談 話 室

表面科学会将来計画委員会若手座談会

将来計画委員長（副会長）

尾 嶋 正 治

東京大学大学院工学系研究科
〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

（2012 年 12 月 27 日受理）

Round-table Discussion by Surface Science
Young Researchers

Masaharu OSHIMA

School of Engineering, The University of Tokyo,
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656

（Received December 27, 2012）

表面科学会将来計画委員会の議論の中で、「若手座談会」を開催して若手表面科学研究者・技術者に5～10年後の表面科学の展望、学会のあり方など表面科学に関する率直な意見を聞き、将来計画委員会のまとめ（2013年2月2日理事会）に反映させることとなった。今回は表面科学会若手奨励賞受賞者（歴代14名）に集ってもらい、2012年12月8日（土）14～16時まで学会事務局において座談会を開催した（Fig. 1, Fig. 2）。参加者は下記12名であった。

16 年度（第1回）

- 1) 木口 学（北海道大学大学院理学研究科）→現東工大准教授
「電気化学電位による金単原子ワイヤーの構造制御」
- 2) 手老龍吾（自然科学研究機構分子科学研究所）→現豊橋技術科学大学特任助教
「SiO₂ 表面へのアビジン単分子層作製と脂質膜形成への応用」

17 年度

- 3) 関口博史（東京工業大学大学院生命理工学研究科）→現高輝度光科学研究センター研究員
「リガンド修飾・高分子を用いた AFM による生体分子間相互作用力測定法」
- 4) 中西周次（大阪大学大学院基礎工学研究科）→現パナソニック、東大先端研兼務

「非線形化学ダイナミクスによる固体表面上への自己組織化構造形成」

18 年度

- 5) 中川剛志（分子科学研究所）→現九州大学准教授
「磁性超薄膜におけるレーザー光電子による磁気二色性」

19 年度

- 6) 谷 中 淳（筑波大学数理物質科学研究科）同助教
「原子間力顕微鏡を用いた動的分子間力分光法による Biotin-Streptavidin 結合ポテンシャルの分離測定」
- 7) 原 賢二（北海道大学触媒化学研究センター）→同准教授
「金表面上に形成したコンパクトなホスフィンの高密度単分子層を利用した触媒反応」

20 年度

- 8) 阿部 仁（慶應大学理工学部）→現 KEK 物質構造科学研究所准教授
「NO 吸着による Fe/Cu(001) の表面反強磁性結合及び CO 吸着との比較」

21 年度

- 9) 藤波 想（東北大 WPI-AIMR）同左
「原子間力顕微鏡を用いたソフトマテリアル表面の粘弾性分布可視化手法」

22 年度

- 10) 石井大佑（東北大 WPI-AIMR）→現名工大助教
「微小液滴を吸着制御可能な超撥水表面の自己組織的作製」

23 年度

- 11) 三宅文雄（東北大院工）同左
「ハイドロゲル表面への導電性高分子のウェット印刷技術および細胞アッセイシステムへの応用」
- 12) 藤井義久（九大院工）→現独立行政法人 物質・材料研究機構高分子材料ユニット分離機能材料グループ研究員
「高分子電解質薄膜の擬集構造に及ぼす表面・界面の効果」

尾嶋：表面科学会はこれまで発展を続け、今大きな曲がり角に来ている。表面科学会の10～20年後を展望してどの方向に進むべきかを模索しており、将来計画委員会を立ち上げた。そこでの議論を予め皆さんにお送りしたが、やはり将来計画を議論するには若手の話をしっかり聞いて考えるべきということになり、今日の座談会を開催した次第である。今日は皆さんから、1) 表面科学の

Fig. 1. (color online). 若手座談会 @ 表面科学会事務局：座長尾嶋の右隣りから順番(反時計回り)に木口氏、手老氏、関口氏、中西氏、中川氏、谷中氏、原氏、阿部氏、藤波氏、三宅氏、石井氏、藤井氏

夢、2) 学会の進むべき方向、について忌憚のないご意見を伺いたい。

1. 表面科学の夢

中西：2年前に民間企業に転職し、自分の職務とのマッチングの問題から表面科学会を退会しようと思ったことがある。これは、民間企業での仕事の観点からは、少なくとも自分の関わる分野においては、表面科学会はあまりに遠いと感じたためである。しかし、様々ないきさつから、東大・先端研を兼務することになり、アカデミックな観点からは、十分に学会員であることの動機はあり、その意味では盛り上げていかなくてはと今は思っている。「表面」というよりは「界面」は、様々な分野で、今後はますます重要になってくる。

