



# DYNAMICS



機械力学・計測制御部門ニュースNo.55

March 6, 2015

## 超音波振動による皮膚感覚提示

埼玉大学 高崎 正也

### 1. はじめに

皮膚感覚とは、ヒトの体性感覚の一種で、指で物の表面をなぞったときの感覚等が挙げられる。つるつる・ざらざらといった感触表現がその一例である。このような感覚を指に対して提示するために、超音波の一種である弾性表面波を応用している。開発した装置では、弾性表面波の励振が制御されている部分をフィルム越しになぞると、研磨されているにもかかわらずその面がざらざらしているように感じられる。

一方、ペンタブレットとは、コンピュータインターフェースの一種であり、板状のタブレットをペン型入力装置でなぞって使用する。タブレットはペン先の位置を計測しており、ポインティングデバイスとして用いられている。形態がペンであるため、イラストの描画等に好んで用いられているようである。上記の原理を応用すると、ペンタブレット使用中に「描き味」を出力することが可能となる。

本稿では、皮膚感覚ディスプレイの基本原理と応用例、ペンタブレット型皮膚感覚ディスプレイについて紹介する。

### 2. 弾性表面波

弾性表面波 (surface acoustic wave: SAW) は超音波振動の一種であり、伝搬する媒質個体表面にそのエネルギーを集中させて伝搬する。レイリー波は弾性表面波のモードの一種である。本稿で紹介する皮膚感覚提示にはレイリー波を用いる。Fig. 1 (a) に示すようにくし形電極 (interdigital transducer: IDT) を圧電単結晶材料であるニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ ) の基板表面に形成し、交流電圧を印加することでレイリー波を励振し、基板表面に伝搬させることができる。IDTはフォトリソグラフィプロセス等で形成し、その周期長から印加する交流電圧の周波数が決定される。基板の厚さがレイリー波の2波長以上のとき、基板裏面の影響は無視することができ、基板を接着剤等で固定することも可能となる。また、同図(b)に示すように、基板表面を伝搬するレイリー波は基板表面に形成された開放電極アレイからなる反射器によって反射される。基板両端に反射器を設置することで、振動エネルギーを閉じ込めることができ、エネルギー効率を向上させることができる。

### 3. 皮膚感覚提示原理

指で物の表面をなぞると、表面の微細形状と指紋の相互作用により、指皮膚表面に微小な振動が発生する。その振動を皮膚組織内の神経細胞が検知しその信号が脳に伝達され、なぞり動作に対する応答としてその信号を処理することで皮膚感覚を受容していると考えられている。その表面形状が紙やすりのようになっていれば「ざらざら感」として知覚される。皮膚感覚提示を実現する方法の一つとして、なぞり動作に応じてこの振動を再現して指皮膚に供給することが有効である。

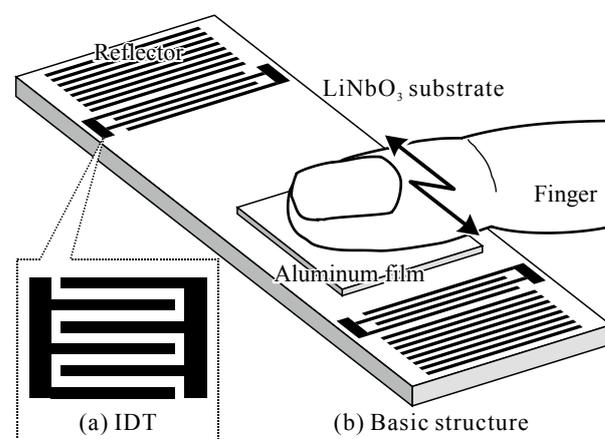


Fig. 1 Basic structure of tactile display.

指でデバイスをなぞっている間にその部分に振動を発生させるために、超音波振動の利用が提案されている。T. Watanabeらは、プレート状超音波振動子表面を指でなぞった際に、超音波励振電圧に振幅変調を施すことで、皮膚感覚を提示することを提案しており、計算値と実験結果の対比より摩擦係数の変化がスクイーズ膜効果によるものであることを示唆している(1)。皮膚感覚ディスプレイのなぞる部分を超音波振動させ、振動している部分を直接なぞる際に、超音波振動によって摩擦係数を変化させてそれを皮膚感覚提示に用いようとした例である。

その後、スクイーズ膜効果を利用するための超音波振動子が設計・製作され、振動子表面で十分な振動振幅が得られるようになった(2)。振動子に印加する電圧を振幅変調することで、異なる表面をなぞったときの感覚を提示することが提案された(3)。強力な超音波振動を励

振できれば適用できるため、様々な振動子で提案されている(4)(5)。

本研究では、超音波振動として弾性表面波を利用して、皮膚感覚を提示する際には、Fig. 1 (b)に示している弾性表面波の定在波が励振されている部分をスライダ越しになぞる。スライダは弾性表面波が皮膚組織に吸収されてしまうことを防ぐ目的、及び、超音波振動から皮膚を守る目的で挿入している。ラバーフィルム表面に直径1.5 mmの銅球を分布させたものやアルミニウムフィルム等をスライダとして用いている。なぞる際には、Fig. 2 (a)に示すようにスライダと基板表面の間には摩擦が存在する。弾性表面波を励振すると、振動周波数が15MHzであるため、定在波の腹の部分では、基板とスライダが接触している状態としていない状態を繰り返す。この影響で同図(b)のように摩擦力が低下する。なぞり動作中に上記の(a)の状態と(b)の状態を一定周期で繰り返すと（弾性表面波のOnとOffを繰り返すと）、摩擦力の増減がスライダ背後の皮膚に振動を発生する。例えば、毎秒100回繰り返すと、皮膚には100 Hzの振動が発生する。なぞり動作中に適切に弾性表面波のOn/Offを行うとスライダ越しにざらざら感を享受できるようになる。

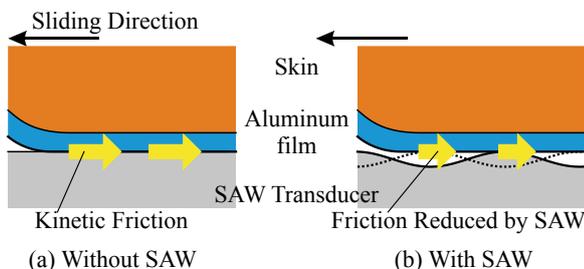


Fig. 2 Friction control for tactile display.

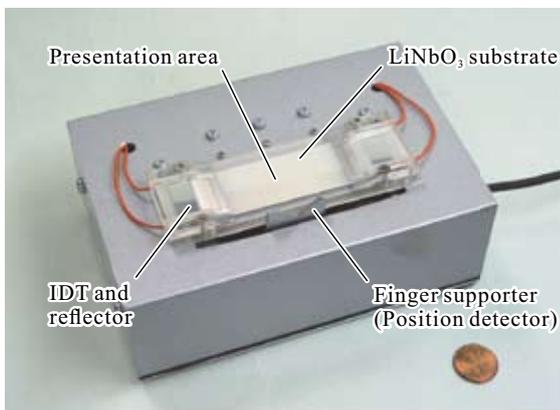


Fig. 3 Prototype of SAW tactile display.

#### 4. 皮膚感覚ディスプレイプロトタイプ

試作した弾性表面波皮膚感覚ディスプレイをFig. 3に示す。中央の白く見える板がLiNbO<sub>3</sub>単結晶基板であり、サイズは22 mm x 98 mm x 1 mmである。表面にはFig. 1に示すようにIDTと反射器が形成されており、絶縁カバーに覆われている。共振周波数、つまり、弾性表面波駆動周波数は15 MHzであり、数Wの入力で摩擦を減少させることができる。ディスプレイ使用者は電極間の露出した部分をスライダ越しになぞる。皮膚感覚の提示の際には、指の位置やなぞり速度に応じた弾性表面波のOn/Off制御が必要となる。指の位置の検出のために、このプロトタイプでは内部のリニアガイドで案内さ

れている指台を設けた。指台の位置は内蔵されたエンコーダで計測している。

皮膚感覚提示の際の構成をFig. 4に示す。指台に接続されたエンコーダの出力はマイコンに入力される。カウンタ機能により、指の位置が計測される。指の位置に従ってパラメータを決定し、弾性表面波On/Offのための矩形波を生成する。矩形波の周波数 $f$ は

$$f = \frac{v_m}{k_r}$$

で算出される。ここで、 $v_m$ はなぞり速度、 $k_r$ は粗さを定義する係数である。また、矩形波のデューティー比 $d$ を小さくすると指に発生する振動を小さくすることができる。指の位置に応じて $k_r$ 及び $d$ を変更することで、異なる感触を提示することができる。決定された $f$ と $d$ に従って矩形波を生成し、弾性表面波制御信号としてシンセサイザへ入力され、駆動電圧のOn/Offを行う。駆動電圧は高周波アンプで増幅されてIDTへ印加される。

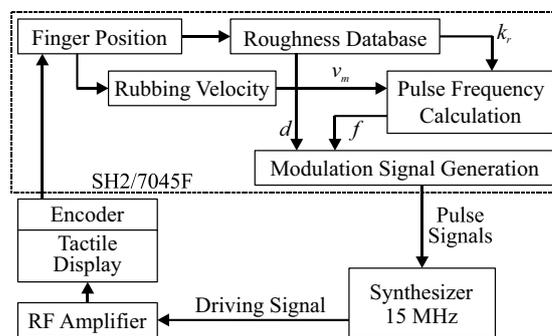


Fig. 4 Control of tactile display.

