

ChemENG 14

Tokyo Institute of Technology Chemical Engineering

AUG
2014

「化工計算—修行から発見へ—」

大学院理工学研究科
化学工学専攻教授
伊東 章

もう40年も以前になるが、学生時代の講義・演習は「見たこともない装置の膨大な設計計算をするのが化学工学」そのものであった。電卓も無い当時、化工演習は計算尺による手計算で、用紙一杯の計算を数時間ばかりでおこなったものである。

教官として化学工学を教える立場となり、この膨大な計算の「修行」は必要なか？という疑問から、担当の講義・演習・実験で計算の工夫を種々試行してきた。

始めは初期のパソコン付属のBASICプログラミングで各種化工計算を試みた。するといくつかの汎用の数値計算プログラムで化工計算全般を取り扱えることに気付いた。伝統のMcCabe-Thiele法や多段抽出の図解法などの図式解法は、結局非線形連立方程式をグラフ上で解いているだけであり、方程式解法で置き換えられる。

1990年代後半になるとパソコン上のExcel表計算が進歩し、ゴールシークやソル

バーの機能を持った。これで、連立非線形方程式解法や最小2乗法がExcelで取り扱えるようになった。

次のハードルは常微分方程式である。幸いExcelのマクロがVBA(BASIC言語)になったので、Runge-Kutta法による解法シートを作成した。この常微分方程式解法シートにより、移動現象論、プロセス制御を含め広範囲の化工計算がExcel上で取り扱えることを示した。

最後は偏微分方程式である。これは差分化してセルを節点とみなす手法で、基礎的な偏微分方程式の問題解法が可能であった。長年の課題であった固定層吸着の破過曲線の計算もExcelシート上の解法を考案した。これで教科書レベルの化工計算はほぼExcelで制覇することができた。

このようなExcelによる化工計算は2004年から化工誌の連載記事となり、その後「Excelで気軽に化学工学」として出版された。これが好評であったので、その後も書籍化がなされ、現在図のようにExcel演習を特徴とする担当の講義内容を全て教科書とすることができた。

ここに至り「化工計算は計算の修行」から脱するという目標が達成できたと思う。さて、

モデル式を解くことが手軽になると、そこで見えてくるのは化学工学の各種モデル自身である。化学工学の特徴は現実の装置で起こっている複雑な移動現象をモデル化することにある。それも現象の本質をとらえた簡潔なモデルを発見することに特徴があり、独自性であることが浮かび上がってくる。今はこのモデル発見の過程を化学工学を学ぶ意義として強調しているところである。

このような観点から化工誌2014年11月号から「Excelによる化学工学10大モデル」と題する連載を開始する予定である。乞うご期待。☑



TOPICS

「指先の摩擦と触感を制御したタッチパネルディスプレイ表面保護分子膜の開発」

Written by: 青木 才子

近年、スマートフォンやタブレット端末の急速な普及を背景に、これらに使用されるタッチパネルディスプレイにおいて単純に指先で触るだけの操作から、指先で擦る、叩くなど

の多種多様な動作に対応し、それら動作に追従して様々な触感やバーチャルリアリティ感を付与するインターフェースを実現することが次世代型タッチパネルディスプレイに求められている。タッチパネルディスプレイには、耐擦傷性、防汚対策(指紋の目立ち対策)などの表面保護を目的としたコーティングが施されているが、指先での操作性や動作応答性を高めるためには、コーティングは分子膜程度に十分に薄く、さらには指先とディスプレイ表面に生じる摩擦の大小により触感の制御が可能となる分子膜を設計することが必要であ

る。ここでは、ディスプレイ用保護膜として、優れた耐久性および生体親和性という観点から高分子量化合物より形成される吸着分子膜に着目し、分子膜における指のトライボロジー特性に関する研究の一端を紹介する。まず、指先による実際のタッチにおける摩擦力の計測を目指し、指先による、たたく、擦るなどの操作時における3軸(x,y,z方向)の力の動的測定を可能とする圧電型3分力センサを中心に設置した平板型摩擦測定装置を試作した(図1)。この平板型摩擦測定装置に汎用のタブレット端末を設置し、端末操作に

