

令和元年6月19日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03014

研究課題名(和文) デザイン思考における記号操作の意味的構造と実践的役割に注目するデザイン知の探究

研究課題名(英文) Study on Design Intellect focusing of the Semantic Structure and Practical Roles of Symbol Operation in Design Thought

研究代表者

藤井 晴行 (FUJII, HARUYUKI)

東京工業大学・環境・社会理工学院・教授

研究者番号：50313341

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：「デザインとはいかなる行為か?」という問いに対し、デザイン行為の本質的構造を表現するモデルを構築すべく、デザインの思考過程における記号操作の意味的構造と実践的役割の関係を、設計案の構成を支援する計算システムの生成、計算システムとデザイナーとのインタラクションの分析、デザインの思考過程における記号操作を連係するモデルの構想を繰り返すことによって明らかにし、デザイン知の一翼を担う言語的知性と論理的知性を磨く方法論の基盤を構築した。上記成果を展開するシンポジウムや国際セミナーを企画・運営するとともに、国内外の研究者・実務者たちとの議論を通じ、研究の意義と方向性の確認を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

デザイン科学の方法論の構築とデザインを支援する計算システムの構想と実装の礎となる、デザインに関わる代表的な記号操作の観点である図式、数理、論理を柱とするモデルは、「デザインとはいかなる行為か?」という素朴な問いに対し、学術的な見地からの答えのひとつを提供するための基盤となる。デザイン科学教育のひとつの重要な鍵となる記号表現や記号操作を設計対象やデザイン行為という実体とを記号化と復号化の双方向において関連づける知性を磨くための方法論の理論的基礎となる。

研究成果の概要(英文)：What is designing? We have been trying to make a comprehensive answer to this question through construction of theoretical models representing features in designing. Symbol operations, computation in some sense, in designing are focused on from schematic, numerical, and logical aspects. Computational systems of designing are installed as the testbeds by employing computational technique of generation, enumeration, optimization, machine learning, machine translation, pattern recognition, proof, etc. We observed how design students interact with the systems to find key issues in education of science of design. The models are applied to explain styles of vernacular houses and contemporary buildings, i.e., Ryukyu houses, houses designed by Le Corbusier, Berlin Jewish Museum designed by Libeskind, etc. We convinced that the models are representing some important features in designing. Some findings and insights for design education are introduced in international and domestic seminars.

研究分野：デザイン学

キーワード：デザイン科学 構成的方法論 図式 数理 論理 記号操作 人工知能

1. 研究開始当初の背景

デザイン (design) は行為である。デザイン・プロダクトはそれが存在するか否かの契機をデザイナーが定めることができ、その構成方法の策定や構成原理の設定にもデザイナーが関与できるものごと[文献 1]、すなわち、人工のものごと (artifact) である。人工のものごとは、それが使用される文脈において、ある状況を実現する仕組 (system) を具現化する。人工のものごとが存在して使用されるという実体的な事態と出来事、実体の存在や使用が生起する自然現象や社会現象、これらに関わる人間の経験を結びつける法則性を組織化して仕組を構築することが広い意味でのデザインである[文献 2]。デザインの思考過程 (design thinking) は論理的思考と非論理的思考からなり[文献 3]、仕組の構築においては実体に対応づけられた数式、論理式、図式表現などの記号の操作を適切に用いることが重要である。ここで、実体は、視覚、聴覚、触覚などの体感によって認識できるものごとであり、図式表現は、設計図、概念図、スケッチなどの総称である。

ミズン[文献 4]は、考古学のデータに基づき、生存に寄与する技術的知能、博物的知能、社会的知能を連係する認知的流動性が生じたことが芸術・宗教・科学の起源であるとの仮説をたてている。技術的知性は身体をつかってモノをつくり、モノを操って捕食や居住の道具とすることを可能にする。博物的知性は生存にとって好ましいものごとや好ましくないものごとを識別することを可能にする。社会的知性は情報伝達を行い、他者と協働したり交渉したりすることを可能にする。これらの知性は学習や記憶などを可能にする一般的知性によって支えられている。人間はこれらに加えて流動的知性、内省的知性、言語的知性、論理的知性をもっている。流動的知性は博物的知性、技術的知性、社会的知能を連係することを可能にする。内省的知性は自己の心的状態や認知プロセスを認知し、流動的知性を意識的に用いることに貢献する。言語的知性は、ことばへの感受性、言語を理解する力、言語を学習する力、目的を成就するために言語を用いる能力に関わり、実体や概念に結びつけられた記号を媒体とする思考を可能にする。論理的知性は問題を論理的に分析し、数学的な記号操作を実行する能力に関わり、合理的な思考を可能にする。

