

## 〔特集〕渦

## 河童の正体は渦

パイオニアインタビュー 2005

松井辰彌先生\*

\*\*東洋大学工学部

望 月 修†

## A Kappa is a Vortex

Pioneer Interview 2005

Tatsuya Matsui

Professor Emeritus, Gifu University

Osamu MOCHIZUKI, Faculty of Engineering, Toyo University

## 1 はじめに

1980年代の乱流シンポジウム、1981年から3年間続いた文部省科学研究費特定研究「乱流現象の解明と制御」の会合において松井辰彌先生、小橋安次郎先生、佐藤浩先生、今井功先生、巽友正先生、F. 浜先生らを中心とした流体界の先達たちによって繰り広げられた「渦」議論が学会にデビューしたての私に与えたインパクトは計り知れないくらいに大きかった。大きな影響を受けたのは私だけではないであろう。それが証拠に、あのころの議論はおもしろかったと仲間と話題に上ることが多い。しかし、最近では「渦」のような基本的流れではあるが完全に理解されているとは言い難い要素の流れに関する議論を膝をつき合わせて行うという機会が皆忙しいためにめっきり減った。直接議論しあうことは、曖昧な概念を言葉という少ない情報でいかに表現し相手に理解してもらうかというアカデミアの基本であろう。今回、渦に

関して松井辰彌先生に直接インタビューさせて頂いた内容をできるだけ忠実に文章に起こして、先達が当時何を考え、何を究明したかったのか、現在何がまだ明らかではないのかといったことを伝えたく、この企画となった。以下は2005年2月25日(金)岐阜市の松井先生宅にて渦をメインテーマにインタビューさせて頂いたときの内容である。先生のお人柄やその場の雰囲気を残したいために、文章は口語体とし、言葉遣いをなるべく忠実に表現させて頂いた。

## 2 インタビュー

望月：歴史的なこと、先生が体験されてきたこと、著名な先生と松井先生との交流、および激論、さらにその内容についてお話をお聞かせしていただくと嬉しいです。渦にまつわる逸話もお聞きできればと存じます。渦に関する学術的な内容としては、渦が特徴的に見られる流れの例、それらにおける渦の形成とその役割、渦をどのように捉えるか?…例えば計測、またはその結果から渦をどのように抽出するか?それはある意味、主観的な部分が入ってしまうわけですけど、それを取り除く為に渦の定義ということが必要となります。

\* 岐阜大学名誉教授

〒502-0017 岐阜市長良雄総 880-103

\*\* 〒 350-8585 川越市鯨井 2100

† E-mail: osamu@eng.toyo.ac.jp

渦の定義は人それぞれで色々です。しかしどれが的確な表現なのか、はっきりとわかっているわけではありません。そこで松井先生ご自身が、どのように渦を捉えておられるのかをお聞きできれば幸いです。また渦という概念が形成されてきたその歴史的背景というものを今の若い人たちは知らないし、教科書にもなかなか書かれることは少ないので、松井先生のお話は貴重です。暮らしの中の渦ですが、身近な例としては台風が挙げられます。その他シクスの渦、何かを掻き回した時の渦というものもあります。歴史的には、意匠関係で渦が多用されています。渦というものが、生活の中でどういう意味を持っているのか？などといったことを、トータルにお話していただきたいと思えます。本日はどうぞ宜しくお願いいたします。

松井：(事前に送られていた質問表を手にしながらか)これが出来たら、今日来てもらわなくても良かったんじゃないかな(笑)。

望月：(お会いできたので)出来なくて良かったです(笑)。(松井先生が準備された書類を見ながら)すごいですね。

松井：(質問表を手に取り)これ... 頂いたのを、どうしようかなと思ってね...

望月：ご自由にお話しいただければ...

松井：雑談から始めるとね、もう一昨年になりますが、私の下の娘が、旦那が Cambridge に住むことになってね。彼はエプソンにいるんだ。エプソンのね Cambridge Laboratory ってのがあってね。で、Cambridge の先生と一緒に研究をやっているんですよ。そのこの主席所員として行っちゃったわけですよ。シメタってわけですね、家内と二人で、

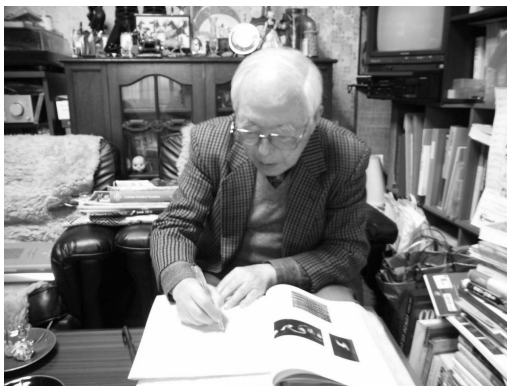


図1 松井先生ご自宅にて。2005年2月25日

一昨年(2004年)の10月に3週間ばかり行ってたわけ。そして近所にお婆さんがいてね、そのお婆さんは未亡人だけどね、旦那は、もと日本で何か教えてたようで、日本のことを色々知っていて親日なんですよ。そのお婆さんは、だけどフランス語がうまいんだなあ。娘がね、そのお婆さんに...

