

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：32680

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23611044

研究課題名(和文) 松かさ鱗片構成を応用した空間造形の研究 - 環境に呼応するバイオミミクリ空間 -

研究課題名(英文) Research on the structural design applied the multiple spiral pattern of the plants -Biomimicry practice for the architectural design-

研究代表者

伊藤 泰彦 (ITO, Yasuhiko)

武蔵野大学・工学部・教授

研究者番号：40515095

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、生物をモチーフにした、独創的空間の意匠と構造のデザインを提示することがテーマである。松かさなどの植物に見られる多重螺旋のパターンを出発点に、作品の制作を重ねた。制作した作品は、いずれも小さな部材を組み合わせてできる構造体である。木質構造の特性を活かすことに注力した。「錐体卍格子構造」と銘打つ木質構造がその成果の1つである。また、構造と意匠を考える建築教育ワークショップのツールの制作にも取り組んだ。

研究成果の概要(英文)：This research proposes the original new structural design of architecture based on the biological morphology. Starting from the multiple spiral pattern found especially in the plant such as pinecones, a lot of study models were created, most of which were the structural objects composed of the small elements, utilizing the specific feature of wooden structure. One of the main achievement of this research is the creation of the new wooden structure called "Suitai-Manji-Goshi (Frustum-Swastika-Lattice) structure", that is, interdependent structure of swastika lattices shaping successive frustums. In addition, this research brought about several useful tools which could be applied, for instance, to the educational workshop for the architectural design and structure.

研究分野：建築計画

キーワード：バイオミミクリ 木質構造 持ち合い構造 空間デザイン 立体造形 多重螺旋 松かさ 建築教育

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 「バイオミクリ」とは、生物学者ジャン・ベニユスによる造語で、直訳すると生物模倣となる。バイオミクリ研究は、新素材の開発や、デジタルファブリケーションを含めたコンピューショナルデザインなどに、その成果がある。

(2) 研究代表者・伊藤泰彦が所属する武蔵野大学環境学科(H27年度より建築デザイン学科に改組)では、多学年の学生が参加するプロジェクト型演習授業を展開し、各教員が特色ある活動を行っている。研究代表者の活動テーマは、生物の形態をモチーフとした空間デザインである。松かさも、モチーフとして形態観察をした生物の1つである。

(3) 研究代表者と研究分担者・稲山正弘は、2005年の愛知万博で、小径木短材による木とガラスの面格子構造による展望台施設「海上の森・望楼」(設計:東京芸術大学北川原研究室+伊藤泰彦、構造設計:稲山正弘)で協働している。前述の活動でも、多重螺旋の平面配列を用いた木質構造の空間計画で、構造監修に研究分担者の協力を得ている。

## 2. 研究の目的

(1) 生物の形態特性を活かした空間デザインの可能性を探る

自然界の創造物である生物の形態は、人の手によってつくるには必ずしも合理的ではない。しかしその形態には、固有のパターンを見受けることができ、生物ゆえの形態的合理性がある。人の手でつくるには、多少煩わしいかもしれないが、生物の形態的特性を活かした空間に、独自の可能性を導き出すことを目的の1つとする。

(2) 冗長性の高い木質構造を生み出す

木質素材のめり込み作用を活かすと、強くしなやかな構造体をつくることができる。本研究では、大きな構造フレームを用いずに、小さな部材を互いに繋ぎとめて空間全体を支えるようなしなやかな木質構造の提案を、制作を通じて実証する。

(3) 学生のための建築教育の1手法として実践する

研究計画当初は、大学施設の利用や演習授業の一環とすることで研究費削減を意図していたが、授業のほか日本建築学会や地域再生活動(岩手県遠野市)を通して、制作ワークショップとして大学生・高校生らの参加の機会を得た。そこで、空間の意匠と構造を考える建築教育の手法開発を、本研究の目的に加えた。

