる。一例として、Word2Vec という言語 AI を用いた(デザインにおけるアイデア発想のための)キーワード生成について考えてみる。Word2Vec は、テキスト処理を行うニューラルネットワークであり、単語間の共起関係をもとに単語をベクトルで表現することができる。このベクトル間には、例えば、“King” - “Man” + “Woman” = “Queen”のような演算が成り立つため、上述した類推への応用可能性が考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、AI とデザイナーの協調を実現するための枠組みの構築と、それに基づくイノベーションの創出により、デザイン分野においてはものづくり産業の活性化につながることを最終的な目標とする。この目標達成のための第一段階として、本研究では、代表的なデザイン行為の1つであるキーワードによるアイデア発想に着目する。そして、デザイナーの思考モデルとそれに基づくキーワードの生成・学習を行うアイデア発想支援システムを構築することで、AI とデザイナーの協調デザイン実現の一助とすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、アイデア発想の思考モデルと、それに基づくキーワードの生成・学習をAIにより行うアイデア発想支援システムを構築する。研究項目とその詳細を以下に示す。

- アイデア発想の思考モデルの構築：アイデア発想のためにデザイナーが行うキーワード生成に関する思考モデルを整理することで、提案システムで採用する思考モデルの種別や適用範囲を明確化する。具体的には、既存の思考モデルの特徴により各モデルを分類し、提案システムの仕様に合う思考モデルまたはその組合せを選出する。
- デザインに用いられるキーワードの特徴分析：言語 AI によるキーワードの学習効果を高めるために、デザインに用いられるキーワードの特徴を分析する。具体的には、デザインにおいて頻出するキーワードの重みづけや、(a)の思考モデルにおけるキーワードの役割ごとに類型化などを行う。自然言語処理のアプローチによる定量的分析に加えて、オントロジー(知識工学)のアプローチによる概念構造の定性的分析を行う。
- アイデア発想支援システムの構築：言語 AI を用いて、(a)で得られた思考モデルの組合せに基づき、デザインに必要なキーワードを選定するアルゴリズムと、(b)で得られたキーワードの特徴に基づいてキーワード選定のための学習を行うアルゴリズムを開発することで、アイデア発想支援システムを構築する。
- アイデア発想支援システムの検証：(c)で構築したアイデア発想支援システムに関する有効性を検証するため、学生(デザイン初心者)とデザイナー(デザイン専門家)の両被験者に同システムによるアイデア発想を実施させ、有効性の検証を行う。有効性の評価方法としては、被験者によるユーザビリティ評価、デザインアイデアに対する評価、生理計測(脳活動計測)による評価など複数の手段により柔軟に対応する。

## 4. 研究成果

- (a) デザイナーと AI の協調によるアイデア発想のための思考モデルに関する検討と、それに基づく、アイデア発想支援システムの施策について実施した。まず、思考モデルについては、既存のデザイン行為のモデル(March による PDI モデル, Jones によるシステムティックデザインモデル, Mesarović と Watts によるアイコニックモデル, Norman による人間中心デザインプロセス)における共通点として、3つの推論(帰納, 仮説形成, 演繹)のループの重要性を示唆するとともに、AI が支援する推論として、主に(キーワードの)発想行為に関連する仮説形成と、主に分析行為に関連する帰納を挙げた。次に、AI が支援する推論とヒトの推論を融合するためのアイデア発想支援システムの試作を行い、適用可能性を示唆した。具体的には Word2Vec を用いてキーワードのベクトル化を行い、それらを、デザインモデルの一つである多空間デザインモデルに基づくキーワードのカテゴリ(価値・意味・状態・属性)に分類し、ベクトル演算によりキーワードを創出するシステム構成を立案した。
- (b) デザインに用いられるキーワードの特徴分析については、(a)で作成した Word2Vec を用いたキーワードの生成方法を用いた有用性検証実験により、キーワードの語義が複数あることにより、所望のキーワード生成ができていないという課題を得た。例えば、背広という意味での“suit”という単語を入力した場合、同語句は訴訟という語義も有するため、応訴や告訴(“countersuit”や“complaint”)などの単語も抽出され、ユーザが意図する単語を抽出できていない。
- (c) (b)で述べた課題を解決するために、アイデア発想支援システムに、WordNet による構造化された言語知識を Word2Vec に加えた AutoExtend を用いることで、上述した語義曖昧性の課題を解決するシステム(図1)を、(a)で立案したシステム構成に基づいて提案した。
- (d) 提案したアイデア発想支援システムの有効性検証を行った。(c)で述べた AutoExtend を用いる効果として、語義曖昧性の課題を解決するだけでなく、アナロジーにおいて必要なターゲット(デザイン対象)のベース(デザイン対象に対する新たな発想を得るための比較対象)を見つけるために有用であることが明らかとなった。具体的には、AutoExtend により、ターゲットに関する形容詞や動詞を抽出(例えば、「へび」という名詞に対して、「狡猾な」や「くねらす」などの形容詞や動詞を抽出)し、それらの語義ベクトルと類似する名詞を検索することでベースを効率的に見つけられることを示した。これにより、提案システムにおけるアイデアの創造性評価が高くなることが確認され、デザインにおけるアイデア発想支援における適用可能性を示唆した。