松井夫人：ちがう、彼女はフランス人でしょ！

松井：フランス人か！うまいわけだ(笑)。英語とフランス語を習いにそこへ行ってたらね、そのお婆さんが、近くに古いお寺があって、そこにダーウィンのお墓があるから見に行かないかと言うので行ったんですよ。そして、お婆さんが教会で墓地の説明書をもたらしてきたの。有名な人の名前と略歴がずら〜と書いてあるのを見てたらね、Lamb って書いてあるんだよ！**Hydrodynamics のあの H. Lamb なんだよ！**あつ、こりゃ拝みに行かないやいかんというので、拝みに行ったんだけどね。で、そのお寺の名前を、娘にこのあいだ電話で問い合わせたんだけど、調べておいて知らせてって言ってまだ知らせてこないの。

望月：Lamb がそこに...

松井：Lamb のお墓があるんだ。写真に写したけど、うまく写ってないんだ。

Lamb の Hydro って言えば、僕らの頃は流体屋の人の聖書みたいなものだからね。

望月：そうですね。私も持ってました。

松井：あれは、やらにやいかん、って訳でね。その Lamb があんな所に眠ってるとは知らなかった。丁重にお参りしてきました。もうボウボウの草に覆われて、草取りなんか、とてもやれないような状態。あんまり Lamb も尊敬されてないんだな。それからダーウィンの方はね、ダーウィンその人じゃなくてね、ダーウィンの弟の一家かな？何かダーウィンの親戚のお墓が沢山あったね。ダーウィンその人自身のお墓じゃなかった。

望月：それは Cambridge の近くにあるんですか？

松井：そう、Cambridge の近く。Lamb の墓があるんだから発見だったな。もう一つの発見はね、僕らの「渦輪」の追い抜きの写真を、Cambridge の Prof. に送ってくれと言われて送っておいたわけ。そして彼の本(*Fluid Dynamics for Physicists* by T.E. Faber, 1995)に載ってるわけ。僕は知らなかったら、山田君(元名工大山田日出夫先生)が丸善でその本を見つけて引用部分のコピーを僕の所

へ送ってきてたわけ。それで今度 Cambridge に行った時、Cambridge Univ. Press の本ばかり売ってる本屋があるってんで、そこへ行ったらね、Paper Back でそんな山がいくつかあるの。(P. Back の本を取り出して) 山田君が買った本はちゃんとした表紙が付いてるんだけど... そこには、こんな Paper Back が山積みになってるの。教科書に使ってるんだね。

望月：きれいな写真ですからね。

松井：(指で写真を指し示しながら) 先に出たのが段々大きくなってね、速度が遅くなるの。後から出たのが段々小さくなって、速度が速くなるの。で、とうとうこれを追い抜いちゃうわけ。その次、また逆に今度はこれがこいつに、こう追い抜かれるわけ。

松井：これをやることになったいわれがあるんだよ。ちょっと前に大島(大島祐子先生)さんに手紙で問い合わせただけだね、大島さんもいつのことだか思い出さないんでね、印刷した文献が出てのだけ知らせてくれるんだけどね... とにかく大島さんは、水で渦輪を下から出してね... これね、ここまで来て巻き付いちゃうわけ。

望月：水の実験ではですね。

松井：うん。追い抜きをやらないわけよね。それと同じ条件で、神部勉さんは、同じような条件でナビエストークス計算したわけ。それでその計算の結果は大島さんの実験の結果と非常に近いわけよね。完全流体だったら追い抜きをやるということになっているけど、実在流体は粘性があるから追い抜きをしなくて巻き付いちゃうんだという話になっていくんでね、僕は手を挙げて、「僕は子供

の時、九州にいて、SLの煙やポンポン船の煙突の煙が追い抜きをやるのを見てるからね、実験条件がもうちょっと違った条件だったら追い抜きはちゃんと実現できるはずだ」と言ったら、みんなに叩かれてね。今井(故今井功先生)さんにまでね、「あんなに計算と実験とがよく合っているのだから、なかなかそんなに上手くは出来ないんじゃないんですか?」って言われちゃったわけよ。コンチクショウ! って、帰ってきて頭に来てね、自分で実験をやろうと思ったけど、僕の実験室も学生がいっぱいでやる余地がないから、山田君(元名工大山田日出夫先生)に「君の所は余裕がないかな? こういう装置でね、2つポンポンってやるのはね、パチンコの玉を2つぶら下げてね、それをマグネットでくっつけといてね、で、電気を切ればパンと叩くという、そういう装置にしてね...」、そう言いながら、だいたいの略図を描いて見せてね、「こういう実験は出来ないかね?」って、言ったら「はあ、手が空いてるからやりましょう」と言ってくれた。それでしばらくしたら、この写真を持ってきたわけ。この部屋で「シメタ!」と言って、二人で乾杯したんだよ。そういういわれ因縁のあるやつ。

望月：すごいですよね。これ...

