

テクノロジーで世界をつなぐ。リオンの技術情報誌

Shake Hands

Vol.10
2019/11

特集

広げる

INNER VIEW

株式会社日立製作所 研究開発グループ
エレクトロニクスイノベーションセンター
情報エレクトロニクス研究部 主任研究員

山岡雅直

日本のお家芸をもう一度
～半導体業界も驚いた、
常識を覆すマシン

金属をリセットする「アニーリング」
～熱処理の現場から 多摩冶金株式会社

目に見えないものを“見える化”する
～パーティクルカウンタの校正技術

夢はゾウとのコミュニケーション
～低周波音で会話するゾウ 小林理学研究所

製品温故知新 ポケットブル振動計 VM-63
オフィスからこんにちは 技術開発センター
サイエンスコラム 電子の軌跡を描く確率力学
日本の風景 彼岸花
マンガでわかった! 計測器 騒音計(第2回)
社員はV! クロスミントン



山岡雅直

Masanao Yamaoka

1973年、広島県生まれ。1998年、京都大学大学院工学研究科修了。同年、株式会社日立製作所に入社、低電力メモリ回路の研究開発に従事。2007年、京都大学大学院情報学研究科博士課程修了。2013年頃からCMOSアニーリングマシンの研究開発を主導、現在に至る。博士(情報学)。



株式会社日立製作所 研究開発グループ
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280
www.hitachi.co.jp/rd/

山岡雅直

株式会社日立製作所 研究開発グループ
エレクトロニクスイノベーションセンター 情報エレクトロニクス研究部 主任研究員

日本のお家芸をもう一度 ～半導体業界も驚いた、常識を覆すマシン

写真／吉竹めぐみ

国分寺市内に広大な敷地を有する日立製作所・中央研究所。リオン本社からは徒歩圏内にある「ご近所さん」だ。ここに、次世代コンピュータの開発を主導する人物を訪ねた。

「これは全然量子ではない！」

コンピュータに関心のある方なら、「量子コンピュータ」という言葉をご存じだろう。LSIなどの半導体で構成された通常のコンピュータが、プログラムを読み出して順次実行していくのに対し、量子コンピュータは、絶対零度近くまで冷やした超電導状態の量子を作り出し、その量子の特殊な振る舞いを観測することで解を得る。このような自然や物理の現象を利用するコンピュータ技術は「ナチュラルコンピューティング」と呼ばれ、通常のコンピュータでは現実的な時間内に解くことができない複雑な問題を、極めて高速に解ける可能性を秘めている。従来とはまったく違う原理で動作するナチュラルコンピューティングは、将来のIT社会を支える次世代コンピュータ技術と期待されている。

ところが、2015年に日立製作所は、この新しい動作原理を半導体で実現した「CMOSアニーリングマシン」(図1)を発表した。「半導体のオリンピック」と言われる国際会議ISSCC^{※1}でのことだ。半導体の限界を克服するはずの新原理を、その半導体を使って実現するという、ある意味で常識を覆すマシン。この発表を行った山岡は、当時のことをこう振り返る。

「二つのグループから大きな反響がありました。一つは半導体業界です。半導体の性能向上が限界に達しつつあると言われる中、今までとは違うことをやらないといけないと考えている人たちが多くいました。それで、新しい半導体技術ということでは反響があったのです。もう一つは逆に、量子コンピュータをやっていた人たちです。これは全然量子ではない、と言われました(笑)。でもその後いろいろ話をさせてもらって、こういうアプローチも大事だと分かってもらえるようになりました」

※1 ISSCC: International Solid-State Circuits Conference (国際固体素子回路会議)

組合せ最適化問題に特化した「アニーリング」

「アニーリング」はもともと、金属処理の「焼なまし」を意味する言葉だ。観測対象が高いエネルギーから低いエネルギーの状態に遷移していく様子が、熱した金属を徐々に冷却していく「焼なまし」に似ていることから、こう呼ばれる。現在世の中で動いている量子コンピュータも、この原理を超電導の量子を使って実現している。このアニーリングを使って解くことができるのが、「組合せ最適化問題」と呼ばれる問題だ。

「組合せ最適化問題は、複数のパラメータをどのように組み合わせれば、与えられた条件に対して最適になるかという問題です。典型的なのは『巡回セールスマン問題』で、複数の都市が与えられたときに、全部回って戻ってくるまでの最短経路を求めるといったものです。しかし都市の数が増えると経路の候補の数が爆発的に増えるため、現在のコンピュータでは、答えを出すのに天文学的な時間がかかってしまいます」

現在のコンピュータでは、パラメータの全ての組み合わせで距離を順番に求めていくことになるが、アニーリングでは、高いエネルギーの状態から低く安定になった状態のパラメータを一気に読み出すことで、極めて高速に解が得られる(図2)。

組合せ最適化問題の現実社会への応用先は数多くある(表1)、と山岡は言う。

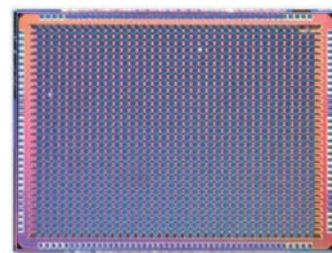


図1 CMOSアニーリングマシンの半導体チップ(横4mm×縦3mm)

©日立製作所

表1 最適化が求められる分野の例

	交通システム	サプライチェーン	電力送電網
課題	交通渋滞の解消	物流コスト最小化	エネルギー安定供給
最適化対象	交通量、移動コスト	総移動コスト	蓄電量、等
入力パラメータ	交通状況 各車の目的地	拠点間の移動コスト	発電・消費電力量 経路容量
制御パラメータ	信号、各車	移動経路	発電量、流路
最適化問題	最大フロー、最短経路	巡回セールスマン	最大フロー

資料提供：日立製作所

「巡回セールスマン問題の現実への応用は、たとえば、Jリーグの試合をどう組むと移動が少なく済むかなどがあります。他には、金融の株でなるべく収益が高くリスクが低い組み合わせ（ポートフォリオ）や、工場などでのシフト作成です。シフトの場合、何日に何人という簡単な条件だと従来のコンピュータでもできますが、現実には、遅番の翌日は早番で入れない、何日以上連続で働かせないなどの制約があります。それらの制約が増えていくと、なかなか従来のコンピュータでは解けないと言われています」

このように、組合せ最適化問題に特化したアニーリングの手法を、半導体を使って実現したのが「CMOSアニーリングマシン」というわけだ。

「量子コンピュータが出てきたとき、それはどんなものかをみんなで議論していたら、これは半導体でできるのではないかと、という話になりました。性能向上が限界に近づいてきたとは言え、半導体には、これまで非常に多くの技術の積み重ねがあります。私たちは長年半導体を開発してきたので、じゃあ作ってみようと思いを始めました」

量子コンピュータが実現しつつある一方で、半導体で開発するメリットは何なのか。「量子コンピュータは精度が非常に高いので、その精度が必要な問題というのが出てくると思います。一方で、私たちの半導体のチップは、扱いやすさや、大規模化しや

すいというメリットがあるので、将来的には用途に応じて棲み分けていくのだろうと思います」

電子回路、 人力飛行機を経て半導体へ

山岡が現在の道に進んだ背景には、父親の存在があったという。

「父が電子回路のエンジニアだったので、私も興味があって、中学生の頃には電子回路で車やワイヤレスマイク、LEDを使ったおもちゃなどを作っていました。そのとき、父が古いオシロスコープを持ってきてくれたのです。回路の波形を見ながら細かいこと

ができるようになって、さらにのめり込みました」

とはいえ、小学生のときから外で走り回るのが好きだったという山岡は、電子工作だけではなく、中学ではサッカー部、高校では水泳部と、視野を狭めることなく、幅広く取り組んだ。大学は、「ヘンな人が多くて、好きなことができるらしい」と京都大学工学部に進んだ。そこで山岡は、鳥人間コンテスト^{*2}に出場することを目的とするサークルに加わる。

