

TED Plaza

微細構造表面によるナノ光学から動的濡れ制御まで — 4 人の子どもを育てながら研究者の道を歩む —



李 禮林 (イ エリム)

東京大学 講師
大学院工学系研究科 機械工学専攻
yaerim@photon.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

私は韓国人、現在日本で大学教員をしている。主な研究分野はポリマーなどソフト表面を含む固体表面の微細構造制御と濡れ性制御であり、固体表面上の液体における固-液-気三相界面の動きを理解・制御する基礎研究を基に、熱交換器などにおけるエネルギー消費の削減のため凝縮や凍結の制御に役立つ応用技術を開発している。他に、地球温暖化対策や CO₂ 排出削減は現職の研究者であれば誰もが問題解決意識を抱えているところであろうが、エネルギーを使わない冷房または熱制御となるスケラブル熱放射・遮熱材料の開発は社会のサステナビリティに高いインパクトを与える技術だと信じており、興味深く取り組んでいる。修士と博士課程ではこれらの話とかけ離れているような研究を行っており、修士課程では「高アスペクト比金属ナノ周期構造による高感度屈折率センサーの開発」、博士課程では金属ナノ構造表面の自由電子と光の波の相互作用であるプラズモン共鳴を駆使した「金ナノ粒子の配列構造体によるプラズモン特性と表面増強ラマン散乱への応用」について研究した。異分野ではあるものの、微細構造作製技術や光による計測技術でお互い相互補完関係のある要素も多く、今では異分野の研究バックグラウンドを持っていることが強みになってきていると感じる。このように研究者の道を一步一步踏み出している中、プライベートでは結婚と出産のライフイベントが起きていて、今は 4 人の子供を育てている。外国人で女性研究者、少子化が進む中で子たくさんママは韓国でも日本でも、もしかしたら世界のどの国でも珍しいものだろう。本稿では異分野を横断した研究の話に加え、子ども 4 人を抱えながら割とハードな職をどう続けられてきているかについて経験談を述べたい。

2. 大学院に進学するまで

韓国生まれ育ちだが、日本に留学した経緯は高校 3 年春の物理授業で担当の先生から受けた日韓政府奨学プログラムの説明がきっかけになっている。このプログラムは日本の小淵元総理と韓国の金大中元大統領の政権で締結された日韓共同宣言による奨学プログラムである。海外留学への夢はそれ以前から持っていたものの、両親から経済的支援が受けられる状況でなかったため断念していたこともあり、学費と生活費を全てカバーしてくれる奨学制度であることは自分にとって大きな魅力であったため挑戦、ギリギリで合格でき名古屋工業大学機械工学科に入学した。機械工学科を選んだのはなんとなく人間を助けるモノを作りたかったからである。4 年間の学部の勉強は機械工学科ならではの癖もあり授業が多く内容も難しかったため追いついていくのに精一杯だったとぼんやり覚えているが、親から離れ異国地で自由に生活する新鮮さに加え、勉強することは好きであったため大学の図書館で多くの時間を過ごしながら楽しい留学生活を送っていた。奨学金で生活していたものの、夏休みや冬休みの期間を使ってとにかく海外旅行に行きたかった

ため家庭教師、ピアノ教師、居酒屋やファミレスのバイトなど様々な手段で資金を集め世界に渡って8カ国を旅行した。表面的には時間を使ってお金を稼ぎ、また時間を使って色んなところを移動しながらお金を使っただけの話だが、お金を稼ぐなかで日本語能力が効率的に伸び、様々な年齢層とバックグラウンドを持つ人々と触れ合えたことは日本での生活が楽しくなる動機付けになっている。また旅行しながら頑張って集めたお金を一瞬で使いつぶすわけだが、その中で英語に親しくなり、韓国や日本では分からなかった自然や街の風景、食などの文化や現地の人々から様々な五感の刺激を大いに受けた。ただそれは初めての経験であることやその年齢で持つ感受性の要因もあっただろう。今は仕事で海外に出る場面が増え、慣れてきたせいなのか、五感の刺激はほぼなくなっているように感じる。面白いことに、今振りかえてみるとそのときの旅行で強く記憶に刻まれているのは様々な予想外の危機に直面し辛かった思いである。特に意識はしていなかったが、そこでぶつかりながらどうにか乗り越えていった経験で判断力や勇気・根性が養われ、その後の進路を含め人生の岐路に立った際に悩み過ぎず決断できる力、決めたことはどんどん続けていける力が付いたと思う。旅行を通して世界の広さを実感すると共に多様な人生の在り方を目にし、残りの人生を自分はどうのように過ごしたいか、どんな職に付きどこでどのように生きていきたいのか思いはじめるようになったのだ。そこで一旦、将来の選択の可能性を広げてみようということで東京大学大学院の入試を受験、幸い合格し機械工学専攻に進学することになった。

