

100号記念特別インタビュー

『samco NOW』は1988年6月の創刊以来、「研究者の皆様と産業界の橋渡し」をコンセプトに、最先端の研究、開発に取り組んでおられる大学、研究機関の先生方へのインタビューを重ねてまいりました。今回、サムコナウ創刊100号を記念して弊社代表取締役会長兼社長の辻理が、垂直共振器面発光レーザー (VCSEL) の発明者でもある、東京工業大学・前学長 伊賀健一名誉教授にお話を伺いました。



弊社代表取締役会長兼社長 辻理(左) 東京工業大学 前学長・名誉教授 伊賀健一先生(右)

東京工業大学 前学長・名誉教授

伊賀 健一 先生

プロフィール

略歴

- 1963年 東京工業大学理工学部 電気工学課程卒
- 1968年 東京工業大学大学院博士課程修了(工学博士)
- 1968年 東京工業大学精密工学研究所助手
- 1973年 東京工業大学精密工学研究所助教授
- 1984年 東京工業大学精密工学研究所教授
- 1979～1980年 米国ベル研究所客員研究員を兼務
- 1995～1998年 東京工業大学精密工学研究所長
- 2001年 東京工業大学名誉教授
- 4月～(現在に至る)
- 2007～2012年 東京工業大学 学長

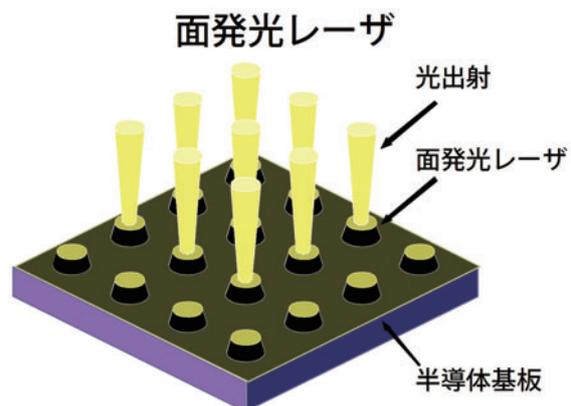
主な表彰・受賞

紫綬褒章、東京都功労者表彰、町田市文化功労表彰、町田市市民栄誉彰、朝日賞、藤原賞、東レ科学技術賞、市村学術賞、電子情報通信学会功績賞、応用物理学会業績賞、IEEE/LEOS William Streifer Award、IEEE+OSA John Tyndall Award、IEEE Daniel E. Noble Award、IEEE The 3rd Millennium Medal(2000)、英国The Rank Prize、NEC財団C&C賞、NHK放送文化賞、2013ベンジャミン・フランクリン賞(The Bower Award)など多数。

垂直共振器面発光レーザー (VCSEL) とは

半導体レーザーは、光を増幅する層と基板面に対して垂直に取り付けられた光を反射する鏡とで構成される。通常の半導体レーザーは、光が水平方向に共振するため、半導体の基板面と平行してレーザー光が発生する。それに対して「面発光レーザー (Surface-Emitting Laser)」では、光の共振方向を90度変え、半導体基板に対して垂直方向に共振させることにより、半導体表面からレーザー光を垂直に放射する。面発光レーザーはへき開が不要で、素子を平面上に並べて作れるアレイ構造が可能のため、低コストでの大量生産に適している。

従来型の基板に水平な出力光を、45度の反射鏡などで垂直に取り出す構造が現れたが、これと区別するため、「垂直共振器 (Vertical-Cavity)」という言葉が付加され、Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser (VCSEL) と呼ばれるようになった。



面発光レーザーアレイのアイデア (伊賀先生HP資料より)

辻 このたびは、弊社広報誌サムコナウ100号記念のインタビューをお受けいただきありがとうございます。

サムコは、創業当時より末松先生の時代から、伊賀先生には大変お世話になってきました。日本の光エレクトロニクス、とりわけVCSELの発明者として広く知られております伊賀先生ですが、半導体レーザの研究に進まれた経緯をお聞かせください。

■VCSELの誕生から40年

伊賀 100号記念とはおめでとうございます。2017年は私にとっても、VCSELを思いついた1977年から40年と節目の年になります。また、サムコナウが創刊した1988年は、VCSELの室温での発振が初めて確認できた年になり、そちらも何かご縁を感じます。

私が学部にて在籍していた1960年に、ヒューズ社のメイマン(Theodore Harold Maiman)が、ルビーによって初めてレーザを作りました。以降、ガスレーザ、半導体レーザが1962年までに相次いで発表されました。当時「何か新しいことがやりたい」と考えていた私は、助教授になられたばかりであった末松安晴先生から「レーザを使った光通信をやりよう」と言っておられたのを知り、末松研究室の門を叩きました。それがレーザを始めたきっかけです。

