



DYNAMICS



機械力学・計測制御部門ニュースNo.57

March 4, 2016

振動エネルギーハーベスティング — 環境振動発電技術 — はモノになるか？

京都工芸繊維大学 大学戦略推進機構系 ものづくり教育研究センター 増田 新

1. エネルギーハーベスティングへの期待

エネルギーハーベスティング (energy harvesting) とは、環境中に薄く広く存在する未利用のエネルギーを収集して電気エネルギーに変換し利用する技術の総称である。環境発電とも呼ばれるが、エネルギーの供給源としては自然物人工物を問わない。これまで顧みられず捨てられてきたエネルギーを拾い集めることから、かつてはenergy scavengingとも呼ばれたが、「ゴミ漁り」より「捕獲・収穫」のほうが語感として好まれるのだろう。現在ではエネルギーハーベスティングという呼称が定着している。(なお、英語の発音からすれば「エナジーハーベスティング」のほうがしっくりくるが、energyの日本語読みはエネルギーとするのが通例であるから、本稿ではエネルギーハーベスティングと表記する。) もちろん太陽光や風力を始めとする再生可能エネルギー全般を含めて広義のエネルギーハーベスティングと呼べなくはないが、通常は小型の電子情報機器、典型的には無線センサー、を無給電で動かすための局所的な発電手段のことをいい、発電電力は μW ~ mW のオーダーである。

さて、このような技術の発端は1990年代に遡るが、2000ゼロ年代初頭から活発に研究されるようになった。この時期は無線技術の革新・普及とMEMS技術の商用化が急速に進んだ時期であり、「小型のセンサーを環境中に大量にばらまいてデータ収集を行う」センサーネットワークの構想が現実味を帯びてきた時期であった。多数のセンサーをネットワーク化するための省電力無線規格が相次いで登場し、小型の無線センサーノードを構成することが年々容易になる状況の中で、ではセンサーや無線モジュールを動かすための電源をいかに供給するか、との問いから、センサーノード周囲の環境からエネルギーを取得する自立電源としてのエネルギーハーベスティングのニーズが認識されるようになったのである。その後の10数年で、組み込みデバイスの高性能化とともにいっそうの省電力化が進み、現在ではセンサーノードの駆動に必要な電力とエネルギーハーベスティング技術で供給可能な電力が十分にバランスするようになった。

いっぽうで、多数のセンサーを情報ネットワークに接続し、収集した大量のデータに基づいて様々な意志決定や制御を効率よく行おうとするユビキタスセンサーネットワークの概念は、近年ではより強力になったサイバー

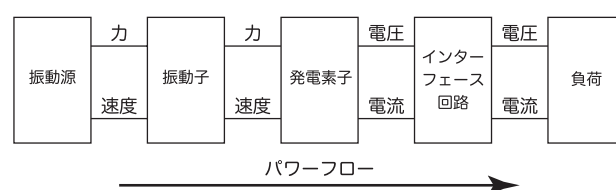


Fig.1 Structural overview of vibration energy harvester

空間のコンピューティング資源と結びついた大規模で汎用的なサイバーフィジカルシステム、あるいはIoTといった概念に発展しつつ、産業、物流、交通、インフラ維持管理、医療、健康維持、介護、セキュリティから防災まで、人間の生活や産業のあらゆる分野に浸透しようとしている。このような技術潮流の中で、エネルギーハーベスティングはこれらを支えるメンテナンスフリーな自立電源技術として期待されており、限定的ながら市場も立ち上がりつつある。しかし、今後大きく花開くためには更なる技術開発の加速が必要であり、2020年までの5年間で正念場であると感じている。本稿では、エネルギーハーベスティング、特に振動エネルギーハーベスティング技術の現状について概観するとともに、今後注力すべき課題について私見を述べてみたい。

2. 振動エネルギーハーベスティング

エネルギーハーベスティング技術は、そのエネルギー源を何に求めるかによってまずは大別される。すなわち、電磁波のエネルギー、熱エネルギー、化学エネルギー、運動エネルギーである。このうち、運動エネルギーは環境中に遍在しており利用しやすいものの一つである。運動エネルギーを利用するために、振動子を媒介にしてこれを捕捉し電気エネルギーに変換する発電技術は振動エネルギーハーベスティングと呼ばれている。近年、市場が徐々に拡大してきており、ワイヤレススイッチやプラントでの回転機械モニタリング用途など、商業的に一定の成功を収める例も出てきている。

2.1 振動エネルギーハーベスティングデバイスの構成

典型的な振動エネルギーハーベスティングデバイスの構成を図1に示す。振動源からもたらされる力を受けて振動子が振動、振動子に組み込まれた発電素子によって振動子の力学的エネルギーが電気エネルギーに変換さ

れ、インターフェース回路を介して負荷で消費される。

振動エネルギーハーベスティングデバイスの設計においては、パワー密度を高める、すなわち、より小さなデバイス体積でより多くの電力を得ることが求められる。そのためには、振動源から負荷へのパワーフローを最適化することが重要であり、これらの特性を十分に考慮した上で、各構成要素間の結合をトータルに整合させる必要がある。

振動源は、定常な調和振動と見なせるものから衝撃的なもの、ランダムなものまでさまざまであり、その特性を十分に把握しておかなければならない。特に振動の帯域幅と定常性の有無には気を配る必要がある。

振動源と振動子の結合方法は二種類ある。一つは振動子の変位を振動源の変位で拘束する直接駆動型、もう一つは振動源に振動子を載せて励振する基礎励振型である。基礎励振型は後付けの設置が容易であるため汎用性が高く、次節で述べる共振型デバイスはほとんどこの形式をとる。いっぽうで、あらかじめ設計時に発電機構を埋め込むことが可能な場合には直接駆動型が有力な候補になる。

発電素子には、機械系と電気系を磁場を介して結合するものと電場を介して結合するものがあり、結合の様式が異なる。磁場を介する結合を用いたものには永久磁石とコイルを用いた電磁誘導タイプおよび超磁歪素子を用いたものが含まれる。電場を介する結合を用いたものの代表は圧電素子を用いたものとエレクトレットを用いたものであり、よく研究されている。それぞれの結合様式の変換素子を組み込んだ振動子の等価機械モデルを図2に示す。

インターフェース回路は、AC-DC変換や発電素子と負荷の間のインピーダンス整合を行う役割を果たす。負荷には抵抗性のもので容量性のものであり、さらにコンデンサーに電荷を一定量チャージして間欠的に放電する場合のように、負荷の非定常性を考慮しなければならない場合もある。

2.2 共振型デバイス

振動源側から見た最前段である振動子との結合部において、振動源から振動子への入力パワーを大きくするための一般的な指針は、加振力と加振点速度の同相成分を大きくすることである。これを実現するための方法の一つは共振を利用することで、多くの振動エネルギーハーベスティングデバイスで採用されている。ここではこれを共振型デバイスと呼ぼう。共振型デバイスは振動源が調和的かつ定常である場合に極めて有効である。

線形1自由度振動系に電磁誘導型の発電素子を内蔵し負荷を純抵抗とした共振型デバイス(図2(a)の系)を考える。図中右側に示したように、負荷抵抗を含めた発電素子は、発電素子の内部抵抗(コイル抵抗)と負荷抵抗をそれぞれ表す粘性減衰要素を直列結合したものとして等価表現される。振動源から振動子に入力されたパワーは系内の三つの減衰要素で消費されるため、これら減衰の大きさのバランスに依存して、負荷で消費される平均パワーすなわち発電電力が変化する。共振周波数において発電電力を最大化するよう最適な負荷抵抗値を求めると、発電電力は、

$$P_{\max} = \frac{|F|^2}{8c} \frac{1}{1+c/c_r} = \frac{ma^2}{16\zeta\omega_n} \frac{1}{1+c/c_r} \quad (1)$$