木口：新しい場と新しい方法を開拓することが大切と考えている。新しい場としては、例えば、ゼオライトのような負の曲率を持つナノ孔内部、生体系における物質、エネルギー輸送を担う界面、私の研究している2か所の金属-分子界面を有する分子接合などが挙げられる。新しい方法としては、高い空間、時間分解能を併せ持った方法の開拓、埋もれた界面を見る方法の開拓が重要と考えている。原子、分子スケールで、素励起、緩和、輸送現象を追うことができれば、新しい表面・界面科学が切り拓けると思う。そして、実際に動作するデバイス、生体系などを研究するには、埋もれた界面を動作中に観測することが不可欠で、その方法論の開拓も重要と思う。

関口：バイオについては東工大生命理工でAFMを用いて、タンパク質分子の物性計測や分子間相互作用力の直接計測についての研究をやってきた。タンパク質間の相

Fig. 2. (color online). 若手座談会 @ 表面科学会事務局

互作用は3次元構造表面を持つ分子間の複合的な相互作用から成り、しかるべき時間・場所で結合・解離する。起点となる結合・解離はわずかでも、その情報がカスケード的に増幅されることもありうるので、局所、あるいは1分子レベルでの解析は必要であると考えている。表面科学会では界面についての研究を行うために、局所で高感度の計測手法が発展しているように思うので、様々な分野から参入できる表面科学会という場を利用して、発展させたい。自分自身は、大型放射光施設で実験できる機会を得たので、より高輝度化・高均質化する放射光を利用して、高時間分解というキーワードを付加してタンパク質分子の機能とダイナミクスについて解析したい。高輝度化する光による分子へのダメージをいかに回避するかが重要になる。

手老：バイオ、特に固液界面での脂質膜を用いている。新しい計測手法を提供できるのが表面科学の強みなのはその通りが、もう一つ重要なのは表面の設計・作製の技術。たとえば表面科学が活躍してきた半導体や触媒研究では、計測で得られた結果を元にして次の高性能・高集積化技術が開発されたように、計測技術と作製技術が両輪として働いて研究分野が発展してきた。表面科学会としてバイオ分野に裾野を広げることを考えると、計測では、たとえばAFMで1分子計測もできているが、それに比べると表面の設計・作製の方はまだ弱いのではないかな。バイオ研究の現場では、たとえば粉ミルクをかけて非特異吸着を防ぐような方法も使われており、これまでの経験で見つけられた方法に、計測・設計サイクルでの開発が追いついていない部分があると感じる。PEG（ポリエチレングリコール）や生体適合性ポリマーなど、「表面を作る」研究者をもっと取り込んで、「表面を計測する」と交流や議論のできる場を提供できるようになる

と、バイオ分野での表面科学会の存在感を高めることができるのではない。

藤井：高分子材料科学を研究のベースとする自分を含め、いろんな分野に軸足を置いている研究者が表面科学に参加しているように感じる。これは、表面（界面？）が分野を問わず、重要な役割を果たしていることを意味しており、今回のメンバーの顔ぶれがまさにそれだと思う。しかし、現状では分野間でマージすることは少なく、『表面科学』としての universality を上手く抽出できていない。今後、各分野の共通項を見出すことができれば、これまでとは逆に、表面科学者が見た高分子、生体、無機・有機、金属といったように新しい視点からの展開に繋がる。

阿部：放射光を用いた表面化学、表面磁性の研究をやってきた。PF では XAFS 関係ビームラインを担当している。サイエンスの展開として大きく分けると、新しい手法・装置の開発と新しい物質の設計・合成とがあると思うが、私は手法・装置に軸足がある。これまで、私自身もそうだが、モデル系として単結晶のようなキレイなものをキレイに見る研究が中心だったように思う。今後はキタナイものという言葉が悪いかもしれないが、well-defined ではないもの、複雑なものをなるべくそのまま見ていくことが重要になるはず。その中で見たい部分をピンポイントに解析できるような手法が必要とされる。例えば、複雑な触媒反応系をモデル化した表面化学反応の情報を、実際の触媒の働き、性能、などいかにしてきちんと結びつけていくか。