デザイン思考の問題解決過程としての定式化に関しては、サイモンによる生成検証過程の定式化[文献 5]、エイキンによる情報処理過程の定式化[文献 6]、ジェロによる構造・振舞・機能概念を用いた定式化[文献 7]、藤井らによる様相論理とクリプキ構造を用いた定式化[文献 8]など、いくつかの研究がなされている。また、最適化過程としての定式化にはジョーンズ[文献 9]による文脈変数-設計変数-目的変数モデルがある。人工のものごとの構造の表現に関しては形態を生成する規則を文法構造として定式化する形態文法 (shape grammars, 例えば,[文献 10]) やオブジェクト指向言語を用いて定式化する研究 (例えば,[文献 11]) などがある。デザイン思考に関わる記号表現の意味と役割に関する知見は、エイキン[文献 6]、ジェロ[文献 7, 12]、ジョーンズ[文献 9]、青木[文献 13, 14]、藤井[文献 3, 8, 15, 16]などの研究に見られるが、デザインに関わる言語の構造や表現と意味の関連づけに関する統一的理解は得られておらず、デザインにおける種々の記号操作を相互に関連づける理論的モデルの提案には至っていない。

デザイン思考に現れるものごと (事実, 解釈, 現象) の言語表現とそれらが明示したり暗示したりする実体や概念との関係を明らかにしつつある。また、これらの関係の説明の基底として空間図式 (spatial schema, 注; 私たちが存在して行動する場所を環境との空間的な関係によって知覚して自分を定位することを方向づける図式) という概念を具現化しつつある [文献 17, 18]。この過程で、問題解決、非単調推論、最適化などの論理的思考の計算モデルに論理的にも非論理的にもなしうる空間図式の操作を表現する記号操作を加えることによって、論理的思考と非論理的思考が協働するデザイン・プロセスを模擬する計算モデルを作成可能であるとの確信を強めてきている。

言語的知性と論理的知性を磨き、仕組の構築に関わる博物的知性、技術的知性、社会的知能を連係する記号操作を意識的に行うことによってデザイン知が涵養されると仮定し、デザインにおける記号操作の意味的構造と実践的役割を構成的に明らかにしようと考えている。

[参考文献]

- 1) アリストテレス; 「ニコマコス倫理学 (上・下巻)」, 岩波書店, 1971 年。
- 2) 藤井晴行, 中島秀之: デザインという行為のデザイン, 認知科学, Vol.17, No.3, 403-412, 2012 年。
- 3) 藤井晴行: 建築デザインの論理的観点と非論理的観点を結合する二層モデル, 日本建築学会計画系論文集, No.591, 79-84, 2005 年。
- 4) ミズン; 「心の先史時代」, 青土社, 1998 年。
- 5) サイモン, H.A.; システムの科学 第 3 版, パーソナルメディア, 1999 年。
- 6) Akin, O.; *Psychology of Architectural Design*, Pion, London, 1986.
- 7) Gero, J.; Design Prototypes: A Knowledge Representation Schema for Design, AI Magazine, Vol.11, Issue 4, 26-36, 1990.
- 8) 藤井晴行, 中井正一: 多種の教義が関与する設計過程の巨視的構造, 日本建築学会計画系論文集, No.518, 335-340, 1999 年。
- 9) Jones, C. J.: *Design Methods*, John Wiley & Sons, Inc., 1970.

