

# 新学術領域研究「運動マシナリー」第4回全体班会議報告記

執筆：若林憲一（東工大）、玉腰雅忠（東薬大）、見理 剛（感染研）

監修：森 博幸（京大）

宮田新領域「運動マシナリー」の第4回（最後の）全体班会議が、平成28年6月8（水）-6月10日（金）、中山先生のお世話により、長崎大学・良順会館において開催された。

梅雨時での開催であり、世話人の中山先生が良く言われるように「長崎は今日も雨」<sup>1)</sup>のハズなのだが、終始好天に恵まれ快適な（暑かった！）班会議となった。（ずっと雨だった一昨年の旭川とは対照的であった。）計画研究7班、公募研究30班（ビデオ参加も含む）と総括班のメンバーに加え、4名の評価委員の先生方（石渡先生、笹川先生、難波先生、北先生）にもご参加いただき、総勢95名の全体会議となった。



新学術領域「運動マシナリーが織りなす調和と多様性」

第4回領域全体会議

2016年6月8～10日 長崎大学

会議の詳細は、3人の公募班の方が下でめっぽう詳しく書いて下さっているので（今年の担当の方達は例年以上に気合が入っており（顔写真にも気合を感じる）、領域会議の最後を飾るに相応しい超大作に仕上がっている。これは読むのが大変だ。）、私（森）は、例年のように前座として「班会議中あるいは前後のあれこれ」等を思いつくままダラダラと書き連ねることにしよう。

笹川先生も特別公演の中でおっしゃっておられたように、本領域メンバーは、応用のことを一切語らない潔さ（理学的こだわり）を持つ変わった集団である。よって、今回の班会議では、皆さん互いに「さん」つけで呼び合い自由にサイエンスの議論を楽しむスタイルを取った。本報告記もこれに習い「さん」付けで気楽に書いていくことにしたい。

## 1) 長崎

私が長崎を訪れるのは、中学の修学旅行<sup>2)</sup>以来、二度目である。今回、班会議終了後の

時間を少し使って、長崎の街をゆっくり楽しむことができた<sup>3)</sup>。坂の多い港街<sup>4)</sup>であることは有名だが、コンパクトな街中をレトロな雰囲気路面電車が縦横に走り、歴史を感じさせる落ち着いた居心地の良い街であった。歴史的には被爆都市として語られる場合が多いが、最近の世界文化遺産登録もあって、街全体には活気がみなぎっていた。長崎大が爆心地にこれほど近いとは全く知らなかった。やはり、「百聞は一見に如かず」実際に一度は足を運び、目で見てみることは非常に重要である。これは領域のコンセプトとも通じるものがある。(かなり無理してこじつけているが。)



## 2) 良順会館

領域会議に参加された方には言わずと知れた班会議の会場である。大学の入口の門に隣接した非常に良い立地にある。1階の専斎ホールにポスター会場が設置され、2階のボードインホールで口頭発表が行われた。2階の会議場は中央のスクリーンをすり鉢の底にして、野球場の観覧席のように座席が放射状に設けられ、どこに座っても快適に公演を聞くことができた。休憩時には某セリーグ球団を持つ飲料メーカーさんのご好意で、乳酸飲料『●クルト』や缶コーヒーが飲み放題であり、勉強で疲れた頭をすっきりさせてくれた。ヤ●ルトさんのご好意に感謝すると共に、すばらしい会を準備いただいた中山先生(いかんいかん、中山さん)はじめ研究室の皆さんに謝意を表したい。ヤク●トさん、重ねてありがとうございます。

良順会館の由来となった松本良順先生は、江戸時代末期から明治にかけての活躍された人物で、長崎大学医学部の創始者として著名な方である(ようだ(筆者は浅学のため知らなかった。))が、ちょっと調べてみると波乱万丈の人生を送られている。14代将軍徳川家茂の待医を勤めたり、新撰組の近藤勇と親交があったり、戊辰戦争では奥羽列藩同盟軍の軍医として参戦し、会津戦争で敗れた後には投獄もされ不遇な時代も過ごされたようだ。後には、貴族院議員となり男爵の爵位も授与されている。またこの方は、日本で「海水浴」を推奨し広めた人としても有名である<sup>5)</sup>。

## 3) ホテルセントポール長崎

長崎大の近くに位置している老舗のホテルである。抜群の立地条件から、本領域メンバーの多くが宿泊していたと思われる。HPの写真<sup>6)</sup>からはちょっと想像できない怪しい雰囲気を醸し出していた。(こんなにも薄暗いフロントは今時珍しいかも知れない。)建増しの故か迷路のような廊下が続き、宿泊客の不安を更に掻き立てる。ただ、フロントの方(年配の男性の方と年齢不詳のご高齢の女性の方)は非常に親切で気持ち良く対応いただいた。部屋も非常に広く寝るためだけに使うのはちょっと勿体ない感じがした。

## 4) かもめ<sup>7)</sup>

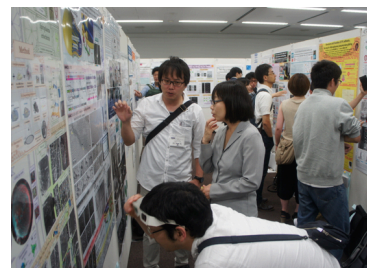
関西から長崎への移動を考えた場合、飛行機を利用するのが最も効率的だろう。しかしながら、筆者は事情もあって新幹線と特急を乗り継いだ陸路の旅を選択した(「乗り鉄」

という訳ではない)。博多と長崎の往復には当然のように特急「かもめ」を利用することになる。「単なる特急列車」と侮っていたのだが、スタイリッシュな外形に加え、フローリングの床に座席が全て革張りとは格好良い内装に正直驚かされた。ちょっと気になって調べてみたところ、日本の工業デザイナーとして著名な水戸岡鋭治氏がデザインを手掛けた車両として有名なようだ。

私の実体験からすれば<sup>8)</sup>、田舎（失礼）の特急列車は閑古鳥が泣いている（一両当たり数人しか乗っていない）のが普通なのだが、「かもめ」は多くの中高生やサラリーマンが通学・通勤に利用しているようで、夕方には正に満員列車となっていた。生活の足として欠かせない必須の交通機関なのだろう。

## 5) ポスター発表

筆者の研究室の院生さんもポスター発表をする機会を得た。彼女は、今年の生体運動研究合同班会議でオーラル発表のデビュー戦を終えていたが、ポスター発表は、今回の班会議が初めてであった。宮田代表はじめ、多くの方々に訪問していただいて良い刺激を受けたようである。(写真は記事の内容とは無関係です。)



(以下は一昨年にも書いた事だが、今年も同じように感じたので再掲したい。)

ポスター発表の魅力は、興味を持ってくれた人と深い議論が出来る点である事は言うまでもないが、その反面「1枚のポスター紹介の時間がどうしても長くなり、結果的に多くの人と議論しにくい。」傾向がある事も否めない。宮田代表が提案されていたように、「1分紹介」「5分紹介」等の短縮紹介バージョン数編を各自が事前にきちんと用意しておき、相手に応じて使い分ける等、プレゼンする側の努力・工夫も必要だろう。そうしたトレーニングは、特に若手の研究者の人にとっては、限られた時間の中で、色々な人に名前と仕事を知ってもらい自分を売り込むために重要な気がした。(ここまで)

上記のことは、ポスター発表の経験を重ねることで、徐々に身につけていく技術かも知れないが、その一方で、院生さんは詳しく話を聴いてくれたことに喜びを感じて、たくさんの人に研究を知ってもらおうという重要なミッションを忘れてしまいがちになる。ポスターを聞く側も、話を聞きたいと思い待っている他の人がいることを意識して、簡潔で濃厚な議論を行う意識を持つ必要があるのかも知れない。

## 6) 有志飲み会

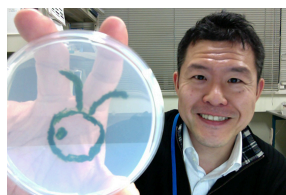
6/8(水)の午後8時から、中山研のお世話により、割烹「ひぐち」で有志飲み会が開催された。老若男女が一堂に会し、計41名の賑やかな集まりとなった。筆者は生憎の用事(その時「かもめ」に乗ってました)により欠席せざるを得なかったのですが、会場の様子の詳細をお伝えすることはできないのだが、皆の生き生きとした様子(右)を見ると、楽しく有意義な会だったに違いない。



閑話休題。

それでは、気合の入った皆さんにそろそろバトンをお渡しすることにしよう。

### 若林憲一（東工大）



領域会議は、いつものように宮田さんの大きな「ごきげんよう」の声から始まった。領域会議という枠の中でこのご挨拶を聞くことができるのはこれで最後か、と少し寂しい思いもよぎる。

最初に、この領域の目標確認。「空を見上げれば鳥以外にも飛んでいるものはいる」という喩えを交えながら語られた「生体運動に対する概念の一新」という言葉は何度聞いても力強い。この領域の班員が参加要請されている正月の生体運動研究合同班会議に学生時代から参加している身としては、そのコンテンツの変容に、確かにその目標が達成されつつあると感じる。途中で紹介された、4月に Nature Microbiology から発表された A new view of the tree of life という論文の図が印象的だった。ゲノムデータをベースにした最新の系統樹では、地球上の生物は大きく3つのクレードに分けられ、1つは真正細菌、もう1つは現状培養できない細菌、もう1つは古細菌で、我々真核生物はいわば「ヘンな古細菌」に分類される、と。なるほどこの新学術領域は地球上の生物多様性そのものを既によく表現していたのだ。

