

## 国際シンポジウム「運動マシナリーが織りなす調和と多様性」報告記 (領域終了に当たっての班員のコメントと共に)

監修 京都大学 森 博幸



平成 24 年の秋からスタートした宮田新領域ですが、月日が経つのは早いものであつという間に 4 年半が経過し、今年の 3 月に無事終了を迎えました。成果取りまとめの為の予算が今年度も認められたこともあり、4 月以降も計画班メンバーの間で月に 1 度のネット会議を行い、領域活動の取りまとめや次の領域申請に向けての準備、国際会議、perspective 執筆に関する相談などを進めてきました。そのネット会議も 8/28 (金) が最後となり、本国際会議と最終ヒアリング (10/3 に無事終了) を残すのみとなりました。

5 年間の本領域活動の最後を締めくくる終了イベントとして表題の国際シンポジウム (宮田新領域最終シンポジウム) が、平成 29 年 9 月 13 日から 14 日の 2 日の日程で、名古屋大学 ES 棟 ES ホールで開催されました (第 1 回の全体班会議と同じ場所です。)。オーガナイザーの労を取っていただいた本間先生、並びに、運営に携わって下さった小嶋さん、寺島さん並びに本間研のスタッフ・学生の皆様にこの場を借りて篤く御礼を申し上げます。

「金の切れ目が縁の切れ目」の言葉通り、講演者だけしか参加してくれないのではないか?」との宮田代表の心配は杞憂に終わり、総勢 69 名のメンバーが集う熱い会議となりました。

本シンポジウムでは、計画班員 8 名 (南野さんも含む)、公募班員 10 名の方の口頭発表と 37 題のポスター発表が行われ、5 年間の領域活動を総括する話題が提供されました。短い時間の中にも活発な討論がなされ、本領域の最後を飾るに相応しい中身の濃い会となりました。また、シンガポールから Robert Robinson 先生をお招きし、特別講演をしていただきました。評価委員の石渡先生、難波先生にもご出席いた

だき、議論を盛り上げていただきました。（過去の記録を調べてみると、両先生は第2回の旭川の班会議以降、皆勤していただいているようです。ありがたい事です。勿論、笹川先生、北先生にもこれまで何度も班会議にご出席いただき暖かいご助言を頂戴しています。評価委員の先生方のご指導があってこそその本領域でした。）

本来ならば、個々の発表内容の詳細を報告すべきなのでしょうが、本会の要旨集も作成されていることから、この報告記では敢えて中身には一切触れず、それ以外のことを簡単に記載することにしました。（私は何時も研究内容以外の箇所を執筆しているので、研究のことは書けないというのが正直なところです。）

初日の会議終了後には、恒例の懇親会が開かれました。5年間に領域内の人間関係も熟成し最初から最後まで賑やかで楽しい懇親会となりました。こうした人と人との和が、チームグラントの最大の魅力であることを改めて再認識しました。この和が今後も継続し、更に大きな力となっていくことを願って止みません。

2日目の昼には総括班会議が開かれました。いつもは、昼食を取りながら今後のイベントや総括班の活動の現状を報告する慌ただしい会議なのですが、今回は最後の為か特に議論すべきこともなく、次の領域申請に関する話と5年間の回想が中心となりました。とりわけ、「K 沢で開かれた某生物●●学会シンポジウムでの悲劇」の話題で盛り上がりました。あのメンバーであのシンポジウムが出来たのは、正にあの企画だったからで、講演者の1人として参加した私としては、思い出に残る大変良いシンポジウムだったと感じています。

シンポジウムの最後には、宮田さんの予告通り【運動マシナリー領域が目指したものの、パラダイムシフトと普遍性】のテーマで、議論がなされました。領域が目指してきた「多様性」の次に必ず問われる「普遍性」について、多くの意見が出されました。

（印象に残るコメントも多数ありましたが、ここでは触れません。）難しい問題設定で簡単に答えは見つかりませんが、こうした問題について皆で考え議論する時間を設けることこそが、本領域の真髓であったと思っています。

本シンポジウムは、最初から最後まで宮田イズムに溢れた会議でした。会議に参加され議論を盛り上げて下さった皆さん、本当にありがとうございました。

これ以降は、様々な形で本領域に参加して下さった皆さんからのメッセージを紹介することで、5年間の活動を締めくくりたいと思います。皆さんの思い（5年間の思い出や、今後の継続領域に対する期待など）がジンワリと伝わってきて、良い作品になったように感じました。お願いして良かったです。寄稿して下さった44名の皆さんに御礼申し上げます。

コメントは、例によって到着順とさせていただきます。（意地悪なのは最後まで変わらないのです。お許し下さい。）

\*\*\*\*\*

#### 1) 西山 雅祥 (京都大学)

生体運動関連の伝統が受け継がれ新しい研究領域が立ち上がることを、お祈りします。ここ数年は関連分野においても採択が厳しい状況が続いています。来年すぐの開始は難しいかもしれませんが、粘り強く応募をし続けていただければ幸いです。

## 2) 中根大介 (学習院大)

長崎大学の中山先生のもとでポスドク生活をはじめた頃、ちょうどこの領域が発足しました。あたらしい研究対象に挑戦しなさいという神のお告げのようでしたので、そのまま信じて現在に至ります。5年前は、こんなにたくさんの“変な運動”の研究に触れることができるとは夢にも思いませんでした。この領域のおかげです。ありがとうございました。今年の3月に領域は終了しましたが、まだまだ自分が携わった研究が未完成のまま残っています。この領域で出会ったみなさんと一緒に少しずつ形にしていくことが、領域への恩返しになると思っていますので、また引き続きよろしくお願いいたします。