「3年生までずっと、人力飛行機を作っていました。自転車のようにペダルを漕いでプロペラを回して飛ぶ飛行機です。そんなに強いチームではなかったのですが、たまたま優秀な航空学科の人がいて、3年生の時に310m飛んで、全国で4位になりました」

この経験が山岡に、モノづくりの大変さ、シビアさを大いに学ばせた。

「飛行機を自分たちで作るので、手を抜けば墮落してしまいますし、パイロットの命にも関わります。精度も大事で、ほんのコンマ1ミリ違うだけで、飛ぶ距離が10mオー

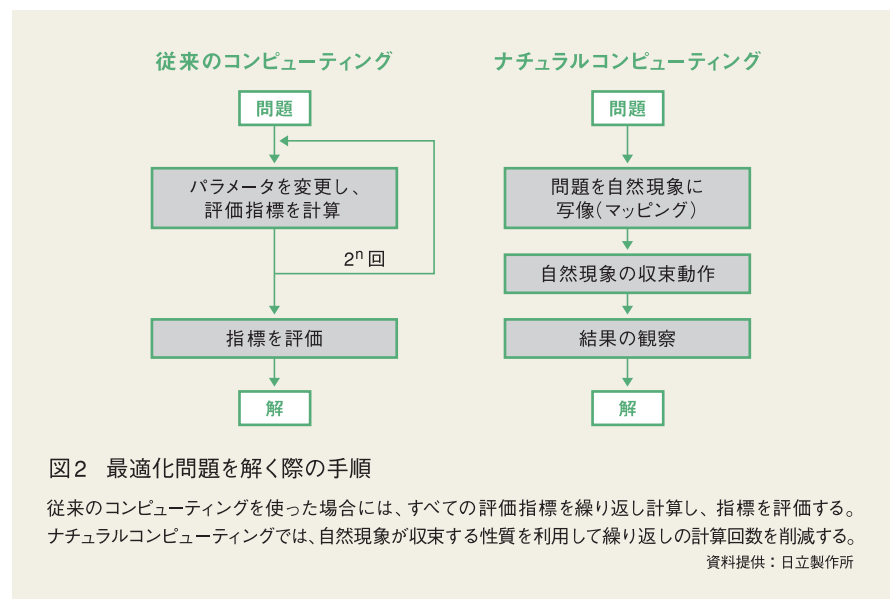


図2 最適化問題を解く際の手順

従来のコンピューティングを使った場合には、すべての評価指標を繰り返し計算し、指標を評価する。ナチュラルコンピューティングでは、自然現象が収束する性質を利用して繰り返しの計算回数を削減する。

資料提供：日立製作所

ダーで変わります。それで4位を取れたというのはかなり満足でした」

4年生になった山岡はLSIを作る研究室に入り、半導体の設計を学ぶ。それも父親の影響が大きかったという。

「電子回路はずっと趣味でやっていたのですが、父に『これからは電子回路じゃなくてICだ。チップで全部できるようになるんだから、電子回路をやっている食っていけない』と言われて、そっちの方面に進むことにしました。自分が手作業で作っていたものが、小さな半導体チップの中で実現できるというのはすごいなと思いました」

京都大学大学院に進んだ後、山岡は日立製作所に入社する。「半導体は日本のお家芸」と言われていた時代は過ぎつつあったが、それでも中央研究所で10年程、半導体の低電力化に取り組んだ。

「携帯電話に機能をどんどん載せていこうとしていた時代です。機能が増えると電力も増えてしまうので、なるべく電力を低くするようなLSIを作る研究をしていました」

研究所ということもあり、従来なかった技術を試しながらモノづくりができる職場環境を、山岡は楽しんでた。

「電力を減らす方法はいろいろありますが、私がやったのは、メモリ素子の電圧を制御して、動作していないときにはできるだけ電気を使わないようにするというものでした。メモリはデータを持っているので、絶対にそのデータを壊してはいけません。ですから、その電圧を触ることは、従来は絶対やってはいけないと言われていました。でも電力を減らすためには、そこに踏み込むしかない。それで私たちが初めて挑戦したのがうまくいって、今では標準的に使われている技術になっています」

※2 鳥人間コンテスト：人力飛行機の飛行距離や飛行時間を競う大会。読売テレビが主催している。



協創で探る「その先」の技術

メモリの電圧はいじらないという常識を、敢えて破ってみる。「枯れた技術」と言われる半導体を、新しい原理に活用してみる。山岡のそうした柔軟な発想は、自分とは違う分野の人と積極的に交流することから生まれているようだ。

「自分がメモリをやっていたら、メモリを専門とする人の中でしか議論しないようになりがちですが、私は他の部分を作っている人や、さらにLSIを使っている人、あるいはLSIの材料を作っている人、そういう違う分野の人たちと話をします。それで刺激を受けて、こんなことができるのではないかと気づくことがあります」

そんな山岡が期待しているのは、中央研究所の敷地内に今年開設された「協創棟」という施設だ。その名の通り、社内外がオープンに協力しながら技術活動を推進することを目的としている。

「自分たちの中だけでやっているだけでは新陳代謝が起きないので、いかに外の人たちとつながって情報を仕入れて自分たちの中に取り込むか、また逆にそれをアウトプットして、相手にも使ってもらうか、そういうサイクルが必要なのだと思います。ですから

協創棟の考え方には、私もとても共感しています。私たちのグループもその中に一つ部屋があるのですが、いろんな方に来てもらって、外部の知見をもらって議論するのが大事だと思っています」

自身の性格を「楽観的」という山岡は、半導体の限界を肌で感じながらも、常識を超えて新しい活路を見いだした。そんな山岡が、今見ているものは何なのかを最後に聞いた。

「コンピュータだけではありませんが、世の中がどんどん便利になっていく方向に進むと思うので、これからいろいろな技術が出てきて、身近になっていくと思います。最近ではAIが盛んですが、今のAIでできないところは何なのか、AIの次には何が来るのか。2045年にはコンピュータが人間を超えるとも言われますが、本当に超えるのか、超えたときにどうなるのか。そういった、世の中が次にどうなるのかに興味がありますし、常に考えています」(文中敬称略)

(参考)

2019年8月30日掲載トピックス
<https://www.hitachi.co.jp/rd/news/topics/2019/0830.html>

取材協力：日立製作所
研究開発グループ



特集

世の中はどんどん変わっていく。
変化についていくか、変化を起こすか。
前後左右に視野を広げれば、
新しい可能性を見出せるかも知れない。

広げる



01 紹介

金属をリセットする「アニーリング」 ～熱処理の現場から

次世代コンピュータの動作原理の一つである「アニーリング」(INNER VIEW P.3 参照)。
もとは金属の「焼なまし」という熱処理を指す言葉だということで、
武蔵村山市にある熱処理加工専門の多摩冶金株式会社を訪ねた。対応してくださったのは、
取締役副社長の山田真輔氏、営業グループ長シニアマネージャーの齋藤尚久氏のお二人である。

真空炉の中で

ロケットの胴体のような「真空炉」。傍の表示パネルには、炉内の温度がグラフで示されていた。見ていると、0.1度刻みで温度が徐々に下がっていくのがわかる。「焼なましは『焼鈍(しょうどん)』とも言われますが、熱した金属をゆっくりと冷やしていく処理です。鉄鋼だと、850～900度くらいに熱してから、炉に入れたまま1分間に2～3℃くらいの速度で冷ましていきます」(齋藤氏)

ちなみに、熱処理の世界では「焼」と書いて「やき」と読ませるので、送り仮名「き」はつけない。コンピュータのアニーリング関連では「焼きなまし」と書かれているのを見ることが多いが、もともとの業界用語としては「焼なまし」と書く。