## 3. 研究の方法

本研究は、作品制作を通して生物と作品の形態的特性を比較考察し、次の作品制作に取

り組むという繰り返りで進めている。また各作品は、各種展覧会や学術発表で報告し、各種アワードに応募して、その評価を得ることとした。そのため、成果物となる作品群は、研究計画当初にすべてを決めるのではなく、発表時に得た指摘や助言を参考に、次のステップへと進めるように考えた。

## 4. 研究成果

作品制作の進行に応じて、以下に研究成果をまとめる。

(1) 松かさ鱗片の多重螺旋をモチーフとした木質ドーム

松かさ鱗片の多重螺旋状の配列は、円を黄金比で内分する角度で回転させながら、多重の同心円に点をプロットすることで描くことができる。このパターンを、ドーム状の立体サーフェイスにまず転写する。その配置を基に、ドロネー図とボロノイ図を描く。ドロネー図の線を隙間に、三角形の余白をパネル面として考える。2枚のパネルの隙間を、ボロノイ図の線と平行になるよう、2枚のT字型のジョイント材で繋ぐこととした。パネルに構造用合板、T字型ジョイント材に集成材を採用し、互いに相欠き加工をして差し込んで組み上げている。直交する部材同士のめり込み作用で全体の形が保持される構造体である。構造上は木材だけで成り立つが、部材のずれ止めにビスを用いた。面積約15㎡、高さ約3mの木質構造のドームである。

多重螺旋をそのまま用いた構造体で、特徴的なデザインを有するが、部材はどれも異なる形をしている。隙間があり木材という材料のしなやかさゆえ、施工誤差を許容しやすい。木槌とインパクトドライバーで組み立て・解体ができ、計5回の設営を行った。

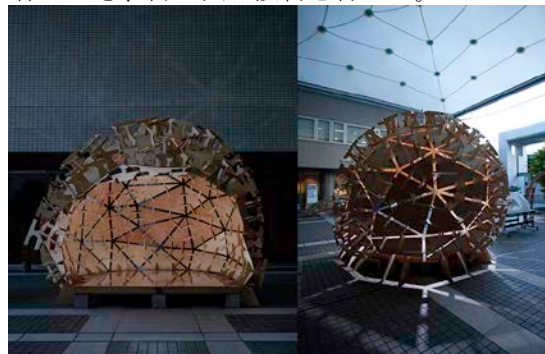


写真1. 松かさの多重螺旋をモチーフとした木質ドーム

(2) 形態変化する多重螺旋の立体作品群

前述の多重螺旋状の配列を、環境の変化や成長の過程に対応する、形態変化に応じたパターンと評価した。そこで、次の形態変化する立体作品群の制作を試みた。

① ぜんまいバネのインスタレーション

タンポポの花から綿毛へと至る形態変化をイメージし、平面と半球状の造形が徐々に2重のカテナリドームへと姿を変える立体作品である。多重螺旋の形態変化の構造を

表現している。

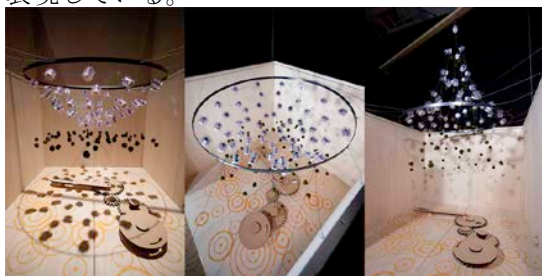


写真2. 形態変化する多重螺旋のインスタレーション  
②形態変化する建築空間の構造

先のインスタレーションを、建築家アントニ・ガウディのサグラダ・ファミリアの構造模型と同様に、天地反転させた構造模型と見立て、形態変化する空間の模型を制作した。多重螺旋配列を基に伏図がボロノイ多角形描く梁を構成する構造体の構想である。その後も模型の制作を繰り返したが、木質構造としての具体的な計画に繋げることに至らずに、研究の方向性を再検討することとした。



