

新学術領域研究「運動マシナリー」第1回全体班会議報告記

執筆：佐藤 健（東大）、渡邊力也（東大）、塩見大輔（立教大）

監修：森 博幸（京大）



宮田新領域「運動マシナリー」の第1回全体班会議が、平成25年6月28（金）-6月30日（日）、名古屋大学ESホールにおいて、本間道夫先生のお世話により開催された。計画班7グループに、本年度より公募研究の28班が新たに加わり、総勢104名の全体会議となった。最初の会議から、土日をものともしない強行スケジュールで、公募班の先生は本領域の厳しさを思い知ったに違いない¹。（実際の所は、大学での開催の為、会場の確保が難しかった事が理由である。）

会議では、計画班員30分、公募班員20分の口頭発表（5分間の議論の時間も含む）

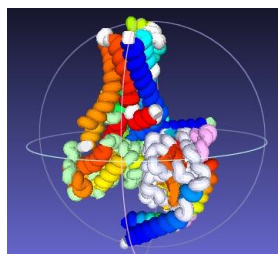
と60題のポスター発表が行われ、極めて濃密な時間を過ごす事となった。加えて、総括班の技術支援班の講演も各15分設けられ、本領域の特徴が随所にあふれたユニークな会議となった。研究支援班（質量分析、電子顕微鏡、高速AFM）の体制も順調に軌道に乗り、班員の研究をサポートする準備はほぼ整ったといえる。「公募班の皆さんも積極的にご活用下さい。」（宮田代表談）

また、アウトリーチ活動に向けて、ビデオライブラリー・アプリ開発の進捗状況も報告された。ビデオ担当の伊藤さん（東洋大）は、「今回の班会議で出されたビデオ

は全て投稿して欲しい。それだけでも、面白い財産になる。」と言っておられた。著作権に抵触しないビデオは、是非投稿をお願いします。お待ちしております。

ポスター会場では、川上さんの模型が所狭しと並べられ、休憩の度に、「手にとり」、「水槽に沈め」²、「ばらばらにし」³と、さながら縁日の出店の様相を呈していた。先の報告記でも記した「水平連結6方七連べん毛モーター」の模型も傑作であった。3Dプリンターで作製したミニチュア版の模型 SilMolMini (右下図、1個数百円?)

は大変愛らしく、人気を博しそうである⁴。領域でまとめて作成してシンポジウム参加者に配るようになれば、集客効果抜群ではないかと密かに思ったりもした。



(宮田さん、どうでしょうか?)

本領域では、宮田代表の強い意向もあり、各グループの研究内容を端的に現すバッチも作成し、配布している。公募班の皆さんは素晴らしい素材をたくさんお持ちなので、この機会に是非作成されてみては如何でしょうか? デザイン案を宮田代表に送れば、作製費用も含め総括班が全て面倒をみてくれます。バッチの種類が豊富になると、「コレクター」⁵と言われる人々の心を激しくくすぐり、相乗的な宣伝効果が期待できそうです。

閑話休題。

今回の会議の最大のミッションは、領域メンバーの自己紹介と研究内容の理解、互いの交流であることから、本報告記も、新たに加わって頂いた公募班員3名の方に分担してお願いする事にした⁶。長々と駄

文を書き連ねてきたが、そろそろ、担当の方にバトンをお渡しすることにしよう。

担当：佐藤健 (東大)

2013年6月28日(金)
~30日(日)に名古屋大学
ESホールにて、本新学術領域
第1回目となる全体班会



議が行われた。計画班員、公募班員、研究分担者、および連携研究者等の総勢100名以上の方々が集まり、3日間に渡って連日活発な発表と討論が繰り広げられた。報告記編集を担当されている森さんとの激しい心理戦に敗れて本レポートをお引き受けすることになったが、ほとんどの話が分野外であることに加え、なんとか頑張っただけでミッションを果たそうと必死で取ったノートは文字が前衛的すぎて全然頼りにならない。という訳で、内容等の間違いや焦点のズレは多くあると思うが、どうかご容赦いただきたい。

なお、ここで紹介するのは壇上にて発表された内容についてであり、「情報交換会」や夜な夜な名古屋の街で交わされたあんな話やこんな話、さらには赤裸々な衝撃告白などは紙面の都合上(というか今後のことを考慮して)含めなかったことをご了承いただきたい。

まず初めに我らが代表の宮田先生より、開会挨拶として本領域のコンセプトや体制についての説明があった。領域が共有するものとしてシナジー効果を狙う、パラダイムシフトを目指すというお話があり、また、我々の活動を通じて新学術領域という枠組み自体がどうあるべきか、さらにサイエ

ンスとはどうあるべきかについて改めて文科省に対して指し示すことができるような領域としていきたいという熱い想いを語られた。・・・頼もしい。

■セッション1 (座長:福森先生)