焼なましは「リセット」

「焼入れ」「焼戻し」「焼なまし」「焼ならし」……。鉄鋼などの金属を加熱・冷却する

ことによって、硬さや耐久性を変化させるのが、熱処理工程だ(表1)。焼なましについて、お二人が交互に、熱っぽく語ってくれた。「焼入れや焼戻しでは、熱した鉄鋼を水や油などの中に直接入れて一気に冷やします。こうすることで硬くしたり丈夫にしたりするのですが、焼なましはこれらとは目的が違います」(齋藤氏)「鉄鋼の素材を切ったり削ったりしていると、ストレスがかかってだんだん金属組織が荒れてきます。クリップをぐにゃぐにゃと曲げているとポキッと折れますが、これは曲げ



山田真輔氏(左)、齋藤尚久氏(右)
モノづくりで最も大切なスピリット「誠実」

ているうちに内部応力によって金属組織が肥大化して脆くなった結果です。肥大化した組織をもう一度微細化してあげるのが、焼なましです」(山田氏)

「焼なましをして終わりではなくて、その次の加工のために金属をリセットする工程ということです。使っているうちに疲労して鉄鋼をもう一度加工したいといった場合に、一旦焼なましをすると、組織が整って加工しやすくなります。鉄鋼は焼なましによって3回くらいは回復します」(齋藤氏)

外から見えないからこそ

お話を伺った多摩冶金本社工場の敷地の中には、体育館のような建屋がいくつかあった。それらの中には、パンを焼くオーブンを大きくしたような「ベーキング炉」、「雰囲気」と呼ばれる空気やガスを生成して熱を加える炉、そして前述のような真空炉まで、大小さまざまな炉が取り揃えられている。多くの種類の炉を備えているのは、顧客の多様なニーズに応えるためだという。「熱処理は、昔は地域密着型で、あまり競争がありませんでした。今は流通が発達したので、地元の多摩地域はもちろん、全国どこからでも注文を受けます」(山田氏)

1951年の創業以来、独立系の熱処理業者として早い時期から多品種少量生産に対応してきたという同社には、いたるところに「誠実」の文字があった。お話を伺ったラウンジにも、「誠実」「直感」「挑戦」のパネルが掲げられている。

「実際に熱処理を施したかどうかは、モノを外から見ただけではわかりません。信頼されるために誠実に仕事をするというのが、私たちがモノづくりで一番大事にしているスピリットです」(山田氏)

長年培われた技術と信頼が武器の同社。2012年には航空機部品対応の国際認証プログラム(Nadcap)も取得し、航空宇宙分野にも販路を広げている。



建屋上部に掲げられた横断幕

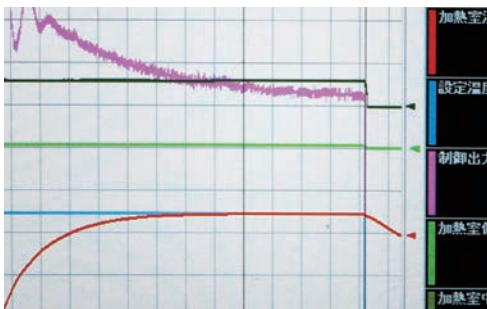
取材協力：
多摩冶金株式会社
東京都武蔵村山市伊奈平2丁目
77番地の1
<http://tamayakin.co.jp>



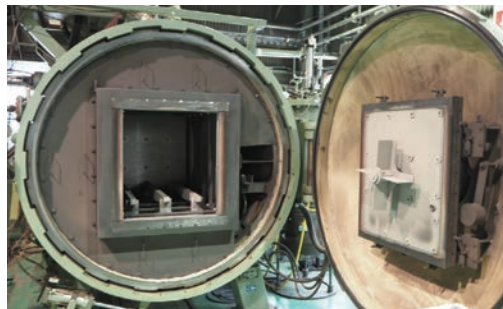
表1 主な熱処理

焼入れ	鋼を高温から急冷し硬化させる処理。ただし焼入れのみでは靱性が低いため、併せて焼戻しも行われる。
焼戻し	焼入れの後の鋼に靱性を与え、脆さに対して強くするなど、目的の性質を得る。
焼なまし	主に被削性の向上、組織の改善など、目的に応じ様々な種類の焼なましが存在する。
焼ならし	前加工の影響を除去したり、結晶粒の微細化・均質化をし、機械的性質の改善をする。

資料提供：多摩冶金株式会社



真空炉の表示パネル。赤線が温度で、高温状態の後、徐々に下がっているのがわかる



扉を開いた真空炉

目に見えないものを“見える化”する ～パーティクルカウンタの校正技術

空気中や液体中に浮遊する目に見えないゴミやホコリを計測するパーティクルカウンタ。

リオンでは、従来のパーティクルカウンタが抱える課題を新しい技術を用いて解決すべく研究を進めている^{※1}。

※1 国立研究開発法人 産業技術総合研究所との共同研究

パーティクルカウンタを 取り巻く環境と課題

あらゆる分野において安心・安全が叫ばれ、清浄度管理の重要性が高まっている昨今。パーティクルカウンタを導入する業界の広がりとともに、求められる性能も多様化している。

技術開発センターに所属する水上敬は、パーティクルカウンタの開発に従事するかたわら、気中パーティクルカウンタ(気中OPC)の校正技術に関する研究を産業技術総合研究所(産総研)と共同で行っている。

気中OPCの粒子計数能力である計数効率の校正に関しては、ISO 21501-4^{※2}、JIS B 9921^{※3}に規定され、年に一度の定期検査が推奨されている。現行の規格で規定されているのが、「並行測定法」と呼ばれる手法(図1)。校正用粒子であるポ

リスチレンラテックス球(PLS球)を分散させた試験用空気を、あらかじめ粒子計数能力が確認された参照器と校正対象の気中OPCとで同時に測定し、PSL球の粒子数濃度を比較することで計数効率を評価するというものだ。

しかし、この手法には粒径1 μm 以上の大きな粒子で主に二つの課題がある、と水上は言う。

「一つは、粒径1 μm を超えるような大きなPSL球を用いると、粒子を安定した濃度で発生させるのが難しいこと。もう一つは、気中での慣性運動や重力により粒子が分配箱の壁や配管に沈着しやすく、粒子数濃度が不均等になってしまうことです」

※2 ISO 21501-4:2018 Determination of particle size distribution -- Single particle light interaction methods -- Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces

※3 JIS B 9921:2010 光散乱式気中粒子計数器—校正方法及び検証方法



水上敬(技術開発センター)

IAGを用いた 気中OPCの評価法

これらの課題を解決するため、リオンは2015年から、産総研が開発したインクジェットエアロゾル発生器(IAG)^[1]を用いた気中OPCの校正技術に関する研究^[2]に取り組んでいる。IAGは、溶質が溶けた溶液をインクジェットで1発ずつ液滴として飛ばして溶媒を蒸発させ、最終的に残った溶質を一定粒径のエアロゾル粒子として放出(図2)。これをRION KC-31で吸引して測定を行う(図3)。

「ISOの現行規格では、その装置の最小可測粒径の計数効率のみ評価すればよいとされており、粒径が大きな粒子の計測性能はユーザーにはわかりません。しかしIAGを用いた評価法は、従来の手法が抱える二つの課題をクリアでき、今まで計測が難しかった大きな粒径区分での計数効率を高精度で測定できるようになります」

大きな粒子を正確に分別・計測できる機器であることが校正によって“見える化”

