



## 「技術をサイエンスの目で～転がり軸受の研究で産業界へ貢献～」

今回のユーザーインタビューは、新潟県長岡市に「実践的な技術の開発を主眼とした教育研究を行う大学院に重点を置いた工学系の大学として」（創設の趣旨より）設置された、長岡技術科学大学機械系准教授太田浩之様にご協力頂きました。

インタビュアー：ファンクションベイ株式会社 鈴木 隆（2011年8月）

### 一 長岡技術科学大学は、他大学に比べて産学が密接であるという点で、非常にユニークな存在というイメージを持っております。

太田先生：私どもの大学も開学して30数年経ちますが、本学が開学する以前は、高専の優秀な学生が卒業後、大学進学する段階で受け入れてくれる大学が非常に限られていました。そこで高専卒業者を受け入れる目的で、長岡と豊橋に技術科学大学ができました。高専自体が実学主体で、実践教育をやられていて、その上の大学ということで、実践的な技術者を養成することを主眼として、産学連携に力を入れています。たとえばインターンシップ、本学では実務訓練と呼んでいますが、それを学部4年生の後期、数か月に亘ってやるというのを開学以来続けています。約20年前からは、海外の色々な地域で実務訓練をやっています。



### 一 非常に興味深い教育の方法ですね。そういった学内におかれて、太田先生の研究室はどういった分野を研究されていらっしゃるのでしょうか。

太田先生：私はこの研究室の2代目です。初代の五十嵐先生の時から機械要素、特に転がり軸受の研究を主としてやっていました。転がり軸受というと通常は寿命等に重きを置く方が多いのですが、ダイナミクスについても、実際に使用する段になりますと、色々問題になるので、実験と解析両面から研究を続けています。

### 一 そういったテーマを進めるうえで、先生の研究のポリシーがあればお聞かせいただけますか。

太田先生：ポリシーというほどのことではないのですが、一つは実学志向であるということです。東京まで1時間40分という地の利を生かして、多くの機械要素メーカーとお付き合いいただきながら、産業界に貢献できる研究をやらせてもらっています。産業界では、いまだに経験や勘でモノを作っているところが、少なからずあるようです。そういう技術を科学するというのでしょうか、技術をサイエンスの目で見たときに、どうなっているのかということに着目しています。実機ではなかなか難しい現象をモデル化する事で、現象を単純化して研究することを行っています。

一 立派なポリシーをお持ちだと思います。弊社は「日本のものづくりを担うお客様の価値創造に貢献する。」を経営理念としておりまして、先生の研究室でお使い頂いているのは非常に光栄です。ところで、RecurDynはどのような経緯で導入されたのでしょうか。

太田先生：やはりダイナミクスをやろうとすると、構造解析ではある限界があります。どうしても機構解析でやらないといけないところが、いっぱい出てきました。当初、別のソフトを使って転がり軸受のシミュレーションをやることを考えたんですが、実際やってみると、転がり接触に対応してないんです。滑り接触しか対応していない。それだと転がり軸受の解析はできないということになりましてね。それでたまたま私の研究室のドクターをとって、軸受メーカーの研究所に行っている卒業生に、良いソフトウェアがないだろうか

と相談したところ、RecurDynというソフトがあり、転がり軸受もちゃんと対応しているということがわかりました。それがきっかけですね。

### 一 導入後、具体的にどのような使い方をされてますでしょうか。

太田先生：基本的に、まずは実験をやります。解析だけやるということは、まずしません。というのは、機械要素という対象の性質上、どんなにいい解析結果が出てても実際の対比がないと、なかなか信用していただけないのです。そこで実験してみて、得られた結果を整理、吟味する。で次に、それをどこまでモデル化したら、その現象が再現できるのかをRecurDynでやるという段取りで研究を進めております。

### 一 テーマとしてはどういったものをやられていますか。

太田先生：今、RecurDynを使っているテーマは大きく二つです。まずはリニアガイドウェイ[1]といまして、直線運動をする転がり軸受です。その動的挙動の解明を試みています。リニアガイドウェイには循環型と非循環型があるんです。循環型をやろうとすると、ボールやローラーの数が多くて、相当の計算負荷がかかるんですね。そこで、ひとつはそれをやめるために非循環型にしてローラー数やボール数をかなり減少させてモデルをシンプルにしたり、逆にRecurDynによる解析でおもしろい結果が出たら、実験用のテストピースの方をわざと、モデルに合わせてシンプルな形で作って対応させたりしています。このほかにトロコイド歯車も研究しています。昔、ピン歯車というのがありましたが、基本的に形状は同じなんです。ピン歯車では、ピンは完全に固定なんですけど、トロコイド歯車ではピンの根元にニードルベアリングを入れて、ピン自体が回転できるようになっています。その特許を取られているメーカーから動的挙動の調査依頼があって、その研究をやっています。