## 3) 村田幸樹 (学習院大学・B4)

領域に参加させて頂いて、多くを勉強できた事幸せに思います。また、自分の研究に対する様々な意見や助言を頂き大変感謝しております。最終報告会で頂いたポスター賞と沢山のコメントを今後の励みとし、精進させて頂きます。有難う御座いました。

## 4) 森 博幸 (京都大学)

ふとした縁で本領域のメンバーに加えていただいて早や5年の時間が経ちました。最初から他の皆さんとはちょっと違った away の立ち位置でしたが、私の努力不足の故か最後までその位置に大きな変化はなかったような気もしています。多大なサポートを頂戴したにも関わらず、領域の研究活動全体としては、あまりお役に立てず心苦しく反省している面も多々あります。ですが、個人的にはこれまでの私の研究人生では重なることのなかった多くの方々と知り合いになれて、違った発想の研究を見聞きすることができたことは、今後の自分の研究にとって大きな財産になったと思います。

本領域は、宮田さんの個性・カリスマ性と総括班による技術支援と言う2つの大きな特徴を持つ非常にユニークな集団で、運動研究の推進に大きな力を与えたことは間違いありません。今後は、本領域の良さをそのまま活かしつつ、上田先生主導のまた少し違った個性を持つ新しい領域として生まれ変わり益々発展されることを確信しています。

## 5) 岩楯好昭 (山口大学)

公募班でいくつかの領域に入れていただきました。「運動マシナリー」では、ビデオアーカイブやアプリなど一般向けのアウトリーチ活動にも力を入れており、これは大切なことだと思います。また、3Dプリンタや凍結レプリカなどの研究協力が実際によく稼働していてすばらしいという印象を持っております。

## 6) 杉村薫 (京都大学)

後半の二年間、公募班でお世話になりました。アクチンや微小管の構造多型などの生物物理学的な視点を学ぶことができたのは大変に有意義でした。投稿中の論文を出版して、領域の皆さんに恩返しできるようにします。領域運営においては、電子顕微鏡などの大型機器の共同利用を促進されていたのが印象的でした。一方で、それぞれの運動マシナリーの研究それ自体は学術的に興味深いものの、各論にとどまっているものも見受けられるように思えました。

## 7) 若林憲一（東京工業大学）

本領域には、私が東工大に准教授として赴任した直後に第一期公募班に、続いて第二期にも採用していただいた。何かと物入りの立ち上げ期にサポートをいただいたことについて、宮田代表はじめ関係者の皆様にまず心から御礼を申し上げる。情熱的な基礎研究者集団の片隅に置いていただいたこの4年間は本当に刺激的だった。小さくとも自分のグループを率いて研究を始めた私にとって、領域会議はいつも叱咤激励をいただける有り難い場だった。

さて上で基礎研究者集団と書いたが、最近、あまり「基礎研究」という言葉そのものに縛られすぎないほうが良いのかなと思う。私は長崎での領域会議で締め言葉の仰せつかり、基礎研究を尊ぶ気持ちの良い領域だった、という意味のことを述べた。予期せぬご指名で準備をしていなかったため、この言葉は素直に心から出たもので、今も気持ちは変わらない。ただ、もしも応用研究（あるいは役に立つ研究）やそうした志向を貶めるように聞こえたとしたら本意ではない。好奇心に従い原理原則に向かって手と頭を動かすのが基礎屋なら、その好奇心がやがて応用方向に向いたとき、その方向に邁進するのでもまた基礎屋の特質ではないか。生き物から運動マシナリーを取り出して試験管内で動作を確認できたら、次に試験管内でそれを再構築するのはこの分野の研究の筋として自然なことだ。その延長に工学的発想が生まれるのもまた半ば自然なことのように思う。

後継領域について考えるとき、私にはこの時勢に「（真に望むところの）基礎屋が集まって基礎をやること」に説得力を生む論理とレトリックはひねり出せない。（5年前に本領域を通じた関係者の皆様の努力に対し、改めて心から敬服する。）一方で、基礎志向の研究者が各々魅力を感じる現象に取り組む過程で応用的な考え方が芽生えたとき、その方向の専門家と手を取り合える体制ができたとしたら、この研究分野がまた異なるかたちで発展するために良いことだし、また違う面白さが生まれるのではないかと思う。工業大学の化学系研究所にいる身として周りを見渡せば、応用志向の方々はいじり甲斐のある材料を求めているように思える。運動マシナリーはその良い対象になるだろう。

4年間ありがとうございました。この領域で知り合った方々とのお縁を大切にしたい。また皆様とどこかでご一緒できることを楽しみにしております。（2018年1月の生体運動班会議は、法政大廣野雅文先生を長として、私も世話人の末席に加わりまします。皆様引き続きご参加の程、お願い申し上げます。）

## 8) 森本雄祐（九州工業大学）

本領域への参加は、純粋な研究としてのサイエンスはもちろんですが、それだけでなく、アウトリーチ活動などの多様な視点からのサイエンスを学ばせていただく機会になりました。3Dプリンターの利用やゲームアプリの開発が分かりやすい例です。

(後者は達成されなかったようですが、新学術ですのでアイディアの提示が重要だと思います。) また、ビデオライブラリーは、研究紹介などによく活用させていただいています。私自身もこれらに学んで、最終シンポジウムでは、短焦点プロジェクタを用いた動画付きポスター発表を行いました。領域代表を含め、多くの方に目を留めていただきましたが、プロジェクタばかりが注目されて研究内容に触れてもらえないことが次への課題になりました。

