

前人未到のシンポジウム「生体マシナリーにおける力発生と進化の共通原理」

2015年9月14日(於:金沢大)

宮田真人¹, 南野 徹², 西山雅祥³, 森 博幸⁴

1 大阪市立大学・大学院理学研究科

2 大阪大学・大学院生命機能研究科

3 京都大学・白眉センター

4 京都大学・ウイルス研究所

1. 未来のサイエンティスト

私たちは今，“未来の”サイエンスを楽しんでいます。ネットワークにつながった複数のコンピューターを持ち歩き，大文書や画像を一瞬でやり取りし，テレビ電話を日常的に使います。研究室に居ながら世界中の膨大なデータにアクセスし，常に最新の情報を取得します。興味のあるタンパク質を見つければ，一週間以内にそのアミノ酸配列を手に入れます。学術集会では，パワーポイントを使って難解な議論もお互いの脳に直接にうたえます。1980年代から見れば，これらはまさに夢の世界です。ところが！です。学会での議論の方法についてだけは1980年，あるいはもっと以前からあまり進歩していません。「それでは会場からのご質問をお願いします。・・・ないようでしたら，私からひとつ・・・」といった具合です。

2. 前人未到のシンポジウム

今回はセッションのあり方にも挑戦することを私たちは考えました。有意義なセッションとはどんなものでしょうか？もちろん，素晴らしいデータに基づいて，高度の理論が展開されればそれに越したことはないのですが，それは個々の研究の評価であって，セッションの問題ではありません。多分，演者と会場が一体となって日常より踏み込んだ形で議論を行い，その議論がセッション後も参加者の好奇心を刺激し続けることができた時に，有意義なセッションと呼ぶことができるのです。私たちは有意義なセッションを模索するため，シンポジウムで以下の冒険を試みることにしまし

た。(1) 発表には原理や概念を含める，(2) 発表には妄想を含める，(3) 講演者全員に短めの時間を割り当てる，(4) 使用言語はフリースタイル，(5) 終了後もFacebookで議論する，(6) 司会が聴衆を指名する，(7) 研究テーマや考え方のバリエーションに配慮する，(8) 講演順序は若年→年長。

私たちは蛮勇をふるいながら以下のうたい文句を説明することで，9名の豪華な研究者から講演の約束を取り付けました。

【生体マシナリーにおける力発生と進化の共通原理】近年，解析技術の発展のため，様々なシステムにおける力発生過程が，原子レベルで具体的に議論されるようになってきた。今こそあらためて“各論の先にある共通原理”を考える時であろう。本シンポジウムでは，登壇者の研究対象およびデータの枠を超えた議論を試みる。実際には，各登壇者が持ち時間10+5分以内に，最小限に自身の系を紹介し，共通原理にかんする主張および議論を行う。本シンポジウムでは“新しいシンポジウム形態”の模索も目的としている。

3. 司会の練習

開催の時が近づくにつれ，よほど慎重に進めないと“ただの”おもしろいシンポジウムになってしまうであろうことを強く感じるようになりました。そこで私たちはシンポジウムのコンセプトに関する議論を重ね，言葉を慎重に選び，メーリングリストと

Facebookで関係者に呼びかけました。シンポジウムがうまく盛りあがったら，後でこのサイトにレポートを掲載することも決めました。そして最後に気づいた

Unexplored symposium, "Principles for force generation and evolution in bio mechnery"

Makoto MIYATA¹, Toru MINAMINO², Masayoshi NISHIYAMA³, Hiroyuki MORI⁴

¹Graduate School of Science, Osaka City University

²Graduate School of Frontier Biosciences, Osaka University

³The HAKUBI Center for Advanced Research, Kyoto University

⁴Institute for Virus Research, Kyoto University

のは司会です。結婚式でもプロレスでもモーターショーでもアシカショーでも、集会には司会が重要な位置を占めるのですが、学会の座長は通常はこのことに全く無頓着です。私たちは司会の言葉を選び、テレビ電話で、研究室で、通勤途中で、そしてシンポジウム直前の会場で、練習を繰り返しました。「皆さま、ごきげんよう。運動マシナリーへようこそ。数あるすばらしいシンポジウムの中から、このA会場を選ばれたことに心から感謝申し上げます。これから皆さまと共にシンポジウムの前人未到の領域へと踏み込んで参ります……」