松井：山田君が Physics of Fluids (Vol.21, No.2, Feb. 1978) に出したわけ。それで、それをアメリカの可視化の写真集ね... (ページをめくって探す) これね、

望月：はい、Album of Fluid Motion ですね。

松井：これに載せるから送ってくれというんでね、これに載ったわけよ。それで可視化を世界中でやってる人達が、これを見たんだね。で、これを見て、僕の所に、あるいは山田君の所にこの写真を送ってくれと英国やドイツからも言ってくるわけよね。日本は誰も引用しないの。だからちょっとやっぱり流体力学に対する考え方が欧米と日本とではちょっとずれてる。こういう現象を欧米の連中はかなり Fundamental な現象だと思っているわけね。日本ではこれを Fundamental な現象だという考えがあまりないんだね。それからね、1977年に西ドイツの Göttingen に行ったとき、Dr. Didden という研究所員が、渦輪の追い抜きの写真を見て、「我々も渦輪の水槽実験をやっているが、渦輪がすぐ乱流になってしまって困っている、どうした



図2 渦輪の追い抜き実験を語る

らよいか」と言うので見に行ったら、渦輪を作る噴流の噴出速度が非常に遅いので、「これでは噴流の  $Re$  数が小さすぎるのではないかと、 $Re$  数をもっと大きくすれば粘性の影響が小さくなって、うまくいくでしょう」と言っておいた。そしたら2、3年後に空気で実験をやり直して渦輪の相互追い抜きが6回か7回くらい繰り返される写真の入ったレポートを送ってきたよ。

**松井**：あっ、お茶冷めちゃいますよ。流体力学に関する考え方が、欧米と比べると、ちょっとズレてるところがあるんじゃないかな。

**望月**：どんなところが、ズレているとお考えですか？

**松井**：どうズレているか知らないけどね、悪くズレ方を言うとな、自分で基本的な問題を考えてないんじゃないかな？何が今、流体力学の基本的なところに、どういう問題があるかということを考えていなくて、外国の文献を読んで興味があるやつを基に、似たような事をやる、そういうのが多いんじゃないかと思うんだ。

**松井**：あっ、それと渦輪の追い抜きの事ね、Batchelor さんの本に、部分的には追い抜きをやるって話がかいてあってね... この欄外の一冊下の注釈の所にね...、実験室で実験したら、粘性があるから、追い抜きは1回か2回しか実現出来ないだろうっていうような事が書いてあったんだよ。そしたら本当に2回やって3回目はアカンしね。Batchelor さんが日本に来た時ね、名古屋にも来たんだよ。その時に Batchelor さんと一緒に晩飯を食ったんだ。その時に、この写真を進呈したわけよ。そしたら Batchelor さんが喜んでね。その時、Batchelor さんから貰ったのがこれなの。(本を出して)これ、Batchelor さんの字<sup>1)</sup>(献本の辞とサイン)。

**望月**：ほう！ちょっと写真を撮らせて頂いてもよろしいですか？

**松井**：Taylor の追悼文が書いてあるの。G.I.Taylor のね。

**松井**：Taylor さんのことは、もうだいぶ前に亡くなっているからね。その追悼文を書いた Batchelor さんも、もう亡くなったしね。で、名古屋には奥さんを連れて来たんだ、Batchelor さんね。日本に奥さんを連れて来たんだ。それで一緒に晩飯を食

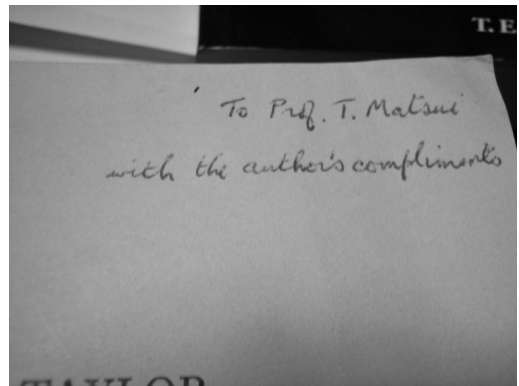


図3 Batchelor さん直筆サイン<sup>1)</sup>。

っている時に、あの真面目な Batchelor さんがニコニコしながらね、私の名前は Batchelor (bachelor: 独身者) だけど、これは私の Wife です、って!...