とはいうものの、最初は何もないところからのスタートでした。そこで、まずはメイマンのルビーレーザを再現すると

ころから始めました。どんな研究であっても最初は真似をするところから始まります。トレーニングを積んである程度のところまで来たら、新しいアイデアが出てくるのだと思います。後に学長になられた田中郁三助教授(当時)がルビーの結晶をお持ちだということで、末松先生と訪ねました。そこで、1/4にカットされたルビーの結晶を頂いて、本格的にルビーレーザ製作が始まりました。頂いたルビーの結晶を、銀座にある宝石店で研磨してもらい、それを大田区にあった専門の工場に持っていき反射膜を蒸着してもらいました。レーザまわりの筐体も全て自作であったのですが、これらの装置設計・製作には、中学生の頃の鉱石ラジオ製作の経験が役立ちました。そして、1962年の秋に東工大で初めてルビーレーザが赤い光を放ちました。この時の感激は、以後レーザ研究を続けていく強い動機となりました。

辻 優秀な科学者・エンジニアの共通点としてかつての鉱石ラジオ作りがあるかもしれませんね。子供の頃作っていたという話をよく伺います。ルビーレーザの発振から15年後に、VCSELを着想されることになるとは思いますが、そのいきさつについてお聞かせください。

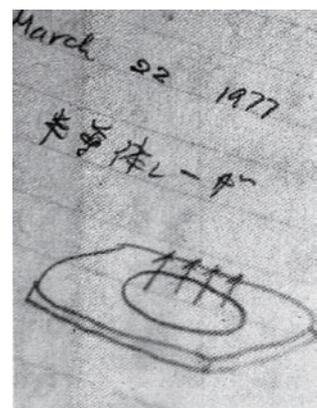
■不満は発明の父

伊賀 私は博士課程では光伝送について研究することになり、レーザから一度離れることとなります。その後、東工大・

精密工学研究所で助手をしていた1970年に、ベル研究所の林巖雄、モートン・パニッシュの両博士によって半導体レーザの室温連続動作が達成されました。その年の秋に、林博士が末松先生の招きによって東工大を訪れ、講演されました。その講演に大いに触発され、レーザの研究へ戻ることになりました。

1974年頃になると長波長帯の半導体レーザを作るためにGaInAsP系の研究が世の中では盛んになりました。私たちの研究室はちょうどその頃、長津田へ引っ越してきて、ヒーターを手で巻くなど、液相成長装置を自作して半導体レーザを作っていました。それから何年か研究を続けるのですが、結晶成長とデバイスの研究をしながら、半導体レーザに対する不満を抱くようになります。それは大きく3つあり、1つ目は結晶をへき開すること、2つ目は波長が単一でないこと、最後が同じものを繰り返し作れないことです。

へき開を必要としない、分布帰還型(DFB)レーザやファブリ・ペローの共振器をエッチングの技術を使って作るレーザが提案され研究もしていましたが、私の不満は解消していませんでした。何か根本的に解決する、新しい方法はないものかと、四六時中考えに考えた挙げ句、真夜中の夢うつつで思いついたのが「面発光レーザ」です。枕元にいつも置いている研究ノートに急いで書き付けました。



研究ノートの手書きスケッチ
(伊賀先生HP資料より)

■新規と珍奇は紙一重

伊賀 面発光レーザのアイデアを思いついたのはよかったです。翌日学生たちにアイデアを説明すると「先生、それは無理ですよ」と言われました。私にとっては新規なアイデアでも、学生から見ると、教授の珍奇なアイデアに思えた





のかもしれません。とにかく、このアイデアを実現しようと研究を始めました。その頃の悩みは、面発光レーザに勝算があるかどうかわからなかったことです。実験がうまくいかなかった時に、いったい原理が悪いのか、腕が悪いのか、判別がつきません。

辻 それは、新しいことを始める研究者の必ず通る道と言えるかもしれません。原理も技術も解明されていないから、発明と言えるのですが、そのために「生みの苦しみ」を乗り越えなければなりません。

伊賀 おっしゃる通りです。その後、1979年4月から一年半ほど、文部省の在外研究員として研究の舞台を米国ベル研究所に移すことになります。この間は、面発光レーザではなく、主にエッチングで半導体レーザを作ることを研究の主題としていました。帰国後は、再び、面発光レーザの研究に戻ったのですが、ベル研究所での経験を活かし、選択エッチングによりエピタキシャル層のみを残す面発光レーザの製作に取り組みました。1982年に、こうして製作した共振器長6 μm の面発光レーザが液体窒素温度ながら、縦、横方向ともに単一モードで連続発振するようになりました。ここで初めて、「原理は正しい、問題は技術だ」と確信が持てるようになり、以後面発光レーザの研究に邁進していくことになります。

その後、小山二三夫君(現 東京工業大学 未来産業技術研究所 所長)が、そ

れまでの液相成長法ではなく、有機金属気相成長(MOCVD)法を用いて、活性層膜2 μm くらいの2重ヘテロ構造を成長させ、面発光レーザのしきい値を次第に下げていきました。室温連続動作の根底は、低いしきい値、小さい電気抵抗、優れた熱放散の3つになります。それらを改善していった結果、最初に申しあげました1988年8月末に、面発光レーザの初めての室温連続発振に成功しました。末松安晴教授が何よりも喜んでくれたのを今でも覚えています。

