

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K21565

研究課題名（和文）自然知能の理解による社会的価値の創出

研究課題名（英文）Studies of Natural Intelligence and Emergence of Social Value

研究代表者

原 正彦（Hara, Masahiko）

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：50181003

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、人工知能だけでは実現出来ない、その上位の概念としての自然知能という観点に基づく、自然界の生物や化学進化反応のダイナミクスなどに対する知覚と造形から、新しい社会的価値の創出を試みた。英国ロンドン芸術大学セントラル・セント・マーティンズ校などと科学と芸術の融合連携研究を実施し、化学反応や自然界に見られるダイナミクスの科学的解釈とその社会的意義について、科学と芸術の両方の視点から議論を行った。また、芸術的視点を科学的創発に結びつけるサイエンティスト・イン・レジデンスを実施し、その造形創作過程と体験から生まれる新しい視点を科学技術研究にフィードバックする実証研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「自然知能」は、現在注目されている「人工知能」や「機械学習」とは、全く異なるものであるが、その本質を議論し、解明するには至っていなかった。また、そこから機能を抽出する際「科学技術」的な観点のみでは限界があると考えられ、「科学技術」と「文化芸術」の両面からの議論を初めて導入した。本研究では、自然知能の理解について「科学技術」的な形式知の側面だけでなく、「文化芸術」的な暗黙知を積極的に導入することで、異分野の有機的融合連携研究を実践した。こうしたアプローチによって、既存の学問分野の枠内や延長線上にはない社会的価値を創出する、学際的かつ挑戦的な新しい学術基盤としての「自然知能」の確立を目指した。

研究成果の概要（英文）：This research attempted to create new social values from perception and modeling of the dynamics of living organisms and chemical evolutionary reactions in the natural world, based on the perspective of natural intelligence as a higher level concept that cannot be realized through artificial intelligence alone. We conducted joint research with the University of the Arts London Central Saint Martins and other institutions to combine science and art, and discussed the scientific interpretation of chemical reactions and dynamics in the natural world and their social significance from both scientific and artistic perspectives. In addition, a scientist-in-residence program was conducted to link artistic perspectives to scientific emergence, and empirical research was conducted to feed back the new perspectives generated from the process and experience of creating plastic arts to science and technology research.

研究分野：自然知能

キーワード：自然知能 知覚と造形 価値の選択 社会的価値 インスタレーション

1. 研究開始当初の背景

現代社会では、高度な知的機能が問われ「人工知能」と「機械学習」の時代に急速に転換している。一方、自然界に存在する生物や物質には、回路のような構造を持たなくても、適切な入力と出力があることにより、社会的に共通の価値をもたらす情報処理や機能変換などの、知的機能を発現する可能性がある。我々人類が達成した 20 世紀の科学技術は、その入力や出力の方法論を確立し、実験観測可能なマクロからナノに至る入力と出力から新しい「自然知能（ナチュラル・インテリジェンス）」を実現するであろう不可知な部分が自然界に存在することを示唆して来た。

例えば、粘菌アメーバには、現在のチューリング型（数値論理型）コンピュータが苦手とする数学の巡回セールスマン問題（セールスマンが指定された顧客（都市）を回る時に、最短距離の経路を探索する問題）や情報計算時間爆発（情報の数が増えると最適解を出すことに、何世紀という膨大な時間がかかる）や想定外の問題（問題自体に問題がある）などに対して、高効率で適切な解を求めることの出来る情報処理機能が内在することを実験的に確認して来た。

しかし、粘菌自体は、そのような情報処理をしているつもりはなく、嫌いな光を避けて生き延びようとする自然界の原理に従うのみで、その結果を人間が答として見る形になるが、その粘菌の生き延びようとする、論理的には不可知な行動から、人間が自分の問題に置き換えて出力としてみる解（価値の選択）が、時間が何世紀もかからず非常に短い時間で、最適値ではないが平均値より良い答で、適切な経路を提唱することに注目して来た。

この「自然知能」的アプローチは、現在注目されている「人工知能」や「機械学習」とは、全く異なるものであるが、その本質を議論し、解明するには至っていない。また、そこから機能を抽出する際、「科学技術」的な観点、即ち形式知のみからでは限界があると考えられ、「科学技術」と「文化芸術」の両面から議論することが必要と考えられるに至った。

