

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：27301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00728

研究課題名(和文) デザイナに寄り添って「きもち」を「かたち」にする深層学習型デザイン支援システム

研究課題名(英文) Computer aided design system that can follow designers' mind

研究代表者

金谷 一郎 (Kanaya, Ichiroh)

長崎県立大学・情報システム学部・教授

研究者番号：50314555

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：デザインは「きもち」を「かたち」へと具現化する特殊能力を要求される精神活動である。本研究提案者はこれまで、独自に提案したデザイン幾何学と複合現実感(AR)技術を応用し、デザイナーの「きもち」を「かたち」へ表現するための計算機支援環境の構築を行ってきた。本研究はこれらの研究成果をベースに、新たにディープラーニング(深層学習)技術を用いてデザイナーごとの「個性に寄り添う」デザイン支援システムを構築したものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は従来全てのデザイン行為をデザイナーに委ねていたのに対し、デザインのうちデザイナーに固有のパターンが認められる部分についてはディープラーニング(深層学習)技術を用いてパターンを抜き出し、そのパターンの再利用をデザイナーに提案することで、デザイン行為をより強力に支援するシステムを構築するものである。

研究成果の概要(英文)：Design is a creative work that one materializes his/her inner inspiration to a concrete form. The researcher of this grant so far has applied augmented reality (AR) technology and his original design geometry to a unique computer aided design system. The research of this grant is based on the previous work but involves a newly developed deep-learning technology so that it can learn designers' inspiration.

研究分野：デザイン学

キーワード：コンピュータ支援設計 デザイン

1. 研究開始当初の背景

多くの工業製品が成熟化した現在、工業デザインにおける造形デザインの重要性はますます高まっている。しかし、計算機支援設計(CAD)が前提である生産システムでは、デザイナーが製品コンセプトと印象に基づいて描く造形デザインは一旦 CAD システム向けにパラメタ化されるが、この過程で造形デザインの印象、造形デザイナーが描いた印象をそのまま工



図1.代表的なデザインクラス (左:トヨタ, 右:フェラーリ)



図2.デザイン曲線の違い (左:たまり曲線, 右:きれ曲線)

業製品として意匠化し生産できている例は少ない。

本研究提案者らは、原田らの先駆的な研究[1]に基づきドローイング、デザイン定規、造形の優れた自動車の形状の印象による分類を行い、代表的な二つの造形デザインクラスすなわち「たまり」(図1左、図2左)と「きれ」(図1右、図2右)の2クラスを発見している。[2]

静的な造形デザインを構成する個々の曲線、曲面に還元したとき、個々の曲線、曲面の印象はそれぞれの「曲がり具合の味わい」と「ボリューム感」で言い尽くされることが従来発見されており、本研究提案者らは曲線、曲面の「曲がり具合の味わい」は前述の「たまりのある」印象と「きれのある」印象にやはり分類できることを発見している。図2に印象の異なる曲線の例を挙げる。ただし、曲面の「ボリューム感」は対象物の実在感に大きく依存し、紙や平面スクリーンはもちろん、立体表示ディスプレイ装置を用いても提示は困難であることがわかっている。

本研究提案者らはこれまでにデザイン曲線の作風ごとの微分幾何学的特徴を抽出することに成功し、この特徴量を利用した感性的曲線ドローイングツールを開発し、またこれらの知見をデザイン幾何学としてまとめ、デザイナーに高く評価されている。また現在普及しつつある3Dプリンタ技術と複合現実感技術を融合させ、デザイン印象を動的に変化させ、かつその変化を3次元計算機支援設計(CAD)システムへとフィードバックするシステムの開発にも成功している。

本研究提案は従来全てのデザイン行為をデザイナーに委ねていたのに対し、デザインのうちデザイナーに固有のパターンが認められる部分についてはディープラーニング(深層学習)技術を用いてパターンを抜き出し、そのパターンの再利用をデザイナーに提案することで、デザイン行為をより強力に支援するシステムを構築するものである。

[1] 原田利宣他: 曲線の性質に関する定量化研究; デザイン学研究, 40, 6, pp.9-16, 1994.