となる(1)。ただし $c_r = \varphi^2/R_r$ であり、右辺は機械減衰を減衰比で規定し発電デバイスを加速度振幅 a の振動源で

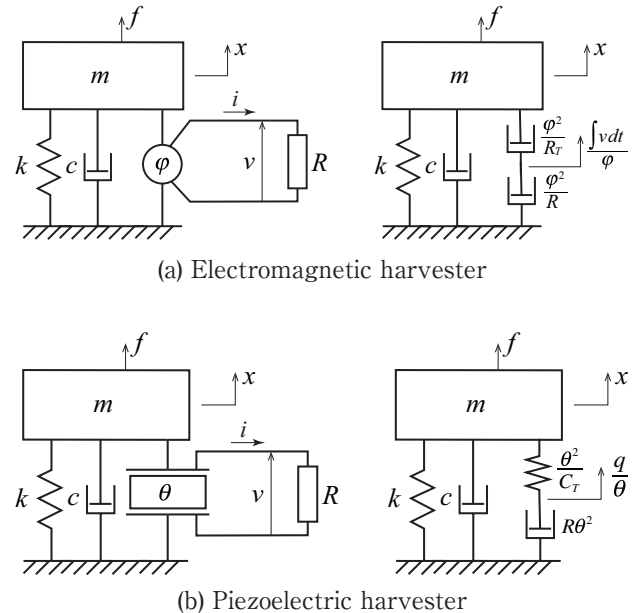


Fig. 2 Equivalent mechanical models

基礎励振したときの表現式である。上式から、機械減衰比と内部抵抗をできるだけ小さくし発電素子の力係数をできるだけ大きくすることが発電能力の向上をもたらすことがわかる。

圧電素子を組み込んだ共振型デバイス(図2(b)の系)の場合の最大発電電力は、機械減衰比と電気機械結合係数がともに小さいと仮定すると、

$$P_{\max} = \frac{ma^2}{8\zeta\omega_n} \frac{1}{1+\sqrt{1+(2\zeta/k_e^2)^2}} \quad (2)$$

となる(2)。ただし $k_e^2 = \theta^2/(kC_T)$ である。式(1)と比較すると、機械減衰比をゼロに近づけていった理想的な極限では両デバイスの最大発電電力は一致することがわかる。

2.3 非共振型デバイス

振動源が狭帯域で中心周波数が低い場合には、振動源に共振する振動子を設計することが困難になる。したがって非共振動作を余儀なくされるが、そのような場合でも高い性能を発揮できるのがブラッキング振動子による発電デバイスである。ブラッキング(plucking)とは「(弦楽器を)つま弾く」ことで、ギター、マンドリン、三味線などにおいて爪や撥(plectrum)で弦を弾く動作を意味する。概念としては図3のようなものである。

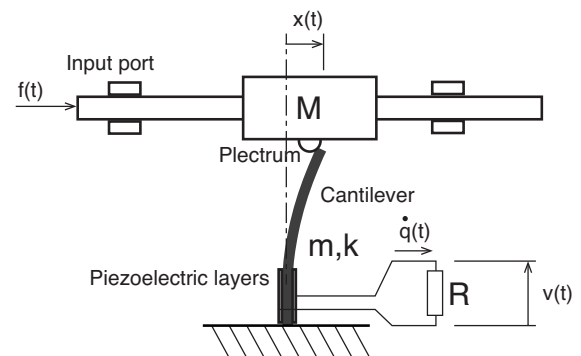


Fig. 3 Plucking vibration energy harvester

振動源に直結された入力端に取り付けた爪によって振動子の先端をひっかけ、負荷過程においてこれを変形させる。最大変位に達したところで爪がはずれ、振動子が弾かれる。すると、負荷過程において振動子に蓄えられ

た弾性ポテンシャルエネルギーは自由振動のエネルギーに形を変え、振動子に内蔵された発電素子（図では圧電素子）によって電氣的に回収される。もし機械的損失がなければ、弾性ポテンシャルエネルギーの全量が回収される。実際、最適に調整された圧電ブラッキング振動子においては、1回のブラッキングあたりの発電電力量を負荷過程で蓄えられた弾性ポテンシャルエネルギーで除したエネルギー回収効率は、

$$ERE = \frac{k_e^2/4\zeta}{1+k_e^2/4\zeta} \quad (3)$$

となり(3)、電気機械結合係数が大きく機械減衰比が小さいほど大きくなる。

なお、衝撃的な加振力が利用できる場合には、共振型デバイスと同構造のデバイスを用いた発電が可能である。振動源からもたらされる衝撃荷重によって振動子を自由振動させることによって発電を行う。

2.4 性能指標

振動エネルギーハーベスティングの話をするときよく尋ねられる質問が「効率は何のくらいか」というものである。しかし、効率はデバイスに入力された平均パワーに対する平均出力パワー（発電電力）の比であり、いくら効率が良くてもそもそも分母の入力パワーが小さければ発電電力も小さくなるため、発電デバイスの性能指標としては適切でない。異なるデバイス同士の優劣、あるデバイスがどの程度「最適性能」に近づけているか、を定量化するためには、より合理的な性能指標を定義する必要がある。

ユーザーサイドの観点から電池など他の電力供給手段との比較を考えると、発電電力を体積で除したパワー密度が性能指標としての妥当性を持つと考えられる。当然ながらパワー密度は振動源の特性に依存するが、同一の振動源に対するデバイスの優劣付けには用いることができる。また、ある程度のレベルまで作り込まれたデバイスの総合的な完成度を評価できる指標でもあり得る。

デバイスが、所与の制約条件下で、どの程度理想に近い性能を実現できているかを評価する指標として harvester effectiveness が提案されている。これは共振型デバイスにおいて、振動源の特性（加速度振幅と周波数）と振動子のサイズ（可動部質量と最大ストローク）を指定したときに取り出しうる最大の発電電力を分母に、実際の発電電力を分子にした無次元量で、次式で与えられる(4)。

$$E_H = \frac{2P}{m\omega_n a x_{lim}} \quad (4)$$

ここで x_{lim} は最大ストロークである。

文献(5)にはさらにデバイス体積を加味した FoMv なる指標が定義されている。実際にさまざまなデバイスを比較する際には、複数の指標、たとえば harvester effectiveness とデバイス体積の2軸や、harvester effectiveness と共振周波数の2軸で散布図を描く(5)と優劣がわかりやすい。

3. 技術的課題とブレイクスルー

振動エネルギーハーベスティングの市場動向は既に述べたとおりであり、将来的な需要拡大は必至で市場からの期待も大きい。いっぽうで、現状の技術レベルには未

成熟な点はいくつかあり、広範な普及を阻害する要因になっている。以下では共振型デバイスについて、特に機械力学的観点から取り組むべき技術的課題とその解決法について述べる。

3.1 広帯域化

2.2節で述べたように、共振型デバイスの最大性能を向上させるには振動子の機械減衰を低減すればよい。しかし減衰の低減は共振ピークの半値幅を減少させるため、最大発電電力と帯域幅にトレードオフが生じる。これは、ピーク性能を追求すると狭帯域になり振動源の周波数のゆらぎや振動子の特性変化に対して脆弱になってしまうことを意味し、このことが共振型デバイスの設計を難しくしている。また、振動源のスペクトルに合わせてカスタム設計しなければならないことがビジネス展開への制約になっている。

そこでこれまでに、共振型振動発電の広帯域化の試みが様々に行われている。Tanら(6)によれば、これらは、(a) 共振周波数を機械的または電氣的にチューニングするもの、(b) 複数モードを有する振動子を用いるもの、(c) 周波数変換機構を用いるもの、および (d) 非線形振動子を用いるもの、に分類される。(b) のうち線形2自由度振動子を用いるものは、比較的単純な構造で実現できるため有望であり、実用化に近づいた例もある(7)。(d) の非線形振動子を用いるものはより単純な機械的構造での実現が可能で、振動源が定常調和的な場合には有利であると考えられる。

非線形振動子の利用といってもさまざまであるが、そのなかに、Duffing型の単安定振動子を用いる研究がある。これはハードニング（またはソフトニング）ばねを使って共振ピークを高周波側（または低周波側）に「折り曲げる」ことによって幅広い周波数に対して大きな応答を得ようとするものである。ソフトニングやハードニングの特性を実現するためには、幾何学的非線形性、材料非線形性、磁石やストッパーが用いられる（図4）。

