

第 1 回
国内公開
シンポジウム

動

く

細胞

と

場

を

読

む

新学術領域
「動く細胞と秩序」
主催

池谷 裕二
メゾスコピック回路から
眺めた脳システム
東京大学
新学術領域「メゾ神経回路」

松野 健治
細胞の左右非対称な歪みが
生み出す「力」による
器官形態の新しい形成機構
東京理科大学
新学術領域「秩序形成ロジック」

澤井 哲
アメーバ運動を誘起する
場のリズムと波
東京大学
新学術領域「動く細胞と秩序」

高橋 淑子
発生における管組織の形成：
伸展と上皮化の協調メカニズム
奈良先端科学技術大学院大学
新学術領域「血管神経ワイヤリング」

2012年
1月27日(金)
13:30~18:00
参加無料/事前受付不要

仲嶋 一範
大脳皮質発生における
移動神経細胞のダイナミクス
慶應義塾大学
新学術領域「動く細胞と秩序」

名古屋大学
医学部講堂
名古屋市昭和区
JR 鶴舞駅徒歩3分
(中央診療棟 3F)

木梨 達雄
Rap1シグナルによる
リンパ球動態の制御機構
関西医科大学
新学術領域「動く細胞と秩序」

横田 秀夫
ライブセルイメージングから
ライブセルモデリングに向けた
画像処理技術の開発
理化学研究所
新学術領域「ロジスティクス」

メラニン輸送
膜小胞
色素細胞の仮足
表皮細胞

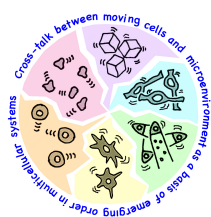
新学術領域研究「動く細胞と場のクロストークによる秩序の生成」(略称「動く細胞と秩序」) http://sci-tech.ksc.kwansei.ac.jp/d_biosci/cross-talk/index.html

計画研究

上田昌宏 / 木梨達雄 / 仲嶋一範
西脇清二 / 林 茂生 / 宮田卓樹

公募研究

味岡逸樹 / 飯田敦夫 / 稲垣直之 / 伊原伸治 / 岩崎好昭 / 榎本 篤 / 片桐晃子 / 木下典行 / 熊田竜郎 / 熊野 岳 / 佐藤 純 / 佐藤有紀
澤井 哲 / 柴田達夫 / 菅生紀之 / 鈴木 誠 / 田岡 東 / 高木 新 / 高鶴裕介 / 田所竜介 / 玉田篤史 / 辻 孝 / 長澤丘司 / 中村太郎
西山功一 / 橋本 茂 / 長谷川明洋 / 福井宣規 / 松井貴雄 / 松田知己 / 三浦 岳 / 六車恵子 / 吉浦茂樹 / 米村重信 / 渡部美穂



文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域「動く細胞と場のクロストークによる秩序の生成」

第1回 公開シンポジウム 動く細胞と場を読む

日時：2012年1月27日(金)

13:30～18:05

場所：名古屋大学医学部 講堂

(名古屋市昭和区鶴舞町65)

開始	終了	所要時間	司会			
12:00	13:30	1:30分		受付		
13:30	13:35	0:05分		開会の辞	宮田 卓樹	
13:35	13:55	0:20分		口演 1	仲嶋 一範 慶應義塾大学	「大脳皮質発生における移動神経細胞のダイナミクス」
13:55	14:00	0:05分		質疑応答		
14:00	14:30	0:30分	上田昌宏	口演 2	池谷 裕二 東京大学	「メソスコピック回路から眺めた脳システム」
14:30	14:40	0:10分		質疑応答		
14:40	15:00	0:20分		口演 3	澤井 哲 東京大学	「アメーバ運動を誘起する場のリズムと波」
15:00	15:05	0:05分		質疑応答		
15:05	15:35	0:30分		休憩		
15:35	16:05	0:30分	林茂生	口演 4	横田 秀夫 理化学研究所	「ライブセルイメージングからライブセルモデリングに向けた画像処理技術の開発」
16:05	16:15	0:10分		質疑応答		
16:15	16:45	0:30分	西脇清二	口演 5	松野 健治 東京理科大学	「細胞の左右非対称な歪みが生み出す「力」による器官形態の新しい形成機構」
16:45	16:55	0:10分		質疑応答		
16:55	17:25	0:30分	西脇清二	口演 6	高橋 淑子 奈良先端大学	「発生における管組織の形成：伸展と上皮化の協調メカニズム」
17:25	17:35	0:10分		質疑応答		
17:35	17:55	0:20分		口演 7	木梨 達雄 関西医科大学	「Rap1シグナルによるリンパ球動態の制御機構」
17:55	18:00	0:05分		質疑応答		
18:00	18:05	0:05分		閉会の辞	宮田 卓樹	