### ●セッション1（座長：森博幸さん@京大） 宮田さん@大阪市大

4年前までは私にとって縁遠かったはずのマイコプラズマ滑走装置、今や「例の」という印象になった。今回は菌体内側の滑走構造のない棒状構造、内部の「くらげ構

造」の触手部分の話が中心。それが遺伝子も構造も F<sub>1</sub>ATPase そっくりだということが興味深い。電顕の映像は美しく、「F<sub>1</sub>のようなもの」がフィラメントを作っている様が本当に不思議だ。生物は「既に持っている物」の一工夫で道具を作ってきたことがよく伝わる。

### 稲葉さん@筑波大

昨年の会議でも大人気だったハプト藻類のハプトネマ。ミリ秒のオーダーで 100 μm のハプトネマがコイルする様は何度拝見しても面白く、不思議だ。円筒状に並んだ7本の微小管の並びが、除膜すると6本束+1本螺旋になるということに何か意味がありそうだ。RNAseq で見つかった、ハプトネマ画分に濃縮される EF ハンドタンパク質というのが興味深い。「モデル生物」でなくともゲノムの先端技術が適用できる時代にいるのだなと実感する。

### 豊島さん@東大

コンベンショナルモーターの話題のとき、なんとなく申し訳なさそうに話を始めなければいけないこの会議の雰囲気。豊島さんのご研究はしかし、ダイニンそのものというよりその制御因子である。ダイニンにただ単純にダイナクチンを混ぜると、微小管から外れてしまうというのが意外。さらに、ダイナクチンの重要サブユニット p150<sup>glued</sup>/DCTN1 の微小管結合ドメインを削ったほうがダイニンの run length が上がるというこの不思議。「コンベンショナル」モーターは、即「よくわかっている」モーターを意味しない。

## 新井さん@東大

マイコプラズマの滑走装置 Gli349 の構造解析のご研究。モーターの仕事はやはり構造に行き着く。しかし Gli349 は巨大かつフレキシブルで、結晶解析に向かない。リピート構造を断片化しての大量発現は不溶性。構造研究のいわゆる定石がことごとく通じないこのタンパク質に対して、ヘリカルリンカー予測の H-DROP、構造予測の HHpred などを駆使し、部分的に細長い構造が得られた。このような知性と根性を総動員したようなアプローチは感服する。

## 池上さん@浜松医科大

鞭毛・繊毛軸系チューブリンのポリグルタミル化とポリグリシル化翻訳後修飾のご研究。polyE 化酵素の KO マウスは polyE のレベルが半分程度。しかし、その「減り具合」が9組の周辺微小管の中で異なるのが面白い。polyG に至っては、KO のほうが気道繊毛も精子鞭毛も元気になるのがまた不思議。なぜ敢えて運動を遅くするような翻訳をわざわざ入れるのか。興味深い新しいクエスションを次々と見出され、鞭毛屋として今後のさらなる展開が楽しみ。

## ●セッション2 (座長：中山浩次さん@長崎大)

### 森さん@京大

ビブリオ菌のタンパク質膜透過システムは、これモーター？と4年前なら思ったはずだが、SecA が押しこむ、SecDF が引っ張る。モーターだ。森さん達が明らかにしてきた Sec トランスロコン複合体サブユニットの構造をもとに、複合体としての作用機序を知るため、分子表面アミノ酸を片端から光反応性アミノ酸に置換し、光架橋する。言うは易し...のはず。アンカプラ

を用いた架橋効率の変化などから、丁寧に構造変化を紐解かれている。構造、生化学ときて、環境変化に伴う  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  駆動型の変化など、生理も語られている。構造-機能連関を解明する研究のお手本のような。

## 西山さん@京大

西山さんの高圧顕微鏡を用いた研究手法は、物理学と生物学、そしてロマンが見事に融和している。今回はクロムやチタンへの赤外照射で高圧チャンバー内に熱源をつくり、熱水噴出孔を顕微鏡下で再現を目指されているお話。温度キャリブレーションなど、完成にはまだ何段かのステップが必要なかもしれないが、それが楽しみだ。さらに、深海微生物。「絶対好圧性」という言葉を初めて知った。深海 11000m で採集した微生物に 5000m 相当の圧を加えると泳ぐ！ ロマンだ。

## 神谷さん@学習院大

クラミドモナスの滑走運動は私にとって見慣れた現象だが、理解を曖昧に済ませていたことを、我が師の説明を聞き入って恥じる。糖タンパク質 FMG1 をマーカーとして、鞭毛上を移動したビーズを集め、含まれるタンパク質の解析。見つかった巨大タンパク質の正体が気になる。タンパク質合成を阻害すると鞭毛1本くらいしか滑走できなくなるのが興味深い。学生が思いつくような「最先端技術」は使われていなくとも、確実に未知を知に変えている。師、東大教授時代よりもなんだか楽しそうに見える。

## 杉村さん@名大

アクチンと、その結合タンパク質が関わる外力駆動の細胞集団運動のご研究。ショウジョウバエの翅上皮を材料に、アクチン

結合タンパク質の動態を蛍光ラベルで見  
る、ノックダウンする、アクチンに変異導  
入する。これら一見発生/細胞生物学の王道  
のようなアプローチの背後に、常に数理の  
解釈がある。そして、細胞集団の六角格子  
化運動を数理に落としこむには、大前提と  
して精緻な観察系がある。その美しさに惹  
きこまれた。複雑に見える集団運動を整理  
して解釈して見せるご研究スタイルのス  
マートさに憧れる。

### 渡辺さん@東大

F<sub>1</sub>ATPase の作動原理解明をゴールに設  
定し、膜電位の定量/制御と、構造変化可視  
化を目指されたご研究。ゴールは特異的な  
のに、開発された手段はユニバーサルだ。  
金ナノ電極実装生体膜マイクロチップで、  
パッチクランプのようにつまむわけでも  
なく、膜電位について継続的に再現性の高  
いデータを取得。「へこませた」脂質膜で  
回転ステップを検出する。あらゆる膜タン  
パク質に応用可能なシステムに見える。渡  
辺さんは、少し前に「こういうことをして  
みたい」とおっしゃっていたことをいつも  
すぐに実現されていて、感服する。

### ●セッション3 (座長：上田太郎さん@早 大)

#### 南野さん@阪大・本間さん@名大

バクテリアべん毛モーターの動態機能  
計測。著名なカチオン駆動のべん毛回転モ  
ーター、しかし「なぜ」カチオンが通ると  
回転するのはまだわかっていない。その  
理解に向けて、数 $\mu$ sec の時間分解能、1 nm  
の空間分解能で得られた回転様式の解釈  
からブラウニアンラチェットモデルを作  
った。が、なかなか受け入れられないとの  
こと。モーターを「分かる」ということの  
奥深さを思う。後半は FliG。結晶から NMR

への転換による構造解析は、10 年がかりの  
お仕事とのこと。若い頃なら驚いたタイム  
スケールだろうが、今ならその間の時間が  
飛ぶように過ぎる感覚と、一方で濃密な毎  
日が少しは想像できるようになった。宮田  
さんとの、サルモネラやビブリオ以外のバ  
クテリアのべん毛モーターとの比較の話  
が興味深かった。「べん毛モーター」もま  
たひとくりではないと知る。

### 錦見さん@北里大

リンパ球が血管から組織へ入る。偏見？  
をもって言えば「役に立ちそう」なご研究。  
しかし焦点は「リンパ球が血管上皮にひっ  
かかる」そのメカニズム。血流によって流  
れてきたリンパ球がテザリングしながら  
回転して...というステップに、RAP1 タン  
パク質がどう関わるか。GDP 型と GTP 型  
の機能の違いがテザーのしやすさを制御  
するなど、シグナル伝達経路で出てきそ  
うな調節機構の話がそのままリンパ球の表  
面の性質を変えるのが興味深い。抗原刺激  
を受けたリンパ球では使われるタンパク  
質が変わるという話も含め、「免疫系の運  
動マシナリー」のオリジナルな話に聞き入  
った。

### 曾和さん@法政大

バクテリアべん毛モーターの構築過程  
の解析。回転子タンパク質を固定子タンパ  
ク質が囲む。しかし、名前から想像される  
よりも固定子はダイナミック。負荷をかけ  
ると固定子が増える。リーズナブルだ。  
TMR で固定子、GFP で回転子をラベルし、  
蛍光同時観察しつつ、褪色を使って GFP  
をカウントするという手法が美しい。テザ  
ードセルに光ピンセットでビーズをぶつ  
けて止める実験系も興味深い。生物物理学  
的手法のアイディアの宝庫のような映像

とご発表だった。

### 加藤さん@帯広畜産大

原虫の侵入メカニズムのご研究。宿主のメカニズムをいかにしてハイジャックするかという感染生物の生存戦略は面白い。トキソプラズマ原虫が宿主細胞進入時に形成する Moving Junction の主要因子である RON タンパク質が、宿主細胞の  $\beta$  チューブリンを捕まえる。侵入のイニシャルステップとして、基本的には核から放射状に配向しているだろう微小管をひっかけるという戦略、生き物は賢いと感心する。

### 中村さん@東北大

スピロヘータ運動の変形と力学。スピロヘータは菌体内のべん毛をぐるぐる回して動く。Hook-Hook, Spiral-Hook, Spiral-Spiral の形態変化、そしてそれによって進むレプトスピラは美しい。私のメモには数字が並ぶ。泳ぎは  $15 \mu\text{m/s}$ 、回転は  $130 \text{ rps}$ 、 $0.6 \text{ sec}$  での形態変化…。ここからだけでも、生物学者が物理的手法で行った研究というよりは、物理学者が生物を対象にした研究なのだたと伝わる。この領域会議でよく感じるのだが、自分にはない視点や切り口を羨ましく思う。私が見ている運動は中村さんにはどう見えるのか、とふと思う。

### 玉腰雅忠 (東薬大)

●セッション4 (座長：  
本間さん@名古屋大)  
伊藤さん@東洋大



2008年に好アルカリ菌 *Bacillus clausii* から、ある時は  $\text{H}^+$ 、また別の時は  $\text{Na}^+$  の共役イオンを使い分ける新奇なハイブリッド型べん毛モーターが発見された後、アー

