

<生物物理学会シンポジウム報告：運動超分子マシナリーが織りなす調和と多様性>

執筆：名古屋大学 小嶋誠司 (A02 本間班)、東洋大学 高橋優嘉(A02 伊藤班)

監修：京都大学 森 博幸

宮田領域代表が大事にしている国内の学会は主に3つある。新年の生体運動研究合同班会議、3月の細菌学会、そして秋の生物物理学会である。後ろの2つの学会では領域主催のシンポジウムやワークショップを毎回必ず企画しており、その報告記を取りまとめることが私（森）に課せられた重要な使命の一つである。そう言いながら、これまでは講演者の方に書いていただいた原稿に写真だけ貼り付け PDF 化しておしまいという「手抜き」の編集作業を行ってきた。（一応、6月の領域班会議の報告記だけは、**気合いを入れて不真面目**に作っている。）今回もこれまでと同じようにチョイチョイのチョイで済まそうと考えていた。（年度が進むにつれ手持ちのカードがどんどん減っているという当たり前の事実気付かないまま・・・。）



学会が間近となりそろそろ執筆の依頼をせねばと講演者の顔ぶれを眺めて見ると、宮田代表、上田先生、小嶋さん、田岡さん、柴田さん、高橋さん、南野さん（左の写真の宮田さんを起点に時計回り順）の7人となっていた。なるほど。「さて、誰に頼むかな？」とメンバーを順番に見ていくと、南野さんには3年前の細菌学会で既に執筆を依頼済みであった。「流

石に何度も頼めないな。」と諦める。田岡さんと柴田さんには、昨年の細菌学会でお願いしていた。「こっちはもっとダメじゃん。」宮田さんには頼んでもナンダカンダで断られそうだし、上田先生にお願いするのは流石に申し訳ないし。という事で、小嶋さん（最後の国際シンポの報告記の為にと大事に温存していた最強のカードをここで切る事になるうとは（泣））と高橋さん（日頃のウワバミぶりからすれば期待大）に白羽の矢が立った訳である。お二人にメールで執筆をお願いしたところ御快諾ただけてホッと胸をなでおろす。特に高橋さんは、慣れていない英語での発表準備もあって大変だったことだろう。領域活動にご協力いただきありがとうございました。

お二人から頂戴した原稿はオーバーラップしている箇所が多いこともあり、私の独断と偏見により、最終的には小嶋さんからいただいた原稿に、高橋さんの原稿の情報を追加する形式を取らせていただいた。（その代わりに、高橋さんには、最後にインタ

ビューにお答えいただく事で、初めてのシンポジウムの体験記を語っていただいた。) それでは臨場感たっぷりの報告記をお楽しみ下さい。

つくば国際会議場にて3日間にかけて行われた第54回生物物理学会年会において、3日目の2016年11月27日(日曜日)の午前9:15から3時間にわたって、我らが新領域「運動マシナリー」のシンポジウムが行われた。領域の計画班メンバーが一堂に会して行うシンポジウムとしては、今回は最後の機会となる。前夜の懇親会では、領域の関係者(阪大の寺島さん、学習院大の木下さん)が若手奨励賞を受賞し、胴上げが行われるなど、大変な盛り上がりを示していた。また領域内の学生さん数名がポスター賞を受賞され当領域のメンバーは大活躍だった。(受賞された皆さん、おめでとうございます。) その翌朝しかも3日目午前中のセッションということで、参加者がどのくらいあるのか不安だった。割り当てられた部屋はD会場でかなり広い。しかも、他の2時間半のセッションは30分遅れの9:45からスタートなので、出だしはやはり低調な人数であったが、中盤からはどんどん部屋に入ってくる人が増えて、最終的には結構多くの方に足を運んでもらえたように思う。領域代表の宮田先生は、最後のシンポジウムということでなんだか寂しそうに見えた。シンポジウム後にはランチオンセミナーがあり、また演者の先生方が発表15分前に揃ったこともあって、シンポジウムの開始前に演者の集合写真を撮影した。そのとき、宮田先生から「いよいよこれが最後のシンポジウムですよ!」と声がかかり、なんとなく28年前のインターハイ県予選準々決勝前にチームメイトと組んだ円陣を思い出した(私は高校時代バレーボールに明け暮れており、この試合が最後の試合となった)。私は宮田代表のイントロダクションに続く最初のトークを仰せつかっており、少々緊張していた(ただ、後から思い出せば、春の細菌学会のときも第1演者だった)。また、森さんから報告記の執筆依頼を受けていたため、シンポジウムを盛り上げると同時に各トークの内容をできるだけ理解するため、全員の発表に質問することを自分に義務付けてシンポジウムに臨んだ。結果から言うと、どの発表も大変興味深く、最後のシンポジウムにふさわしい内容だったと思う。が、学会を終えて戻ってくると、学内外の仕事に忙殺されて時間をなかなか取れず、こうして文章を書いているのはなんと1ヶ月後の12月24日、クリスマスイブである。ごめんなさい! ここから「ですます調」に変えて、少々記憶が薄れているところもありますが、シンポジウムの様子を報告いたします。(監修者記:小嶋さん大丈夫です。私がこれをまとめているのは更に1ヶ月後の1月27日です。ごめんなさい。)

