

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03765

研究課題名（和文）微分幾何学と計算言語学に基づくデザイン言語学の構築

研究課題名（英文）Design linguistics based on differential geometry and computational linguistics.

研究代表者

金谷 一郎（Kanaya, Ichiroh）

長崎大学・情報データ科学部・教授

研究者番号：50314555

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、微分幾何学と計算言語学に基づくデザイン言語学の構築を目的とする。本研究提案者はデザインにおける形態を一種の言語と考え、語彙をつなぎ合わせる文法や、文法によって生じる意味の事例を蓄積し、その解析を行う。ここにデザインの語彙とは、形態における一連の特徴を持った部分であり、具体的には連続的な微分幾何学的特徴量を持つ形状である。本研究提案は機械学習を含む計算言語学の知見を応用し、デザインの文法を数学モデル化するものである。併せて、デザイナーに対する造形時の調査を実施し、デザインの文法と、デザインに込められたメッセージとの対応を求め、新たなデザイン言語学の礎とするものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の実用的側面としては、成果が工業デザインへの応用のみならず、近年盛んに行われている意匠、美術品、考古遺物等のデジタルアーカイブの検索性の向上にも貢献することが挙げられる。従来のデジタルアーカイブは専門家が作成した階層構造をたどるか、事前登録されたキーワードを頼りに検索するしかできなかったが、本研究の成果を用いれば、例えば作風の似た彫刻を検索できるようになるなど、従来のデジタルアーカイブの検索性の問題の解決が期待できる。また、本研究課題では副次的成果として、作者の知られていない造形物の作者推定にも応用が可能である。

研究成果の概要（英文）：This study aims to construct a design linguistics based on differential geometry and computational linguistics. The proponents of this research consider the form in design as a kind of language, and accumulate and analyse examples of grammars that connect vocabularies and the meanings produced by grammars. The vocabulary of design is the part of a form that has a series of features, specifically shapes with continuous differential geometrical features. The proposed research applies the findings of computational linguistics, including machine learning, to develop a mathematical model of the grammar of design. At the same time, a survey of designers is carried out to determine the correspondence between the grammar of design and the messages contained in the design, and this will form the basis for a new design linguistics.

研究分野：デザイン学

キーワード：デザイン学 幾何学 感性情報学 HCI

1. 研究開始当初の背景

本研究提案は、微分幾何学と計算言語学に基づくデザイン言語学の構築を目的とする。本研究提案者らはデザインにおける形態(form)を一種の言語と考え、語彙(lexicon)をつなぎ合わせる文法(syntax)や、文法によって生じる意味(semantics)の事例を蓄積し、その解析を行う。ここにデザインの語彙とは、形態における一連の特徴を持った部分であり、具体的には連続的な微分幾何学的特徴量を持つ形状である。本研究提案者らの従来研究により、デザインの語彙の収集方法は十分に確立している。デザインの文法とは、語彙をつなぎ合わせる形式のことであり、従来は経験的、非言語的に探求、継承が行われてきた人間の知的活動の一種である。例えばデザインが共同作業となる場合は、視覚言語や、デザイン原器と呼ばれる特別な形態を共有することが文法の統一につながるものが経験的に知られている。本研究提案はここに機械学習を含む計算言語学の知見を応用し、デザインの文法を数学モデル化するものである。併せて、デザイナーに対する造形時の調査を実施し、デザインの文法と、デザインに込められたメッセージ(意味)との対応を求め、新たなデザイン言語学の礎とする。

図1に言語的構造を有する著名な工業デザインの例を示す。図1左はフェラーリF40、図1右はトヨタ86である。両者とも設計意図は非常に近接しているが、形態は語彙レベルから異なり、文法レベルでは似ている部分と異なる部分が混在することが知られている。本研究提案は、具体的かつ簡潔に言えば、この両者のデザインの「感性的な」違いを数学的、計算言語学的に明確にするものである。



図1. フェラーリF40 (左) とトヨタ86 (右)

本研究提案者らは、工業デザイン、美術彫刻などの形状計測、およびデザイン行為、デザイン環境のリアルタイム動態計測、デザイナーへのヒアリング調査を通して、デザインの語彙が構成する形式を機械学習によって抽出する。抽出されたデザインの形式と造形の意味とを対応付け、デザインの文法辞書を構築する。またこのようにして得られたデザイン文法をもとにしたコンピュータ支援設計システムを構築する。

2. 研究の目的

本研究提案はデザインにおける形態(form)の語彙(lexicon)、文法(syntax)、意味(semantics)を計算言語学の意味において体系的に理解し、それを用いたコンピュータ支援