おける指の位置や端末画面の速度を制御できるアプリ等を組み込むことにより、指の接触から離れるまでの一連の動作（指を固定→すべり→停止→指を離す）の力学的データを取得することが出来る。図2は得られた結果の一例であるが、各動作における摩擦力と速度および垂直荷重との関係を重回帰分析により解析し、分子膜における指先の摩擦現象を説明する手法の確立を試みている。また、ディスプレイ用分子膜の最適設計を目指して、ハードディスク用潤滑剤であるフッ素系高分子化合物（PFPE）の蒸着膜や直鎖アルキル基を有する自己集積化単分子膜（OTS）をモデル分子膜として、各々のモデル分子膜で被覆されたガラス表面における指のトライボロジー特性を調査した（図3）。相手摩擦材が指の場合、PFPE分子膜が形成されたガラス基板において低摩擦係数を示すことから、ディスプレイ表面へ分子膜を被覆することにより指の摩擦特性を制御できる可能性が明らかになっている。今後は、平板型装置による摩擦測定と同時に、指のすべり動作における操作感などの感性評価を実施して、指先の摩擦と操作感などの感覚が同期した刺激因子を洗い出し、力学的データ（摩擦）と心理学的データ（触感）の定量的相関の解明に取り組む予定である。

図1 平板型摩擦測定装置の概略図

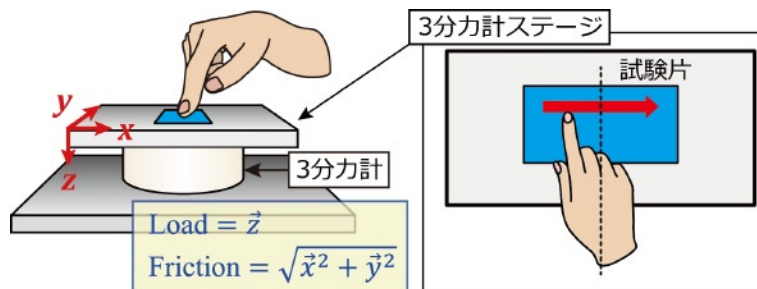


図2 指のすべり動作に対する摩擦力と垂直荷重(上)とすべり速度(下)の関係

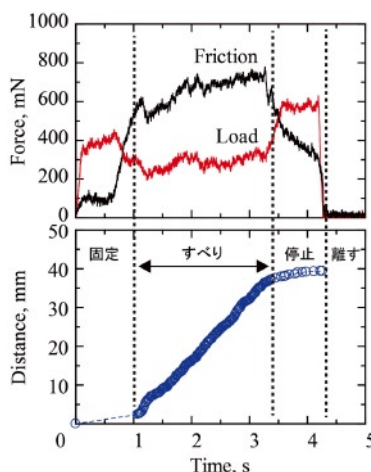
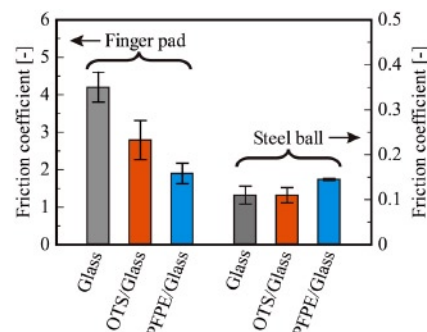


図3 ガラス基板上に形成された各種分子膜における人差し指および鋼球より得られた摩擦係数



Laboratory Now

「生体膜制御タンパク質を利用した機能性脂質ナノチューブの合成」

Written by: 田中 祐圭

微生物からヒトまで、個々の細胞は細胞分裂や細胞内小器官の形成など、生体膜の構造を緻密に制御し生命を維持しています。これらの生体膜構造の制御機構には、さまざまなタンパク質が関与しています。ここでは磁性細菌と呼ばれる磁気微粒子を生合成する微生物の生体膜制御タンパク質に関する研究と、このようなタンパク質を利用した生体膜-ナノ粒子の複合機能材料の開発に関する研究を紹介します。