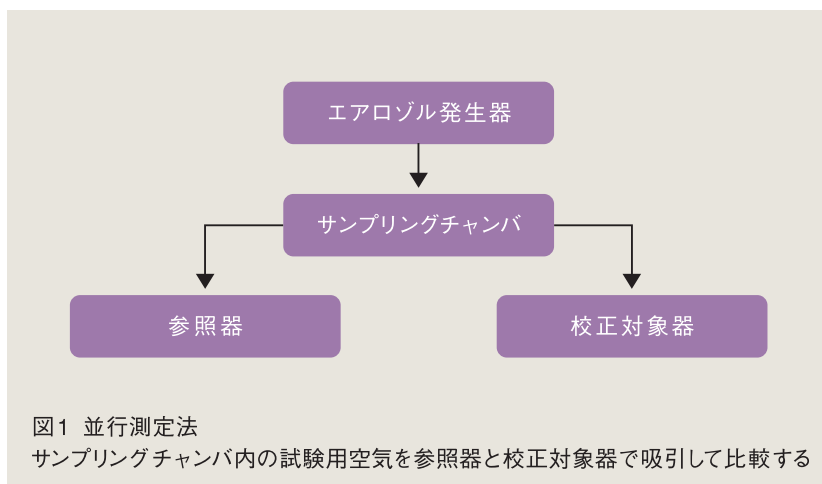


図1 並行測定法

サンプリングチャンバ内の試験用空気を参照器と校正対象器で吸引して比較する

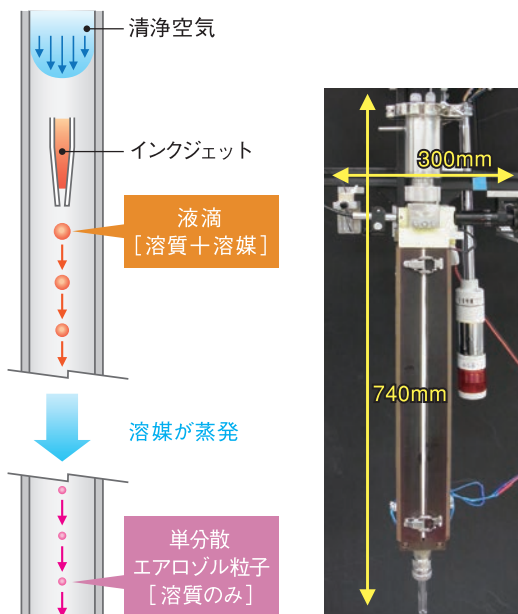


図2 産総研が開発したIAG
(写真提供：産業技術総合研究所)

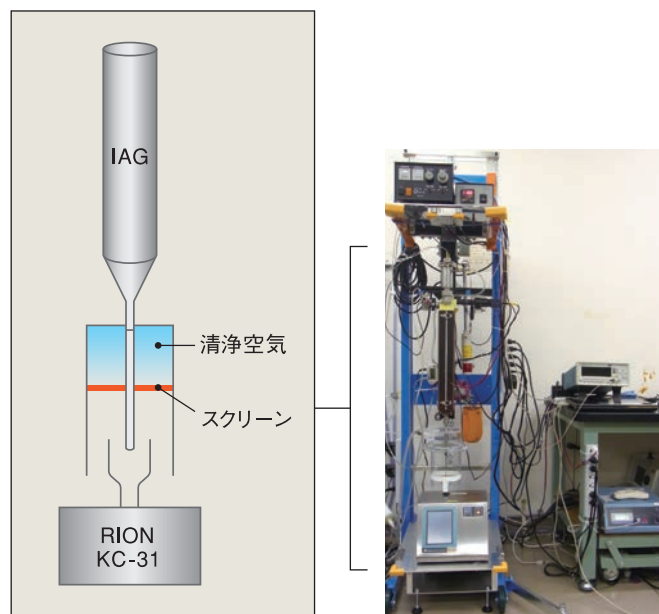


図3 校正実験装置とRION KC-31
(写真提供：産業技術総合研究所)

されれば、機器を使うユーザーにとっての安心がより確かなものとなるのだ。

国際標準化に向けた取り組み

水上は、ISOの規格制定に関する活動にも携わり、IAGを用いた気中OPCの校正技術の国際標準化を目指している。ISO規格は通常6つの段階を経て正式に策定され、各段階で議論と投票を実施。投票権は一国一票、過半数の賛同を得られなければ次の段階に進むことができない。また、5年ごとに見直し投票も行われる。

「国際会議には各国の代表が参加しますが、国によって得意とする産業分野が違うので、パーティクルカウンタに求める性能もそれぞれ異なります。ですから提案するときはそれらを考慮して、周りの国々に賛同してもらおう努力も必要になってきます。

IAGを使った校正技術にはまだ課題もありますが、簡便で有効な手法なので、規格に盛り込まれ、世界中の人たちに活用してもらいたいですね」

パーティクルカウンタの未来

パーティクルカウンタを必要とする業界のなかでも、医薬品や食品・飲料の製造現場は、細菌やカビなどの微生物が混入することに対して非常にセンシティブ。水上は現在、パーティクルカウンタの基礎技術を活かしリオンが2011年に世界で初めて開発した「生物粒子計数器」の普及にも取り組んでいる。これは、液中の粒子が生物なのか非生物なのかを瞬時に見分け、生物粒子をリアルタイムに測定できるというものだ。

「研究や開発は日々チャレンジの連続です。製品を設計・試作して、評価して、う

まくいかなければ見直して、改造したり修正したり…。問題解決の糸口が見えてきたときや目標によりやく到達できたときは、やはりうれしいです」

目には見えない粒子を相手に、今まで測定できなかったものをいかに見えるようにするか。技術者たちの飽くなき挑戦が続いている。👉

取材：磯辺貴子(ライター)

(参考文献)

[1]飯田ら「インクジェット技術を使ったエアロゾル発生」, エアロゾル研究 Vol.27 No.4, 2012

[2]水上ら「インクジェットエアロゾル発生器を用いた光散乱式気中パーティクルカウンタの計数効率評価」, エアロゾル研究 Vol.32 No.1, 2017

夢はゾウとのコミュニケーション ～低周波音で会話するゾウ

動物園でも人気者のゾウは、高い知能を持っているといわれている。
そんなゾウと会話ができたらと夢見る研究者を、小林理学研究所に訪ねた。

犬はワンワン、猫はニャー。では、ゾウは何と鳴くのか。多くの人は“パオーン!”と答えるだろう。

「でもそれは人の叫び声に近いもので、ゾウは、人には聴こえにくい20 Hz以下の低い音で喋っています。低い音は、高い音よりも遠くに届くので、野生のゾウが遠くの仲間と会話するうえでも理に適っているのです」

こう教えてくれたのは、小林理学研究所・騒音振動研究室の土肥哲也氏。ゾウの会話に関する先行研究(入江ら)を知っていた彼は、低周波音の専門書^[1]執筆時に“面白ネタ”としてこれを取り上げようと、市原ぞうの国(図1)へ取材に向かった。すると飼育員から「本当にそうなのか調べて欲しい」と逆依頼され、以来、当時12頭いたゾウの会話を24時間計測し続けている。

人と同じようにゾウは 仲間と会話している

「低周波音計で測定すると、喋っていることは間違いない。ただ、人には聴こえない声なので、いつ、どのゾウが喋っているのかが分からない。そこでまず、ゾウがいるエリアをマイクロホンで囲み、喋ったゾウ(の位置)を特定する装置を作りました」(図2)

発声したゾウを特定できたら、次の興味は、会話の頻度と、その内容へと移っていく。モニタリングの結果、子供が生まれた時や、初対面のゾウと出会った時などに、かなりの頻度で喋ることが分かった。また、1日2回ある“ゾウさんショー”後も、頻繁に言葉を発していたのだが、市原ぞうの国のゾウとは対照的に、1、2頭しかいない動物園のゾウは、声をあまり発しないことも分かった。