2. 研究の目的

本研究は、自然界に内在する、未だ外部からは読み取れない不可知な部分を含む、複雑なメディアに対する入力と出力、「環境制御」と「価値の選択」に基づいて発現する知能を「自然知能（ナチュラル・インテリジェンス）」と称し、その本質と基本構造の解明を試みると共に、新たな機能と知能を発現する造形をデザインする方法論の議論とそれを社会に実装することを目的とする。本研究では、自然知能の「科学技術」的な形式知の側面だけでなく、「文化芸術」的な暗黙知を積極的に導入することで、異分野の有機的連携ディスカッションとコラボレーションを実践する。こうしたアプローチによって、既存の学問分野の枠内や延長線上にはない、社会的価値を創出する、学際的かつ挑戦的な新しい学術基盤としての「自然知能」の確立を目指す。

3. 研究の方法

本研究は今までに培った異分野研究者交流の集大成として新しい挑戦的連携研究を展開した。自然界の生物が示すダイナミクスの解析と制御、その実験から数理解析、さらには異なる物質を用いた実験系を構築し「自然知能」の構造解明を試みた。また、特に「文化芸術」的側面である暗黙知の導入に注力し、国内外の芸術大学やアーティスト、さらには理工系大学との連携研究の推進から、自然メディアと知的機能について美学のフレームワークからも議論し、「自然知能」から社会的に価値のある機能と造形物を抽出する方法論の実践を試みた。

4. 研究成果

4-1. 「文化芸術」的側面である暗黙知の導入

自然界の生物や生命の起源に関する化学進化反応のダイナミクスとそのナノスケールに至る実験系に着目し、英国ロンドン芸術大学セントラル・セント・マーティンズ校（CSM）などと、「文化芸術」的側面である暗黙知を導入した議論を展開した。そこでは、今まで「科学技術」の形式知のみの議論から一義的な解釈を求めていたところ、多義的な発想による造形物のデザインを通じて、分子スケールからマクロスケールに至る今までにない新しい実験系のデザインが可能となった。例えば、粘菌のダイナミクスの実験においては、光と影に対応する新しい挙動を観察するに至っている。また、それらの挙動は、社会における群衆ダイナミクスの議論に通じるところがあり、スケールと対象物を超えた自然界と社会に共通するダイナミクスの議論へと展開できる可能性を示唆した。

また、あらゆるスケールと時間範囲における可視化の重要性を確認し、実験系の出力を共有しつつ、社会的価値の創出に向けた研究者間のディスカッションを行い、造形物への協働作業の展開方法を議論した。

4-2. 造形物のインスタレーションから、科学技術への問いかけ

アーティストが実際に造形物を創作するインスタレーション過程において、化学反応やダイナミクスの科学的解釈とその社会的意義について、科学技術の研究者がリアルタイムのキュレーターとなり、科学と芸術の両方の視点から議論を行った。その際、アーティストは改めて造形物の意味を知ることのみならず、それらのインスタレーション過程が、多義的な発想を受け入れ

ることを拒んできたことが、科学技術の限界を作ってきた大きな要因であることを警鐘する問いかけへとつながった。これらの観点とインスタレーションを伴うアプローチは、日本ではまだなく、海外でもようやくその重要性の議論を始めた段階にある。例えば、化学進化反応やナノスケールに至る実験やその数理解析においても、造形物のインスタレーション過程とその発想を議論することから、多義的な議論を受け入れる科学技術への展開が期待される。

4-3. サイエнтиスト・イン・レジデンスの実施

英国ロンドン芸術大学 CSM において、サイエンティスト・イン・レジデンスを実施した。

今までに、アーティストが科学技術の研究機関に滞在し、造形物を制作するアーティスト・イン・レジデンスは、多く実施されているが、サイエンティストが文化芸術の研究機関に滞在し、アーティストと共に科学的実験を行うことは、まだ始まっていない。

先に、東京工業大学にてアーティスト・イン・レジデンスを実施した際、研究者との議論から間接的に造形物を創作する作業を行ったが、実験結果の出力を直接、造形物につなげることは至らなかった。今回、サイエンティスト・イン・レジデンスを初めて実施し、実験系の入力と出力を、知覚と造形と見て、暗黙知としての自然知能をどのように「科学技術」の中に位置付けるかが、より明らかになって来た。これは世界で注目されるオルガノイド・インテリジェンスへのアプローチに通じるところがあり、科学技術者は「文化芸術」的な観点から知能の美学とも言えるフレームワークを構築する時期に来ていることを示唆するに至っている。

また、科学技術を基本とするグループと文化芸術を専門とするグループと、それぞれで同じ実験系のデザインを行い、その違いから、科学技術の新しい教育と方法論の基礎を提案した。