(笑) みんな大喜びして... そういう冗談を言っていたね。

**松井**：可視化情報学会ね、あれに渦のことを書けて言われてね、だいぶんいろんな写真入れてね、書いたの。で、その中にね、渦の定義の話をちょっと書いてね... で、Batchelor さんの定義を書いたんだ。Batchelor さんもハッキリそれが渦の定義というふうには書いてないけどね。それで、あの本から Batchelor さんのテキストをね、あの本から引用したんだけどね... で、その本も探してたけど見つからないんだ(笑)。

**望月**：ははは (^-^;)、そうですか。

**松井**：それであっちの家で探したけどなくて、こっちで探すけど見つからなくて... それで、この本 (Faber の本) には渦の定義としてはないけどね、Vortex Filament としてね、電線、ワイヤーね、ワイヤーに電流が流れてるけど... 電流が流れているワイヤーを渦の例えとしてみるわけね。だからね、渦そのものの定義はしてないんだ。で、そういうワイヤーがあって、電流が流れば磁場が出来るよね。それでそれと同じように、速度場が出来るんだけどね... そういうことで Vortex Filament というものを引っ張り出してるね。で、それぐらいで、あとは谷先生 (故谷一郎先生) の渦糸の定義で「流れ学」って本あるよね。あれぐらいだなあ... だけど、あの... 考えてみるとね、流れそのものに対して定義があるか? ってわけよ。

望月：そうですね。難しいですね。

松井：定義が無いけどね、流れって言うとな、みんな解ったような顔をするわね。そりゃ、佐藤(佐藤浩先生)さんじゃないけどね、車の流れ、人の流れから歴史の流れにまで使うんだけどね。でもみんな文句を言わないよね。流れって言うと、何かみんな共通にね、ちゃんとその共通のイメージを持ってるんだよね。

望月：ええ、何か移動しているような... ええ...

松井：しかし、その共通なイメージっていうのが何かをね、ハッキリ書いたものはないんだよ。渦っていうとね、皆「ああ、そうか」と解るわけよね。で、皆、何か共通のイメージを持ってるけどね... では、その共通のイメージっていうのは、どういう内容かというのをね、ハッキリ書いたものはないんだ。だからこの『流れ』と『渦』とね、似てるなあと思ったわけ。回転に伴って渦の真ん中では圧力が低い、そういう流れが『渦』と言われているのではないかな？水と空気との境目にあると、水面が凹んじゃうわけね。で、その水面が凹んでる... そういうその恐ろしい『渦』ね、その話がね、E. アラン・ポーの小説の中にあるんだよ。Edgar Allan Poe...江戸川乱歩はこれをもじったんだよ。

望月：はあ、そうですか!？。

松井：でねえ、すごい挿絵が描いてあるんだよ。こういうね、(原題のスペルを辿りながら)... A descent into the maelström<sup>2)</sup> これがね、メエル・シュトレエムっていうドイツ語なんだね。

松井：こんな巨大な、こう... 海面の渦があつてね、その渦の中に船が巻き込まれてね。それで、兄弟で乗っててね、そしてもう、これは危ないからね、どうしようか?ってんでね、で、飛び降りて逃げた方が良いつてね、だけど兄貴が「イヤダ」っていつてね、確か... 僕のうろ覚えだけどね。それで弟は、船から飛び降りてね、助かるんだ。兄貴は、もう飛び降りられなくてね、やっばこう... 回ってて、遠心力が効いているのかな?兄の方は船と一緒に渦に吸い込まれちゃうわけ... というPoeらしい短編なんだ。僕はそういう印象で覚えているわけなんだ。

望月：おもしろそうですね。是非読んでみます。

松井：それからね、ああいう渦はね、よく英語の本では Bathtub Vortex とか書いてあるね... 風呂

の栓をを抜いた時にできる渦ね。そしてかつてね、Bathtub Vortex は右回りか左回りかっていう議論があったんだ。重力の影響で、北半球では台風と同じで左回りになると...、いやそんなことはない、実際実験をやったらそうではない。

望月：どう決着がついたんでしょうか?

