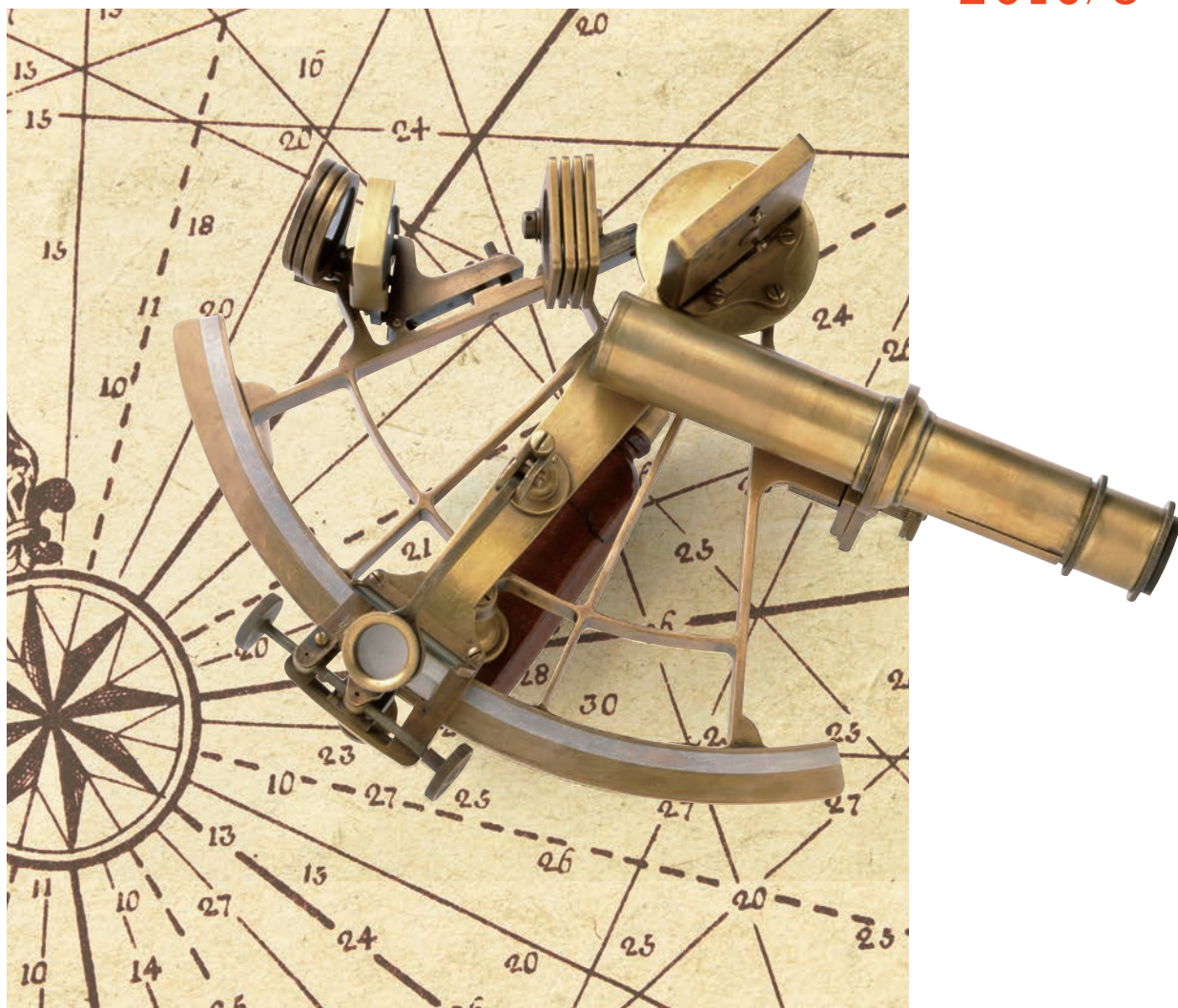


テクノロジーで世界をつなぐ。リオンの技術情報誌

Shake Hands

創刊号
2016/5



特集

測る

INNER VIEW

山本貢平 一般財団法人 小林理学研究所 所長

聞こえないものを聞く

～人の生活を変える力の源～

「測定」と「計測」

騒音計及び振動レベル計の

特定計量器検定検査規則

クリーンルームの国際規格

TECHNICAL REPORT 音響式容積計・体積計

製品温故知新 気中パーティクルカウンタ KC-01

社員はV! 陸上競技部／自衛消防隊

創刊にあたって



山本貢平

Kohei Yamamoto

1950年兵庫県川辺郡小浜村※1 生まれ。1974年福岡市にある九州芸術工科大学芸術工学部※2 音響設計学科卒業。同年東京都国分寺市の小林理学研究所に副研究員として入所。1989年同主任研究員。1999年同所長に就任、現職。2004年～2006年(社)日本騒音制御工学会会長。2009年～2011年(社)日本音響学会会長。2013年～International Commission for Acoustics 理事。2015年～International Institute of Noise Control Engineering 理事。専門は応用音響学で、道路騒音の伝搬特性予測方法に関する研究で博士号を取得。趣味は読書、音楽鑑賞、野鳥観察、街歩き、食べ歩き。

※1 現・兵庫県宝塚市 ※2 現・九州大学芸術工学部

一般財団法人 小林理学研究所

Kobayasi Institute of Physical Research

東京都国分寺市。実業家小林采男の公益的な寄付に基づき、佐藤孝二、坂井卓三両博士等が中心になり昭和15年に設立。当初は物理学の基礎及び応用研究を指向する研究所として発足したが、戦後は研究の中心を音響学におくようになり現在に至る。昭和19年、ロッシェル塩の人工培養法および加工法を開発したことを契機に、その製品化・販売のため小林理研製作所、現在のリオン株式会社を設立した。

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

山本貢平

一般財団法人 小林理学研究所 所長

聞こえないものを聞く ～人の生活を変える力の源～

文／岡崎道成 写真／吉竹めぐみ

東京都を横断する長大な国分寺崖線、通称「ハケ」の途上に建つ小林理学研究所。リオン株式会社の生みの親でもある同研究所は、騒音、振動に係わる基礎研究から圧電材料の研究・開発などで、日本の音響学をリードし続けている。

その所長、山本貢平は、如何にして音の世界に目覚め、研究職を目指し、いま何を音響学に求めるのか。

「大きな教室で一人になってしまって、先生と二人で授業をしてたんよ。」

ただでさえ少なかった哲学の受講者が一人、二人と抜けて行ったあと、最後の一人になりながら、マンツーマンで講義を受けた。「我思う、ゆえに我あり」という言葉とともに「自我」を発見したデカルトに、山本は魅せられていた。