そのまま宮田先生 (大阪市大) の発表に移り、「マイコプラズマ滑走運動のメカニズム」というタイトルで、マイコプラズマがまだ何をエネルギー源として動いているのか分からなかった時代の話から、界面活性剤によるゴーストの実験で ATP がエネルギー源であることが判明した経緯や、滑走のための「あし」を構成する Gli349 や同じく細胞外領域にある Gli521 の分子の性質から予測される滑走メカニズムの最新モデルを紹介された。また最近、それを細胞内から支えている可能性のあるマイコプラズマ独自の細胞骨格「くらげ構造」を発見され、「あし」は宿主細胞表面のシアル酸オリゴ糖をつかんだり離したりして滑走運動をしていることが判明したことを踏まえて、今後解決すべき問題点を示された。

中山先生 (長崎大) は、「バクテロイデーテス細菌の滑走運動マシナリーの構造とダイナミクス」というタイトルで、*F. johnsoniae* の滑走運動に関わる外膜タンパク質 SprB の解析について講演された。*F. johnsoniae* を含むバクテロイデーテス細菌は、べん毛や線毛など既知の運動器官を持たないが滑走運動する。この運動に SprB が関与することが示唆されていたものの SprB の直接的な動きによるものかについては不明であった。運動している菌に SprB に対する抗体を加えるとガラスへの

結合、運動ともに阻害されることと、蛍光標識した抗体を低濃度で加えると SprB が菌体表面を動き回っていることが観察されたことから、SprB から直接推進力を得ていることが決定的となった。また、この SprB の動きは CCCP で阻害されることからプロトン駆動力をエネルギー源としているようである。この SprB は菌体表面の何を足場として動いているのか、また以前より関連が示唆されている分泌とどのような関係があるのかなど今後の課題について示された。

■セッション2 (座長:中山先生)

新井先生 (東大) は、「マイコプラズマ Gli349 タンパク質の構造ダイナミクス解析」というタイトルで、マイコプラズマの「あし」である Gli349 の立体構造とダイナミクスの解析について講演された。Gli349 は一次構造から全体的に「やわらかい」構造であることが予想されるため、分子全体の構造を決めるのに X 線結晶構造解析によるアプローチは難しいと考え、Gli349 を短い構造ユニットに分けて NMR で解析することにより、より確実に構造やダイナミクスの情報を得ようとする作戦である。通常の NMR に加え、新井先生伝家の宝刀である常磁性緩和促進 NMR 法でユニット間の距離情報を得て、さらに X 線溶液散乱法と MD 法を組み合わせるまで行ってしまおうという計画と進捗について報告された。

見理先生 (感染研) は、「肺炎マイコプラズマの滑走運動に必須な P1 と P30 アドヘジンタンパク質の結晶化の試み」というタイトルで講演された。肺炎マイコプラズマ

M. pneumoniae は文字通りヒトに肺炎を引き起こすマイコプラズマであり、滑走運動によって増殖に適した部位に移動するそうなのだが、前出の宮田先生の *M. mobile* とは滑走に必要なタンパク質間にアミノ酸配列の相同性が全くなく、滑走メカニズム自体が異なると考えられている。P1とP30は *M. pneumoniae* が滑走する際の接着分子として機能しているため、X線結晶構造解析によりこれらの分子の詳しい構造情報を得て、滑走メカニズムの理解に役立てようというプランと進捗について発表された。また、本領域が誇る支援体制を利用して、急速凍結レプリカ法、電子線トモグラフィ、高速 AFM によるアプローチも視野に入れることや、光学顕微鏡による滑走運動の詳細な挙動についても解析を行っていくプランを述べられた。P1はマイコプラズマ肺炎の感染の有無を調べる際のマーカーとなっているタンパク質であるというのは初めて知った。

小椋先生（熊本大）は、「運動マシナリーとしての AAA 型分子シャペロン」というタイトルで、AAA ファミリータンパク質である p97/VCP/Cdc48 の高速 AFM による観察について講演された。p97 を ATP 存在下で観察すると、6 量体リング構造が特定の方向に偏って小刻みに振動するように回転することを紹介された。さらにこの動きは、p97 の D2 と呼ばれるドメインへの ATP 結合に依存しており、結合した ATP の加水分解には依存しないことを示されていた。今後は同じ AAA ファミリータンパク質である 26S プロテアソームでも観察を行う計画を述べられた。

春田先生（首都大）は、「糸状性光合成細菌クロロフレクサスアグリガンスの高速滑走運動を可能にする分子機構」というタイトルで講演された。*Chloroflexus aggregans* は酸素非発生型の光合成をする高度好熱菌であり、最古の光合成生物の一つだそうである。糸状性というだけあって、3 マイクロメートル程度の細胞が電車ごっこのように際限なくつながって 80~400 マイクロメートル程度になり、それが滑走運動する。ゲノム情報から線毛を持つ可能性があるそうだが、線毛運動に必要なすべての因子は揃っておらず、その他べん毛など既知の運動器官に相同なものも見つからないそうである。この細菌の運動マシナリーや駆動エネルギーの同定、糸状体をつくるための細胞の運動制御、滑走表面の認識機構を解析するプランについて示された。