領域を終えて改めて思うことは、「運動マシナリー」という領域の略称が、本当によく領域の研究内容を表しているものだなということです。原核生物から真核生物、モデル生物から新規の研究対象生物まで幅広い対象が揃ったことで、生物がもつ「運動マシナリー」について俯瞰しつつ、各々のユニークな動作機構が明らかになってきたように思います。今後パラダイムシフトして見つけていくべきことは、俯瞰することで見えてくる普遍性なのかもしれませんが、普遍性が見つからない方が、いつまでも新しい発見があって、研究するにはおもしろく、研究する意義があるように思います。特に本領域で多様なおもしろい「運動マシナリー」を見てきたからこそその感想です。

#### 9) 林 郁子 (横浜市立大学)

運動マシナリーに4年間参加させていただきました。私達はバチルス属亜種のプラスミド分配に関わる細胞骨格因子 TubZ について立体構造解析・生化学的解析による分子機構の解析を行っています。本学術領域を通じて大変有意義な情報を得るとともに、原子間力顕微鏡・蛍光顕微鏡を用いた分子の可視化について共同研究を開始することができました。一方で、私達の扱う細菌は形質転換が難しいことから遺伝子導入による実験(細胞内でのタンパク質の動態観察等)を組むことができず、領域の研究を自身に活かすしきれなかったと考えています。改善点も含めて、領域の技術・人脈を今後につなげていきたいと思っています。

#### 10) 塩見大輔 (立教大学)

最終シンポジウムにもありましたが、この領域で、多くの細胞(個体)やタンパク質の運動を一つの研究者集団として俯瞰的に見るのができたのが非常に良かったと思います。これにより、運動マシナリーの多様性をひろく理解することができました。一方で、普遍性を明らかにするためには、個々の系のより詳細な研究が必要であり、それらを統合的に理解するためには、論文で互いの研究を読むだけでなく、密にディスカッションするための研究グループやデータベースなどが必要かと思っています。そのような後継領域を期待したいと思っています。

私は、公募班として4年間サポートして頂きました。ちょうど研究室の立ち上げの時期だったこともあり、研究費の面では大変助けて頂きました。でも、おそらくそれと同じくらいかそれ以上に大事だったと思うのは、この領域に入れて頂いたことで、

今まで繋がりあまり無かった人たちとも議論ができるようになったことです。そのような財産を活かして、今後の運動マシナリーの研究をさらに進めていきたいと思っています。最後になりますが、4年間、どうもありがとうございました。

#### 11) 中村修一 (東北大学)

すばらしくよくできたシステムに感心させられたり、「なんでこんなことやってるんだらう・・・」と謎すぎる現象に悩みつつ楽しんだり、生き物の動きの多様性をこれでもかと感じた4年間でした。2013年度の最初の領域会議で、当時最年少の公募班の1人として、懇親会で挨拶をさせて頂きました。そのとき、「領域内で様々なコラボレーションがたくさん行われ、領域が終わった後にまた新たなプロジェクトが生まれるといいですね」と話しました。年を経るごとに共同研究はどんどん増え、私自身もいろいろな方からアドバイスを頂き、共同研究をし、当初は考えられなかったような答えをいくつも得ることができました。今後の課題は「普遍性は何か」とのことですが、多様性に翻弄された4年間の中で、正直、私自身は普遍性について考える余裕はほとんどありませんでした・・・。ただ、細菌の遊泳が試行錯誤型だということもあって、生物のシステムは多かれ少なかれ何らかの間違いを修正しながら仕事をしていると思うので、そういった修正の仕組みに普遍的なアイデアはないものかと考えることはあります。間違いが少ない(ごまかすのがうまい?)システムはよく進化しているのでしょうか。領域をきっかけにこれから生まれるプロジェクトで予想だにしない答えが出てくると、また楽しみが増えますね。

#### 12) 石井英治 (京都大学・学振博士研究員)

博士号を取得後、初めて給料をもらう博士研究員として雇っていただいたのが運動マシナリーのプロジェクトでした。名古屋大学で行われた初めの班会議では、生体運動の幅の広さに圧倒され、それまで遺伝子発現制御やシグナル伝達に関する仕事を行ってきた私には、新たな世界が広がったように感じました。実際、そこで見せられた運動はこれまでによく研究されているものから全くもって解明されていないけど非常に面白い動きをするものまで、多くの運動マシナリーもしくはマシナリーの存在を強くおわせる動きにあふれていました。私自身、ダイナミックに動くものを対象にしていなかった上に、それらができる過程に焦点をあてて研究を行ってきたため、「運動」に関する知識や実験技術を持ち合わせていませんでしたが、「運動」に関する多くの用語・実験手法・考え方そしてなにより運動の面白さを学ばせていただきました。また一方で、様々な研究テーマに触れることで「研究」の在り方についても多くのことを考えさせられ、とても充実した4年間でした。ただ、領域での最大の収穫は、宮田 真人 先生をはじめとした沢山の研究者の方々と研究者として出会うことができたことだと思っています。皆様方には、この場を借りて御礼申し上げます。そして今後ともどうぞよろしく願います。

#### 13) 上田太郎 (早稲田大学)

「運動超分子マシナリーが織りなす調和と多様性」領域では、宮田代表の指導力のもと、地球上の生物が示す多様な運動性を、分子モーターの種別によって17種程度に分類できたことは、非常に大きな成果だったと思いますし、新学術領域という枠組みがあったからこそこの成果であったとも思います。さてそうした研究のモーメントを今後どのように生かしていくかですが、妙な成り行きで、不肖上田が次の新学術領域の申請をまとめることになりました。宮田領域の成果として生体運動の多様性が明らかになったことを踏まえ、次の新領域は多様な生体運動の背景にある共通原理あるいは普遍性に焦点を当てようと思います。具体的には、以下のようなアウトラインを考えています。新学術領域は採択率1割以下と非常に高いハードルですが、もし首尾良く採択された場合は、ぜひ公募研究にご応募下さい。

