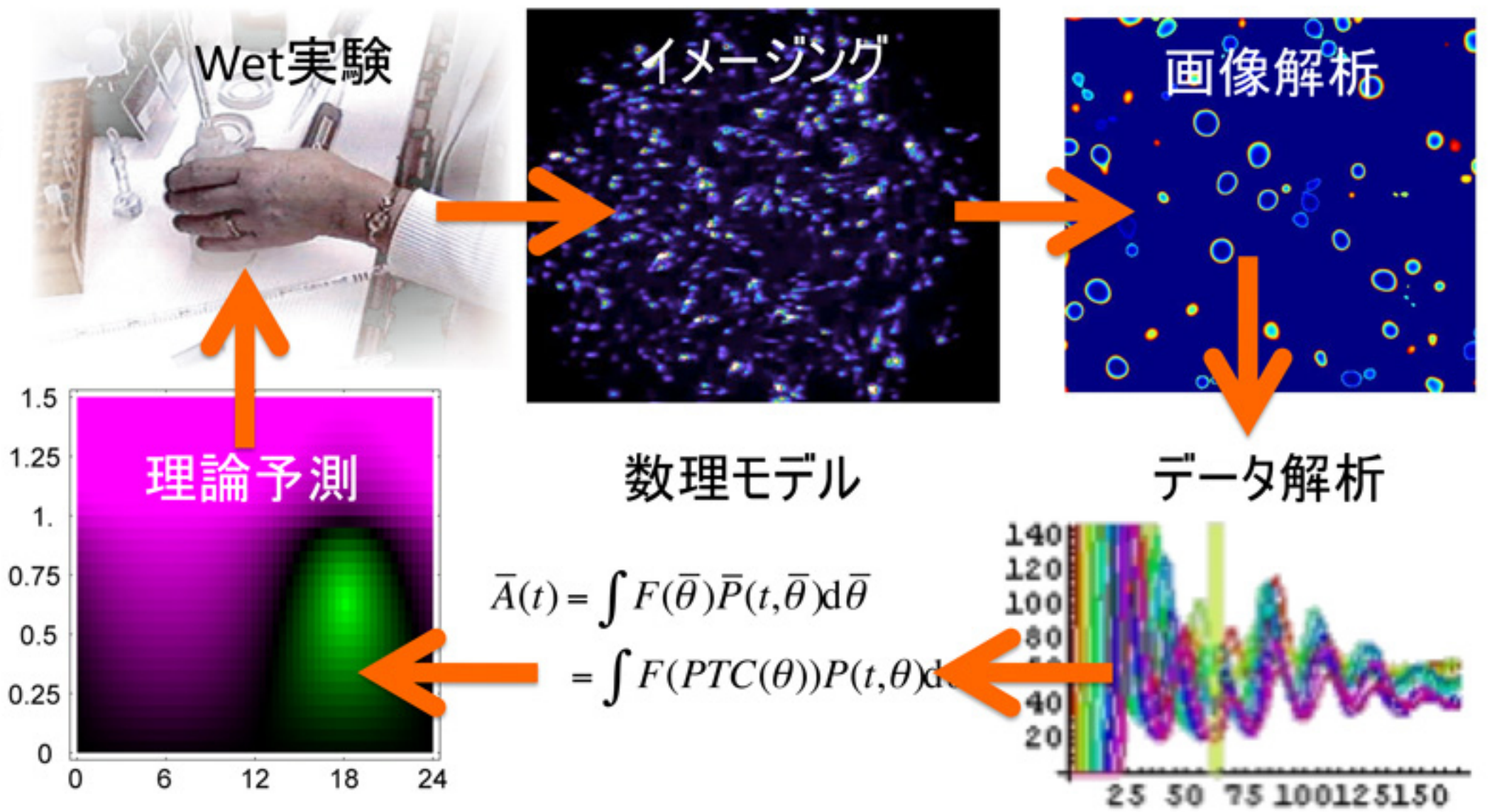
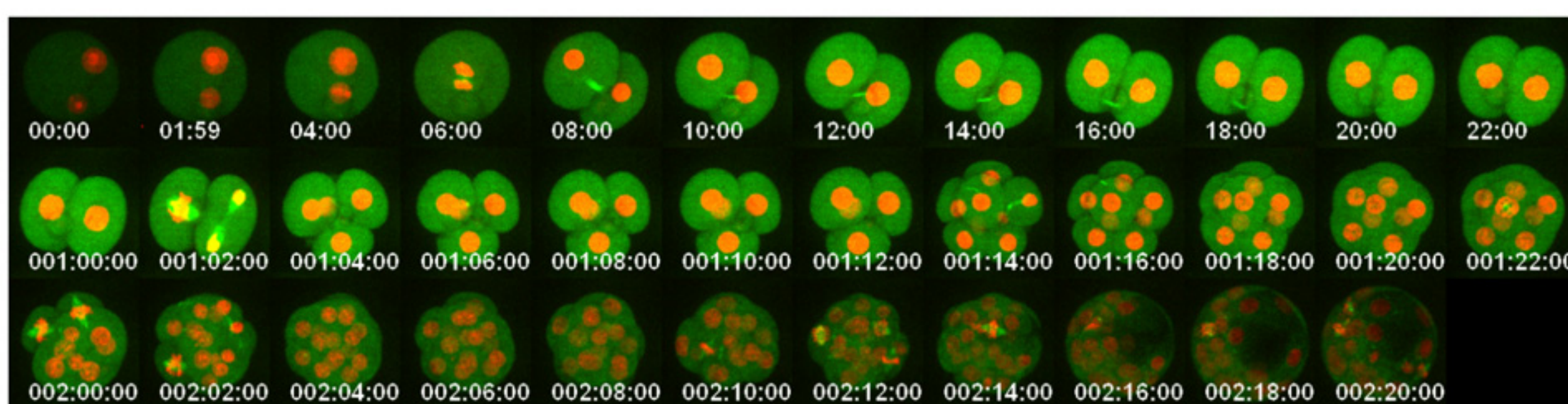


# 分野融合により進展する最先端生命科学

Frontier of Biology as an Interdisciplinary Science

発生・免疫・癌など生命現象は非常に動的で、イメージング技術の発展により、様々な現象の動態を直接かつ定量的に調べることが可能になってきました。この革新により、工学を含めた多様な異分野の知識が生命科学に必須になっています。