■ トロコイド歯車

### 一 まさにそのトロコイド歯車の解析、テーマというのは産学、実学になるわけですね。

太田先生：そうですね。ただ、リニアガイドウェイもメーカーさんと一緒にやっていますし、それ以外にもボールスプラインですとか、直動の転がり軸受に分類されるようなモノの静音化などもやっています。私自身は、転がり運動する機械要素が、非常にシンプルですが、摩擦を低減し、エネルギーの節約に貢献していると考え、これらを研究対象としています。

### 一 そのトロコイド歯車のご研究[2]で、日本機械学会からフェロー賞を受賞されたとお聞きしました。

太田先生：そうですね、指導した修士2年の山川歩君が北陸信越支部で一般講演として講演したところ、若手優秀講演フェロー賞を受賞しました。

— それはどのような研究だったんですか。

太田先生：トロコイド歯車は、最初、騒音とか振動を研究していたんです。騒音は、基本的には力が加わって振動が起こって、それが空気に伝わって音になるというメカニズムなんです。その力はどうやって出るのか、その発生するメカニズムを解明するために、接触問題を扱えるRecurDynで解析をやっていました。次に問題になったのは回転伝達誤差です。例えば通常は入力軸がある回転角度を回ると、出力軸は減速比をかけた分だけ回らなくては行けないんですが、実際はきちんと回ってくれずに、微妙にズレながら回ります。測定した歯型データに基づいて、CADで歯型をつくり、RecurDynに読込んで計算しましたら、実験に近い回転伝達誤差の計算結果が出ました。数%のオーダーで完全に合うということはないんですが、例えば回転伝達誤差のPP値を20%ぐらいのオーダーで出すことができました。また、わざと偏心量を与えたときに、回転伝達誤差の波形はどうなるのか調べたときの波形のパターンや位相ですとか、そういうものがほとんど実験と一致する結果ができてきて、発表することにしたんです。

— その成果を出されるうえで、何かご苦労されたところはございますか。

太田先生：これはRecurDynだけではないと思うんですけども、最近のソフトウェアは特に、何も考えなくても一応答えが出てしまうというところがあり、非常に危険ですね。特にあまり研究をやっていない学生の場合、実験結果は実験結果、計算結果は計算結果として、あまり計算結果と実験結果の整合性ということについて考えないんです。あるいはその計算のパラメータの設定で、デフォルト値を疑わない。例えば衝突の問題で平面に、ボールをある高さから落下させる問題をRecurDynで計算してやると、ある高さまでしか戻らないんですね。これは自然現象に合っているんですが、じゃあなぜそれがと考えないんです。完全弾性衝突なら、もとの高さまで戻らなければならないのに。そんなことがありましたね。