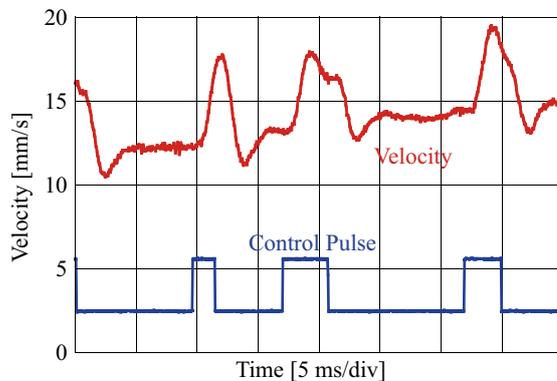


Fig. 5 Slider velocity under control. ( $k_r = 132 \mu\text{m}$ )

制御された状態で皮膚感覚ディスプレイを使用した際のスライダ速度の計測結果をFig. 5に示す。制御パルスによって弾性表面波をOn/Offしており、弾性表面波励振開始直後にスライダが加速し、励振をやめると減速している様子が見られる。また、速度の変動分が指に発生する振動で、平均速度がなぞり速度ととらえることができる。 $k_r$ を変更すると異なる「ざらざら感」として知覚される。皮膚感覚提示部分の中央を境にして左右で仮想的に異なる粗さ感覚を提示する際、 $k_r$ が大きい方がより粗い感覚として知覚される。両者の $k_r$ が近付くと弁別が難しくなるが、粗い方の $d$ を他方より大きくすると弁別能が向上する(7)。

#### 5. 大面積化

前述のプロトタイプでは、直線的なぞり動作にしか対応できなかった。そこで、皮膚感覚提示部分の面積を大

大きくした振動子を設計・製作した。その振動子をFig. 6に示す。基板両端にIDTと反射器が配置されており、中央が提示部分である。LiNbO<sub>3</sub>は透明であるため、基板両面を研磨することで、透明な振動子を実現することができる。一方、入手可能なLiNbO<sub>3</sub>ウエハサイズは4インチに限られるため、これよりも大きな振動子を実現することは容易では無い。

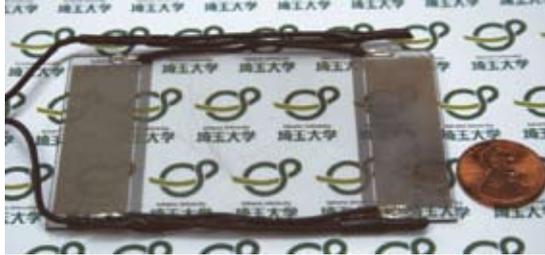


Fig. 6 Wide transparent SAW transducer.

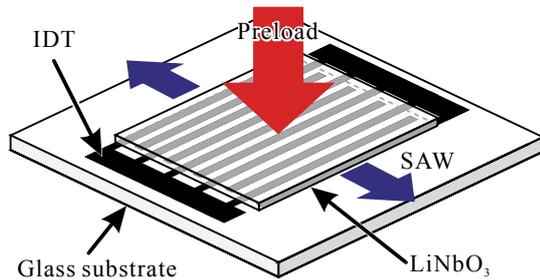


Fig. 7 Indirect excitation of SAW on glass substrate.

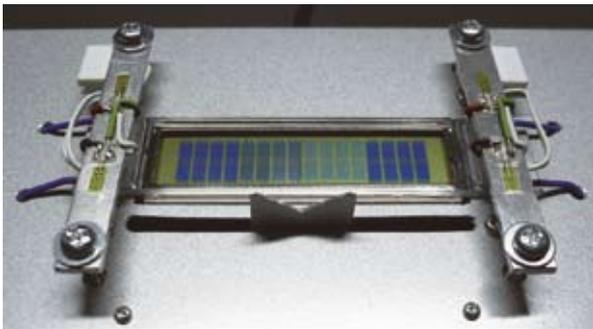


Fig. 8 SAW tactile display using glass substrate.

そこで、弾性表面波が伝搬する部分をガラスにし、励振する部分でのみ圧電材料を用いて皮膚感覚ディスプレイを実現する方法を提案した(8)。励振方法をFig. 7に示す。ガラス基板表面にIDTを形成しておき、交差指部分にLiNbO<sub>3</sub>のピースを結合させて予圧を与える。電極に電圧が印加されるとピース内に逆圧電効果による応力分布が発生し、電極を介してガラス基板表面にも応力分布が出現する。その分布によって弾性表面波が励振され、ガラス基板上を同図矢印の向きに伝搬する。この励振方法を適用した皮膚感覚ディスプレイをFig. 8に示す。中央にガラス板が配されており、基板両端にLiNbO<sub>3</sub>ピースが結合されている。予圧を与えるためにアルミ製梁によって固定している。梁に貼り付けられたひずみゲージにより、予圧を計測している。ガラス基板の背後には液晶ディスプレイを備えている。このため、皮膚感覚情報と視覚情報を同時に享受することができる。前述のプロトタイプと同様に指台が備えられており、指の位置を計測している。液晶ディスプレイには3種類のパターンが表示されており、パターンに応じて異なる感触を提示するように制御している。スライダ越しにガラス基板をな

ぞると、パターン毎に異なる感触を体験することができる。弾性表面波励振部分を配列することで、大きなガラス基板で適応することが可能となり、大面積化をはかることができると考えている。

## 6. 薄型化

近年になって急速に普及しているスマートフォンでは、画面を直接触って入力するタッチパネル方式が主流となっている。画面の表面は一樣であるため、ボタンの位置が触覚を通しては分からない、入力確認のための感覚が得られないといった問題を有しており、触覚フィードバックの重要性が注目されている。そこで、本研究で開発している皮膚感覚ディスプレイをタッチパネルに組み合わせることを検討した。

タッチパネル表面に透明な超音波振動子を組み合わせれば、タッチパネル表面をなぞった際に皮膚感覚を提示することができる。一方、超音波振動子に厚みがあると、タッチパネルのセンサが作動しなくなってしまう。予備実験によって、振動子の厚みは0.9mm以下であることが好ましいことが分かっているため、シート状の超音波振動子 (sheet-like ultrasonic transducer: SUT) を新たに製作した。SUTをFig. 9に示す。厚さ0.3mmの石英ガラス基板に両面研磨LiNbO<sub>3</sub>基板からなる発振子を結合させ、ガラス基板に板波モードの振動が伝搬するようにしてある。基板表面に鉛直方向の振動を分布させることができれば、前述の原理を適用して皮膚感覚を提示することが可能となる。

製作したSUTをタッチパネルと統合した様子をFig. 10に示す。タッチパネルの画面には異なる色のついた四角形が表示されており、それをスライダ越しになぞるとその色に応じた粗さ感覚が提示されるように制御されている。

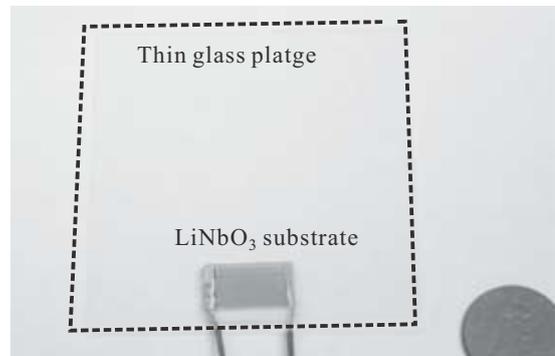


Fig. 9 Sheet-like ultrasonic transducer.