3. 大学院での研究者修行

東日本大震災が起きた直後の大学院入学であり、当初はまだ研究室の雰囲気落ち着いていなかったように覚えている。授業開始も時期が遅れていて、所属となった山田・ドロネー研究室の始動にも遅れが生じていた。最初は先輩・教員から話を聞いたり研究会に参加したりするところからスタートした。幸運にも当時理化学研究所界面ナノ構造研究チームのチームリーダーだった藤川茂紀先生（現在九州大学教授、ネガティブエミッションテクノロジー研究センターセンター長）との研究コラボに参加、藤川先生のところで開発された高アスペクト比金属ナノ周期構造の作製手法を学ぶチャンスを得た。一時期は毎日理研に通いながら構造を作製していたが、まったく大変だった思いは残っておらず、テクニカルスタッフや藤川先生と話し合いながら楽しく研究を進めていた。藤川先生は研究の話はもちろんだが、研究者になることの魅力、自分が研究者になるまでの人生ストーリーも熱く語ってくださり、そこで感じた人のエネルギーから私は自然に研究者の姿に憧れ始めたと思う。理研で作製した構造は東大の実験室に戻り光学応答を計測、その応答のメカニズムは光渦による共鳴現象であることを計算により理解した。山田先生、ドロネー先生のご指導の元で金属ナノ周期構造の光共鳴現象を屈折率センサーに応用し高感度の応答を実験・計算の両方で実証した。屈折率は物質の組成に直接関連しており、物質の組成変化を測定するのに有用なため、分析化学、流体力学、およびバイオエンジニアリングを含む多数の科学分野において重要な役割を果たすものである (Xu, 2019)。この研究コラボはすぐに論文化され (Maeda, 2012)、未熟ながらも研究者としての自覚が少しずつできてきたきっかけとなった。修士課程の間にはドイツミュンヘン工科大学に半年間留学し、所属していた Walter Schottky Institute の Ulrich Rant 研究グループで金表面に形成した官能基の異なる自己形成単分子膜 (SAM; Self-assembled monolayer) 表面の濡れ性評価とタンパク質 (BSA; Bovine serum albumin) の付着特性の研究に短い間ながら取り組んでいた。そこでの経験は偶然ではあるが博士の研究で表面増強ラマン散乱の定量評価のために行った単分子膜形成に活かされた。当時 Ulrich らのグループではマイクロ電極に印加した交流電圧で振動させた DNA ナノレバーからの蛍光強度変化を検出することで生体分子の結合状態から分子のサイズ、形状、電荷を分析することが可能なプロトタイプを完成していて、ベンチャー企業立ち上げの目前であった。リーダー自身が要素技術の発明者であり (Rant, 2007)、研究室の主要メンバーたちが自らハードとソフト側を含めプロトタイプを完成させていた。今は会社が成長し続け、ドイツ、イギリス、ポーランド、中国、日本、シンガポールに事務所をおく立派な企業になっている (<https://www.dynamic-biosensors.com/>)。大学研究がビジネスになる良い例を目の前で勉強できた貴重な経験であり、研究者が目指す究極の荣誉であるノーベル賞の受賞の他にも、事業化によって技術を世の中に出し、国の経済にも社会にも貢献する研究者の姿を新たに知った。留学からの刺激は博士課程への進学意思を固めることに繋がり、さらに学研環境の健全さ、大学での研究開発と人材育成が社会に与える無限の可能性に魅了

され博士課程に進学した。進学後は修士での屈折率センサーの研究を構造改良により感度向上させ評価した結果を論文化 (Lee, 2014a), 富士電機社との共同研究で金属粒子間のナノギャップ (10 nm 以下) による表面増強ラマン散乱 (SERS; Surface Enhanced Raman Scattering) を用いた微量分子の検出および同定技術を開発した (図 1) (Lee, 2014b, 2016)。種々の界面において分子内の結合に由来する振動スペクトルから分子の構造・配向性・周囲の分子との相互作用等について詳しい情報を与えると共に *in situ* で適用できるラマン分光法における感度の究極的向上のため SERS 現象に着目 (Stiles, 2008), ナノギャップを持つ金属微粒子の配列構造体と光の相互作用の増大を図った。金ナノ粒子の配列構造体として金ナノ粒子ショートチェーンと、逆ピラミッド中の金ナノ粒子配列構造体を提案し、それぞれの構造が持つ光学 (プラズモン共鳴と共鳴間カップリング) 特性の解明と SERS 効果の定量評価を行い、ラマン信号のロバスト性を検証すると共に特殊な高エネルギー共鳴モードによる単分子検出を実現した。