設計システムを構築することである。ここに形態の語彙とは形状の微分幾何学的特徴量のことであり、文法とは語彙が作る形式性、意味とはデザイナーがデザインに込めたメッセージである。本研究提案においては単に事例収集を行い分析するだけでなく、デザイン行為のサンプリングを実施する。そのためにデザイナーおよびデザイン環境の実世界情報処理も実施する。

本研究提案者らは従来研究によって形態の語彙を十分に収集、分類、整理しているため、本研究提案は文法レベル以上の解明を対象とする。具体的には、優れた工業デザインや造形を伴うモダンアートの造形行為、造形過程、造形物の三次元形状や動態をコンピュータによってモデル化し、ノイズを除去した上で、一旦語彙に分解する。このとき、語彙が構成する形式を機械学習によって抽出する。並行して、造形に関わったデザイナー、アーティストに対する聞き取り調査を実施し、造形の意味を記録する。最後に、語彙が構成する形式と造形の意味とを対応付け、デザインの文法辞書を構築する。また、このようにして得られたデザイン文法をもとにしたコンピュータ支援設計システムを構築する。(図3に概念図を示す。)

本研究提案の実用的側面としては、成果が工業デザインへの応用のみならず、近年盛んに行われている意匠、美術品、考古遺物等のデジタルアーカイブの検索性の向上にも貢献することが挙げられる。従来のデジタルアーカイブは専門家が作成した階層構造をたどるか、事前登録されたキーワードを頼りに検索するしかできなかったが、本研究の成果を用いれば、例えば作風の似た彫刻を検索できるようになるなど、従来のデジタルアーカイブの検索性の問題の解決が期待できる。また、本研究課題では副次的成果として、作者の知られていない造形物の作者推定にも応用が可能である。

一方で、従来、高度な精神活動の代表ともされ、十分に数学モデル化されなかった「デザイン」という行為が本研究提案によって部分的に解明され得る。これは計算言語学によって自然言語に対する理解が大幅に進んだ状況と類似し、広義の「デザイン学」への重要な礎ともなり得る。本研究提案は、人間の知的活動の理性的側面と感性的側面、さらには哲学的側面を融合するものであり、これが本研究の学術的独自性である。

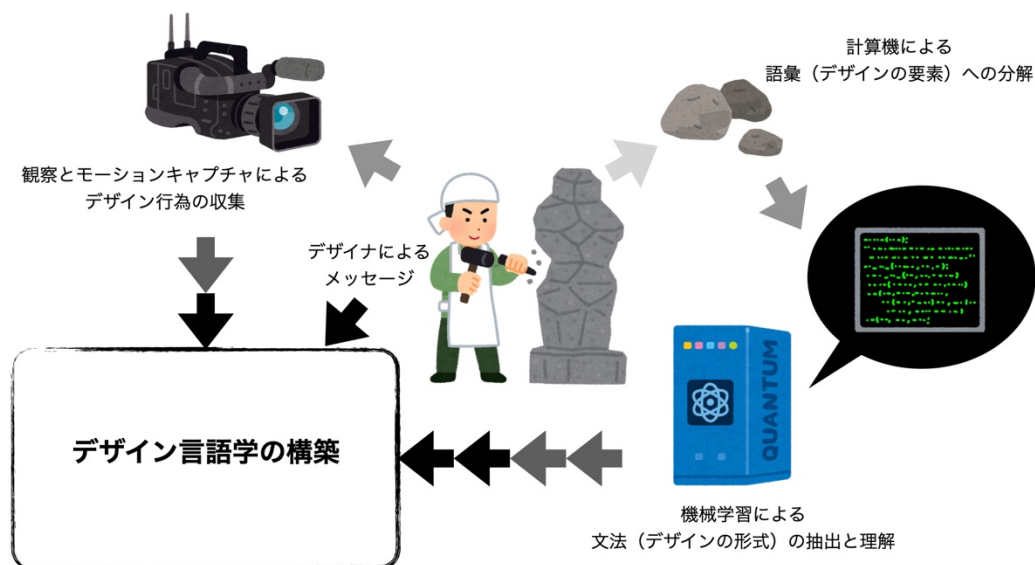


図3. デザイン言語学の構築に関する概念図

3. 研究の方法

本研究提案は、微分幾何学と計算言語学に基づくデザイン言語学の構築を目的とする。次のサブゴールを設定する。

(1) デザインの語彙を収集、分類、整理する。これは従来研究によってほぼ完成しているため、データ形式の調整のみを行う。金谷（研究代表者）が担当する。（第1年度）

(2) デザインの文法の元となる事例の収集、分類、整理を行う。これは工業デザインや造形物の三次元デジタルアーカイブを約200点程度行うとともに、デザイナーによるデザイン行為、デザイン環境のデジタルモデル化も行う。収集したデータは手動でラベル付を行い、機械学習の入力データとする。デザイン行為のモデル化を山本が、デザイン環境のモデル化を有田が主に担当する。（第1年度）