我々の身近な環境水圏（例えば海、川、湖など）には、均一な形状の酸化鉄からなる磁気微粒子を生合成する磁性細菌と呼ばれる微生物の一群が生息しています¹⁾。この磁性細菌は、マグネトソームと呼ばれる細胞内小器官を細胞膜からの陥入により形成

し、その内部に磁気微粒子を合成します。しかしながらマグネトソーム小胞形成の分子機構はいまだ不明な点が多いのが現状です。そこで小胞形成の分子機構解明に向け、成熟過程及び成熟後のマグネトソームから抽出されたタンパク質の比較プロテオーム解析を実施し、成熟過程のマグネトソームに特徴的に存在するタンパク質MamYが同定されました（図1）²⁾。このタンパク質は、真核生物の細胞内小胞形成に重要なタンパク質ドメインBin-Amphiphysin-Rvs (BAR)と相同性を示し、MamY遺伝子を欠損した磁性細菌は、野生株に比べてマグネトソーム小胞のサイズが大きくなることが明らか

となりました。さらに人工生体膜(リポソーム)を作製しMamYと混合すると、直径数μmの球形リポソームが、直径50nm、長さ数百nmのチューブ構造に変化することが観察されました（図2）。以上の結果より、MamYは磁性細菌におけるマグネトソーム小胞の形態制御に寄与すると強く示唆されています。今後このような生体膜の構造制御タンパク質は、生体適合性材料の開発や生体膜機能を模倣したデバイスの作製など、バイオナノテクノロジー分野に応用されることが期待されます。

一例としては、生体膜とナノ粒子との複合材料の開発に利用できることが示されて

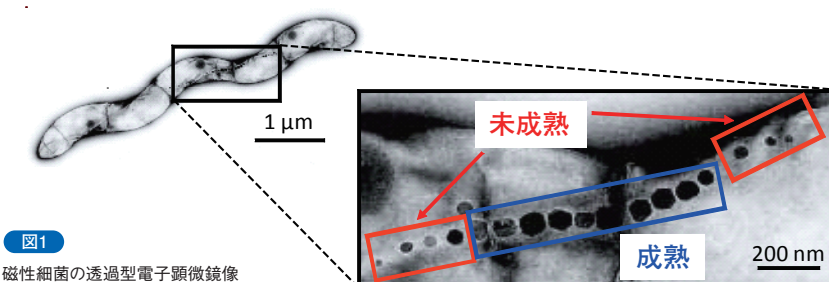


図1 磁性細菌の透過型電子顕微鏡像

います。蛍光を示す疎水性量子ドットを作製し、リポソームの脂質二重層内に内包した後、生体膜制御タンパク質を混合することで、これまで報告例の無い量子ドット内包脂質チューブ合成に成功しました(図3)³⁾。本技術は量子ドットに限らず様々なナノ材料の機能を持つ生体膜・ナノ粒子複合材料の開発に適用可能であると期待されます。今後はこれらの生体膜機能を持つナノ材料の利活

用をさらに志向し、生体反応の計測デバイス開発などの研究を推進する予定です。☞

- 1) Arakaki A., Yamagishi A., Fukuyo A., Tanaka M., and Matsunaga T.: Coordinated functions of Mms proteins define the surface structure of cubo-octahedral magnetite crystals in magnetotactic bacteria. Mol. Microbiol. (In press)
- 2) Tanaka, M., Arakaki, A., and Matsunaga,

T.: Identification and functional characterization of liposome tubulation protein from magnetotactic bacteria. Mol. Microbiol., Vol.76 (2), p480-488, (2010)

- 3) Tanaka, M., Critchley, K., Matsunaga, T., Evans, S., Staniland, S.: Fabrication of quantum dots embedded lipid tubules by membrane tubulation protein. Small, Vol.8 (10), p1590-1595, (2012)