■セッション3（座長:伊藤先生）

垣内先生（東大）は、「黄色ブドウ球菌の新規移動様式の分子機構」というタイトルで講演された。黄色ブドウ球菌はべん毛を持たないため移動することはできないと考えられてきたのだが、軟寒天培地上ではコロニーが 1 センチ/時間程度の速さで伸展することを見出し、これをコロニスプレッディングと名付けた。コロニスプレッディングは細菌の増殖にともなう押し出し力によるものと考えられており、いわば受動的移動能力と言える。これまでに同定されているコロニスプレッディング制御因子はバイオフィルムの形成に関与していることから細胞表面に滑りやすさをもたらすような因子なのではないかと予想されている。また、黄色ブドウ球菌の

菌株間の病原性の強弱とコロニスプレッディング能の強弱に相関があることが分かっており、これはどうやらコロニスプレッディング制御に関わる遺伝子が毒素産生を転写レベルで抑制しているためであり、黄色ブドウ球菌の病原性発現との密接な関わりが示唆されている。今後、新規のコロニスプレッディング制御因子の同定や、それらの機能、発現誘導機構について解析を行っていく計画が示された。

中村先生（東北大）は、「スピロヘータの推進力発生メカニズム」というタイトルで講演された。スピロヘータの一種であるレプトスピラはグラム陰性細菌でべん毛とべん毛モーターを持つのだが、何をどう間違ったのかペリプラズム空間にべん毛を生やしてしまっている。そのため菌体自体がらせん状をしており、その状態で強引にべん毛を回転させると外膜を大きくらせん状に変形させて波形伝播を起こすことによって推進力を得ている。斜光暗視野照明を用いた光学顕微計測により解析を行うと、運動していないレプトスピラの細胞は両末端がフック状 (Hook end) となっているが、遊泳する際には細胞の前方を Spiral end と呼ばれる形態に変形させ、それに引き続くコイル状細胞体、Hook end という形態をとり、それぞれが異なる回転運動を行っている。数理モデルでトルクバランスを調べると、これら3つの回転がバランスを取って遊泳しているようである。今後、さらなる運動解析を行って推進力が生み出される仕組みを明らかにし、またクライオ電子顕微鏡によるペリプラズムべん毛の構造解析を行い、その機械的特性を明らかにするという研究計画が述べられ

た。

片山先生（九大）は「新たな染色体分配因子の運動と機能の分子機構解析」というタイトルで講演された。大腸菌の DNA ポリメラーゼ複合体中のクランプサブユニットは中央に穴のあいたドーナツ状をしており、ここに DNA を通して複製中に DNA が外れないようにしている。このクランプに結合する因子を網羅的に探索したところ、CrfC という機能未知の新たな因子を発見した。CrfC はクランプ結合モチーフを持ち、真核細胞のエンドサイトーシスの際に形成されるクラスリン小胞を細胞膜からくびり切るダイナミンのホモログであった。pull-down 実験により CrfC は複数のクランプと同時に結合することが出来るものの DNA とは結合しないことが明らかになっている。また、CrfC 欠損は核様体の分配に異常が見られるものの、DNA 複製反応自体には影響しない。今後、クォーター部位での CrfC の動態について GTP 結合ドメインの変異体などを用いて解析を行っていく計画を示された。

渡邊先生（東大）は「FoF1 合成酵素の1分子回転観察」というタイトルで講演された。FoF1ATP 合成酵素はイオン駆動力を利用して回転運動を伴いながら ATP の合成を行う酵素であるが、これまでに観察されているいわゆる F1 の回転というのは、逆反応である ATP の加水分解による回転運動であった。ごく最近、固体支持膜に FoF1ATP 合成酵素を再構成し、ケージドプロトンを用いて形成させたプロトン駆動力により回転運動する様子を観察することに成功した。プロトンの勾配の大きさ

に比例して回転速度が上がることも確認されていてバッチリである。ところが、プロトン輸送が律速となるように条件を整えて観察すると、回転のステップは F1 β サブユニットの配置に沿った 120° ステップであった。どうやら Fo 側ではなく F1 側が回転を制御しているらしい。今後は、プロトン輸送に伴う ATP 合成条件下での回転運動について詳細に解析を行っていく計画を示された。

■セッション 4 (座長:佐藤先生)