「人と同じように、仲間との意思伝達のために会話するのであって、動物は、意味がないのにエネルギーを使ってまで声を出さないと考えられています。また、アフリカのゾウは、水場を探したり、危険を回避するために10種類以上の声を持つという先行研究があります。その点、日本の動物園は安全で、食料の心配もないので、アフリカのゾウほど言葉を持たないかもしれない。日本にいるゾウが何種類くらの声を出しているのか、それはまだ誰も分かっていません」

知的好奇心の 探求から生まれた 「エレファントボイスディテクター」

土肥氏は現在、ゾウの声の周波数をほぼリアルタイムで10倍程度上げられる「エ



図1 市原ぞうの国(千葉県市原市 撮影:土肥哲也)



土肥哲也氏（撮影：布施雄一郎）

レファントボイスディテクター」を開発中だ。つまり、ゾウの声を人が聴ける音に変換する“低周波音の可聴化”であり、声と動作を同時に観測して言葉の種類を解明しようというユニークな試みだ。

それ以上に面白いのは、ゾウの研究を、騒音／振動の専門研究機関の研究員が行っているという点だ。なぜ土肥氏は、ここまでゾウの会話解明にのめり込むのか。その質問に対し、彼は「純粹に知的好奇心の探求。本来の業務からはちょっと逸れる、いわば“趣味”ですね」と笑った。

土肥氏は学生時代に物理学を専攻し、そこで音響学に出会い、小林理学研究所へ入所。低周波音の専門家として20年以上に亘り、高速鉄道の騒音等の調査・

研究に取り組んでいる。その傍らで行うゾウの会話の研究だが、これらはすべて、学生時代から培ってきた《未知の現象を計測／観測により明らかにしていく》という研究ポリシーにつながっている。

夢はゾウと人とのコミュニケーション

“趣味”と言いつつも、発声したゾウを特定する装置は、空調室外機のような、人には聴こえにくい低周波音源の特定にも応用でき、さらにゾウの研究がバイオミメティクス（生物模倣技術）につながる可能性も秘めている。

「低い周波数帯域ほど“ポーッ”という風雑音が強いので、低い音が聴こえるゾウの耳は、何かしらの方法で風雑音を除去しているはず。そのメカニズムを解明できれば、今後、音響測定器の開発にも活かせるかもしれません」

こう未来を語る土肥氏の夢は、ゾウの会話を理解し、スピーカーから音を発することで、人とゾウがコミュニケーションを取ることだ。ただひとつ、研究を進めるうえで心配事があるという。

「ゾウはもう私を覚えていて、機器のメンテナンスに行くと、草を投げてきたりして私をからかうんですよ。それくらい頭がいいので、そのうち“アイツが来たから今日は黙っておこう”とならないか、今はそれを心配しています(笑)」👍

取材：布施雄一郎（音楽テクニカルライター）

（参考文献）

[1] 土肥哲也編「低周波音 低い音の知られざる世界」コロナ社、2017

取材協力：

一般財団法人 小林理学研究所
東京都国分寺市東元町 3-20-41

<http://www.kobayasi-riken.or.jp/>



低周波音を計測できる騒音計 RION NL-62
測定周波数範囲
1 Hz～20,000 Hz

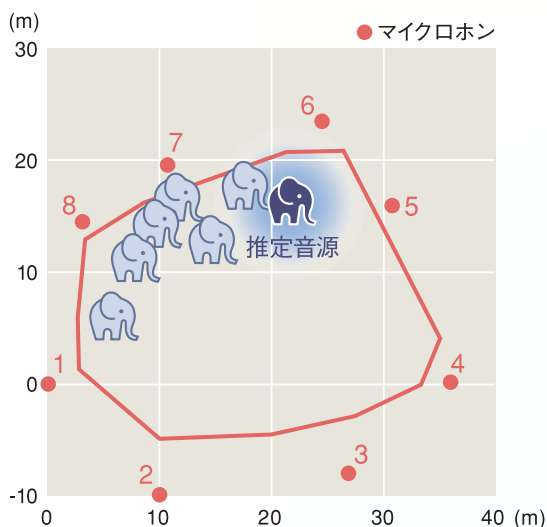
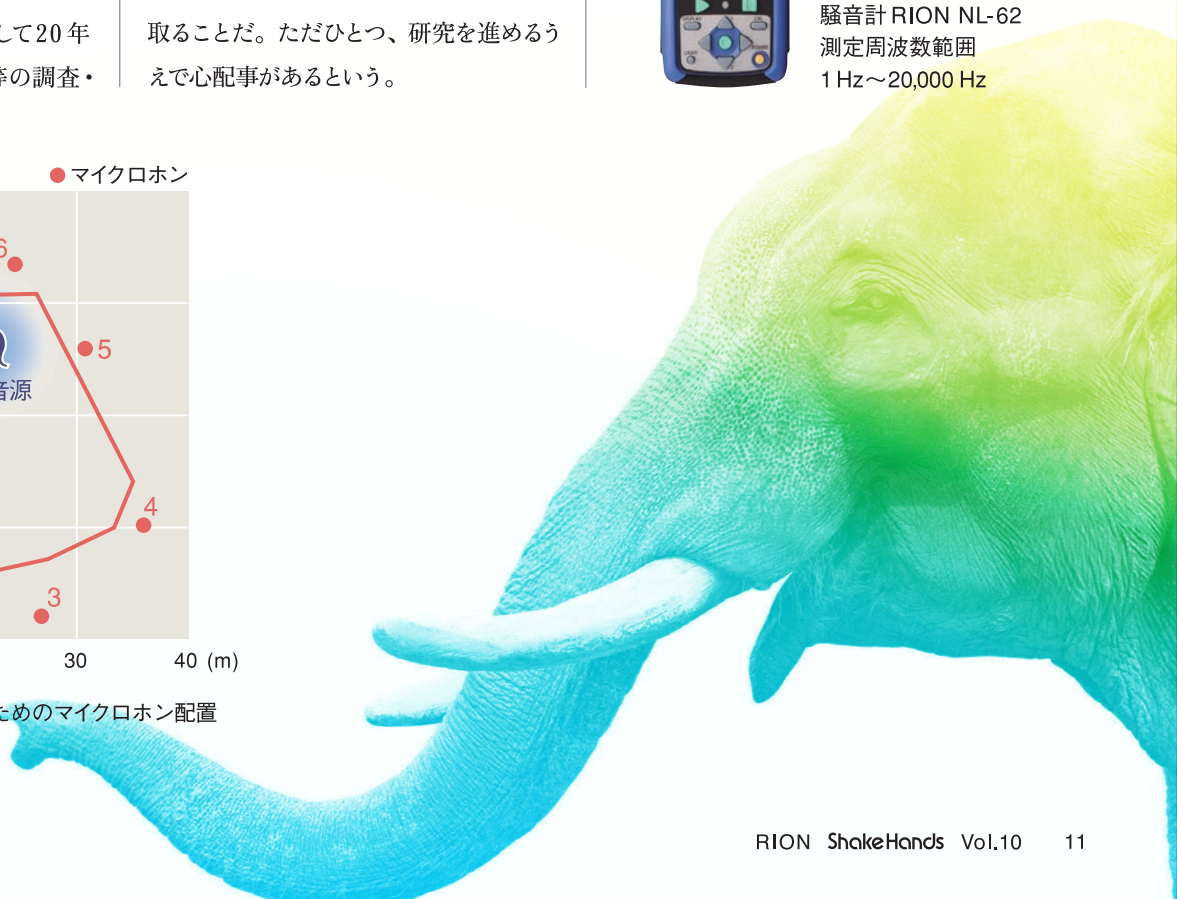