図2 球形人工生体膜(リポソーム)のMamYによる構造変化

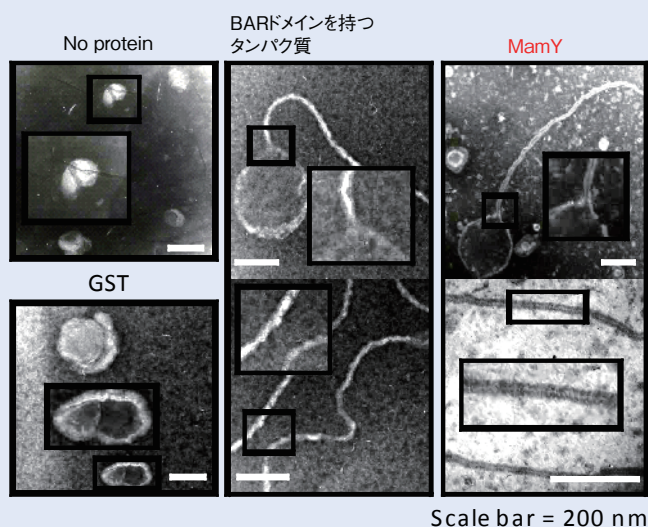
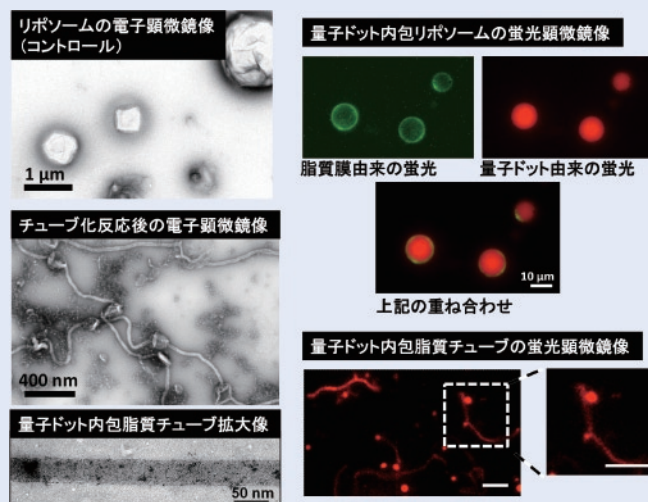


図3 生体膜構造制御タンパク質を用いた蛍光性量子ドット内包脂質ナノチューブの合成



From ChemENG Tokyo Tech

「ノルウェー科学技術大学の大学院生との交流記」

Written by: 松本 秀行

ノルウェー科学技術大学 (Norwegian University of Science and Technology: NTNU) のエネルギー・環境プログラムに所属する大学院生65名が、日本へのエクスカーションプログラムの一つとして、4月8日(火)に本学の大岡山キャンパスを訪問しました。引率者のGundersen教授より事前に「このプログラムには電力工学からエネルギー・プロセス工学まで幅広い分野の学生が参加しており、東工大では『プロセス』に関係する見学プログラムを組みたい」という要望があり、本化学工学専攻の教員が中心となって、研究施設の見学やNTNU-東工大の学生交流などを企画しました。

正午前に大岡山駅に到着したNTNUの学生をまずキャンパス内の学生食堂に案内



し、化学工学専攻・化学工学科の学生とともにランチパーティーを開催しました。NTNUの学生たちがゆっくりとした英語でフレンドリーに日本人学生へ話しかけてくれたこともあって、両大学の学生間で和気藹々としたパーティーになりました。ランチ後は場所を講義室に移し、Wiwut教授と谷口准教授による特別講義を化学工学専攻の学生とともに聴講しました。Wiwut教授





は世界的状況から触媒化学まで石油精製プロセスに係る様々なトピックスを講義し、化学工業プロセスの知識が不十分でありながらも積極的に質問するNTNUの学生の姿勢が印象的でした。

講義終了後は少人数のグループに分かれて、化学工学専攻の研究室、原子炉工学研究所と環境エネルギーイノベーション棟の見学ツアーを行いました。化学工学専攻の

ラボツアーでは、NTNUの学生との交流を深めるために各研究室の所属学生による研究紹介が多く見られました。このように研究施設見学に加えて学生交流の機会もあったことについて、後日Gundersen教授より感謝の言葉を頂戴しましたが、私たち化学工学専攻教員もこれを機に海外留学に興味を示す学生が一人でも増えてくれることを願っています。