高度経済成長期にテクノロジーを飛躍的に発展させた日本は、その副作用として環境汚染、公害といった新しい問題に直面していた。九州芸術工科大学は、そのような時代にあって「技術を人間生活に適切に利用するために、人文、社会、自然にまたがる知識と芸術的感性を基盤とする設計家を養成することを目的」(学則第1条・要約)として1968年に設立された。山本が高校2年の時である。「ここしかないと思った」山本は、他の大学は見向きもせず受験に臨んだが、結果は不合格。人生初の大きな挫折感を味わうも、1年間の浪人生活を経て、この大学の門をくぐった。大学では従来の文系・理系の枠組みに捉われず、魅力的な科目が揃っていた。

「中でも、哲学が面白かった。『考える自分があるのは当たり前やんか。こんな一生かけて発見して、何が偉いんや』と思ったけど、確かなものとは何かと考えていくと、最後に残るのが、考えている自分。そこから物事が展開していく。これはオモロイな、と。」

音楽で心が踊る体験

山本は、1950年に兵庫県川辺郡小浜村(現・宝塚市)に生まれた。

「ワルガキだった。くたくたになるまで外で遊んで帰ると、宿題なんて忘れてる。怒られても全然きかなかった。」

甘やかされて育ったという山本の小学校時代は、学校をサボって河原で遊んだり、宿題もやらずにいつも廊下に立たされていたという。そんな山本が「音」に目覚めたのは、小学校5年のとき。叔父の家にステレオが入ったというので、聴かせてもらった。それがリストの「ハンガリー狂詩曲2番」だった。

「『なに、この音楽は』って。音楽ってこんな心が踊るような効果があるんだと

思っ、それから病みつきになった。」

たちまちクラシックに魅せられた山本は、ラジオやテレビでチャイコフスキー、ベートーベン、ブラームス、ブルックナー、マーラーと聴きまわった。

「音楽を聴いていると、気持ちが和む。中学では器械体操をやっていたけど、くたくたになっても、音楽を聴くと体がリラックスしていくのがわかった。」

高校生になると、自分で組み立てたステレオで音の素晴らしさを味わった。

「演奏会場に行かなくても、好きな時に好きな曲を聴いて気持ちをコントロールできる。こういう感動を与えるものを作る仕事はやりがいがあるな、と思い始めた。」

福岡に音響設計学科のある大学が新設されるという新聞記事を母親に見せられたのは、ちょうどそんなときだった。

挫折の中で見出した 研究の喜び

大学で多方面の学問を学びながら、学内オーケストラにも加わり、読譜が苦手だったのでティンパニを叩いた。そん

な中で、音楽制作に関わりたいという山本の考えは、次第に変化していく。

「僕には無理だ、と思った。僕が目指していたのは、プロデューサーやミキサーという人たちの仕事。彼らは、演奏家の音楽をそのまま記録するのではなくて、新しいものに作り替えるという役割をしているとわかった。」

自分で演奏したときのイメージと、それを録音したものを聴いた印象はまったく違った。楽譜を読む力、曲の知識、そして創造性を駆使して、材料となる演奏からレコードという新しい芸術を作る仕事。それは自分には無理だと悟ったのだ。人生第二の挫折だった。迎えた最終学年、卒業研究のテーマは「2チャンネルステレオフォニー・ダミーヘッド録音再生」。「ダミーヘッドで最高の録音をすれば、誰もが最高の音楽を楽しめると思った。でも実際はみんな顔かたちが違う。だから同じ音を聴いている人はいない。卒業研究の中で、そんなふうにああでもない、こうでもないと考えながら実験して、

物事を調べていくのはオモロイな、と。試行錯誤の末に発見ができたときには、喜びがあった。」

それで就職担当教官に、利潤追求に関係ない、研究職につきたいと言った。数日して紹介されたのが、小林理学研究so. 騒音計も知らなかった山本だが、同研究所を見学した後、1974年に入所した。

入所後、先輩の下働きとして実験を繰り返すうちに、学校で習ったことと違う、今までの理屈では説明できない現象が出てきた。後に山本は、これが有限インピーダンス面上の音響伝搬、すなわち境界面問題だったと知る。

「腐るほど実験をした。データをグラフ用紙に手でプロットしているうちに、一定の法則が見つかる。それを自分なりに解釈して、『どうも、こういう法則がありそうだ』とわかったと、それを役に立つようにするためにモデリングする。一方で理論も必要で、それを使って計算してみると大体同じ傾向にあることがわかった。」

山本はこれを基に道路騒音の伝搬予

測に関する研究を論文にして、博士号を取得した。

測ることとアイデンティティには相似性がある

尊敬する人を尋ねると、しばらく考えてから、「ダンテは天才だと思う。」との答えが返ってきた。壮大な叙事詩「神曲」を書いた中世イタリア最高の文化人、ダンテ。「彼はヨーロッパの歴史、神話、神学に通じて、『神曲』の中に一つの世界観を作っている。その中で描かれる地獄の様子は、日本人が思い描く地獄に似ているし、インドの仏教に通じる考え方もある。古事記にも似たような話がある。ダンテはどれだけ知識を持っているんだ、と。これに刺激されて、僕もいろんなことに知的興味を持つようになった。ダンテはそのきっかけを作ってくれた。」

「神曲(地獄篇)」では、地獄で様々な苦しみを受けている人を見て主人公(ダンテ)が次々と「お前は誰だ?」と尋ねていく。

「その人が『俺はこれこれだ』と答える。その人が歴史的な書物に載っていれば、第三者がその人がいたことを証明してくれたことになる。身元証明やね。」

山本は海外出張したとき、なぜパスポートを携行する必要があるのか、不思議でなかったという。それをきっかけに、自分が自分であるとはどういうことかを考え始めた。

「僕が日本人であることが戸籍に載っていて、それと僕が同一の人物であること



所長室の窓からはハケ上の林と府中の街並みが望める(撮影:中島康貴 開発部)

をパスポートが証明している。僕がその人だという同一性の証明は、僕以外の第三者がしてくれる。これがアイデンティティの一つの側面。でも、もし戸籍がなかったら、僕が日本人であることを誰が証明してくれるのか。これが社会的なアイデンティティの問題。もう一つ、生物学的な同一性の問題がある。生物の免疫の仕組みは、ある細胞が自分の体に属するものかどうかを何らかの方法で測って、分析して、それを取り込むか排除するかを判断する。第三者の目がなくても、計測と評価の機能で自分自身と同一であることを証明できる。測ることとアイデンティティには、相似性がある。」