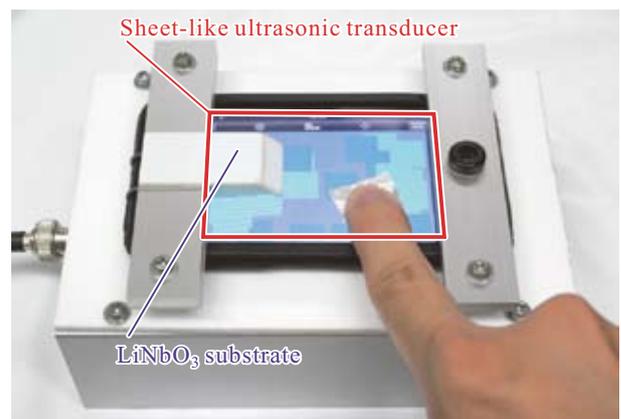


Fig. 10 SUT on touch screen.

## 7. 書き味提示デバイス

画用紙に鉛筆で線を描くときや文字を書くとき、芯の先端と紙の微小な凹凸の相互作用により鉛筆が振動し、その振動を皮膚感覚の一種として受容し、ヒトはそれを「書き味」として知覚している。弾性表面波皮膚感覚ディスプレイの原理を応用して、この振動を再現し「書き味」を提示することを提案した。装置の構成をFig. 11に示す。弾性表面波をその表面に励振・伝搬させる基板とペンからなる。ペンの先にはゴム膜とアルミニウムフィルムを備える。ペンで書き味提示エリアをなぞると、前述のように摩擦力を増減させることができ、ペン先を振動させることができる。適切な制御により、「書き味」を味わうことができる。

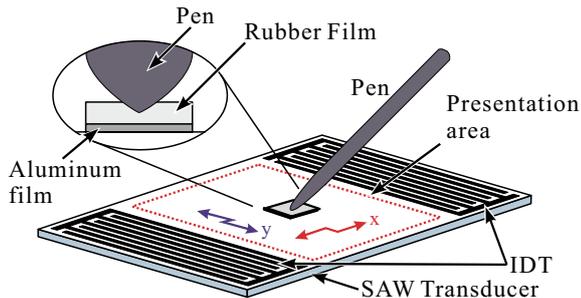


Fig. 11 Schematic view of pen tablet type tactile display.

Fig. 6の振動子を樹脂製のホルダに収め、Fig. 12のように「移動式」とした。ペンタブレットインターフェースとして、液晶ペンタブレットを用いた。このデバイスは液晶ディスプレイとペンタブレット機能を兼ね備えたものであり、直接ポインティングしたり、液晶ディスプ

レイに投影された画像を直接ペンでなぞったりすることができる。振動子ホルダ裏面の樹脂は透明であり、振動子も透明であることから、振動子越しに液晶ディスプレイに投影されている画像を見ることができる。使用の際、ペンでなぞる方向と振動子の向き（弾性表面波の伝搬方向）に関係なく書き味を体験することができる。また、弾性表面波をOn/Off制御する矩形波の発生において、M系列信号を参照して周波数に揺らぎをもたせると、粗さを持った紙の表面に線を描いているような感触により近づけることができる(9)。

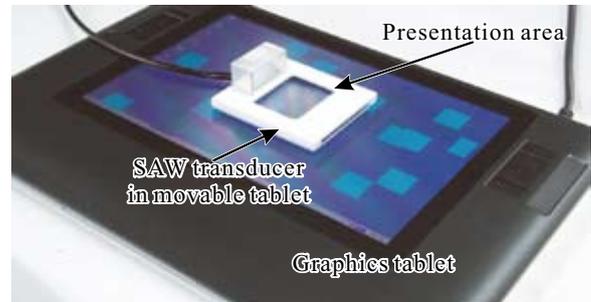


Fig. 12 Pen tablet type tactile display.

## 8. おわりに

超音波の一種である弾性表面波を用いて、ヒトの触覚の一部である皮膚感覚、特に「ざらざら感」を提示する方法とその応用デバイスについて紹介させていただいた。紙面では触覚を受容することができないため、提示される感覚を理解するためには、体験以外に方法が無い。機会があれば是非体験して頂き、(辛口の)コメントを頂戴できれば幸いである。

## ● 参考文献

- (1) T. Watanabe and S. Fukui, A Method for Controlling Tactile Sensation of Surface Roughness Using Ultrasonic Vibration, Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automatino, pp. 1134-1139, 1995.
- (2) M. Biet, F. Giraud and B Lemaire-Semail, Squeeze Film Effect for the Design of an Ultrasonic Tactile Plate, IEEE Trans. UFFC, Vol. 54, No. 12, pp. 2678-2688, 2007.
- (3) M. Biet, G. Casiez, F. Giraud and B Lemaire-Semail, Discrimination of Virtual Square Gratings by Dynamic Touch on Friction Based Tactile Displays, Proc. Symp. Haptic Interface for Virtual Environments and Teleoperator Systems 2008, pp. 41-48, 2008.
- (4) L. Winfield, J. Glassmire, E. Colgate and M. Peshkin, T-PaD: Tactile Pattern Display through Variable Friction Reduction, Proc. World Haptics Conference, B9, 2007.
- (5) Y. Shiokawa, A. Tazo, M. Konyo and T. Maeno, Hybrid Display of Roughness, Softness and Friction Senses of Haptics, Proc. 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence 2008, pp. 72-79, 2008.
- (6) T. Nara, M. Takasaki, T. Maeda, T. Higuchi, S. Ando and S. Tachi, "Surface Acoustic Wave Tactile Display," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 21, No. 6, pp. 56-63, 2001.
- (7) 高崎正也, 小谷浩之, 遠藤大, 奈良高明, 水野毅, "アクティブタイプ弾性表面波皮膚感覚ディスプレイ", 計測自動制御学会論文集 Vol.42, No.4, pp.327-333, 2006.
- (8) H. Kotani, M. Takasaki, T. Nara and T. Mizuno, "Glass Substrate Surface Acoustic Wave Tactile Display With Visual Information," Proc. IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 1-6, 2006.
- (9) R. Tamon, M. Takasaki and T. Mizuno, "Generation of Drawing Sensation by Surface Acoustic Wave Tactile Display on Graphics Tablet," SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol. 5, No. 4, pp. 242-248, 2012.

# 常識を疑い原理原則に立ち戻る

松久 寛

(一般社団法人縮小社会研究会 代表理事)



後輩へのメッセージということだが、私の人生を語るの  
で、そこから、それぞれがメッセージを読み取ってもら  
いたいと思う。

## 1. 子ども時代

私は1947年生まれ、すなわち、団塊の世代である。  
今の2倍の子どもの数で、ぎゅうぎゅう詰めの毎日で  
あった。でも、幸運な世代であると思う。というのは、  
(1)戦争がなかった、(2)飢えなかった、(3)身分制度がな  
かった、(4)経済成長を続けた、などが理由である。歴史  
上このような社会が数十年間も続いたのは、日本のみ  
ならず、世界でもまれである。まれというよりは無かつ  
たであろう。また、上記の(4)の成長の時代というの  
は、工学に身を置いたものにとっては、非常に重要であ  
る。私が幼少の頃にはラジオぐらいしかなく、薪で飯を  
炊き、汲取り便所であった。人糞は牛に曳かれた木製の  
タンクに人力で回収していた。これは、田舎ではなく、  
大阪市内である。徐々に、洗濯機、扇風機、炊飯器、石  
油ストーブ、白黒テレビ、電話、掃除機、冷蔵庫、カ  
ラーテレビ、エアコン、車と所有していった。また、家  
に風呂が付き、水洗便所になった。次々と現れる製品は  
家事労働からの救世主であり、便利さと快適さを与える  
ものであった。サラリーマンにとっては次のボーナスで  
何をかうという目標であり、それが実現する度に家族で  
幸せを味わった。また、小学校時代の遊びは、戸外(道  
路)での近所の子どもたちとの集団遊びが主であった。  
おもちゃも、ゴム鉄砲、コマなどは自分で作っていた。  
家にわずかな畑があり、そこで野菜などを作っていて、  
手伝っていた。小学校のころの経験は、私の人生におお  
いに影響していると思う。