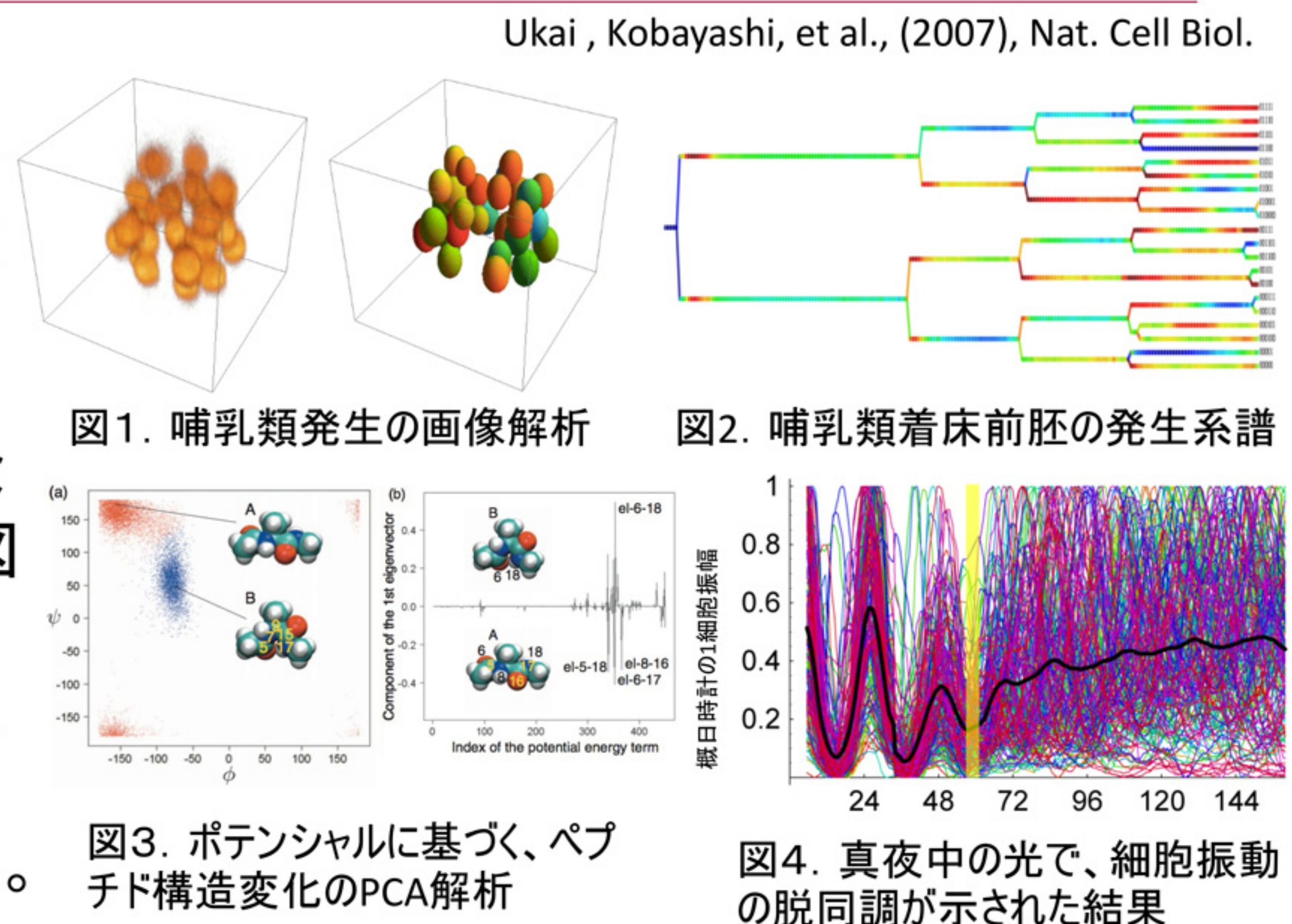
上図：我々の目指す実験生物学と数理・情報の融合  
左図：哺乳類着床前胚のイメージングデータの例

# 情報技術を駆使して生命科学を駆動する

Information Technologies for Biology

イメージングから得られるデータを最大限活用するには画像解析やデータ解析などの情報技術が不可欠です。我々は、哺乳類の発生過程を4Dでデジタル化する技術(図1)、着床前胚の発生系譜を再構築する技術(図2)、そして大きなペプチド構造変化とその要因を同定する技術(図3)の開発を行っています。

このような技術により、例えば時差ぼけ現象のようなものが、個々の細胞の時間がばらけることによって生じることを示しました(図4)。



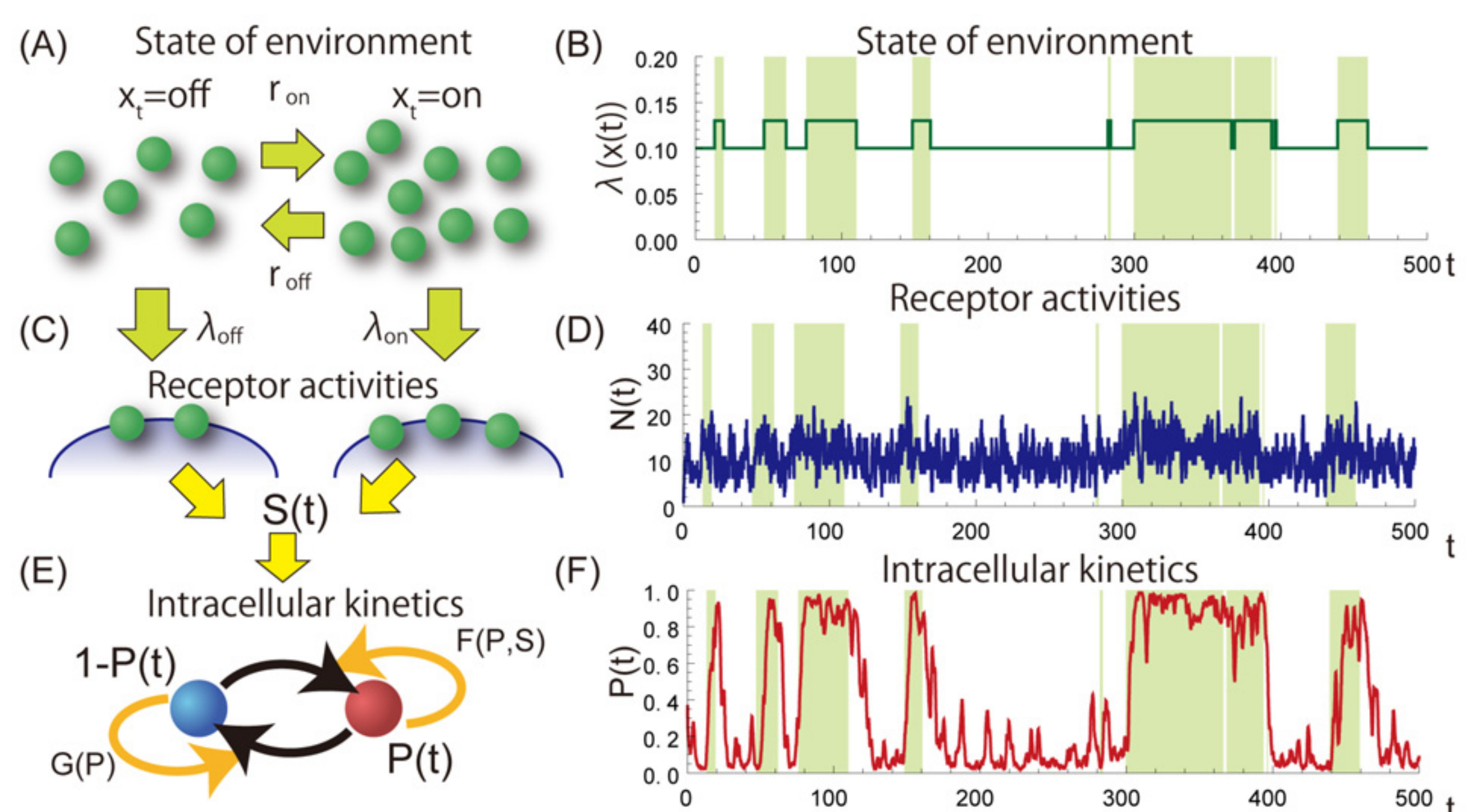
Ukai, Kobayashi, et al., (2007), Nat. Cell Biol.

# 確率的な生命システムの動作原理を数理で解明する

Theory for Robust Operation of Cellular System with Noisy Components

Kobayashi, Phys. Rev. Lett., 2010, 2011

動的で確率的な生命システムの動作原理を解明するには物理・工学と同様に数理の言葉が不可欠です。例えば細胞は大きなノイズが素過程に存在しても全体で安定して機能しますが、そのメカニズムは未解決です。我々は統計・情報理論と化学反応の動態理論を融合して、細胞のノイズに影響されない情報処理の仕組みや、情報が進化的な過程に及ぼす影響を理論的に明らかにしています(右図)。またその工学応用も探求しています。