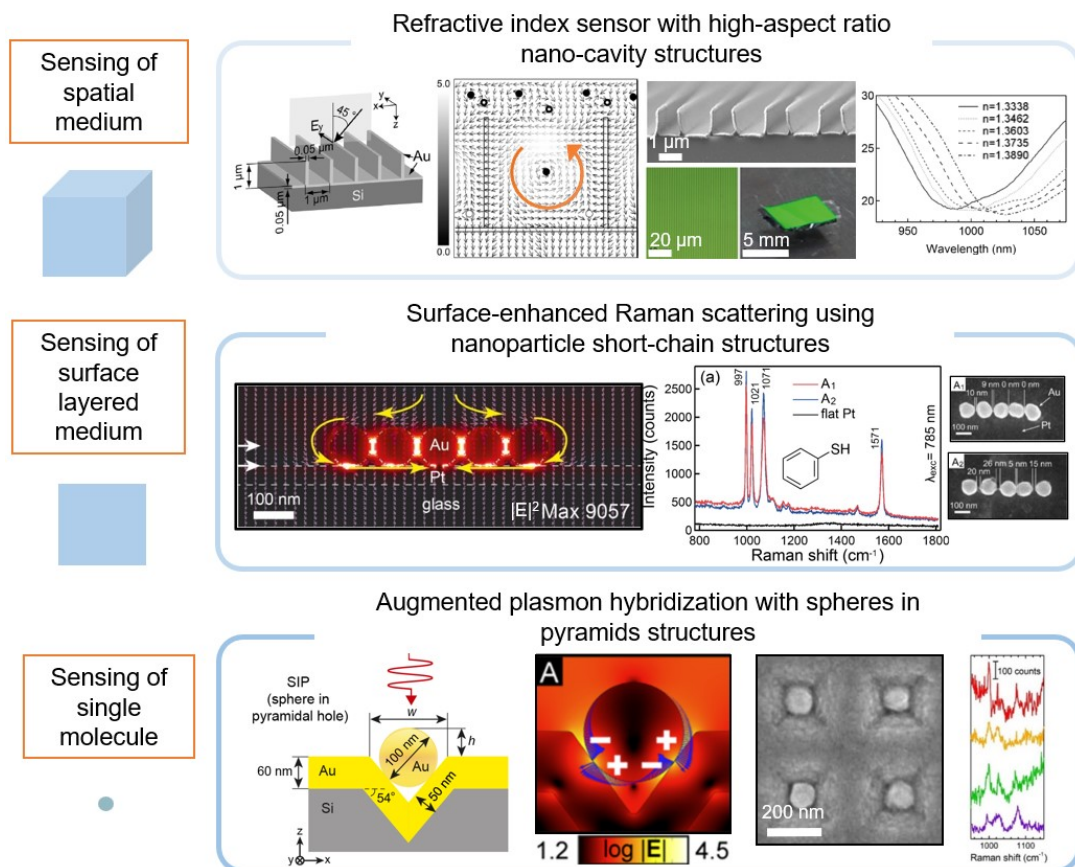


Fig. 1 Various nanostructures developed for sensing of near surface surrounding medium.

4. 博士課程途中の国際交流活動, そしてライフイベントの始まり

博士課程の期間中は図 2 のように研究科や日本学術振興会が支援する様々な国際交流活動に参加した。(a)と(b)は博士 1 年目での活動であり, (a)では世界各国から集まった博士課程学生たちが山中湖の近くに泊まりながらある題材に関して議論し合ったり対策を考えたりする 3 日間のインテンシブな活動を行った。(b)は国際ワークショップでベルギーの KU Leuven, ドイツのアーヘン工科大学とシュトゥットガルト大学に訪問しお互い研究発表を行ってディスカッション, 実験室を見学するものであった。最後には, 共用設備で使っていたラマン装置のメーカーであり馴染みがあったイギリスの RENISHAW 本社に訪問し, 現地の技術者たちと交流した。順調に進められていた博士課程の研究と活動だったが, 博士 2 年目に妊娠が分かり状況は一転, 複雑となった。計画していたものでもなく, 博士課程の真最中であつたため, 一瞬ではあるが出産を諦めることも考えた。パートナーとは既に長く付き合っていたのでいつか結婚するだろうとは考えていたものの, 経済的状況や学業のこともあり, 結婚は少なくとも博士学位取得の後を考えていたように覚えている。出産年齢が高くなれば様々なリスクが増えることも認知していたので, 心の中では



Fig. 2 International activities and life event during PhD course student. (a) GMSI (Graduate program for mechanical systems innovation) Summer camp. (b) GMSI International workshop on precision machining and metrology (KU Leuven, RWTH Aachen University, University of Stuttgart, RENISHAW). (c) HOPE Meetings with Nobel laureates organized by JSPS. (d) With Prof. Dr. Klaus von Klitzing, 1985 Nobel Laureates in Physics. (e)The doctoral degree conferment ceremony.