[2] I. Kanaya, et.al.: Classification of Aesthetic Curves and Surfaces for Industrial Designs; Design Discourse, 4, 2, 2007.

2. 研究の目的

本応募研究課題は、工業製品、立体造形などにみられる造形デザイン（とりわけ意匠曲面）の感性類似度を定義し、造形デザインの感性的分類はもとより造形デザイナーの「個性」をも計算機によって学習させることを目的とし、究極的には計算機によるデザイナー感性の創発をみることを目的とする。次のサブゴールを設定する。

研究項目 1: デザイナに固有の「曲がり具合の味わい・ボリューム感・躍動感」のモデル化を行うための装置を製作する

研究項目 2: 研究項目 1 の装置を用いデザイナーによる 3 次元造形の動的な幾何学的特徴を数値化しディープラーニング（深層学習）を行う

研究項目 3: 研究項目 2 の結果を用い、造形デザインの動的幾何学モデルを実装したデザイナー感性を理解する CAD システムを構築し評価する

3. 研究の方法

本研究計画は、従来研究の複合現実感技術を用いた計算機支援デザイン装置の拡張した、デザイナーに固有の「曲がり具合の味わい・ボリューム感・躍動感」のモデル化を行うための装置の製作（研究項目 1）、デザイナーによる 3 次元造形の動的な幾何学的特徴の深層学習（研究項目 2）、造形デザインの固有幾何学モデルを実装したデザイナー感性を理解する CAD システムの構築と評価（研究項目 3）の 3 段階からなる。H29 年度に研究項目 1 と 2 の一部を行い、H30 年度以降に研究項目 2 および 3 を実行する。研究項目 1 は 3D プリントされた実物体（モックアップ）にプロジェクタによる様々な光学パターンを照射する複合現実感デザイン支援環境（科研費課題番号 26350008 にて製作済み）をベースにデザイナー固有のデザインを取得する装置である。研究項目 2 はデザイナーの固有造形パターンをサンプリングし深層学習するとともに、認知・心理モデルの構築に役立てるものである。研究項目 3 は項目 1 および 2 を統合し、デザイナーに寄り添って「きもち」を「かたち」にする深層学習型デザイン支援システムの構築と、デザイナーによる評価を行う。

H29 年度：デザイナーに固有の「曲がり具合の味わい・ボリューム感・躍動感」のモデル化を行うための装置を構築するために、すでに製作済みの複合現実感(AR)3次元デザイン支援システム（図4）の改造を行い、デザイナー固有パターンの取得を行う。現有設備の液晶プロジェクタ、制御用計算機、人体頭部モーショントラッカ、3D プリンタからなるシステム（現有設備）に深層学習用計算機 A（新規購入）を接続する（研究項目 1）。深層学習用計算機 A はデータの収集および深層学習の試験に用いる。

曲面の印象のうち「ボリューム感」は実在の物体の存在感に、「味わい」は曲面上のハイライトパターンに大きく左右されることがわかっており、本装置によって意匠曲面のハイライトパターンを任意に制御可能とすることで、曲面の「味わい」を制御する。実物体は 3 次元プリンタを用いることで短期間かつ高精度に作成する。

本実験装置により 3 次元造形と造形デザイナーの持つ印象との関連を取得し深層学習によって詳しく調べ（研究項目 2）、3 次元造形に関するデザイナー感性の微分幾何学モデルの構築を効率的に行う。具体的には、デザイナーが持つ印象語と、対応する特定のハイライトパターンとの組み合わせを収集し、デザインパターン辞書を作成し、デザイナー感性を理解する CAD システム（研究項目 3）のための基礎データとする。また、クレイモデル上のハイライトパターン（曲面の「味わい」を決定づける）を変化させるためのインタフェースとしてモーショントラッカを応用した仮想ツールを設計する。