知的興味 ——— 音響学へのもう一つの アプローチ

山本は自身のアイデンティティを、まず日本人、そして考え方や行動のあり方は関西人であると言う。面白くなければ人間ではない、吉本新喜劇が大好き、関西弁を直そうとは思わないし、隠す必要もない。そんな山本が大事しているものは何か。「大事にしているのは、知的興味やね。世界はどうやって出来ているのか。言語の原点や歴史。世界共通の歴史的な連続性を保っているものは何か、人間はどこから来たのか、を知りたい。」

音響学は人生の安全と慰安に奉仕する学問、というのが研究所二代目理事長佐藤孝二の言葉であった。これに知的興味



を満足させることを加えたい、というのが現在の山本の思いである。

「音響学は人の生活の質に関わる、つまり理工学系から医学系、さらに人文学系まで含む壮大な横断型の学問。デカルトは、考えている自分だけは疑えないと言ったけど、般若心経の中には、智慧の完成を意味する真言という音がある。智慧が完成すると、考えている自分さえ実際には存在しないという。これはデカルトを超えている。そんな五感では触れることができないものが、どういう意味があって、それを一体誰が理解できるんやろ。そういう知的興味がある。結論が出ないかも知れんし、僕自身も変わっていくかも知れんけど、そうやって先人が探求したものを、いつか見出したい。」

計測から始まる理工学

測るとは何かと問うと、山本はリオンへのエールとも取れる話をしてくれた。

「結局、測らなければ現象はわからない。測るということは、物理的な現象や変化を数字や記号に置き換える作業。その先で分析して法則を見つける。物理の原点は、現象を観察して法則を見つけること。観察に計測は欠かせない。さらに工学的には観察結果を数式化すると予測や設計に応用できる。すると困っている様々な問題を解決することにつながる。ちょうど哲学が思考から始まるように、理工学は計測から始まる。さらに、測る技術が新しくなれば、学問の世界も変わってくる。光学望遠鏡から電波望遠鏡になったときに天文学の世界が変わったように、見えないものが見えるようになり、聞こえないものが聞こえるようになると、今までわからなかった現象が容易にわかるようになる。計測技術の進歩は、学問の世界から人の生活までを大きく変える力がある。」

哲学、音響学、人の生活。山本のオモロイもん探しは、まだまだ終わりそうにない。

特集 測る

中国で生まれた「尺」は、人間の指を利用した長さの単位だった。経済が発達すると、取引に利用できる共通な単位が求められるようになった。やがて国家は、国内で通用する単位を定めることでその権威を示した。そして現在、単位の基準は国際的に統一されている。測るという行為を通して、人類の営みのダイナミズムが見えてくる。

01

「測定」と「計測」

「測定」と「計測」の違いとは

「測定」と「計測」という言葉を普段はあまり意識せずに混用しているが、あらためて「両者の違いは何ですか?」と問われたときには、測るとは何かということを考える必要が出てくる。

製品開発、製造、検査などに関わる研究者・技術者にとっては、測ることは常に行っていることであり、正しく測ることは公正な取引、製品の互換性や安全性などにとって必要不可欠なことである。一方、日常生活において、商品に表示された値を信じて買い物をしているが、これも正しく測られていることを前提としている。しかし、「測定した結果はどれくらい信用できるのか?」という質問に対する回答として、「定期的に校正された測定器によるデータです」、「ベテランの担当者が測定しています」、「今までと同じような結果が得られているので、間違いはないでしょう」などで充分だろうか。何らかの必要性があって測るときには、単に数値を出すだけでなく、その結果の信頼性を示すことまで要求されることが多い。

ちなみに、日本工業規格「JIS Z 8103 計

測用語」では、「測定」が「ある量を基準として用いる量と比較し数値又は符号を用いて表すこと」であるのに対して、「計測」とは「特定の目的をもって、事物を量的にとらえるための方法・手段を考究し、実施し、その結果を用いて所期の目的を達成させること」とされており、なぜ測るのかを考えたうえで行う一連の作業が含まれている。

測定結果の信頼性をどう表現するか

測定しているとき、測定器の表示するデータが同じ値にならず、変動することがよくある。変動が小さいデータは精度が高い、あるいは再現性が高いといわれる。しかし精度が高くとも真の値からずれているかもしれない。測定値の真の値からのずれは誤差といわれ、誤差の少ないデータは正確度が高いといわれる。精度と正確度を使えば、測定結果の信頼性を表わせそうである。ところが、一般に真の値はわからないので、データのもつ誤差は算出できない。またこれらの用語は技術分野や国によって使われ方が異なることも問題である。

そこで、計測に関わる国際機関によって、計測データの信頼性を評価・表現する方法の統一に向けた取り組みが行われた。その結果、誤差や精度に代わる新しい尺度として「不確かさ」を用いることが提案された。不確かさは、測定結果のもつあいまいさを合理的に推定したものである。

不確かさを求める手順を簡単に説明する。まず、測定値に影響を与える要因をすべて列挙する。次に、統計処理が可能な量については実際に得られた測定データから標準偏差を計算し、それ以外の量については、校正データなどの情報をはじめ、経験や知識などから測定データのばらつきを推定して、標準偏差相当の量として算出する。最後に要因別の不確かさを合成する。この一連の過程では、すべての不確かさ要因を挙げることができるか、また個々の不確かさを過不足なく推定できるかなどが重要となる。不確かさの評価は、測定量や測定の性質についての知識の詳しさに依存するといわれるゆえんである。

不確かさを数値化するために、真の値が入っていると推定される「区間」と、そこに入っている確率を示す「信頼水準」

が使われる。信頼水準に対応した区間の1/2の値を「拡張不確かさ」と呼んでいる。また多くの場合、信頼水準として95%が使われる。

例えば、測定結果は「長さは5.04 mm、拡張不確かさは0.05 mm (信頼水準95%)」と示される。これは、「95%の確率で長さは5.04 mm ± 0.05 mmの範囲にあると推定できる」あるいは、「95%の自信をもって、長さは4.99 mm ~ 5.09 mmの範囲にあるといえる」ことを意味する。

測定器に 信頼性を与える仕組み—— 校正のトレーサビリティ

校正された測定器には、校正・検査機関から校正値とその不確かさが示された校正証明書が発行される。この校正・検査機関が校正のために使用する標準器は、より上位の校正・検査機関で校正されている。このようにして校正の連鎖は国家標準までつながっている。この校正のトレーサビリティシステムを構成するすべての校正・検査機関は、試験所認定機関によって認定されている。さらに試験所認定機関は、国内外の他の試験所認定機関と国際相互承認協定を結んでいる。一方、国家標準をもつ各