(3) 研究項目2の結果を用い、デザインの計算言語モデルを構築する。結果の半数を教師データとして用い、残り半数を試験データとしてモデルの妥当性を検証する。計算言語モデルの構築は主に金谷と飛谷が担当する。（第2年度）

(4) 研究項目3の結果を用い、デザイナーの「きもち」を理解するデザイン支援システムを構築し、評価する。金谷と山本が担当する。（第3年度）

研究項目1および2は第1年度に、研究項目2は第2年度に、研究項目3は第3年度に実施する。コンティンジェンシープランとして、特に研究項目3がクリア出来なかった場合は、機械学習モデルに代えて、本研究提案者らがすでに構築している仮のデザイン言語モデルを用いて研究項目4へ進み、仮の評価を行った後、学習方法を再検討し研究項目3を再度実施する。

4. 研究成果

研究項目ごとに示す。

(1) デザインの語彙を収集、分類、整理する

概要:

本研究では、デザインの語彙を収集、分類、整理することを目的とした。この作業は、従来の研究によってほぼ完成していたため、データ形式の調整のみを行った。

担当者:

金谷（研究代表者）

実施年度:

第1年度

成果:

- デザインの語彙データベースの整理と分類を完了。
- データ形式を統一し、利用可能な状態に整備。
- 収集した語彙をカテゴリごとに分類し、検索や分析が容易になるように整備。

(2) デザインの文法の元となる事例の収集、分類、整理

概要:

工業デザインや造形物の三次元デジタルアーカイブを約200点程度行い、デザイナーによるデザイン行為やデザイン環境のデジタルモデル化を行った。収集したデータは手動でラベル付けを行い、機械学習の入力データとした。

担当者:

デザイン行為のモデル化: 山本

デザイン環境のモデル化: 有田

実施年度:

第1年度

成果:

- 約200点の三次元デジタルアーカイブを作成。
- デザイナのデザイン行為およびデザイン環境のデジタルモデルを構築。
- 収集したデータに手動でラベル付けを行い、機械学習の入力データとして整理。

(3) デザインの計算言語モデルの構築

概要:

研究項目2の結果を用いて、デザインの計算言語モデルを構築した。結果の半数を教師データとして使用し、残り半数を試験データとしてモデルの妥当性を検証した。

担当者:

金谷、飛谷

実施年度:

第2年度

成果:

- デザインの計算言語モデルを構築。
- 教師データと試験データを用いたモデルの妥当性検証を実施。
- モデルの精度や有効性を確認し、改良を加えた最終モデルを確立。

(4) デザイナの「きもち」を理解するデザイン支援システムの構築と評価

概要:

研究項目3の結果を活用し、デザイナの「きもち」を理解するデザイン支援システムを構築し、評価を行った。

担当者:

金谷、山本

実施年度:

第3年度

成果:

- デザイン支援システムを構築。
- システムの性能やユーザビリティの評価を実施。
- デザイナからのフィードバックを基にシステムを改良し、実用化に向けた準備を整備。

総括

本研究は、デザインの語彙や文法の収集・整理から始まり、計算言語モデルの構築、さらにデザイナの「きもち」を理解する支援システムの構築と評価までを包括的に行った。これにより、デザイン支援の新たな方法を提案し、デザインプロセスの効率化と質の向上に寄与する成果を上げた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Tawaki Meina, Yamamoto Keiko, Kanaya Ichi	4. 巻 1
2. 論文標題 Cultural difference of simplified facial expressions for humanoids	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. IHET	6. 最初と最後の頁 1-8
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 Kanaya Ichi, Tawaki Meina, Yamamoto Keiko	4. 巻 1
2. 論文標題 Cross-Cultural Design of Facial Expressions for Humanoids-Is There Cultural Difference Between Japan and Denmark?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. ACM Multimedia Asia	6. 最初と最後の頁 1-8
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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 2件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 金谷一朗
2. 発表標題 アートとテクノロジーの再融合を目指す「メディア芸術」
3. 学会等名 関西大学先端科学技術シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 金谷一朗
2. 発表標題 世界遺産と3D映像
3. 学会等名 3次元画像コンファレンス（招待講演）
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	山本 景子 (Yamamoto Keiko) (10585756)	東京電機大学・システム デザイン 工学部・准教授 (32657)	
研究分担者	飛谷 謙介 (Tobitani Kensuke) (50597333)	長崎県立大学・情報システム学部・准教授 (27301)	
研究分担者	有田 大作 (Arita Daisaku) (70304756)	長崎県立大学・情報システム学部・教授 (27301)	

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
---------	---------