

生物が進化により獲得した感覚・脳・行動の機能を再現し、理解し、活用する Understanding and utilization of brain functions via the reconstruction of neural circuits in the insect brain

昆虫から新しい科学と技術を拓く

生物が獲得した脳の機能や機構の解明は、生物学のみならず工学分野においても大きなインパクトをもたらします。私たちは昆虫の脳をモデルとして、構成要素である神経細胞を調べ上げて脳を再構築することで、そのしくみを明らかにします。さらに遺伝子工学技術により、昆虫の優れた嗅覚を活用した匂いセンサの開発を進めています。昆虫科学により新しい科学と技術の世界の開拓を目指しています。

私たちは、雄カイコガの嗅覚受容一匂い源探索行動を担う約10,000個の神経細胞からなる脳内の神経回路を対象としています。細胞内計測や神経活動のイメージング等の生物実験によって得られた知見をデータベースに統合し、個々の神経細胞の形状・機能をモデル化した後に、標準脳地図にあてはめ、大規模な神経回路モデルを構築します。このモデルの挙動をスーパーコンピュータ「京」でシミュレーションし、昆虫脳の活動をリアルタイムで再現することを目指します。

また、遺伝子工学技術は、脳の解析を加速させるうえで重要な技術です。私たちは、遺伝子組換えやゲノム編集による脳内の特定の神経回路の可視化、神経活動の計測や制御技術を用いて、匂いの受容から適応的な行動の発現にいたる分子、神経機構の解明を進めています。さらに、培養細胞や昆虫自体(カイコガ)で様々な嗅覚受容体の機能を再構築することに成功しています。これらの技術を応用し、匂いを蛍光パターンとして識別可能な「細胞利用型センサチップ」や所望の匂い源を探索可能な「センサ昆虫」の開発を進めています。

Exploring advanced science and technology from insect neuroscience

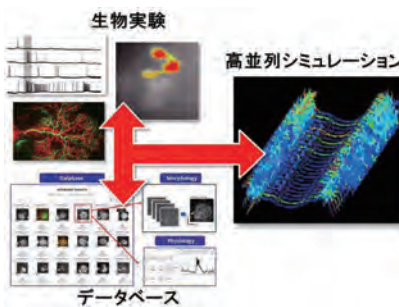
Animals have evolved sophisticated brain systems in the history of life. Understanding of the brain mechanisms will be a great breakthrough in both biology and engineering fields. We aim to understand the insect brain as a model via the reconstruction of neural circuits from single neurons. Furthermore, we have been developing novel olfactory sensors using insect olfactory receptors employing genetic engineering. We believe that the advance in insect neuroscience will open the way for the further understanding of the brain and new technologies.

Our target is a 10,000-celled neural circuit in the brain of a male silkworm. The circuit is responsible for olfactory input, processing and odor-tracking behavior. We have been investigating morphological and functional properties of single neurons by electrophysiological techniques, and integrating these data into a database. We simultaneously have been modeling the structure and function of each neuron and mapping into a three-dimensional coordinate in a reference brain model. Furthermore, we are reconstructing connections between neurons and developing a large-scaled neural network model. We employ the K supercomputer for the simulation of the model, which can replay the real-time activities of the insect brain.

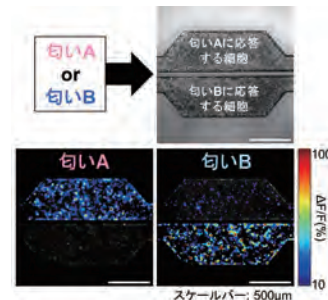
Genetic tools are necessary for promoting our understanding of neural circuits in the brain. We are examining molecular and neural mechanisms that underlie the generation of adaptive behavior using silkworms by employing transgenic and genome editing techniques, which allow us to visualize and monitor the activities of a specific subset of neurons, and to manipulate neuronal activity in intact animals. Furthermore, we have succeeded in reconstructing the functions of several insect-derived odorant receptors in cultured insect cells and olfactory receptor neurons of silkworms through genetic engineering. Insects have highly sophisticated olfactory system that detects odorant molecules in the air with high sensitivity and translate odor information into adaptive odor-tracking behaviors. By applying these technologies, we aim to develop a "cell-based sensor chip" for detecting various odors as a fluorescent pattern of transgenic sensor cells, and a "sensor moth" for finding the source of a specified odor on demand.



1 雄カイコガ (*Bombyx mori*)
Adult male silkworm (*Bombyx mori*)



2 分析と統合による昆虫脳の再構築
Reconstruction of the insect brain



3 細胞利用型匂いセンサチップの匂い応答
Response of a cell-based odorant sensor chip



教授
神崎 亮平
Ryohei KANZAKI, Professor
専門分野: 遺伝子工学、脳神経生理、
脳再構築、生体-機械融合
Specialized field: Genetic engineering,
Neurophysiology, Brain reconstruction,
Biomechanical fusion
E-mail: kanzaki@rcast.u-tokyo.ac.jp

並木 重宏 特任講師
Shigehiro NAMIKI
Project Lecturer

安藤 規泰 特任講師
Noriyasu ANDO
Project Lecturer

光野 秀文 助教
Hidefumi MITSUNO
Research Associate

ハウプト ステファン 周一 特任助教
Stephan Shuichi HAUPT
Project Research Associate