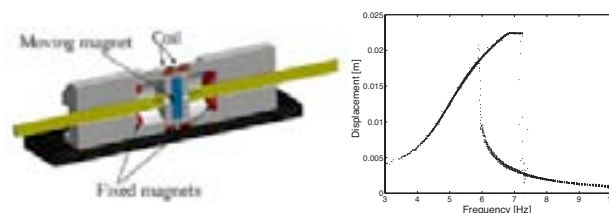


Fig. 4 Magnetically sprung hardening oscillator

しかし、一般に非線形ばねを用いた振動子では、多くの場合、共振帯域において一つの加振周波数に対して複数の安定周期解が存在する。応答がこれらのいずれに収束するかは初期値によって決まるため、たとえ大振幅解で応答していたとしても外乱によって容易に小振幅解に飛び移ることがあり、これが非線形振動子を用いる広帯域発電デバイスの致命的な欠点であると認識されてきた。この状況はこの5年ほどの間ほとんど変化がなく、非線形デバイスの提案は数多いもののこの問題は放置されたままに等しい状況である。

筆者らは、振動子の振幅を常時監視し、小振幅で振動しているときに負の抵抗、大振幅で振動しているときに正の抵抗となるような非線形回路を導入して自励振動系を構成し、自励振動系の強制引き込み現象を応用することによって大振幅解のみを安定化することを提案した(8)。すなわち、負荷回路と並列に負性抵抗回路を接続し、両者を振動子振幅に応じて切り替える。定常加振力

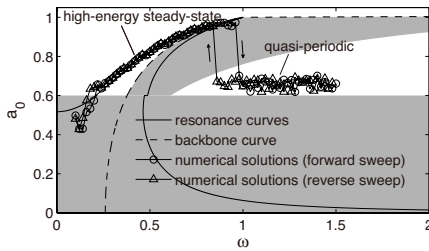


Fig. 5 Steady-state displacement response with control

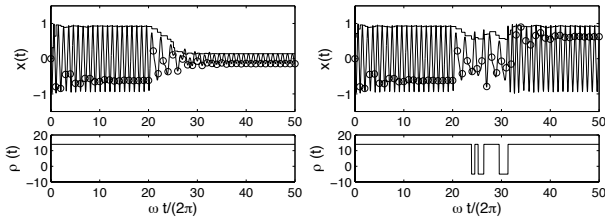


Fig. 6 Responses to disturbance

が作用する環境下でこのような自励特性を持つ振動系は強制引き込みを起こし、共振曲線がしきい値を上回る帯域でのみ安定な定常応答解を、それ以外で概周期解を持つ。このことを利用して、小振幅解全体がしきい値以下になるようにしきい値を設定することにより、小振幅解を不安定化し、大振幅解を大域的に安定化することができる。

図5は数値計算によりこのことを示したもので、図中のグレー部は解が不安定になる領域である。意図どおり小振幅解が不安定領域に入り、大振幅解が大域的に安定になっている。さらに図6は外乱への応答を示しており、非制御の場合（左側）には外乱によって小振幅解に落ち込んでしまうのに対して、制御を行った場合（右側）は抵抗の切り替えが数回起こり再び大振幅解に戻っていることがわかる。負の抵抗を実現するためには振動子にエネルギーを投入しなければならないため累積発電エネルギーは一時的に減少するが、大振幅解への復帰とともに再び増加する。現状の試作機においては、制御に

よって失ったエネルギーを回復するのにかかる時間は数秒～10秒程度である。

3.2 チューナビリティ

前節でも触れられているが、振動子の共振周波数を振動源の周波数に合わせてチューニングできる柔軟性があれば、一つのデバイスで幅広い周波数をカバーできるほか、設置時の現場調整が容易になる。機械力学分野では動吸振器のセルフチューニング技術がさまざまに提案されているが、同種の問題であり、これまでの知見を活かすことができよう。ただしチューニングにかかるエネルギーは発電エネルギーからの持ち出しとなるので、これをいかに低減するかが課題となる。

3.3 低周波数への対応

社会インフラ構造物の構造ヘルスマonitoringは無線センサーネットワークの活用が期待される分野の一つである。しかし、特に橋梁などの長大構造物の振動においては卓越周波数が数Hzあるいはそれ以下となり、そのような低周波振動に共振する振動子を設計することは簡単でない。可能性の一つとして磁気浮上振動系を用いるアイデアがあり、いくつかの先駆的な研究例(9)がある。

4. おわりに

やや挑発的なタイトルを冠しつつ、振動エネルギーハーベスティング技術の現状と技術的課題について、特に機械力学の視点から概観した。現在は同技術へのニーズと期待がかつてないほどに高まっているが、いっぽうで電池という強力な競合においても技術開発は進んでいる。この技術が広く実用化され無給電電源技術のメインストリームとして花開くかどうかは今後数年の技術開発にかかっているとんでも過言ではない。振動発電デバイスは力学的には単純なシステムに見えて、まだまだ機械力学的なアプローチによる技術革新の余地があると感じている。これまでに蓄積された機械力学分野の知見を有効に活かした技術開発によるブレイクスルーの進展に期待したい。

● 参考文献

- (1) Stephen, N., On energy harvesting from ambient vibration, J. Sound and Vibration, 293 (2006), pp. 409-425.
- (2) Renaud, M., Karakaya, K., Sterken, T., Fiorini, P., Van Hoof, C. and Puers, R., Fabrication, modeling and characterization of MEMS piezoelectric vibration harvesters, Sensors and Actuators A, 145-146 (2008), pp. 380-386.
- (3) Masuda, A., Hiraki, Y., Ikeda, N. and Sone, A., A piezoelectric energy harvesting damper for low-frequency application, Proc. the ASME 2015 Pressure Vessels & Piping Conference, PVP2015-45830 (2015), pp. 1-7.
- (4) Mitcheson, P., Green, T., Yeatman, E. and Holmes, A., Architectures for vibration-driven micropower generators, J. Microelectromechanical Systems, 13 (2004), pp. 429-440.
- (5) Mitcheson, P., Yeatman, E., Rao, G., Holmes, A. and Green, T., Energy harvesting from human and machine motion for wireless electronic devices, Proc. IEEE, 96 (2008), pp. 1457-1486.
- (6) Tang, L., Yang, Y. and Soh, C. K., Toward broadband vibration-based energy harvesting, J. Intelligent Material Systems and Structures, 21 (2010), pp. 1867-1897.
- (7) 井上竜太, 設備振動を電力に変換するワイドバンド型振動発電技術の開発, 日本建築学会技術報告集, 21 (2015), pp. 1097-1100.
- (8) Masuda, A., Senda, A., Sanada, T. and Sone, A., Global stabilization of high-energy response for a Duffing-type wideband nonlinear energy harvester via self-excitation and entrainment, J. Intelligent Material Systems and Structures, 24 (2013), pp. 1598-1612.
- (9) Wang, X. Y., Palagummi, S., Liu, L. and Yuan, F. G., A magnetically levitated vibration energy harvester, Smart Materials and Structures, 22, 055016 (2013), pp. 1-10.