2 日目トップバッターの福森先生(金沢大)は「磁気感应運動マシナリーの構造機能相関」というタイトルで講演された。磁性細菌は細胞内に持つマグネトソームで地磁気を感知してべん毛を使って生育に適した微好気環境へと移動する。マグネトソームはリン脂質で覆われた直径約 50nm のマグネタイトが細胞の長軸方向に沿って直鎖状に 15~30 個程度並んで配置されたものである。マグネトソームを単離して電気泳動してみると、ゲノム中のマグネトソームアイランドと呼ばれる領域にまとめてコードされた磁性細菌特有のタンパク質群が見られ、そのうちのメジャーな 2 つのタンパク質の解析について紹介された。MamA は TPR モチーフと呼ばれるタンパク質間相互作用に関わるモチーフを持つことと、マグネタイトを覆っているように局在していることから、輸送小胞のコートタンパク質のように機能しているのではないかと予想される。また MamK はアクチン様タンパク質で、マグネトソームの周りに繊維状に局在してその構築に何らかの役割を果たす細胞骨格を形成していることが期待されている。今後、マグネトソ

ームの高速 AFM 観察、生きた細胞において細胞分裂時のマグネトソームの観察を行う計画について示された。また、マグネトソームから運動器官であるべん毛へとシグナルが伝えられるメカニズム解明についても今後の課題の一つとして挙げられていた。

森先生(京大)は「タンパク質の分泌を駆動する反復モーターの作動原理の解明」というタイトルで講演された。大腸菌の膜透過反応では、SecYEG トランスロコンと反復モータータンパク質 SecA ATPase が中心的な役割をはたすが、これらに加えて SecYEG と複合体を形成して膜透過を促進する SecDF の機能についての最新モデルを紹介された。まずこの業界の大御所の 1 人である Tom Rapoport さんが提唱する SecYEG/SecA の駆動モデルをムービーで紹介された。一方、これを元に重要そうな動きを制限するようにジスルフィド結合を形成させても膜透過に大きな影響が見られないとの別のグループの報告も紹介され、Rapoport モデルに疑問を示された。SecDF は RND スーパーファミリーと呼ばれるプロトン輸送を駆動力としてリガンド輸送を行うトランスポーター群に属しており、プロトンの流れと共役して F 型および I 型と呼ばれる構造を行き来することでペリプラズム側の P1 と呼ばれるドメインが基質タンパク質を引っ張るということをこれまでに明らかにされている。今後、同じファミリーに属するトランスポーターの構造との比較やサブユニット交換、また森先生の最終兵器である *in vivo* 光架橋法などを用いて SecDF のどこをプロトンが通過し、そのプロトンの流れがどのよう

にペリプラズム側に伝播されているのかについて詳細に解析を行っていく計画が示された。

本間先生（名大）は「**べん毛超分子モーターの運動エネルギー変換メカニズム**」というタイトルで講演された。まず初めに、連携研究者である南野先生（阪大）のべん毛モーターの回転子 FliG の変異体解析から導かれた回転方向スイッチのモデルや、研究分担者である加藤先生（阪大）のミニセルを使ったべん毛基部体の電子線トモグラフィによる構造解析について紹介された。また、本間研の仕事として、べん毛モーターの固定子と回転子が相互作用する際のインターフェイスとなっている PomA と FliG 間の相互作用について、変異体による解析から静電相互作用だけでは説明がつかないことや、固定子集合に必要な残基と回転に必要な残基は必ずしも一致しないというデータが紹介された。また、固定子の構成因子である PomB がペプチドグリカン層と可逆的に結合・解離するモデルについて分子内ジスルフィド結合を形成させて検証を行った結果についても紹介された。

（感想）

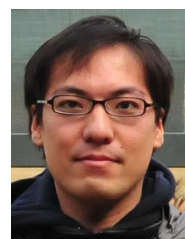
終わってみればあっという間の3日間で、次回の班会議で皆さんの研究の進展と、あんな話やこんな話を聞くのが楽しみであるとともに、自分自身も適度な緊張感とプレッシャーをもって日々努力していこうと思う。まったくの個人的な雑感として、筆者はバクテリアの研究で学位をもらい、その後もずっと微生物を研究材料としているが、かくもアバンギャルドな動きをす

る数々の微生物の存在を知らなかった。生体運動の方々にはお馴染みのものばかりなのかもしれないが、このような生き物たちが何の設計もなしに自然淘汰の帰結として自力で完成されるものだろうか、現在のネオダーウィニズム的進化論を疑う創造論者（Creationist）たちの気持ちが少し分かった気がする。

最後に、本班会議をお世話いただいた本間研と宮田研の皆様には大変お世話になりました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

担当：渡邊力也（東大）

■セッション 5（座長：宮田先生）では、本新学術領域の特徴である技術開発支援の紹介がなされた。当領域では、実験の計測技術からアウトリーチ活動まで幅広い支援が行われる。計測技術の支援に関しては、以下の4項目に関する紹介があった。