国の国家標準機関も他国の標準機関と国際相互承認協定を結んでいる。このため、要件を満たして認定された校正・検査機関が発行する校正証明書は国際的に通用するものとなる。わが国では計量法に基づいたトレーサビリティ制度であるJCSS(Japan Calibration Service System)が運用されている。

この試験所認定の仕組みは、品質マネジメントシステム(国際規格 ISO 9001)や環境マネジメントシステム(国際規格 ISO 14001)などと同様な認証システムであり、校正・検査機関の認定では、国際規格 ISO/IEC 17025(試験及び校正を行う試験所の能力に関する一般要求事項)に基づいた校正業務の管理と技術的能力が要求される。このように、不確かさによって測定の信頼性を示すトレーサビリティシステムは国際的に認められているが、利用するかどうかは任意である。

一方、我々の生活に密接に関連しているために法律で規制されている計測器もある。その基本となる計量法には、取引に用いられるはかりや水道メーター、電力量計などとともに、定められた環境基準に合致しているかどうかを証明するために使われる騒音計(サウンドレベルメータ)や振動レベル計も特定計量器として指定されており、計量法の検定制度の下で

管理されている。なお、検定制度は計量器の合格・不合格を決めることに主眼が置かれているので、不確かさを用いて信頼性を保証するトレーサビリティシステムとは別扱いとなっている。

測るという行為では信頼性の高い測定結果を出すことが大切であり、それは不確かさという国際的に統一された基準で表明できる。ただし不確かさ要因は、使用する測定器だけでなく、測定環境、測定条件、測定手順、測定者の技量など多岐にわたるので、不確かさ解析についての知識は、測定の担当者にも、さらには測定結果の信頼性を要求する利用者にも必要である。そして、最終的には、「最良推定値として出した測定結果は本当の値からずれているかもしれないが、信頼水準を付した拡張不確かさの値によって、そのばらつきの範囲が保証される」ことになる。

(佐藤宗純 顧問/元産業技術
総合研究所 NMIJ 音響振動科長)

・当社はJCSS(計量法トレーサビリティ制度)の校正事業者として認定されており、サウンドレベルメータ、計測用マイクロホン、音響校正器、標準圧電式加速度ピックアップに対して、国際的に受け入れ可能な校正証明書を発行できます。
・当社は騒音計および振動レベル計の計量法による指定製造事業者としての指定を受けており、公的検定機関により実施されている計量器個々の検定を代行できます。





02

騒音計及び振動レベル計の 特定計量器検定検査規則

2015年(平成27年)4月1日に騒音計及び振動レベル計の特定計量器検定検査規則(以下、検則)及び関連法令の改正が公布され、11月1日に施行された。これは1993年にSI単位系が導入され、単位がホンからデシベルに変更されて以来の特定計量器騒音計としての大改正になる。改正された検則では、騒音計、振動レベル計に要求される技術基準として2014年12月に制定された「JIS C 1516:2014 騒音計—取引又は証明用」、「JIS C 1517:2014 振動レベル計—取引又は証明用」を参照することになった。なお、JIS C 1516は国際規格IEC 61672-1及びサウンドレベルメータのJISであるJIS C 1509-1に整合している。

今回の騒音計の検則の改正において旧検則と比べてもっとも大きく変わったのは校正方法である。従来は騒音計が内蔵する電気信号による校正も認められていたが、音響校正器による校正のみが認められることになった。また、電磁界や静圧など耐環境に対する要求性能が

新たに規定されたほか、従来の仕様に対する要求も厳しくなった。例えば、目盛直線性誤差の許容限度値が実質的に ± 0.3 dBと厳しくなり、時間重み付け特性の試験方法もより厳密化された。

校正に使用する音響校正器は JIS C 1515に適合するものでなくてはならず、また適切に維持・管理されている必要がある。環境省が発行する騒音測定・評価マニュアルにおいては、音響校正器の校正は3年を超えない周期で行うべきであり、JCSS(計量法トレーサビリティ制度。特集01参照)登録事業者または同等な事業者による校正、もしくは国家計量標準にトレーサブルな標準器を所持する製造業者による校正であることを記載している。

振動レベル計については大きな変更はない。JIS C 1510:1995に適合する振動レベル計であれば、新基準による器差検定を受けることができるため、実質的には使用に関する期限はないと考えてよい。

経過措置として、旧型式の騒音計は

2027年10月まで旧基準で器差検定を受けることが可能であり、使用期限は2032年10月となる。ただし、旧型式の騒音計であってもJIS C 1509-1に適合し、かつ製造業者が認めた製品については新基準による器差検定を受けることができるため、この場合は使用期限はなくなる。

振動レベル計の場合は現在流通している多くの製品がJIS C 1510:1995に適合するため、新基準による器差検定を受けることができる。旧基準による器差検定については2022年10月まで受検可能であり、2028年10月まで使用することができる。

検則の22年ぶりの大改正に伴い、計量法における騒音計の要求性能に対する国際統合化が果たされた。これによって、計量法の内部電気信号による校正と国際規格の音響校正器による校正のダブルスタンダードが解消され、音響校正器によるマイクロホンを含めた校正方法に統一されることになる。

(大屋正晴 事業企画部)

03

クリーンルームの国際規格

クリーンルームは今やごく当たり前の産業機器であるが、かつては電子デバイスなど特定産業に対応した先端技術の集積であり、限られた先進国だけが各々で性能表示や評価手法を規格化していた。

その後、精密機器や化学製品から健康安全に関わる医薬品や食品まで多くの分野で生産環境にクリーンルームが使用されるようになり、さらに多くの産業でグローバル化や国際分業が進むことで、制御され

た清浄環境の評価を国際的に共有化することが求められ、1999年にISO 14644シリーズ(Cleanrooms and associated controlled environments)が発行された。

1999年以前は、米国連邦規格FED-

測る

209が国際的に広く利用されていたが、米国特有の単位系が使用されていたこともあり、日本の規格(JIS B 9920)を基本としてISOが作成された。FED-209は2001年に廃止されたが、長く使用され、また直感的にわかりやすい表現であったことで、現在でもその影響が実用的に残っている。多くの気中パーティクルカウンタの試料流量が2.83 L/min(=0.1立方feet)や28.3 L/min(=1立方foot)を採用していることは、その典型的な例の一つである。