実験！ 実験！ 実験！

石田 幸男

(名古屋大学 名誉教授, 名古屋大学国際教育交流本部 特任教授)



1. はじめに

名古屋大学工学研究科を定年退職してからはほぼ4年が経過した。定年後に名古屋大学の国際教育交流本部特任教授となったため、毎日これまでとはまったく違う仕事をしている。現在の私のミッションは、名古屋大学の国際化のため、海外で開催される留学フェアでの名古屋大学の紹介、海外の大学と作っている学術コンソーシアムの世話、海外の学生が参加するサマープログラムの企画と実施などであり、ほぼ毎月1回のペースで海外出張をしている。このような仕事で忙殺され、機械学会が遠い存在になっていたところに、「後輩へのメッセージ」の執筆依頼があった。一瞬戸惑うとともに、果たして若い人たちに役に立つことを書くことができるのか自信も無かったので断ろうかとも思ったが、部門長までやっておきながらお世話になった部門からの依頼を断ると「仁義」に欠けると思い、踏みとどまって引き受けた。

まず、読者の多くは（特に若い人たちは）私のことをあまりご存じないと思われるので、自己紹介をさせていただく。私は1966年（昭和41年）に名古屋大学工学部機械工学科に入学した。学部、大学院（修士・博士課程）と進み、1970年に名古屋大学へ就職、それ以後定年退職するまで、外に出ることはなく、名古屋大学で教育と研究を行ってきた。上で大学の国際化のため働いていると書いたが、（名古屋大学内では大きな声では言えないが）留学の経験はない。18歳で入学し、現在67歳なので、ちょうど半世紀をこの名古屋市千種区不老町で過ごした。現在、名古屋大学キャンパスの住民（別称、本山原人）として、名実ともに記録保持者である。専門は機械力学、特に回転体力学である。

さて、依頼を引き受けてみたものの、具体的に原稿を書きだすとこれがなかなか難しい。私のPersonal historyを書いても他人には興味がないであろうし、私の研究失敗例とその未解決問題の紹介ならこれからの研究テーマとして役にたつであろうが、それもそれほど持ち合わせていない。さらに、文系科目が苦手で工学部へ進んできたわが身を考えると、「研究とはどうあるべきか？」というような大テーマを掲げて哲学的な話をするほどの自信もない。そこで、あれやこれやと考えながら、自分が「若い研究者」であったころを思い出してみた。当時、小さくてもよいから自分のやった仕事を満足できる形で残したいという希望をもっていたと同時に、世界中の優秀な学者と競争をしながら、将来研究者として生き残れるのかという不安もあった。この経験から、これから研究者として生きていく若い人たちが最も関心のあることは、「どのように研究テーマを見つけ、どのようにそれを発展し、最後にそれをまとめて1つの学問体系を作るか？」というということであろうと考えた。そこで、私の育った名古屋大学の機械力学研究室はどのような研究室か。またそこで回転体力学の研究がどのように発展し、さらにそのなかで私がどのようにテーマを見つけてきたかという切り口で、後輩へのメッセージを書くことにした。

2. 回転体力学の歴史と名古屋大学山本研究室

図1に回転体力学の発展を示す。回転体力学の最初の論文は1869年にW.J. Macquorn Rankineによって発表された。彼は熱機関のランキンサイクルで有名であるがその興味は広く、回転体の振動に関する最初の論文は彼によって書かれた。その報告で、回転体がある回転速度になるとふれまわり振幅が急に大きくなること（すなわち、危険速度が存在すること）を報告している。Rankineは英国のグラスゴー大学の教授であるが、グラスゴー大学というとJames Wattもこの大学で技官をしていたことでも知られている。これからしばらくは英国が回転体力学の研究の中心となっていたが、第一次世界大戦以降は研究の中心はアメリカに移った。そして、内部摩擦による自励振動、オイルウィップ、危険速度通過時の過渡振動など回転体力学の重要な分野の研究がアメリカの研究者によって始まった。その後、第二次世界大戦を経て、回転機械の振動の研究は世界各国で行われるようになった。こうした歴史のなかで、終戦直後の1945年、私の恩師の山本敏男先生が名古屋大学を卒業されて助手になったときから、名古屋大学の回転力学の研究が始まった。学部卒であるから、今から考えると非常に若い教員として研究をスタートしたことになる。

昭和20年代の大学の研究室は、今と異なりまともな実験装置、測定装置はなかった。まして、ふれまわり運動をするロータの変位を非接触で計測する電子機器はない。変位の計測は、電球のフィラメントの像をレンズを使って回転体の縁につくり、回転体によって一部が隠された像をさらにレンズを使って測定用の帯状の感光紙に写すという素朴な方法であった。計算は計算尺か手回しのタイガー計算機でこつこつと計算しなければならぬ。文献もほとんど無い状態のなかで、若い山本先生が、指導者もなく、どのようにテーマを見つけたのだろうか。推察するに、回転体の基本的な装置をつくり、まず実験をして発生する振動現象を詳細に観察することから始めたようである。それにより、玉軸受のボールの大きさの不揃いによる励振によって発生する共振現象などさまざまな振動現象を発見し、理論的に解明している。この時用いた実験装置は、弾性軸に1個の円板を取り付けた簡単なものであり、どの本にも載っている基本的なロータである。したがって、このような簡単な装置では何も新しい現象は見つからないと思われるかもしれないが、私の経験から言えば、現実にはさまざまな要因が関わって、案外と予想外の現象が現れる。ここに研究テーマを見つける1つのヒントがある。常々思っていることであるが、我々は振動現象をどれほど解明したのであるだろうか。論文として発表されたことはすでに分かったことで、どのような未知な現象があるのかはどこにも書いてない。たとえば上記の基本的なロータについても、我々は100%わかっているのか、10%しかわかっていないのか誰にもわからない。現在、科学技術が素晴らしく進んできたが、実際のところ、我々は物理現象をほんの少ししか知らないのではないか思うことがある。

メッセージ1

「すべて解明されていると思わず、
まず実験をしよう。」

山本先生は線形系の共振現象を調べることから研究をスタートしたが、その後、回転機械の非線形振動の研究に移って行った。回転軸を支持している軸受を複列自動調心玉軸受から単列深みぞ玉軸受に交換すると、軸受のクリアランスが原因となる様々な非線形振動が発生するので、自然な成り行きとして非線形振動の研究に移っていったようである。山本先生は1955年に分数調波振動について発表して以来、一連の非線形振動の論文を立て続けに書かれた。海外では、米国のGE-Aircraft社のFredric Ehrich氏がスクイズフィルムダンパ軸受に起因する分数調波振動についての発表したのが最初であるので、山本先生の論文はそれより6年も前に発表されたことになる。当たり前のことではあるが、オリジナルな研究テーマは、ジャーナルの論文をたくさん読むことから生まれるのではなく、詳細な実験から生まれる。ただし、発見するだけではだめで、そのあと実験で得られた現象を説明するという大きな仕事が残っている。

非線形振動を観察したとき、それを理論的に説明することはかなり大変なことである。第二次世界大戦が終わったのは1945年であるから、山本先生が回転体の研究を進めていた1950年代前半は、まだ文献などによる非線形力学の情報がほとんど入ってこなかっただろうと思う。非線形振動論は第二次世界大戦中に自動制御の研究にからんで主にソ連の学者により発展したので、彼らの論文や著書がアメリカで英訳されて西側に広まるまでは、(ロシア語が理解できれば別だが)日本の研究者にとってそれらを学習することは難しい。ちなみに、これが最初の非線形振動の本だと思うが、N. Minorskyが1930年代以降のソ連の研究をまとめた"Introduction of Nonlinear Mechanics"がアメリカで出版されたのは1947年なので、1950年代前半は、日本の学界ではほとんど非線形振動の知識は広まっていなかったと考えられる。山本先生も1950年代前半にこの本を入手して、独学で非線形振動の勉強をされたと推察する。ただこの本は1自由度振動系について解説したものであり、これを読んだからと言って、回転機械で発生する複雑な非線形振動を理論解析できるものでもない。一例を挙げると、弾性軸に1個の円板を取り付けた回転軸系は、円板のたわみ振動と傾き振動が連成する4自由度系である。ここで発生する分数調波や和差調波振動(注:山本先生がこの振動を最初に見つけられたとき、和差調波振動と名付けた。その後、海外の研究者が見つけて名付けた結合共振という用語が広まった。)を解析するためには、運動方程式を基準座標に変換する必要があるが、この変換式はこの文献にも載っていない。この変換式を見つけるには、力学の正確な理解と、相当深い物理的洞察力を必要とする。山内恭彦先生の「力学(第1版)」が出版されたのは1941年であるから、この本を勉強して基準座標の「意味」を理解されたのであろう。研究論文には、何かの論文を読んで、その改良モデルをつくり、そこで現れた振動現象を、すでに参考書に載っている解析法で解析して説明するという形のものがあるが、本当にオリジナルな研究は、現象の発見から解析法の考案まで要求される。それができる力をつけるには、本当に優れた本を熟読し、そこに書かれている内容だけではなく、その内容を考えた研究者の「発想(なぜそれを考えたか)」と「理論の意味(物理的な意味)」を理解する必要がある。