協賛：株式会社 木下理化

ご挨拶ならびに当領域のご紹介



「動く細胞と秩序」領域代表

(公開シンポジウム「動く細胞と場を読む」主催者代表)

名古屋大学 大学院医学系研究科 教授

宮田 卓樹

領域代表としてご挨拶申し上げます。本領域「動く細胞と場のクロストークによる秩序の生成」(略称「動く細胞と秩序」)は、平成22年度発足の新学術領域の1つです。計画班員6名(大阪大・QBiCの上田昌宏、関西医大の木梨達雄、慶應大の仲嶋一範、関西学院大の西脇清二、理研CDBの林茂生、名古屋大の宮田卓樹)と、公募班員35名からなります。

本領域は、細胞が生来的にもつ「動く」という特性が、どのように微小環境(「場」)からの拘束・制御を通じて形態的および機能的な高次の「秩序」へとまとめ上げられるのか、を問います。

具体的な解析の対象として、粘菌、磁性細菌、リンパ球、ニューロン、ガン細胞、血管細胞、表皮細胞、神経前駆細胞、生殖巣細胞、管腔形成上皮、初期胚など、さまざまな「動く細胞」、組織、器官に注目します。「場」には、細胞外基質や、近隣細胞上の表面分子、拡散性の液性因子、力学的・電氣的などの物理的な要因が含まれます。

本日の国内シンポジウム「動く細胞と場を読む」(公開)では、領域の3名(木梨達雄[計画]、仲嶋一範[計画]、澤井哲[公募])の発表に加えて、領域外からお招きした気鋭の講師陣(池谷裕二[新学術領域 メゾ神経回路]、高橋淑子[同 血管神経ワイヤリング]、松野健治[同 秩序形成ロジック]、横田秀夫[同 ロジスティックス]の各氏)のご口演をいただき、細胞と「場」の関係性、そして「読む」ための先進的なアイデア・技法などについて学び、論じたいと思います。活発な議論・「化学反応」が生じるように、「場」の提供者として願います。発表ごとに設けた討論時間(5~10分)での質問・コメントを通じて、また休憩時間の歓談によって皆様の交流の輪が広がりますことを期待しております。

大脳皮質発生における移動神経細胞のダイナミクス

慶應義塾大学医学部 解剖学教室 仲嶋 一範

哺乳類の脳を構成する神経細胞群は、その誕生部位と、実際に神経ネットワークを形成して機能する最終配置部位とが通常遠く離れているという特徴がある。すなわち、各々の神経細胞は、前駆細胞（神経上皮）から誕生後、はるか彼方にある最終目的地に向かって「動く」必要がある。例えば大脳皮質の抑制性神経細胞は、腹側にある大脳基底核原基から脳表面に平行に背側に向かって移動した後に、興奮性神経細胞が並んだ皮質板内へと進入し、神経ネットワークを構築する。脳が正常に機能するためには、興奮性神経細胞と抑制性神経細胞とが適度にバランス良く配置されてネットワークを形成することが必須であり、そのバランスが崩れると、脳の機能は異常になってしまう。

「大脳新皮質」は、哺乳類で出現しヒトで最も発達した脳構造である。6層構造を持つが、特にII～IV層を哺乳類が獲得したことが、大脳新皮質が営む高次脳機能を実現する上で重要な役割を担ったと考えられている。近年、統合失調症を含む各種の精神疾患で抑制性神経細胞の異常が指摘されており、高次脳機能における抑制性神経細胞の重要性が注

目されている。そこで我々は、発生中の大脳新皮質に進入していく抑制性神経細胞に、哺乳類特有の性質があるかを調べるため、マウス、サル（マーモセット）、ニワトリ、カメ（スッポン）の4種の基底核原基の細胞（抑制性神経細胞の前駆細胞）を子宮内マウス胎児の脳に移植してその後の挙動を調べる実験を行った。その結果、マウス大脳新皮質のV/VI層にはすべての種由来の移動細胞が進入して長期間生存できるものの、II～IV層には哺乳類（マウス、マーモセット）の細胞しか進入できないことを見いだした。以上の結果は、大脳新皮質のII～IV層には哺乳類特有の「場」が形成されていることを示唆する。また、哺乳類への進化に伴って抑制性神経細胞の移動能が変化したことによって、神経ネットワークの興奮と抑制のバランスがとれた正常な「大脳新皮質」が哺乳類特有の構造として成立した可能性が考えられた。

文献: Changes in cortical interneuron migration contribute to the evolution of the neocortex. D. H. Tanaka, R. Oiwa, E. Sasaki, and K. Nakajima. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 108 (19), 8015-8020 (2011).