どうせやるのであれば早めにしたほうが良いとも思っていながら、そのタイミングの選択肢として博士課程の途中は考えにくかった。当時周りには経験者として相談に乗ってもらえる人がいなかったため精神的に辛かった。もちろんパートナーや家族からは非常に温かい祝いと愛情の溢れる支えがあったため、落ち着いて冷静に考え、パートナーと話し合いながら将来の具体的なプランを立て始めた。実際プランを立ててみたところ全然落胆する状況でないことに気づいた。私は学生であるからこそ業務上の縛りなどなく、休学制度を使えば結婚と出産という大事なライフイベントに支障はない。というものの、パートナーや家族は韓国においてそばには頼れるひとがいないなか、初体験となる様々な体の変化、大きくなってくるお腹と一緒に博士研究、1年間の休学のため韓国への引っ越しで身体的には辛かったものの、心は非常にうきうきしていた。10代、20代にかけて学業を休まず続けてきた私に長期休暇というご褒美であったし、お腹のなかで活発に動いている生命を感じることは幸せそのものであった。休学後一年が経たないうちに日本に戻り復学の準備と子供の保育施設を確保することに専念した。パートナーは韓国で働いていた会社を辞め一緒に日本に来てくれ、就活をはじめていた。最初は認可保育園の入園プロセスに慣れておらず、しかも東京都文京区の認可保育園は少子化の影響もあり数が少なくなって待機児童数が多く、入園が非常に難しい状況が続いていた。保育施設が決まらない間、私は復学し博士研究を再開していたため、その間はパートナーが就活を並行しながら育児を主に担当してくれていた。パートナーの全面的なサポートに常に感謝している。保育施設が決まるまで数か月程度かかったが、幸いキャンパス内の保育施設に預けられることができ、私も博士研究に安心して専念できるようになった。パートナーも無事東京に本社がある希望の企業に入社することができた。子育てしながら再開した博士研究の期間中、第二子を妊娠した。妊娠中の博士3年目であったが、指導教員の先生は私の健康状態を気にしながら温かく指導してくださったおかげで、心理的に安定した状態を継続できた。その間幸運にも日本学術振興会が支援する二つの国際交流活動が行えた。秋頃には韓国ソウル大学との共同セミナーを企画・実施し、冬にはノーベル賞受賞者との対話、アジア・太平洋・アフリカ地域の研究者交流の場である HOPE Meetings with Nobel Laureates に膨

らんだお腹で参加していた(図 2(c,d)). そこで出会った研究者たちやノーベル受賞者の方々からは交流の中で温かい応援の言葉をたくさん頂いた. このような国際的な場には子育てをしている研究者も数々いることに気づき, 自然に触れ合うことができた. その後, 第二子の出産前に無事博士学位を取得した(図 2(e)).