- 10) Stiny, G.: Introduction to shape and shape grammars, *Environment and Planning B: Planning and Design* 7, 343-351, 1980.
- 11) 渡辺俊, 渡辺仁史: 建築設計のための知識表現モデルに関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.443, 71-78, 1993年.
- 12) Gero, S. & Fujii, H.: A Computational Framework for Concept Formation in a Situated Design Agent, *Knowledge-Based Systems*, Vol.13, No.6, pp.361-368, 2000.
- 13) 青木義次: 計画の構造と手法, 建築研究報告第80号, 建設省建築研究所, 1977年.
- 14) 青木義次: 計画行為の妥当性に関する論証, 日本建築学会計画系論文集, No.527, 143-148, 2000年.
- 15) 藤井晴行, 青木義次: 計画行為の妥当性論証にむけた公理化, 日本建築学会計画系論文集, No.532, 157-162, 2000年.
- 16) 藤井晴行: 建築設計に用いられる多種記号体系を関連づける枠組, 日本建築学会計画系論文集, No.520, 337-343, 1999年.
- 17) 福田隼登, 藤井晴行: 身体性に注目した空間体験の図式表現方法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, Vol.80, No.709, pp.559-568, 2015.3
- 18) 篠崎健一, 藤井晴行, 片岡菜苗子, 加藤絵里, 福田隼登: 空間図式の身体的原型の現地における空間体験に基づく研究 -写真日記を基礎資料とする KJ 法の試み, 認知科学, Vol.22, No.1, pp.37-52, 2015.3
- 19) 渡辺俊, 位寄和久, 岩田伸一郎, 大崎純, 大西康伸, 川角典弘, 加藤直樹, 長坂一郎, 藤井晴行: 『建築のデザイン科学』, 京都大学出版会, 2012

2. 研究の目的

「デザインとはいかなる行為か?」という探究を, デザインを可能にする知性(デザイン知)に注目して行い, デザイン行為の本質的構造を表現する理論的モデルを構築するという全体構想のもと, 本研究の目的は, デザインの思考過程における種々の記号操作(広義の計算)の意味的構造と実践的役割の関係を明らかにして計算可能な形式で表現すること, デザイン知の一翼を担う言語的知性と論理的知性を磨くことを通じてデザイン知を涵養する方法論を構築する基盤とすることである. 具体的には, 1) デザインにおける数学的思考, 論理的思考, 図式的思考を表現する記号操作を連係することによって設計案の生成, 分析, 構想を支援する計算システム(人工知能)を構成し, 2) デザイナーとシステムのインタラクションを手掛かりにしてシステムの構造, ふるまい(意味的構造), 機能, デザイナーとの関係(実践的役割)を分析し, 3) 人工知能を洗練させるプロセスを繰り返し, デザインの思考過程における記号操作の理論的モデルを構成的に構築することによって, 言語的知性及び論理的知性とデザイン知を構成する他の知性(技術的知性, 博物的知性, 社会的知性)との関係を解明する.

思考の媒体である記号の操作という観点からデザイン研究にアプローチすることが独創的な点であり, 数理論理学, 知能情報学, 言語学の理論を導入したデザイン学研究を遂行することが学術的特色である. 建築を足掛かりとして, エンジニアリング・デザイン全般に通底する本質的構造を探るものである. デザイン知全体と言語的知性及び技術的知性との関係を表現するモデルはデザイン知を涵養する方法論を構築するための基礎理論となる.

3. 研究の方法

下記のⅠ～Ⅲを, 相互に関連づけ, 並行して実施する. で生成するシステムを で用い, の分析結果を に活かし, の構想を で具現化するという構成的方法によって探究を深め, 目的達成に向けた軌道の確認・調整を逐次的に行う.

設計案の生成, 分析, 構想を支援する計算システムの生成

デザインは設計案の生成, 分析, 構想の繰り返しによって進められるという構成的方法論にもとづき, 生成, 分析, 構想のそれぞれにおける思考の図式的基盤, 数理的基盤, 論理的基盤を定式化する計算モジュールを作成し, これらの基盤を連係するプロセスを定式化することによって, デザインを支援する計算システムを構築(生成)する.

図式的基盤の定式化: 古典的幾何学, 位相幾何学, 非ユークリッド幾何学などにおける図形操作の方法論や生成文法を応用することによって, 構成要素を組み合わせた変形したりして全体をつくるボトムアップ型の生成, 抽象的な構造から具体的かつ実体的な構造を導出するトップダウン型の生成などにおける記号操作を定式化する.

数理的基盤の定式化: 物理法則を応用し, 環境親和性, 構造の安定性など, 人工物のふるまい(behavior)を定量的に分析する方法を定式化するとともに, 最適化, 機械学習などの理論にもとづき, 最適かつ合目的な結果を得るべく記号操作の定義域と値域を想定するメタ記号操作を定式化する.

論理的基盤の定式化: 述語論理, 直観論理などの証明体系や集合論の公理系にもとづき, 設計案の構造, ふるまい, 機能やそれらの関係に関する要求や制約を階層化したり, 類似あるいは対比関係をもつ情報を関連づけたりすることにより, 設計案を構想する記号操作を定式化する.