キア、ビブリオ、スピロヘータにも同様のモーターが発見された。また2012年にはヒトの排泄物の *B. alcalophilus* から、2016年にはカブトムシの腸に棲む *B. typosyllicol* から  $\text{K}^+\text{Na}^+$  を用いるハイブリッドモーターが発見された。これらはアルカリ環境にある肛門管や後腸で生育するバクテリアだと考えられ、第3のイオンで動くハイブリッドナノマシンとして新聞にも掲載された。これらがどのような仕組みでイオンを選択しているかが興味深い点であるが、 $\text{Na}^+\text{K}^+$  型の膜貫通領域に見られるメチオン残基をロイシンに置換すると  $\text{Na}^+$  型に変換できたことから、膜貫通領域が重要であることを明らかにした。現在、膜貫通領域の TM3 および TM4 に変異を導入してイオン選択性をさらに詳しく調べている。ところで、バリノマイシンは  $\text{K}^+$  イオンを選択的に通すイオノフォアであるが、この抗生物質を  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ハイブリッドモーターを持つバクテリアに加えると  $\text{Na}^+$  による swimming には影響しないが、 $\text{K}^+$  による swimming を抑制することがわかった。この試薬を用いることによってハイブリッドモーターの  $\text{Na}^+$  の効果だけを見ることができるようになったので、その仕組みを解明する。さらに世界一  $\text{Ca}^{2+}$  濃度が高いことで知られる神奈川県鶴巻温泉から単離した *Paenibacillus* sp. TCA20 は、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$  をカップリングイオンとして用いることを発見した。この MotB の分子系統解析を行うと、近縁種は  $\text{H}^+$  型なので、*Paenibacillus* sp. TCA20 は特殊な環境で適応したものと思われる。なお、グラム陰性菌に分類され、 $\text{Ca}^{2+}$  依存性を示す *Novosphingobium* sp. と *Aeromonas* sp. も見出しており、今後これらのモーターについても解析する予定である。

## 伊藤さん@千葉大

植物細胞内で起きる原形質流動は、分子モーターであるミオシンが小胞体などのオルガネラを結合しながらアクチン繊維に沿って運動することによって起きるとされる。そのためにはアクチン繊維が極性を揃えて配向する必要があるが、そのためのモデルの一つとして、膜結合タンパク質によるのではなく、動いているアクチンが自律的に配向するというモデルが提唱されている。それを実験的に示すために、アクチン繊維の配向と極性が自律的に構築される人工原形質流動系を作る。そこで植物細胞に存在する液胞を模した穴を中央にあけ、直径 100 マイクロメートル、高さ と幅が 10 マイクロメートルの円筒状の基盤を構築した。そこにミオシンをはりつけ、アクチンを加えたところ、アクチン濃度がマイクログラム/mL 程度の低濃度ではランダムに動いたが、ミリグラム/mL の高濃度ではリングに沿った動きが観察された。しかし、このような細い円形の溝という空間制御をしても、アクチンの配向は揃わなかった。そこで 0.8% のメチルセルロースを加えたところ、アクチン繊維が束化し、方向に偏りが見られた。今後は、基板の形で原形質流動を生み出せるか、またミオシンに蛍光ビーズを結合させ、動きを観察出来るかを調べる予定である。

## 五島さん@名古屋大 (エジンバラ大に出張)

五島さんはエジンバラ大学に出張中であり、ビデオで進捗状況を報告された。研究の目的は、精製したタンパク質を用いて微小管プラス端の動態を試験管内で再構成し、ビデオ観察することによって詳細な解析を行うことである。用いる系はショウジョウバエのものである。微小管の動態には Growth、Shrinkage、およびそれらの何

れも起きない Pause の 3 つの状態がある。RNAi 法を用いた *in vivo* 実験で EB1 や Sentin、XMAP215 を阻害すると、growth が抑制され、かつ Pause の頻度が増えることがわかっていた。そこで、これらのタンパク質を精製し、チューブリンに加えた *in vitro* 実験系では、Pause が起きないという問題があった。そこで、3 つのファクターに加えて CLASP と Kinesin-13 を更に加えたところ、3 状態を再構成できた。この *in vitro* 再構成系は、RNAi 法による *in vivo* 実験の結果と概ね一致した。さらにこの再構成系に Plk-1 キナーゼを加えたところ、kinesin-13、Sentin、CLASP のリン酸化が起き、Growth 速度の上昇や Catastrophe (Growth または Pause から Shrinkage への移行) の頻度増加など、有糸分裂に特徴的なダイナミクスが観察されたことから、Plk-1 は間期から有糸分裂モードへの移行に重要な役割を果たすことが示唆された。

## 中根さん@学習院大

前半で福森研との共同研究である磁性細菌の運動と制御に関する研究を紹介された。地球の磁場の 1000 倍程度までの磁場をかけられる磁気ピンセットを用いて磁性細菌の運動を観察した。この細菌の動きは 30 マイクロメートル/秒程度である。まず、8mT (地球の磁場の数倍) の磁場をかけ、細菌の運動を誘起した後、N 極と S 極を逆転させると磁性細菌は U ターンする。しかし、たとえば 37mT のようにさらに強い磁場をかけると反転しなくなる。このとき、電子顕微鏡で細胞内を観察してもコンパスの役割をするマグネトソームに目立った変化は見られなかった。次に 8mT→37mT→8mT のように磁場の強さを変化させたところ、37mT では細胞内の磁石が反対になることがわかった。そのよう



な磁性細菌による磁界の記憶は少なくとも2時間持続した。発表の後半ではシアノバクテリアに関する研究を紹介された。シアノバクテリアは鞭毛を持たないが、gliding、twitching、swimmingの運動を行う。このうち、twitchingについては、本年1月の生体運動合同会議でお話しされたことで、線毛も含めた細胞全体を蛍光染色しておき、その線毛が縮んでいく様子を観察した。また、*Synechococcus* 属の一部は25マイクロメートル/秒程度の速さでswimmingする。その仕組みはよくわかっていないが、細胞の膜表面で波のようなものが伝播されることによって推進力が生み出されるとする説が提唱されている。もしこの説が正しければ、波の速さは数百マイクロメートル/秒という超高速な流れになるはずである。そこで細胞表層を蛍光染色して波の動きを観察したが、規則性が見つからず、また速度も不均一であるため、そのモデルを確かめるには至っていない。

### 見理さん@感染研

肺炎マイコプラズマ *Mycoplasma pneumoniae* の滑走運動に関する研究を紹介された。その病原性には滑走運動(0.4~0.7マイクロメートル/秒)が必要である。バクテリア表面に存在する4つのタンパク質、P1(宿主細胞のシアル酸を認識する)、P40、P30およびP90を大腸菌で発現させることに成功した。現在、立体構造解析のために結晶化を試みている。一方、滑走装置の細胞内部分はロッド状の構造体であるが、その形成にはHMW2(1818アミノ酸残基、216kDa)が必須である。このタンパク質は70%がコイルドコイルを形成すると予測されている。クライオ電子顕微鏡法による観察の結果、このタンパク質により形成されると思われる構造体

には周期的な横縞が見られた(Kawamoto, A. et al., 2016)。このタンパク質のN末端、およびC末端を異なる色の蛍光タンパク質で融合させ、その両端の距離を測定したところ、210nm程度であった。このタンパク質の遺伝子にトランスポゾンが挿入された変異体は接着能を失った。そこで、さまざまなHMW2の欠失変異体を遺伝子工学的に作成し、トランスポゾンによる変異株の相補試験を行っている。今後は、各変異体発現細胞の接着能、滑走運動能、および電子顕微鏡観察を行う予定である。

## ●セッション5(座長:宮田さん@大阪市大)

### 特別講演1 石渡 信一先生@早稲田大

「生物リニアモーターの多様な運動様式」と題して講演された。

全ての生体運動システムは、構造的・機能的階層構造によって担われている。筋収縮を例にとれば、ミクロのレベルでミオシン分子モーターが働いて一分子変化が起こり、その結果、力の発生とフィラメントの滑り、サルコメア収縮が起きて筋収縮が起きる。これら組織化された階層構造とフィードバック制御が運動様式の特徴である。

一分子解析による分子機械の動作原理は、その階層構造の最下層に位置づけられる、10~100ナノメートルの大きさのタンパク質(分子機械)を研究対象とするものである。心筋は弛緩状態と収縮状態を繰り返すが、その制御はカルシウム濃度の変動による。カルシウム濃度、リン酸濃度、Mg-ADP濃度をそれぞれx、y、zの三次元座標にとった場合、生理的環境はxy平面近傍にあり、そのカルシウム濃度を中間的な濃度にすることによって心筋の収縮と弛緩が自発的に振動する現象(Ca-SPOC)

が起きる。一方、yz 平面上にもみられる ADP-SPOC は非生理的な現象だが、これらの SPOC は同じ相に含まれると考えてよい。生理的条件でも起きるこの振動現象は生理的に意味があるかは不明だが、何らかの意義がありそうだと思う状況証拠はある。心拍や拡張型心筋症などの病態との関わりが今後の研究課題として残されている。

筆者が興味深く聴いたトピックスは温度イメージングと熱励起に関するものである。これは溶液全体の温度とは異なり、例えば細胞内の局所的な温度や1分子だけを狙った熱励起である。このような技術ができれば、タンパク質を変性させずに活性化することができるかもしれない。局所的な温度測定では、温度感受性の蛍光色素を用い、その蛍光強度で温度を測るナノ温度計を開発した。一方、赤外光レーザーを集光し、細胞に局所的な温度変化を与える局所熱パルス法を開発した。これによってカルシウム放出を伴わずに心筋細胞の周期的振動を起こすことができた。さらに、この技術を用いて神経細胞の軸索形成など、細胞の形態や機能の制御もできるようになった。

