

【新学術領域研究（研究領域提案型）】 複合領域



研究領域名 シンギュラリティ生物学

ながい たけはる
大阪大学・産業科学研究所・教授 永井 健治

研究課題番号：18H05408 研究者番号：20311350

【本領域の目的】

ビッグバンのように「無から有が創出される特異点」や、人工知能がヒトの知能を凌駕する技術的特異点はシンギュラリティ（臨界）と呼ばれる。有機スープからの生命誕生、進化、感染爆発など生物学においても、不連続な臨界現象は広く存在する。ここでは極めて稀にしか起こらない少数要素のイベントが核となり、多要素システム全体の働きに不連続な変化をもたらす可能性が示唆されているものの、シンギュラリティ現象が生起される作用機序はほとんど明らかにされていない。本領域では、生命現象において臨界をもたらす「シンギュラリティ細胞」にアプローチするため、稀なイベントを見逃さない、超広視野と高解像度、高速と長時間撮影を両立したイメージングプラットフォームと対応する情報解析手法を構築し、シンギュラリティ細胞が生成される作用機序、及び、それが果たす生物学的な役割を解明する新しい学術の開拓を目指す。

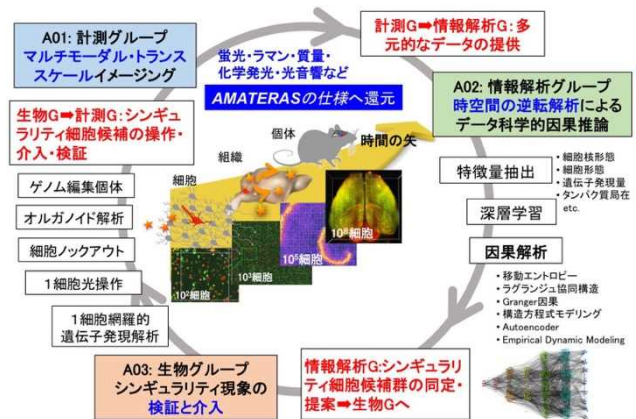
【本領域の内容】

少数派であるシンギュラリティ細胞がマクロなシステム全体（臓器や全個体）に臨界をもたらす過程を研究するには、巨大なシステムを全空間・全時間的に計測・解析・検証する必要がある。このためには、「分子～細胞～臓器」をスケール横断的に可視化できるイメージングシステムが必要となる。そこで、本領域では総括班の下にコアチームを編成し、「木も森も見る」システム、つまりマイクロな精度でマクロな時空間動態を解析できる世界で唯一無二の **AMATERAS** (**A**spired **M**ultimodal **A**nalytical **T**ools for **E**very **R**are **A**ctivities in **S**ingularity) を開発する。また、「マイクロからマクロをシームレスにつなぐ」真のトランススケール解析を展開するため、次の3つの計画研究組織を構成する。A01は、光学・分子工学の立場からシンギュラリティ細胞を計測・操作する技術を開発・統合する。A02は、情報科学の立場からシンギュラリティ細胞の同定と因果律検証のための論理的フレームワークを構築する。A03は、個々の生物モデルを対象に、導き出された因果律の検証を行い、シンギュラリティ現象の生物学的意義を解明する。これらの循環的な連携研究を展開し、様々な生命現象におけるシンギュラリティ現象を同定し、その普遍性を示すことで、シンギュラリティ生物学を創生する。

【期待される成果と意義】

世界的にも類例のない計測・解析統合デバイス

AMATERAS を開発し、共同利用体制を確立する。その効果的な運用は、光学、分子工学、数理生物学、情報科学、生物学、医学研究者による大規模な異分野連携研究を加速させ、革新的なデバイスの開発、新たな情報処理理論の構築、疾患の超早期診断・介入法といった成果をもたらすことが期待される。また、**AMATERAS** を核としたアライアンスネットワークを構築することで、産学連携を推進するとともに、トランススケール計測に特化した国際トレーニングコースや国際シンポジウムの開催を通じ、異分野連携に精通した次世代の若手リーダーを輩出するなど、人材育成においても大きな貢献が期待される。