松井：決着はついてないんだよ。結局、右回り、左回りとね北半球、南半球は関係ないってことじゃない?決着は、それで、じゃ何故回るかってわけよ。それについては誰も言っていないみたいね。僕ね、何かあの... disturbance があつてね、そうすると最初どっちか回れるのがあると、そっちがガーッと発達して、右回りか左回りか、どっちかが発達しちゃうんだろうと思うんだけどね。そういうその... 安定問題があると違うかなと思うんだけど。

松井：泳いでいる人がね、渦を認識するのはね...、実はぼくはカップの正体は渦だと思っているんだ。九州の福岡県の東の方の出身だけどね、子供の時にね川に泳ぎに行くつていうとね、くにのじいさんばあさんからカップがいるからカップに尻を抜かれるなよつて... カップは尻を抜くつてんだ。



図4 「メエル・シュトレエムに吞まれて」<sup>2)</sup>の挿絵

どうということかというね、渦があってね淵というよどんだところと外側のながれとの間のシアレイヤーには渦が出来るんだね。その渦の低圧で(人が)水の中に引きずり込まれる。ちょうど渦の中心の低圧に尻がくると尻が抜かれるって感じがするわけだ。それでぼくはカップというのはね渦のことを言っているじゃないかと思うんだ。東九州はわりとカップで有名でね、中津(大分県中津市)なんて所はカップが有名らしいね。もうちょっと北の方では川(今川)のそばにあるカップという名の駅(平成筑豊鉄道 いまがわかっぱ駅)がある。池にいる河童というのは少ないんじゃないかな。川にいるカップが普通で、池では渦ができにくいからね。

望月：釣りをやっていて気づいたことは、溪流にいる悪戯好き妖怪である「川太郎」の正体は岩の後ろや落ち込みなどにできる「泡」の音じゃないかということです。川太郎というのは溪流にいて、釣り人の後ろから呼びかけ、人が振り向くと姿を消す妖怪です。私も何度かそういう目に遭いました。思うに、落ち込みにできるいろいろな大きさの泡によって発生する音の周波数が重なり合ってきた合成音を、人が可聴範囲の周波数のものだけをフィルタリングして聞いてしまい、人間の呼びかける声と間違うのではないかというわけです。それに自然の中の静寂にある種の緊張感をもって神経が研ぎ澄まされているときだからこそそうやって聞こえるのかもしれませんが、川太郎という名の通り、川にしかいないということなのですが、人間の声の周波数に近い音を発生できる大きさの泡が立つような所に川太郎が居る可能性があると思います。ただし、緊張感のある自然の中でないといけないかもしれません。

・・・・・・・・中略・・・・・・・・

松井：ぼくが最初に興味を持ったのは遷移の実験。T-S波が2次元的な渦になってそれが3次元化することを調べようと思ってね、vibrating リボンに絵の具を塗ってそれが伴乾きのとき境界層の中に入れて、瞬間的に迎え角をつけて元に戻し2次元渦を放出させる。その渦の振る舞いを調べたんだが、依然としてなぜ3次元化するかということがわからないんだ。それで、元に戻って、一様流中

で回転する円柱の wake を可視化したわけ。そして、思いがけないパターンがでたんだ。谷先生に聞くけど、「さーどうしてそんなパターンがでるんですかね」、今井さんに聞くけど「変なパターンがでますな」って、わけわからないわけ。そうこうしてるうちに国際会議 (IUTAM Sympo., 1966, 京都) が始まっちゃって、そのパターンを見せたわけ。フクロウ (owl) のようなパターンの目玉の部分が渦ですって、発表したんだ。そのときの chairman が Lighthill で「今の話は terminology が scientific でなくて難しくよくわからなかった」と言うんで、くそーっと思ってね。このパターンはなんだろうと思ってね、もっと調べにゃあかなくてやけどやりだしたわけだ。そして、回転円柱の表面のすぐ近くに水素気泡のワイヤーを置くと Taylor 渦が見えるんだ。もうちょっと外側に置くと、Taylor 渦より間隔の広い渦が見えるんだ。それは前方 stagnation 付近の流線の曲がりによってできる Gortler 渦で、この外層の流れが Taylor 渦のある内層の流れからはく離して Karman 渦列になるんだ。上から観るとそれがよくわかる。可視化だから観られたけどホットワイヤーの測定ではわからなかったと思うよ。可視化の威力だね。

望月：この流れには3人の有名人の名が付いた渦が観られるんですね。

松井：そう同時にそれらが観られるんだ。フランスの Nancy という町であった学会 (Technique of wall measurement in fluid mechanics, 1977) で、予稿集を見てみんな興味を持ったんだね。僕の始めた時には10人位の聴講者しかいなかったのにすぐに満杯になって、終わったときには司会者が何も