5. 博士課程終了後の不透明時期と異分野での新しいスタート

博士学位取得の見込みが立った頃, 民間企業への就職はあまり考えておらず大学のポスドク職を探しはじめていた. 同時期から留学していた同級生の場合を見ると, 韓国の企業は博士学位取得者への待遇が日本に比べ良いので, 多くの人が韓国の企業に就職していた. 大学や公的研究機関のポスドク職はすぐに見つからない場合が多く, 当時はどう探せば良いかもあまり分かっていない状況であった. 現在では多くの人は元の研究室に残り人件費が出せるプロジェクトに参加しながら次のポストを探す場合が多いと感じる. それも研究室の資金状況が豊かである場合の話で, そうでない場合も多いだろう. 私は元の研究室に残れない状況だったので一旦無職となり, 第二子を出産, こども二人を育児しながらポスドク職を探していた. パートナーの勤務先が東京であったため職場を東京に限定して, 理化学研究所の公募やウェブから見つけた科学技術振興機構 JST のキャリア支援ポータルサイト jREC-IN Portal を使い情報を調べ応募していた. 研究機関の数からすると東京は集積地でないが, 文部科学省・学術政策研究所 (NISTEP) の地域科学技術指標 2022 から分かるように, 東京は研究者と研究費が集中していることは明らかで, 職が見つかるチャンスも大きいと言える. しかしながら, 公募のポスドク職は特定の研究課題のためのものであり分野が狭く, 自分の専門性をピンポイントで活かせるような公募はなかなか見つからない (私の場合そう感じていた). 私は分野のマッチング性のある程度諦め, というのも修士と博士で行った 5 年間の研究はこの後の 30 年, 40 年の研究期間を総じてごく一部であるのと, ポスドク研究員からある意味真の研究職の始まりであるため, 少し変わった分野で始めてみるのも, リスクはあるかもしれないが長期的な観点では十分メリットもあると判断した. その時 jREC-IN で偶然見つけた東大機械からの公募に応募し, 無事ポスドク職に就くことができた. 公募は「固体表面の物理的または化学的構造によって, 濡れ現象や凍結現象を制御するプロジェクト」であり, 自分が当時まで持っていた専門性とは離れているものの, 固体表面のマイクロスケール構造の制御技術を持っていて, 表面付近に存在する分子の量や液体媒体の屈折率を制御していたため, 十分挑戦可能な分野であると判断していた. そこに濡れ性制御と相変化の新しい要素を融合させるプロジェクトとであるが, 凍結の相変化は屈折率変化や散乱光の変化をもたらすため相変化検出となると私の専門性が活かせるし, 2 次元材料や微細構造制御で形成したナノスペースにトラップさせた水の相図の理解 (Algra-Siller, 2015), 表面増強ラマン散乱で分析する研究 (Shin, 2019) などに興味を持っていたので, 私にとっては異分野の研究課題でありながら非常に魅力を感じるテーマであった. しかし, 一般的に研究課題で求められる専門性と応募者の実績や能力がぴったりマッチングしないと受け入れられない可能性も十分あるため, 分野を横断する場合は受け入れ教員と十分話し合い, お互いもう少し長期的な視点でのマッチング性を検討することが重要である. アカデミアでは「異分野融合」によるイノベーション創出が推進されていることもあり, 私のケースがそれほど劇的な異分野への転換ではないものの, 自分の中ではある種の異分野融合であると思っており, 今では分野を渡る複数の専門性を有することで研究の幅が広がり, 今の立場で対応可能な仕事も増えていると感じるところである.

6. 動的濡れの世界へ

動的濡れは図 3 に示すように固体表面上で液滴が示す動的振る舞いの総称であり, 自然現象から日常生活, 工業応用を網羅した多くの場面で見られる現象である. また応用の場面で相変化を含む界面熱流体力学, 表面エネルギー状態を分子スケールで理解する表面物理化学, ポリマーやコロイドを含むソフトマター分野も緊密に関わっている. 図 3 は様々な動的濡れの姿からもっとも基礎現象であるキャピラリー濡れを描いたものであり, 動的濡れの物理理解のアプローチの一つになっている. キャピラリー濡れとは, 球形の液滴がゆっくり表面に接触し, 平衡状態に到るまで濡れ広がる現象である. マルチスケール系となり, 現象のモデル化は複雑になるが, これまでの研究により濡れは時間スケールによって支配される抵抗要素が異なり, 初期の高速濡れとその後の低速濡れの大きく二つに分かれることが知られている. 低速濡れに関しては気液境界層が

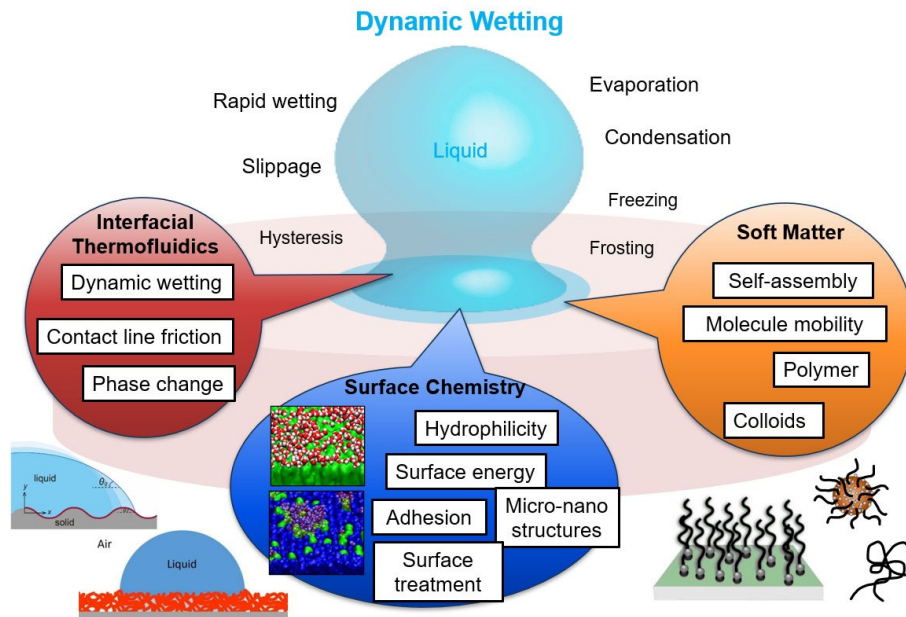


Fig. 3 Illustration of dynamic wetting and related scientific area.