H30 年度以降：H29 年度構築の装置（研究項目 1）を用いてデザイン事例を収集し、深層学習用計算機 B（新規購入）を用いて深層学習を行う。H29 年度構築の装置に含まれる深層学習用計算機 A を用いて得られた知見を深層学習用計算機 B に応用する。

造形デザイナー感性の数学モデルを計算機上に実装し、デザイナー感性を理解する CAD システムを試作する（研究項目 3）。実装した造形デザイナー感性の微分幾何学モデルがどの程度普遍性があるのかを調べるため、下記の試験を行う。

- ・提案数学モデルを実装した CAD システムの工業デザイナーによる主観評価
- ・提案数学モデルによる自動生成した意匠曲面の一般ユーザによる印象の統計調査

また、既存の工業製品、彫刻、建築などのうち美術的評価の高いものを選び、3 次元形状計測装置（現有設備）を用いてそれらの形状を取得し、それらの印象と提案モデルとの一致度を探り、将来のデジタルアーカイブ応用の基礎データとする。

具体的には、以下の方法をとる。

デザイナーに寄り添って「きもち」を「かたち」にする深層学習型デザイン支援システム：本研究提案者はすでにデザイン印象に基づく曲線・曲面生成を可能とした 3 次元 CAD システムを試作している。本研究提案では上述の CAD システムに深層学習機能を付加し、すでに得られているデザイン幾何学モデルにデザイナー固有のパラメタをもたせることで、デザイナーに「寄り添う」デザイン支援システムを構築する。本目的のため深層学習用計算機 A（H29 購入）および B（H30 購入）を用いる。

デジタルアーカイブへの応用：我々は既に、国内外の建築，自動車，化粧品瓶等の3次元形状モデルを100点以上収集しており，これらの形状からその印象を決定づける特徴的な部分を抜き出し，印象語との対応付けを行い，データベース化し，形状間の印象的距離の定義を試みる．また，形状モデルの収集を引き続き行う．

4．研究成果

本研究成果をまとめた結果を英文学術誌 *Emotion Engineering* vol.8 (Springer Nature) に発表した．その他，国際発表5件，学術論文1件の発表を実施した．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ichiroh Kanaya, Eri Itoh	4. 巻 1
2. 論文標題 Design of An Ad-Hoc Mesh Network for Aircrafts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IntechOpen	6. 最初と最後の頁 1-11
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Kanaya, Ichiroh; Itoh, Eri	4. 巻 10689
2. 論文標題 An Ad-Hoc Mesh Network for Flight-Deck Interval Management of Airplanes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 162-175
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-319-72329-7	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 Kawae, Yukinori; Chiba, Fumito; Yokoyama, Shin; Kanaya, Ichiroh; Kamei, Hiroyuki	4. 巻 -
2. 論文標題 PEAKIT analysis of 3D data of the tomb of Khentkawes [I] at Giza	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society for Scientific Studies on Cultural Properties	6. 最初と最後の頁 -
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 Kawae, Yukinori; Yasumuro, Yoshihiro; Kanaya, Ichiroh; Chiba, Fumito	4. 巻 -
2. 論文標題 The Construction Methods of the top of the Great Pyramid at Giza	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Old Kingdom Art and Archaeology	6. 最初と最後の頁 55-56
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0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 浦西 友樹 (著), 青砥隆仁 (著), 井村誠孝 (著), 大倉史生 (著), 金谷一朗 (著), 小枝正直 (著), 中島悠太 (著), 藤本雄一郎 (著), 山口明彦 (著), 山本豪志朗 (著)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 マイナビ出版	5. 総ページ数 -
3. 書名 画像処理・機械学習プログラミング OpenCV 3対応	

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究情報公開ホームページ www.pineapple.cc
--

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)	京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・助教 (14303)	