# 河野研究室(Prof. Kohno) Laboratory for Neuromimetic Systems

URL: <https://www.neumis.iis.u-tokyo.ac.jp/>

生産技術研究所4F Ee411  
IIS, Bldg. E 4F Room Ee411

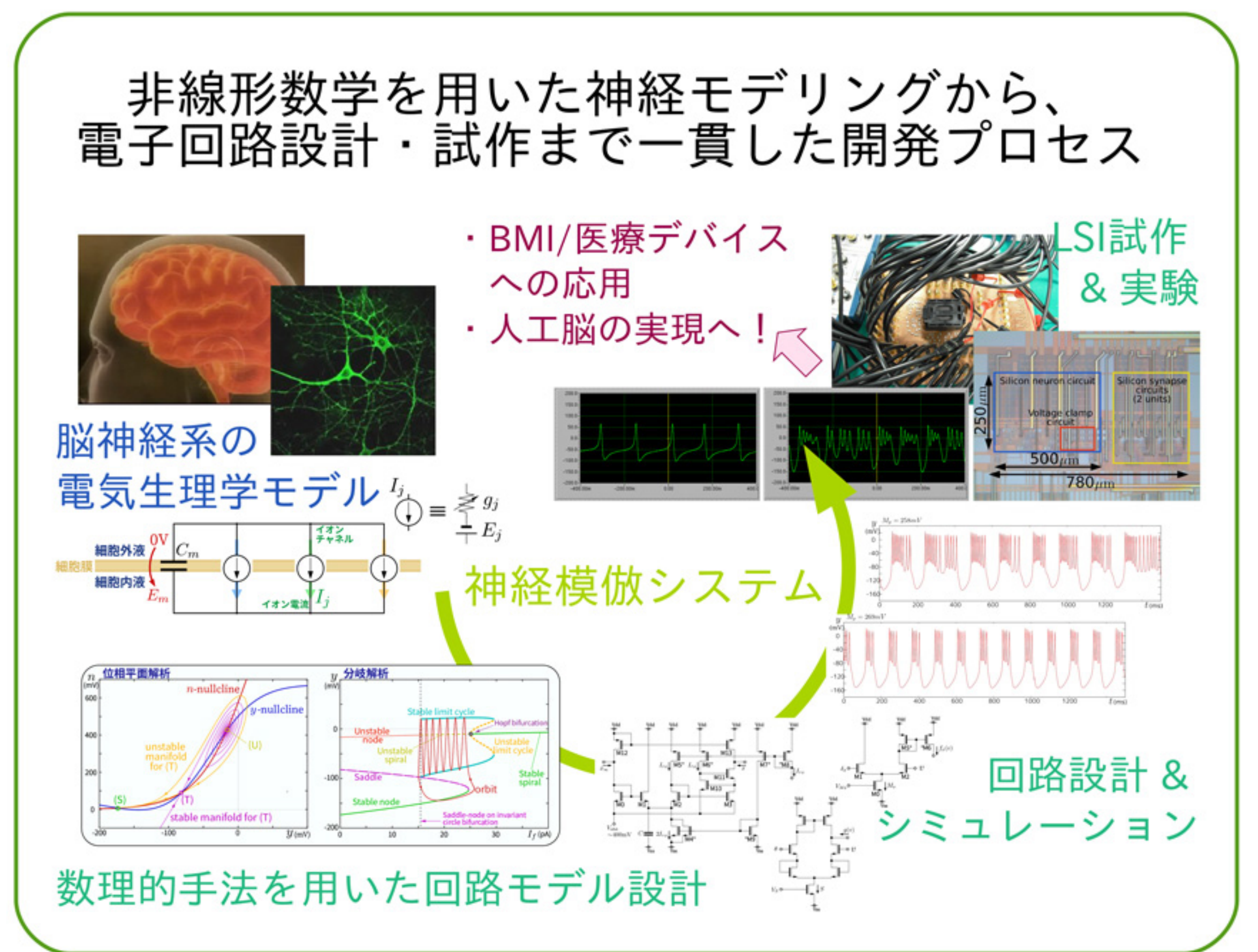
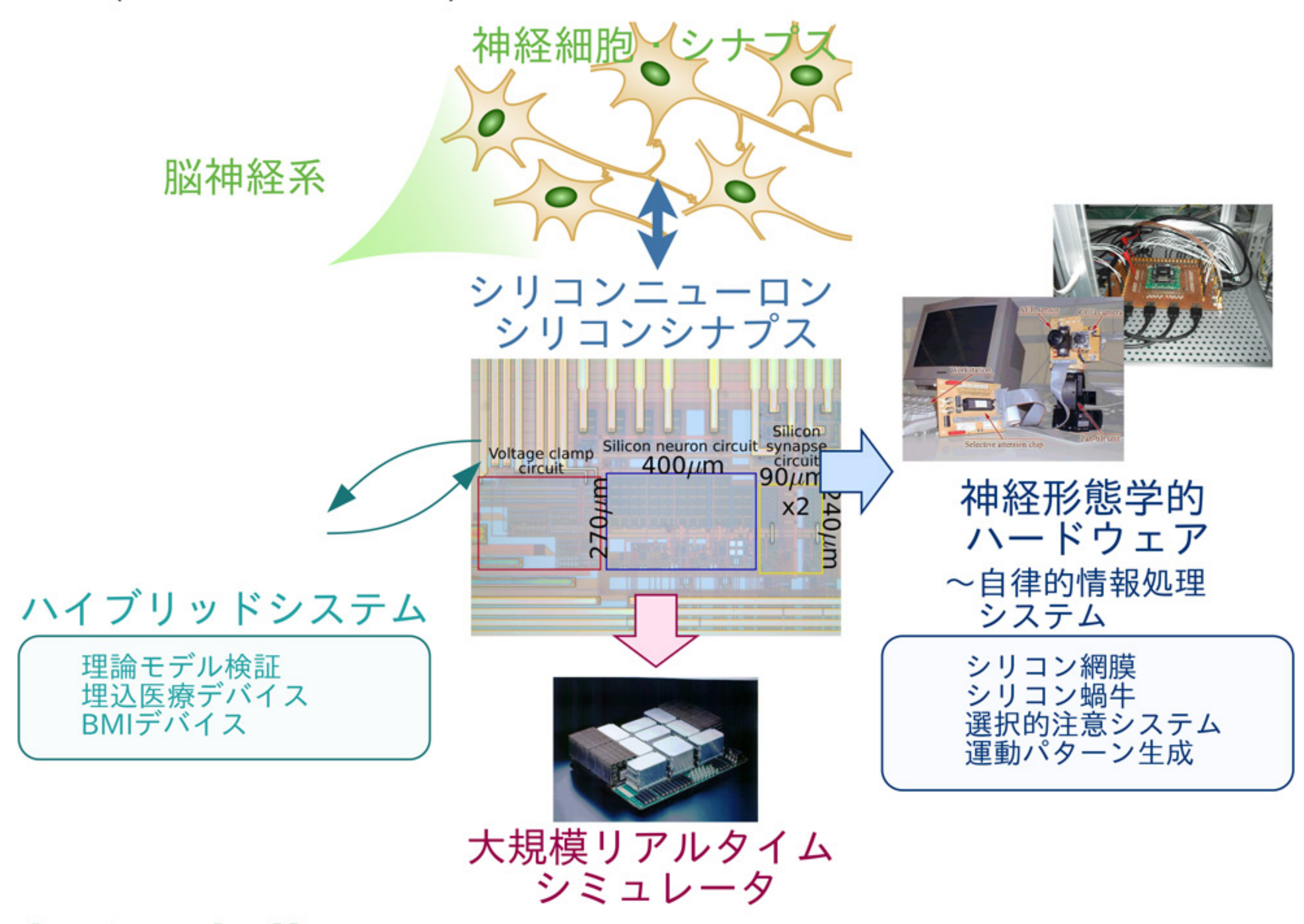
## 神経模倣システム(Neuromimetic systems)

神経系を模倣し、柔軟で自律的な知的情報処理システムを目指す。

mimicking the nervous system: towards robust and autonomous intelligent information processing systems