中学、高校は、何もせずに怠惰にすごした。受験に合  
格する程度の勉強であった。

## 2. 学生時代

1966年に京都大学工学部に入学した。私は、動く機  
械に興味があったので、入学と同時にトラクター研究会  
に入った。ここでは、トラクター自体を研究するという  
よりは、トラクターを使って面白いことをしようという  
のであった。そのころの農業は牛耕から耕運機に代わ  
ってはいたが、トラクターを使っているのは北海道ぐら  
いであった。そこで、まず1年生の夏休みに北海道の牧場  
に行った。京都から急行列車を乗り継いで十勝まで50  
時間かかった。朝夕の乳しぼり、牛舎の清掃と冬用の干  
草作りの毎日である。肉体労働をしたことの無い私に  
とって、当初はほんとうにしんどい日々であった。田舎で  
の農業を垣間見た。1か月ほど働いて、北海道、東北を  
周って京都に戻った。

1年生の春休みは大分県の飯田高原の原野の開墾に  
行った。耕運植林の研究という目的である。すなわち、  
杉などの苗木を植えるときに、穴を掘り、下草を刈るの  
は手間がかかる。そこで、なだらかな山全体を大型のト  
ラクターで耕運し、その後に苗木を植えるのである。学  
生5人が、農家に泊まり込んでいたので、毎晩宴会で  
あった。私たち素人学生が大型トラクターを運転するの

で、無理な負荷がかかり、トラクターが故障してしまっ  
た。その修理を待つ間、焚き火をしながら、談笑にふ  
けていた。そのうちに、火が周りの枯れすすきに燃え  
移り、あっという間に広がった。これは、我々だけでは  
消せないと、近くのドライブインに飛び込んで、消防署  
への連絡を頼んだら、このあたりに消防署はないとの  
ことで、村中の人々が両手でもつ団扇の親分のような大きな  
消火具を持って出てきてくれた。それで、たたき消すの  
である。しかし、なかなか消えず、火は広がり、もうダ  
メかと思った。そこで、無理を承知でトラクターのエン  
ジンをかけて、火の周りの枯れ草を鋤き込んで防火帯を  
作り、消し止めた。村の人達に、何回謝ったことか。そ  
の数日後、村の人達が枯れススキの山焼きをしていたが、  
飛び火し植林地に近付いて行った。そこで、数日前の経験  
を生かしてトラクターで防火帯を作り、鎮火させた。それ  
は、新聞に「京大生が山火事を消す」と紹介された。その  
記事を見た湯布院の町長が家に招待してくれたりした。し  
かし、前科があるので、複雑な心境であった。

2年生の夏は、トラクターで富士山に登った。これ  
は、高地におけるトラクターの性能調査という名目で  
あった。砂地で急傾斜のために、押したり、板を敷いた  
りしながら2日かけて登頂した。これは、登るという行  
為よりも、その準備の方が大変であった。トラクターの  
借用、道路の通行許可などである。この許可をもらう相  
手が、静岡県と山梨県の警察署、建設省、荷役業界から  
浅間神社までであり、ここで、京都大学という名前のあり  
がたみがわかった。



図1 富士山に登るトラクター 1967年夏

3年生の後半になると、世界中に大学紛争が勃発し、  
京都大学にも波及してきた。このころは戦後の復興成長  
期の歪みが出てきたころであり、旧来の体制が再検討さ  
れた。大学においては封建性の象徴として講座制が問題  
となった。そして、4年生になり、私を含む10名は講  
座に入らずに、自主研究室なるものをつくり、そこで卒  
論を書いた。

修士課程はアメリカのジョージア工科大学に行った。  
学科はIndustrial and System Engineeringにした。日  
本では、大学の3年生の後期からは授業には出ていない  
ので、機械工学の知識はなく、どの学科に入っても同じ

である。そこで、専門知識があまり要らず、数式があるので英語力不足が隠れる学科にした。まず、英語の勉強のために、ミシガン州にあるYMCAの夏休みの子どもキャンプに入れてもらった。しかし、大学では英語はまったくといっていいほど分からなかった。授業で、「次回は休講」、「次回にテスト」というのも聞き取れなかった。

大学からわずかな奨学金をもらって、貧しい日本の学生が豊かな世界に飛び込んだのである。当時は、アルバイトの単価は日本では1時間100円、アメリカでは1000円であり、実に10倍の差である。ウエーター、芝刈り、日本人駐在員の子息の家庭教師とよく働いた。英語、知識、金のすべてで苦労した。最近のアジア諸国からの留学生をみていると、昔の自分を思い出す。でも、別に卒業できなくてもいいと居直ることによって、ほどほどに楽しい生活が送れた。ドイツからの留学生とおんぼろ自動車でのメキシコの太平洋岸のアカプルコまでの往復6400kmの旅などもした。

アメリカでの生活が終わりに近づくと、日本が懐かしく帰りたいかった。しかし、いったん帰国すると当分海外には出られないだろうと思った。なにせ、大卒の初任給が5万円で、アメリカまでの飛行機の片道料金が20万円以上、1ドル360円の固定相場、ドルは留学などの公の書類をもって日銀までいかないと換金できない時代である。そこで、日本に帰る前にヨーロッパに行くことにした。安く行く方法は就職である。オランダのロッテルダムにある工作機械を作っている会社に研修生として採用された。住居は民宿のような小さなホテルである。そこで朝食と夕食をとった。食パンが何枚も積んであり食べ放題であるが、おかずは、ゆで卵が一つか、ハムが一枚か、スライスチーズが1枚である。三つ出るのではなく、どれか一つである。それに紅茶が付いている。ヨーロッパの食事の質素さは、日本以上であった。アメリカで、薄い食パンに何枚ものハムやチーズを挟んで食べていた身にとって、特に夕食は耐えがたく、ときどき町に出て、中華料理を食べた。

ホテルには、私と同年代のオランダ人がいた。彼と話していて、オランダと日本の溝を初めて知った。太平洋戦争で日本はインドネシアに侵略し、そこを占領していたオランダを破り、オランダ人を捕虜にして、タイとビルマを結ぶ泰緬鉄道建設工事に従事させ、過酷な労働で多くのオランダ人が死んだ。彼は、「泰緬鉄道の枕木一本ずつの下にオランダ人が眠っている。すべてのオランダ人には、日本に殺された家族や親類がいる」と言った。ある日、町のバーでドイツ人と話した。彼は、「オランダとドイツは昔から戦争をしており、ドイツ人にとってオランダは住みにくい。日本人のお前はオランダではなく、ドイツに来ればよかったのに。歴史は消えないのだ」と言った。

ある日、ホテルの70歳ぐらいの女性オーナーが「カメラが無くなった。知らないかと」と疑いの目で言ってきた。それは、コダックのインスタマチックという安いものであった。当然、私は、「知らない。私は良いカメラを持っている」と答えた。しかし、そのオーナーは会社に「ヒロシがカメラを盗った」と言いに行った。そこで、私はそのホテルを出て、会社の同僚のチェコ人のアパートに同居させてもらった。彼も、ヨーロッパでは民族間、国家間の長年の争いがあり、それは、何百年も忘れられずに生きているといった。そのような状態なので、長居は無用とオランダは早々に切り上げ、ヨーロッパを巡って帰国した。帰国後、ベルギーの友人からの情

報が耳に入った。ある日、杖をついたオランダ人のおばあさんが家を訪ねてきて、「ヒロシがカメラを売りに来なかったか」と尋ねたそうだ。私がホテルに滞在中に、彼のところに遊びに行ったが、その時の電話番号から、彼の住所を調べたらしい。この話を聞いたときに、執念というか、歴史の恐ろしさを感じた。

帰国後、京都大学博士課程に入学し、安全工学の研究室に属した。労働災害、職業病などの研究に従事した。この当時は、訴訟では、原告である労働者や住民に、病が仕事や環境に起因することの立証を求められたが、専門家はだれも協力しないので、常に泣き寝入りさせられていた。そこで彼らの要求に答えるために、京都大学安全センターなる組織を設立した。大学の先生は、住民や労働者から協力を依頼されると、「私は専門でない。多忙である」などと断るが、企業や行政から頼まれると引き受ける。ふりかえると、「公害」と言っていた時には誰も近づかなかったが、「環境」と名前が変わり体制化されると多くの環境学者がでてきた。原発もこれから同じ道をたどり、反原発が体制化されると、多くの「核環境学者」が出現するであろう。