表面張力によって駆動される粘性流れであるという仮定から導くことで説明でき、実験とも一致することが検証され理論が確立している (Tanner, 1979)。

初期の高速濡れは非平衡性が強く複数の支配要素が影響し合う。そこで親水や部分濡れ表面においては高速濡れの濡れ半径が液体の持つ重さと表面張力から表されるパワー則として則成り立ち、慣性に支配される時間領域で抵抗の度合いを示すパワーファクターは表面濡れ性によって決まることがハーバード大の H. Stone グループの研究によって示された (Bird, 2008)。しかし、高速濡れが慣性だけに支配されるとしたら、マクロな平衡接触角が同じであれば、表面の粗さに関わらず同じダイナミクスを示すということになる。

そこでランダムな粗さや構造が存在する自然界の複雑な表面における濡れ現象まで理解するために、濡れにおける接触線のエネルギーがある速度で散逸するとの仮定に基づいた理論に着目した (de Gennes, 1985)。エネルギー散逸において接触線速度 U との関係でスケールする接触線摩擦係数を μ_f と定義、まずフラットな表面における高速濡れのモデル理論に適用することで、 μ_f が支配的に働く流体領域が規定された (Do-Quang, 2015)。その上で、微細構造制御表面上における高速濡れには μ_f に濡れ面積から決める幾何学パラメータを掛け算した実効的 μ_f による抵抗則が成り立つことを明らかにした (Wang, 2015)。さらに、接触線摩擦が支配的となる条件においてマイクロスケールの異方性表面構造の幾何学が接触線移動速度に与える影響を定量的に評価、動的接触角と静的接触角の差によって駆動される接触線移動に、表面構造の影響を定量的に表したファクター S (例えば構造が持つ角度など幾何学成分) を取り入れることで各方向の接触線移動速度が記述可能であることを示し、実験的にも検証した (図 4(a)) (Lee, 2019)。その応用研究として液滴の選択的輸送がある。液滴が微量であるほど、固体表面が親水性であるほど固-液界面張力が相対的に大きく働くため液滴のモビリティは束縛される。そこで異方性マイクロ構造を持つ親水表面で数ミリサイズの液滴を高速輸送 (23 mm/s) 可能であることを実証した (図 4(b)) (Lee, 2022)。液滴は共振周波数付近でピンングを起こすことなく、接触線をどちらの方向にも移動し、構造幾何学による接触線移動抵抗が少ない方向へ進んでいく。異方性表面構造の幾何学を考慮した μ_f に加え、構造表面の振動・液滴重心の振動・液滴の位置関係からなるモデル系により接触線移動速度を記述し、実験結果が部分的に説明可能であることを示した。これらにより液滴の体積や振動周波数帯における輸送特性を用いることで振動による微小液滴の選択的輸送が可能であることが判る。