メッセージ2

「良書を座右の書として決め、
力学と数学をしっかり学習しよう。」

何が良書かに対する統一的な答えは難しい。最近、たくさんの方が出版されるが、売れ行きを考えて、出版社が最初に値段やページ数を決め、またたくさんの方の大学で教科書に使うように、たくさんの方がオムニバスの書くものが増えている。このような本は薦めない。やや古いが、山内恭彦著「一般力学」(岩波書店)、リチャード・P・ファインマン著「ファインマン物理学I~V」(和訳、岩波書店)、C・R・ワイリー著「工業数学」(和訳、ブレイン図書)、ベ・スミルノフ著「高等数学教程I~V」(和訳、共立出版)などが良いと思う。これらの本をいつでも手の届くところに置き、必要に応じて、繰り返し「ゆっくり読んで、じっくり考える」ようにしていただきたい。スピードは禁物である。

私は、回転軸系の非線形振動の流れを引き継ぎ、研究をしてきた。そこで経験したことは、クリアランスが原因となる非線形ばね特性の強さは、軸受の種類、軸受あるいは装置全体の寸法、軸と軸受内輪のはめあいの強さなど様々な要因の組み合わせによって多種多様になるということである。したがって、単に1つの装置で実験して論文が報告されているからといって、もう新しい現象は現れないだろうと考えるのも間違いである。若い人たちには、過去に優れた実験的研究論文に出会ったら、それと寸法の異なる類似の装置で実験することを勧める。ここで現れる現象を詳細に観察すると案外新しいテーマが見つかる。すなわち、

メッセージ3

「実験的研究論文を読んだとき、
追実験をしてみよう。」

追実験によって、それに関する研究論文が一層深く理解できることも事実である。今の時代、多くのジャーナルが存在し、たくさんの方の国際会議が開催され、山のように多くの論文が発表される。そしてインターネットが発達し、研究室にしながら簡単に多くの論文をコピーできる。私には、この情報の洪水がかえって悪影響を及ぼしているように思える。他人の論文は、読めば読むほど、もう研究することが無いように思えてくる。研究は、知識の量を増やせば進むというものではない。論文を読むことはほどほどにして、気に入った論文があったら、それを追実験することが大いに役立つ。

3. 研究室配属と研究者としての出発

私は、1969年に大学4年生となり、機械学科の機械力学研究室(山本研究室)に配属された。4月のある日、4年生が集められ、研究室のメンバー紹介と、その年の卒研テーマの説明があった。研究テーマについては題目が黒板に書かれてあり、大学院生の先輩が順番にそれを説明した。中に1つだけ院生と研究グループを作らないテーマ「オーバーハング軸の振動」があり、それについては山本先生から説明があった。この研究の目的は、危険速度よりはるかに高い回転速度領域で何が起きるか調べて欲しいというものであった。オーバーハング構造とすることによって危険速度を下げ、研究室にあるモータを使っても、相対的に危険速度の数十倍まで実験することになる。大学院生とチームを組むテーマは歴代の大学院生が受け継いできたテーマであり、難しい数式がいっぱい出てきて難しい印象だったが、このテーマはこれから

始まるので説明することが何も無く、最も簡単そうだったのでこれを選んだ。ところがこれが苦勞の始まりで、他の研究テーマはやっぱりな実験装置がすでにあったが、私が選んだテーマは、装置の設計、製作依頼、コンクリートの台座づくり、(光学式)計測装置の製作などすべて自分でやらなければならなかった。このとき旋盤の使い方も覚えた。8月に汗だくになってモータを設置するための穴をハンマードリルでピットの壁に空けていると、ハンマードリルの重みがかからないため、すべて自分のほうに跳ね返ってきてずいぶん苦勞した。秋になってやっと装置ができて実験にとりかかることができた。おかげで、実験に関していろいろなことを学び、その経験がその後の研究にずいぶんと役にたった。

メッセージ4

「実験で苦勞すれば、

いつかはそれが役に立つ。」

私はこれまで世界中の多くの大学の振動実験室を訪問したが、一般に、ドイツ、オランダ、イタリアの実験室はやっぱりな実験装置がそろっており、アメリカは比較的小規模で、多くの研究室はシミュレーション中心で研究をしているような印象だった。これはその国の研究者の流動性に関係があるように思える。実験を経験したことのない研究者にとって、実験をするということは相当腰が重いようであろうが、やはりしっかりした実験装置を作って、実験することを強く勧める。

ついでに実験に関して付け加えておきたいことは、測定装置が便利なことや計測精度の高いことが良いとは限らないことである。大学院生のころ、自作の光学式装置で撮影し、ロール状のフィルムを暗室で現像し、できたプリントに写った波形を定規で測ってグラフ用紙に振幅をプロットしていった。測定結果が直ちにカラーで図形出力される現在とは、1枚の波形データを眺めている時間が圧倒的に違う。これが功を奏したこともある。あるとき、たくさん撮影した写真のなかに左端と右端で振動振幅がわずかに違うものが1枚あった。これに気づいたことが、その後の不安定振動に関する一連の研究のスタートとなった。お医者さんでも、患者さんの顔を直接、じっくり見ると、元気がないようだ気がつく。この不安定振動でも、最近のような直ちに綺麗な図形出力が得られる計測装置を用いたら、研究のシーズを得られなかったと思う。

メッセージ5

「実験データはひとつひとつ大切に観察しよう。

わずかな違いが大きな発見のきっかけとなる。」

さらに、測定精度が良いと、ノイズに振り回され、本当に大切な成分を見逃すことがたびたびある。どの成分が重要かの選球眼は、たくさんデータを見た経験によって育ってくる。

メッセージ6

「実験データから、重要な成分と

ノイズとを注意して見分けよう。」

4. 研究テーマの変遷

私が行った研究のおおまかな流れを図2に示す。上述のように、4年生になって卒業研究テーマとして、「オーバーハング軸の振動(図2の①)」を選んだ。ともかく回して現象を観察しなさいということで特にある現象に焦点をあてて始めたものではなかった、上端に1個

の円板をとりつけた弾性軸の下端を2個の複列自動調心玉軸受で支えた実験装置を作って実験した。これ以上簡単な回転軸は無いというような簡単な構造であったが、ところが実験をしてみると危険速度以上の広い回転速度範囲でゆっくりと振幅が成長する自励振動が現れた。「装置組立→振動波形の撮影→現象液の調査→現象→乾燥→物差しで振幅変化を測定→半対数グラフへ記入→グラフの勾配の測定→成長速度の決定→回転速度と成長速度の関係を求める→装置の組立直し→(これの繰り返し)」という作業を学部4年と修士1年のあいだ毎日日々行っていた。単調といえば単調ではあったが、どれだけ組み立てを変えてみても、必ず自励振動が発生することから、自励振動を抑えるのがいかに難しいかということ学んだ。さらに、自励振動は成長するので、最後には必ずガイド(保護輪)に接触し、激しいラビングが発生する。2年もの間、自励振動とラビングを飽きるほど見ていたので、この2つの現象は身にしみて覚えた。この経験が20年後の強制自励系の研究と30年後のラビングの研究を始める発端となっている。