・質量分析

大阪市立大学の濱口先生によるご紹介。本領域によって最新鋭の質量分析装置が新規導入され、生体試料の質量分析支援が可能になったとのこと。SDS ゲルを切り出したものを郵送すれば質量分析して頂けるので非常に便利である。

・低温電子顕微鏡による生体試料の構造解析

大阪大学の加藤先生によるご紹介。加藤先生の所属される難波研究室の低温電子顕微鏡（日本に数台の特殊な装置）を利用して、生体試料の構造解析を支援して頂けると

のこと。生体試料の単粒子像解析とトモグラフィ解析が可能であり、非常に強力な構造解析支援であると言える。

・急速凍結レプリカ電子顕微鏡法を実施するための問題点とその対策

千葉大学の片山先生によるご紹介。急速凍結レプリカ法を実施する上で必要される試料の調整を支援して頂けるとのこと。具体的には、ヘリウムガスを利用したメタル・コンタクト凍結装置(アメリカ製)と試料の切断およびシャドーイング装置(日本電子製)が導入され、生体試料の調整において非常に強力な技術支援となる。

・高速原子間力顕微鏡

金沢大学の古寺先生によるご紹介。近年開発された高速原子力顕微鏡を用いて、種々のタンパク質の動きの直接観察を支援して頂けるとのこと。高速原子力顕微鏡は運動マシナリーの動的解析と非常に相性がよく、現在までに様々な生体分子の運動が直接計測されている。本領域で研究される様々な運動マシナリーの動的解析において非常に強力な技術支援となる。

また、アウトリーチ活動の支援に関しては、以下の3項目に関する紹介があった。

・模型・フィギュア製作

北陸先端科学技術大学院大学の川上先生によるご紹介。3Dプリンターを利用して、タンパク質や細胞などの3D模型を作成して頂けるとのこと。前例として、マイコプラズマからSecDFやアクチンなどのタンパク質に至るまで様々な模型がポスター会場に展示されていた。

・細胞運動のビデオライブラリー作成

東洋大学の伊藤先生によるご紹介。貴重な細胞運動のビデオをライブラリーにしてホームページ上で公開するとのこと。現在のところ、アップロード数は56件(原核細胞58%, 真核細胞36%, その他6%)であるが、今後どのような細胞運動がライブラリーに登録されるのか非常に楽しみである。

・アプリ開発

長崎大学の佐藤先生によるご紹介。現在のところ、「動画ビューワー」と「ゲーム」に関するアプリを開発予定であるとのこと。完成予定は、2013年11月末。

■セッション6(座長:加藤先生)では、以下の3名の先生方による研究紹介がなされた。

・ハイブリッド型生物モーターのイオン選択透過分子機構の解明について

東洋大学の伊藤先生による研究紹介。伊藤先生は、鞭毛モーターの透過イオン選択性に関する研究に従事されている。具体的には、好アルカリ菌の鞭毛モーターの遺伝子配列の解析を行い、イオンの選択性がある1つのアミノ酸残基に起因していることを同定された。ちなみに、このアミノ酸残基に変異を入れたところ、固定子のイオン選択性を変化させることにも成功されている。また、伊藤先生は、これらのイオン透過性の作動機構を厳密に理解するため、固定子の構造解析にも挑戦されている。類似したイオン駆動型運動マシナリーを研究する渡邊にとって非常に興味深い研究紹介であった。

・アメーバ運動を制御するアクチン構造型マシナリー

産業技術総合研究所の上田先生による研究紹介。上田先生は、アクチン結合タンパク質によるアクチンフィラメントの構造変化とそれに伴うアクチンフィラメントのメカノセンサーとしての性質を研究されている。具体的には、共沈実験や蛍光顕微鏡観察によってコフィリンの結合したアクチンフィラメントにミオシンが結合しないことを同定し、一方のタンパク質の結合によるアクチンフィラメントの構造変化が、他者の結合を阻害することを明らかにされた。アクチンフィラメントにタンパク質が結合するとフィラメント上に張力が発生する。コフィリンとミオシンの競合結合は、この張力に基づいたアクチンフィラメントのメカノセンサーとしての性質に起因していると予想されており、現在上田先生はそのメカニズムの解明を目指されている。この研究の先には、アクチンフィラメントの脱重合によって駆動されるアメーバ運動の制御機構の大幅な解明が待ちうけており、非常に楽しみである。

・バクテリア細胞骨格タンパク質複合体の構築と制御機構の解析

立教大学の塩見先生による研究紹介。塩見先生は、大腸菌の細胞形態をつかさどるタンパク質複合体の同定とその制御機構の解明を目指した研究をされている。大腸菌内には、細胞骨格を決定するペプチドグリカン合成酵素の細胞内局在を制御する **MreB** が存在する。近年、塩見先生は、その **MreB** がさらに **RodZ** によって機能制御されていることを同定された。**MreB** は大腸菌の短軸方向に沿って回転運動してい