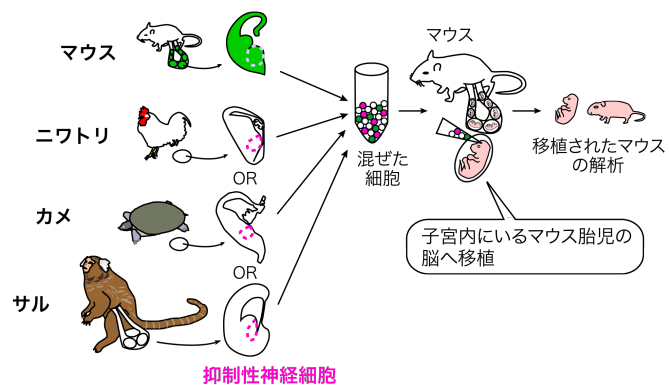


図1. 子宮内のマウス胎児の脳へいろいろな種類の動物の抑制性神経細胞を移植して、移植した細胞がマウス胎児の脳の中でどのように動くかを調べた。

メゾスコピック回路から眺めた脳システム

東京大学・大学院薬学系研究科・薬品作用学教室 池谷裕二

同期発火活動はどのように下流のニューロンで解読されるのだろうか？ ニューロンの細胞体より伸びる樹状突起上には数万に及ぶスパインと呼ばれる後シナプス構造が存在し、周囲ニューロンの活動をシナプス入力として受け取っている。樹状突起上におけるシナプス入力の空間分布をより詳細に検討するため、新たに大規模スパインイメージング法を確立し、シナプス活動の可視化を試みた。あらかじめ細胞体内にカルシウム蛍光指示薬を負荷しておくことで、同時に数百個のスパインから、シナプス入力をスパイン部でのカルシウム蛍光上昇としてイメージングすることに成功した。複数のスパインが同時に活動した際の空間分布を定量化したところ、同期したスパインが樹状突起に沿ってクラスター状に分布することが見出された。とりわけ 10 μm 以内のスパイン間で高い同期性が観察された。一方、電気刺激によって人工的に同期入力を再現した場合には、同期スパインは樹状突起全体に分散していた。次に、興奮性ニューロンにおいて 10 μm 以内の複数スパイン間で生じる同期グループ活動について検討したところ、観測されたスパインの 31.5%が少なくとも一度はグループ活動に参加し、全てのスパイン活動のうち 29.5%がグループ活動であることが見出された。また各同期グループは 3.6 ± 0.7 個の活動スパインから構成され、樹状突起に沿って $4.7 \pm 3.3 \mu\text{m}$ の範囲に分布していた。以上の結果から、CA3 野の同期ニューロングループの発火活動が、同期シナプス入力として樹状突起上にクラスター化して生じていると考えられる。

続いて回路をより大きな視点で捉える。大脳皮質ニューロンの興奮性シナプスは結合がスパースであり、仮に結合していたとしても、結合強度は弱く、放出確率も低い。そのため情報を伝達するためには、シナプス前細胞の高頻度な発火や同期活動が必要であると考えられている。ところが実際の *in vivo* の神経活動は低頻度で比較的非同期的である。にもかかわらず、*in vivo* 神経回路ではしばしば時間精度の高い発火や連鎖発火が観察される。さらに、一つのニューロンをバースト発火させるだけでヒゲ運動を惹起したり、皮質回路全体を UP 状態にしたり、さらには、わずか一つのスパイクであっても回路の発火状態を変調するのに十分であることが示されるなど、従来の皮質回路の理解枠では解釈できない現象が相次いで報告されている。こうした矛盾を説明するために、我々は「ごく少数の皮質ニューロンの結合は(平均値に比べ)桁外れに高い強度を持つ」という最近の知見に着目した。このような例外的に強いシナプスは 10 mV もの脱分極 (uEPSP) を引き起こすことができるが、これまで回路活動に及ぼす効果は知られていない。我々は *in vivo* 回路のような背景ノイズが高い環境では、強いニューロン結合は単独でシナプス後細胞を安定的に発火させることができることを見出した。時間があれば当日はこの発見の意味について論じてみたい。