紡錘体は細胞分裂時における力を発生する装置である。紡錘体は微小管と様々な分子モーターから構成され、微小管の重合・脱重合や分子モーターが発生する力を染色体に伝える。染色体分配時に染色体に対して垂直または平行に力学パルスを与えると、染色体分配が遅れたり早まったりした。この結果は、細胞内で起きる現象を外部から物理的に制御できることを示唆するものである。

ミトコンドリアを発電所、ミオシンを自動車、シャペロンを病院、リボソームを工場などに例えると、細胞はミクロの大都会

といえる。Local-Global Coupling (L-G、局所と大域との結合・競合)に着目すると、Local と Global がバランスをとった「自己組織化臨界状態」が生命動態システムの本質ではないか、と本講演を締めくくられた。

なお特別講演ではなく、最終日の総合討論の際に石渡先生が仰有ったことですが、出来事探しは生物学者が行い、モノ探しは生化学者が行い、仕組み探しは物理学者が行う、これからは物理学者が活躍する時代だという発言がとても印象に残っています。

## ●セッション6 (座長:南野さん@大阪大)

ここでは総括班の活動について報告があった。

### 宮田さん@大阪市大

まず、他の領域と比べた本領域の特徴として、班員同士が非常にインタラクティブであることを強調された。今後、本領域が関わるイベントとして、第54回生物物理学会年会シンポジウム(つくば国際会議場、2016年11月25~27日)、生体運動合同会議(神戸、2017年1月6~8日)、および第90回日本細菌学会総会シンポジウム(仙台国際センター展示棟、2017年3月19~21日)がある。日本細菌学会総会シンポジウムでは、2016年3月にScience誌上に発表された"Architecture of the type IVa pilus machine"の筆頭著者 Yi-Wei Chang をスピーカーとして呼ぶこととした。本領域の「終活(どうやってまとめ、次につなげるか)」として、(1)運動マシナリー・ディスカッションをレポートとしてまとめたい、(2)図鑑アプリをさらに充実させる、(3)ビデオライブラリーを生物物理学会のWebに移管する、(4)ウィキペディアに「運動マシナリー」の項目を設ける。さらに、生物の進化系統樹を示され、

全生物の motility に関するレビューを書きたい、とのことであった。最後に質量分析に関する高森さんのポスター発表に触れられ、解析数は 2324 サンプル、同定率は約 42.7%と非常に高いことを述べられた。論文発表の際は Acknowledgement に Funding information を書くよう、促された。

### 加藤さん@大阪大

トモグラフィと単粒子解析の原理およびその実例について解説された。トモグラフィは試料を傾斜させながら立体構造を再構成するもので、CT スキャンと原理は同じである。 *Flavobacterium johnsoniae*、*Leptospira*、サルモネラの鞭毛基部などを観察した。同じ基部でも、サルモネラ、ビブリオ、ピロリ菌では異なる部分もあることがわかった。一方、単粒子解析は多数の粒子を取り出して分類し、平均化する手法である。例えばリボソームの解析例では 34 万個の粒子を用いて 3.9Å の解像度が得られ、タンパク質と RNA が観察出来た。一部のサブユニットタンパク質では  $\beta$  シートが見られ、側鎖も見る事ができた。近年の電子顕微鏡を用いた画像解析が画期的に向上した一因は、カメラの改良にある。以前の CCD カメラに変わって、ダイレクトディテクター (Direct Electron Detector) が開発されたことが非常に大きい。このカメラを用いれば、高感度・高分解能・高速解析を達成できる。2013 年に発表されたベスト分解能は 3.1Å であったが、2016 年には glutamate dehydrogenase の 1.8Å であり、ついに X 線による結晶構造解析の 1.9Å を凌ぐこととなった。

### 片山さん、田原さん@大阪市大

お二人から急速凍結レプリカ法に関する現状がお話された。まず、片山さんは技

術の継承、普及、および開発を目指している旨のお話から始められた。急速凍結のために用いる液体ヘリウムが世界的に不足していたが、最近になって供給量が増え、不足問題が解消された。レプリカ装置の試料筒の形状から、真横から試料を観察することが以前は原理的に不可能であったが、サイドエントリー型傾斜試料筒を作成することによりそれが可能となった。また、新たにシリカビーズを開発し、マイコプラズマを結合させて運動させたところ、その動く様子を観察出来た。*F. johnsoniae* にも適用し、細胞にテンションやストレスをかけると内容物が出るように見えた。このビーズはプルダウンアッセイにも使えるとのことだった。

田原さんからは、Tam Mignot 先生と一緒に *Myxococcus xanthus* を観察したこと、また sapphire-disc freezing という手法を用いて接着面を見られる工夫をした。さらに枯草菌を材料として、リゾチームを加えることによって細胞が分解されていく様子が観察出来たこと、またペニシリン G を加えることによってプロトプラスト化する様子も観察出来た。試料を持ち込んで観察する場合、数日あれば可能だが、条件検討してさらによりよい画像を得るためには 1 週間程度の日程を組むとよいとのことだった。

### 古寺さん@金沢大

高速 AFM は tapping mode、すなわちカンチレバーで試料を叩きながらなぞることによって表面の形状を調べる手法を、安藤敏夫先生が改良して高速かつ溶液中でも観察可能となった。30 ms/frame、解像度は約 1 nm、叩く力は約 30 pN である。観察例として、抗体分子が抗原上を動いたり、コフィリンがアクチンのマイナス端方

向に進む様子が観察された。また、FliK やキネシン 6 の形も観察された。これらタンパク質だけでなく、神経細胞のような細胞の観察も可能である。1 分子の観察には数 nM 程度の濃度の溶液が 2 マイクロリットル程度あればよい。溶液は透明であればよく、pH による影響を受けない。界面活性剤があってもよく、温度は室温から 50℃くらいまで上げられる（筆者は好熱菌の研究をしており、70℃まで上げられると嬉しい）。応用として、アクチンにミオシンを観察途中に加えることもできる。また、観察中に光照射もできる。普段試料を扱う人がその場にいた方がアイデアが湧いて、いい観察ができるので、試料を金沢大に送るのではなく、一緒に観察をして欲しい。最後に、今年の夏の学校は 8 月 1 日～6 日にわたることがアナウンスされた。

### 伊藤さん@東洋大

ビデオライブラリーの現状と今後についてお話しされた。2016 年 6 月 8 日現在、634 件の登録がある。内訳は、原核生物が 35%、真核生物が 39%、分子が 7%、その他 19% である。一番アクセスのあったビデオは、片山先生の筋収縮中のアクチン結合ミオシン-II (クロスブリッジ) の動きで、143 回である（この原稿を書いている時点では 161 回になっていた）。また、動画の登録方法について説明があった。本領域のプロジェクト終了後は、当分の間は現状を維持する予定だが、上述の宮田さんの項でも述べたように、宮田さんが生物物理学会のホームページ委員をされていることもあって、生物物理学会のホームページに移管することを考えている。学生はコンピュータを見ることは少なく、スマートフォンのアプリはよく見るので、是非活用していただきたい。なお、文科省学術調査官の白

井先生のコメントとして、領域終了後、9～10 月頃に評価が行われるので、それまでホームページは閉じないように、とのことであった。

### 佐藤さん@長崎大、加藤さん@大阪大

佐藤さんからは動く生き物大辞典について紹介された。ダウンロード数は iOS が 2710、Android が 1000～5000 である。原核生物は 25 ページ、真核生物は 24 ページ、タンパク質は 23 ページ、可視化装置は 7 ページ登録されている。これらの図鑑、ビデオに関するパンフレット (A4 サイズ、および名刺サイズ) をホームページに用意してあるので、ダウンロードして広報に用いて欲しい、とのことであった。

また、加藤さんからゲームアプリについて紹介された。まず一昨年からのようにゲームが進化してきたかを述べられた。一昨年のバージョンでは、バクテリアがランダムに動き、タップするとタンブリングを起こすことができた。そして昨年は、エサを入れると泳ぐようにした。感度はバクテリアによって変化するようにした。画面のレイアウトを変更できるようにし、拡大・縮小できるようにした。アイテムボタンでタイムを見られるようにした。そして今年はさらに進化を遂げ、ゲーム性を加味した。「最強細菌決定戦」である。ホーム、実験室 (培養と遺伝子操作、突然変異)、レース (地区予選と全国大会)、安田商店 (資材の購入と修理)、ポスト (科研費の申請) の 5 ページから構成される。9 月にプレリリース (バグフィクス) を行い、10 月にリリースする予定である。

### ●セッション 7 (座長: 中山さん@長崎大)

#### 特別講演 2 笹川 千尋先生@千葉大

「赤痢菌の細胞内運動・細胞間拡散・細

胞内生存マシナリー」の演題名で講演された。赤痢菌の発見史や、志賀潔が 1936 年に著した優れた総説 (Shiga, K. (1936) The Trend of Prevention, Therapy and Epidemiology of Dysentery Since the Discovery of Its Causative Organism. N. Engl. J. Med. **215**:1205-1211) などを紹介された。そして、赤痢菌が III 型分泌装置を介して分泌するエフェクター分子の機能解明を行うことによって、病原体侵入に対する新規な生体防御応答と、それに対する病原細菌の対抗戦略を発見する一連の研究についてお話しされた。

赤痢菌の表面にある VirG は宿主細胞にあるリガンド N-WASP と結合し、アクチン関連タンパク質 Arp2/3 によって促進されるアクチン重合によって、赤痢菌の細胞質内での運動が可能になる。同様の運動形態はリステリアやリケッチア、ワクシニアウイルスにも見られ、バクテリアの運動に関する新たなパラダイムの発見となった。