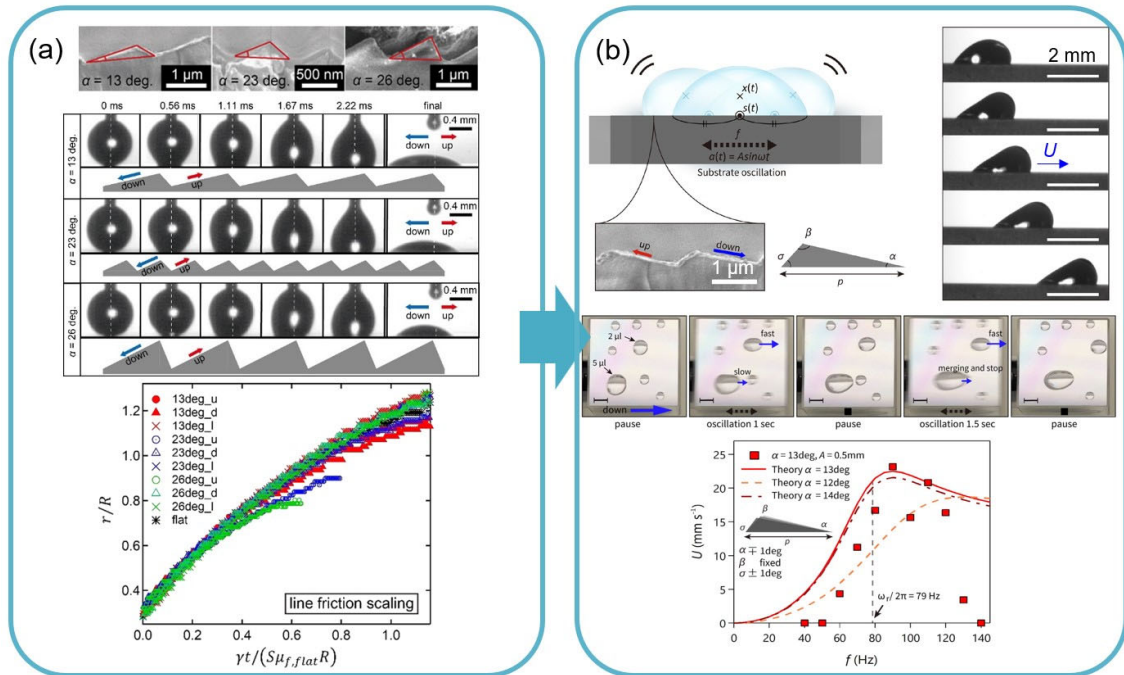


Fig. 4 Dynamic wetting control over asymmetric saw-tooth shaped surface microstructures. (a) Control of spreading contact line velocity in rapid wetting regime. (b) Control of small droplet transport speed.

7. その後また二人の天使がくる、そしておわりに

ポストドクの職に就いてから企業との共同研究を始め、所属研究室のリーダーである塩見先生が主導する NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の研究プロジェクトや JST の CREST 研究課題など様々なプロジェクトに関わってきている。図 4 のように純粋な興味から始まり研究資金とは関係のないプロジェクトもスウェーデン Södertörn University の現副総長、教授である Gustav Amberg 先生のご協力の基で行ってきた。その間幸運にも助教、講師に昇任することができた。これらの間に私はさらに 2 回出産していて、今は 4 人のこどもたちを育てている。3, 4 回目の出産の際は参加していたプロジェクトがあったため産休のみ取得し育休は 3 回目はずらず、4 回目は 1 ヶ月間のみ取得した。産休の間はこどもたちをつれて韓国の実家で暮らした。パートナーがその間育児から離れて一人となり、仕事により集中でき、普段はなかなかチャンスのない独りでの時間を持たせる裏の目的もあった。両親は仕事をしているためあまり手助けは求められない状況だったが、それでも一緒に過ごせた時間は非常に貴重であった。復帰のためにはこどものビザ取得、健康保険加入、復帰タイミングに合わせた保育園入所の段取りなど色んな準備事項があるが、上の二人での経験から慣れていたこともあり割とスムーズに備えられた。産休のみで短めの休暇で済ませたものの、どうしてもプロジェクトには影響を及ぼす。そこは責任を持って影響ができるだけ最小になるように努力する必要がある。なんらかの形で 4 人のこどもを育てながら大学教員の仕事をしているが、子だくさんでワークライフバランスを取ることはなかなか難しいものだ（篠原, 2020）。これを可能にするもっとも重要な要素は男女構わずパートナーの支援（可能な環境であれば祖父母のサポート）、職場の環境と認識であろうが、それらと同じくらい重要なのは研究と教育への愛情を失わないこと、自分の健康と体力管理、時間マネジメントへの工夫、そしてキャリアアップ速度を気にし過ぎず自分なりの速度で歩いていける勇気と根気かもしれない。子育てで実家のサポートが受けられないのは打撃が強いものの、私の場合はその分をパートナーが十分カバーしてくれている。それでも子だくさんになると対応が難しい場面は色々生じ仕事に影響を及ぼすが、その場合は関係者に事情を説明し状況をアレンジ、場合によっては代わりに対応してもらおう。もちろんできるだけ仕事の場面で影響がないように工夫することも重要だが、これをやりすぎると家族が苦しむし自分も倒れてしまうだろう。状況に応じて職場の方々に SOS を出し、落ち着いたらまたできる限りの力で補いつつ進んでいくのだ。幸い、今の研究室はプライベートな状況も非常に言いやすい環境であり、これまでの共同研究者の方々も状況をよく受け入れてくださっていた。私がこれまでに続けられてきているベースであって、