図2 音源位置を推定するためのマイクロホン配置



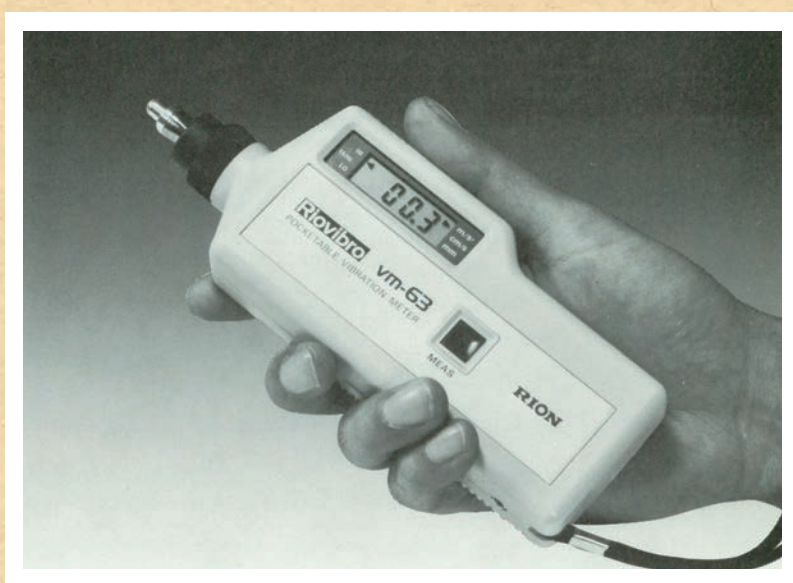
製品でひもとくりオンの技術史

製 品 温 故 知 新

ポケットサイズで簡易設備診断に大活躍

VM-63

(リオバイブロ)



「リオバイブロ」の愛称で親しまれ、マイナーチェンジしながら昭和から現在まで長年、設備の保全を支え続けている振動計VM-63シリーズ。

当初開発したOBの河野正秀さん* にお話を伺いました。

*1974年入社。VM-63開発時は音測技術部

—— VM-63 開発の背景を教えてください。

モータや発電機、ポンプ、各種加工機器などの機械設備は、正常な時と異常な時では違った振動を発生します。これを計測して保全に利用する「振動による設備診断」が1970年代に注目され、汎用振動計の需要が高まっていました。

—— そんな中、1983年に「ポケットابل振動計」として発売したのがVM-63ですね。

操作が簡単で小型、軽量、しかも安価な振動計が望まれていましたが、VM-63はこれらを実現した振動計でした。従来はコードで接続されていた振動ピックアップを本体と一体化し、重さはわずか270

グラム、スイッチ類も極力減らしたので、電源スイッチもありません。

—— 使い方を教えてください。

加速度、速度、変位の切り替えと、加速度ではLo(ロー、10 Hz~1000 Hz)とHi(ハイ、1 kHz~15 kHz)を切り替えます。あとは測定ボタンを押せば電源が入り、測定できます。ピックアップの先端を測定

対象に押し当て、数値を見ながら安定したところでボタンを離すと測定値が保持されます。再度測定を行うときは、これを繰り返します。そのまま放っておくと約1分後に電源が切れます。

—— 実に簡単ですね。

特別な訓練や技術が必要でないことで、幅広い方に使っていただけることを目指しました。中小の工場などでも簡単に購入できるよう、98,000円と、当時としては思い切った価格設定としました。

—— 河野さんが開発に関わった経緯は。

当時、振動計の設計担当は私一人でしたので、必然的に私が開発することになりました。ピックアップは専門の設計部署がありましたが、プリアンプや電気回路、ケースデザインもほぼ私が担当しました。

—— 開発で苦労したところは。

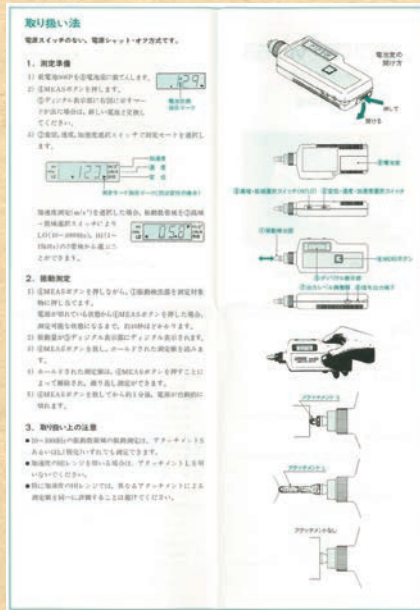
ピックアップと本体が合体されるわけですから、その状態で振動が正しく計測できるかということです。周波数特性、振動の大きさによる測定値の直線性、特異な周波数や振動で異常な共振がないか、などが課題でした。

—— 振動測定ではピックアップの押し当て方が重要ですね。

そこはピックアップの担当者が保持構造



河野正秀さん(本人提供)



VM-63の取扱説明書。
A4サイズ1枚で済む簡便さが画期的だった



現行機種のVM-63C。
操作方法はVM-63から変わらない

を工夫して、その材質や固定方法、固定のトルクなどもいろいろ試し、安定した測定が可能となりました。私もその検証で、振動台にピックアップを押し当て、さまざまな周波数や振幅の振動でひたすら測定を繰り返しました。大きな振動にさらされ続けて、右手がへろへろになってしまったことを思い出します。

—— 発売後の市場の反応はどうでしたか。

10万円を切る価格は画期的でしたし、営業部門でもプロジェクトを立ち上げて取り組みましたが、当初はそれほど売れていなかったと思います。また、海外への輸出は想定していませんでした。

—— その後、中国で大きな売れ行きを示しましたね。

中国の販売店が、品質やデザイン、価格に興味を示してくれたのがきっかけです。

—— お客様とのエピソードなどはありますか。

発売からずっと後のことですが、中国の

展示会で、あるお客様が「VM-63やVM-82を見て欲しい」と何台かの振動計を持って来られました。そのうちの1台はピックアップの断線でしたが、機体は真っ黒で、パネル文字も消えかかっていた。随分良く使われているのだなと、嬉しかったです。

—— 河野さんにとってVM-63はどんな製品ですか。

発想の発端は、営業と技術のほんの一部の人たちによる仕様でした。当時は、担当者のカバーする領域が広く、設計には大きな負担がかかりましたが、仕様に係る裁量も大きかったのです。振動計のその後の製品構成を作り上げる一歩になったと思います。

—— 仕事を通して思ったことは何ですか。

就職した時は、これで親に安心してもらえると思いました。その後、ものを作ることが人々に喜ばれるものであるということも知りました。一生懸命勉強して、頭を使い、体も使い、汗を流して作り上げてきたつもりです。👍

オフィスから
こんにちは



未来を創造する技術者のための オープン空間 技術開発センター

こんにちは、技術開発センター長の岩橋です。今回は、リオンが「未来を見る」姿勢を形にした技術開発センター（TDセンター）を紹介します。

近年、AI、IoT、5Gそしてそれらを支えるICT技術が急速に進化し、世界中の人々の生活環境に影響を与えています。リオンは補聴器、医用検査機器、音響・振動計測器、微粒子計測器を開発・販売する会社ですが、当社の企業理念である「リオンはすべての行動を通して人へ社会へ世界へ貢献する」を永続的に実践するためには、この技術革新の波を無視し独自の道を歩むことはできません。

TDセンターは、先に挙げた製品群毎に分散していたすべての技術者を統合し、個々の知と技量を繋いで未来を創造することを目的に設立しました。設立に際して、異なる専門性だけでなく、異なる環境、職場で活動していた技術者が自然に交流を始め新しい発想を生み出すことを期待して、各人の固定席がないフリーアドレスの職場を作りました。

現在、二つのフロアに120人が活動しています。この新しい職場には次のコンセプトが設定されています。

- ① オープンで自由闊達なコミュニケーション空間
- ② 技術者のプライドが競い合うシナジー空間
- ③ 発想の切り替えを誘導するリラックス空間

TDセンターはまだスタートしたばかりですが、このコンセプトを持つ空間から、世界に影響を与える新たな製品やサービスが飛び出してくることを楽しみにしています。

リオンは2019年に創立75周年を迎えました。リオンの活動をお客様に支持していただいた結果であり、この誌面を借りて改めてお礼を申し上げます。TDセンターは、75年の歴史を持つ有効な実績に、今起きている技術革新を重ね、お客様の更なる支持を得て持続的な社会貢献を実現すべく、未来を創造します。