アメーバ運動を誘起する場のリズムと波

東京大学 大学院総合文化研究科 澤井 哲

細胞性粘菌では、飢餓が引き金となって、数十万個のアメーバ細胞が誘因物質としてサイクリック AMP (cAMP) を周期的に放出し、形成される進行波に向かって集合し、子実体を構築します。サッカー試合の応援でみられる人間の波さながらの集団的な振る舞いが、細胞の集団で自発的に形成され、この波が集団の運動の早さや方向を決めています。この振動と波の場がいかんして出現するのか。発生の共通原理に関わる問題として、その説明が長年望まれていました。私達は、蛍光タンパクを利用したプローブを粘菌で発現させ、粘菌集団内でやりとりされる信号を直接計測することで1細胞の応答を定量化しています。そうした実験と数理モデル解析の結果から、信号のやりとりのごく微弱なノイズが増幅し合うことで、協同的に振動が出現していることが明らかになってきました。波の協同的な生成機構のランダム性が、時間的にいかに発展するかによって、波の空間的なパターンがいかんに変化し、それによって細胞集団の動きがいかん変わるかについて概説します。また、粘菌の cAMP 濃度の振動には、環境の細胞密度や栄養についての情報が、周波数上にコード化されている可能性が示唆されます。今回明らかになった集団的な転移現象の仕組みは、粘菌のみならず、動物や植物の発生の背後にある協同的な動態にも共通の理解の枠組みを与えていると考えられます。

参考文献

- [1] S. Sawai, P.T. Thomason and E.C. Cox, *Nature* **433** (2005) 323.
- [2] S. Sawai, X-J. Guan, A. Kuspa and E.C. Cox, *Genome Biol.*, **8** (2007) R144.
- [3] T. Gregor, K. Fujimoto, N. Masaki and S. Sawai, *Science*, **328** (2010) 1021.
- [4] K. Kamino, K. Fujimoto and S. Sawai, *Dev. Growth Diff.* **53** (2011) 503.

ライブセルイメージングからライブセルモデリングに向けた 画像処理技術の開発

理化学研究所 基幹研究所 先端技術基盤部門 生物情報基盤構築チーム
横田 秀夫

近年、顕微鏡技術、蛍光標識技術の発達に伴い、生きた状態での細胞や組織の画像を取得することが可能になってきた。これらのバイオイメージング技術の進展により、2次元空間における断層画像の取得から、レーザー顕微鏡による3次元情報、時系列のボリュームデータである4次元情報を取得することが可能となった。一方、私たち人間が目で見えて脳が処理できる対象は高さを持つ2次元の画像情報(2.5次元)のままであり、3-5次元の多次元情報をそのまま受け取ることや、処理し理解することはできない。一方、顕微鏡により得られる情報は1日に数GBと飛躍的に増加し、人が撮影した情報を見て判断することが困難となっている。一方、顕微鏡を通じて検出器から得られる情報は数値データであり、直交座標空間における輝度情報として収集されていることから、3次元空間における定量解析が可能な情報となってきた。つまり、時空間の場における定量情報として扱うことが可能となってきた。そこで、これらの数量化した情報を用いることにより、これまでは直接関係がないと思われていた生物の異なる事象の相関関係が見いだされてくるなど、これまで研究者が目で見えて直感的に判断していた現象間に潜んでいた原理を明らかにすることが可能となってきた。この様にバイオイメージングデータから現象を数量化して解析することは、顕微鏡観察により得られる映像を対象に人が判断して研究してきた現況のパラダイムを替える大きな可能性を持つと考えられる。さらに、これらの生命現象を数量化した情報を元に、そこから導き出した数理モデルを利用してコンピュータシミュレーションを用いた先導的な研究が萌芽してきた。これらは物理学における実験物理と数理モデルとシミュレーションを活用した理論物理学の様に、生命科学の分野においても新しい理論生物学の分野として始まったばかりである。しかしながら、現時点ではバイオイメージングデータを元にした定量解析や生命現象のシミュレーションを用いた研究は普及していない。この大きな要因として、バイオイメージングデータから定量解析するステップである画像処理技術の未整備に大きな要因がある。