ISO 14644は、表1に示すように、現在9 partで構成されており、ISO/TC 209において順次改定が進められている。さらに設置装置の汚染物発生量、浮遊ナノ粒子の測定評価など新たな対象の規格化も議論されている。従来規格では、クリーンルームの性能を示すクラス分類はPart1に、クラス分類の適正評価の試験方法はPart3に規定されていた。今回の改定で、これらをPart1にまとめ、Part3は運転時のクリーンルーム状態を評価する試験方法を記載することとなった。Part1の改定にあたって、クリーンルームの90%以上の範囲が、95%以上の信頼性をもって分類されたクラスに適合していることを証明できることが目指され、測定点数の決め方や評価手法など、規格の主要な項目が見

直され、規定値の科学的根拠と実運用時効率性の折り合いが多く議論されることとなった。クリーンルームのように広い分野で汎用的に使用される装置の規格改定には、多くの異なる背景をもつ専門家が関わることになり、合意に達することが容易でなく、9年の歳月を要して、16年ぶりの改定がなされた。Part1の骨格であるクラス分類の改定版を表2に示す。従来と基本的な考え方に違いはないが、現在の実施可能な粒子測定技術では評価の信頼性が確保できない値が削除された。

食や生活環境に関わる産業用の低清浄クリーンルームは、多くの国で市場の裾野を広げている。一方、極端な高清浄クリーン

ルームを必要としていた半導体産業は、局所清浄化技術を確立することで、薬品や精密機器などを生産するクリーンルームと同程度の清浄度で十分に次世代の半導体製品にも対応できるとされている。クリーンルームの超高清浄度を追及することが、産業としての主流ではなくなったが、多くの業種において国際化が進む状況で、汎用的な清浄度制御の評価基準を国際的に共有することはより重要となっており、多くの議論と協調によって本規格の改定を成した関係者の努力に敬意を払うとともに、この規格が広く使用されていくことを期待したい。

(近藤郁 開発部)

表1 ISO14644の構成

Part1	Classification of air cleanliness by particle concentration (空気中粒子数濃度)
Part2	Monitoring to provide evidence of cleanroom performance related to air cleanliness by particle concentration (モニタリング計画)
Part3	Test methods (試験方法)
Part4	Design, construction and start-up (設計)
Part5	Operation (操作)
Part6	Separative devices (clean air hoods, glove boxes, isolators and mini-environments) (隔離装置)
Part7	Classification of air cleanliness by chemical concentration (ACC) (空気中の分子上汚染物質)
Part8	Classification of surface cleanliness by particle concentration (表面の粒子数濃度)
Part9	Classification of surface cleanliness by chemical concentration (表面の分子上汚染物質)

表2 クリーンルームのクラス分類 (/:今改定で削除された値)

ISOクラス (N)	各粒径における最大許容個数濃度(個/m ³)					
	0.1μm	0.2μm	0.3μm	0.5μm	1μm	5μm
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1 000	237	102	35	8	
4	10 000	2 370	1 020	352	83	
5	100 000	23 700	10 200	3520	832	29
6	1 000 000	237 000	102 000	35200	8 320	293
7				352000	83 200	2 930
8				3520000	832 000	29 300
9				35 200 000	8 320 000	293 000

音響式容積計・体積計

物体の体積を測る方法といえば、かのアルキメデスの原理を思いつく方も多いだろう。

ここでは、音を使用して容積・体積を測定するリオンの音響式容積計・体積計※¹を紹介する。

また、この技術を用いた今後の展望についても触れる。

音響式の利点

古来から現代まで、体積測定法としては、「物体は流体の中ではその排除した流体の重さだけ軽くなる」というアルキメデス法を基本原理とする手法が多く採られている。また、容積測定については、「油などの液体を空隙部分に流し込み、その量を測る」というビュレット法が一般的に使われてきた。ただし、いずれの手法も液体の使用が必須であるがゆえの作業性の短所がある。

- ・対象物が濡れてしまうので、測定後に乾燥工程が必要
- ・測定に要する時間が長い
- ・測定には熟練が必要とされる

本器はこれらを克服する長所がある。すなわち、

- 1) 対象物を濡らさず、乾燥状態で測定可能
- 2) 測定に要する時間が極めて短い
- 3) 操作が簡単で熟練技術は不要

特に、上記 1) は、測定後に対象物を乾燥させる工程を不要にしたこと、濡らしては都合の悪い対象物の測定を可能にしたことから、最大の長所である。

上記 2) は、工業計測全般に要求される測定時間の短縮化を実現している。校正作業後、直ちに容積・体積の測定が可能であり、対象物にセットしてから約 2 秒で測定値を得ることができる。

上記 3) は、作業者の熟練度に依存しない測定方法を実現している。本器の製造会社の技術者であっても、測定業務の初心者であっても、適切な手順を踏めば測定結果は同一となる。また、上記に加えて、本測定法では

- 4) 繰り返し精度が高い
- という長所が挙げられる。

対象物容積・体積の±0.1% 以内と高い繰り返し精度を実現しており、精度要求が非常に厳しい自動車関連メーカーでも複数企業で採用されている。

基準槽と測定槽の圧力変化を測定

本器は図-1 に示すような 2 層構造をしており、基準槽と測定槽の間のスピーカを正弦波で駆動すると、二つの槽には絶対値が等しく符号が反対の微小体積変化が与えられる。基準槽内の空気が ΔV だけ断熱変化したとすると、基準槽と測定槽には微小圧力変化、 ΔP_1 および ΔP_2 が生じ、以下式のような関係となる。

(圧力) × (体積) ^{γ} = 一定 より近似的に

$$\Delta P_1 / P_0 = \gamma \cdot \Delta V / V_1$$

$$\Delta P_2 / P_0 = \gamma \cdot \Delta V / V_2$$

P_0 : 槽内の静圧

ΔP_1 : 基準槽内の微小圧力変化

ΔP_2 : アダプタ内と対象物を合わせた空間の微小圧力変化

V_0, V_1, V_2 : 図-1 を参照

γ : 空気の比熱比

が成り立つ。上式より V_2 は次式となる。

$$V_2 = V_1 \cdot \Delta P_1 / \Delta P_2$$

よって、対象物の容積 V は次式で算出できる。

$$V = V_2 - V_0 = V_1 \cdot \Delta P_1 / \Delta P_2 - V_0$$

V_1, V_0 は校正時に算出される値であり、一定である。 $\Delta P_1 / \Delta P_2$ は基準槽と測定槽の圧力変化の比であり、各々の圧力変化を基準槽内のマイクロホンで検出することで、対象物の容積・体積が測定できる。