岩橋清勝(技術開発センター長)



センター長席の筆者



技術開発センターのフロア。中央には水槽も



筆者の席があるセンター長室も、常に扉が開放され、社員が自由に打ち合わせ等に使える。入口側の壁はプレスト後



電子の軌跡を描く確率力学

保江邦夫著「Excelで学ぶ量子力学」(講談社ブルーバックス)には、光子や電子の時々刻々の軌跡を描く確率力学が紹介されている。電子を2重スリットに通すと、後ろのスクリーンに波の干渉縞のような明暗パターンができる。従来の書物では、1個の電子は2つのスリットの両方を同時に通過すると説明されていた。電子は、電子雲と呼ばれるように、ぼんやりしたイメージであった。しかし確率力学では、電子の軌道を描くことができ、電子はどちらか一方のスリットを通過する軌跡を描き、それでも同じ明暗パターンを示す。

確率力学はネルソンEdward Nelsonによって1966年に発表された量子力学で、質点の軌跡のx座標成分だけを示すと

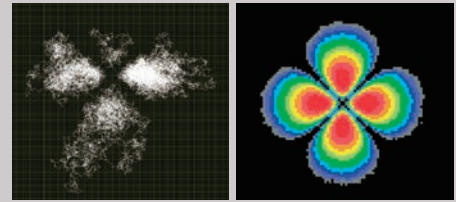
$$X(t+\Delta t)=X(t)+DX(t)\Delta t+A(t)\sqrt{\frac{\hbar}{m}}\sqrt{\Delta t}$$

となる。最後の項は不確定性の量子ゆらぎを表し、マクロの世界では無視できるが、ミクロの世界では

この項のために滑らかな軌跡とはならず、ジグザグの軌跡となる。 $A(t)$ は、量子ゆらぎを未知の要因が多数足し合わされた結果であると考え、中心極限定理により平均値0、標準偏差1の正規確率変数となる。 $DX(t)$ は速度を表すが、ネルソンは平均前方微分等を導入することによって、ニュートンの運動方程式から導いた。量子の世界もマクロの世界と同じ運動方程式で表されることを著者は強調している。

確率力学で得られる水素の322電子軌道の式から筆者が計算した軌跡の一例を図に示す。もっと計算を繰り返せば通常の電子密度の結果が得られる。

岩倉行志(技術開発センター)



巾着田(埼玉県)にて 撮影 昼間信彦(技術開発センター)

秋に真っ赤な花が咲く彼岸花(ひがなばな)は、その名前のおり彼岸の時期がもっとも見頃となる。別名“曼殊沙華(まんじゅしゃげ)”は、サンスクリット語のマンジュシャカという言葉日本語としてそのまま漢字にして使ったと言われている。

当社の計測器を3回シリーズで解説します

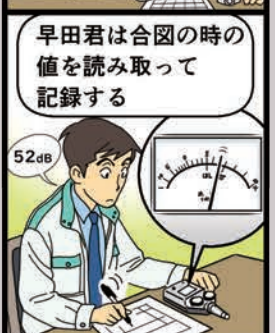
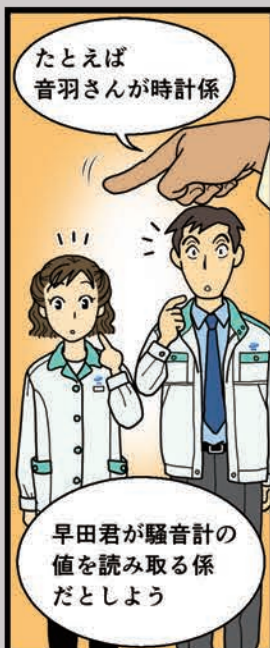
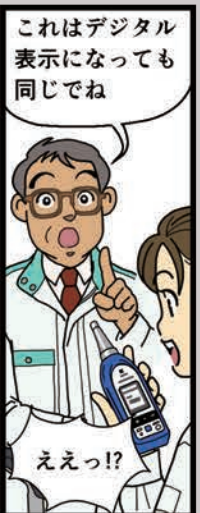
マンガで
わかった!
計測器

騒音計

第2回

絵:タカギ ヒサコ

騒音レベル、どうやって決める!?! ~騒音評価値の変遷~



これを50回繰り返す

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
71	72	64	65	67	66	69	68	70	73
73	70	78	69	68	67	67	72	74	80
76	77	66	85	65	67	68	73	69	70
71	72	70	67	75	67	68	65	80	77
74	73	70	68	82	75	66	67	68	69

騒音

4/1 年月日
2:30 AM

測定部 a社 b型
測定者 T.H
観測補正 () B, C

騒音レベル (dB)

累積度数曲線

代表値を求めるというやり方なんだけど……

うーん それは手間も人手もかかりますねえ

だろ？
そこで自動記録できるレベルレコーダを使ったりもしたんだ

これなら記録用紙を読めばいいから一人でも作業できますね！

こうして発生回数から統計的に求めた値、「時間率騒音レベル」を騒音評価に使っていたんだが

さらに研究が進展すると

測定した騒音の総エネルギーを時間的に平均した値(エネルギー平均)のほうが

実際の人の反応とも良く対応していることがわかってきた

うん この感じ!!

騒音エネルギー

総エネルギー平均値

この値は「等価騒音レベル(Leq)」といって

Leq = equivalent continuous sound level

エネルギーを平均化する

時間t1~t2間の騒音レベルの変動

ある時間内で変動する騒音レベルのエネルギーと同じエネルギーを持つ定常騒音に置き換えたものなんだ

t1~t2間の定常騒音エネルギー

わが社ではこの演算のためのユニットを開発して

騒音計と演算ユニットを合体させてより人の感覚に近い騒音評価を求めたんだ

合体!!

Leq演算ユニット

それが現在の騒音計につながるんですね！

おお！いまじゃさらに処理能力が向上して

騒音計 NL-52

☆計測・記録できること☆

- 等価騒音レベル
- 時間率騒音レベル
- 最大騒音レベル
- 最小騒音レベル …etc.

騒音計1台で等価騒音レベルはもちろん様々な値を同時に演算して記録できるようになったのさ!!

社員は

V!

仕事にプライベートに輝いている社員の姿をお届け

田中瑞樹さん 生産販売推進課

スピード感のあるクロスミントン ——国際大会にも出場



クロスミントンは5.5m×5.5mの正方形の陣地が12.8mの距離を置いて2つある。その陣地の中から専用のラケットでスピーダーと呼ばれるシャトルを打ち合うスポーツである。

—— クロスミントンを始めたきっかけは。

小中学校時代のバドミントンのコーチに誘われました。大学4年の夏から始めて3年で国内ランキング1位、世界ランキングも最高で25位ぐらいまで行きました。

—— 国際大会にも出場しているそうですね。

世界ランキングのポイントが付くジャパンオープンでシングルス準優勝、ダブルス優勝しました。ドイツやチェコ、ハンガリーなどヨーロッパが強いです。

—— クロスミントンの魅力は。

ラケットもスピーダーもバドミントンより重く、ネットがないので直線的でスピード感がすごいです。低いラリーができることも魅力です。もう一つは誰にでも簡単にできるスポーツなんです。自分も初めての時は10分打ってすぐ試合したぐらいのハードルの低さ。バドミントンより簡単で自分は逆にテニスができなくてホームランしちゃう(笑)