細胞運動は、きわめて精緻で、柔軟かつ頑健である。細胞運動のこのような性質は何に由来するのだろうか。ここでは分子モーターと細胞運動をつなぐタンパク質群を「運動マシナリー」タンパク質とよぶこととするが、それらの運動マシナリータンパク質が、力学感受性、協同性や多型性、アロステリーをもち、それによって超分子複合体をダイナミックに形成・分解したり、力の発生や伝達、方向性を制御することで、自律的に運動機能を調節し、精緻で柔軟かつ頑健な細胞運動を発現するのではないかと考えられる。そこで本提案領域では、原核や真核生物の多様な生体運動から代表的な細胞運動系を選び、分子細胞生物学、遺伝学、生化学、構造生物学等を融合し、また従来からの解析的な方向性に加えて構成的な方向性や計算科学的な手法も採り入れることで、個々の運動マシナリータンパク質の特徴を明らかにし、さらにそれらの結果を統合することで生体運動システムの自律性の分子の実体が運動マシナリータンパク質あるいはその複合体そのものの自律性であることを示し、そこに生体運動の普遍性、共通原理を見出すことを目指すこととした。

#### 14) 稲葉一男（筑波大学）

本領域には、最後の2年間、公募班員として参加させていただきました。本領域では、これまでともに議論することがあまり多くなかった真核生物と原核生物のマシナリー研究者が参加することにより、共通の話題で議論することができたことが大きなプラスでした。私は、一部の細胞運動研究者から注目はされつつも、研究材料の扱いにくさもあり研究が進展していなかったハプトネマという微細藻類の運動小器官を研究対象としました。その運動スピードの速さとメカニズムが不可解なことから、原核生物マシナリーの多くの研究者にも興味を持っていただき、議論していただきました。支援班の先生方との共同研究も実り多いものでした。領域は終了しましたが、引き続き構造解析と作動機序を時間をかけても解明したいと思っております。

#### 15) 玉越雅忠（東京薬科大学）

大した業績もないのに、公募班に入れていただいて感謝しています。お陰様で多く一流研究者と出会うことができ、共同研究の機会にも恵まれました。領域会議では皆さんのアクティブな研究成果を見聞きし、大変勉強になりましたし、刺激を受けました。宮田先生の学生に対する接し方も大変参考になりました。

私はファージの研究から出発して、バクテリア線毛による運動の研究を始めました。一部のファージは線毛を介して感染を始めますが、バクテリアの側ではそれを避けるために線毛の構造を巧みに変えてきたように見えます。つまり、ファージからの攻撃を避けながら運動能を保ってきたのではないかと想像しています。バクテリアのべん毛を介して感染するファージも知られています。自然界では微生物の数よりウイルスの数の方が多いとも言われます。単細胞生物の運動マシナリーは細胞表層にありますから、それらの多くはウイルスとの競合にさらされている、という視点はあまり注目されてこなかったと思います。また、ウイルスに対する口バストネスを持った装置だけが残ったのかもしれませんが。こういったことを楽しく想像する機会を与えて頂き、ありがとうございました。

#### 16) 申 惠媛 (京都大学)

私は、運動マシナリー班に動物細胞の膜運動を研究課題に最後の2年間参加させていただきました。おかげさまで、研究をいい方向に進められることができたのでとても感謝しています。最後の国際シンポジウムを含め、班会議に参加して初めて原核生物の研究に接することで多くの発見がありました。一番としては、恥ずかしながら原核生物にアクチンと似たようなタンパク質があることを初めて知り、驚いたのを覚えています。国際シンポジウムでも「Special Lecture」のアクチンシステムの進化のお話は非常に印象深かったです。あまり考えたことのない視点からの講演でした。全体を通して個人的に感じたのは、原核生物のモーターの動作原理の分子レベルの研究は、非常に進んでいると思いましたが、まだモーターを取り巻く膜環境についてはこれからの研究課題かなと思いました。本シンポジウムだけではありませんが数回の会議を通じて、これまで読んだことのない微生物の論文も読んでみる勇気が出てきたことは収穫の一つでしょうか。

#### 17) 小嶋誠司 (名古屋大学)

2011年秋の領域の計画立ち上げのころから関与していますので、かれこれ6年です。今では「運動マシナリー」という言葉がすっかり耳に馴染んでいます。私と森さんと企画した2012年冬の生化学会シンポジウムの時には、「運動マシナリー」は産声をあげたばかりで、「なんだか知らない人がやってるシンポジウムだねえ」などと言われていたものです。しかし、この時のシンポジストのみなさんはその後本領域で大変活躍されていて、今思えばいいシンポジウムを組めたのではないかとと思っています。

領域の活動にはたくさんの思い出がありますが、中でも2013年秋の京都の生物物理学会の時に行われた、Howard Berg先生のインタビューが強く印象に残っています。Berg先生は細菌べん毛の分野では「神」の様な存在で、べん毛モーターの研究の多くがBerg labにより大きく進展してきました。学生のころ、私は怖いもの知らずで、国際会議において海外の偉い先生方につたない英語で自分の研究の話をしに行きましたが、Berg先生だけは別格で、とても怖かった記憶があります。そんなBerg先生とじっくり話をし、それを文章に起こすという企画でした。来日前に先生は大き



な手術をされてちょっと体調が心配でしたが、先生は終始にこやかで、年会会場近くのホテルの中華料理レストランの一室で行われたインタビューは非常に楽しく、有意義なものでした。録音したインタビューを文章に起こすのは私の役目で、実際始めるとこれがなかなか大変で思った以上に時間がかかりました。しかし、内容がとても興味深く、含蓄の多い Berg 先生の思いを文章化することでしっかり受け止めることができたのは貴重な経験でした。この時以来、Berg 先生とも気後れせずに話ができるようになりました。インタビュー記事は領域の web page (報告記) からご覧いただけますので、ぜひお読みになってください。