### 3. 助手時代

ちょうど、博士課程の3年が終わったときに、振動工学研究室ができて、助手に採用された。それまで、京都大学の機械工学科には振動工学研究室がなかったのである。京都大学で振動工学というと、榎木先生や得丸先生が有名であるが、彼らは数理工学と航空工学に属していた。設立のごたごたで、私が一人で学生6人の卒論を見るはめになった。しかし、私は、振動工学なるものはまったく知らなかった。また、新設の研究室のために、なんの設備もなかった。机やイスは周りの研究室の余っているのを調達した。実験設備は他大学を含めいろいろなところから古い機材をもらってきた。学生が優秀であったので、何とかあった。私自身の振動工学の研究は、このときから始めた。機械学会への入会もこのころである。

助手になって、2、3年後に、知人に振動談話会の存在を教えてもらった。戦後すぐにできた組織で、当初は鉄道車両の振動問題などを、産学の研究者が集まって解決しようというものであった。ここで、多くの知識と人脈を得た。私が、振動工学を続けることができたのは、この組織のおかげである。年の6回の開催で、すでに358回に達している。長続きの要因は、幹事が大学と企業から1名ずつで、彼らが半年3回の研究会を実行することにある。この方式では、幹事の負担は半年と少なく、ほとんどの人達が幹事を経験する。この358回という回数には、研究会としてはギネスものだと自慢していた。しかし、上には上があるもので、近畿歯車懇話会は年10回の開催で、すでに713回に達している。この両者が、東京ではなく、関西をベースにした組織であることが、長続きと関係があるのではないかと思うが、はっきりとはわからない。

## 4. 研究

### 4.1 鉄道車輪

はじめの研究は、鉄道車輪の振動と騒音であった。形状は円板であるが、リム部が厚いので、薄板の振動理論では解析できない。そこで、Mindlinの厚板理論を用いて固有値解析をした。本当によく実測値と一致した。そこで、乗り心地とカーブでのきしり音対策として、ボス部とリム部をゴムでつないだ弾性車輪を提案した。しかし、1998年にドイツの高速鉄道で弾性車輪が原因で大事

故が発生した。工学は実用化を目的としているだけに、安易に長所だけを強調するのは危険である。

#### 4.2 スポーツ用具

健康の為に40歳ぐらいからテニスを始めた。そのころに、スポーツ工学の研究会が設立されたので、さっそく顔を出した。テニス、ゴルフなどボールを打つ競技においては、飛びが重要なファクターである。インピーダンスマッチングという理論の特許があった。これは、ボールとラケットの固有振動数が一致すると、よく飛ぶというシンプルなもので、多くの球技用具に適用される。その理屈は、ボールとラケットは接触中、弾性変形するが、固有振動数が一致すると、離脱するときには、ちょうどどちらも半周期になるからというものであった。私は、離脱時に変形が無くとも速度を持っているので、離脱後、ボールとラケットはそれぞれ自由振動を持続するはずである。それならば、その振動エネルギー分だけ、飛ぶエネルギーが減って、飛びが悪くなるのではないかと疑問を持った。そこで、モード解析法で検討した。その結果、固有振動数が一致するとそのモードは励起されない。そして、その分だけ、併進モード（飛び）が増加することが分かった。これは、私の最良の研究であると思っている。スポーツ業界でも評価してくると思っていた。しかし、皆さんは、触れたがらなかった。特許を持っているA社にとっては、理屈が否定されたのである。他のメーカーにとっては、インピーダンスマッチングでよく飛ぶという事実は変わらないので、インピーダンスマッチングという特許が否定されたわけではない。どちらにとっても困った論文(1)であった。特許が絡むと難しくなる。

スキーに関しては、自分が上手く回転できないので、回転のメカニズムを解明しようとした。多くの人は体をひねって回転するというが、それは内力である。自転と公転の組み合わせでスムーズな回転になるが、それを生じさせる外力、外モーメントがどこから働くかが問題である。それは、スキー板に分布した雪面から受ける力である。重心の移動とスキー板の傾き(エッジ)の変化によって、雪面からの反力の分布が変化し、回転することまでは分かったが、自分のスキーの腕前の向上にはつながらなかった。しかし、スキーに関しては、間違った常識が多くあることが分かった。たとえば、そのころはスキー板の底面中央に浅い溝が1本付いていた。これで、直線走行性がよくなるといわれていた。しかし、現在は平面である。ジャンプはそのころは両スキーをそろえて飛んでいたが、今はV字に開脚している。もっと昔は、鳥のように腕を回転して飛んでいた。そういえば、昔はスポーツ中に水を飲むなど言っていた。また、うさぎ跳びをやっていた。なお、野球で投手の投げるボールには、並進速度、回転速度と回転軸方向しかないが、ボールが重い、伸びがある、切れがある、沈む、など非科学的な表現が使われている。スポーツ工学には、まだまだ未開拓な分野が多くある。

#### 4.3 ゴンドラ

1990年ごろより、スキー場にあるゴンドラなどの索道の都市交通への適用が運輸省と索道工業会で検討されていた。しかし、ねじれやすいロープを把持する懸垂構造のため、風で横方向に揺れるという欠点があり、風速15m/sで運休していた。索道を都市で運行するには、運休を極力減らせねばならない。そのためには、風速20m/sでも運行できるものが必要である。そこで、動吸振器の開発にとりかかった。動吸振器の理論は確立していて、研究の余地はなく、簡単に実用化できると考えていた。

一般に、動吸振器の制振効率 は取り付け位置の振幅の2乗に比例する。図2(A)に示す建物に取り付けばねと質量からなる動吸振器の場合はこれにあたり、高い場所に取り付ける。また、図2(B)に示す水平を保って揺れる振子の場合も、同様に振幅の大きい下部に取り付ける。しかし、図2(C)に示す振子の場合異なる。動吸振器を下部に取り付けると制振効果はなく、上部に取り付けると制振効果がでてくる。効果は質点からの距離の二乗に比例し、上部に行けばいくほど良い。この理由は、振子が傾くことによって、動吸振器の質量に慣性力のみならず、重力が働き、この2者が相殺し、質量が動かなくなるからである。水の入ったバケツを水平移動や定位置での回転をさせると水はこぼれるが、腕で持って振ると水はこぼれないのと同じである。あとは納得できるが、初めは、動かない支点に動吸振器を取り付けてなぜ効くのかびんと来なかった。

この位置の理論を見つけ機械学会に発表したのが1993年であった。この論文(2)は機械学会論文賞をいただいた。そして、直ぐに特許を申請し、実用化に取り組み、図3に示すように1995年に世界で初めての動吸振器をついたリフトを北海道のスキー場で実現した。それか

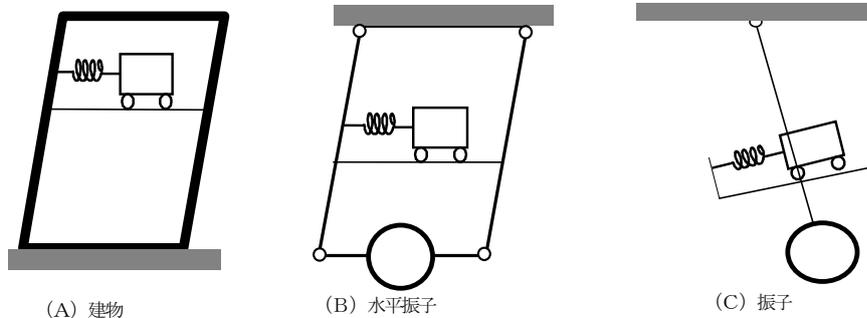


図2 建物と振子に付けたばね・質量形動吸振器



図3 左図：世界初の動吸振器の付いたリフト(1995年)、右図：同ゴンドラ(1996年)

ら、日本の観光地やスキー場で実用されていった。また、この特許は発明協会の平成15年度近畿地方発明表彰近畿経済産業局長賞（特別賞）を受賞した。

#### 4. 4 コリオリの力を利用した動吸振器

ゴンドラの動吸振器の実用化において、重心からの距離の2乗に比例するので、上方に設置することを要望した。しかし、上方に設置すると、鉄柱や駅舎構造物と接触するというので、ゴンドラの屋根の上が上限であった。そこでは、制振効果はあまり期待できなかった。執拗にもっと上方に取り付けてと言っていたら、逆に下方に付けて効くものを考えてくれといわれた。そこで、思いついたのが、ブランコの動きである。ブランコの立ち漕ぎは体を上下させる。すなわち、図4に示すように、中央に来た時に立ち上がり、前後の高い所で沈み込むのである。これで、ブランコにエネルギーが注入されブランコの揺れは増大する。これと反対の動きをすれば、ブランコのエネルギーは吸収され揺れは縮小するはずである。