基盤の連係プロセスの定式化は, 空間的情報, 定量的情報, 定性的情報を機械翻訳(machine translation), 深層学習(deep learning)などによって関連づけ, 構成的プロセスにおける図式的基盤, 数理的基盤, 論理的基盤を連係する記号操作を定式化することによって, デザイン

における案の生成, 分析, 構成を支援する計算システムを構築 (生成) する.

デザインを支援する計算システムとデザイナーとのインタラクションの分析

計算システム (において生成) を援用するデザインのプロセスにおけるデザイナー (エンジニアリング・デザインを学んでいる大学院生や卒業研究生) とシステムのインタラクションを分析し, デザインにおける記号操作の意味的構造と実践的役割の関係を考察する. インタラクションの分析は, 生成においては技術的知性, 論理的知性, 社会的知性, 分析においては博物的知性, 言語的知性, 内省的知性, 構想においては言語的知性, 論理的知性, 流動的知性, プロセス全体においては, これらの知性の関係性や記号操作との関係に注目して行う. デザイン知を構成する諸知性の関係性や記号操作との関係をこのワークショップの教育的効果と関連づけ, デザイン知の涵養に寄与するための要件を整理する.

デザインの思考過程における記号操作を連係する理論的モデルの構想

デザインの思考過程における記号操作の意味的環境と実践的役割の関係を, の知見に基づき, 図式的基盤, 数理的基盤, 論理的基盤という記号操作の範疇 [文献 19], 技術的知性, 博物的知性, 社会的知性, 流動的知性, 内省的知性, 論理的知性というデザイン知を構成する知性 [文献 4], 結構, 振舞, 機能というデザインの存在論的水準 [文献 6], 設計変数, 制御変数, 目的変数, 文脈変数などのデザインに関わる変数 [文献 9], 構成的方法論における生成と外化 (記号から実体への復号化), 環境とのインタラクション, 分析と変数の発見 (実体から記号への符号化), 構想と方向づけ (記号操作をともなう計画策定, 発想) というデザインを構成する行為 [文献 2] との対応づけを行いながら, 構造化する. これらに基づき, デザインの思考過程における記号操作の意味的環境と実践的役割の関係を説明するモデルを構築する. 構築したモデルの妥当性を, 伝統的建築や現代建築の様式を規定する隠れた秩序 (構成原理) の図式的, 数理的, 論理的観点からの説明 (記号操作としての形式表現) に適用することによって, 検証する. また, モデルの構造に注目し, 言語的知性, 技術的知性, 博物的知性, 社会的知性, 流動的知性, 内省的知性, 論理的知性とデザイン知との関係性を考察する.

4. 研究成果

研究方法 I ~ III を通し, 図式, 数理, 論理の観点に注目して設計案を生成または分析する際の思考を定式化し, モデュロールに基づく形態の列挙, 構造を最適化する建築形態の創生, 比喩・アナロジーによる設計などを行うシステムを実装し, これらを連係するモデルを構築した.

設計案の生成, 分析, 構想を支援する計算システムの生成に関する理論や技術の研究

デザインを構成的プロセスとして捉えるための図式的基盤として, 日本の伝統的な民家・町屋・合掌造りの形態を創発する形態文法 (Shape Grammar) について分析し, それらを CGA 言語により記述することで具体的な 3D モデルの生成を実現した. また, 建築デザインにおける解の列挙問題と無限性を, ル・コルビュジェが提唱したモデュロールによる「羽目板遊び」や安定する構造フレームなどを事例として, 深さ優先探索のプログラムにより厳密に探究した. さらに, 都市デザインの評価として, Metropolitan Form Analysis の手法を用いてコンパクトシティ指標としての多核性に関する分析を行った. [論文 1,2,3,6,17]

数理的基盤として, 最適化と機械学習に焦点を絞って, 建築構造設計のための方法論を展開した. 具体的には, トラス構造の概形を指定して最適化する方法と, 骨組のブレース配置における優良解を学習する方法を提案した. また, 静的荷重を受ける骨組を対象として, ブレース設置とともに付加応力を最小化するようなブレース配置を学習するアルゴリズムを拡張し, 小規模骨組での学習結果を大規模骨組に適用するためのアルゴリズムを開発した. さらに, 軸力密度法を用いたトラスのトポロジー・形状同時最適化手法を曲面状トラスに拡張した. [論文 4,7]