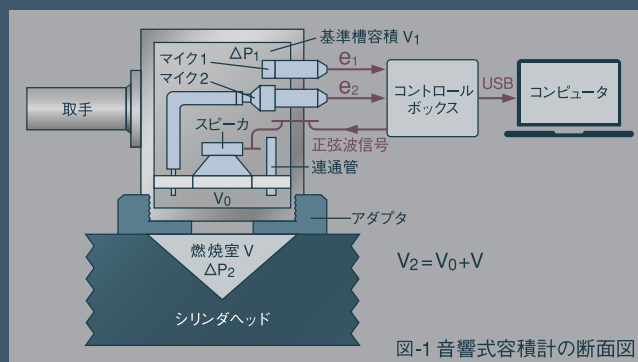


図-1 音響式容積計の断面図

測定事例

◎シリンダヘッド、ピストンの容積測定

本器の測定対象として、最も用途が多いのが自動車エンジンのシリンダヘッド燃焼室の容積測定である。燃焼室キャビティに基準槽を載せるだけで燃焼室の容積測定ができる。また、ピストン上部のくぼみを様々な形状にすることでエンジン性能を改善する技術があり、その容積測定用途にも本器が導入されている。

◎組立済みエンジン燃焼室の容積測定

主に、ピストンが上死点にあるときの燃焼室の容積測定用途に使用されている。本器は対象物を濡らさずドライな状態で測定できることから、エンジンの製造あるいは整備などのあらゆる工程において、組立状態のままで容積測定ができる。

◎工業部品の体積測定

体積が規定の範囲内であることを把握することが必須の工業部品の測定に使用される。はめ合い部分に組み込まれる部品等は、形状が正確であることが重要になる。その把握は技術的に困難であるが、本器で体積を測定した結果、規定範囲外のものには形状も規定外である可能性が高いことから、不良品として迅速に判別できる。

◎分銅の体積測定

国際法定計量 (OIML) 規格の精密な分銅は、密度測定が必須となる。「JIS B 7609:2008分銅」附属書B 測定法Gに音響

式体積計による測定法が記載されており、液体による分銅の汚染、質量の安定性に影響がないこと等、音響式の長所が明記されている。また、水中ひょう量法によって校正された体積の参照分銅を校正器として用い、極めて小さい相対不確かさで体積測定が実現できることも明記されている。

今後の展望

ここ数年、日本国内はもとより海外での需要が増加傾向にある。本器は、作業性、繰り返し精度に高い優位性をもつ測定器であることは前述の通りであり、今後もその特長を活かした容積・体積の測定で有効活用されることが期待できる。さらに、本測定法と同じ原理に基づいて、音響インピーダンスを測定して物体の表面積を求める装置^{※2}や容器のピンホールを検出する装置^{※3}の実用化に向けた研究も行われている。

(井関幸仁 計測器営業技術課)

〈参考文献〉

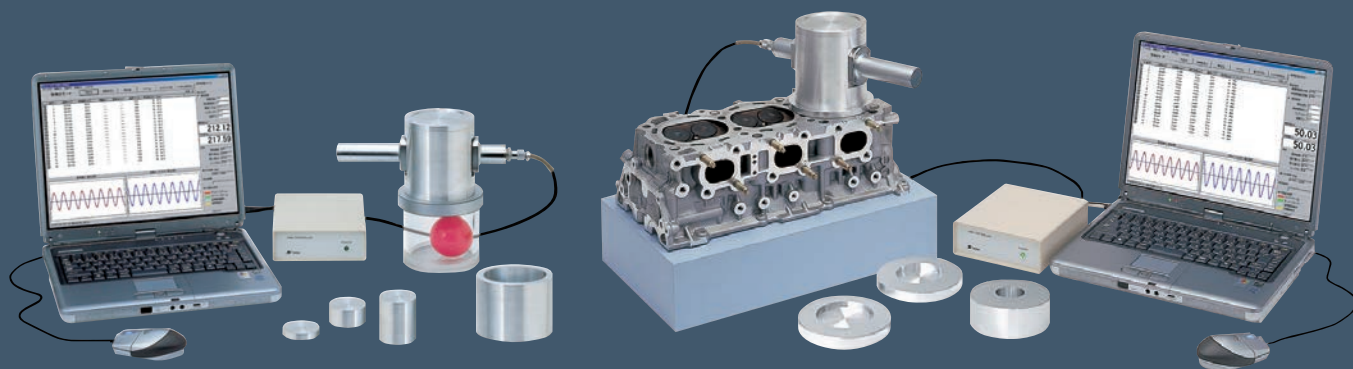
※1：井関：音響式容積計・体積計，騒音制御 vol.38，pp.46-49 (2014)

※2：鳥越：音を利用した計測技術，騒音制御 vol.38，pp.6 (2014)

※3：平尾・井関・岩橋・鳥越：音響インピーダンスを用いたピンホール検出，日本音響学会講演論文集 2012年9月，pp.717-718 (2012)

本器の詳しい説明は当社のWebサイト

“Support Room” 「製品情報」よりご覧いただけます
<http://svmeas.rion.co.jp/>



製品でひも解くリオンの技術史

新 知 故 温 品 製

国産初の気中パーティクルカウンタ KC-01



気中、液中の微粒子の数や大きさを計測するパーティクルカウンタ。

リオンでの始まりは米国製品の輸入販売からでした。

当時の販売の様子から、その後のKC-01開発に至るいきさつを
関淳さん（開発部。KC-01開発当時は第一計測器技術部）に聞きました。

——— 関さんとパーティクルカウンタとの
関わりを教えてください。

1972年に入社し、その年から販売された米国製パーティクルカウンタのメンテナンス等を行いました。その後、KC-01の開発にも関わりました。

——— 販売開始時は
どんな苦労がありましたか。

販売開始当初は日本にはクリーンルームが少なく、清浄度管理もあまり行われていない時代でした。お客様がまだ定まっていない状況下で、パーティクル

カウンタを理解して頂くのに大変な苦労がありました。夜遅くまでお客様のお手伝い等、営業担当者の並々な努力で、次第にクリーンルーム関連会社や製薬会社等に納入されるようになりました。

——当時のリオンの技術陣の状況は
いかがでしたか。

パーティクルカウンタに触るのは初めてでしたから、製品を細部まで興味を持っていろいろ研究しました。メンテナンスも一つひとつ手さぐりで行いました。当時の課長の「キミ、今は草分けだ。何事も草分けから始まるんだ。草薺をかき分けて進むもんだ」との声はいまだに耳に焼き付いています。