画像処理技術は、工学の領域で研究開発がなされ、製造業、コンピュータグラフィックやデジカメに代表される画像機器などの分野で大きく花開いている。しかしながら、バイオイメージングデータは、これら分野の情報に比較してノイズであり、対象のトポロジーが変化するのみならず、消失・生成するなど、画像処理の研究者から見ても、大変やっかいな対象である。その為に、従来の画像処理技術をそのまま応用するだけでは数量化することが困難である。しかしながら、生命科学の分野の発展のためには、バイオイメージングデータに対する画像処理技術の確立することは大変重要かつ早急な課題である。これらの状況を元に、理化学研究所では、バイオイメージングデータに適応した新しい情報処理技術の確立を目指して、生物情報基盤構築チームを2010年に設立した。本講演では、我々が開発している画像処理システム、特に全く新しいノイズ除去技術、領域抽出技術、生命学の研究者が使いやすいユーザーインターフェースを備えた画像処理統合プラットフォームを紹介する。また、科研費新学術領域「細胞内ロジスティクス」の一部として執り行っている取り組みについても紹介する。本講演では、生命科学を専門とする皆様のご意見をお聞かせいただきたい。

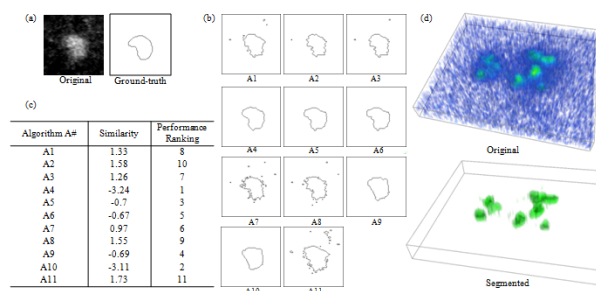


Fig.1 Expert system for image segmentation.

参考HP : <http://www.riken.jp/briect/index.html>

Developing a unified image processing platform

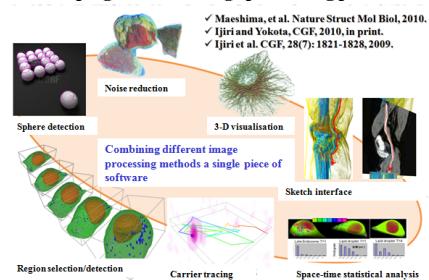


Fig.2 Unified image processing platform.

細胞の左右非対称な歪みが生み出す「力」による器官形態の新しい形成機構

東京理科大学・基礎工学部・生物工学科 松野健治

外見が左右対称な動物においても、内臓器官は左右非対称な場合が多い。このような左右性形成の形成機構については、脊椎動物の一部ではよく理解されている。しかし、左右非対称性の形成機構が進化的に多様性であることが明らかにされつつあり、脊椎動物とは異なる左右非対称性の形成機構の存在が予測されている。

我々は、左右非対称性形成の新規な機構を明らかにすることを目的として、分子遺伝学のモデル動物であるショウジョウバエの消化管にみられる、ステレオタイプな左右非対称性に注目した。ショウジョウバエ・ゲノムの 80%を網羅する遺伝的スクリーンを行うことで、ショウジョウバエ胚の消化管の左右非対称性形成に必須な一群の遺伝子を同定することができた。同定した遺伝子のうち、*Myosin ID* (*MyoID*) の突然変異のホモ接合体胚では、消化管が鏡像化した。また、*DE-cadherin* (*DE-cad*) の突然変異のホモ接合体胚では、胚消化管の左右性がランダム化した。

胚の後腸が左右非対称な形態をとる過程で、後腸は左ネジ方向に 90 度捻転する。この捻転は、細胞増殖や細胞死とは無関係に、後腸上皮細胞の再編成によって起こる。捻転が起こる前に、上皮細胞の頂端面の形態に左右バイアスが導入され、これが捻転に伴って解消されることを明らかにした。我々は、上皮細胞の頂端面にみられるこのような平面内の左右の歪みを、左右に歪んだ形がその鏡像と重ねられないことを理由として、*planar cell-shape chirality* (PCC) と命名した。PCC は、*MyoID* に依存した *DE-cad* の左右非対称な分布によって形成されるものと考えられた。上皮細胞の再編成に関するコンピュータ・シミュレーションの結果、PCC によって、後腸上皮組織の左右非対称な形態形成が説明できることが示唆された。生体内における PCC についてはこれまでに報告がなく、本研究の成果から、組織形態の形成の新たな機構の存在が示唆された。