論理的基盤として, デザインにおける無時間的な要求を命題的要求, 時間的な前後関係の情報を含む要求を使用要求, ユーザーによる人工物の使用に関する要求を構成要求と呼び, これらの要求のあり方について構成的数学における証明行為を参照する分析に基づき, デザイン行為を形式的にとらえる視点を与えた. そして, デザイン対象としての使用の定式化を行い, その使用の展開が理想的数学者の証明行為に対応することを明らかにした. [論文 5,11]

デザインを支援する計算システムとデザイナーとのインタラクションの分析

合理性が要求され, 高度な計算 (シミュレーションを含む) を必要とするデザインにおいて, 実態的操作と記号操作との関係性を, 石庭のデザイン課題の遂行過程の観察, 伝統的建築技術教導における会話と身体動作, 建築の空間構成などを分析することによって, デザインにおける多様な思考を連係する理論的モデル構築の基礎とした. 数理的基盤, 図式的基盤, 論理的基盤における基本的な計算を行うプログラムを作成し, これらの解説テキストを作成した. デザイン科学の初学者向けセミナーを開催し, 参加者の振る舞いを観察することにより, デザイン科学の教導方法において実体の記号化と記号の復号化の双方向において実体と記号を関係づける知性を涵養することが重要な鍵となることを確信した. [図書 1]

研究成果を展開するシンポジウム (日本建築学会主催) の企画・開催に協力するとともに, 国内外の研究者・実務者たちとの議論を通して, 研究の意義と方向性の確認を行った. また, Singapore University of Design and Technology と L'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris La Villette (ENSAPLV) において国際セミナーを開催し, 研究成果を

デザイン科学の実践という文脈で紹介し、教員、博士課程学生、実務者らと議論し、デザイン科学の方法や可能性に関する考察を深めた。

・デザインの思考過程における記号操作を連係する理論的モデルの構築

デザインの思考過程における記号操作の意味と実践的役割の関係を、論理的観点、図式的観点、数理的観点、生存に関わる様々な知性、結構、振舞、機能、設計変数、制御変数、目的変数、文脈変数、構成的方法論における生成、分析、創起などの概念と結びつけて説明するモデルを構築した。また、構成的方法論(FNS)の理論的基盤を、意味論と心の哲学における意識と心身問題に対するサールの解決案を踏まえて記号と実体を対応づけるクラスを整理することにより、拡張した。このモデルの妥当性を検証する経験的データとして、伝統的建築（琉球民家、モン族民家など）や現代建築（モデュールに基づいて設計されたル・コルビュジェの作品、ベルリン・ユダヤ博物館など）の空間を体験し、記号と実体の関係性を分析するためのデータベースを構築した。琉球民家を対象とし、空間の接続関係のネットワーク分析により空間の中心性や空間同士のまとまりを定量化し、空間体験に基づく定性的な分析と対応づけた。また、南面ファサードの構成を記号列とみなして生成文法を作成し、民家構成の規則を探究した。記号操作と記号が指示する実体との関係を、モデル理論的意味論を踏まえて整理するとともに、空間設計における記号(言語)と指示対象(実体)との対応づけを媒介する半言語的な存在である空間図式について考察した。[論文 8,9,10,12,13,14,15,16]

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 18 件)