全体を振り返ると、本領域は宮田代表の大変な頑張りにより、5年間を乗り切ることができたと思います。代表のリーダーシップには頭が下がる思いです。私は今年47歳になり、なかなか疲れを上手にとることができなくて悩んでおりますが、宮田代表は疲れを知らないのか常にパワフルで、ぐいぐいと領域を引っ張ってこられました。スーパーマンだと思います。そして、終了報告会でも申しましたが、バラエティに富んだ生体運動の研究をひとつところに集め、議論できる場が5年間存在したのは非常に大きな意義があったと思います。分子の運動から、個体の運動まで、本当に様々な運動があり、駆動力も違えば力発生のメカニズムも全く異なる、そんな多様な世界に私たちは行きているのだなと改めて感じました。多様な世界といえば、留学していた時、多様なひとびとを飲み込むアメリカ社会の躍動感を強く感じていました。しかし、それは多様性を認め受け入れる寛容な心をもつことではじめて、成り立っています。ひるがえって、生体運動の研究は、その成果がすぐにひとびとの暮らしに役立つとは言いがたいため、一般の方々からすれば「運動を研究して何になるの？」となるかもしれません。しかし、一見無駄に見える基礎研究の多様さがあってこそ、私たち人類の知的財産が蓄積し、心が豊かになっていくのではないかと思います。どうも最近みんな余裕がなくなって寛容な気持ちになりにくい空気がありますが、成果をどんどん世間に発信し、多様な世界の一端を明らかにして、文化としての科学の側面をアピールしていくことも大事なのかなと思うようになりました。

最後に謝辞で締めくくらせてください。宮田代表だけでなく、領域を盛り上げ、動かしていった計画班や総括班の皆様、本当にお疲れ様でした。公募班の皆様とも会議ではたくさん議論させていただき、充実した5年間でした。この場を借りて感謝申し上げます。領域はこれで終了ですが、参画された皆様とはこれからも長くおつきあいさせていただき、生体運動研究をますます発展させていくことで、恩返しができるのではないかと考えています。

## 18) 神谷律 (学習院大学)

公募研究の班員として、班会議を中心に4年間にわたって大いに楽しませていただきました。これまでにないこの領域の特色の一つは、真核生物と原核生物の運動を同等に扱って、多様な生体運動のおもしろさを全面に引き出そうとしていたことでしょう。それに、現象の多様性に伴った方法論の多様さと言う点でも目を見張るものがあり、班会議に出席するたびに新鮮な思いがしたものです。材料や方法が多様であるお

かげで班員どうしが競争ではなく補完の関係で結ばれていたようであったことも、すばらしかったです。

多様性というキーワードで班をまとめることは、おそらく大変に難しいことなのだろうと思います。この班がうまく行ったのは、ひとえに宮田さんとその周りにおられる班員の方々の若々しく純粋な好奇心のおかげです。それにつられて全員が好奇心の全面展開になっていきました。楽しい研究領域だったと思います。ありがとうございました。

#### 19) 見理剛（国立感染症研究所）

領域の総括として宮田代表が運動マシナリー視点から生物分類や進化を俯瞰されましたが、これはこの領域から出てきた新しい概念で、重要なものだと思います。領域に参加された多くの先生と共同研究や情報共有をさせていただいたおかげで、私自身の肺炎マイコプラズマの滑走運動の研究も理解が進みました。領域に参加する前に考えていたモデルや理解がかなり修正され、今後の方向性が見えてきた気がします。白黒テレビで見ていたものがカラーテレビの時代になったような変化です。この領域に参加していると、基礎科学の重要性を改めて感じ刺激を受けました。応用研究も大切ですが、やはり基礎科学には、研究者を引き付ける魅力と、知的好奇心が重要で予期していなかった発見を生み出す力があると思います。この領域のように基礎科学に熱意をもつ先生が集まり、若い人たちにもそれが伝わっていくような領域が今後も継続されることを願っています。

#### 20) 菊池洋輔（金沢大学）

今回の最終報告会は、ここ数年で生体分子のメカニズムとバクテリアの運動への理解が深まったことを実感できる会でした。特に観察技術の発展により、多数のモータータンパクによる集団的な振る舞いが明らかになってきたことは、今後の細胞運動を制御する普遍的なメカニズムを知る上で重要であると感じました。

#### 21) 田岡 東（金沢大学）

本領域では、研究面だけでなく、総括班として領域の運営や班会議の開催に関わらせていただき、いろいろと貴重な体験をさせていただきました。本領域で培われた運動コミュニティを今後も発展させていければと思います。

#### 22) 南野 徹（大阪大学）

国際シンポジウムが終了した時点で、ふと思い出しましたことがありました。2011年の日本生物物理学会の姫路年会の時、宮田さん、本間さん、難波さんと3日間一緒に『運動マシナリー』の立ち上げ構想を議論した時のことを。学会終了後、毎晩居酒屋でジंकピリチオン効果が満載な運動マシナリー領域構想を熱く議論しました（そのためかわかりませんが、細菌性の急性胃腸炎になり、10日間豊中病院で過ごすことになりました）。その後、宮田さんの頑張りの御蔭で、一発で宮田新学術領域が立ち上がりました。私自身が直接この宮田領域の立ち上げから関わることができ、

さらに領域会議で色々な生物の面白い運動マシナリーと触れ合うことができ、本当に楽しい5年間でした。今回のシンポジウムで最終回となり、大変寂しい気持ちになりました。また再び、このような生体運動の領域ができて一緒に集まれることを期待しております。