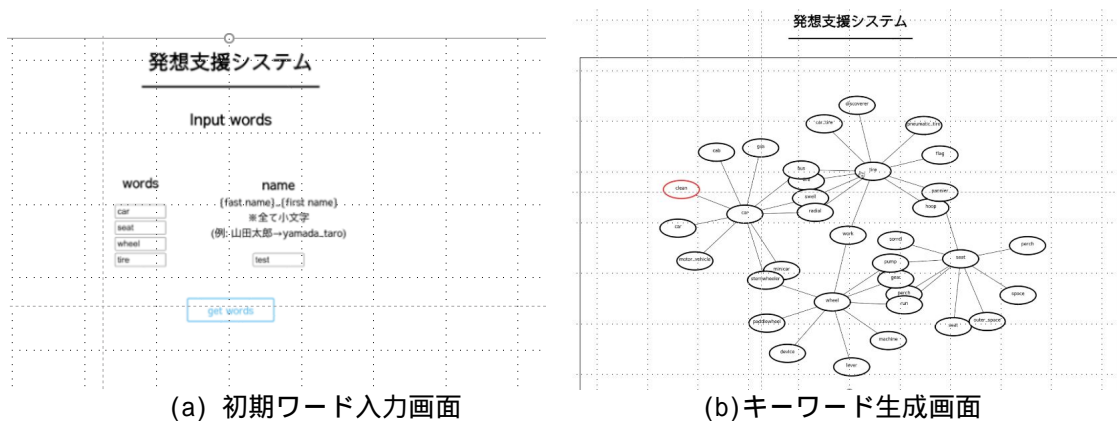


図1 アイデア発想支援システム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Daisuke Iseki, Takeo Kato, and Yoshiyuki Matsuoka	4. 巻 accepted
2. 論文標題 Digitalized M Method System based on Multispace Design Model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Science of Design	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11247/jsd.5.2_2_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeo Kato, Mitsunori Wada and Yasuhide Kishitani	4. 巻 accepted
2. 論文標題 Keyword Generation System Based on Design Model and Co-occurrence Word Learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Science of Design	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kazuma Matsuyama, Takahiro Shimizu, Takeo Kato	4. 巻 25
2. 論文標題 Systematic Classification of Curvature and Feature Descriptor of 3D Shape and Its Application to "Complexity" Quantification Methods	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 entropy	6. 最初と最後の頁 624
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/e25040624	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 野地亮吾, 高以良青空, 加藤健郎
2. 発表標題 シソーラス辞書および分散表現を用いた デザインキーワード自動生成システム
3. 学会等名 日本設計工学会春季大会研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeo Kato
2. 発表標題 Design Keyword Generation Method Based on Word2vec and Multispace Design Model
3. 学会等名 The 8th International Conference on KEER (Kansei Engineering and Emotion Research)2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤健郎, 和田充弘
2. 発表標題 共起後学習に基づくデザインキーワードの生成方法
3. 学会等名 日本機械学会 第30回設計工学・システム部門講演会論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takeo Kato, Ryogo Noji and Kiyotaka Takaira
2. 発表標題 Keyword Generation System based on Design thinking Model
3. 学会等名 UMTIK 2022 (the 19th International Conference on Machine Design and Production)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuma Matsuyama, Takahiro Shimizu, Takeo Kato
2. 発表標題 Systematic Classification of 3D Shape Analysis Methods using Curvature and Quantification of “Complexity”
3. 学会等名 UMTIK 2022 (the 19th International Conference on Machine Design and Production)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野地亮吾, 加藤健郎
2. 発表標題 AutoExtendを用いたデザインキーワード自動生成システム
3. 学会等名 日本機械学会 第32回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤健郎
2. 発表標題 多空間デザインモデルとその応用
3. 学会等名 日本デザイン学会, 第69回春季研究発表大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shengping Han, Hiroaki Kitagawa, Takeo Kato, Masaru Matsumoto
2. 発表標題 Design Guidelines and Case Study: Enhance Trust between Peer-to-Peer in the Sharing Economy
3. 学会等名 日本デザイン学会, 第69回春季研究発表大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	村松 慶一  (Muramatsu Keiichi)  (30634274)	早稲田大学・グローバルエデュケーションセンター・准教授 (任期付)  (32689)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	井関 大介  (Iseki Daisuke)  (20880652)	東京造形大学・造形学部・准教授    (32656)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関