ることが明らかにされており、**MreB** と相互作用している **RodZ** も同様に回転することが予想されている。すなわち、塩見先生による **RodZ** の研究は、細胞形態制御に関わる新しい分子モーターの研究創造であり、非常に興味深かった。

■ セッション7 (座長:森先生)では、以下の5名の先生方による研究紹介がなされた。

・プラスミド分配を制御する TubZ 重合分子モーターの構造機能解析

横浜市立大学の林先生による研究紹介。林先生は、原核生物のプラスミド分配機構を分子レベルで解明することを研究目標とされている。具体的には、真核生物の微小管と類似の運動性を持つと予想される細胞骨格因子(**TubZ**)とそれと相互作用する **TubR** およびセントロメア用 DNA の構造解析を行い、**TubZ** によるプラスミド分配のための駆動力の産生およびその分子制御機構を明らかにされようとしている。林先生の研究は、結晶構造解析・電子顕微鏡解析による構造解析に主眼が置かれており、本領域の技術支援体制に適合していると感じられた。

・バクテリア滑走マシナリーの幾何学と力学

立命館大学の和田先生による研究紹介。和田先生は、本領域のなかでも珍しい理論家であり、長崎大学の中山先生らが研究されているバクテロイデーテス細菌の滑走運動マシナリーの理論モデルを構築されようとしている。和田先生、中山先生らの研究は、本領域内の実験家と理論家のコラボレーションであり、多くが未解明であるバ

クテリアの運動機構の大幅な解明が実験・理論の両機軸からなされると期待される。

・べん毛モーター蛋白質の全反射赤外分光解析

名古屋工業大学の神取先生による研究紹介。神取先生は、全反射赤外分光法を用いて、イオンやリガンド結合によるべん毛モーターの構造変化を検出し、イオン輸送と回転運動との共役メカニズムを解明しようとしている。神取先生らが開発された全反射赤外分光法はエバネッセント波を利用しているため、溶液中での赤外分光が可能となっており、膜局在性運動マシナリーの構造変化をモニターする解析ツールとして非常に高い可能性を持つ。すなわち、べん毛モーターだけでなく本領域で研究される様々な膜局在性運動マシナリーを対象とした共同研究にも発展できるのではないかと期待している。

・真核生物鞭毛軸系における運動調整超分子の規則的配列機構

東京工業大学の若林先生による研究紹介。若林先生は、クラミドモナスの鞭毛軸系における運動調整複合体の規則的配列機構の解明を目指している。クラミドモナスの運動は、複数の軸系ダイニンによる微小管上の協同的なすべり運動によって達成されている。それを実現する上で重要なのが、軸系ダイニンおよびダイニン活性調整因子を周辺微小管の特定の位置に一定間隔で配置させることである。近年、若林先生は、その配置を制御するのに重要なタンパク質複合体を同定され、このタンパク質複合体の局在と機能の解明を通じて、外腕ダ

イニンの位置決定メカニズムを解明されようとしている。

・モーター超分子複合体の分子構築と運動制御機構の解明

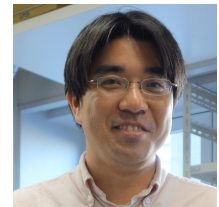
東京大学の豊島先生による研究紹介。豊島先生は、本領域では数少ないコンベンショナル分子モーターであるダイニンの運動に関する研究をされている。ダイニンは分子量 200 万にもおよび超分子複合体で、微小管上を運動するモータータンパク質である。ダイニンの運動機構を理解するため構造解析がなされているが、主にモータードメインに関するものが中心であり、尾部構造に関しては理解が進んでいない。そこで、豊島先生は、電子顕微鏡法による尾部構造の解析や制御タンパク質とダイニンとの複合体形成に関する研究を行うことで、ダイニンの運動機構の更なる理解の進展を試みている。

担当：塩見大輔（立教大）

3 日目

1 日目、2 日目と素晴らしい口頭発表・ポスター発表を聞き、充実した時間を

過ごすことができました。さらに昨夜は情報交換会で様々な分野の人との交流を行うことができ、まさに宮田領域代表の言われた「インタラクティブな」会議になっているようです。3 日目ともなり、やや疲れてはきましたが、今日も楽しい発表を聞くことができるとすると、その疲れも吹っ飛びます。



■セッション 8（座長：長崎先生）

3 日目の最初は増田先生と岩崎先生の光

走性の話でした。増田先生の張り切りぶりにパソコンが付いて来られず、急遽岩崎先生と順番交代。岩崎先生は、**ミドリムシの光応答のうちの、光驚動反応に関わる光感受性器官**について説明されました。これまでに分かった光応答に関する PAC 分子や光感受性器官 PFB の構造や機能についてより詳細に明らかになることが期待されます。