写真3. 形態変化する構造体のスタディ模型の1例

### (3) 錐体卍格子構造

松かさをはじめとした植物の形態的特性とこれまでの作品を振り返り、次の3つの方向性を定めることとした。

1つ目は、ある程度の部材の標準化を図りながら、小さく独立した部材を組み合わせて、大きな面を構成させる構造体とすること。2つ目は、水平・垂直に展開できる、言い換えると床・壁・天井（あるいは屋根）すべてを同じように構成できる構造体とすること。併せて、規模・空間形状の自由度を考慮すること。3つ目は、木質素材特有のめり込み作用の活用を徹底し、釘・ビスなど金物を使用しない木質構造とすること。この3点である。

検討の末、「錐体卍格子構造」と銘打つ木質構造の計画に至った。325mm×70mm×厚9mmの木板に、板厚分の4つのスリットを斜めに入れて、部材同士を噛み合わせていく。基本形は、卍型の4枚の組み合わせである。それを連続させて、一種の持ち合い構造として面をつくる。部材を45度傾けている点に特徴があり、X,Y,Z方向に面を交差できるように考えた。



写真4. 錐体卍格子構造の部材と組み合わせ

まず約500ピースの部材で、4枚の垂直面から成る作品制作に取り組んだ。作品全体が部材の組み合わせの基本パターンを想起するように、卍格子状の壁面構成としている。

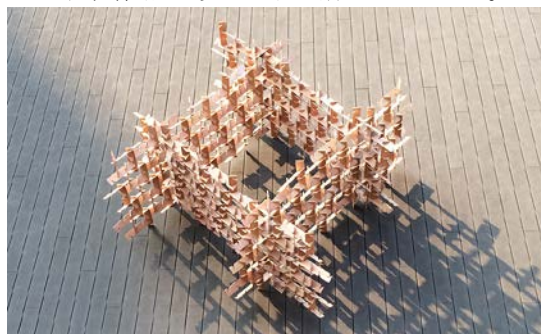


写真5. 錐体卍格子構造を用いた初期作品

次に、約2000ピースの部材を使って、床・壁・天井（屋根）全てにこの構造を適用した、広さ4畳半ほどの空間作品を制作した。前作を改良して、部材の板厚やスリットの入れ方などを変更している。設営や解体に要する工具は木槌のみで、こちらも部材の再利用が可能である。これまで計4回の設営を行った。



写真6. 約2000ピースの錐体卍格子構造空間

### (3) 持ち合い構造の制作ワークショップ

木質構造の研究・制作に取り組みながら、より手軽に持ち合い構造を考え、より自由な空間形態を考えるための道具づくりを試みた。卍格子構造は、部材のスリットにより、部材同士の繋げ方が制限される。また、曲面ではなく、平面同士の組み合わせで空間を立ち上げるようになっている。

そこで用意したものは、マジックテープを巻きつけた丸い棒である。ここでは、3本の棒を風車状の三角形に繋げることを基本とした。マジックテープのため、部材を取り付ける位置を調整しやすい。また、部材断面を丸くしたため、部材を組み合わせる角度に自由度が増す。そのため、曲率に変化のある曲面が構成できる。

空間の意匠と構造をテーマとした大学生の制作ワークショップ、地域再生を目的とした高校生・大学生協働による古民家での作品制作ワークショップで活用した。



写真7. 高校生・大学生による持ち合い構造の立体作品

最後に、本研究では作品を逐次展示してきた。その発表の場を記す。平成 23 年度の木質ドーム（日本木材青壮年団体連合会第 15 回木材活用コンクール木材活用特別賞、空間デザイン賞 2012 企画・研究特別賞受賞）は東京デザイナーズウィーク 2011（神宮外苑絵画館前）および日本建築学会アーキエアリテグ・デザイン展 2013（建築会館）で、平成 24 年度の形態変化を伴うインスタレーション作品は公募展 2013（青山スパイラルホール）で、平成 26 年度の「錐体円格子構造」（日本空間デザイン賞 2015 入選）は日本建築学会学生サマーセミナー2014（建築会館）および日本建築学会学生グランプリ（建築会館）で、展示を行った。また、一連の作品群と研究成果に関する個展「バイオミミクリ空間の試行展」（平成 27 年 11 月作品設営ワークショップ、岩手県遠野市三田屋）を開催した。末筆ながら、発表の場を提供いただいた関係者各位、助言・批評をいただいた諸氏、長期にわたる制作の場を融通いただいた関係者、制作に関わった学生諸君に深謝する。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 7 件）