——販売した米国製品は
どんな性能だったのですか。

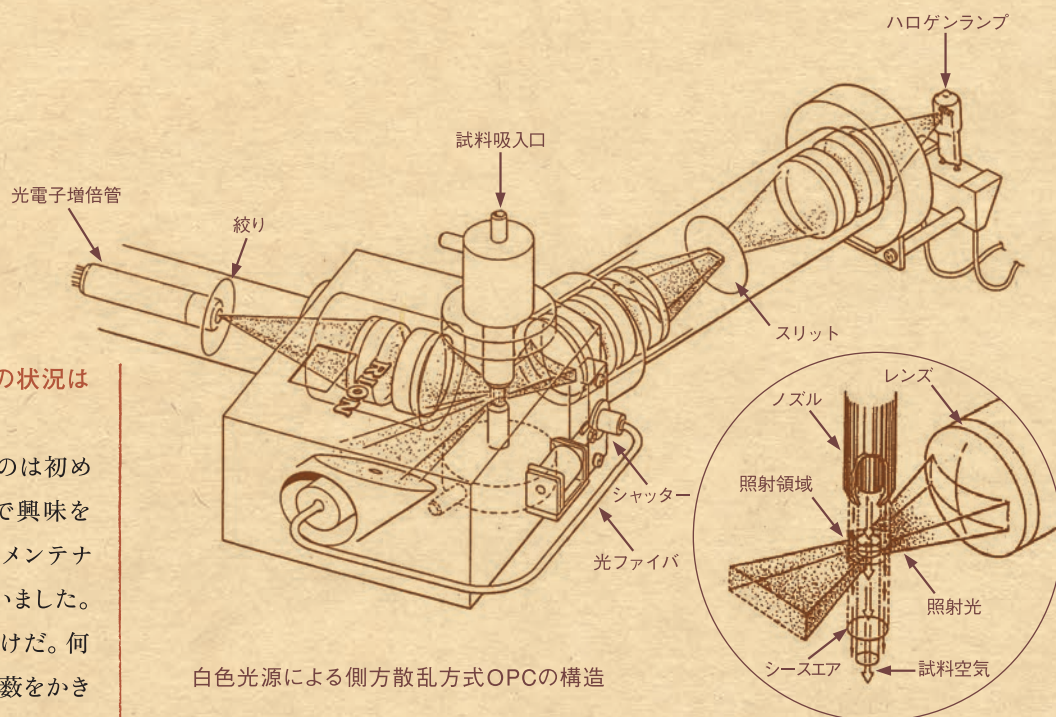
前方(照明光線に近い角度)の散乱光を集光する低価格普及品と、側方(照明光線から離れた側方の角度)の散乱光を集光する高価格品がありました。高価格品は回転楕円体ミラーで側方の散乱光を360°全周集光するユニークな構造で性能的にも信頼性がありました。

——パーティクルカウンタを自社開発
することになった背景は。

3年間米国製品を扱う中で、営業担当者は、品質の良いものであればお客様に喜んでもらえる商品になると感じていました。そこで社内でもパーティクルカウンタへの期待が次第に高まって微粒子部門を充実させることになり、小型・軽量、しかも性能と信頼性の高い製品というコンセプトで、自社製品を開発することになりました。

——KC-01開発時の様子を
教えてください。

空気中の微粒子の研究に携わってお



白色光源による側方散乱方式OPCの構造

られた東海大学の(故)横地明先生からは、粒子の挙動や微粒子検出の原理である光散乱理論等を教えて頂きました。光散乱は複雑な計算式でしたが、1973年頃に紙の穿孔テープを用いたコンピュータを使用して、苦勞して各種条件下の光散乱を計算しました。米国製から自社製へ方針を変えられたのは、メンテナンスの経験に加え、これら設計の下地が備わっていたからです。1975年頃に、課長と若手6人で開発が始まりました。初めての開発で困難がありましたが、各担当者の努力で1977年にKC-01を完成することができました。

——どんな技術が
使われていたのですか。

センサの70°側方散乱方式やシースエア方式などリオン独自の技術を多く盛り込んでいました。70°側方散乱方式は、照明光線に対して70°方向の散乱光を受光するもので、リニアリティ、感度ともに優れています。これは光散乱の数値計算ができていたからこそ実現できたも

のでした。またシースエア方式は、試料空気の周りに鞘状の清浄空気を流す方式で、試料空気が検出域を乱れることなく層流で流れるため、試料空気中の微粒子を正確に検出できます。

——製品の評価はどうでしたか。

KC-01の最小可測粒径は0.3 μ mと、当時としてはトップレベルの性能でありながら、小型で100万円を切る価格だったため大変好評で、半導体産業の清浄度管理用等で注目され、次第に売上を伸ばしていきました。我々もKC-01を開発できたことで、その後の設計に大きな自信を得ました。

——開発者として伝えたいことは。

KC-01は開発を直接担当した人々のみならず、横地先生をはじめ多くの先生にお世話になりながら、完成させることができました。KC-01は当時パーティクルカウンタに携わった多くの方々の努力の結晶です。若い技術者には、何事に対しても新しいアイデアを考えて失敗を恐れず納得するまで挑戦してほしいです。

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

グアムココハーフマラソン& 駅伝リレーで優勝!

リオン陸上競技部

駅伝は日本発祥の陸上競技で、長距離を複数の走者が走るリレー競技です。近年では海外でも大会が開催され、日本語の発音そのまま“Ekiden”と呼ばれるほど人気の競技となっています。2015年11月8日にグアムで開催された「グアムココハーフマラソン& 駅伝リレー」では、全266チーム1,064人が参加、リオン陸上競技部からは3チーム12人が出場しました。気温27℃・湿度80%という高温多湿のグアムで、まだ夜が明けない早朝5時スタートという厳しいコンディションでしたが、リオン陸上競技部の3チームは企業部門において優勝、2位、4位という快挙を達成しました。早朝にもかかわらず沿道には非常に多くの観客が応援に来ており、最後まであきらめず完走を目指したリオン陸上競技部メンバーに、大きな声援を送っていました。



気迫に満ち溢れた演技で悲願の優勝!