- 1) Shun Watanabe: Minka, Machiya, and Gassho-Zukuri -Procedural Generation of Japanese Traditional Houses-, CAADence in Architecture, Back to command, 41-47, 2016. (査読あり)
- 2) Michio Matsubayashi, Watanabe, Shun: Forecasting Time between Problems of Building Components by Using BIM, CAADence in Architecture, Back to command, 107-112, 2016. (査読あり)
- 3) Michio, Matsubayashi; Watanabe, Shun; Generating two-dimensional schematic diagrams of mechanical, electrical, and plumbing systems from three-dimensional building information models, International Journal of Architectural Computing, 14(3), 219-232, 2016. (査読あり)
- 4) M. Ohsaki, K. Hayashi: Force density method for simultaneous optimization of geometry and topology of trusses, Structural and Multidisciplinary Optimization manuscript, Vol. 56(5), 1157-1168, 2017. (査読あり)
- 5) Ichiro Nagasaka, Nariaki Nishino: Formal criteria for the classification of service based on the value-creation model, Procedia CIRP, No.62, 74-77, 2017. (査読あり)
- 6) Akihiro Kawabe, Shun Watanabe: AN ANALYSIS OF MIXED LAND USE TOWARD DESIGNING THE COMPACT CITY, CAADRIA 2018 - 23rd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, Volume 2, 493-502, 2018. (査読あり)
- 7) T. Tamura, M. Ohsaki, J. Takagi: Machine learning for combinatorial optimization of brace placement of steel frames, Japan Architectural Review, 1(4), 419-430, 2018. (査読あり)
- 8) Keisen U, Haruyuki Fujii, Yuki Kobayashi: A Study on Interior Light Environment in Japanese Teahouse and its Relation with Tea Ceremony, CAADRIA 2019 - 24th Annual Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, Volume 1, 463-472, 2019. (査読あり)
- 9) Kahlon Yuval, Fujii Haruyuki: A Framework for Concept Formation in CAD Systems: a Case Study of Japanese Rock Garden Design, Computer Aided Design and Application, Vol.16, 2019 (accepted). (査読あり)
- 10) Haruyuki Fujii: Maai – Dynamic Equilibrium in Architecture, New Generation Computing, 37(3), 2019 (accepted). (査読あり)
- 11) 長坂一郎: ファッションデザイナーにとって工学的設計論が意味するもの, 日本感性工学会論文誌 15(5), 609-614, 2016. (査読あり)
- 12) 福田隼登, 藤井晴行: 空間体験に基づいた心地よいシークエンスの身体的な図式の表現方法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.724, 1281-1290, 2016. (査読あり)
- 13) 福田隼登, 藤井晴行: 空間体験から身体的な図式を抽出する方法の探求, 日本建築学会計画系論文集, No.734, 1135-1145, 2017. (査読あり)
- 14) Hideyuki Nakashima, Haruyuki Fujii, Masaki Suwa: FNS Model of Service as Value Co-creation in Design Processes, Journal of Serviceology, 1(1), 6-14, 2016. (査読あり)
- 15) 藤井晴行, 塚本由晴, 諏訪正樹: 一人称研究対談: 「建築デザインの理念に共感する」上篇, 人工知能学会誌, 33(3), 357-365, 2018. (査読なし)
- 16) 藤井晴行, 塚本由晴, 諏訪正樹: 一人称研究対談: 「建築デザインの理念に共感する」上篇,

人工知能学会誌, 33(4), 515-526, 2018. (査読なし)

- 17) 川邊晃大, 渡辺俊: 多核性に関する指標を用いた都市圏中心核の形態分析 -人口減少時代を迎えるわが国の都市圏の形態変化に関する研究(その 1)-, 日本建築学会計画系論文集, Vol.83, No.743, 137-144, 2018. (査読あり)
- 18) 小林祐貴, 加藤直樹: 極小剛な空間充填立体 bar-joint フレームワークの生成手法及び建築形態デザインへの応用, 日本建築学会環境系論文集, Vol.83, No.745, 323-331, 2018. (査読あり)

〔学会発表〕(計 33 件)

- 1) 長坂一郎: デザイン行為と数学の証明行為における 3 種類の要求条件の分類, 第 39 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 日本建築学会, 2016
- 2) 藤井晴行: デザインの思考過程における記号操作の意義と推論の形式, 第 40 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 日本建築学会, 2017
- 3) 藤井晴行: デザイン科学の構成に関する試論, 第 41 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 日本建築学会, 2018
- 4) 渡辺俊: デジタル・モデュロール 3. 第 41 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 日本建築学会, 2018
- 5) M. Ohsaki, K. Hayashi and C. Mueller, FDMOPT: A new tool for simultaneous optimization of geometry and topology of truss structures, Proc. IASS Symposium 2018, Boston, USA, Int. Assoc. Shell and Spatial Struct., Paper No. 249, 2018.

〔図書〕(計 1 件)

- 1) 日本建築学会(藤井晴行, 大崎純, 渡辺俊, 長坂一郎, 小林祐貴, 安田溪 他): デザイン・コンピューティング入門, コロナ社, 182 頁, 2017

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等: 特になし

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 大崎純
ローマ字氏名: OHSAKI Makoto
所属研究機関名: 京都大学
部局名: 工学研究科
職名: 教授
研究者番号(8桁): 40176855

研究分担者氏名: 渡辺俊
ローマ字氏名: WATANABE Shun
所属研究機関名: 筑波大学
部局名: システム情報系
職名: 教授
研究者番号(8桁): 60212320

研究分担者氏名: 小林祐貴
ローマ字氏名: KOBAYASHI Yuki
所属研究機関名: 大阪市立大学
部局名: 大学院工学研究科
職名: 講師
研究者番号(8桁): 70756668

(2)研究協力者

研究協力者氏名: 安田溪
ローマ字氏名: YASUDA Kei

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。