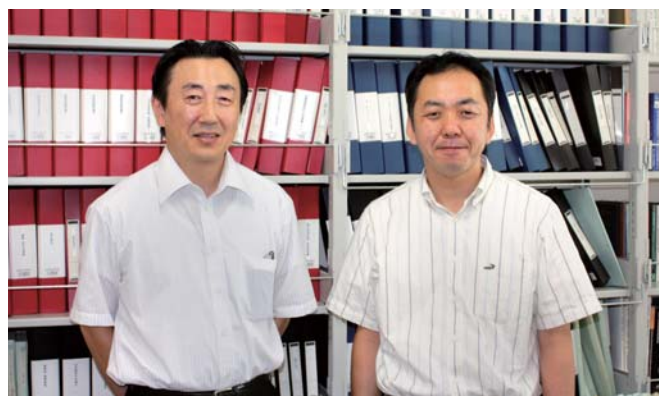
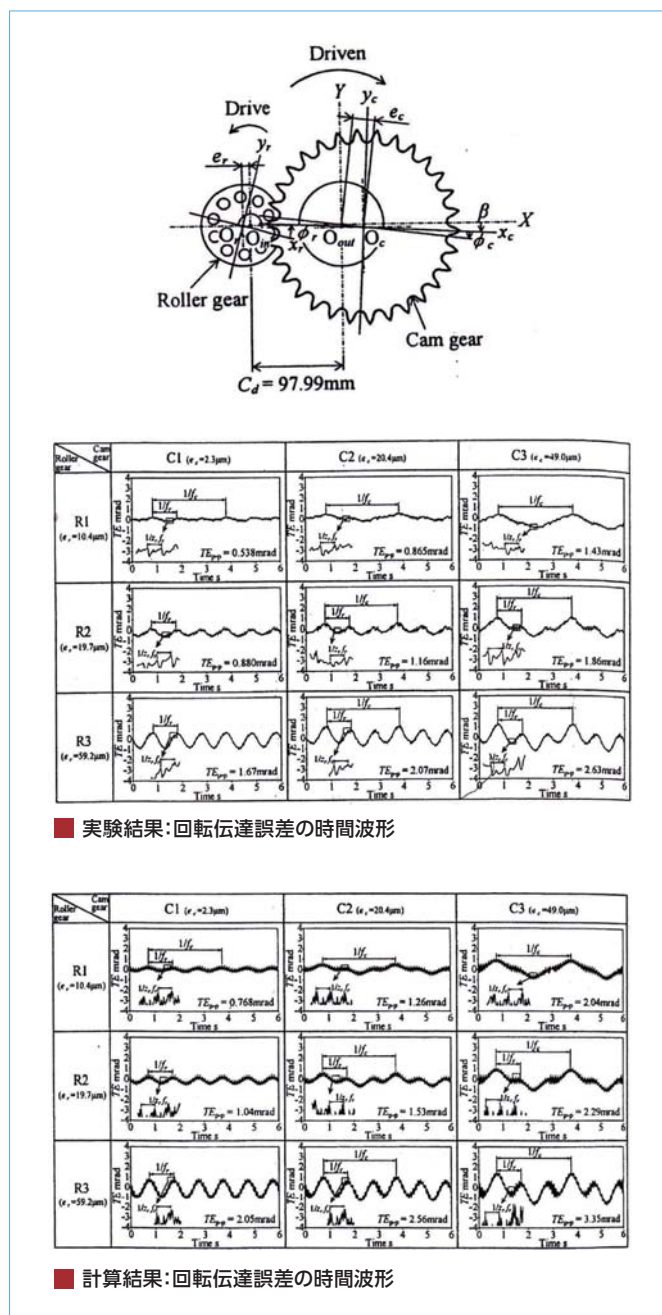
— 数値減衰の話ですね。

太田先生：そうです。でも、学生は実際の現象とそれが似ているから、いいじゃないかって言うんですけど、それはおかしい。本来は、数値減衰は0でなければいけないんですね、完全弾性衝突にもかかわらず、数値減衰があるからこそ、そういうことが起こっている。そういう、なぜを説明していくわけです。

— 様々なご指導の積み重ねとして、受賞に至ったという事ですね。今後はどのようなテーマをお考えか聞かせて頂けますか。

太田先生：古いテーマなんですが、転がりの軸受に傷ができたなら、振動が出るんですね。通常は振動でモニタリングして傷の周期とかピークの周波数とかを見て、これは内輪に傷があるとか、外輪に傷があるとか、そういう話をするんですけども、それはもうみんな分かっているわけです。実は昔から指摘されているのですが、その傷の形状っていうのが、発生する振動に影響しているんですね。ところが例えば三角形や円弧状の傷があった場合、どういう形で振動が発生するかというのは意外とわかっていないのです。それは今までの手計算というか、微分方程式を手で書いて解いていくようなレベルではとてもできません。そういうことをRecurDynでやってみると、パターンがわかりますよね。これがわかれば、振動の出方で、傷の形状やサイズが分かるんじゃないかなと考えています。

— 精度が要求されると思いますが、非常に面白いテーマですね。今後も益々ご活躍の分野が広がっていくのを楽しみにしております。本日はどうもありがとうございました。



[お問合せ先]



**ファンクションベイ株式会社**

〒104-0031  
 東京都中央区京橋1-4-10 大野屋京橋ビル2階  
 TEL.03-3243-2031(代表) FAX.03-3243-2033  
 E-mail:sales@functionbay.co.jp  
 URL :http://www.functionbay.co.jp

論文情報

1. Hiroyuki OHTA, Shinya HAYASHI, Soichiro KATO, Yutaka IGARASHI, Effects of Grease Types on Vibration and Acoustic Emission of Defective Linear-Guideway Type Recirculating Ball Bearings, Transactions of the ASME Journal of Tribology, Vol.133, 021102,2011
2. 太田浩之, 山川歩, 片山嘉文, トロコイド歯車の回転伝達誤差に及ぼす偏心の影響, 日本機械学会 北陸信越支部48期総会・講演会, 2011年3月, 長野, 日本, pp.371-372