### 23) 寺原直矢 (大阪大学・特任助教)

「運動マシナリー」と一言でも、様々な形とメカニズム、その多様性には毎回驚かされてばかり。

進化の過程で会得したものには間違いないと思うが、「こういうの作ろう！」やその設計図は簡単に思いつくものなのかな？

宮田先生のお話にありましたように、生命進化と運動マシナリーがとても気になりました。

微生物学から構造生物学と幅広い分野の先生方が集結した本領域。

終了は残念ですが、その繋がりは一生涯ですね。

その繋がりによって、今後これら運動マシナリーのより詳細な作動原理が明らかになることがとても楽しみだ。

### 24) 川本晃大 (大阪大学・特任研究員)

ここまで基礎研究に特化した新学術領域はなかったのではないかと思います。

今後、運動マシナリーと同じように基礎研究に打ち込める学術領域が立ち上げることを期待しています。

### 25) 木下実紀 (大阪大学・特任研究員)

今まで参加していた学会やセミナーでは知ることのできなかった異分野のテーマや実験方法に触れたこと、

普段の発表や論文では見れないような実際に生き物が動く様子を見せていただけたことがとても有意義でした。

### 26) 井上由美 (大阪大学・特任技術職員)

運動マシナリー初心者のわたくしには、様々な微生物の異なる仕組みの運動マシナリーをそれぞれに理解することは、わたくしの知識の及ばない部分も多く、とても難しかったです。しかし、これまでの研究報告会や今回のシンポジウムに参加させていただき、様々な微生物の異なる運動マシナリーを知る機会となり、とても良い経験になりました。

### 27) 荒田敏昭 (大阪市立大学・特任教授)

最終報告会でしたが、原子から細胞・個体へ、統一性から多様性へ、単純から複雑へ、また、複雑な構造がいかにか出来上がったか、逆にスリム化したかを進化的に考えることも始まりましたね。私は、生の実験から、個体の中の原子のように、まだまだ原子にこだわって行きたいと考えています。筋肉の巨大マシナリー「細いフィラメン

ト」中のトロポニンIとTの構造動態を原子レベルで報告しました。トロポニンIとTのリン酸化による心筋収縮の微調節のメカニズムを考えています。

## 28\_ Isil TULUM (大阪市立大学・博士研究員)

I am glad to have the chance to participate this multidisciplinary project through 5 years. I was a graduate student when the project has started. Then, I had the chance to continue research as a postdoctoral fellow. This project was a great opportunity to meet researchers working in different fields trying to find some undiscovered motile patterns of bacteria. The diversity in the motility systems are fascinating whereas to elucidate the details behind this diversity is more exciting. The summary of the project will be like an encyclopedia for the future generations.

I have learnt lots of different techniques like cryoelectron tomography, quick freeze replica electron microscopy, and atomic force microscopy. The project gathered lots of motility patterns as an online video library where a series of movies relevant to motility are available.

The annual meetings were great opportunity to gather and share all the knowlegde with the invited elite professors from Japan and the world. It was my great pleasure and honor to be a part of this great multidisciplinary project. I would like to express my sincere thanks to all the people involved.

## 29) 田原 悠平 (大阪市立大学・研究員)

このプロジェクトが始まった時には、5年間という期間がかなり長期にわたるものと感じていましたが、振り返ってみるとあっという間に過ぎてしまいました。急速凍結レプリカ法という技術者が少ないテクニックの支援という貴重な経験をさせていただきました。宮田先生、片山先生をはじめ、支えていただいたプロジェクトメンバーの方々にこの場を借りて深く感謝申し上げます。

今回の技術支援に関しての感想といたしまして、1～2年目あたりではなかなか技術に慣れず、また観察に適した構造か否かについての経験も少なく、観察はしたもののデータとして使えそうな像があまり得られなかったのではと感じることもありました。後半から技術習得もでき、このテクニックの特徴もつかめて、効率のよい観察ができた実感を持ってました。最終報告会では何人かの方々から観察についてお話をしていただき、これから先の技術支援についても貢献できればと考えております。

## 30) 松生 大輝 (大阪市立大学・D1)

領域会議に参加し、様々な研究者の方々とお会いできるのは、学生の身には貴重な経験でした。自分の研究に生かせそうな情報は勿論、純粋に興味深い研究や発見を聞けることは、自身の研究生活のモチベーションになっています。「運動マシナリー」の領域は終わってしまいましたが、領域で結んだ縁と培った経験はこれからも大切にしたいと思います。先生方には是非とも次の領域を期待しています。

### 31) 水谷 雅希 (大阪市立大学・D1)

領域会議には M1 から参加させていただいており、今回で三回目となりました。近い分野の方々と知り合うことができ、また近い距離感で交流することができる研究会でしたので、研究者としての初めの時期にこの会があったことは、とても貴重で、幸せなことであったと感じています。ここで得た知識や人脈を活かして、研究者としてレベルアップしていきたいと思います。

### 32) 豊永拓真 (大阪市立大学・D1)

領域は 4 年目からの参加でしたが、多くの方と共同研究させていただきました。学生のうちにこのような機会を多くいただけるのは、領域の素晴らしいところの 1 つだと思います。

最終報告会ではポスター賞をいただき、励みになりました。これからも頑張ります。

### 33) WoongKyung KIM (大阪市立大学・M2)

去年に引き続き、領域報告会に参加させていただきました。今年も多くの知識を得る機会となりました。また、ポスター発表の際には多くの方に興味を持って頂いて、とても嬉しかったです。今回の報告会は幅広く考える力が育つ良い機会だったと思っております。ありがとうございました。