<https://www.facebook.com/mycmobile>



4. シンポジウム概観

豪華な講演者を揃えたため、会場の全ての席が埋まるほど多数の参加者が集まりました。冒険に集中できるようにと言語をフリースタイルにしました。講演内容は多様でしたが、生物物理学の分野で私たちがいつも議論しているキーワードを共有していました。すなわち、熱ゆらぎ、熱ラチェット、エネルギー、効率、クーロン力、ゆがみ、ルーズカップリング、タイトカップリング、そして進化です。講演者は、中村修一（東北大）、渡邊力也（東京大）、古寺哲幸（金沢大）の“気鋭世代”，高野光則（早稲田大）、森博幸（京都大）、原田慶恵（京都大）の“自立世代”，柳田敏雄（大阪大）、木下一彦（早稲田大）、吉田賢右（京産大）の“大家世代”の三世代（敬称略）に分かれ、それぞれの世代の特長を生かした議論が展開されました。

5. 気鋭世代

中村、渡邊、古寺氏の3人が、本学会で輝かしい歴史を持つバクテリアべん毛モーター、FoF1-ATPase、アクトミオシンモーター、それぞれの最新の実験結果を話しました。共通していたことは、学会のお家芸である、生体分子の時々刻々の動いている姿を活写できる『1分子動態計測システム』を開発活用し、分子モーターの入力と出力の関係を実際に解析した点です。それぞれの講演後に、生体分子モーターの入力エネルギーの使われ方、エネルギー変換の仕組み、さらにはエネルギー変換で共通している原理、などを皆で議論しました。中村氏は今年度（2015年生物物理学学会）の若手奨励賞に輝きました。心よりお喜び申し上げます。

6. 自立世代

高野氏は、計算機シミュレーションを用いたアクトミオシンの滑り運動解析を中心にしながら、クーロン力は不安定な結合状態であるがゆえに、多くの準安定構造を生み出せることを紹介しました。森氏は、タンパク質透過装置を題材にして、バクテリアと真核生物を含む共通原理について紹介しました。原田氏はRNAポリメラーゼの転写機構について、分子構造、機能、キネティクスと幅広い角度から紹介していただきました。3名の発表は、力発生におけるクーロン力、タンパク質輸送、RNA重合酵素と異った題材を扱いながらも、方向性のない熱揺らぎから生物学の重要な反応を生み出す機構という点で共通していました。独自の視点での研究であること、自身のデータから少し離れた議論も入っているなど、円熟味を感じさせる内容でした。



図1 シンポジウム直後の集合写真。前列左より、森博幸（京都大）、原田慶恵（京都大）、柳田敏雄（大阪大）、宮田真人（大阪市大）、吉田賢右（京産大）、後列左より、古寺哲幸（金沢大）、渡邊力也（東京大）、中村修一（東北大）、南野徹（大阪大）、高野光則（早稲田大）、故、木下一彦（早稲田大）（敬称略）

7. 大家世代

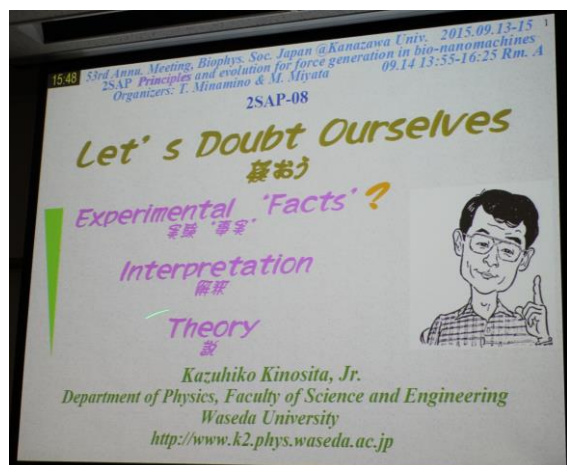
実績にもとづいた押しも押されもせぬ彼らの立場は、それぞれの講演を現世の煩惱から解き放ち、宇宙の神秘に迫る、大スペクタクルへと昇華させました。柳田先生は、生物が持つ効率的な処理能力（極僅かのエネルギーで高次機能を達成する）の仕組みが、「自律性の高いゆらぎのステップにある」との持論を、ユーモアを交えて紹介されました。木下先生は、“怠け者酵素”の解析を例に、「生物が持つタンパク質は