赤痢菌は細胞内だけでなく、細胞間伝播も行う。腸管上皮細胞間で伝播する場所は、tricellular tight junction (3つの細胞が集まる場所) である。この場所では異常なアクチン重合が起きることによってラッフル膜が生じ、突起が伸びる。細胞間伝播はクラスリン依存的エンドサイトーシスによる。

赤痢菌が感染する腸管上皮細胞は、クリプトにある組織幹細胞から分化し、内腔に脱離するというターンオーバーを繰り返す。このターンオーバーの分子論的実体は、宿主細胞のインテグリンのターンオーバー (細胞内で生合成されるインテグリン分子を細胞表層へ移行すること) による宿主細胞の運動であるが、そのようなせわしなない動きは赤痢菌が落ち着いて感染に取りかかるには不都合である。そこで、効率的

な感染のために赤痢菌はそのターンオーバーを抑制する仕組みをもつ。すなわち、エフェクター分子の一つである OspE がインテグリン関連キナーゼと相互作用して接着班と細胞表層のインテグリン量を増大させることによって細胞外基質との接着能を亢進するとともに細胞の剥離を抑制する。このようにして宿主細胞のターンオーバーを抑制することにより、赤痢菌は感染の足場を確保するものと思われる。この仕組みはピロリ菌の感染にも見られる。

赤痢菌は自然免疫をも回避する独特の仕組みをもつ。Toll-like receptor ファミリータンパク質によるシグナル伝達には、ユビキチン結合活性を持つ Ubc13 が関与する。赤痢菌はエフェクタータンパク質の一つ OspI を分泌し、Ubc13 の機能を阻害することによって一連のケモカインや炎症性サイトカインの発現を抑制することがわかった。

宿主細胞の異物排除機構であり、自然免疫機構の一種であるオートファジーを回避する仕組みも赤痢菌は持つ。すなわち、エフェクター分子の一つである IcsB を分泌し、赤痢菌を認識するオートファジー関連タンパク質と競合阻害することにより菌体の認識および殺菌を回避することがわかった。

ユビキチン-プロテアソーム系は MHC class I 分子を介した細胞内由来タンパク質を T 細胞へ提示し、活性化することが知られている。赤痢菌は E3 ユビキチンリガーゼ活性をもつエフェクター分子を分泌することによってプロテアソームの機能不全を引き起こし、ユビキチン-プロテアソーム系を回避して免疫系から逃れる仕組みももつことがわかった。

以上のように、感染成立を阻止する宿主細胞側の多くのバリアを回避する仕組み

を持つ。赤痢菌はそれらバリアをよく勉強している、という言葉が印象に残った。

## 見理 剛 (国立感染研)



### ●セッション 8 (座長: 伊藤さん@東洋大 上田さん@産総研→早大)

アクチンは種をこえて高度に保存されており、同じ細胞内ではほぼ1種類のアクチンが様々な細胞機能を担っている。アクチンは相互作用するタンパク質や ATP との結合で機能分化すると説明されているが、不明なことも多い。ミオシンとコフィリンはアクチン繊維に排他的に結合する。この過程を高速 AFM で可視化して解析を行っている。その結果、アクチン繊維に1分子のミオシン S1 が結合するとかなり広い範囲でコフィリンの結合が阻害されること、一旦 S1 が結合したアクチン繊維には、しばらくコフィリンが結合しにくい状態が持続すること (Memory 効果)、アクチン繊維はミオシンが結合するとピッチが伸びて、コフィリンが結合すると縮むことなどがわかってきた。ミオシン、コフィリンの結合によってアクチン分子に協同的な構造変化が起きていると考えられる。また、蛍光標識したフィラミンとアクチンの結合を解析すると、フィラミンの結合性はアクチンの構造状態に依存すると考えられる結果も得られている。FRET 標識したアクチン分子を細胞に導入し、アクチンの構造変化をとらえる試みも進めている。

## 安永さん@九州工業大

運動する細胞が形成する糸状仮足 (filopodia) 内にあるアクチン繊維束をクライオ電子線トモグラフィーで詳細に観

察した。Filopodia 内部でアクチン繊維が 30 本程度の束になっている様子が高分解能で観察され、3 次元像が得られた。アクチン繊維は約 36nm の間隔でファシンによって架橋されており、この架橋部分についても 3~4 nm 程度の解像度で構造が観察できた。得られた架橋部分の構造にファシンの結晶構造と F-アクチンの原子モデルを重ね合わせると、ファシンのポジティブチャージ領域とアクチン N 末端側のネガティブチャージ領域が結合して架橋構造が作られていることがわかった。アクチン束の末端側では、まだ架橋されていないアクチン繊維にファシンが結合し、束の成長に合わせて架橋相手となるアクチンを待っているような様子も観察された。また、Leica 社の光電子相関顕微鏡法 (CLEM) は同じ凍結固定試料を光顕と電顕で観察できるシステムだが、このシステムによる Filopodia の観察例も紹介された。

## 若林さん@東京工大

クラミドモナスは細胞の片側に眼点を持ち、光源を認識して走光性を示す。野生株と逆の走光性を示す変異体を調べると、眼点にカロテノイドが蓄積しなくなっていた。眼点に入る光は、細胞外から直接来るものと細胞質を通ってくるものがある。細胞質を通る光の方が細胞のレンズ効果によってより強く眼点に集光し、カロテノイドはこの光をブロックしていると考えられる。野生株と変異株の挙動がうまく説明できることがわかった。細胞のレンズ効果を確認するため、顕微鏡の視野絞りのところに P の文字を置いて焦点を調整すると、クラミドモナス 1 匹 1 匹に P の文字が結像し、細胞のレンズ効果が証明された。P の文字が浮かんだクラミドモナスが泳いでいる顕微鏡映像は印象的だった。Shuzo 変

異体と Dazai 変異体の解析が進むのも楽しみである。

### 田代さん@静岡大

ガス小胞は疎水性のタンパク質でできた細胞内小器官で、シアノバクテリアやハロアーキアでは、菌の浮力調節に重要だと考えられている。セラチアもガス小胞を形成するが、状況に応じてガス小胞と鞭毛を使い分け、浮力と運動性を調節していると考えられている。セラチアのガス小胞関連オペロンには他の細菌より多い 19 個の遺伝子が同定されており、その機能を知るために欠損株の作製、GFP-fusion による相補実験と局在観察などを行った。その結果、GvpA1、GvpA2、GvpA3 がガス小胞の主要な構成成分であり、GvpC が欠損するとガス小胞の強度が下がること、GvpN や GvpV がシャペロン分子として働いていることなどがわかってきた。また、好気条件と微好気条件で、培養液にグルコースを加えると、好気条件ではガス小胞の形成が抑制されるが微好気条件では亢進することがわかった。このことから、好気的で栄養豊富な条件では、菌はガス小胞を形成せずに鞭毛でよく泳ぐが、微好気条件ではガス小胞を形成して、より好気的な環境に移行しようとするのではないかと考えられた。

### 進藤さん@名古屋大

セプチンは細胞質分裂に必要なタンパク質だが、アフリカツメガエルの胚でセプチンの発現量を下げると創傷修復に遅れが見られる。創傷修復におけるセプチンの役割を調べるために研究を進めている。創傷の閉鎖にはアクトミオシンの活性化が重要である。セプチンをノックダウンした胚でも、創傷部位にはアクトミオシンの局在が見られたが、野生型に比べてアクトミ

オシンの収縮力は低下していた。また、ノックダウン胚ではカルシウム動態と微小管再配置にも乱れが観察された。これらの異常は、セプチンのノックダウンの直接の影響なのか、それともアクトミオシンの機能低下によって起きているのか今後詳しく調べる必要がある。創傷治癒には多細胞の協調が必要であり、多細胞からなる創傷修復マシナリーの理解をさらに進めたいと考えている。

### 申さん@京都大

細胞運動や細胞分裂時の細胞膜の変形には、細胞骨格タンパク質の働きに加えて細胞膜成分の量的、質的变化も重要だと考えられる。細胞膜の脂質二重層は外側と内側でリン脂質の組成が非対称であり、これは flippase と floppase がリン脂質を flip/flop させることによって調節されている。リン脂質組成の変化と細胞膜変形の関係を調べるために、flippase の 1 つである P4-ATPase と脂質二重膜を曲げてチューブ構造を作る N-BAR ドメインタンパクを使った解析を行った。 $\Delta$ N-BAR ドメインは両親媒性のヘリックスを除去した N-BAR ドメインで、脂質二重膜を曲げてチューブ構造を作ることができない。しかし、フォスファチジルコリン(PC)を脂質二重膜の外側から細胞質側に flip させる T4-ATPase (ATP10A) を発現させた細胞では、 $\Delta$ N-BAR ドメインもチューブ構造を作れるようになった。これは、PC の量的変化が細胞膜に変形を起こしたためだと考えられる。

### ●セッション 9 (座長: 福森さん@金沢大)

#### 中山さん@長崎大

*F. johansoniae* は、繊維状の adhesin で

ある SprB を菌体の極から極へ左らせん状に動かすことで滑走運動している。SprB は外膜の内側にあるレール状の構造に沿って動いていると考えられてきたが、レール構造の詳細はわかっていなかった。今回、浸透圧ショック後のネガティブ染色や急速凍結レプリカ法で菌を電顕観察しマルチレールの構造を明瞭にとらえた。マルチレール構造に SprB の繊維が会合しているのも観察された。抗体による染色やプルダウン法で GldJ と SprD がマルチレールのコンポーネントであることがわかった。マルチレールには切れ目のあるところがあり、SprB の動きが逆になる現象と関係していると思われた。この菌の滑走運動装置は、Type 9 分泌装置(T9SS)と密接に関連している。T9SS については *P. gingivalis* をモデルに研究を進めている。T9SS のコンポーネントである PorK、PorN 複合体を菌から抽出し電顕観察を行った。PorK、PorN 複合体はリングが 2 つ重なったような 32~36 ユニットからなる構造体だった。また T9SS から分泌される成分の 1 つである 0123 (アータンパク質 ^0^ )は、T9SS の遺伝子発現に関わっていることがわかった。0123 の結晶構造解析も行っており FimH タンパク質と関連性があることがわかった。バクテロイデーテス門で滑走運動するのは環境細菌が多い、一方、同門の菌で腸管や口腔などに定着するものは滑走運動性を持たない代わりに Type V 線毛をもっている。バクテロイデーテス門の進化を考える上で興味深い。