中川：私は参加者の中では最も伝統的な表面科学を研究している。井の中の蛙かな？ 最表面における金属―絶縁体転移、磁性をやってきた。今後は表面新物質の探索と STM とレーザーを組み合わせた単原子・分子の分光測定をやっていききたい。新物質の例としてはグラフェンのように単層で機能性に富み、かつ大気に出せるものが理想。表面を安定な酸化物にして大気に出すことは一つの方向だと思う。新しい測定も重要で、表面科学研究がこれだけ魅力があるのは規定された表面が美しく見えるからではないだろうか。

三宅：私は、学生の頃から工学（エレクトロニクス）とバイオの融合領域で研究してきた。その中で気付かされたことは、フラットな固体表面に精密な設計を得意とする微細加工は、生体などの生きた表面の設計にあまり適さないことである。これは、生きている細胞や組織というのが、常に流動しながら平衡を保っているわけで、このような動的平衡状態にある表面と、いわゆる静的な固体表面とはミスマッチが生じている。したがって、これからの表面の設計においては、流動的で細胞や組織の変

化に自己調整できる界面設計が重要になってくると考える。現状では、マテリアルサイエンスからのアプローチが優勢だが、界面を意識した開発はほとんどない。動的界面の設計は、表面科学が目指すべき新たな方向性だと思う。

原：構造が規整された表面上に設計した分子を精密に集積することによって触媒反応場を構築する手法の確立に取り組んでいる。これまで以上に斬新かつ的確な分子設計を優れた表面科学の知見と融合することにより、画期的な表面新物質を創製できると思う。生物は進化の過程で緻密な機能を有する種々の生体分子を構築してきた。それに対して科学者は、表面上における人工分子の原子・分子レベルでの構造の制御によって天然と同等あるいはそれ以上の機能を有する構造体を作製できる時代に来ている。現在私は、規整表面上に有機分子や金属種を並べて新しい触媒反応場を作製しているが、触媒としての応用に限らず、重要な生体现象の解明や新しい医療技術の応用にも適用可能な技術が生まれてくると確信している。このような開発のためには、空間分解能や分子選別能に優れた表面分析技術のさらなる進展に期待したい。

谷中：表面科学の隅っこで研究をやっている。フラーレン、バイオ、金属材料に分野を変えてきたが、基本的にはプローブ顕微鏡を用いた研究をしてきた。今後も分野は変わるかもしれないが、その分野と表面科学の境界線でその融合を目指すような研究を行っていきたくと常々思っている。そのような視点で眺めていると、ずいぶん前から言われ続けているボトムアップはどこに向かっていくのかと思う。トップダウンはどんどん進んでいるが、トップダウンとボトムアップのギャップが埋まったという話を聞いたことがない。

中西：そのギャップを埋める必要性が希薄になったためではないか。

谷中：シリコン半導体で数十年行われてきたトップダウンとボトムアップがバイオでも同じように始まっていると感じているし、必要性を感じている研究者がたくさんいるというのも表面科学の学会等で感じられる。だが、バイオにおいても最終的にトップダウンとボトムアップの溝が現段階では埋まる気がしない。ボトムアップ側である表面科学からどんどん埋めていくべきだと思う。たとえばタンパク質の解析はあるが、これを生きたまま見たい。この溝を誰が埋めるのか？ 私が行ってきた動的分子間力分光法には「生きているか死んでいるか」という概念がなく、あるのは「相互作用がどれくらいか」というパラメータだけである。この差をどうやって埋めていくかということに夢があると思うが、私自身の力不

足でそれを埋める前に「それは何の役に立つのか？」と
いつもいわれてしまう。

石井：皮膚や葉や昆虫など表面を模倣した材料開発の研究をしている。高分子学会を主として活動している。高分子表面と水などの液体や金属などの固体材料との界面が重要であり、真空中の技術を適用して新しい手法の開発を目指したい。これまでの表面研究は UHV が必要で敷居が高く、若手研究者が新規テーマを立ち上げることが困難である。もっと cheap な測定法で材料・生物が分かる手法を広めることで、異分野の若手研究者が参入する敷居を低くすることができると思う。ナノレベル以下の小さなものが見える技術の開発も重要だが、マイクロメートルレベル以上の大きな試料が測定できる実用的な手法の開発も重要である。