しかし、錘を能動的に上下させるのは装置やコストから実用的でないし、面白味がない。そこで、図5に示すように上下方向に動く錘をばねで支持した受動的機構を考案した。動吸振器の固有振動数をゴンドラの揺れ周期の2倍に設定すると、動吸振器は共振して大きく上下運動をする。そこで発生するコリオリの力が制振力なる。

この制振力はゴンドラの振幅の3乗に比例する。すなわち、振幅が大きい場合は良く効くが、逆に振幅が小さくなると効果はほとんどなくなる。これは、ブランコをこぐときに、はじめはなかなか揺れないが、徐々に揺れが大きくなり、それから急激に大揺れになるのに対応する。当初、この原理を制振に利用することを検討したが、理論式の線形化において、コリオリの力は高次であるので、微量量として削除したため、動吸振器の上下運動とゴンドラの横揺れは連成せず、制振効果は見えなかった。しかし、後に式を非線形のまま見直し、揺れが大きいときには非線形項が生きてきて良く効くと気付いた。この論文(3)も、機会学会論文賞をいただいた。

ゴンドラの制振の研究をきっかけに芽づる式に研究テーマが出てきた。主振動系として、船、吊り橋、照明塔、さらにはシャンデリアの地震による揺れなどを対象とした。動吸振器の研究としては、マス・ばね型、振り子型、円軌道型、液体U字管型からジャイロなどを対象とした。この一連の研究で、一貫して志向したのは、安くて、簡単で、丈夫で長持ちということである。そうになると、能動型ではなく、受動型になり、そこでは高校で習うような基本的な物理と機構学が重要であった。常識の壁にぶつかり、発想を変えることによって解決してきた。最後に、この一連の実機実験はスキー場や海などで行われ楽しい研究であった。

#### 5. おわりに

このような多くの体験ができた時代に生まれたことを幸運と感謝している。しかし、この成長の時代に、資源や環境を使いつくし、次の世代に負債を残すことは申し訳ない。そこで、最近では、せめて数十年先の孫の時代までは我々の責任であると考え、成長から縮小への転換、すなわち縮小社会へのソフトランディングの方法を求めている。これは、従来の経済成長は善であるという常識を否定するものであり、逆に経済成長は破滅を早める道である。多くの人はそれに気が付いている。そこで、持続という言葉を使っている。しかし、企業にとっては成長率の持続であり、市民にとっては現在の生活の持続で

ある。残念ながら、持続では資源の枯渇はまぬがれない。いま、100年分の化石燃料があるといわれている。もし、毎年2%の成長を続けると54年で枯渇する。しかし、毎年1%の縮小をすると、残存資源は永遠にあと100年である。それ以上の縮小をすると、残存年数は毎年増えていく。

明日は今日の延長ではない。明日を予測することが大事であるが、予測は外れるものである。何が起こるか分からないと思って生きる必要がある。思いつくままに、私的な自分史を書いた。ここから、直接得るものはないかもしれない。しかし、常識を疑うことの有意を感じていただければ幸いである。最後に、ここに書く機会を与えていただいたことに謝意を表したい。

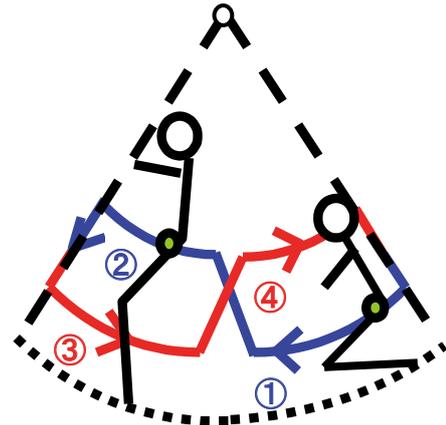


図4 ブランコでの体の動き



図5 コリオリ力で制振するゴンドラ  
(ばねで支えられた錘が受動的に上下する)

#### ● 参考文献

- 1) 松久寛・王永金・豊田憲彦・松原厚・本田善久・佐藤進, モード解析によるテニスラケットの最適設計, 機論, 60-577 C (1994), pp.3081-3086
- 2) 松久寛, 顧榮榮, 王永金, 西原修, 佐藤進, “索道搬器の動吸振器による制振”, 日本機械学会論文集C編, Vol.59, No.562 (1993), pp.1717-1722.
- 3) 松久寛, 宇津野秀夫, 磯野充典, “コリオリ力を用いた動吸振器による索道搬器の制振”, 日本機械学会論文集C編, Vol.72, No.722(2006), pp.3170-3176.

# Dynamics and Design Conference 2015

## 「結束を新たに，未来を拓く」

[機械力学・計測制御部門 企画]

<http://www.jsme.or.jp/conference/dmccnfl5/>

**開催日** 2015年8月25日（火）～28日（金）  
**会場** 弘前大学（青森県弘前市文京町1番地）  
**要旨**

Dynamics and Design Conference 2015 (D&D2015) は，機械力学・計測制御分野に関連した研究とオーガナイズド・セッション・テーマ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** 2015年3月13日（金）

**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** 2015年4月6日（月）

**論文提出締切** 2015年6月29日（月）

**問合せ先** D&D2015実行委員会 dd2015@jsme.or.jp

D&D2015実行委員長 梶原 逸朗（北海道大学），

幹事 竹原 昭一郎（上智大学）

## 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                                    |
|-------------------|--|--|
| 2015年5月14日, 15日   | 第27回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (SEAD27)                            | ハウステンボス                                |
| 2015年5月21日, 22日   | 第4回KSME-JSME ダイナミクス&コントロールに関するジョイントシンポジウム                    | Busan Exhibition and Convention Center |
| 2015年5月25日, 26日   | 振動モード解析実用入門 - 実習付き -   | 日本機械学会                                 |
| 2015年6月22日～24日    | 第14回「運動と振動の制御」シンポジウム (MoViC2015)                             | 栃木県総合文化センター                            |
| 2015年7月16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                            |
| 2015年7月17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                            |
| 2015年8月25日～28日    | Dynamics and Design Conference 2015 (D&D2015)                | 弘前大学                                   |
| 2015年9月13日～16日    | 2015年度年次大会   | 北海道大学                                  |
| 2015年10月30日～11月1日 | シンポジウム：<br>スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2015                            | 立命館大学<br>びわこ・くさつキャンパス                  |
| 2015年11月14日, 15日  | 第58回自動制御連合講演会  | 神戸                                     |
| 2016年8月7日～10日     | The Eighth Asian Conference on Multibody Dynamics (ACMD2016) | 金沢都ホテル（予定）                             |

# カーネギーメロン大学留学報告

東北大学 辻田 哲平

## 1. はじめに

筆者は、東北大学大学院工学研究科「若手研究者海外派遣による最先端科学・工学グローバル・キャリアディベロップメント」の支援を受け、2012年10月末から二ヶ月間、米国カーネギーメロン大学ロボティクス研究所を訪問する機会を得ました。また、2013年4月より二年間の予定で、日本学術振興会海外特別研究員として、引き続き同研究所にて在外研究を行っております。二年間の滞在の前に、大学内の制度を利用して短期滞在をさせていただいたおかげで、最初の生活や研究の立ち上げを効率良く行うことができました。現在は、3月の帰国までに行き届く限り多くのことを吸収できるように、一日一日を大切に研究活動に邁進しております。

## 2. カーネギーメロン大学

現在、客員教員としてお世話になっているカーネギーメロン大学は、神戸市やカタールなど世界各地にキャンパスを有しますが、私が滞在しているキャンパスは、米国ペンシルバニア州ピッツバーグにあるメインキャンパス（図1）です。



図1 カーネギーメロン大学

ピッツバーグは、かつて鉄鋼の町として栄えた町です。鉄鋼王アンドリュー・カーネギーが1900年に設立したカーネギー技術学校と銀行王アンドリュー・メロンが1913年に設立したメロン工業研究所が1965年に合併し誕生したのが、カーネギーメロン大学です。理工系学部の他に芸術や経済関連の学部もあり、多種多様な学生が学んでいます。現在、約12,000人の学生が在籍しており、5,000人以上の職員が働いております。学部学生は、学内の寮で生活しており、学生の団結力には目を見張る物があります。学園祭においても、寮の各棟毎に一致団結して出し物を準備して、非常に活気にあふれていました（図2）。