リオン自衛消防隊

自衛消防隊は、消防法において従業員が50人以上の事業所に設置が義務付けられており、リオンでは各職場から推薦された精鋭たち(ここ数年は新入社員4名)で構成されています。リオン自衛消防隊は、2015年9月に開催された国分寺消防署(国分寺市)主催の自衛消防訓練審査会において、17年ぶりに悲願の優勝を果たしました。今回の自衛消防訓練審査会には、リオンのほか、国分寺市内の企業や学校、市役所など8チームが参加しており、いずれも優勝経験のある強豪チームでした。自衛消防隊の任務は、火災、地震その他災害等の非常事態発生時に、被害が最少または軽減となるよう努めるものです。審査会は終了しましたが、引き続き自衛消防隊の一員として、リオンの安全を守っていくことになります。



PRODUCT INFO

多機能計測システム SA-A1

オプションの無線ドックを使って無線システムを構築できます。現場での面倒なケーブルの引き回しが不要で、計測が簡単になります。防塵防水性能はIP54を有しており、突然の降雨でも慌てません。オプションプログラムで機能を拡張できるほか、ユーザーの要望に合わせたカスタマイズにも対応しています。

<http://svmeas.rion.co.jp/sa-a1/>



多点監視用 パーティクルセンサ KA-05

小型・軽量に加え、当社従来品の約10倍となる28.3 L/minの大流量で、より短時間で精密な計測を実現しました。高度な空気清浄度管理が求められる無菌医薬品製造区域のモニタリングに最適で、多点モニタリングシステムにも対応しています。筐体にはステンレスを採用し、耐薬品性を向上させています。

http://www.rion.co.jp/product/particle/airborne/multi_point_monitoring/ka-05.html



振動レベル計 VM-55[※]

振動レベル(L_v)と振動加速度レベル(L_{va})の同時測定が可能になりました。測定結果は本体内蔵メモリに保存できるほか、大容量SDカード(最大32 GB)にも対応し、CSV出力できるので、Excelなどのソフトウェアで扱えます。振動測定マニュアル(公益社団法人日本騒音制御工学会環境振動評価分科会作成)にも対応しました。

<http://svmeas.rion.co.jp/products/10008/VM550009>



液中パーティクルカウンタ KL-30B

最少可測粒径 $0.05 \mu\text{m}$ で、超純水の粒子汚染を監視します。センサ・コントローラ・流量計・データ保存を一体化したオールインワンタイプなので、超純水ラインに直接インストールしてプロセスを管理できます。パーティエユニットやD/Aコンバータ(4-20 mA)、アラーム出力接点なども標準で装備しました。

http://www.rion.co.jp/product/particle/liquid_borne/inline/kl-30b.html



精密騒音計 NL-62[※]

低周波音から騒音(1 Hz~20000 Hz)までの広帯域を1台で同時に計測できる低周波音測定機能付騒音計です。日本語によるメニュー表示や、画面の誘導に従って簡単に操作できるよう設計されているので、取扱説明書で操作を確認する煩わしさが軽減されました。オプションプログラムの無料お試し版を当社サイトで公開しています。ぜひご体験ください。

<http://svmeas.rion.co.jp/products/NL-62.html>



当社では有害化学物質を含有しない製品を提供できるよう部品の調達、製品の開発に取り組んでいます。本ページで紹介した製品はすべて、環境に優しい製品を提供するために設定した当社基準「リオングリーン調達ガイドライン」を達成したリオングリーン製品です。



リオングリーン製品
ロゴマーク

[※]NL-62とVM-55は、2015年11月に施行された、騒音計および振動レベル計の計量法特定計量器検定検査規則の改正による新基準の検定に適合しています。

TOPICS

人とくるまのテクノロジー展に出展します

自動車業界の第一線で活躍する技術者・研究者のための専門展として世界から最新技術・製品が集う日本最大級の自動車技術展です。

2016年5月25日～5月27日／パシフィコ横浜
<http://expo.jsae.or.jp/>

インターフェックスジャパンに出展します

医薬・化粧品・洗剤などを製造・研究開発するための機器・システム・技術が一堂に出展する日本最大級の専門技術展です。

2016年6月29日～7月1日／東京ビッグサイト
<http://www.interphex.jp/ja/>

日本音響学会で講演発表を行いました

「異なる計測システムによるソニックブーム計測波形の差異とその検討」のタイトルで、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と連名で講演発表を行いました。
日本音響学会 2016 年春季研究発表会／桐蔭横浜大学
<http://www.asj.gr.jp/>

ご存じですか？ 実は補聴器も作っています

日本初の量産型補聴器を1948年に発売して以降、防水型やデジタル信号処理技術など、世界初の技術で社会へ貢献してきました。「リオネット補聴器」の名称で親しまれ、テレビCMも好評放映中です。

本欄へのお問い合わせは企画課 (042)359-7860まで

創刊にあたって

リオン株式会社は今年72歳になります。補聴器を日本で初めて発売したのが約70年前、騒音計を販売したのが60年前、微粒子計は約40年前になります。そして私は今年60歳になります。偶然にもリオンが騒音計を発売した年に生まれており、何か縁を感じます。齢60歳を、日本では「還暦」と言います。その人の生命の営みが一巡し二巡目に入ることを意味します。私は、一巡目の経験を活かし二巡目を歩き始める年に「Shake Hands」を発行する事にしました。世界では新興国を含め、経済の急速な発展と共に人の生活に係わる環境や製品の品質管理の問題が拡大しています。このような状況下、リオンは環境機器事業においてこれまでの実績と今後の革新性をもって、世界に貢献できる会社と思っています。「ShakeHands」はその可能性を積極的に世界に発信するための情報誌です。



岩橋清勝
環境機器事業部
事業部長

表紙について

かつて人々の航海は、陸地が見える範囲にとどめられていました。写真は、天体の高度測定に使用される「六分儀」。これにより、船舶は大洋上で自身の位置を知ることが可能になりました。「測る」技術の進歩が大航海時代を生み、人々の暮らしにも大きな影響を与えていったのです。



編集後記

世界初の重力波観測や日本のX線天文衛星「ひとみ」の打ち上げなど、「測る」技術に注目が集まっている今年。まさに山本所長の言葉のように、見えないものを見る技術の進歩によって、新しい世界が拓かれようとしています。リオンも人類の安全と慰安に奉仕すべく、「測る」力をさらに磨いていきます。「Shake Hands」という誌名には、そんな当社とユーザーとをつなぐメディアでありたいという願いを込めました。これからのShake Handsにご期待ください。(岡崎道成 開発部)

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。創刊号のほか、当社の紹介資料も掲載しています

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)

Special Thanks
Shinichi Kuramasu
Hidetoshi Ishikawa
Rie Nakata
Shuhei Kaneko

発行日／平成28年5月1日

SH-00011 この印刷物は環境に配慮したUVインキと再生紙を使用しています

リオン株式会社 環境機器事業部
〒185-8533 東京都国分寺市東元町3-20-41 <http://www.rion.co.jp>

本誌へのお問い合わせ
環境機器事業部 企画課 TEL (042)359-7860 FAX (042)359-7458
メール shakehands@rion.co.jp