「計測・解析・検証」の循環的アプローチによるシンギュラリティ現象の解明

【キーワード】

シンギュラリティ現象：臓器や個体など膨大な数の細胞から構成される多細胞社会において、システム全体の動態が不連続かつ劇的に変化する現象。そのきっかけとなる少数派の重要な細胞をシンギュラリティ細胞と呼ぶ。

【研究期間と研究経費】

平成30年度～34年度
1,210,100千円

【ホームページ等】

<http://singularity-bio.jp>

[Grant - in - Aid for Scientific Research on Innovative Areas(Research in a proposed research area)]
Interdisciplinary Area



Title of Project : Singularity biology

Takeharu Nagai
(The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, Professor)

Research Project Number : 18H05408 Researcher Number : 20311350

【Purpose of the Research Project】

There exist critical moments, such as the ‘Big Bang’ where “something out of nothing gets created” or in the future, when artificial intelligence might become greater than human intelligence. These points are called *singularities*. In the field of biological science, discontinuous critical phenomena are broadly seen, for example, the emergence of life from the primordial soup, or the evolution and outbreak of diseases. It has been indicated that only a small number of core elements are required to bring about discontinuous changes to an entire multi-component system. However, the mechanism-of-action that generates such singularity phenomena is not yet certain. In our research project, to look deeply into singularity cells, we are developing an imaging platform that will achieve both wide field-of-view high-resolution imaging and high-speed long-term imaging, and corresponding information analysis methods. This will enable us to be at the cutting edge of new scientific fields, where we uncover the underlying mechanisms for the generation of singularity cells as well as their biological functions.

【Content of the Research Project】

In order to study the processes that singularity cells, considered as minority entities, bring criticality to an entire system (ex: an organ or whole body), it is necessary to measure, analyze, and examine such biological systems in a holistic spatial-temporal manner. For this purpose, an imaging system is required for visualization of *molecules, cells, and organs* across different length scales. In order to achieve this, we will organize a core team under a research management team to develop a unique machine we call **AMATERAS (Aspired Multimodal Analytical Tools for Every Rare Activities in Singularity)** which allows us to capture macroscopic spatiotemporal dynamics with microscopic precision: *not only the composite trees but also the whole forest*. In addition, we will organize the following three groups to develop authentic trans-scale analysis that plays a role to *seamlessly link from micro to macro*. Group A01 will develop and integrate techniques to measure and control singularity cells from the stand point of optics and molecular engineering. Group A02 will construct a theoretical framework to identify singularity cells and to verify the causality based on information science. Group A03 will unravel the biological significance of singularity cells by verifying causality which is elicited from individual

biological models. By conducting this kind of circulative collaborative research, we will create the research field “singularity biology”, with reference to its universality.

【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

We will develop an unprecedented integrative device for measurement and analysis, **AMATERAS**, and will establish a research platform covering not only academia but also several relevant companies. From the effective operation of **AMATERAS**, which includes the acceleration of large scale cross field research among optics, molecular engineering, mathematical biology, information science, biology, and medicine, we expect to largely contribute to the development of innovative devices, the construction of a new information processing theory, and early diagnosis to facilitate and intervention in the case of disease. By creating an alliance network with **AMATERAS** at its core, we will promote industry-academia collaborations. Moreover, this network will contribute to the development of human resources and foster next generation young leaders with full knowledge in different fields through holding international training courses and symposiums specializing in trans-scale measurements and analyses.

【Key Words】

Singularity phenomena: Phenomena that discontinuously and dramatically change the dynamics of an entire system in multi-cell society, where organs and individual bodies are constructed from large number of cells. We call the minority cells that trigger the changes “singularity cells”.

【Term of Project】 FY2018-2022

【Budget Allocation】 1,210,100 Thousand Yen

【Homepage Address and Other Contact Information】

<http://singularity-bio.jp>