また、ピッツバーグはアメリカンフットボールが盛んで、かつての鉄鋼の町にちなんだ名前を持つアメフトチームPittsburgh Steelersの熱狂的ファンが多くおり、シーズンになると、町中はSteelersのロゴの入ったシャツや帽子を身にまとった人が多く見受けられます（後述するRalph Hollis先生もSteelersの大ファンです）。カーネギーメロン大学にもアメフトチーム・TARTANSが

あり、他大学とリーグ戦を行っておりますが、残念ながらあまり強くはないようです（図3）。



図2 学園祭



図3 アメフトチームTARTANS

## 3. 訪問研究室

筆者は、MR (Magnetorheological) 流体と呼ばれる磁場を印加することで機械的特性が変化する流体を活用した力覚提示装置を開発し、より現実感の高い脳外科手術シミュレータを作ることを目指しております。そこで、磁気浮上型力覚提示装置で著名なRalph Hollis教授の研究室への訪問を希望いたしました。Hollis先生はロボティクス研究所に属されており、この研究所は、ロボット工学を主とした研究所としては世界最大級の研究所で、教員は70名強在籍しております。この最先端に行く研究所で、世界中から集まってくる若い研究者達と交流を持ちたいというのも志望理由でした。

これまで、Hollis先生に直接お会いしたことはなく、電子メールでの突然のお願いでしたが、電話にて説明させていただく機会をいただき、訪問をご快諾してくださいました。現在、ロボティクス研究所の一角に研究スペースを割り当てていただき、脳外科手術シミュレータの実現に向けて、ハードウェアとソフトウェアの両面から取り組んでいます。自身の研究を広く知ってもらうために、アメリカ国内で開催された国際会議に開発した装置を持ち込んでデモンストレーション（図4）を行うな

ど、日本からの参加ではなかなか行えない活動にも挑戦しています。



図4 IEEE Haptics Symposium 2014でのデモンストレーション

また、図5に示すように、Hollis先生が開発された磁気浮上型力覚提示装置に、これまで東北大・北大の研究グループで開発してきた脳外科手術シミュレーションソフトウェアを移植し、現実感の向上に努めております。この磁気浮上型力覚提示装置は、Hollis先生が代表を務めるベンチャー企業Butterfly Haptics, LLCにて販売されており、前述のHaptics SymposiumやIEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) 2014の企業ブースにて展示されました。この展示において、私共のシミュレーションソフトウェアと磁気浮上型力覚提示装置を組み合わせたデモンストレーションを行いました。

Hollis先生は、ご自宅の地下に工場を持っておられ、帰宅された後もロボットをご自身で製作していらっしゃいます。日本の制度では既に定年を過ぎたお歳でいらっしゃいますが、実際に物を作ることを大切にされ日夜研究に没頭されておられます。帰国後もこの姿勢を見習い、ロボット研究者として物作りを大切にし、研究に励みたいと思います。

また、先生のお人柄から非常にアットホームな研究室で、研究室のメンバーで自転車旅行に出かけたり、先生のご自宅でのクリスマスパーティーに招いて頂いたりして、親交を深めております。私も先生の姿を見習って、日本でも学生や他の職員と積極的に交流し、研究室を盛り上げる存在になりたいと思います。



図5 開発中の脳外科手術シミュレータ

#### 4. 陸前高田市から中高生の訪問

東日本大震災被災生徒を対象とした学習支援活動等を行う事業「学びの部屋」（陸前高田市教育委員会と一般社団法人子どものエンパワメントいわてによる共働事業）で英語学習に励んでいる中学生6名が、カーネギーメロン大学を訪れ、ピッツバーグの高校生や大学生を前に英語でスピーチし震災からの復興を伝えました。その陸前高田市の中高生に、米国で研究する日本人の一人として、研究の紹介をする機会を頂きました。陸前高田市とは比べものにならないくらい軽微ではありますが、宮城県仙台市に位置する東北大学にて被災した身として、精一杯、海外で視野を広げることの重要性や研究の楽しさを伝えました。



図6 陸前高田の中高生への研究紹介

#### 5. おわりに

最後になりましたが、このような大変貴重な在外研究の機会を快く与えて下さいましたRalph Hollis教授に、心より御礼申し上げます。また、私の不在中に大学の業務をご支援いただいております東北大学の教職員の皆様、及び、本報告執筆の機会を与えて下さいました編集員の皆様に、この場をお借りして御礼申し上げます。

# スイス連邦工科大学チューリッヒ校 在外研究報告

北海道大学 本田 真也

## 1. はじめに

このたび「平成25年度北海道大学大学院工学研究院若手教員在外研究助成」を受けて、スイスのチューリッヒに10か月間(平成25年9月～平成26年6月)滞在し、スイス連邦工科大学チューリッヒ校(ETHZ)において、在外研究を行う機会を頂きましたので、皆様にご報告いたします。

スイスに滞在していたと話をすると、スイスでは何語を話すの?という質問を多くいただきます。スイスは四つの公用語を採用しており、言語話者の多い順からドイツ語(64%)、フランス語(20%)、イタリア語(6.5%)、ロマンシュ語(0.5%)、その他(9%)となっており、ドイツ語を母国語とする人口が最も多い国です(スイスドイツ語と言って多少ドイツ語とは異なる)。私が滞在していたスイス最大都市のチューリッヒや首都のベルンもドイツ語圏ですので、ドイツ語がスイスの言語として一般的なイメージになっても良いかと思いますが、国連で有名なジュネーブや国際オリンピック委員会(IOC)の本部があるローザンヌなど、レマン湖周辺の都市がフランス語圏であることで混乱を招いているのかも知れません。また、公用語ではありませんが、スイス人は英語も非常に流暢に話すため、滞在中、店での買い物や官公庁での手続きにも困ることはありませんでした。

## 2. スイス連邦工科大学チューリッヒ校(ETHZ)

スイスには州立の公立大学はいくつもありますが、国立の大学は二つしかありません。その一つがスイス連邦工科大学チューリッヒ校であり、もう一方はその姉妹校であるローザンヌ校です。2つしかない国立大学がいずれも理工学部を中心とした大学であることから、スイスは国として科学技術の発展を非常に重要視していることがわかります。また、ドイツ語圏にあるチューリッヒ校がドイツ語表記(Eidgenössische Technische Hochschule Zürich)の頭文字を取ってETHZと略され、フランス語圏にあるローザンヌ校はフランス語表記(École polytechnique fédérale de Lausanne)の頭文字を取ってEPFLと略記されます。両大学とも各社の世界大学ランキングの上位に常連であり、特にETHZは非英語圏では常に最高位を獲得しています。また、アインシュタインを初めとしてノーベル賞受賞者を21名輩出していることから世界有数の名門校であることがわかります。

ETHZにはチューリッヒ中央駅からすぐ近くの中央キャンパスと、郊外に新設されたバイオ関連の研究グループが多く集まっているキャンパスの二つがあり、私は中央キャンパス(図1)にある研究グループにお世話になっていました。グループリーダーはPaolo Ermanni教授(図2左)で、複合材料とその応用に関する研究をメインのテーマとされています。その中でも構造力学関連の研究テーマは、グループのサブリーダーであるGerald Kress博士(図2右)が担当しておりましたので、私もKress博士と一緒に「波板状複合材シェルの等価剛性モデルの開発」に関する研究に従事していました。これはETHZ内で複数の研究グループが参加するプロジェクト「複合材料を利用したスマート翼の開発」に関連する研究テーマの一つで、波板状シェルはその構造的な異方性

を利用して、モーフィング翼の柔軟可動部材(図3右下部分)として応用が期待されています。こちらの詳細に関してはいずれD&Dなどで発表したいと思っています。



図1 ETHZのメイン校舎(左)と校舎からの展望(右)



図2 研究室の教員  
(左: Ermanni教授, 右: Kress博士)



図3 波板状シェルの有するモーフィング翼モデル

滞在先の研究グループには常に15名程度の博士課程学生がおり、その中でスイス国籍を有する学生は、2-3名と少数でした。その他、ヨーロッパを中心にいろいろな国からの留学生で構成されており、自然と研究室内のコミュニケーションは英語で行われていました。また、Ermanni教授がスイス国内のイタリア語圏出身ということもあってか、イタリアやスペイン出身の学生も多く、研究室内ではイタリア語が飛び交う場面が多く見られました。図4は研究室の博士学生と撮った写真で、左の写真に写っているのは、それぞれイタリアとドイツ出身の学生です。右は私がお借りしていたデスク周辺の写真で、私の正面には気さくで陽気なギリシャ出身の学生が座っており、初めての海外留学で緊張していた私をいろいろと気遣ってくれました。