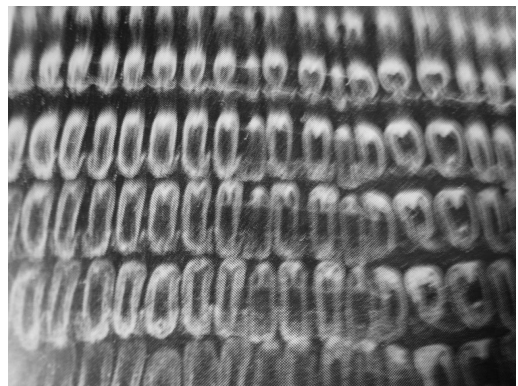


図5 回転円柱のカルマン渦列を上から観る

言わないのに大拍手だったよ。主催者でその副学長 Cagnet と友達になっちゃった。

**松井**：流れから流れがはく離するってのを定義する必要はあるね。はく離の問題を提起している流れだね。・・・ところで飛行機の両翼端から出る trailing vortex (飛行機雲) が干渉で波を打って、最後に渦輪の列に分割化されることから類推すると、壁面近くの一本の渦も完全流体では壁面の存在による鏡像渦とで構成される平行な渦対で表され、そのような三次元化が起こるんじゃないかと思う。それが渦になるんじゃないか。こういう置き換えが境界層で出来ないかってわけ。いろんな難しい安定計算をやらずに trailing vortex の stability を借用して波打つ渦を説明できるのではないかと思う。

**松井**：T-S 波から 2 次元渦がなぜ出来るか。固体はせん断応力が maximum になるようなところで破壊が起こるが流体はそれが起こらないか。ぼくは流体も破壊が起こると思うんだ。せん断応力には流体が耐えうる maximum がある。それ以上に速度勾配が大きくなるとすべりが起こる。ということはその速度勾配を keep するだけの流れ方向の運動量の分子運動による運動量輸送が速度勾配があまりにも大きくなると間に合わなくなる。そうすると剛体回転が起こる。分子が運動量を輸送するのではなく、流体小部分の剛体回転によって流体粒子が運動量輸送することになり、運動量輸送量がずっと大きくなる。それで大きな速度勾配を保つことが出来るようになると思うわけだ。したがって vorticity 言い換えれば剛体回転、つまり渦の種が発生することになる。それで critical layer にまず 2 次元的な渦が出来るんじゃないかと思うんだ。いわゆるローラーベアリングが並ぶような感じだね。流体の maximum shear stress による破壊ってわけ。それで T-S 波の場合も critical layer に 2 次元的渦が発生するんだと思う。すべりを防ぐように渦が発生するわけだね。

・・・・・・中略・・・・・・

**望月**：私は今クラゲが泳ぐときの周りの流れを観察しているんですが、進行するときには渦輪を放出するんです。ジェット推進ですね。

**松井**：Ground Effect Machine の中には円形噴流タ

イプってのがあって、円形の隙間からジェットを噴出して揚力をかせぐんだ。当時の NACA の実験をみると高度が上がるにつれて連続的に揚力が低下する結果が示されているんだけど、University of Tront の実験結果を見るとある高さで不連続的に揚力が低下するんだ。それを確認するために円形噴流をガラス板に吹き付ける実験を水槽で始めたんだ。衝突噴流の内側に出来る渦の変形を正面からみると、高さを高くしていくと、円形、六角形、五角形、四角形、三角形と変化するんだ。二辺形というのは無いなあと言っていたら、ある高さで周辺から出てくるジェットのカーテンが破れて三角形が本当に二辺形になっちゃうわけ。ジェットカーテンが破れて揚力がすかっと落ちるってことがわかったんだ。高さの増加による円形渦輪の変形を渦輪の座屈として扱いたいと思っているんだ。

・・・ここでお昼をごちそうになる。食事中、望月の最近の研究の話からロボット、生物流体、循環器系の流体の話題となる。また政治問題まで発展した・・・・・・中略・・・・・・

**松井**：大学入試センター試験で小論文を採点するのにコンピュータを作ろうという話がある。そこで谷先生が言っておられたことを思い出した。昔、航空の学年試験で爆撃機の空力性能を与えておいて航続距離を求める問題を出した。学生定員 9 人のうち 8 人は正しい答えを出したけど、ある一人の学生が燃料が無くなるまで飛び距離を出して最後に一行「我、生還を期せず」と書いたのがいて、そいつにも満点を付けましたよと言っておられたのを思い出したよ。ぼくらは良い時代に良い先生に教育受けたと思うよ。コンピュータが小論文の採点するんじゃないかだね。谷先生のような採点は出来ないよ。

・・・教育論、理科離れ、受験勉強などの話になる・・・・・・中略・・・・・・

**望月**：渦を調べると何か良いこと？例えば金儲けが出来るとか工学的に役立つといった、学生が聞いてそれじゃ渦を調べましょうといった気になるようなことはありますか？

**松井**：これまで渦に取り憑かれたやつはいるけど

渦で金儲けしたやつはいないな(笑)... 円柱が2本並んだ時、その距離や流れに対する並ぶ角度によって伴流(後流)が複雑になる。これを理論屋から考えるとまるで馬鹿な話で、何がわかるんだというわけだけどね。実験屋から見ると何が起きるか興味深いもんなんだけどね。