藤波：SPM をもっと泥臭い対象に適用できるようにしたい。高分子学会に入っているが、ゴムや接着剤のメカニズムがわかる、なぜよくくっつくのか、などミクロとマクロの間がわかっていない。wet 系、大気系、ソフトマター。正統的表面科学からの拡張が必要。分野が細分化されているだけでマージしないままであり、セッションだけ増えている。表面科学会では最近摩擦のセッションができたので、参加する気になってきた。世の中の技術の貼りあわせ、つなぎあわせによってギャップを埋めることが大事。

木口：生体系を *in-situ* で見るためには、やはり新しい方法論の確立が重要だと思う。ラマンを用いて生命に係するシグナルを見たという報告がされている。光を使うことで、ある程度 *in-situ* 計測が可能になっていると思う。一方、原子・分子レベルの分解能は困難である。原子・分子レベルの分解能を有する電子を使った STM などの計測では、逆に *in-situ* 計測、また時間分解能に課題がある。プローブとする粒子として、電子でも可視光でもない、現在考えてもいないものを利用した方法論があるのではないか。

谷中：生物屋は本当に原子・分子レベル、ピコ秒フェムト秒レベルの時間分解での表面科学を求めているのか？

中西：例えば生物工学会においては、界面の重要性を認識しており、様々な時間分解分析の技術革新に対するニーズはある。

手老：「生物」と一口にいっても、動物、組織（臓器など）、細胞、酵素などの分子、と研究対象は人によって全く違う。相手の興味にちょうど良いスケールでの測定手法や材料を提供することが必要。

藤井：表面分析技術は、構造・物性解析だけでなく、表面化学反応を捉える手法など、科学的、産業的需要の高い分析として、今日まで非常に高い技術的進歩を遂げて

いる。その一つ一つの技術は優れているが、「局所から全体へと連続的に見る」部分が弱く、現状その間をつなぐ物がない。また、分析技術が「超」最先端であることは、企業のニーズに必ずしも沿っていないことが多い。実際の材料の「汚れ」を落とし、「綺麗」に加工し、理想的な状態で観察しては、知りたい情報が得られない場合が多いのではないかと感じることもある。分析技術を議論する上で、「見たい、知りたい情報を簡便に」というキーワードも今後は考えていく必要がある。

尾嶋：私は NTT に 21 年間いた後で大学に移り、大学では放射光を使った表面・界面研究をやっている。LSI 材料の放射光解析という民間共同研究を 14 年間連続で行っており、大学と産業界の間にある「死の谷」を克服すべく努めている。ポイントは学の方からかなり産に歩み寄ることで、どんどん変化する企業のニーズに対応するには大学側は常に柔軟に技術開発を進めることが必要である。それを通じて真に革新的な技術開発が可能になる、真に革新的な技術でないと産学連携は継続できない、と確信している。表面科学会において大きな課題である産業界の取り込みについては、こういう地味な努力の積み重ねが重要だと痛感している。

阿部：XAFS の研究を行っており、大学の研究と企業の研究のギャップを痛感している。well-defined な表面と現実的な試料のギャップである。企業はそのまま測ってほしいという。現実として細部が分かってさらに大きなものではどうなっているのか、を知りたい。先端性という軸と技術の幅という軸の二つがあると思う。

中川：真空技術や分析技術に関して、国内の装置が弱い。伝統的な表面研究の場合、外国メーカーの装置を買ってしまう傾向が強い。これでは研究の足元が不安である。積極的に国内メーカーをサポートするにも個人では限界があるので、研究者と国内メーカーの交流を促すような研究会や講演大会シンポジウムを学会として支援して頂けないか。

谷中：企業の体力が弱っている。装置メーカーが育っていない。また、企業に人材を送り出す側の大学で開発者や技術者を育てて評価されるような風潮にないと感じるし、育てられるような構造になっていないと感じる。受け皿である企業が現在そのような人材を求めている余裕があるのかもわからない。

藤井：一概に企業の体力が低下していると決めつけるのは間違いではないか。企業は営利を目的として経済活動を行う集団であるため、将来の可能性が見出せないシーズに投資することがないのは当然だと思う。大学や旧国研が「具体的な絵」を見せる必要があり、そこに魅力があれば企業は動き出す。ビジョンは必ずしも産業に直結

する必要はなく、アカデミックとして20年後、30年後に教科書に載るような真に意味のある研究であれば、周囲は注目するはずである。各機関が担っている役割に沿って、いかに「魅せる」かが重要だと考える。