#### 須河さん@東京大

前半は  $F_1$ -ATPase の研究について報告された。 $F_1$ -ATPase はよく研究されているタンパク質だが、ATP サイクルにおける構造遷移についてはよくわかっていなか

った。回転 assay から、 $F_1$ -ATPase には ATP を待っている構造と加水分解を待っている構造があると考えられていた。しかし、これが結晶構造とどのように対応するのかよくわかっていなかった。 $F_1$ -ATPase の 2 つの  $\beta$  サブユニットを蛍光標識し、1 分子 FRET 計測で距離変化を調べたところ、加水分解待ち状態で測定されるデータは、報告が多数ある典型的な結晶構造から予測されるものと一致していた。一方、ATP 待ち状態で測定されるデータは、前者と異なり、これにあう結晶構造を探すと  $\epsilon$  抑制状態として取られてきたものにあてはまることがわかった。さら解析を加えることにより、 $F_1$ -ATPase が ATP サイクルの間に起こす構造遷移をうまく説明できるようになった。後半はアクチンの構造変化を偏光 1 分子 FRET 計測でとらえる研究のお話だった。蛍光ラベルに必要な試薬が手に入らず準備に時間がかかったが、現在は狙い通りにアクチンを蛍光標識する作業が進んでおり、もうすぐアクチンの構造変化をとらえる実験を始められるとのことだった。

#### 岩橋さん@山口大

ゾウリムシの繊毛が協調的に波打つメタクロナルウェーブのしくみは、水流の力学理論で説明されることが多いが実験的な証明はない。ゾウリムシの細胞表層にはセントリンと呼ばれるタンパク質が網目状の細胞骨格をつくっており、これによる細胞弾性がメタクロナルウェーブの伝搬に重要なのではないかと考えて研究を進めている。ケージドカルシウムを使って一部の繊毛の向きを変える実験や、ゾウリムシを機械的に引っ張ってメタクロナルウェーブの周波数応答をみる実験から、メタクロナルウェーブは細胞弾性に



よっても伝搬が媒介されていると考えられる結果が出てきている。しかし、これまでの実験ではメタクローナルウエーブの伝搬を1次元的にしか観察していないため、平面上を伝わるメタクローナルウエーブを調べていく必要がある。ゾウリムシは、魚の開きを作るように開く方法がある(富山大学 野口先生)。この方法で、ゾウリムシ細胞表層シートを作り、メタクローナルウエーブの伝搬を2次元的に観察できるようになった。今後この系を使用してメタクローナルウエーブ伝搬のしくみをさらに調べていく予定である。

### 林さん@横浜市立大

Bacillus 属の低コピープラスミドの Type III 分配システムについて研究を進めている。このプラスミドの分配機構には、プラスミド DNA のセントロメア様配列 (*tubS*)、*tubS* に結合する DNA 結合タンパク質 TubR、tubulin 様の GTPase で重合分子モーターである TubZ、さらにこれらの調節因子として働く TubY が関与している。TubZ に TubR-*tubS* 複合体を加えても GTP の加水分解能は変わらないことがわかった。これはおもに TubZ 重合体のプラス端での反応を評価していることになるので、マイナス端の反応も評価するため pyruvate kinase と phosphoenolpyruvic acid (PEP) を系に加えて GTP-GDP リサイクル反応系を構築して解析を行った。この系では TubZ だけだと 5、6 分の短い時間で PEP と GTP が消費されてしまうが、TubR-*tubS* の複合体がある場合は消費が非常に遅延し、TubZ の脱重合速度が遅くなっていることがわかった。昨年、海外のグループが TubZ と TubR-*tubS* の再構築系を報告しており、TubR-*tubS* は TubZ のマイナス端に結合して TubZ の脱重合速度

を遅くしていた。これは今回の知見とも合うと思われる。また TubY についても研究を進めており、TubY があると GTPase の活性が上がるということがわかっている。さらに、DNA のみだと TubZ の重合が抑制される現象も見つかっており、今後解析を行っていきたいと考えている。

### 八木さん@県立広島大

クラミドモナスの鞭毛軸系の 9+2 構造のうち、中心の 2 本の微小管が欠損した変異体( $\Delta$ CP) の鞭毛は ATP を加えても野生型のように動かない。しかし、 $MgSO_4$  などの塩を少し加えると動き出す。この現象は鞭毛の直径変化によるものではないかと考えて X 線散乱を使って調べると、 $\Delta$ CP の鞭毛直径は野生型よりも少し小さくなっていて、これに塩を加えると直径が野生型なみに広がることがわかった。また  $\Delta$ CP をサプレスする Nexin の変異も鞭毛の直径を広げていることがわかった。鞭毛の直径変化は、ダイニンと微小管の距離を変化させ、相互作用がうまくいかなくなるため、鞭毛の運動性が失われるのだろうと考えられた。軸系中心の 2 本の微小管や Nexin は鞭毛の直径を適切に保つのに重要な役割をもつと考えられる。さらに鞭毛運動のしくみを理解するため、運動中の鞭毛の直径変化を量子ドットで蛍光標識した鞭毛の観察によって調べている。

### ●セッション 10 (座長: 宮田さん@大阪市大)

#### 福森さん@金沢大

磁性細菌は細胞内に小さなマグネタイト磁石が珠数状につながったマグネトソームを持っている。磁石をつないでいる繊維はアクチン様のタンパク質 MamK である。MamC はマグネトソームに局在するタ

ンパク質で、MamC-GFP を発現させると生きた磁性細菌のマグネトソームを可視化することができる。MamK が欠損した株をこの条件で観察すると、マグネトソームは珠数状にならず、磁石が不規則に集まっていた。ATPase 活性を欠失させた MamK 変異体では MamK 繊維が形成されていたものの、マグネトソームは野生株のものとは少し様子が異なっていた。MamK の正常な動態が、マグネトソームの形成と維持に必要なことが明確になった。また、磁性細菌は両極に鞭毛を持つが、この鞭毛運動についても研究を進めている。ビオチン化した鞭毛を量子ドットで標識して観察すると、両極の鞭毛は CW と CCW の向きに回転していた。磁性細菌は微好気性の細菌であり、マグネトソームで地磁気を感知して生存に適した環境にとどまろうとしている。しかし、そこから外れた時は両極の2本の鞭毛の回転方向を変え、生存に適した環境に戻ろうとするのではないだろうか。このメカニズムをさらに詳しく調べていきたい。

#### 久堀さん@大阪大

Type4 分泌装置 (T4SS) は接合伝達系から派生した分泌装置で、タンパク質や DNA など大きな分子を分泌することができる。病原細菌が宿主細胞にエフェクターを送り込み感染ニッチを作る上で重要な働きをしている。T4SS は T4ASS と T4BSS に大別されるが、これらの間の構造的類似性は乏しい。T4ASS の立体構造は解明されているが T4BSS の構造は解かれていないため、レジオネラの T4BSS である Dot/Icm システムの構造解明を目指して研究を進めている。T4SS は内膜から外膜にかけて形成される大きな構造で、コア部分は DotC、DotD、DotF、DotG、DotH の 5

つのタンパク質からできていると考えられていた。レジオネラの細胞膜から T4BSS と考えられるリング状の構造物を分離して分析すると、確かにこの5つの成分が見つかった。T4BSS の詳細な構造をクライオ電顕や単粒子解析で解明するために、大腸菌での発現調製やミニセル形成の条件を検討している。また、DotK は分泌機能には dispensable だが、欠損すると T4BSS のリング構造の外径が小さくなることがわかった。DotK はアウトースポークのコンポーネントだと考えられた。

#### 玉腰さん@東京薬科大

Type IV pili (Tfp) による twitching motility には線毛を伸長させるための ATPase と収縮させるための ATPase の働きが必要である。高度高熱菌 (*Thermus thermophilus*) は、伸長用の ATPase (PilF) と収縮用の ATPase を 2 つ (PilT1 と PilT2) 持っている。コロニーの周囲を顕微鏡観察することによって twitching motility の有無がわかる。PilF または PilT1 を欠損させた場合は twitching が起こらなくなっていたが、PilT2 を欠損させた場合は野生型ほどではないものの twitching が起こっていた。PilT2 の機能は補助的だと考えられた。Tfp を感染のためのレセプターとしている phage があり、この phage の感染性を調べると、PilF1 欠損株では phage によるプラーク形成が起こらなくなるが、収縮用の ATPase 欠損株ではプラーク数の減少やサイズの縮小が起こるものの、phage の感染性は残っていた。また高度高熱菌の twitching は栄養培地ではよく起こるが、最少培地では起こらない。最少培地に複数のアミノ酸を加えると twitching が起こるように見えるので、どのアミノ酸が twitching を促進しているのか調べる予定である。また、