**望月**: 後流と他方の円柱との干渉で音が発生する問題としておもしろいですよ。

**松井**: 第一回のNCTAMだったと思うが、玉木先生の流れに直角に並ぶ円柱列による後流の速度欠損が同じだという結果に対して、佐藤君が角柱でやったところ速度欠損に大小大小が出たというので、互いに自分の結果は間違いないなんて議論があったけどね。円柱の間隔の大小でどちらの結果も正しいということが後でわかったんだけどね。金儲けの話でいえば熱伝達の問題があるね。加熱円柱列で実験をやったこともある。間隔によっていろいろなパターンがでる。熱伝達がmax.で、流れの抵抗がmin.という円柱間隔が見つければ、多少は金儲けと縁ができるが、そんなうまい結果は見つからなかったよ。円柱列から発生する音の問題も確かにあるね。風洞から発生する音の問題もある。流れに平行に入れた平板列の音の定常波に関する実験をしたこともある。円柱列の場合、音の定常波の腹(max)の位置にある円柱の下流端にsplitter plateを付けてやると共鳴しなくなる実験をやった学生が会社に入った後、ダクトから発生する音の対策で活用したことがある。それで上司にほめられた彼が儲かったかどうかは知らないけどね(笑)。

**松井**: 水島さん(同志社大学水島二郎先生)が若いとき僕の乱流シンポジウムの発表で円柱列の問題を聞いて、よし理論的に解いてやろうと思ったらしいですよ。この円柱列を過ぎる流れの研究は、風洞気流の乱れを小さくするためには、どんなメッシュの金網を用いればよいかという問題にもつながるもので、たしかJFMの最初の10年くらいの間の論文に、その説明として、円柱列の円柱間隔を小さくしたときの流れのパターンの変化を示す写真が用いられていた記憶があるよ。

**松井**: 円柱下流のカルマン渦列のsecondary配列に対して実験屋から見たら渦の合体だと思ってたわけ。これに対して、佐藤君はwakeのその場所におけるmost amplified instabilityのfrequencyに合

ったように配列が変わるんだという。多分それは本当だと思うんだけど、それを証明する実験はないね。IITのNagibがJFMで僕の合体説をぼろくそにけなしてね... Fussainは逆にNagibの論文を覆す実験をしろといってたけどね、その前に定年になっちゃった。

...この後しばらくカルマン渦列の再配列について、Southern Californiaのグループによる圧力変動のフィードバックの話になった...中略...

**松井**: 合体の話でね、2つずつ合体するものもあるけど、1つのままでいるのもあるという話の中で、I don't know which is happyと言ったら一瞬間を聞いて、どっと笑いが起こったよ... 向こうでは離婚も多いですからね(笑)...

**松井**: ステップを過ぎる流れで低レイノルズ数の流れを、川口光年さんがねアメリカに留学したときコンピュータを使って計算しているんだね。計算結果は、ステップの角からはく離するのではなく角からちょっと下からはく離する。その流線を点線で描き、角からはく離する流線を実線で描いているんだ。それを確かめるのに、計算と同じ条件になるようにグリセリンの濃い水溶液を使って実験したんだ。実験結果はまさに計算結果と同じように角のちょっと下からはく離する結果を得たんだ。ステップを斜めにしたら角からもっと離れたところではく離するんだね。川口さんの計算結果は良く実験と合ってたよ。渦の中心もよくあってたな。川口さんに「なぜ角から実線の流線を描いたんですか」と聞いたら「流れは角からはく離しないとおかしいと思ったから」という答えなので、「川口さんよりコンピュータのほうが正直のようですね」と言ったんだ。この実験はおもしろかったな。この結果をアメリカであった学会で発表したとき、角のシャープネスを聞かれたんだが、あなたのシャープネスの定義がよくわからないけどと言って、角の曲率半径を答えておいた。

...この後、鳴門の渦や川、溝に見られる渦、電柱の後ろでゴミが舞っている現象、台風の渦、に関する話となり、せん断場に関して話に花が咲いた...中略...まだ残っている問題として



**松井**：カルマン渦列における渦軸が円柱スパン方向に対して14度くらいで傾くね、静止円柱表面ではなく離が一樣にいかないからね。早くはく離した方の渦の循環が粘性で減衰しているために渦中心の圧力はちょっと高くなっている。これに対して、たった今はく離した渦の循環は減衰していないので渦中心の圧力は先にはく離した部分の渦中心より低い。このため渦軸に沿って圧力勾配ができ、そのため流れが生じる。この弱いけど渦軸方向の流れが他の現象に与える影響はよく調べられていないようです。色素の実験をした奥出君（名城大学奥出宗重先生）の写真があるくらいかな。