3SDA-01: 小嶋誠司(名大・院理・生命理学)

「イオン駆動型回転モーターにおけるエネルギー変換マシナリーの分子解剖:細菌ベ

ん毛モーター固定子の機能と構造」

上に述べましたように、最初に宮田代表のイントロダクションがあり、続いてトップバッターを私が努めさせていただきました。宮田代表のイントロは、最初スライドを見せていただいた時は、「ええっ」ってなるほど細かく文字がスライドに現れていくものでしたが（本人曰く、多様性を意識したそうです）、当日は非常にすっきりと整理されていて、私たちの発表内容をアピールしてくださいました。私は回転運動マシナリーとしてのべん毛モーターについて、特にエネルギー変換の中心を担う固定子の話をしました。今回のアピールポイントは、イオン透過能が高くなった変異体の立体構造を見ると、固定子のペリプラズム側に存在し、コアドメインに接するヘリックス $\alpha 1$ の構造が変化していたこと（結晶構造および溶液 NMR により明らかになった）、そしてこの活性化変異体はペプチドグリカンに作用しやすくなっていること、でした。7年前に最初の論文を発表して以来、構造変化モデルを何度も発表してきましたが、今回の発表した結果はモデルで提唱している構造変化をかなり強く支持していると思っています。

3SDA-02: 高橋優嘉（東洋大・バイオナノ）

「好アルカリ性 *Bacillus* 属細菌と枯草菌がもつ Na^+ 駆動型べん毛モーターの中性環境での Na^+ 透過性の違いの解明」

高橋さんは好アルカリ性 *Bacillus* が中性環境では泳ぎが悪いのはなぜかという点に着目した研究を話されました。伊藤研で得意とする upmotile mutant の単離を行うと、MotP の Asn186 が Asp に変化してしていました。この変異は MotP の膜貫通領域のペリプラズム側に面していることから、 Na^+ の取り込みに影響しているかもしれません。また、5 mM の Na^+ 存在下で単離された upmotile mutant では、MotS の plug 領域に変異が見つかりました。固定子は plug 領域によりイオンの通り道を塞がれているのですが、変異によって透過経路が広がったのかもしれません。高橋さんは初めての英語での発表ということで、すごく緊張していたようですが、立派に発表を乗り切りました。

3SDA-03: 南野徹（阪大・生命機能）

「バクテリアべん毛モーターの回転方向切り替えメカニズム」

南野さんはサルモネラ属菌のべん毛モーターがどのように回転方向を切り替えているのか、特に FliG, FliM, FliN からなるべん毛基部体の C リングに着目した研究を発表されました。モーターの回転方向決定には、C リングの中でも特に FliG の領域が大きく関わっていると考えられています。今回は、南野さんのグループが明らかにしてきた FliG の回転方向が時計回りに固定された変異体の結晶構造解析の結果を基盤と

し、走化性シグナルを受容する FliM-N 複合体との相互作用を *in vitro* の結合実験や *in vivo* の架橋実験で調べていきました。その結果、C リング内の FliG 領域のサブユニットのパッキングがゆるまったり密になることが、回転方向変化に関わっていることを示唆する結果が示されました。いつもながら、多くのデータを下地にしたモデル構築には圧倒されます。

3SDA-04: 田岡東 (金沢大・自然科学研究科)

「The actin-like cytoskeletal protein MamK plays a role in positioning of magnetic organelles for bacterial magnetotactic motility」

田岡さんのトークは ”Earth is a huge magnet!” というひとことから幕がひらきました。カッコいいなと思いました。両極にべん毛をもつ磁性細菌は actin のような細胞骨格をもっていて、その構成要素が MamK です。Magnetosome は MamK filament に沿って並ぶのですが、magnetosome のマーカーとして膜タンパクの MamC を用い、様々な MamK 変異体における magnetosome の配置が時間を追って解析されました。MamK の欠失変異体では magnetosome は細胞内にランダムに配置され、しかもバラバラで無秩序な動きをしています。野生型 MamK がある場合には MamC が鎖状に並びます。MamK の ATPase 活性変異体では、MamK filament は形成されますが、magnetosome は凝集したりあちこちバラバラに並んだりするそうです。分裂の時にはどうなるのか、興味を持ちました。いつも思うのですが、田岡さんのご発表ではすごく綺麗な蛍光画像が出てきて非常にわかりやすいです。

3SDA-05: 宮田真人 (大阪市立大・院理)