辻 VCSELは、室温発振が成功したことにより世界的に研究開発が拡大していくことになりました。1990年代の終わりに、イーサネットに投入されて量産が始まりました。2001年になって、マウスやレーザプリンターといった身近なデバイスが商用化されていきました。最近では、スマートフォンの顔認証機能などに広く採用されていますが、今後のVCSELのさらなる可能性についてお聞かせください。

■1年に10億個VCSELは生産される

伊賀 2017年11月19日から、MOC 2017 (22nd Micro Optics Conference) が東京大学で開催され、私の友人でもある、ドイツのウルム大学の前学長Karl Joachim Ebeling教授がVCSELについて発表してくれました。1年ほど前より、NokiaやLGといったメーカーのスマー

トフォンにオートフォーカス用の距離測定に用いるVCSELが搭載され、欧州ではVCSELが大量に生産され始めたそうです。そして、今回Apple社が発表したiPhone Xでは3D顔認証用にVCSELが使われています。彼は、1年に10億個のVCSELの需要があると言っていました。

辻 これからのキーワードは「顔認証」になると思います。というのも、中国などでは電子決済が進んでいます。本人確認のために現在は指紋や虹彩で認証していますが、3Dの顔認証はセキュリティ面でより安全だと言えると思います。スマートフォン以外にも通関時の顔認証などVCSELの需要はますます大きくなっていくことになります。



講演中の伊賀先生(2017.12.15 面発光レーザ40周年記念シンポジウム。撮影:八木秀樹)

■教育について

辻 さて、テーマを少し変えさせてください。伊賀先生は、研究者の顔のほかに、教育者の顔もお持ちだと思います。教員として、学長としてこれまで教育されてきた考え方についてお聞かせください。

伊賀 まず大学教員として考えてきたことは、「講義」は「授業」とは違うということです。義を講ずるものであって、良い悪いは学生自身が判断していかないとはいけません。今風にいうと、イン

タラクティブな授業というのでしょうか。一方的に教えるのではなく、お互いに学んでいくような方法が求められているのだと思います。

学長としては、コミュニケーションを重視していました。どんなつまらないことでも不都合な情報は必ず報告するよう徹底しました。そのようにしないと組織の透明性が確保できません。また、学長に報告がある場合は、部門の長だけでなく必ず担当も呼ぶようにしました。そうすることで、各個人が責任感を持つよう促していました。



東工大学長時代の伊賀先生
(卒業式における式辞。撮影:東工大広報課)

辻 今後の世界の中で、日本が科学技術立国として進むべき指針を、さまざまな大学・研究機関での経験からお聞かせください。

伊賀 基礎研究が何より大事だなと考えています。これは、ノーベル賞を受賞した天野浩教授や大隅良典教授もおっしゃっていることです。昨今、大学の財務は厳しいものになり、公費は年々減ってきています。実用化が重視され、選択と集中の名の下に、大型予算が振り分けられる研究と、そうでない研究に選別されています。批判を恐れずに言えば「ばらまき」も大切で、将来どういうことにつながるかわからない研究に投資しないと、日本の科学技術は先細っていくのではないかと危惧しています。

辻 公費が減ることで、研究に「余裕」がなくなってしまっていると思います。例えば、日本では任期付きの研究员が増えています。アメリカのように流動性のある社会であれば、任期付きでもキャリアを形成していけるかもしれませんが、日本であれば、任期が終わる前に次の職を探さないとはいけません。研究は早めに切り上げることになり、腰を据えて研究ができません。日本社会全体で、研究を長い目で見る余裕が必要だと思います。

■コントラバスの効能

辻 最後に伊賀先生は、永年コントラバス奏者としても活躍されていますが、科学の世界での音楽の効用についてお話しいただけますか。

伊賀 コントラバスを弾いていると多くの刺激があります。まず右手と左手の指先を使うので、脳に良い刺激があります。そして、楽譜というのは、シナリオであり、時間軸が決まっています。いわば数学で、また、音階というのは周波数特性と似ていて私の研究と共通点が多くおもしろい。オーケストラでは指揮者という素晴らしい芸術家に接することができます



伊賀先生 コントラバスと共に
(2017.12.17 コンサートを終えて。撮影:松原)

同時に、絶対権力者の言うことを聞くという忍耐力も必要です。そうすると、演奏をすることで、リズムをカウントする論理脳と情緒脳の両方を働かさないといけない。コントラバスは大きいため、全身も使わないといけません。これらはトータルして私の健康に効いていると思います。

以上、今後とも先生には世界の光エレクトロニクスの先達としてご活躍・ご指導をお願いいたします。本日は、お忙しいところ貴重なお時間を頂きましてありがとうございました。