後腸の左ネジ方向の 90 度捻転は、後腸上皮の管が PCC によって生み出す「力」によって起こると考えた。そこで、温度によって磁性を制御できる磁気ビーズと、磁気ピンセットを用いて、この「力」を計測することにした。磁気ビーズを胚後腸の内腔に顕微注入し、磁気ピンセットによって捻転を停止させることができた。組織が *in vivo* で生み出す、組織の形態変化を誘発する「力」が測定された例はこれまでにほとんどなく、この結果を PCC と関連づけて発展させることで、細胞レベルの事象と生物力学を結び付けることが可能になると考えている。

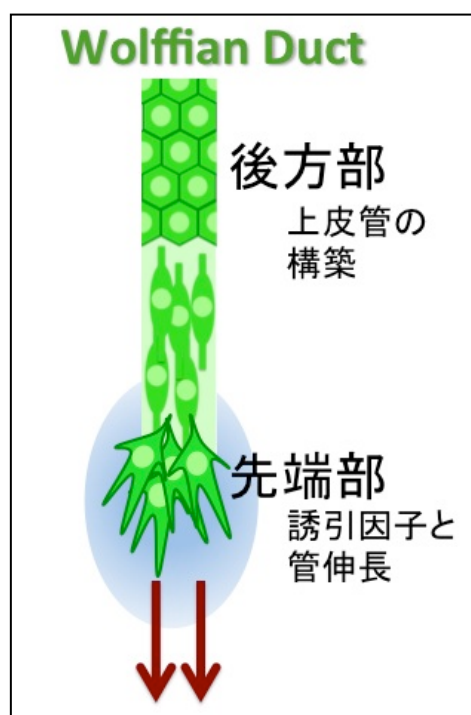
発生における管組織の形成：伸展と上皮化の協調メカニズム

奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科

熱田勇士、高橋淑子

からだの器官の働きにとって、その中に存在する管組織（細いチューブ状）は非常に重要である。肺まで空気を送る気管支、そして腎臓から尿を送り出す腎細管などは、その代表例である。管組織は、上皮細胞によって構成される3次元構造である。私たちは管組織の形成機構に興味をもち、その分子・細胞メカニズムの解明を目指している。個体発生の過程において、もとは不定形だった細胞集団からどのようにして上皮管が作られるのか、また上皮構築と同時に管は盛んに伸長するが、これら両者はどのような関係にあるのかなど、未解決の謎が多く残されている。

これらの問題の解明にあたり、まずモデル系の開発を行った。脊椎動物の初期胚に出現する腎臓原基は、体の前後に沿ってまっすぐ伸びる一本の管として認められる（左右一対）。これは、腎管あるいは Wolffian Duct (WD) と呼ばれ、私たちは WD が生体内における上皮管形成のよいモデルになると考えた。そこでまず、胚内で形成されつつある WD への遺伝子導入法を確立し、続いて WD 伸長の様子をEGFP-ライブイメージング解析により観察した。結果、伸長中WD内の先端部と後方部は大きく異なることがわかった。先端細胞は多数のフィロポディアを出しながら管伸長を牽引する一方で、後方領域では細胞上皮化による管構築が進行するなど、先端-後方で異なる制御機構がみえてきた。さらに先端部では、周辺環境からの誘引因子が管伸長を促すと同時に上皮化を抑制し、後方部ではこれらの因子の影響がなくなることで上皮化が進むらしい。伸長-上皮スイッチには、Rhoファミリー分子の関与を必要とする。以上の観察結果から、先端-後方の協調制御が、管組織ネットワーク形成における重要な初期ステップと位置づけられる。