個々の細菌がtwitchingしている様子を観察する方法も検討したい。

### 塩見さん@立教大

細菌のアクチンである MreB は菌の形態維持に重要な働きをしている。大腸菌の MreB は2分間程度で菌体内を回転する運動しており MreB と相互作用する RodZ タンパク質も同様な動態を示す。RodZ の MreB 相互作用部位に変異を導入すると MreB の回転が起こらなくなったので、MreB の回転は RodZ に依存していることがわかった。また、MreB の変異によって細胞が先細りになる変異株では、MreB の回転が遅くなる現象も見つけている。MreB は大腸菌の中央（シリンダー部）に局在しており、極側（キャップ）には存在しない。しかし、MreB の重合を阻害する抗生物質 A22 で処理すると、短時間後には MreB がキャップに局在しているのが観察された。MreB は脱重合すればキャップに存在できることがわかった。この理由は大腸菌の膜成分の一つであるカルジオリピンと関係があると考えられた。カルジオリピンはキャップや菌の分裂面に特異的に集まることが知られている。重合した MreB はカルジオリピンが存在するところには局在できず、脱重合した時のみカルジオリピンに結合できるのだらうと結論した。実際、カルジオリピンが合成できない大腸菌変異株での MreB の局在をみると、MreB はキャップ部位にも局在し、キャップの形態が変化していた。これまで、カルジオリピンをターゲットにして極に局在する大腸菌のタンパク質はいくつか知られているが、カルジオリピンによって排除されるタンパク質の例は初めての発見である。

### 岡田さん@理研（代理発表：神原さん）

COS 細胞のキネシン 5 (KIF5) を観察すると、微小管によって KIF5 がたくさんついているものとそうでないものが観察される。これは、微小管の構造の違いによるものと考えられる。これまで KIF5 は GTP form の微小管には high affinity、GDP form の微小管には low affinity なことを報告しているので、微小管と KIF5 の affinity を定量化することによって、細胞内の微小管の状態をモニタリングできるのではと考えた。それには生きた細胞の中での  $K_D = K_{off}/K_{on}$  を求めなくてはならない。 $K_{off}$  は一分子計測で求められるが、 $K_{on}$  は細胞内の KIF5 の濃度がわからないと求められない。そこで、強いレーザー光を使い露光時間を短くして撮影していくと、細胞内で diffuse している KIF5 も点として写るようになった。これを数えることによって KIF5 の濃度を求めた。KIF5 が結合していないものも含めて微小管は  $K_{on}$  の違いで4種類に分類され、*in vitro* のデータと比較すると、そのうち2つが GTP form と GDP form の微小管だと結論された。この方法で細胞内の微小管の構造状態をマッピングできるようになった。今回は極性のない細胞での解析だったが、今後は運動している細胞で、微小管の構造の状態の分布を調べたい。

### 森本さん@理研

細胞性粘菌は cAMP に対する走化性運動で集合し多細胞体を形成するが、個々の細胞では cAMP の刺激によって、 $Ca^{2+}$  や  $H^+$  の濃度変化が起こり、このイオンの流れが膜電位を変化させていると考えられる。膜電位変化が細胞運動マシナリーの機能制御に果たす役割に興味を持って研究を進めている。膜電位プローブを使って細胞性粘菌を観察すると cAMP のリレーと連動す

るように膜電位の変化が観察できた。膜電位の変化には  $\text{Ca}^{2+}$  の動きが寄与していることもわかった。細胞内の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度を光刺激で操作する方法はあるが、より詳しい解析を行うには、膜電位をもっと直接的に操作する方法がほしい。これまで細胞性粘菌にチャンネルロドプシンを導入する方法を試したがなかなかうまくいかなかった。今回、細胞性粘菌の膜タンパクドメインとチャンネルロドプシンを連結して発現させると、これがうまくいくようになった。光刺激によって膜電位も操作できるようになったので、これを使って今後詳しい解析をたくさん行いたい。

-----

**宮田代表** 「この後は総合討論です。」「総合討論一番大事ですから、皆さん帰らないでくださいね。」

-----

### ●総合討論 (宮田先生@大阪市立大学)

#### 宮田代表

ついに領域も最後の年になり、全体会議も今回が最後になります。今後の予定としては、来年の早い時期に成果報告会を開きたいと思います。本間先生がぜひ名古屋大学でやって下さいとおっしゃって下さるので、名古屋での開催になると思います。

#### 評価委員の先生方のお言葉

##### 石渡先生

もう20年も前ですが、1分子の研究ができるようになって、分子モーター研究の新展開という1つのスライドを作りました。こういう研究にはまず出来事探しがあって、物探しがあって、仕組み探しがあつて、物探しがあって、仕組み探しがあつて、この領域は多様性と言っていますから、最初、出来事探しのところで多様性を求めら

れるのかなと思っていました。出来事探しは生物学者がやって、物探しは生化学者がやる、そして仕組み探しは、我々のような物理系の者がやります。本当は全部1人で、1つのグループでやりたいのですが、それぞれ好みもあって、我々はその最後のところをやるということで研究を続けてきました。今回、この会でいろいろお話をうかがって思ったのは、宮田さんのところは1つのグループで出来事探し、物探し、仕組み探し、全部一連のことをやっておられて、それもとても進んできたことを感じました。他の方々の発表も3年前は出来事探しがされていたのが仕組み探しまで進んできて、いよいよ我々が好みのレベルになってきたのかなと期待しています。宮田さんが最初に言われたように、この多様性を進化の歴史の中に位置付けていくとすると、どうしても遺伝子レベル、発現系のレベルといった話になり、それが生物学でとても大事なことだとはわかるんですけど、できれば、せっかく仕組み探しのところまで行きつつあるんで、それをもとに進化の過程でいるんな多様な仕組みができてきたという、そこの分類までいっていただけるとうれしいなと感じる次第であります。

##### 難波先生

皆様のご研究の進展を聞いて楽しませていただいています。石渡先生がおっしゃるようにいろんな多様性があるんですが、実は私はあまり生物学は好きではなくて(笑)、あまりにもいろんなことが起こりすぎるから、すっきりした仕組みが見えたら私はそれで幸せなんですけど。でも見るとやっぱり生物学の面白さって、すごくいろんな仕組みが起こるんで、こんなこともするんか、あんなこともするんかって、いつも新しい仕組みを教えていただくた

びに感動はするんです。やっぱり生物がや  
ってることって、基本いろんな仕組みを使  
いまわし、なんでも使えるものは使って必  
要な仕組みを作り上げてきてるって感じ  
はするんで、その中で大事な共通の仕組み  
が見えてくることは非常に楽しいです。特  
にこの領域は運動マシナリーというキー  
ワードの名のもとにいろんな生物の運動  
を見ている人が集まって、その中でそれぞ  
れ面白い仕組みが出てきて、でも実はこれ  
とこれはこんな共通項があったんだねと  
いう話もいっぱい出てきて、そういう話の  
中で共通の道具を使って共通の仕組みを  
調べて生物学としての基礎科学の楽しさ  
を味わいながら、まあ、笹川先生も昨日お  
っしゃってられましたけど、最初は本当に  
マニアックすぎてついていけないと思っ  
たけれども、それでも笹川先生も何回か聞  
いてると、本当にここまで本格的にやれば、  
すごく基礎生命科学として大事なことが  
いっぱいわかってきそうな感じがすると  
おっしゃってたんで。僕も学生の頃に、昔  
は班会議とか名前は違いましたけど科研  
費で 50 人くらい集まって 2 晩、3 晩泊ま  
り込んで、ずっと話をする中でいろんな話  
を聞かせていただいて楽しい思いをした  
憶えがあります。こういう会は、ぜひやっ  
ぱり年に 1 回か 2 回、皆さん集まって自分  
の研究を話しながらいろんな話を聞いて  
議論してという会ができるといいんです  
けどね。最終年度ですけど、せっかくここ  
まで盛り上がってるから、こういう多様な  
運動マシナリーのキーワードのもとに学  
問領域が発展して、またみんなが集まれれ  
ばいいなと思います。

(最後の全体会議でしたので、評価委員の  
先生のお言葉は、できるだけそのまま書き  
起こさせていただきます。)

## 豊島先生からのお言葉と科研費制度改革 についての情報

この新学術領域には 4 年間参加させてい  
ただいてありがとうございました。いろい  
ろおもしろいお話を聞かせていただいて、  
勉強になって大変有意義でした。日本の細  
胞運動の領域は数年前まではアクチン、ミ  
オシンの大御所の先生方がたくさんいら  
して、お正月の生体運動班会議なども、そ  
ういった先生方が中心に運営されてきた  
と思うんですが、だんだんそういう先生方  
がリタイアされて少し寂しくなってきた  
かなと思ったところで、この宮田班が始ま  
って、若いいろいろな motility のグルー  
ブのかたが参加するようになって、また盛り  
上がってきたなという印象がもてて、よい  
タイミングでこの会を開いていただいて、  
本当によかったなと思っております。

今後の科研費の制度改革内容については  
以下のようなお話をいただいた。

- ・ 学術振興会が担当している科研費で制  
度改革が進められている
- ・ 平成 30 年度から申請の細目が整理され  
るが、生物学分野の細目には変更がな  
い。
- ・ 基盤 S や A は細目より少し広い中区分  
で審査される。基盤 B、C、若手、挑戦  
的萌芽などはこれまでと変わらない。
- ・ 科研費は書類審査と合議審査の 2 段階  
で審査されている。これまでは、それ  
ぞれの審査を別の審査員が行っていた  
が、平成 30 年度から同じ審査員が行う  
ようになる。
- ・ 審査員に選ばれた場合は、今後はこの  
両方の審査を担当することになるので、  
負担は多くなる。
- ・ 研究者番号をもっている人はみんな審

査員の候補名簿に載っている、審査員に選ばれた場合は、負担をおかけすることになるが、peer review の科研費のシステムを育てていくためにも、できるだけ引き受けていただきたい。

## 学術調査官

### 臼井先生

- ・ この班会議に 3 日間参加させていただき、お話を聞かせていただきました。
- ・ 私自身も、専門がケミカルバイオロジーということでチューブリンやアクチンやキネシンに対する阻害剤などをよく使っているので大変興味深く聞かせていただきました。
- ・ この領域は、レベルの高い研究も多く、領域内の共同研究も盛んなので非常に成功している領域だとの印象をもっています。
- ・ 本年度が最後になりますので、ぜひ論文という目に見える形で成果をまとめていただきたいです。その際に必ず、この新学術の予算で行った研究だと謝辞に書いて下さい。
- ・ それが評価に直接つながりますし、非常に成功した領域ですので、この次にまた後継の領域を立ち上げるといときにポジティブにはたります。
- ・ この領域のますますの発展をお祈りしています。