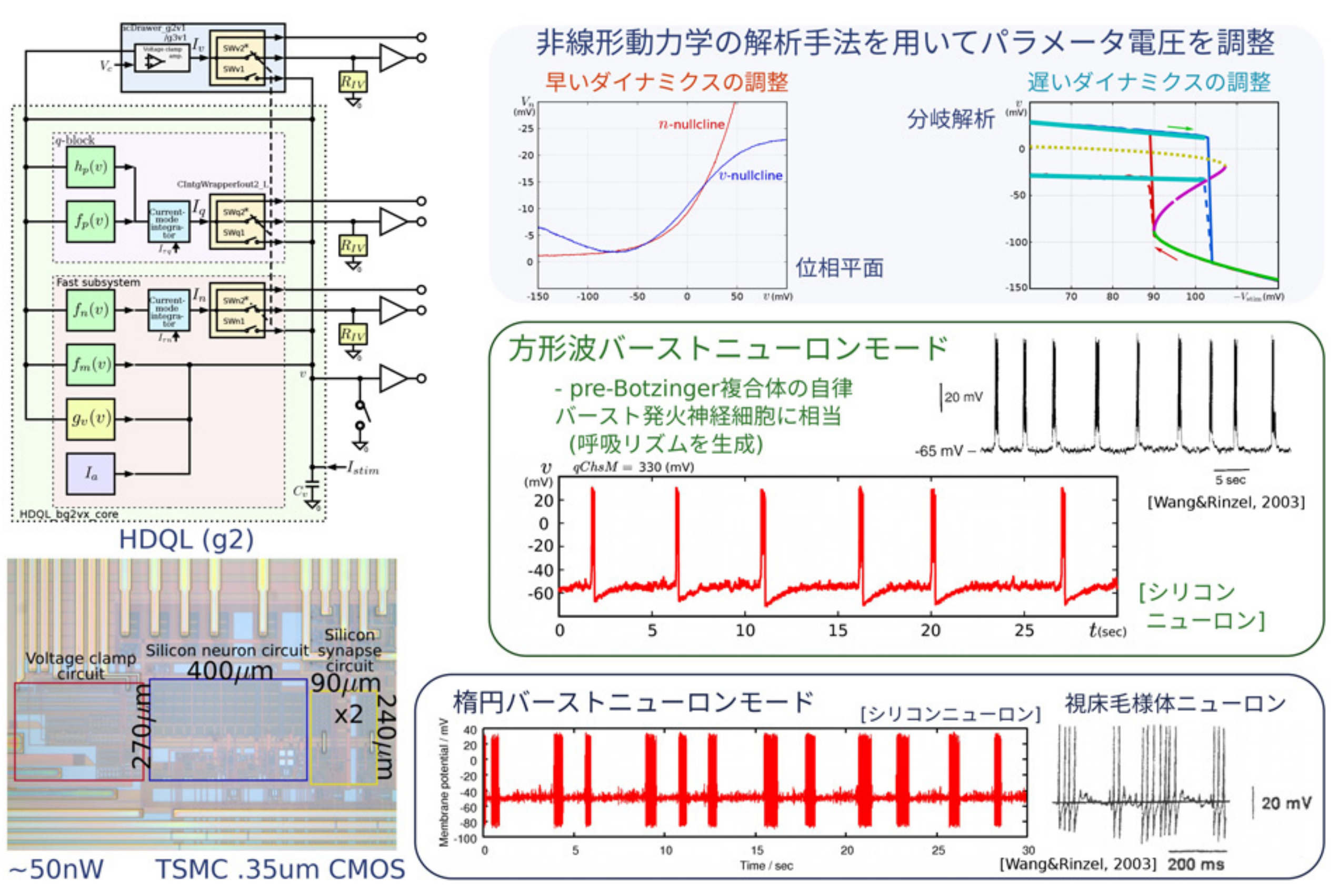
## シリコン神経ネットワーク

シリコンニューロン回路(神経細胞に対応)とシリコンシナプス回路(シナプスに対応)による電子回路神経ネットワーク



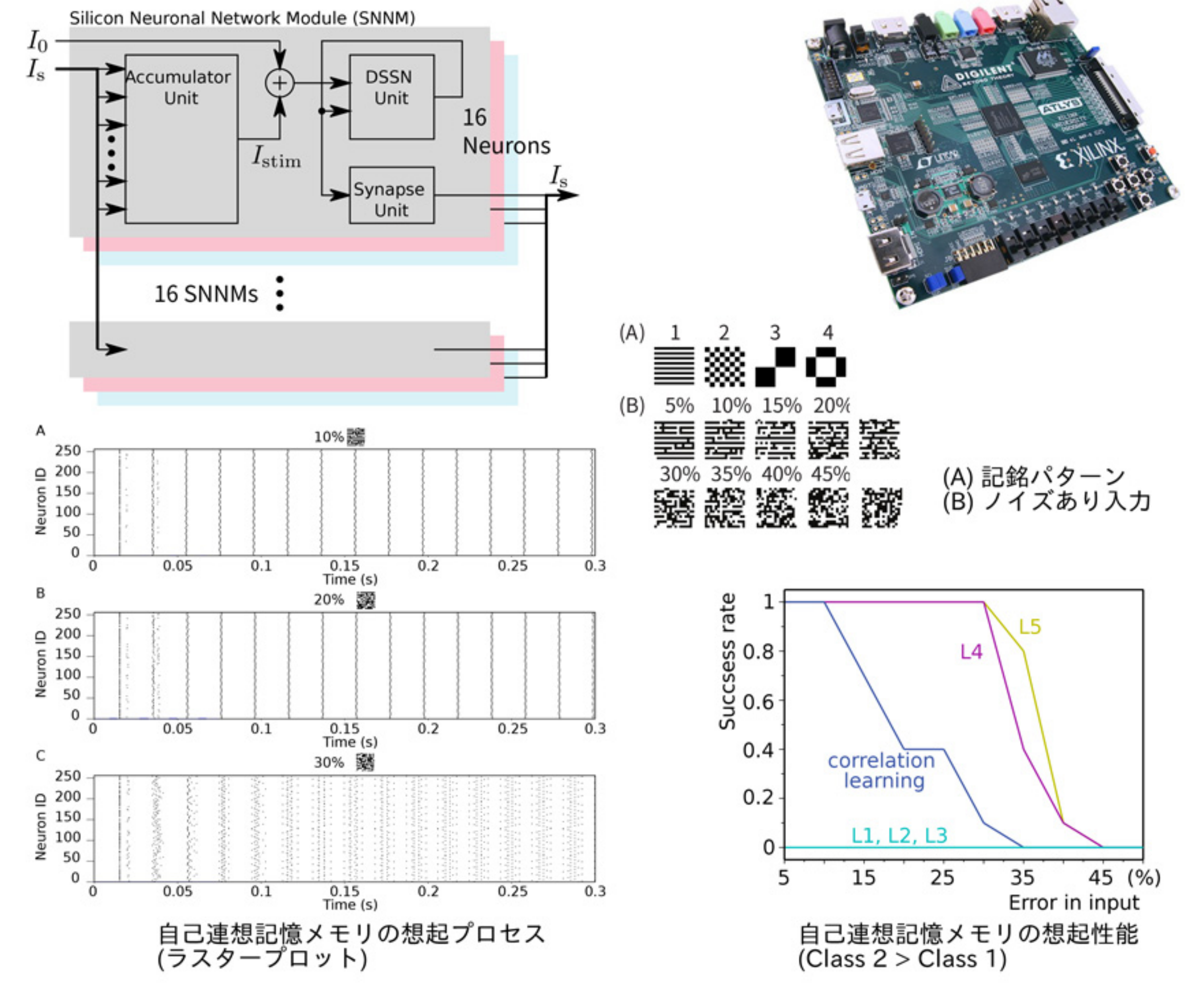
## 超低消費電力 アナログシリコン神経ネットワーク回路

- 消費電力: 3nW~50nW
- 大脳皮質や視床などの多様な神経活動 (RS,FS,LTSなど) を模倣可能
- 2ニューロン/チップ, 128シナプス/ニューロン