強制振動とは異なり、自励振動は原因がなんであってもその振動数は固有振動数である。そのため、自励振動の原因をつきとめることはなかなか難しい。修士1年の終わりごろ、山本先生から、このテーマで論文を書くことは難しいから「各種玉軸受で支えられた回転軸の振動(図2の②)」というテーマに変えなさいと言われ、いろいろな種類の玉軸受が入った箱を与えられた。そこで最も広く使われている単列深みぞ玉軸受で支持した弾性回転軸を作り、実験を行った。その結果、いろいろな回転速度で、多くの線形共振現象や非線形共振現象が現れた。これ以後、これらの共振現象を調べていった。まず、主危険速度付近の応答曲線が、アンバランスの方向によって著しく変化することに気がついたので、これを修士論文のテーマとした。この原因は弾性軸のわずかな初期曲がり原因であった。弾性軸に初期曲がりがあると、その中心線が軸受のクリアランスの中央からはずれ、その結果、非対称非線形ばね特性が現れる。この非線形性は軸とともに回転するので、「回転する非線形ばね特性」という他の振動系ではみられない特性をもつ。この視点から理論解析して、現象をうまく説明できた。それから数年後、回転機械に疲労によりクラックが発生し、振動振幅が大きくなったという報告が学会でなされるようになり、またドイツの研究者が、クラックロータは偏平軸と似ており、不安定振動が現れるという論文を発表した。しかし、ロータのクラックは、弾性軸の曲がる方向によって開いたり(偏平軸)、閉じたり(丸軸)するので偏平軸とは異なる。この論文を読んだとき、クラックの非線形特性(断片線形特性)は軸と共に回転するので、数年前に書いた修士論文の考え方で解析できる気がつき、その後クラック軸の振動に関する研究に入っていた。

この図2をみると分かるが、私の研究テーマは、ほとんどが学部と修士の研究の子孫であり、実験条件を変えながら丁寧に実験をしていった結果、自然とそれらの研究テーマにたどり着いている。したがって、文献からヒントを得たものでない、オリジナルな研究になる確率も高い。文献を読んで思いついたテーマは、「液体を内臓した回転軸の振動」と、「軸受のクリアランス内での衝突による振動」ぐらいのものである。後者は振動基礎研究会の論文購読会でひげ剃り機の振動の論文が割り当てられたことがきっかけとなった。一般的な感想であるが、文献から見つけたテーマは、発表されている文献の

内容に縛られ、それから抜け出すことがなかなか難しいので、苦勞のわりに論文が書けない。図2の中には、企業から相談を受けて始めたテーマが2つある。そして、図2を見ると気がつくが、自己増殖して増えていったテーマも、最後は「制振」に関する研究に行き行き着いている。すなわち、私の関心が、「なぜその振動が発生するか？」から、「どうしたらそれを消せるか？」に移っている。毎年、世界中のジャーナル、あるいは国際会議で振動の詳細な解析の論文はたくさん発表されているが、その系の制振に関するものは意外と少ない。結局は、研究の最終目的は「どうしたらそれを消せるか？」ということだと思っただけだがどうであろうか。

5. あとがき

振り返ってみると、論文が書けるかどうか不安に思いながら歩き始めた研究者の道であるが、恩師、同僚、優秀な学生に恵まれ、テーマ探しについても大した苦勞もなく、研究を楽しんでくることができた。また、学生のときの夢であった研究の体系化も、名古屋大学の回転体力学的发展を中心としてまとめた3冊の本として出版できた(文献参照)。

いま、大学をとりまく環境は大きく変化している。講座予算は年々減少し、研究者は競争的資金を自分で獲得せよといわれる。したがって、研究助成の書類作成に時間を奪われ、運よく獲得できたとしても、このようなお金は長期計画のなかでは使いにくい。また、公募システムが広がり、研究者の流動性が激しくなっている。大きな実験装置を使った研究は行い難く、計算機を用いた数値シミュレーション的研究が多くなっている。若い皆さんは、ぜひ、まわりの動きに振り回されず、じっくり腰を落ち着けて実験し、楽しみながら研究を進めていただきたい。このメッセージに書いた私のささやかな経験から、将来役に立つ何かを学んでいただければ幸いである。

● 参考文献

- 1) 山本敏男・石田幸男, 回転機械の力学, 1991, コロナ社.
- 2) Y. Ishida and T. Yamamoto, Linear and Nonlinear Rotordynamics, 2nd ed., 2012, Wiley-VCH.
- 3) 石田幸男・池田隆, 回転体力学の基礎と制振, 2016, コロナ社.

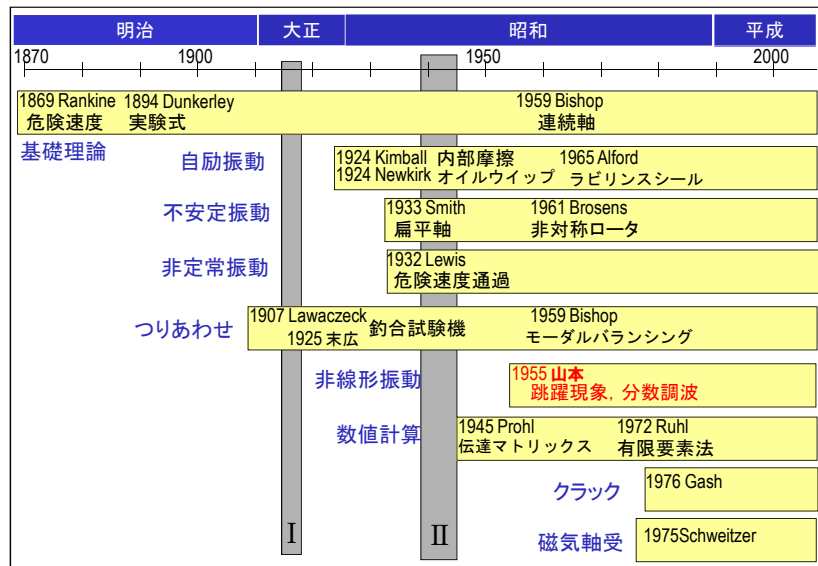


図1 回転体力学的发展

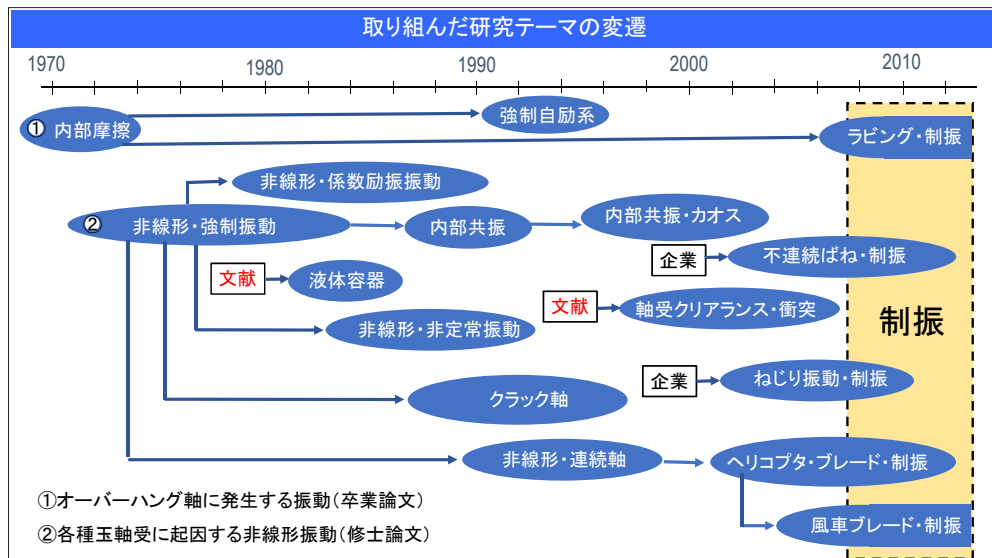


図2 取り組んだ研究テーマの変遷

Dynamics and Design Conference 2016

「交わりは解を導く」

[機械力学・計測制御部門 企画]

<http://www.jsme.or.jp/conference/dmccconf16/>

開催日 2016年8月23日(火)～26日(金)

会場 山口大学常盤キャンパス
(山口県宇部市常盤台2-16-1)

要 旨

Dynamics and Design Conference 2016 (D&D2016) は、機械力学・計測制御分野に関連したオーガナイズド・セッション・テーマ、及び、ダイナミクス一般・ダイナミクスに関する新技術についての講演発表を募集いたします。また、特別講演、懇親会、機器展示、フォーラム、特別企画などの付随行事も予定しております。なお、優秀な講演発表者は、学会(若手優秀講演フェロー賞)および当部門(オーディエンス表彰)の規定に従って表彰されます。