### 34) 小林昂平 (大阪市立大学・B4)

他の幾つかの学会とは異なる雰囲気を感じました。皆様が互いに顔見知りです。しゃって居心地の良い雰囲気です。そして、良い意味でこじんまりした学会にも関わらず、生体運動というとても大きな、掴みどころのなさそうな抽象的な対象に、さまざまなアプローチを仕掛けていき、今まさに Tree of motility としてまとめ上げてしまおうとしている皆様の姿に、熱い何かを感じました。このような環境に 2 日間身を置けたことに感謝するとともに、次回以降、私自身の研究テーマを持ち込むことができる機会を心待ちにしております。ありがとうございました。

### 35) 笹嶋雄也 (大阪市立大学・B4)

新学術領域「運動マシナリー」のシンポジウムに参加させていただいたのは今回が初めてですが、最終報告会であるゆえに本領域研究における集大成を窺い知ることができ、貴重な体験であったと感じています。Tree of motility とは、生物学の根底にある生命の進化を細胞の運動能により説明した系統樹と解釈しましたが、この新たな価値観が生まれる過程を間近に見れたことが印象深いです。会場の雰囲気を楽しみながら、研究者間の繋がりが大切であると学びました。また、学生のポスター発表は自身の研究を取り組む上で大きな励みとなりました。

### 36) 高橋大地 (大阪市立大学・B4)

今回初参加させていただきました。非常に面白い内容の発表をたくさん聞くことができ、非常に有意義な2日間となりました。私自身はポスター発表がなく聴講のみで参加させていただいたのですが、多方面の先生方と議論を交わすことができ、非常に刺激的だと感じると同時に、いつか同じ舞台上で自分の研究の面白さを伝えたいと思いました。非常に短い時間ではありましたが、この素晴らしい領域で時間を過ごせたことを大変嬉しく思っております。

### 37) 中山浩次 (長崎大学)

新学術領域「運動マシナリー」に計画班として参加させていただいたことをたいへん感謝しています。元々歯周病細菌の病原性についての研究を行っており、細菌の運動機構には興味はありましたが、直接研究対象にすることになるとはまったく予想外でした。そのきっかけを与えてくれた中根大介さんや宮田領域長には心から感謝しています。じつはこの領域での研究で新しく得られた成果のかなりの部分（これには領域内の多くの方々にも共同研究者として参加させていただきました。深謝申し上げます。）は現在、ある雑誌のリバイス中でまだ論文になっていません。なんとか早急に公開までもっていきたいと思っています。領域会議などで多くの研究者、それも生物物理学的研究手法を用いて研究を遂行している方々と知り合いになれたことはたいへん有難いことでした。以前は解析手法がなく解析したくてもできなかった、いまではほとんど忘れられている諸課題も現在の先端解析技術を用いることで克服できることも多いのではないかと感じています。本領域がなんらかの形で進化継続していくことを心から祈念しています。

### 38) 安永卓生 (九州工業大学)

運動という生命現象は、生命の本質に関わる機能の1つで有り、生物学的視野からは多様な形態・制御・現象をとりつつも何らかの化学ポテンシャルから、運動エネルギーへのエネルギーの変換による物理現象であると捉えれば共通のメカニズム（エネルギー流による運動性の算出）をもつ興味深い現象である。

今回の領域活動を通して、また、新たな現象の発見とメカニズムの解明へと繋がったことは、私自身にとっては刺激的な時間であった。もっともっと、どろどろとした、学問が生み出される話し合いの中にも加わっていきたかったが、所要によりなかなか参加できなかった自分に対して後悔が残る。

今後も含めた所では、1つの切り口の中で、様々な現象や形態があることが生物学を研究することの醍醐味であり、応用性、イノベーションに繋がる第一歩であると感じた。現在、所属として、工学分野に身をおくものとしては、もう少し人が生み出す工学分野との連携をとることで、ARではないが、人工物と実物がマージするところに新たな切り口ができるのではないかと感じた。元々、遺伝子工学や細胞工学はそういった視点がある部分ではあるが、現在のMEMSや3Dプリンタを含めたナノファブリケーションの技術などとの融合（計測技術としてだけでなく、新たな運動性の獲得など）の中に、応用だけではなく、本質に近づくことができる点があると感じた。

#### 39) 加藤貴之 (大阪大学・特任准教授)

今回のシンポジウムは最後を飾るにふさわしいシンポジウムでした。恒例のシンポジウムの最後のピンポイントで意見を求められるのは毎回ドキドキしますが、いろいろな人が運動マシナリーについてどう思っているのか、パラダイムシフトと普遍性に対してどのように考えるべきかをディスカッションできたのは今後につながるという意味で有意義だったと思います。改めて宮田代表のとりまとめは素晴らしかったと実感しました。ぜひこれを引き継いで、次も今回の運動マシナリーと同様、出口を求めらず、本当に面白いということに特化した領域がたちがあることを願っています。

#### 40) 曾和義幸 (法政大学)

運動マシナリーでは、2年間大変お世話になりました。この領域では本当に多くのよくわからない運動器官が世の中にはあることを知り、特に原生生物の動きに魅了されました。私は大学院の途中から現在まで細菌の回転モーターをずっと研究対象にしてきましたが、最近、クラミドモナスの動きを見始めています。何か今までと違う研究をちょっと始めてみよう、バリアを低くしてくれた領域だったと感じています。

#### 41) 笠井大司 (法政大学・博士研究員)

今回の領域では生体の運動に関わる研究が幅広く集まり、未知の運動メカニズムが世界にはまだまだあることを認識させられた。多くの興味深い研究対象に触れることができたのは良い経験であったが、次は少し範囲を狭めて、掘り下げていく方向にもっていくことも検討してほしい。