最後になりますが、今回の企画実施には本専攻教員のほかにも、多くの学内の方々にご協力いただきました。特に、工学系長の岸本教授、原子炉工学研究所の加藤准教授、化学専攻の伊原准教授のご尽力に感謝いたします。また、ランチパーティー開催に多大なご支援いただいた化工会（化学工学科・化学工学専攻の同窓会組織）にも感謝いたします。☺



Information お知らせ

新任教員の紹介

2014年4月1日より、化学工学専攻に新しい教員が着任されました。

- プロセス解析講座
システム解析分野
大河内 美奈 教授
- プロセス設計講座
装置設計分野
田中 祐圭 助教

表彰

化学工学専攻の学生ならびに大学院修了生が、以下のように表彰されました。(学年は受賞時)

- 東郷 昌輝 氏 (下山研究室 博士課程3年)
International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of Chemical Society of Japan, Poster Award, Application of PC-SAFT equation of state to modeling of high temperature and pressure phase equilibria with water and hydrocarbon association (2013年9月)。
- 坂部 淳一 氏 (下山研究室 博士課程2年)
第3回CSJ化学フェスタ 最優秀ポスター賞、分子情報を融合した状態方程式による超臨界溶体急速膨脹法での薬物微粒子の設計 (2013年11月)。
- 谷口 一平 氏 (大川原研究室 修士課程1年)
公益財団法人化学工学会粒子・流体プロセス部会 2013年度動画賞研究部門(2014年1月)。
- 澤永 佳那 氏 (吉川研究室 学部4年)
第16回化学工学会学生発表会東京大会 優秀賞、コーティングを施した同心二重円筒間テイラー渦の流動状態 (2014年3月)。
- 橋本 唯 氏 (久保内研究室 修士過程2年)
日本機化学会2013年度若手優秀講演フェロー賞、FRP製貯蔵タンクの樹脂劣化を検知するセンサの適応研究(2014年5月)。
- 田中 千裕 氏 (久保内研究室 修士課程1年)
日本材料科学会平成26年度若手奨励賞 ポスター部門、赤外分光法によるフェノキシ樹脂の熱劣化評価(2014年6月)。

●Bryan B. Pajarito 氏

(久保内研究室 2012年9月博士課程修了)

第26号日本材料学会奨励賞(末澤賞)、Absorption and wet retention of flexural properties of E-glass flake / epoxy composites under corrosive environment (2014年6月)。

2013年度化学工学専攻修士課程中間報告会において、以下の3名が表彰されました。

- 最優秀賞 高村 洋輝 氏 (太田口研究室)
「ホエイ廃液中乳糖からの稀少糖アラビノース生成プロセスの構築」
- 優秀賞 谷口 一平 氏 (大川原研究室)
「マイクロチャネル内の大きな温度勾配下における懸濁粒子の熱泳動」
- 優秀賞 木村 俊介 氏 (関口研究室)
「放電による光源を内部に有する光触媒反応器の開発」

2013年度化学工学科化学工学コース学術論文発表会において、以下の3名が表彰されました。

- 金賞 バトエルデネ ウンドラマー 氏 (太田口研究室)
「乳酸菌増殖反応に対するフラクトオリゴ糖の影響解析」
- 銀賞 印藤 駿 氏 (谷口研究室)
「硫化亜鉛微粒子の噴霧熱分解合成」
- 銀賞 篠田 誠司 氏 (下山研究室)
「水溶液への超臨界溶体急速膨脹法による薬物分散水溶液の作製」



東京工業大学大学院理工学研究科
化学工学専攻
<http://www.chemeng.titech.ac.jp/index.htm>

<http://www.chemeng.titech.ac.jp/>

【ChemENGニュースレターに関するご意見、ご要望、お問い合わせは、下記までお願いします。】

ChemENG編集委員会 E-mail: newsletter@chemeng.titech.ac.jp Phone: 03-5734-2475