図4 研究室の同僚  
(左：博士課程学生，左：筆者のデスク)

図5はグループ内の学生が博士課程を修了する際に研究室のメンバーから記念品として送られた帽子です。その人の人柄をイメージした様々な飾りが取り付けられています。今回の場合は自動車やバイクが好きなイタリア出身の学生の博士論文説明会でしたので、イタリア国旗やパスタ、関連するおもちゃ、また実験に使用していた試験片などが取り付けられています。この記念帽子を送る習慣は昔からドイツで行われているようで、ドイツ出身のKress博士の居室にも20年以上前に送られた記念の帽子がいまでも大切に飾ってあったのが印象的でした。



図5 博士課程修了記念の帽子

図6はスイスの国立研究機関である、ポールシェラー研究所(PSI; Paul Scherrer Institute)にある加速器の写真です。いくつかある照射口のうちの一つを日本人研究者が管理しており、縁あって見学させていただく機会を得ました。ここで解析されたタンパク質構造が著名なジャーナルの表紙を飾ることも珍しくないそうです。他にもスイス滞在中に、一時的な滞在ではなく、常駐スタッフとして PSIやETHZなど、海外の研究機関で活躍されている多くの日本人研究者と出会えたことは、私にとって良い刺激となりました。



図6 PSIの円形加速器

### 3. スイスでの日常生活

チューリッヒはスイスの北部に位置し、ドイツ南西部の国境までは車や鉄道で一時間弱の距離にあります。首都ではありませんが、スイスの経済的な中心であり、近隣の国と比較すると給与水準も高いため、ドイツから国境を越えて通勤してくる人も珍しくありませんでした。一方、世界有数の国際都市であるにも関わらず、治安が安定しており、緑が多い街並み(図7)であるため、私たちのような小さな子連れの家族でも安心して生活が出来る街でした。

外国人の受け入れ態勢もしっかり整っており、住民登録の手続きに行った際には日本語のパンフレットも用意されていたことには驚きました。また、チューリッヒ市で生活するために必要な情報(歴史・政治・税制など)を学べる、講習会も市が主催しており、その講習会は各国の出身者が講師となってそれぞれの母国語で行われています。その講習会を卒業すると格安でドイツ語講座を受講できるなど、外国人がチューリッヒでの生活に溶け込むため工夫がなされていることに感心しました。



図7 ユートリベルグの丘から  
チューリッヒの街並を撮影

### 4. おわりに

国土面積は北海道の約半分である小国スイスが経済・学問において今日のような世界的影響力を有するに至ったのは、近隣諸国から積極的に優れた人材を受入れたことが理由の一つです。人材を獲得するためにはただ高い給与を支払えば良いのではなく、魅力的な都市作りも重要であると言われていました。確かに私も滞在期間中に公私に渡ってスイスの街並みや人々の魅力を実感することができ、充実した在外研究を送ることができました。

今回の在外研究を実施するにあたって、関係者の皆さまの多大なる援助をいただきました。特に私が所属する部門や研究室の教員・学生の皆様には大変なご迷惑をおかけしました。また、チューリッヒ滞在中には北海道大学名誉教授の武田靖先生をはじめ、多くの方々のご協力をいただきました。この場をお借りして深甚なる感謝の意を申し上げます。

# 表彰委員会からのお知らせ

## 2013年度部門表彰式の報告

委員長 長松昌男（北海道科学大学）

幹事 道辻洋平（茨城大学）

2013年度の部門賞と一般表彰の表彰式が、2014年8月28日、上智大学（東京都）で開催されたD&D Conference 2014にて後に執り行われました。曄道佳明2013年度部門長兼D&D Conference 2014実行委員長により、4名の部門賞受賞者と6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 辻内 伸好（同志社大学 教授）  
部門国際賞 齋藤 修（IH I）  
学術業績賞 近藤 孝広（九州大学 教授）  
技術業績賞 鈴木 重信（ブリヂストン）

### 2. 部門一般表彰受賞者

部門貢献表彰 兼森 裕治（西島製作所）  
部門貢献表彰 山崎 徹（神奈川大学 教授）  
オーディエンス表彰  
（D&D Conference 2013 優秀発表者）  
山下 清隆（福井工業大学 教授）  
岩村 誠人（福岡大学 教授）  
高井 飛鳥（大阪府立大学大学院）  
オーディエンス表彰（MOVIC 2013 優秀発表者）  
石上 玄也（慶應義塾大学 専任講師）  
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2013 優秀発表者）※  
小西 康郁（東北大学）

※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2014にて実施

## 講習会企画委員会からのお知らせ

委員長 大石 久己（工学院大）

幹事 金堂 雅彦（日産）

講習会企画委員会では、会員の皆様の技術ポテンシャルアップに役立つ講習会を企画・準備しております。直近の講習会の概略は以下のとおりです。皆様のご参加をお待ち申し上げております。定員になり次第締め切りますので、お早めにお申し込み下さい。各講習会の詳細は、日本機械学会誌会告、または部門ホームページをご参照下さい。

### (1) 講習会「振動モード解析実用入門 一実習付き一」

開催日：2015年5月25日（月）、26日（火）  
会場：日本機械学会 会議室  
（新宿区信濃町35番地、信濃町煉瓦館5階）  
講師：長松昭男（東京工業大学名誉教授）  
天津成美（キャテック株）ほか

### (2) 講習会「マルチボディシステム運動学の基礎」

開催日：2015年7月16日（木）  
会場：東京大学 生産技術研究所  
駒場リサーチキャンパス 総合研究実験棟  
中セミナー室1（An401, An402）  
（目黒区駒場4丁目6番1号）  
講師：田島 洋（東京大学生産技術研究所）

### (3) 講習会「マルチボディシステム動力学の基礎」

開催日：2014年7月17日（金）  
会場：東京大学 生産技術研究所  
駒場リサーチキャンパス 総合研究実験棟  
中セミナー室1（An401, An402）  
（目黒区駒場4丁目6番1号）  
講師：田島 洋（東京大学生産技術研究所）  
〈マルチボディに関して初心者の方は2日連続して受講されることをお勧めします。〉

このほかにも、様々な講習会を検討しております。日本機械学会誌または部門ホームページ等の会告をお待ち下さい。また、当委員会では、皆様のご意見を講習会企画へ反映します。ご希望の講習会テーマ、講習を受けた講師の方などをお知らせ頂ければ幸いです。

## 国際・交流委員会からのお知らせ

委員長 中島 求 (東工大)

幹事 椎葉 太一 (明治大)

### (1) 第1回アジアダイナミクス国際交流シンポジウム 開催報告

D&D2014会期中の2014年8月28日に標記のシンポジウムが開催されました。シンポジウムの趣旨を皆様にご理解いただけたようで、当日は多くの方々にご参加いただき盛況のうちに幕を閉じました。この場を借りてご協力に御礼申し上げます。韓国、タイ、マレーシア、中国、日本5か国の当該分野のキーパーソンによる各国の状況紹介の内容が非常に充実していたため、最後のディスカッションの時間がほとんど取れなくなりましたが、この点は次回以降への課題とさせていただきます。

### (2) 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のご案内

恒例となっております韓国KSMEのDynamics and Control divisionとのジョイントシンポジウム、いわゆる「KJシンポ」が2015年5月21、22日に韓国釜山にて開催予定です。

日韓の学術交流の次世代への橋渡しを考え、特に若い院生と研究者の参加を歓迎いたします。詳細については別途ご連絡いたしますが、どうぞ奮ってご参加ください。

## 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26年12月20日(土)に計算力学技術者資格1級および2級の認定試験が行われました。今年度で振動分野の2級試験は3年目、1級試験は2年目になりました。受験者数は2級が197名、1級が73名で、2級の受験者数は昨年度に比べて30名近く増えました。合格者は2級が142名、1級が27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。

平成27年度も1級および2級の試験を今年度とほぼ同様に行う予定です。また平成27年度からは上級アナリスト試験も開始されます。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/cminte.html>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級試験向けの対策講習会を開催しております。平成26年度は関東地区および関西地区にて11月上旬の土曜日に開催いたしました。平成27年度は関東地区および東海地区にて開催する予定です。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。

**DYNAMICS**

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 池浦 良淳 (三重大学)  
編集委員 平田 泰久 (東北大学)

部門ホームページ: <http://www.jsme.or.jp/dmc/>  
発行日 2015年3月6日