#### 42) 佐藤啓子 (長崎大学)

領域では様々な分子や生物の動きをみることができ、大変面白かったです。運動が様々なものに影響を受けることが難しく、面白く思いました。温度を一定に保っても、季節によって移動距離が異なったり、同じ現象は見られても、常に同じ動きを見ることが難しかったです。また、個々と集団では動きが異なるのも非常に興味深かったです。

運動初心者だからだと思うのですが、例えば、これをしたい、と思った時に、どこに聞いたら良いのか教えてくれる総合窓口みたいなものがあると大変ありがたいと思いました。

#### 43) 田代陽介 (静岡大学)

運動マシナリーには後半の2年間、公募班としてメンバーに入れて頂きました。生物工学・農芸化学をバックグラウンドとする私にとって、生物物理を土台とする本領域は非常に新鮮で、毎回班会議では勉強させて頂きました。私自身、新学術領域への参加は今回が研究生生活初めてだったのですが、非常に楽しくかつアトラクティブで感激致しました。私にとって初めての学術領域が運動マシナリーで非常に幸せでした。

本領域の良い点の一つは、観察技術サポートの充実かと思います。生物の基本構造を解明するには、「見る」ことは有効な技術であり、運動性の解析だけでなく様々な生物学研究に汎用性のある手法です。このような技術を武器にして、今後運動マシナリーの研究分野がさらに発展していった欲しい次第です。

最後に、生物がなぜ運動するのか？を考えた際、その一つに拡散など物理的移動に比べて栄養源の獲得に有利であるからと考えられます。そう考えると、ATPあたりの重量×移動度が大きい（つまり効率の良い）運動マシナリーが進化の過程で淘汰されていくのでしょうか？しかし、例えば単細胞生物の場合、動かないことで集団となり多細胞的な機能を発揮したり遺伝子水平伝播効率が高くなったりします。つまり、生物にとって「動かない」ことも重要であり、物理的移動に逆らってその場に固着する（例えば粘着物質分泌などの）「静止マシナリー？」と「運動マシナリー」の関係性から何か新しいことが見えていけたら面白いかと感じています。

**(森)最後は宮田代表からのメッセージです。**

#### 44) 宮田真人 (大阪市大)

2011年9月に姫路の兵庫県立大で行われた生物物理学会で、バクテリアべん毛研究の皆さんが私を代表にと推してくれた時から、運動マシナリー領域は始まりました。11月に領域の申請、2012年3月に総括班と計画班の申請、5月にヒアリング、の3段階を経て7月に採択となりました。科研費のカテゴリーである「新学術領域研究」では、新しい視点、あるいは分野の創出を要求されます。また、それは少数の研究者だけで達成できることではだめで、さらに新しい共同研究も含まなくてはなりません。しかもそれなりの予算を使うわけですから、期間内での業績も求められます。まとめると「これまでにあまり接点のなかった人たちが集まって、新たな分野を確立して、4年半以内にビッグジャーナルに沢山の論文を発表せよ」ということになりません。そう容易なことではなく、どちらかと言えば“ミッションインポッシブル”です。もちろんこれは理想であって、実際にはバランスです。すなわち、どの部分をより重視するかということですが、重視する部分の選択がそれぞれの領域の特徴なのかもしれません。

採択が決定した時には、私がこのような重責を負わせていただけることはもう二度とないだろうから悔いが残らないようにしよう、と決意しました。決意はすなわち、残っている命を4年半、すなわち54か月に分けて、それぞれ毎月の分をしっかりと使い切って、2017年3月にはすばらしい業績の山と、すばらしい領域の展開とを残して、私自身は白い灰になって研究室のエアコンの風に吹き飛ばされることです。残念なことにとどめもそれなりの達成度になりましたが、それがバランスということかもしれません。

業績に厳しい注文を付けなければ、領域はとてもうまく行ったと私は思います。もともとお互いに知らなかった研究者間の交流と共同研究が活発に行われました。従来型モータータンパク質とバクテリアべん毛モーター‘以外’の運動能が当たり前のこととして議論されるようになりました。多くのすばらしい発見がなされました。領域開



始時には考えてもいなかった、運動能の起源と進化についての議論が可能になりました。敷居の高かった可視化などの技術も活用されました。また、私自身は領域のおかげでずいぶん成長したように思っていますが、おそらく、他の多くの領域メンバーもそれぞれについて同様に実感していることでしょう。

事後報告会などでもお話ししましたが、運動マシナリーの様な基礎科学プロジェクトの評価は、その後の時間の中で決まっていくものと私は思っています。将来、運動マシナリーメンバーの中から、領域で得られたインスピレーション、知識、経験、あるいはキャリアなどをもとに、どのような分野でもよいので何かを成し遂げる研究者が出て、そしてその研究者の数が多ければ多いほど、運動マシナリー領域は成功だったと言われるはずで、すなわち、これからは私を含めて領域メンバー全員が“運動マシナリー代表”ということになります。新代表それぞれの今後の大活躍に期待です。

\*\*\*\*\*

皆さん、素敵なコメントをありがとうございました。皆さんの研究が益々発展し、大きな花を開かせることを願って止みません。

最後に、報告記執筆に当たり何時も叱咤激励して下さった丸山さん、個性が爆発していた中村さん（本当に突き抜けていました）、HPの運営管理等、実務を永らく支えて下さった武田さん（宮田新領域の良識です）、本当にお世話になりました。ありがとうございました。事務局の皆さんが陰から支えて下さったからこそ、本領域は無事に航海を終えることができましたと思います。心より御礼申し上げます。

最後の最後に、本領域は宮田さんそのものでした。楽しい時間、楽しい研究をありがとうございました。

(Fin)