講演申込締切 2016年2月22日(月)

申込方法・募集分野

上記のホームページにてご確認ください。

発表採用通知 2016年3月24日(木) 予定

論文提出締切 2016年6月10日(金)

注:延長はありません。

問合せ先 D&D2016実行委員会

dd2016@jsme.or.jp

委員長 渡辺 亨(日本大学),

副委員長 河村 庄造(豊橋技術科学大学),

幹 事 高崎 正也(埼玉大学),

技術委員長 渡邊 鉄也(埼玉大学)

年間カレンダー

機械力学・計測制御部門講演会等行事予定一覧

開催日	名 称	開催地
2016年5月18日～20日	第28回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (SEAD28)	慶應義塾大学 日吉キャンパス
2016年7月3日～6日	Joint International Conference : Motion and Vibration Control & Recent Advances in Structural Dynamics (MoViC & RASD 2016)	University of Southampton, Highfield Campus, UK
2016年5月30日～31日	講習会 振動モード解析実用入門 - 実習付き -	日本機械学会 会議室
2016年7月7日	講習会 マルチボディシステム運動学の基礎	東京大学 生産技術研究所
2016年7月8日	講習会 マルチボディシステム動力学の基礎	東京大学 生産技術研究所
2016年8月3日～6日	The 15th International Symposium on Magnetic Bearings (ISMB15)	門司港ホテル
2016年8月7日～10日	The 8th Asian Conference on Multibody Dynamics (ACMD2016)	金沢都ホテル
2016年8月23日～26日	Dynamics and Design Conference 2016 (D&D2016)	山口大学 常盤キャンパス
2016年9月11日～14日	2016年度年次大会	九州大学 伊都キャンパス
2016年11月10日～12日	第59回自動制御連合講演会	北九州国際会議場
2016年12月6日～7日	第12回最適化シンポジウム2016 (OPTIS2016)	北海道大学

米国ジェット推進研究所留学報告

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 大槻 真嗣

1. はじめに

筆者は、総合研究大学院大学若手教員海外派遣事業2014年度の支援を受けて、2015年5月から2016年1月末までの九ヶ月間、米国カリフォルニア工科大学ジェット推進研究所(JPL) (図1) に滞在し、在外研究を行う機会を得ました。

JPLのあるパサデナは大都市ロサンゼルス (図2) 北東に隣接する高級住宅街が並ぶ、科学や芸術分野の教育研究機関があることで有名な都市です。カリフォルニア州はデスバレーやヨセミテ等の大自然にあふれ、食材も豊富で、地中海性気候により一年中温暖な地域であります。一方、パサデナのある南部は砂漠地帯 (図3) であることから、雨が少なく、山火事や水不足が深刻な地域でもあります。



図1 JPL全景

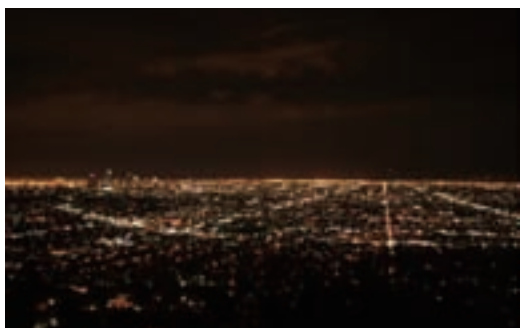


図2 ロサンゼルスの夜景
(グリフィス天文台から)



図3 カリフォルニア南部は広大な砂漠
(デスバレー付近)



図4 カリフォルニアの強い陽射しとIssaとCuriosityのエンジニアリングモデルと並んで (Mars Yard脇の小屋にて)

2. JPLについて

JPLはNASAの資本により無人探査機等の研究開発や運用を行うカリフォルニア工科大学の研究機関です。古くは、月探査機のRangerやSurveyorシリーズ、さらに遠方を探査するVoyager等を設計開発し、最近では火星へ数多くの周回機、着陸機、ロボットを送り込んでいる。また、Deep Space Networkと呼ばれる深宇宙と通信を行うための巨大アンテナ等の地上局設備を世界各地に有し、日本の惑星探査でも頻繁にお世話になっており、世界的にもなくてはならない存在である。

JPLでは近年、ロボットの活躍が目覚ましく、Sojourner, Spirit, Opportunity, Curiosityの連続した火星探査ロボットシリーズは目玉のひとつである。そのようなロボットのモビリティ (移動機構) を担当するRobotics mobility groupに、今回Research Affiliateとして滞在した。ホストはこのグループ長である、Issa A.D. Nesnas氏(図4右)であり、最近では垂直な崖をも登坂可能なワイヤ付き二輪ローバやホップする小惑星探査ロボットを開発している。重い扉を開ければ小さな砂場にいつでもアクセスできる窓のない部屋に席を構えていた(図5)。



図5 居室が構えられていた198棟

3. 極限環境探査ロボット

月惑星表面探査には非凡な移動能力を持ったロボットが求められている現状を踏まえて、滞在中は垂直の壁でさえ登ることが可能な二輪ローバ, Axel (アクセル, 図6 (左)) を研究対象とした。惑星表面は岩や砂を要素とした平地, 斜面, 崖で構成されており、すべてにおいて効率的に走行可能な移動機構の設計を目標とした。まず、半世紀にわたって使用され続けてきた粒状媒質の圧力-沈下関係式を忘れて、新たな関係式に基づく牽引力

推定モデルの構築に取り組んだ。運よくマサチューセッツ工科大学の研究者の協力を受け、比較となる実験データによりモデルの妥当性を検証することができた。その際、牽引力の計算式が変分法による最適化問題に帰着してくれと言わんばかりの形をしていることに気づき、移動機構の形状設計を試みた。結果として、非常に興味深く、そして直感的に正しいと思える結果を獲得することができた。その結果をAxelに実装、試験しようと準備を進めていたが、カリフォルニアの自然の恵みに度々阻まれてしまい、帰国後の宿題となってしまったことが悔やまれる。その後、数々の実験を通して、土質に依存しない車輪のグローサ（参考：図6（右））の解析的に最適な形状を導出することができた。そして、同様の理論を着陸機パッドやホッピング機構の形状設計に展開を図っており、次の惑星探査機の検討に活かされている。



図6 (左)Axel-2, (右)キュリオシティのグローサ付車輪

4. 日々の生活

滞在中は、元気な月曜日の朝に研究進捗と探査ミッションの議論をホストと毎週行っていた。通常二時間程度であったが、長いときには仕切り直して再度夕方や翌日に行くなど、日本では決してかなうことのない、専門家同士の濃厚な議論の機会を得ることができた。帰国後も将来の共同ミッション提案へ向けての議論を継続している。また、滞在部署の多くの職員とも協働したが、彼らは給与と仕事の時間が密接に関係しており、毎日顔を合わせていた職員も年度の切り替わりと同時にパタリと会うことがなくなることがあった。その働き方に戸惑いを覚えることもあったが、JPL、Caltech関係者含めて100人以上もの既知を得ることができた。

日々の生活では、7時に起床、8時に出社、11時に昼食、15時にスタンドでコーヒー、17時には帰宅といった非常に健康的な生活をしてきた。かと思いきや、毎週、日本とのWeb会議があり、アフター5は別の仕事といったハードスケジュールであった。このような二重生活の一方で、二週間に一度、勤務総時間の制約の関係で週末に研究室が休みとなり、カリフォルニアの暖かい陽射しを浴びる機会を得られたのは救いであった。JPLと宿泊先は車で往復40kmの距離で、ロサンゼルス名物フリーウェイの渋滞と事故と故障車に緊張の連続であったためか、帰国後は車を運転しないストレスフリーの毎日である。余談だが、アメリカの文化を学ぼうと、滞在中、バーベキューパーティを毎月実施しようと心に決めていたが、カリフォルニアの冬が寒いことを知り、夏場にまとめて全月分実施して多くの米国にいる人々と交流することができた。また、休日にはカリフォルニアの自然、食材、人材、地域、施設、イベントを楽しむため、各地へ出かけ、最後にはカリフォルニアの広大さに呆れてしまった、というのが本音である。