- ① 松本遼平、伊藤泰彦、稲山正弘、松かさにみる多重螺旋構成を応用した小規模木質構造ドームの制作-2011 年アートイベント出展作品-、第 15 回木質構造研究会技術発表会技術報告集、査読無、2011、29-32
- ② 伊藤泰彦、松かさにみる多重螺旋構成を応用した作品-空間デザインのバイオ・ミミクリ的試行-、日本建築学会建築デザイン発表梗概集、査読無、2011、182-183
- ③ 松本遼平、伊藤泰彦、茶室：BML-01-空間デザインのバイオ・ミミクリ的試行：その 3-、日本建築学会大会建築デザイン発表梗概集、査読無、2012、160-161
- ④ 伊藤泰彦、稲山正弘、参加学生 22 名、バイオミミクリ空間の試行：BML01-07、年鑑日本の空間デザイン 2013、査読無、408
- ⑤ 武藤俊介、伊藤泰彦、多重螺旋配列を用いた構造体-空間デザインのバイオ・ミミクリ的試行：その 4-、日本建築学会大会建築デザイン発表梗概集、査読無、2013、90-91
- ⑥ 伊藤泰彦、「遠野オフキャンパス 2015」についての活動報告 その 2-学生ワークショップによる「バイオミミクリ空間の試行」展-、こども環境学会こども環境研究会関東第 1 回研究セミナー論文報告集、査読無、2016、48-49
- ⑦ 伊藤泰彦、「バイオミミクリ空間の試行」展、プロジェクト三田屋研究会 HEii press vol.04、査読無、2016、2-3

〔学会発表〕（計 6 件）

- ① 松本遼平、伊藤泰彦、稲山正弘、松かさにみる多重螺旋構成を応用した小規模木質構造ドームの制作-2011 年アートイベント出展作品-、木質構造研究会、2011.12.1、東京大学（東京都文京区）
- ② 伊藤泰彦、松かさにみる多重螺旋構成を応用した作品-空間デザインのバイオ・ミミクリ的試行-、日本建築学会建築デザイン発表会、2011.8.24、早稲田大学（東京都新宿区）
- ③ 松本遼平、伊藤泰彦、茶室：BML-01-空間デザインのバイオ・ミミクリ的試行：その 3-、日本建築学会大会建築デザイン発表会、2012.9.13、名古屋大学（愛知県名古屋市）
- ④ 伊藤泰彦、BIO MIMIC LOVE、日本木材青壮年団体連合会全国大会、2012.5.26、三重県総合文化センター（三重県津市）
- ⑤ 武蔵野大学伊藤泰彦研究室、ALTERNATE DOME、日本建築学会アーキエアリテグデザイン展、2013.11.15-11.22、建築会館（東京都港区）
- ⑥ 伊藤泰彦、「遠野オフキャンパス 2015」についての活動報告 その 2-学生ワークショップによる「バイオミミクリ空間の試行」展-、こども環境学会こども環境研究会関東第 1 回研究セミナー、2016.2.27、大妻女子大学（東京都千代田区）

〔その他〕

ホームページ等  
武蔵野大学伊藤泰彦研究室  
[http://www.musashino-u.ac.jp/environment/design/ito\\_lab](http://www.musashino-u.ac.jp/environment/design/ito_lab)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

伊藤 泰彦 (ITO, Yasuhiko)  
武蔵野大学・工学部・教授  
研究者番号：40515095

##### (2) 研究分担者

稲山 正弘 (INAYAMA, Masahiro)  
東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授  
研究者番号：70337682