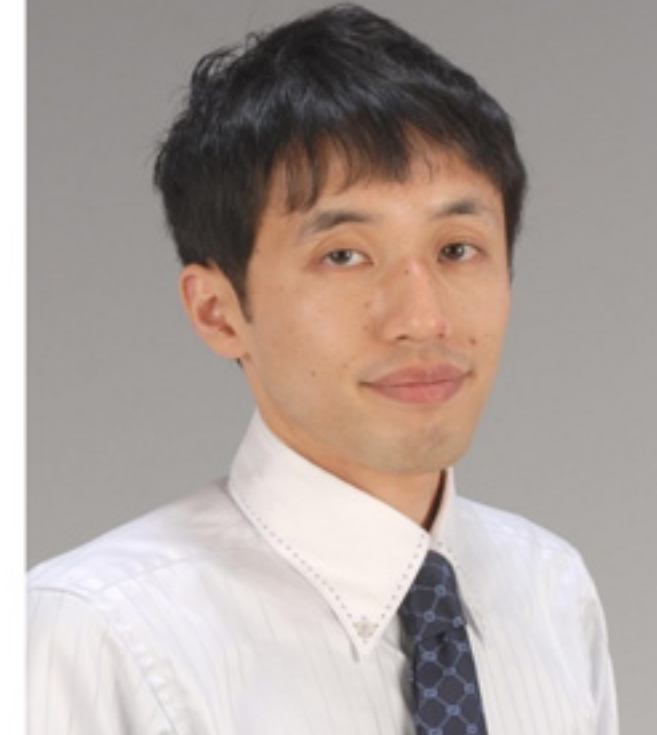
## FPGAを用いた デジタルシリコン神経ネットワーク回路

- 方形波バースト、楕円バースト等多様な神経活動を模倣可能
- 1000ニューロンの全結合ネットワーク
- Hebb学習、STDP学習等による自己連想記憶メモリ



## 人工脳を目指す

非線形数学と電子回路技術を用いて、神経系と同等の情報処理能力を持つ電子回路システムを開発しています。他分野融合により、神経回路の理論から、回路設計・開発、回路実験まですべてカバーしています。



関野研究室(Prof. Sekino)  
Sekino Laboratory

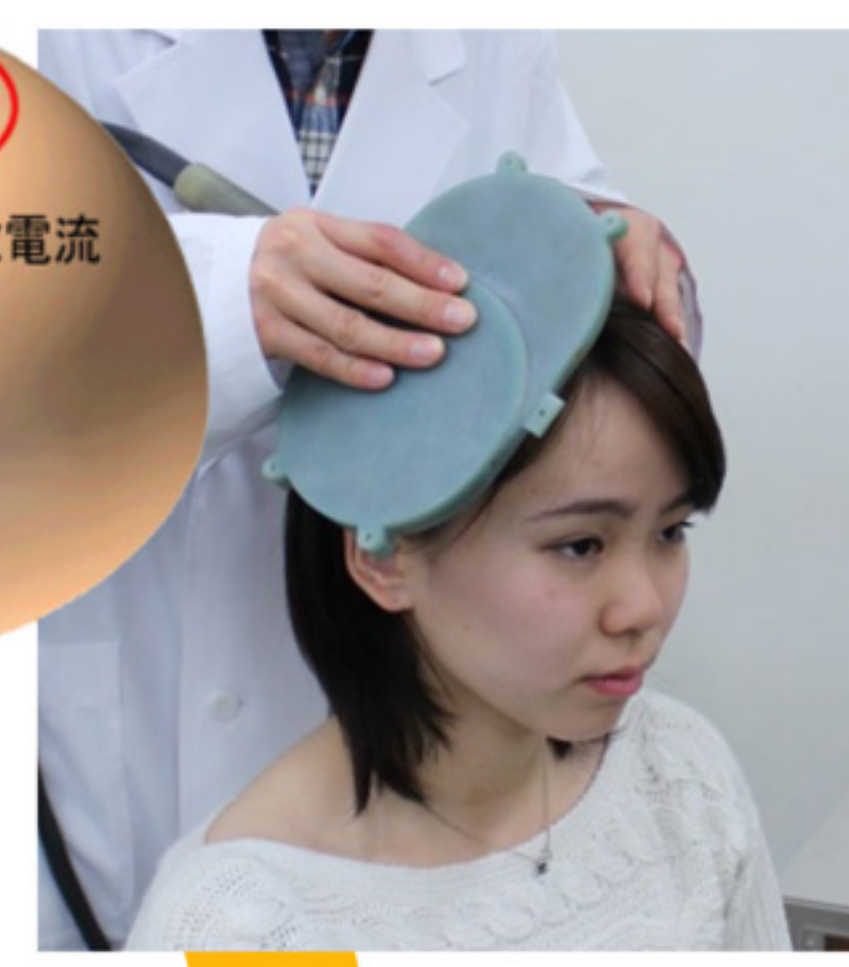
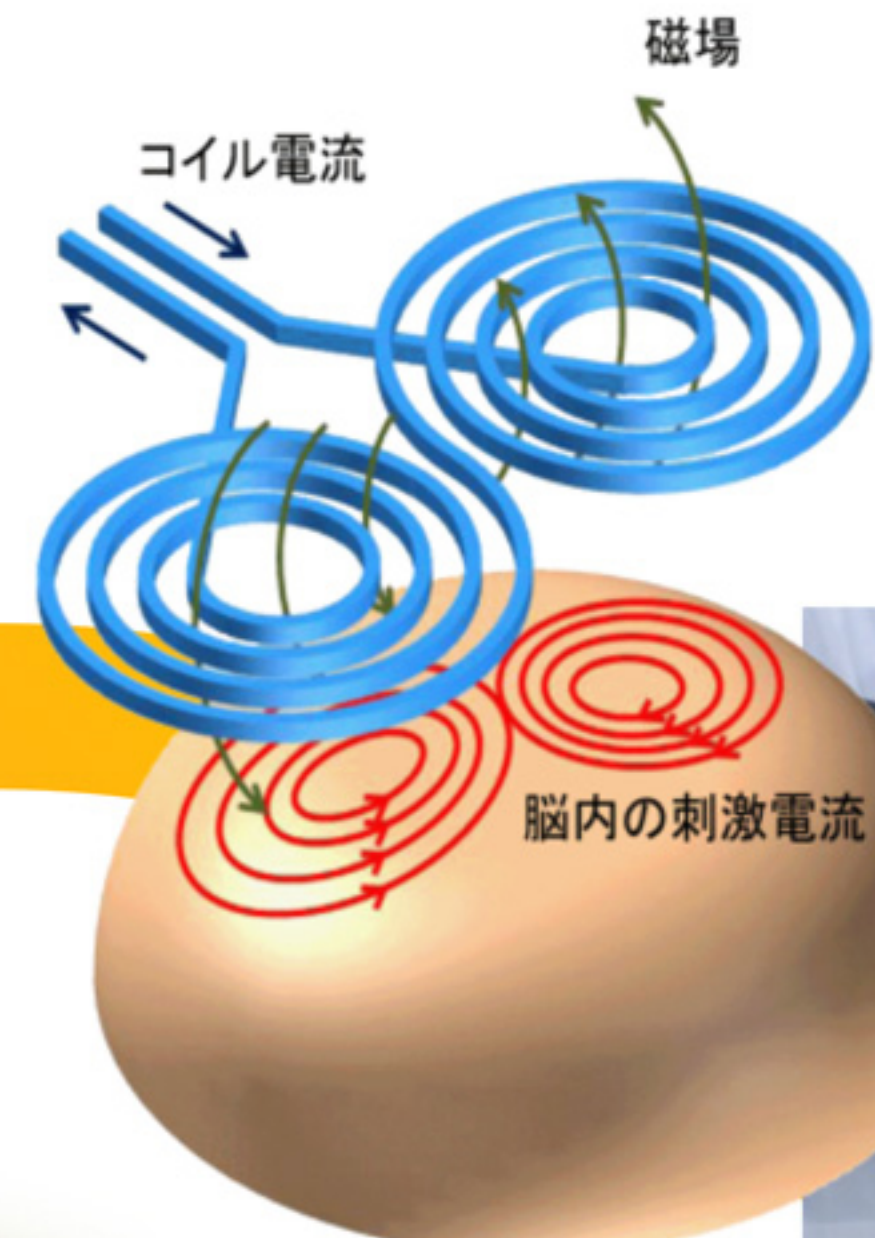
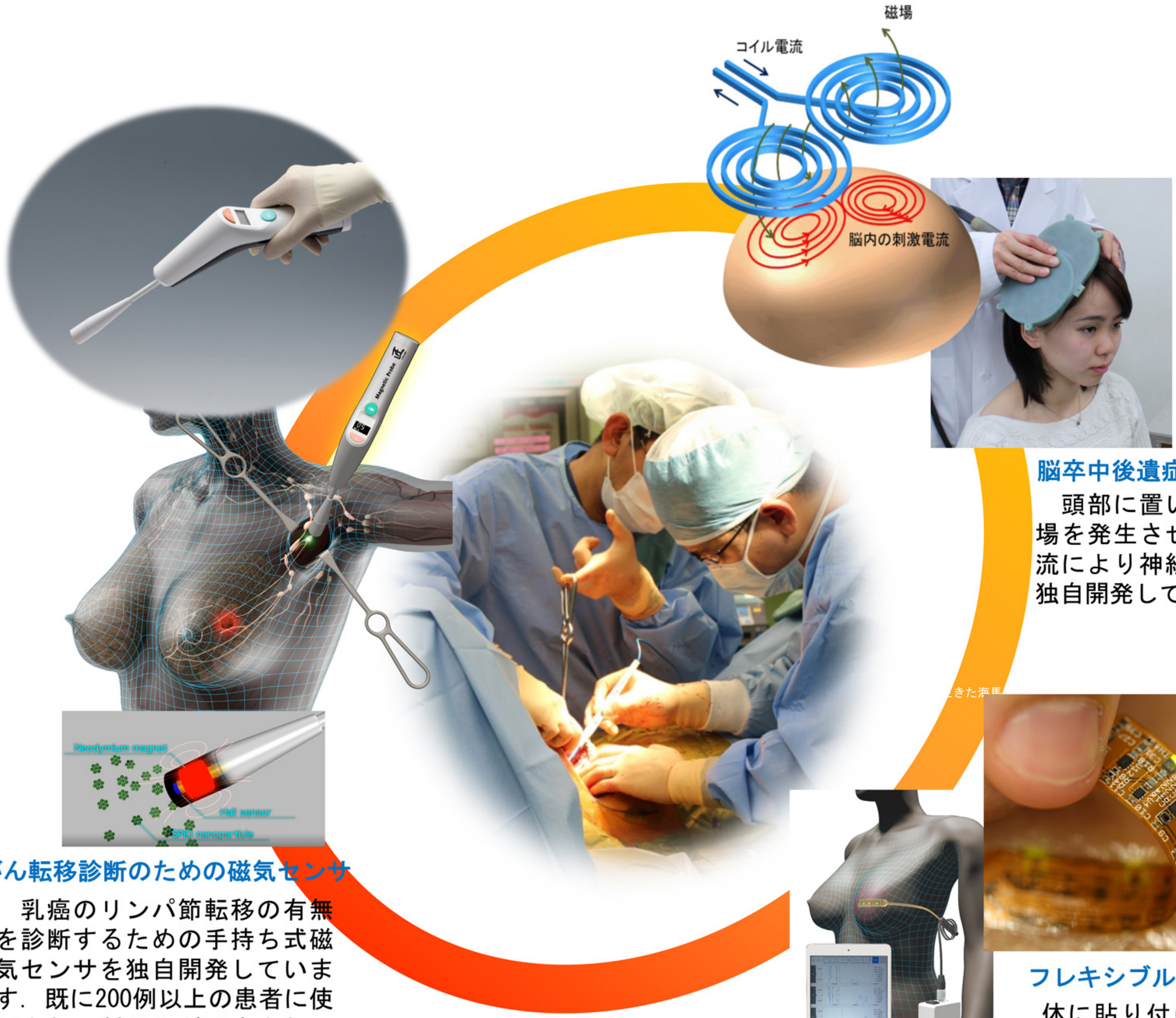
URL: <http://www.bee.t.u-tokyo.ac.jp>