4-4. Making Waves, Origami Science and Engineering などによる、自然知能の理解

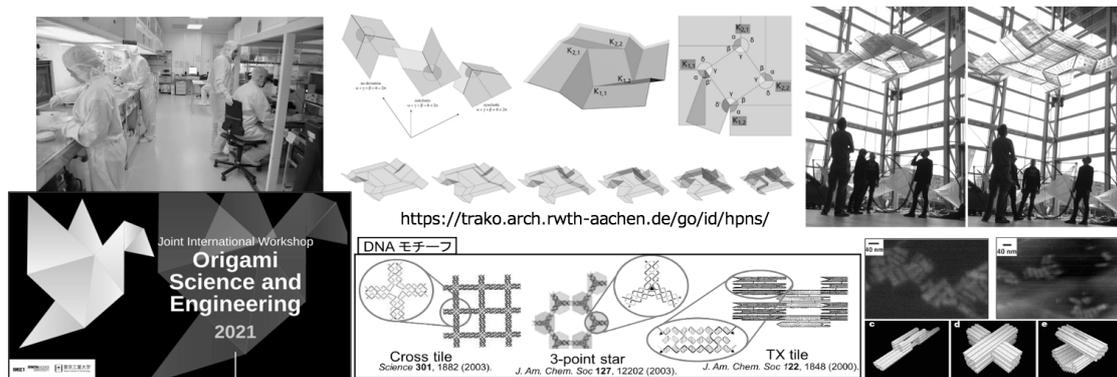
自然知能を理解する対象として、いくつかの自然現象と物質系を取り上げたが、特に英国ロンドン芸術大学 CSM との融合連携では「Making Waves: Rhythms, Patterns, Forces」を題材として、自然界と生物系のダイナミクス、同期、共鳴、引き込みと分岐、自己組織化、自己集合化などを議論し、社会現象などとも比較検討し、またフィールドワークやインスタレーションを通じて、自然知能の不安定性と曖昧であるが的確な性質を抽出した。

一方、ドイツのアーヘン工科大学とは「Origami Science and Engineering」を題材として、DNA のナノ構造体のレベルから建築の構造物に至る、Origami という観点で自然知能の可能性を議論した。それらのナノ化学、無生物的合成化学、機械工学、数学などについて、アーティストの「文化芸術」的な観点を導入し、新しい社会的価値に貢献する実験系と造形物を提唱した。

参考資料

Making Waves まとめ動画：<https://youtu.be/BR68JPNyHdE>

Origami Science and Engineering まとめ動画：<https://youtu.be/okC5mwkBex0>



<https://www.iwe1.rwth-aachen.de/cms/iwe1/Die-Organisationseinheit/Veranstaltungen/~oympi/Origami-Science-and-Engineering/lidx/1/>
 図1. Origami Science and Engineering ワークショップにて、分子からマクロな構造に至る領域をカバーして、自然知能が議論された図表例

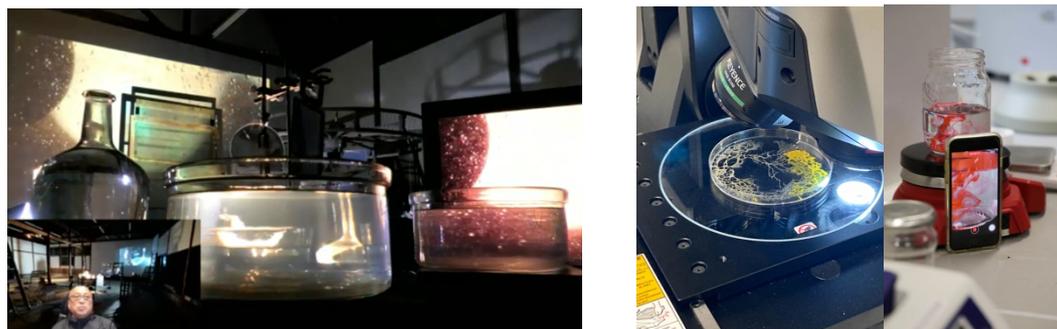


図2. インスタレーションの実践例(左)とサイエンティスト・イン・レジデンスにおける実験系例(右)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Masahiko Hara
2. 発表標題 Nano-Spectroscopic Studies of Chemical Evolution
3. 学会等名 Quantum Biology Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Hara
2. 発表標題 Making Waves in Living Systems
3. 学会等名 Making Waves: Rhythms, Patterns, Forces (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山下和誼、石川大輔、原正彦
2. 発表標題 二次元界面におけるDNAナノ構造体の力学的変形に関する研究
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 越野広大、石川大輔、原正彦
2. 発表標題 鉄硫黄クラスターの無生物的合成および触媒活性の解明
3. 学会等名 日本表面真空学会 学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原正彦
2. 発表標題 Nano-Spectroscopic Approaches to Chemical Origins of Life and Natural Intelligence
3. 学会等名 Frontiers of Translational Materials Science (招待講演)
4. 発表年 2019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

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