### 宮田代表

最終年度ですので、みなさん論文たくさん書いてください。南野さん流に言うともりもり書いてください。また、よい論文を発表されたときはホームページのお知らせに掲載したいので、いつでも事務局に連絡してください。

## 皆さんの感想

### 若手代表

#### 佐藤さん@長崎大

毎回、目には見えない映像、動画を見れてとても面白いなと思っています。そういうのが自分が見ているものでも見れたらいいかなと思っています。またこれからも教えていただきたいと思います。

### 最後の締め言葉

#### 若林さん@東工大

4 回参加させていただいて、どんどん原核生物の面白さに魅入られるような気がしています。私も顕微鏡で動くものを見ていますが、観察にもこんなに素晴らしいテクニックがあるのか、解析方法にもこんな賢いやりかたがあるのかと毎回勉強になっています。これが終わりになってしまうのが非常に寂しいですが、何かこういう基礎を究めたような場があるといいなと思っています。評価委員の先生からお話がありましたけど、こんなに出口のことが話題に出ない会はないなと思いました。

(宮田代表：1 回も誰も言わないですから凄いですね。)(笑)

私は東京工業大学でしかも化学系の研究所にいるもので、上からもどんどん出口志向、出口志向と言われて、私はちょっと反発しまして、学生向けの説明会で僕は入口志向ですと言いました。ここはそういう人しか集まってないのかなと思いました。非常に気持ちのいい会で、何かの形で継続するといいなと思いました。

### 宮田代表

ありがとうございます。若林さん、完璧なまとめのお言葉でした。

これで終わりますけど、何回か言おうと思って忘れていたことがありました。素晴

らしくみなさんの研究が進んでいて、例えばこの前、最初に出した時の申請書を見て、新しい motility に関する理解は、このプロジェクトが始まった時と今ではまるで別世界になっているので、よかったですなと思いました。まあ、この領域がなくて

も進んだのかもしれませんが、でも本当によかったなと思います。うれしくなりました。

それでは皆さん、また1月の神戸の生体運動班会議でお会いしましょう。ありがとうございました。(fin)

ご多忙の中、報告記を執筆して下さった3人の方に篤く御礼申し上げます。

加えて、本班会議を裏で支えて下さった、中山研の皆さんに感謝申し上げます。

最後に、この長大な原稿をここまで読み進めていただいた読者の皆様、どうもありがとうございます。

記事の中でも何度も触れられていますが、大変残念なことに「運動マシナリー」の領域活動は今年が最終年度です。来年以降はまた少し違った形で、本領域の後継領域が動き始め、そこで皆さんと再びお会いして更にグレードアップした研究の議論ができる事を祈念しつつ筆を置きたいと思います。出口のことなど一切考えず、良い研究を続けて行きましょう。どうぞ皆さんお元気で。

例によって、次のページに（心の底からどうでも良い）おまけがあります。暇つぶしに眺めて頂けると幸いです。（馬鹿話を書くのもこれが最後となるかもしれません。）

- 1) あまりにも有名な曲であり、もはや説明の必要もあるまい。(こう思っているのは、年寄りの私だけかも?) 昭和の懐メロとして必ず出てくる名曲である。子供心に、「えらい粘い歌い方するなー。」と思ったものだ。私が子供の頃は既に左図のような配置が標準であった為、真ん中で歌っている人が『内山田洋』だと信



じて疑わなかった。彼が前川清だと知ったのは、「欽どこ」(欽ちゃんのどこまでやるの)を見るようになってからである。発売当時(昭和44年、半世紀近く前)のレコードのジャケット(完全に死語)(右)を見ると、やっぱり中央で椅子に座っている人がリーダー(内山田さん)なのでしょうね?(グループ名の下に、唄:前川清って書いてありました。)

- 2) 当手を振り返ってみると、とにかく忙しい旅行であり、長崎には3時間くらいしか滞在していなかったと思われる。長崎原爆記念公園の平和像とグラバー亭を訪れた記憶が微かに残っている。(今から思うとこの選択もちょっと微妙だ。) あまりにも欲張った旅行日程(4泊5日の旅行の間に訪問した場所は、広島原爆資料館、広島平和公園、錦帯橋(岩国)、秋芳洞、有田、長崎、阿蘇、熊本、別府)の為、殆どが移動の時間であり大半をバスの中で過ごした。(行き帰りはバスの車中で2泊。おまけに補助席も利用していたため、ほとんど寝られなかった。) あまりにも忙しく疲れすぎたためか、ほとんど記憶が残っていない。何事も「過ぎたるは及ばざるが如し」である。ちなみに、この旅行の後、筆者は胃腸を壊しブドウ糖の点滴を受ける羽目になった。

- 3) 班会議の終了後、浦上天主堂を訪問したあと長崎平和公園に行き、平和像の前で世界の平和を祈った。ここでは、中東もしくは南アジアの海兵隊と思わしき団体さんと遭遇し、長崎が国際都市であることを再認識した。その後は、長崎原爆資料館内を、時間をかけてじっくりと回った。平和の大事さ、戦争の悲惨さを改めて感じた。ここでも、先とは違う外国の海兵隊の人達と一緒に資料を見ることになった。周りの90%以上が外国の方という特殊な状況で日本の原爆資料を見る不思議な体験になった。これらの方々が悲惨な記録を記憶に留め、国に戻って周りの人に話しをすることで、世界の平和に対する意識が少しでも高まることを願って止まない。

折角の機会なので、その夜は長崎港近くの店で地場の海鮮を食べ舌鼓を打った。このお店には、N山さんとI田さんがビールを飲みながら打ち合わせをされていた。一緒に班会議に参加したH作さんと、I井さんの3人で(旭川の班会議と同じメンバーである)翌日の午前中を使って長崎の街を楽しんだ。まずは朝一番の「軍艦島上陸ツアー」に参加した。船中で、本領域のK堀さんと偶然ご一緒することになった。島までは船で40分ほどであったが、客を飽きさせないように適宜観光ガイドが行われた。ただ、この説明は行きも帰りも進行方向に向かって右側の風景に対して行われたため、反対側に座っていた筆者らはあまり良く見えなかった。K堀さんは、このガイドに関する情報もネットから事前に仕入れておられたようで、予め右側の席を取っておられた。今のご時世、情報は大事と言うことである。軍艦島の建物は老朽化が進んでおり見学できる場所は限られていたが、貴重な体験となった。まだまだ貧しいながらも未来に向けての希望と活気に満ち溢れた戦後日本の縮図を見るような思いがした。帰港後は、「軍艦島上陸証明書」を恭しく受け取り、



お土産の「石炭ラスク」を手にして港を後にした。

- 4) (3の続き) その後、グラバー亭を見学すべく、徒歩で市内を散策した。観光ガイドで目に止まった「グラバースカイロード」(右図)を利用することにした。麓の路面電車の駅からも近く多くの観光客で賑わっているに違いないと想像していたのだが、実際に行ってみると、買い物袋を下げたおばちゃんや帰宅途中の女子中学生など、地元の人しか見当たらない。こうした人達と共に、かなり急勾配の斜行エレベーターと垂直エレベーターを乗り継いで一気に高度を上げ最終地点に到着した所、そこはグラバー亭の裏門だった。斜行エレベーターに巻きつくように遊歩道も整備されているようだったが(写真参照)、利用している人は誰もいなかった。(あまりの急勾配に我々も利用しようとは爪の先ほども思わなかった。) どうやら我々は一般の方用の生活道を選んでしまったようである。グラバー亭の裏側には一般家屋が坂にへばりつくように密集して立ち並んでいた。正に長崎は坂の街であった。グラバー亭の観光後は、表道を通って坂を下った。両側には土産物屋が並び、多数の観光客で賑わう非日常の風景が広がっていた。観光地の表と裏を見たような思いがした。



- 5) 日曜の夜に「林先生の初耳学」を見ていた際に、この話が出てきた。最初は、良順会館の由来の人とは気づかなかったのだが、この原稿を書くために色々調べていて、情報が繋がったときには驚いたものだ。「海水浴」は元々温泉と同様に病人の療養のために行われたのがスタートのようである。

- 6) この写真を見ると、暗くなってから撮られた写真のように思う訳だが、考えてみれば、ホテルの写真を取って夜に撮らなければならない必然性はどこにもない。とすると……。この写真に隠された真実を見抜けなかった私の推理力のなさが全てと言えよう。広い部屋、シックな調度の良いホテルでした。迷路の先のエレベーターはコンビニにも直結しているようだし。(行かなかったけど。)

ホテルセントポール長崎



- 7) 筆者は、諸事情により班会議の途中で博多に戻る必要があり、浦上駅で「かもめ」を待っていた。駅のホームを何気なく見ると、「白かもめ」、「黒かもめ」停車位置と書かれたボードがあった。「中村紀洋」のように「良いかもめ」と「悪いかもめ」が居るのかといぶかしく思ったのだが(殆どの人は解らないと思います。そのままスルーして下さい。)、当たり前のようにそんなことはなく、白い車体と黒い車体の2パターンが存在しているようだ。どちらもなかなか格好良い。JR九州は上手な商売をしている。



- 8) この報告記には何度も出てくるが、筆者は四国の田舎の出身である。阪急電車や京阪電車と異なり、田舎の特急は(急行でも)追加の料金を必要とする。私の田舎の人達はこうした出費を非常に贅沢と感じており、余程の特別な理由がない限りは(仮にあったとしても)特急列車に乗ることは無いのである。これはただ単に四国が狭いことが原因かもしれないが。