学部 電気電子工学科 本郷  
大学院 工学系・電気系工学専攻  
工学系・バイオエンジニアリング専攻

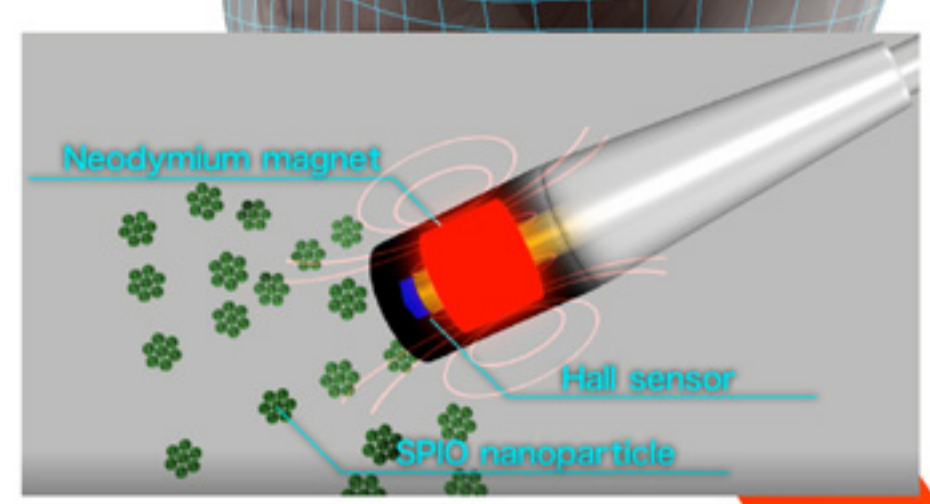
工学部10号館3F300号室  
Bldg. Eng-10 3F Room 300