次に、増田先生による**シアノバクテリアの光走性の分子機構**。光走性に関する BLUF タンパク質 PixD の構造から PixD と下流因子 PixE との相互作用などが推定されましたが、本研究では、さらに光走性シグナル伝達の分子メカニズムや、それに制御される運動モードのメカニズムの解明を行います。これらの研究を通して、光応答と運動という生物にとって重要な運動機構の制御の一端が明らかになると期待されます。

岩楯先生は、**ゾウリムシの繊毛のメタクロナルウェーブがどのように伝播していくか？**外液の水流を介して伝わっているのだろうと何となく思うけれど、実は細胞側にもそれらを伝播する因子が存在することが示唆されました。本研究では、メタクロタルウェーブの伝達機構について解明されます。さらに、最後にはマイクロエレクトロポレーターの動画の発表もありました。

続いて、野口先生による**精子競争により進化・多様化した運動マシナリー**の発表でした。示された様々な精子の形状は私の想像する（一般的な？）精子の形とは全く異

なるものもあり、それだけでも興味深いものでした。鞭毛軸糸を持たない鞭毛の運動や、長い精子が同じくらいの長さの細長い雌受精嚢にどのように入るかなど、研究の進展が期待されます。

上原先生は、**微小管が逆平行にかみ合った束を基礎とするステムボディーの動く仕組みの解明**を目指します。ステムボディーを構成する因子は分かっているようですが、この運動の仕組みを、細胞内だけでなく、再構成系も構築し、さらに数理モデルを確立することにより、定量的に解析が行われるとのことでした。

■セッション9（座長:徳楽先生）

このセッションのトップバッターは荒田先生。溶液中の分子内アミノ酸側鎖ならびに分子間のスピン間距離とダイナミクスの両方を FRET よりも短い距離で、かつ配向を考慮せずに測定できる **SDSL-ESR** という動的解析方法の話。タンパク質の立体構造や巨大マシナリーのトポロジーを決定できます。様々な人が利用することにより、運動マシナリーの構造がどんどん決定されれば良いですね。

高野先生は、**分子動力学 (MD) 計算を用いたアクチンの構造とそのヌクレオチド依存性について**。結晶構造上、ADP 結合型ではアクチンの D-loop は α -ヘリックスを形成しているものの、MD 計算ではそうはならないようです。アクチン細胞骨格は、今や真核生物だけでなく、原核生物にとっても必須の因子です。原核生物の研究者からも、とても期待される研究です。

若林先生も、高野先生と同じくアクチンを対象に研究されますが、若林先生は**構造解析を基盤とした解析**です。主に、**アクチントレッドミリング機構が原子レベルで明らかになると期待**されます。アクチンのモデルを手で発表されていましたが、これによって、より分かりやすかったです。

昼食前の最後は、佐藤先生による**膜小胞形成の制御機構**の話でした。精製因子を再構成した平面膜と全反射顕微鏡を組み合わせた小胞形成過程のイメージングより導き出された新たな作業仮説は、非常に説得力があったと思います。更なる詳細な解析により COPII 小胞形成機構の全容が明らかになることが期待されます。

■セッション 10 (座長:上田先生)

さて、昼食のあとは、少し眠くなってしまうようですが、最後のセッションです。がんばりましょう！・・・と、がんばらなくても園部先生の発表で、聴衆の目はパッチリでした。**イカダケイソウの「南京玉すだれ」のような動き**。一体どのような意味をもった動きなのだろう？この動きにはアクチン、ミオシンが関与しているらしい。本研究で、この運動を構成する因子が同定され、運動の仕組みが明らかにされれば、この運動の意味も理解できるかもしれませんね。最後に出てきたナガジタメダマムシの動きもかなりインパクトがありました！

神谷先生は**クラミドモナスの滑走運動**の発表でした。滑走運動は鞭毛内輸送系との関与が指摘されているが、まだその生理的意義や運動機構は分かっていません。こ

れまでに単離されている鞭毛運動を起さないクラミドモナスの変異体を解析し、滑走運動のメカニズムに迫ります。

島袋先生は、**回虫精子のアメーバ運動**の話です。島袋先生はご自分でイノシシの小腸から回虫を捕ってきて実験されているとのこと。そして、この精子運動の再構成系をし、精子抽出液と ATP による運動を動画でしまされました。今後は AFM による運動の解析を行います。

武谷先生は、**心筋サルコメア**の話でした。サルコメアは静的なイメージがありますが、実は構成因子がダイナミックにターンオーバーしていることが分かってきたそうです。確かに、絶え間なく動くことと同時に構成因子をターンオーバーされるメカニズムは興味深いです。

発表の最後は、馬淵先生のビデオによる発表でした。**分裂酵母の ghost を使った細胞分裂の再構成**についてでした。大変興味深い発表でしたので、次回は直接発表をお聞きしたいです。ビデオではなくて、Skypeの方が、質疑応答ができて良かったかも？