「F-ATPase から進化したマイコプラズマ滑走運動」

宮田代表の発表は今回のシンポジウムのハイライトのひとつでした。マイコプラズマの足の根元には、F-ATPase に似たタンパク質が存在することがわかっていました。このタンパク質の部分を含むクライオ電子顕微鏡像が多数撮影され、その結果六量体構造が見えてきました。さらに、六量体リングから少し突き出た構造が見えていて、その向きが変化するようです。動きが回転になるのか、クランクのようにカクカクと二状態間を行き来するのはこれからの解析で明らかになっていくと思いますが、実際に ATP 加水分解で足の動きを制御している可能性など、これからどんどん明らかになる期待が持てます。実は顕微鏡像のスライドがあまりに綺麗で見とれていたため、メモをほとんど取れていないため、細かい記述は間違っているかもしれません。私自身はダイニンの立体構造変化が電顕で見えたときと同じような衝撃を受けました。

3SDA-06: 柴田敏史 (長崎大・医歯薬総合研究科)

「バクテロイデーテス細菌がスムーズに滑走する仕組み」

柴田さんは type 9 secretion system に属する、フラボバクテリアの滑走装置による運動について発表されました。柴田さんの集大成の発表で、全反射顕微鏡による滑走装置タンパク質の観察から、電子顕微鏡観察、さまざまな変異体の作成と解析といった、非常に多くのデータが示された圧巻のトークでした。特に細胞表層にある“レール”の可視化に成功し、さらにその構成要素のひとつが GldJ であることを突き止めたのは大きな発見でした。また、滑走装置の SprB がどのように動くのかを詳細に観察していくと、Uターンしたり追い越したりするものがあることを見出し、そこからレールの間を滑走装置が動いていくという新しいモデルを提案していました。このモデルはとても面白く、今後の解析によって多方面から検討されていくことでしょう。

3SDA-07: 上田太郎 (早稲田大・物理)

「アクチンフィラメントの構造多型性：アクチン結合タンパク質の制御及び細胞運動への寄与」

上田先生はシンポジウムの中で唯一真核生物の運動についての発表をされました。特にアクチン繊維の局所の構造がどう変化するかについて、コフィリンとの相互作用に着目したお話をされました。運動する細胞の先端では伸張がおきており、myosin の S1 がコフィリンのアクチンへの結合を阻害しているようです。S1 の局在により、コフィリンが排除されると、運動の先端部分が形を柔軟に変えることができるようで、その様子を AFM でも観察されていました。私は勉強不足のせいで、アクチン結合タンパク質やその分類等がうまく頭の中で整理できていないため、トロポニンやトロポミオシンなど学部生時代に習ったタンパク質だけでなく、コフィリンやその他の多様な結合タンパク質がアクチン繊維をどう制御するのか、改めて知りたくなりました。

シンポジウムが終わると、あ～領域ももうすぐ終わりなんだ、となんだか寂しい気持ちになりました。しかしながら、この4年間でそれぞれが必死に取り組んできた成果をまとめて伺うことができ、とても有意義な時間を過ごせたのではないかと思います。シンポジウムを企画し準備してくださったオーガナイザーの先生方、ありがとうございました。

最後に、シンポジウム発表に臨んだ高橋さんの心の叫びをインタビュー形式で記して、この報告記を締めくくりたい。

(Q1：シンポジウムでの発表の依頼が来た時にはどのように感じましたか？経緯も含めて教えてください。)

依頼が来た経緯は、最初は伊藤先生にお話が来ていたのですが伊藤先生が幹事をしている学会の年会と日程が重なっていて難しいとのことでしたので、伊藤先生から軽い感じで言われました。私的には「冗談でしょ・・・まさかね。」という感じでした。最初は、冗談半分に聞いていたのですが、どこまで伊藤先生が本気かなのかわからず怖くなって電話で断ろうと思った時にはすでに遅く、宮田先生にメールが送信された後でした。

(Q2：英語での発表は初めてだったそうですが、準備にはどのくらいの時間をかけましたか?)

はい、英語の発表は初めてでした。

準備期間ですか・・・。一週間の予定でした。

発表前の週に風邪をこじらせ、ほとんど練習できませんでした。

(Q3：発表直前の気持ちはどうでしたか?)

・・・覚えていません。真っ白でした。

(Q4：発表終了後のお酒の味は如何でしたか?)

お酒ですか。飲む余裕なかったですね。なにせ、1週間後に国際学会が控えていたので。多分、飲んだのは飛行機の中ではないかと思います。

(Q5：森氏から報告記執筆の依頼が来た時の正直な気持ちをお聞かせください。)

これは、受けなければならない... のだと思いました。

でも、「小嶋先生がいる！いざとなったら...」なんて考えていました。(申し訳ありません。)

(Q6：もう一度報告記の依頼が来たらどうしますか?)

う～ん、そうですね。

講演者でなければ喜んでお引き受けします。

どうもありがとうございました。