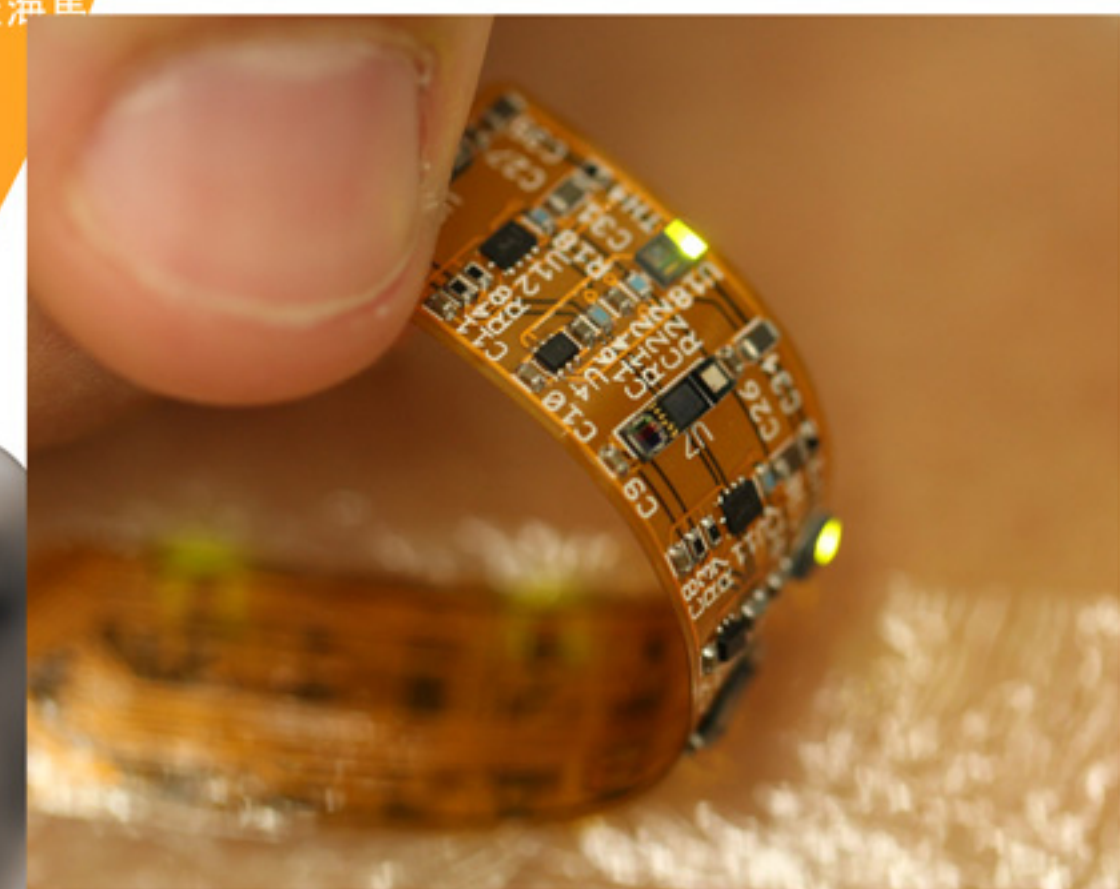
# 体に優しい医療を実現する 新しいメディカルデバイスを創造する



**脳卒中後遺症の磁気刺激治療**  
頭部に置いたコイルからパルス磁場を発生させ、脳内に誘導される電流により神経疾患を治療する機器を、独自開発しています。



**がん転移診断のための磁気センサ**  
乳癌のリンパ節転移の有無を診断するための手持ち式磁気センサを独自開発しています。既に200例以上の患者に使用され、製品化が予定されています。



**フレキシブル生体計測デバイス**  
体に貼り付けてその部位の組織血流を測定できるシート状センサを開発しています。乳房再建などの症例について、臨床評価が進んでいます。

## 研究室の特徴

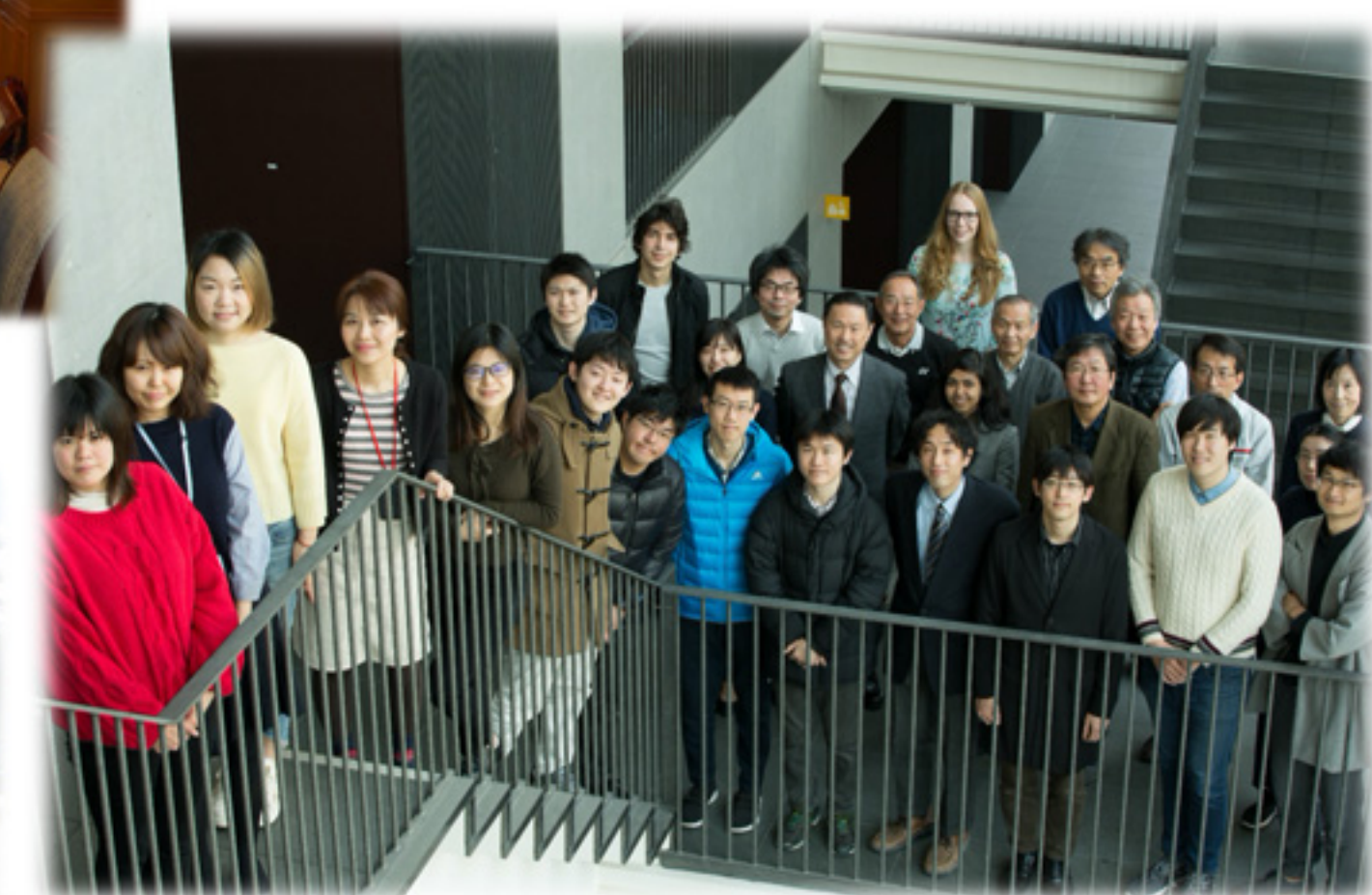
1. 卒論生が作った機器が、**外科手術**の現場で実際に**使われている**
2. 生きた動物や細胞を扱う設備もあり、**医工融合**を実践している
3. **大学病院**や**医療系企業**と共同研究を展開している



韓国, 2016年7月



石垣, 2015年7月



集合写真, 2018年2月

医療に興味がある人、ものづくりをやりたい人は、当研究室へ！

工学知識を医療に応用

テクノロジーは、上手に活かせば人を幸せにします。それを最も実感できる場所の一つが、医療の現場です。当研究室では、超電導を中心として、電磁界を利用した次世代の医療機器の開発に取り組んでいます。世界で初めての事にチャレンジしたい人、電気系工学の専門性を確立しながら幅広い分野に視野を広げたい人を歓迎します。工学と医学が融合する新しい研究領域を、私達と一緒に切り拓きましょう。

研究目標 : 機能性酸化物の多彩な物性と、バイオのユニークな機能を融合した、新しいエレクトロニクス創成  
 Research Targets: Interdisciplinary research on functional oxides and bio system to create advanced electronics

“ゆらぎ”エレクトロニクス  
 スピンゆらぎによる脳シナプス模倣デバイス

$$E = -\sum_{i,j} (w_{ij}x_i x_j + \sum_j h_j x_j) \quad E = -\sum_{i,j} J_{ij} S_j S_i - B \sum_i S_i$$

スピングラス材料と脳シナプス結合との類似性

$$\frac{dx_i}{dt} = f(x_i) \cdot A_i + \eta$$
 Attractor Selection

Thermal fluctuation  $\sim k_B T$

Yuragi

エネルギーハーベスティング : Energy Harvesting  
 -光合成に学ぶ太陽光エネルギー変換 (酸素・水素生成)-

酸化物スピンドットを用い、バンドエンジニアリング、結晶工学的、界面電荷制御、スピン制御による新規太陽光エネルギー変換素子の形成

赤さびを用いた太陽光エネルギー変換  
 Solar energy harvesting by red rusts.

$$H_2O \xrightarrow[\text{photocatalyst}]{\text{solar energy}} H_2 + 1/2 O_2$$

Solar spectrum

Visible Near infrared

$E_g (Fe_2O_3)$   $E_g (Rh:Fe_2O_3)$

Spectral radiance ( $\mu W/cm^2/nm$ )

Wavelength (nm)

酸化物スピトロニクス/ マグノニクス物性研究

量子計測/テラヘルツ波・赤外波の医工学応用

機能性導酸化物材料から出現する光学新機能

Plasma wavelength ( $\mu m$ )