**松井**：それから、渦列の再配列に関して計算で最初の渦列がいったん消えてしまった後に、次の渦列が発生するのを桑原さん（宇宙科学研究所桑原邦郎先生）が見せてくれたんだ。再配列したあたりの速度分布から *most amplified instability* の *frequency* を計算して欲しいな。それからね、40年くらい前に米国の *Mississippi State University* にいたときに、水を満たしたチューブで、ある半径の輪を作り、その中に小さい気泡を一つ入れておいて、そのチューブを輪の中心まわりにクイックリターンモーションをやらせると、小気泡が振動しながらクイック方向に移動していく現象を見せられてね、なぜだろうと思って、永田君（元岐阜大学永田拓先生）に頼んで回転2重円筒で実験したんだ。*Kovaszny* もそれを見ておもしろい実験だなと言っていた。クイック方向の運動のときに出来たテラー渦がスローのとき消え残る影響で小気泡がクイック方向に移動するわけで、*nonlinear* の問題としておもしろい現象なんだ。平行平板ではこんな現象は起こらないんだ。

・・・昔の建物や生活に見られる意匠における渦のパターンに関して、いくつかの写真を見せていただき・・・「認識とパタン」渡辺慧著、岩波新書を頂いた・・・

**望月**：最後に若い人たちに何か問題提起をしていただけますか？目の付けどころとか・・・

**松井**：やっぱり現象をよく見ることでですね。境界層の上の方ではスパイクが下向きに出るけど下の方では上向きに出るのはなぜかってことを君が昔私に聞いたことがあるね。渦を考えればといった

ら、ああそうかわかったって言ってましたね。いろんな方面から突き詰めて疑問を深めていくことが大事なんだと思いますね。ぼくがTS波から2次元渦が3次元化していくのはなぜだろうということがもとでいろんなことをやった。自分でこれはなぜだろうと考えて深めていくことが大事なんだと思いますね。Hot wireの波形だけでなく、現象を見てそれを多面的に解釈していく、現象を肌で感じてなぜだろうと深めていくことがおもしろいことだと思うね。

**望月**：理科離れが進んできて、自分で考えることが少なくなってきた。試験でも○×式で自分で考えることが少ない。どうしてなんだろうといつも考えることが大事ですね。

**松井**：自分なりに仮説を当てはめるといいですね。計算なり実験なりでその仮説がOKかを確かめてみりゃいいわけね。自分で現象を見て考えると強いね。

**望月**：長い時間有り難うございました。たくさんのお話しをお伺いでき楽しかったです。

### 3 あとがき

まだまだ紙面に書ききれない量の話題を頂きました。なぜだろうと疑問に思ったことを実際にやってみるといふ姿勢に感銘致しました。また、先生ご自身がいろいろな研究をされてきた内容がお話を伺って一本に繋がってきました。最終的に自分が知りたいことをいろいろな方面から追求すること、他の研究者との交流によってまた違った見方とらえ方が出来るようになること、学会でたたかかれてもそれを逆に跳ね返すくらいの研究結果を示すバネとすること、などを松井先生から学びました。松井先生は戦時中、投下された爆弾の向きによって落ちるまでの時間を冷静に観察し、横向きから円に見え始めたら逃げろーと言って防空壕に入ったこと、あの名機といわれた「飛燕2型」の設計（松井先生は空力設計者のお一人）において、当時川崎航空機試作部長であった土井武夫氏とのやりとりのなかで、エンジニアとして大事なのは「片手に計算尺、もう片手にはそろばん」を持っていなければならないということを学んだこと、などを松井先生調でお聞かせ下さいました。何が重要か判断できる力をつけることが大事なこ

とのように思いました。

松井先生には大変長い時間お話しいただき本当に有り難うございました。また、ご自宅に押しかけたために、奥様にも本当にお世話になりました。有り難うございました。最後に、この原稿をテープから起こすにあたって成田氏にご尽力いただきましたこと感謝致します。



図6 松井先生ご夫妻と一緒に（右：著者）

#### 参考

東美濃に伝わる昔話の中に下記の河童の話を見つけました。日本各地で同じような話があるかもしれません。



<http://www.ja-higashimino.or.jp/hiroba/story/e/kapa.html> に載っていた図

蛭川村の和田川のほぼ真中あたりにある「旗巻淵」で昔の子供たちは泳いでいると、「カワランベ（河童）がいるぞ」と、よく大人たちからおどかされていました。これは水遊びの危険性を諭されたものです。

#### 参考文献

- 1) GEOFFREY INGRAM TAYLOR 1886-1975, Biographical Memoirs of Fellow of the Royal Society, Vol.22, Nov. 1976.
- 2) ポオ小説全集 III, 創元推理小説文庫, 東京創元社, 2001.1.