Rap1 シグナルによるリンパ球動態の制御

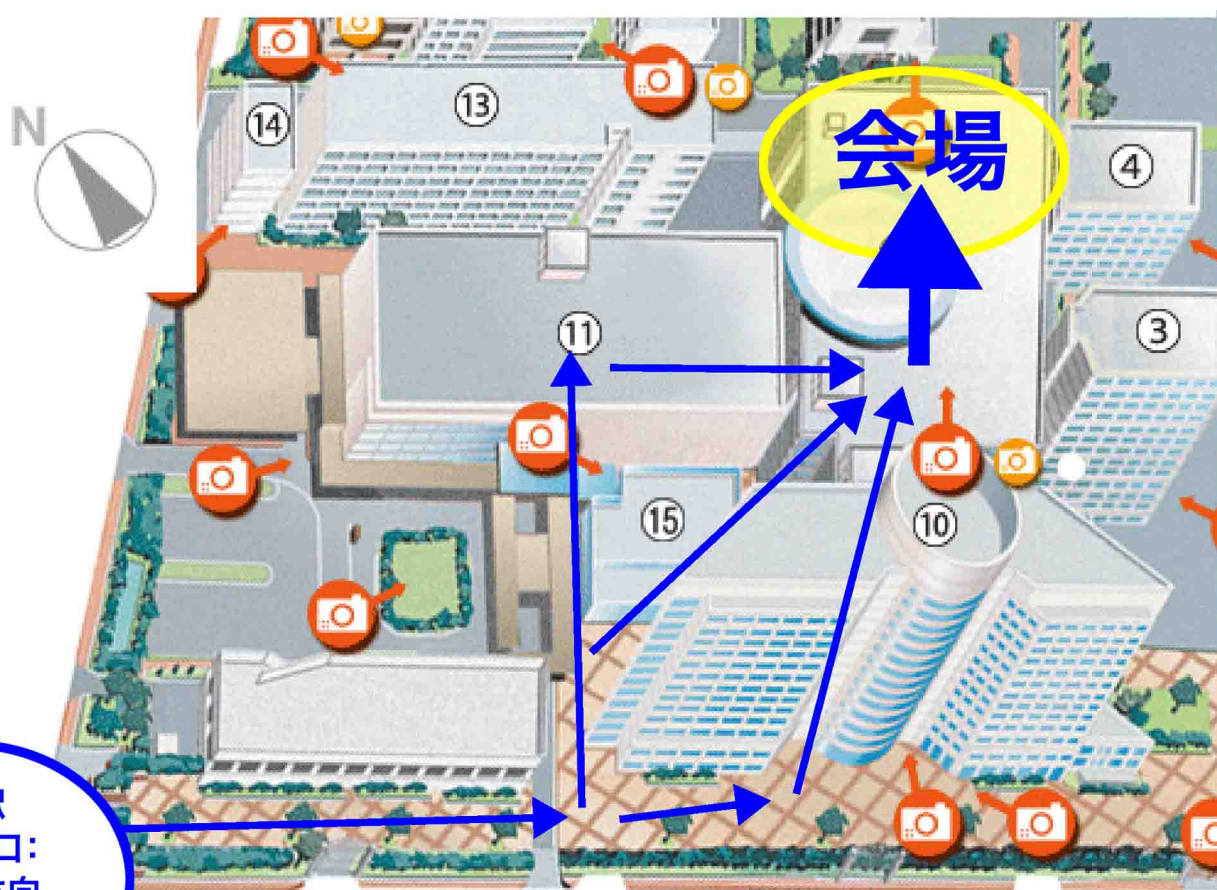
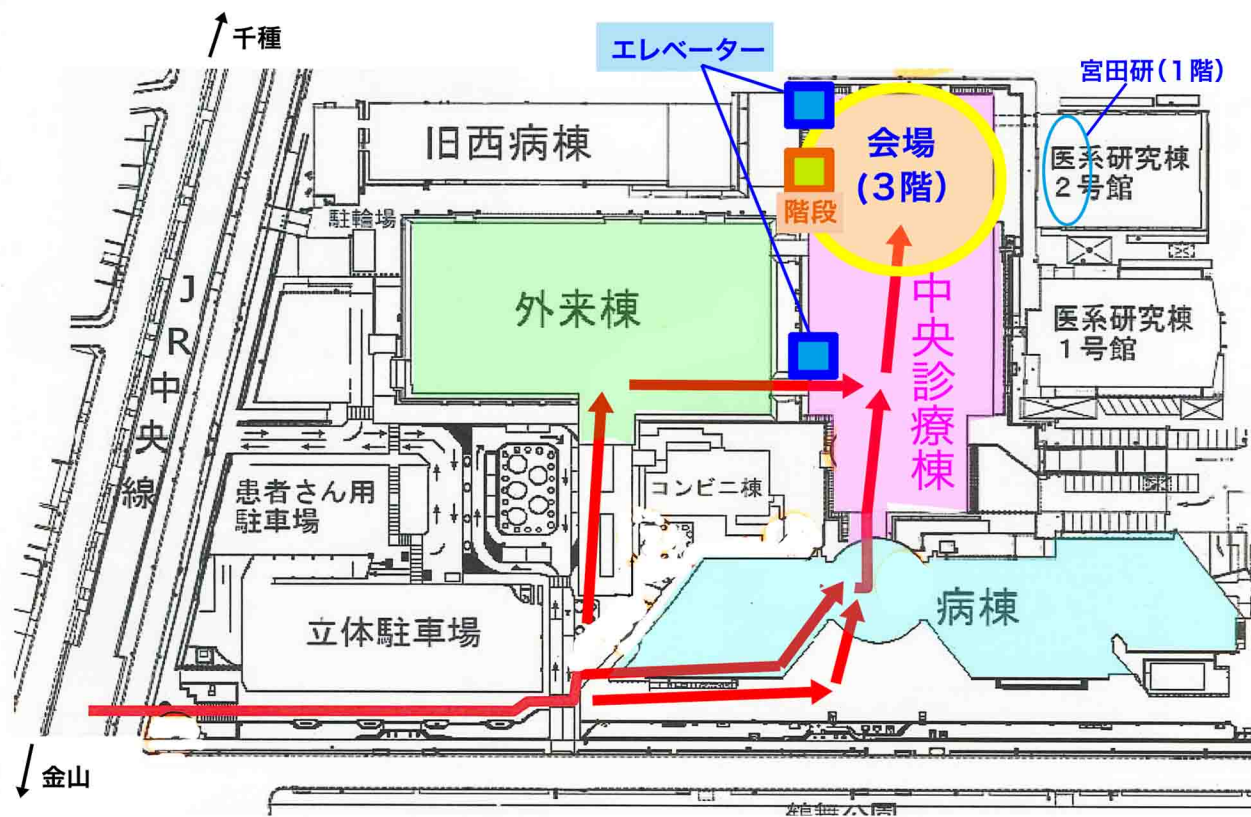
関西医科大学附属生命医学研究所分子遺伝学部門