元々非効率的である」可能性を指摘されました。我々研究者は、自分達の発見に意義を見つけたがる傾向がありますが、「何事に対しても謙虚に疑いの姿勢を持つ」事の大切さを述べられました。重たい言葉を頂戴したと感じています。トリを努められた吉田先生は、FoF1-ATPaseのトルク測定解析を通して、この酵素がいかに効率良く設計されているのかについて語られました。木下先生と吉田先生の主張は正反対であり、丁々発止のやりとりもありましたが、長年一緒に研究をされてきた信頼と自信を感じ取る事ができました。

3人の先生とも、研究紹介の形を取りながらも、「生物とは何か」というご自身のお考えを語られたように思いました。

8. 木下先生の逝去

残念なことに木下一彦先生はこのシンポジウムの約二週間後の2015年10月31日に南アルプスに登山に出掛けられて、帰らぬ人となりました。先生は長年にわたって、皆が困難と考える測定を次々に実現して来られました。研究対象もATP合成酵素に限らず、生体膜、モータータンパク質、DNA編集タンパク質など多岐にわたっていたため、本シンポジウムで生体マシナリーの共通原理を議論するためにぜひ必要な講演者でした。私たちの懸念は、木下先生は忙しいのであまり自身での発表は引き受けてくれないとの前情報でした。そこで、先に他の講演者の約束をいただいてから、満を持してメールをさしあげたところ、メールを送って数分後に電話をいただきました。短い時間で、好きなことを話していただいて、同世代の方とも議論できることを説明すると、その場でご快諾いただきました。当日、発表は年齢順であることを私たちが説明したときに「柳田さんと私は同級生だけど私の方が実は少し若いんです」と言って場を和ませて下さったことや、登山を例にとってエネルギー収支の議論をされ



たことが印象に残っています。山岳事故による逝去については残念としか言いようがありませんが、最後（多分）のご講演を皆で拝聴して楽しく議論できたことは、シンポジウム参加者全員のかけがえのない思い出となりました。改めてご冥福をお祈りします。

9. 終わりに

本シンポジウムはこれ以上のものが望めないくらいに心に残るものとなりました。今回の議論や講演をきっかけに、新たな人材やテーマが育つことも期待できます。情報化、スピード化の時代にあって、学会のセッションのあり方を見直すとなれば、私たちはつい、同時公開やTwitterなどを思い浮かべます。しかし、学会は忙しい研究生活の中での生身での対面を前提として行われます。今回の様により踏み込んだコミュニケーションを行うことが、情報化社会に本当に合致した改善なのかもしれません。

宮田真人（みやたまこと）

大阪市立大学大学院理学研究科教授
1988年大阪大院理修了（理学博士）、88年大阪市大理学部助手、講師、助教授を経て、2006年より現職、00-01年ハーバード大訪問学者、03-07年さきがけ研究者、12-17年新学術領域「運動マシナリー（略称）」領域代表。
研究内容：マイコプラズマ運動のメカニズム
連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138
E-mail: miyata@sci.osaka-cu.ac.jp
URL: <http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/~miyata/index>.

南野徹（みなみのとおる）

大阪大学大学院生命機能研究科准教授
1997年広大院修了（博士（学術））、1997-2000年エール大学PD、2000-2002年難波ERATOプロジェクト研究員、2003年-2005年難波ICORPプロジェクトグループリーダー、2005年阪大院・生命機能助手、助教を経て、2010年より現職
研究内容：膜超分子複合体のエネルギー変換機構
連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘1-3
E-mail: tohru@fbs.osaka-u.ac.jp

西山雅祥（にしやままさよし）

京都大学白眉センター特定准教授
2001年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了、02-11年京都大学大学院理学研究科助教、12年より現職
研究内容：生体分子機械の力学変調イメージング
連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 iCeMS 2
E-mail: mnishiyama@icems.kyoto-u.ac.jp

森博幸（もりひろゆき）

京都大学ウイルス研究所准教授
1992年大阪大院理中退、92年大阪大学産業科学研究所教務職員、93年大阪大学論文博士（理学）、93年東京薬科大学生命科学部助手、96年京都大学ウイルス研助手、07年同准教授
研究内容：細菌のタンパク質膜透過機構
連絡先 〒606-8507 京都左京区聖護院川原町
E-mail: hiromori@virus.kyoto-u.ac.jp

生体マシナリーにおける力発生と進化の共通原理

URL:<http://www.virus.kyoto-u.ac.jp/Lab/akiyama/index.html>