「総合討論」

まずは、構造解析をされている今田先生、塚崎先生、林先生が結晶化あるいは構造解析に対する心構えなどを話されました。似ているものを解く、あるいは自分たちでデザインして結晶になるものを作る、ということでした。また、その過程では、生化学実験や様々な実験を通して、(たとえ結晶化しなくても?) そのタンパク質の性質を知ることができるのだ!ということでした。

た。塚崎先生の言われた「自分のタンパク質に愛情を持って」というのは、タンパク質のところを、別のものに置き換えれば、全ての人に当てはまることですね。

次に、小椋先生から高速 AFM を熊本大学に導入された経緯についての話がありました。自分たちの手元に機械があれば、すぐに見ることができて良いという一方で、故障などの時の苦勞などを伺いました。この新学術領域では、様々な技術支援をして頂けるということで、上手く利用して研究やお金の使い方の効率化に繋がると良いです。

岩崎先生からは、新たに導入されるトモグラフィの話でした。この領域では加藤先生も使われており、どんどん共同研究して、この領域で占領してしまうくらい活用しましょう！

ここからは、個別に感想など。佐藤先生「歯学の学会では、バクテリア研究が悪いことのようにいえいえ、そんなことはありませんよ。まだまだ分かっていないことがたくさんあります。この領域でどんどん解明しましょう！ 塚崎先生は2度目のコメントでした。「良い勉強になりました」その通りです。こんなに熱い会議だったのですから！ 中根先生「へんなバクテリアの運動の話をたくさん聞いて良かった」本当にその通りです。まだまだ不思議な動きをするものは世の中にありそうです 垣内先生「publication のない方がむしろ面白い」←勇気づけられました！ 片山先生「初めてモータータンパク質の研究をするに当たって希望が出てきた」この領域はモーターのプロの集まりなので、きっと素晴らしいサジェスションが得られると思います。 増田先生「純粹にサイエンスを

している人の集まり」私もその通りだと思いました！ そして、最後は和田先生「自分の行ける場所（学会）を見つけた」と言われたのは、まさに宮田代表が期待されるインタラクティブということにピッタリ当てはまると思います。大取にふさわしいコメントだったと思います！

最後になりますが、本会議をお世話頂いた名古屋大学本間研究室の皆様、大阪市立大学宮田研究室の皆様に厚く御礼申し上げます。とりわけ、本領域事務局の丸山さん、武田さん、本間研の西岡さん、小嶋さんには、会議の準備から、司会進行、飲み物の手配まで、細かな所まで心配りしていただきました。大変快適で有意義な時間を過ごすことができましたことを感謝申し上げます。

また、ご多忙の中、極めて短期間の間に本報告記を執筆して下さった3名の先生方にも、この場を借りて御礼申し上げます。

今回は北海道です。皆さんよい仕事をして、また熱い議論をしましょう。再会を楽しみにしています。

例によってお馬鹿な注釈が次のページに付いています。良かったら読んでやって下さい。

(注釈)

(1) 最初は、「ゴールデンウィークを潰して開催しよう。」という非道な意見もありました。それをやると次に応募してくる人が居なくなってしまうかも！という事で、流石に取りやめになりました。次回の班会議は、一転、北海道での開催を予定しています。何事も**アメと鞭の使い分けが大事**ということのようです。

(2) 帝京大の若林先生が、端から1つ1つ順番に水に沈めてはじっくり眺めておられるのが大変印象に残りました。

(3) 我々の研究室で作成した **SecDF** の模型も展示していましたが、何時みてもばらばらに分解されており、当研究室の M2 の院生さんが、さながら「分子シャペロン」のように、休憩時間のたびに毎回組み立てていました。

それでも、また直ぐにバラバラに分解されているので、**「賽の河原」**で石を積む子供の気持ちがよく理解できたそ



うです。 (地獄極楽掛図) 賽の河原・地藏菩薩より抜粋

(4) 川上さん(模型担当)から聞いた所によると、とある企業のセミナー終了時のアンケート調査において、全ての質問に答えた人にだけ、ミニチュア版の模型をプレゼントするようにした所、完答率が激増し

たそうです。それだけ、模型は魅力的という事なのでしょう。実際、携帯ストラップとしてぶら下げておけば、話のネタになりそうですね。

(5) 当研究室の某 H 作さんは、「もやしもん」のマグネットキャラクターを全種類揃えるために、長浜の海洋堂フィギュアミュージアムで、散財したとの噂が流れています。

(6) 公募班の先生には、今後も順番で執筆をお願いすることになります。森の独断と偏見でいきなり指名させていただきますので、お覚悟の程宜しくお願いします。

東大の新井先生、東北大の中村先生、残念ながら既に**ロックオン**状態になっていることをお伝えしておきます。