木梨達雄、片貝智哉、植田祥啓、羽廣克義、富山尚、安田鐘樹

リンパ球の生体内動態は生体防御や様々な免疫疾患の病態に大きな影響を与えている。低分子量 G 蛋白質 Rap1 はケモカインや抗原受容体によって活性化されインテグリン LFA-1 を活性化する inside-out シグナルとして機能する。活性化 Rap1 は ICAM-1 への接着を引き起こすとともに、細胞極性誘導し活発な細胞移動を誘導することができる。そのシグナル伝達には Rap1-GTP 結合タンパク質 RAPL、および RAPL に会合して活性化する蛋白質キナーゼ Mst1 が関与していることを明らかにしてきた。Rap1 の活性化をモニターするために RAPL の Rap1 結合ドメインを用いて分子内 FRET による Rap1 センサーを作製し、Rap1 の活性化を可視化すると、ケモカイン刺激によって Rap1 は先端膜や接着面でとくに強く活性化し、LFA-1 の局在と似た活性化のパターンをとることが分かった。RAPL, Mst1 は LFA-1 を介する血管内皮や抗原提示細胞への接着、組織内遊走に関与していることがノックアウトマウスの解析から示唆されている。そこで生体内での Rap1 シグナルの役割を検討するためにリンパ球の動態を可視化して 2 光子レーザー顕微鏡によって移動解析を進めている。我々はリンパ組織内での観察系として、in vivo 系である intravital 法、リンパ節を取り出して観察する explant 法に加えて、組織内に直接アプローチ可能なリンパ節スライス法を確立して解析を進めているのでそれらを用いた研究を紹介したい。

リンパ節は非造血系ストローマ細胞のネットワークによって構築されているが、リンパ球はストローマ細胞のネットワークと接触しながら活発に移動している。LFA-1/ICAM-1 介する接着は高速で直線的に動く移動様式に特に必要であることが解析の結果明らかになった。また、リンパ節ストローマ細胞は in vitro でナイーブ T リンパ球の移動を CCL21 存在下に支持することができ、単離したストローマ細胞と抗原提示細胞を用いてナイーブ T 細胞の抗原認識過程を詳細に観察することができる。これは 2 光子イメージングによって観察される抗原投与によるリンパ球の動態変化によく一致しており、これらの系を用いて Mst1 がリンパ球と抗原提示細胞との接着に重要であることがわかった。また、スライス法を用いると従来困難であった胸腺組織内移動のイメージングが容易にでき、胸腺細胞選択過程と動態調節の関連を明らかにすることができると予想される。この系を用いて胸腺細胞移動や抗原認識過程をイメージングの解析を進めている。

参考文献 : Overview of integrin signaling in the immune system. Kinashi T. Methods Mol Biol. 2012;757:261-78.



鶴舞駅
(病院口:
進行方向
側の出口)