ロサンゼルス中心から南に行った、お世辞にも治安が良いとは言えない地域に印象的な建築物があった。Sam Rodiaが自力で作ったWatts Towerであり、彼がこれを作った理由が残されている、「I wanted to do something big and I did it.」。広大な土地は、時に野望を持つには良い場所だという考えは、ガレージから始まる、いまや巨大企業の数々が裏付けている。

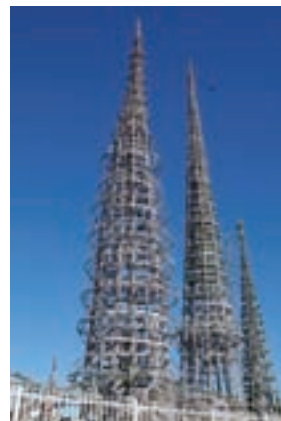


図7 Sam Rodiaが自力で作上げたワッツタワー

5. まとめ

年がら年中、晴れの特異日のようなカリフォルニアで空を見ることのない部屋はロボットにとって天国であるが、人間の精神衛生上は好ましくないと公的には言われている。しかし、研究に集中し自分を見つめなおすには非常に良い場所であった。最後に、筆者の体重は85kgだが、 $\pm 500g$ 精度の体重計で渡米前後の数値が同じであったことは、日々の質量リソース管理がすばらしかったと言わざるを得ない。

総務委員会からのお知らせ

委員長 高崎 正也 (埼玉大)

幹事 丸山 真一 (群馬大)

これまで、総務委員会は部門長の部門運営を支援すると共に、時代の流れに合わせて、学会・部門の活動を様々な形でサポートして参りました。当期に入り、部門長のリーダーシップのもと、部門常設委員会の組織体系の見直しが話し合われて参りました。

総務委員会のミッションは当期の実行に関する事項となります。部門運営支援に加え、従来の常設委員長連絡会議の役割の一部も担います。具体的には、当期活動全体の企画調整を行うとともに、緊急時における部門運営委員会の

代行審議体を担います。委員長は当期部門幹事、幹事は次期部門幹事、委員は常設委員長となります。

一方、総務委員会及び常設委員長連絡会議での審議案件のうち、次期の活動に関わる案件を審議する場として、「企画委員会」が新設されます。委員長は次期部門長、幹事は次期部門幹事、委員には部門運営委員以外からも就任できることになっています。

会員の皆様におかれましては、総務委員会の活動へのご意見、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

表彰委員会からのお知らせ 2014年度部門表彰式の報告

委員長 道辻洋平 (茨城大学)

幹事 林 隆三 (東京理科大学)

2014年度の部門賞と一般表彰の表彰式が、2015年8月27日、弘前大学(青森県)で開催されたD&D Conference 2015にて執り行われました。梶原逸朗2014年度部門長兼D&D Conference 2015実行委員長により、6名の部門賞受賞者と5名の部門一般表彰受賞者に表彰状が贈呈されました。受賞者は下記の通りですが、受賞者の紹介と業績等の詳細は、日本機械学会誌9月号の部門だよりに記載されていますのでご参照ください。受賞者の栄誉をたたえるとともに今後のますますのご活躍を祈念いたします。

1. 部門賞受賞者

部門功績賞 井上 喜雄

(高知工科大学 特任教授)

部門国際賞 西村 秀和 (慶應義塾大学 教授)

学術業績賞 背戸 一登

(背戸技術士事務所 所長)

学術業績賞 曾根 彰 (京都工芸繊維大学 教授)

技術業績賞 菅原 能生

(鉄道総合技術研究所 主任研究員)

パイオニア賞 高崎 正也 (埼玉大学 教授)

2. 部門一般表彰受賞者

部門貢献表彰 高橋 正樹

(慶應義塾大学 准教授)

オーディエンス表彰

(D&D Conference 2014 優秀発表者)

望月 慶佑 (三菱重工(株))

本田 真也 (北海道大学)

長 真啓 (茨城大学)

オーディエンス表彰

(シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス2014 優秀発表者) ※

中井 亮仁 (東京大学)

※表彰はシンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス2015にて実施

講習会企画委員会からのお知らせ

委員長 鎌田 崇義 (東京農工大)

幹事 田浦 裕生 (長岡技科大)

講習会企画委員会では、前レター発行後、計算力学技術者2級(振動分野の有限要素法解析技術者)認定試験対策講習会(於：東工大岡岡キャンパス、愛知工大本山キャンパス)、納得のロータ振動解析：講義+HIL+実験、(於：機械学会)、回転機械の振動(於：機械学会)の4つの講習会を開き、それぞれ18名、9名、22名、23名が参加されました。

来年度講習会として日程の決定している

5月30日、31日

振動モード解析実用入門

-実習付き- (於：機械学会)

7月7日 マルチボディシステム運動学の基礎
(於：東大生研)

7月8日 マルチボディシステム動力学の基礎
(於：東大生研)

その他、納得のロータ振動解析：講義+HIL+実験、回転機械の振動についての講習会も行う予定です。奮ってご参加ください。

国際・交流委員会からのお知らせ

委員長 椎葉 太一 (明治大)
幹事 岡 宏一 (高知工科大)

前回のニュースレターで詳細にご報告をさせていただきましたが、2015年5月21～22日に第4回KSME-JSMEダイナミクスと制御に関するジョイントシンポジウム (The Fourth Korea-Japan Joint Symposium on Dynamics and Control, K-J Symposium 2015)を開催いたしました。韓国機械学会の機械力学制御部門との部門間交流協定に基づく国際交流に関しては、今後2016年のD&Dの際に韓国機械学会の機械力学・制御部門の主要メンバーを招聘し、2017年に日本で開催される予定となっているJapan-Korea Joint Symposium について検討を行うことになっております。

また、現在部門全体の委員会構成の見直しを検討しております。国際・交流委員会は、部門の国際化という「国際」と、産学交流などを通じた若手研究員の育成という「交流」に関連した活動を行ってきました。今後、「国際」に関してはより重要度が増していくこと、また「交流」については他の委員会と協力することで更なる活性化が期待できることなどから、本委員会についても活動の見直しを行っております。詳細が決まりましたらご報告をさせていただきますが、引き続き皆様のご理解とご協力をいただきますよう宜しくお願い申し上げます。

資格認定委員会からのお知らせ

委員長 神谷 恵輔 (愛知工大)

平成27年度の計算力学技術者資格1級および2級の認定試験が12月19日(土)に行われました。振動分野については2級受験者170名で合格者123名、1級受験者91名で合格者59名でした。詳細については学会誌4月号にて正式公表予定です。また今年度より振動分野の上級アナリスト認定試験も開始となりました。この試験は9月に行われ、結果はすでに学会誌12月号に掲載されておりますように受験者2名、合格者1名でした。振動分野の認定試験が開始されてこれで4年が経ち、全ての級の試験が行われるようになりました。計算力学業務に携わっておられる方におかれましては、是非、受験をご検討くださいますようお願いいたします。試験の概要および認定レベルにつきましてはホームページ<http://www.jsme.or.jp/cee/cmnintei.htm>をご覧ください。

機械力学・計測制御部門では受験をサポートするために振動分野2級試験向けの講習会を開催しております。平成27年度は関東地区および東海地区にて11月に開催いたしました。平成28年度も関東地区および東海地区にて開催する予定です。平成28年度は開催時期を10月とし、内容についても、これまでも増して受験予定者の皆様の期待に応えられるものとなるよう再検討しております。詳細が決まりましたら、ホームページなどでご案内いたします。2級認定試験を受験予定の方におかれましては、対策講習会への参加も是非ご検討ください。



編集室

日本機械学会機械力学・計測制御部門
〒160-0016 東京都新宿区信濃町35番地
信濃町煉瓦館5階
電話 03-5360-3500
FAX 03-5360-3508

編集責任者 平田 泰久 (東北大)
編集委員 岩本 宏之 (成蹊大)

部門ホームページ: <http://www.jsme.or.jp/dmc/>
発行日 2016年3月4日