木口：先端計測の開発において、電気化学STMの例でわかるように、欧米では研究室所属のテクニシャンが大きな力を発揮している。日本で同じ環境を整えることは困難であり、欧米と同じ方向性でいくかは議論すべきところであるが、先端計測機器の開発は企業ではなく、大学・国研の使命ではないかと思う。

2. 表面学会の進むべき方向について

三宅：若手がもう少し運営に参加できる企画があっても良いのではないかと。たとえば、化学とマイクロ・ナノシステム研究会では、最近若手企画セッションというのが設けられていて、博士学生や若手研究者が集まって講演依頼をするが、何かテーマが決まっているわけでもなく、今の若手が話を聞きたい人を好きに選んで講演者を呼んでいる。毎回、ハラハラするが若いからこそできる面白い企画だと私は思う。

藤井：学会の規模が大きくなると弊害も必ず出てくるのが予想される。小さな舟の集まりでも、特徴を活かし、独自性を示すことができれば良いのではないかと。

阿部：様々な学会と柔軟に連携するのは良い。学会の分野をあまりリジッドに固定せず、ある意味いいかげんで、その時の流れを表現するような緩やかな連携が良いと思う。今回はこの学会と連携してシンポジウム等やって、次は別の学会と、のようなイメージ。表面学会を一つの大きな場と捉えて、多種多様な舟がふらっと寄って来られるヨットハーバーのようなものにすべきだ。賑やかで活発な場になると思う。

石井：発表できる場がない。well-definedな表面だけではなく、不規則なものが測れる技術が必要。そういう話を議論できる場が重要。また表面科学の人がほかの学会でセッションを作り、その分野で議論を深めて表面科学の重要性を広める。出稽古？

手老：ソフトナノ部会はそのような場であり、伝統的な固体表面とは違った高分子や生体材料に関しての発表が行われている。残念なのは、いつも集まるのはソフトナノ部会のメンバーばかりで、表面科学が得意とする高感度・高分解能計測技術を持っているはずの固体表面の先生方との接点が少ないところ。これまで表面学会を引っ張ってこられた先生方には是非意識してほかの部会の発表にも参加してもらい、表面科学が得意とする計測技術で高分子や生体材料の問題も解決できることをアピー

ルしていただきたい。

藤井：みんなが気軽に集まることができる中立の場として存在することが大事。レオロジーが一つの例で、何かの材料・分野に固定するわけではなく、「流動と変形」をキーワードに金属、無機、高分子、溶液など様々な分野の研究者が集まって議論し、新しい発見をする活発な場となっている。表面学会であれば「表面」をキーワードに小舟から大型船まで自由に寄港できる活気に溢れた港になれるのではないかと。

木口：表面学会は講演大会以外に、基礎講座などの講演会、出版などの活動を行っている。講演大会は研究者が主となっているので、ここに行けば、表面・界面の最先端の情報が得られるという場であり続けることが重要ではないか。そして、企業に対しては、講演会などを通じて、ここに行けば現場で必要な概念・使える方法を学べるという場であり続けることが重要だと思う。

原：石井さんの発想と逆で、ほかの学会からの協力を得て、ほかの学会に所属する研究者が表面学会講演大会に参加してもらえるような積極的な臨時措置を設定するのはどうか。具体的には、第〇回の講演大会は〇〇学会員に限り表面学会会員でなくても講演できる、というような対応。

手老：e-Journalのインパクトファクター(IF)は？外国人のポストドクや留学生が、たとえば自国に戻って次のポジションを探すことを考えると、IFのないジャーナルには投稿を勧めにくい。日本人でも、例えば「異分野融合」の予算やポジションに申請する際、他分野の研究者と業績を比較されるときにはIFの有無は評価に影響してしまうのではないかと。

阿部：放射光学会のAOF (Asia-Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research)のように、アジアをまとめるリーダー的役割も積極的に果たして行くべき。牛耳るというのではなく、アジア全体をきちんと平和に建設的にまとめるリーダーになるべきだ。

石井：年会費に準ずる費用を科研費などの公費で払えるようにできないか？私費の場合、容易に学生に学会参加を進めることができない。

尾嶋：今日の座談会はぴったり2時間と決めたためか、議論が密になりかなり本音の話を伺えたと思っている。この議論を第2回将来計画委員会で報告して、それを反映させた提言をまとめていきたい。皆さんは近い将来表面学会を背負って立つ人材なので、是非、主体的に学会を引っ張って行って頂きたい。本日はご協力ありがとうございました。