周りの方々には心の底から感謝し、本当に自分は恵まれた環境にいるのだと痛感している。

4 人の子どもを育てながら大学教員をしている今、仕事でもプライベートでもチャレンジングな場面が相次いでいる。異分野の研究そのものもチャレンジングであったが、そこを起点とした研究要素のつながりは常にチャレンジングであり、研究を続けるもっとも強力なエネルギー源にもなっている。その中でわいわいしている子どもたちとの関わりも常にチャレンジングなものだ。まだ学びたいことは山積みで、仕事と子育ての両立に加え研究業績を上げ研究費を獲得し続ける、学生教育の質を上げていくなど目の前には常に多くのチャレンジが待っている。その中で得られる知見や知識、経験は様々で、自分の個性になってくるのだと思う。大学教員には求められる仕事の量は多く、研究への時間確保が厳しい中で、ワークライフバランスの向上は難しい課題に違いない。しかしワークライフバランス向上のための環境や認識、システムの改善は持続的に推進されていて、子だくさんでも年齢やキャリアアップ速度を気にし過ぎずやっつけば非常に楽しい仕事になれると信じているし、実際私はそう思っている。最後に、小さい子どもを育てながら研究している、もしくはこれからライフイベントを準備している研究者の皆さんを応援します。私の話が少しでもお役に立てますように。

文献

- Algara-Siller, G., Lehtinen, O., Wang, F. C., Nair, R. R., Kaiser, U., Wu, H. A., Geim, A. K. and Grigorieva, I. V., Square ice in graphene nanocapillaries, *Nature*, Vol.519 (2015), pp. 443–445.
- Bird, J. C. Mandre, S. and Stone, H. A. Short-time dynamics of partial wetting, *Physical Review Letters*, Vol.100, No.23 (2008), 234501.
- De Gennes, P. G., Wetting: Statics and dynamics, *Reviews of Modern Physics*, Vol.57, No.3 (1985), pp.827–863.
- Do-Quang, M., Shiomi, J. and Amberg, G., When and how surface structure determines the dynamics of partial wetting, *EPL*, Vol.110 (2015), 46002.
- Lee, Y., Abasaki, M., Portela, A. and Delaunay, J. -J., Effective light concentration in gold short nanosphere chain on platinum mirror for surface-enhanced Raman scattering, *Applied Physics Letters*, Vol.105, No.12 (2014), 121114.
- Lee, Y., Amberg, G. and Shiomi, J., Vibration sorting of small droplets on hydrophilic surface by asymmetric contact-line friction, *PNAS Nexus*, Vol.1, No.2 (2022), pgac027.
- Lee, Y., Kamal, S., Abasaki, M., Ho, Y. -L., Takakura, Y. and Delaunay, J. -J., Gap plasmons multiple mirroring from spheres in pyramids for surface-enhanced Raman scattering, *ACS Photonics*, Vol.3 (2016), pp. 2405–2412.
- Lee, Y., Maeda, E., Ho, Y. -L., Fujikawa, S. and Delaunay, J. -J., High sensitivity refractive index sensing with strong light confinement in high-aspect-ratio U-cavity arrays, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol.202 (2014), pp. 137–143.
- Lee, Y., Matsushima, N., Yada, S., Nita, S., Kodama, T., Amberg, G. and Shiomi, J., How topography of surface microstructures alters capillary spreading, *Scientific Reports*, Vol.9, (2019), 7787.
- Maeda, E., Lee, Y., Kobayashi, Y., Fujikawa, S. and Delaunay, J. -J., Sensitivity to refractive index of high aspect-ratio nano-fins with optical vortex, *Nanotechnology*, Vol.23, No.50 (2012), 505502.
- Rant, U., Arinaga, K., Scherer, S., Pringsheim, E., Fujita, S., Yokoyama, N., Tornow, M. and Abstreiter, G., Switchable DNA interfaces for the highly sensitive detection of label-free DNA targets, *PNAS*, Vol.104, No.44 (2007), pp. 17364–17369.
- Shin, D., Hwang, J. and Jhe, W., Ice-VII-like molecular structure of ambient water nanomeniscus, *Nature Communications*, Vol.10, (2019), 286.
- 篠原さやか, 女性研究者のキャリア形成とワーク・ライフ・バランス, *日本労働研究雑誌*, Vol.62, No.9 (2020), pp. 4–17.
- Stiles, P. L., Dieringer, J. A., Shah, N. C. and Van Duyne R. P., Surface-enhanced Raman spectroscopy, *Annual Review of Analytical Chemistry*, Vol.1 (2008), pp. 601–626.
- Tanner, L. H., The spreading of silicone oil drops on horizontal surfaces, *Journal of Physics D: Applied Physics*, Vol.12 (1979), pp. 1473–1484.
- Wang, J., Do-Quang, M., Cannon, J., Yue, F., Suzuki, Y., Amberg, G. and Shiomi, J., Surface structure determines dynamic wetting, *Scientific Reports*, Vol.5, (2015), 8474.
- Xu, Y., Bai, P., Zhou, X., Akimov, Y., Eng Png, C., Ang, L. -K., Knoll, W. and Wu, L., Optical refractive index sensors with plasmonic and photonic structures: Promising and inconvenient truth, *Advanced Optical Materials*, Vol.7 (2019), 1801433.