—— クロスミントンならではの難しさは。

元々バドミントンをやっているのですがテニスの選手が打つ低い攻撃が苦手。バドミントン、テニス、スカッシュ、初めからクロスミントン、それぞれの競技の持ち味を活かして

戦うので対応するのが難しくもあり、面白くもあり、他のスポーツにはないと思います。

—— どんな練習を。

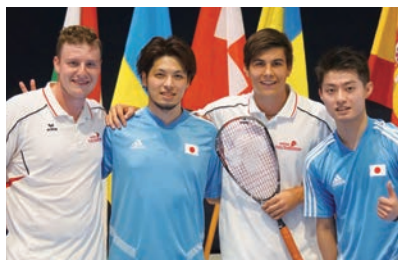
多くて週4回あり、アップしてすぐ試合する練習会が多いです。小4から始めたバドミントンも会社のクラブで練習・試合があり、時間を作るのが大変ですが工夫しながらやっています。

—— やっていて良かったことは。

バドミントン、仕事、普段の生活では海外の人と関わることがないので、クロスミントンをやっていたからこそ海外選手と試合したりご飯食べたり交流ができて楽しいですね。

—— 思い出の出来事は。

世界選手権で優勝した目標のドイツの選手とジャパンオープンの決勝でやっとならぶことができました。その選手は日本が大好きで、毎回日本開催の国際大会に来て、日本語も勉強してくれる良い人です。負けてしまったけど、ぎりぎりまで試合ができたのが嬉しくて、もっと頑張ろうと思えた瞬間でした。



ジャパンオープン決勝戦、ポイント20-20から終盤戦の動画
<https://youtu.be/kQisbDC8ux4>

ハンガリーで行われた世界選手権2019にて(左:試合中 右:スイスのペアと。右端が田中さん) 撮影:阿部文香

◎聞き手より

世界選手権の練習を頑張りすぎて手をケガしたそうです。それでも撮影時にラケットを手にした姿は楽しそうでした。(坂田かおり)

薬液中の0.03 μm粒子を測定



液中パーティクルセンサ KS-19F

- 最小可測粒径 0.03 μm
- 任意に粒径区分を設定可能 0.03~0.13 μmの範囲で10段階
- セルにサファイアを採用
- 豊富なオプションによりバッチ測定とインライン測定の内方に対応

PPVとVDVを同時に計測 卓越振動数や変位など規格に基づく 測定値も計測

VM-56はDIN 45669-1、ISO 8041および
海外の各種測定規格に基づいた測定量を
同時に演算できる振動計です。

Tri-axial Groundborne Vibration Meter VM-56



- 各国測定規格に基づいた測定に対応
- PPVとVDVを含めた多くの演算値を同時演算
- 測定結果をCSVファイルとしてSDカードに保存
- 各国の建物被害の規格に定められた基準に基づいたコンパレータ出力を搭載
- 波形収録機能・1/3オクターブバンド分析機能をオプションプログラムとして機能追加が可能

【音響振動計測器関連】

- ◎ Inter-noise 2019 (6/16～19 Madrid, Spain)
 - ・ Construction and measurement examples of a wireless sampling-synchronized measurement system. / Y.Nakajima, Y.Kurosawa, K.Yoshino, T.Ueta
 - ・ Study of integrated data processing method of aircraft noise data and flight path data in aircraft noise monitoring. / K.Sakoda, Y.Maruyama, K.Shinohara, K.Yazawa
- ◎ 日本音響学会 騒音・振動研究会 (10/17 東京大学)
 - ・ 防災拡声音のリアルタイム音達可視化に向けた基礎検討 / 大島俊也

【微粒子計測器関連】

- ◎ 日本PDA製薬学会 無菌製品GMP委員会 研究成果発表会 (6/21、品川フロントビル)
 - ・ 微生物迅速試験法 最新情報と適用事例 / 池松靖人*1, 杉本聡*2, 水上敬, 森充生*3
 - ◎ 第36回エアロゾル科学・技術研究討論会 (9/5～6、広島大学)
 - ・ Calibration of Airborne Optical Particle Counter with 1cfm Sampling Flow rate / 飯田健次郎*4, 桜井博*4, 水上敬, Kevin Auderset*5, Konstantina Vasilatou*5
 - ◎ Ultrapure Micro 2019 (6/5～7、アリゾナ ビルトモア・米国)
 - ・ Breaking Barriers in Traditional Light Scattering Particle Detection Technology / Joe Chen*6, M.Shimmura
- *1大阪大学, *2武田薬品工業, *3エーザイ, *4産総研, *5METAS, *6MGN International

展示会・学会・セミナー

- ◎ 音響振動計測器関連 / ◎ 微粒子計測器関連
- ◎ 第27回日環協・環境セミナー全国大会 inくまもと (10/17～18、ホテルメルパルク熊本)
- ◎ Automotive Testing Expo, Novi, Michigan (10/22～24、ミシガン・米国)
- ◎ 日本騒音制御工学会 2019年秋季研究発表会 (11/1～2、日本大学理工学部 駿河台キャンパス)
- ◎ 第8回風力発電展 (2/26～28、東京ビッグサイト)
- ◎ 再生医療 JAPAN 2019 (10/9～11、パシフィコ横浜)
- ◎ 函館水道展 (11/6～8、函館アリーナ)
- ◎ SEMICON Europa (11/12～15、ミュンヘン・ドイツ)
- ◎ SEMICON Japan 2019 (12/11～13、東京ビッグサイト)
- ◎ SEMICON Korea 2020 (2/5～7、ソウル・韓国)
- ◎ 第6回インターフェックス大阪 (2/26～28、インテックス大阪)
- ◎ SEMICON China 2020 (3/18～20、上海・中国)

セミナー

当社では、音響・振動に関するセミナーを全国各地で開催しています。ウェブサイト (<http://svmeas.rion.co.jp/event/all>) では開催日や会場、プログラムなど詳細が確認できます。

プレゼント

「Shake Hands」をお読みくださり、ありがとうございます。アンケートにお答えいただいた方の中から抽選でプレゼントを差し上げます。ふるってご応募ください。

◎ プレゼント内容

QUOカード(1000円券)5名様

- 【応募方法】 右下記載の本誌専用ページよりご応募ください。
- 【応募締切】 2019年11月30日(土)
- 【応募に関する注意事項】 発送先は日本国内のみに限らせていただきます。発送をもって発表に代えさせていただきます。



表紙について

IT技術の進歩は日覚ましものがあります。今回ご紹介しているCMOSアニーリングマシンでは、専門分野を超えた人々の交流が斬新なアイデアの発想に繋がっているというお話に、無限に広がる可能性を感じます。(小穴)



編集後記

INNER VIEWとの「アニーリング」繋がりで訪れた多摩冶金株式会社。熱処理と言えばダイナミックな炎を連想しますが、炎は鉄鋼を冷やすときに浸す油が燃えて出るものだったので、徐冷する「焼なまし」とは無縁でした。せめて横断幕の写真で。(岡崎)

本誌は弊社トップページのバナーからもご覧いただけます
<https://svmeas.rion.co.jp/shakehands/>



企業理念

リオンはすべての行動を通して 人へ 社会へ 世界へ 貢献する

クオリティーオブライフ (生活の質の向上) バリアフリー (障壁のない社会) エコ・マネジメント (環境管理)

発行者
清水健一

企画・制作
Shake Hands 編集委員会
編集長 岡崎道成

デザイナー
小穴まゆみ (macmicron)

発行日 / 2019年11月1日

Copyright © RION All Rights Reserved

本誌の一部あるいは全部を無断で転載・公開することを禁じます。

SH-00100 この印刷物は環境に配慮したUVインキと用紙を使用しています

リオン株式会社

〒185-8533 東京都分寺市東元町3-20-41 <https://www.rion.co.jp/>

本誌へのお問い合わせ

環境機器事業部 企画推進課 TEL (042)359-7860 FAX (042)359-7458
shakehands@rion.co.jp