400 500 600 800 1,000 3,000 9,000

UV Visible Near infrared Mid infrared

Metamaterial map

Carrier mobility (cm<sup>2</sup>/V.s)

Interband losses

Carrier density (cm<sup>-3</sup>)

$10^{19}$   $10^{20}$   $10^{21}$   $10^{22}$

Tuning of Intrinsic parameters  
 Carrier control ( $n_c$ )  
 Dielectric control ( $\epsilon^*$ )  
 Mobility control ( $\mu_c$ )  
 Dimensional control ( $D$ )  
 Mass control ( $m_c^*$ )

Surface plasmon resonance

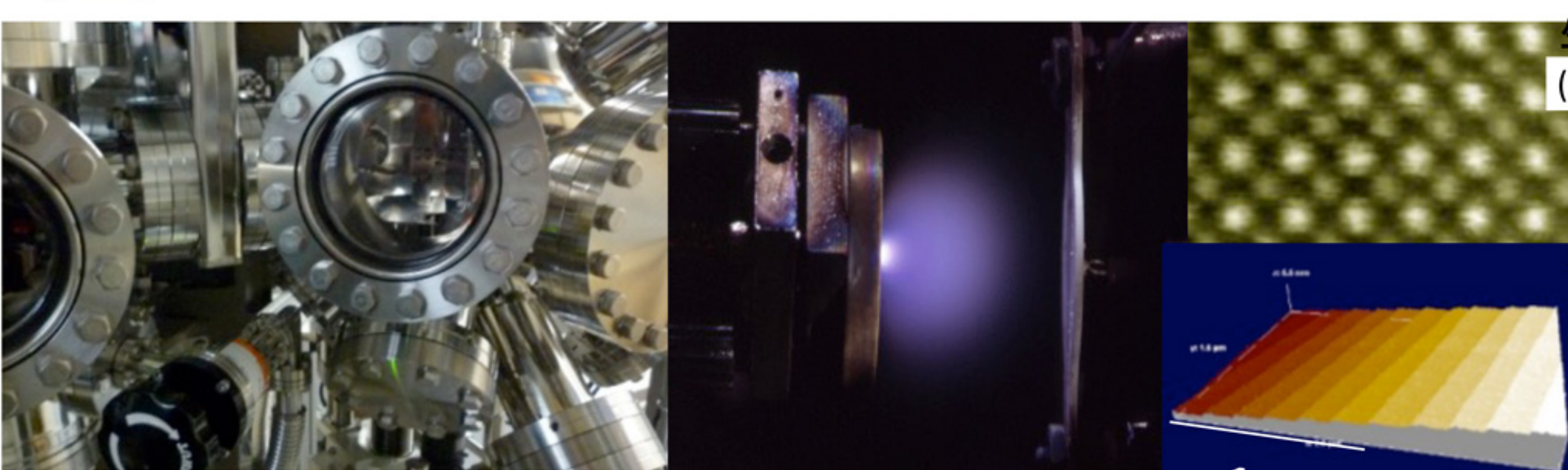
$R_p/R_s$  ratio  
 $t = 180 \text{ nm}$

Wave number (cm<sup>-1</sup>)

8000 7000 6000 5000 4000

近接場分光イメージング 分子振動イメージング

2D-oxide quantum wells Human colon cancer



生体分子等の表面センシングへの展開  
 (近赤外・遠赤外酸化物表面プラズモン励起)  
 近赤外域: 高い生体透過性・非侵襲性  
 赤外域: 特定の分子振動 (指紋領域)

生体分子・組織等の表面振動センシング及び  
 2次元(ガン組織)イメージングの高分解能への基盤技術

国際研究ネットワーク  
 Core-to-Core Research Network

**[Core1] Information**  
 Royal Institute of Technology (KTH), Sweden  
 Other institutions: Lund U., Acreo  
 Information and Communications Technology  
 Minimum Energy Requirement in the Nanoscale  
 L. Thylen

**[Core2] Device**  
 EPFL, Switzerland (EPFL)  
 Nano-Optics, Nanophotonic Devices  
 O. Martin  
 Univ. Twente, Netherland  
 MESA+  
 The only "Sir" in the nano.  
 B. Dave

**[Core3] Characterization**  
 Ecole Centrale de Lyon, France  
 inl  
 Semiconductor, Condensed-matter physics  
 Other institutions: Institute Neel, Univ. Joseph Fourier  
 M. Gendry

**[Core4] Fabrication**  
 Ulm Univ.  
 Carbon materials, esp. diamonds.  
 F. Jelezko

Nanoscale electron-photon interactions via energy dissipation and fluctuation  
 Project Investigator: H. Tabata, The Univ. Tokyo

Collaborate with  
 大津・八井研、幾原研、  
 Delaunay研  
 東工大、慶応大  
 NICT、分子研  
 & KTH(典), EPFL(瑞),  
 Twente(蘭)  
 Lyon(仏), Ulm(独)

酸化物プラズモニクス/フォトンクス

\*Plasmon resonance: visible to "IR range"

$$\epsilon_p(\omega) = \epsilon_\infty - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega + i\Gamma)}$$

$$\omega_p^2 = \frac{n_c e^2}{\epsilon m^*}$$

\*伝搬型表面プラズモン励起 (SPR)

局所電場

金属表面

ナノ粒子表面

\*局在表面プラズモン励起 (LSPR)

Ag nanoparticles

ZnO/ZnCdO QW

10 nm

ZnO/ITO 表面プラズモンによる非侵襲血糖値計測  
 Glucose sensing by oxide surface plasmon by ZnO, ITO

Absorbance  
 Glucose  
 Water  
 Wavelength ( $\mu m$ )

$R_p/R_s$  ratio  
 SPR peak  
 [Glu]: 0, 4, 6, 10 g/dL  
 Wavelength ( $\mu m$ )

生命に学び、生命を学ぶエレクトロニクス

生命に特有の“ゆらぎ”をキーワードに、バイオに学んだ新しいエレクトロニクスを目指しています。磁性相や強誘電相から構成される人工格子を創製し、相共存と“ゆらぎ”が引き起こす新規物性と、柔軟でしなやかなバイオ固有の機能との類縁性に関する基礎研究を行っています。



# 田中（剛）研究室 (Assoc. Prof. Gouhei Tanaka) Complex Systems Dynamics Lab

<http://eeip.t.u-tokyo.ac.jp/lab/index.html>

学部  
大学院 工学系・電気系工学専攻

本郷キャンパス医学部1号館 N308号室  
Faculty of Medicine, Bldg. 1, Room N308

## 目標 Our goal

世の中の複雑ダイナミクスを数理的に解明し、またそれらを利用して、実社会の重要課題解決に役立てる

Understanding complex systems and solving real-world problems

## 研究トピックス Research topics

### 省エネルギー脳型情報処理 Energy Efficient Information Processing

- リザーバーコンピューティングの理論と応用
- 省エネルギー連想記憶ニューラルネットワーク

#### リザーバーコンピューティング

#### 省エネルギー脳型連想記憶

### ネットワーク頑強性 Network Robustness

- 複雑ネットワークの動的頑強性理論
- 回復力に富むネットワークの探究
- 生物振動子系や電力系統への応用

#### ハブが重要とはならない例

Node degree vs Node amplitude

## 複雑系ダイナミクス Complex Systems Dynamics

### 機械学習と先端数理の応用 Applications of Advanced Mathematical Technologies

- 機械学習手法の融合
- 材料科学への応用

#### 分子と結晶構造の表現

#### 分子配置のパーシステンス図

### 医療・社会システムの数理 Mathematical Studies on Medical and Social Systems

- アレルギー性疾患の数理モデル
- 感染症の数理モデル
- 細胞シグナル伝達系の数理モデル

#### 感染症対策

#### アトピー性皮膚炎モデル解析

Patient-specific treatment design for atopic dermatitis

## 実社会に役立つ数理的研究

数理モデリングと数理解析を使って、複雑なダイナミクスを解明し、またそれらを工学応用する研究を行っています。いわゆる複雑系と呼ばれるものなら何でも研究対象になりますので、研究テーマは自由に決められます。