

文化功労者 霜田 光一先生のご業績

清水 忠雄^{†1,2}

Professor Emeritus Koichi Shimoda, the Person of Cultural Merits, and His Remarkable Achievements and Contributions in the Fields of Science and Education

Tadao SHIMIZU^{†1,2}

1991年から6年間レーザー学会会長としてご努力いただいた東京大学名誉教授 霜田 光一先生が、この秋に文化功労者として顕彰されたことは、私たちにとっても大きな喜びである。後に述べるように、先生はこれまでも数多くの賞を受賞されているが、米寿を迎えられてもなお大変お元気で、現役とってよいくらいのご活躍をなされているが今回の顕彰は、重ねての喜びである。

今回の顕彰のサイテーションには「レーザーより波長の長いメーザーの研究の基礎構築や、レーザー分光学の研究推進に貢献、多くの教科書をまとめ、研究者を育てた」と記されている。まさにその通りで、先生のご業績は、(1)レーザー分光学を中心とした学問における独創的な業績、(2)直接または優れた著作を通じた研究者の育成・指導、(3)物理教育学会の会長としてあるいは個人として、初等・中等・高等教育の場での発言と数多くの著作による貢献 と分類してもよいかと思われる。この稿では、このサイテーションに従って、ご業績をご紹介しますと思う。

まず先生のご経歴を簡単に紹介させていただく。先生は1920年に著名な教育学者 霜田 静志先生のご長男として埼玉県の浦和でご誕生された。明星学園で小学、中学の課程を終えられ、武蔵高等学校を経て東京帝国大学(当時)理学部物理学科に入学され、卒業と同時に同大学の大学院特別研究生(当時あった栄誉と実績をともなった制度)として研究生活をスタートされた。1948年に東大物理学科の助教授に着任、1959年に教授に昇進され、1981年に定年で退官されるまで東大物理教室を中心に活躍された。退官されてからは慶應義塾大学理工学部の教授、客員教授として10年余勤務された。この間に日本全国の多くの大学で非常勤講師として教鞭をとられたので、直接講義を聴かれた方々も多いと思う。この間で特筆すべきことは、1954年から約1年間コロンビア大学のC. H. Townes教授の研究室に留学され、1962年からの1年半はM. I. T. のA. Javan教授の研究室で後進の指導に当たられたことである。また1960年からの21年間は理化学研究所の主任研究員を兼務され、マイクロ波物理研究室を主宰された。

子供の自主性を尊重する教育を主唱されたご尊父静志先生のご家庭におけるご薫陶、明星学園や武蔵高等学校のスクー



レーザー学会元会長 霜田 光一先生

^{†1}産業技術総合研究所 客員研究員 (〒305-8563 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第3)

^{†1}Guest scientist, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-8563

^{†2}東京大学 名誉教授 (〒113-8564 東京都文京区本郷7-3-1)

^{†2}Professor Emeritus, Faculty of Science, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8654

ルカラーなどを思い合わせると、先生の独創的で自由なご発想や、平たい表現でいえば器用としか言いようのない見事な実験技術などは、ご本人の資質は当然であるが、少年期の教育の効果も与っているのではないと思われる。先生のお宅に伺った折に、先生が少年期に夢中になって作られた鉄道車両の模型や映画撮影機や映写機を拝見した記憶がある。それらにはいつも何らかの新しい工夫や考案が見られた。物理教育の分野における最近の先生のご活動は、ご自身の受けてこられた教育環境とつながりを持つもののように感じられる。

大学院特別研究生として研究をスタートされたと言いたが、実はすでに学部生時代から研究報告書に載るような研究をなされていた。そのころはまさに世界大戦末期で物資に乏しい時代であったから、実験に必要な機器やときにはその素子までも手作りされそうである。この伝統は東大時代の研究室にも色濃く残っていて、私が在籍させていただいた1950年代後半でも、発振器や増幅器などの電子回路は当然のこと、マイクロ波素子やオッシロスコープまでも、手作りが当たり前の雰囲気であった。手作りをするには、その装置の原理・構造をよく理解していなければならないことは当然である。霜田研究室において、われわれ学生に与えられたこのような修行は、霜田スクールの研究者たちにとって後の研究活動に大きな力になったことは疑いない。

タウンズに招かれて霜田先生がコロンビア大学に到着されたのは、レーザーの前身メーザーの発振に成功したわずか数ヶ月後である。興奮の増幅のなかに飛び込まれた様子が想像される。メーザー発振の成功に関する最初のフルペーパーはGordon-Zeiger-Townesの論文(Phys. Rev. **95** (1954) 282)として知られている。それに続いて発表されたShimoda-Wang-Townes("Further aspects of the theory of the maser" Phys. Rev. **102** (1956) 1308)のメーザーの特性解析の論文も、メーザー・レーザーの歴史のなかで、重要なステップである。メーザー誕生までの苦難については、タウンズの著書(「レーザーはこうして生まれた」霜田 光一訳、岩波書店1999)に詳しい。そこには実験技術上の難しさだけでなく、物理学理論からの疑問・批判もあったからである。自然にはない非平衡状態を積極的に活用しようというアイデア自身が奇異なものと感じられたであろうし、ましてそこから新しい物理学が芽生えてこようとは、一般には信じ難い事だったのであろう。実験によってメーザーの特性を明らかにし、その理論的な証明を行ったShimoda-Wang-Townesの論文はメーザーの発振器・増幅器としての物理学上の市民権をゆるぎないものとし、更にそこに新しい物理学を発掘した。たとえばメーザーの発する電磁波の単色性あるいはコヒーレンスが発振パワーの逆数に比例して決まるという実験に裏付けられた理論的事実は、不確定性原理からくる疑問や心配を払拭した。この論文は、今回の顕彰のサイテーションにあるとおり、「メーザーの研究の基礎構築」に大きく貢献されたものの1つである。

メーザーに関する最初の論文の表題からも分かりますとおり、メーザー装置は、高分解能分光学的手段、低雑音増幅器、そして周波数標準装置を意図していた。先生も帰国されてから「分子線メーザーの特性」を精力的に調べられて、その成果を相次いで出版された。これらに関してもう一つの重要なトピックスは、タウンズが東大物理教室に招聘されていた時期におこなわれたShimoda-Takahasi-Townesの論文("Fluctuations in amplification of quanta with application to maser" J. Phys. Soc. Japan **12** (1957) 686)として知られる共同研究であろう。これはその後レーザーなどに関してもホットなテーマとなる量子雑音・コヒーレント状態などの研究の嚆矢となったものである。

メーザーからレーザーにいたる道程については、いろいろところで語られている。それは発振波長をマイクロ波から赤外線・可視光へと短くしていく過程である。よく知られているように、これは順次前進的ではなく、飛躍的なジャンプで行われた。メーザーとレーザーでは、基本的原理こそ同じであるが、その実現の原理は大きく異なっている。誘導放出による輻射の増幅を行わせるための必須の条件：反転分布の生成法と共振器構成が異質といってよいほど異なっているからである。マイクロ波と光とでは、学問の世界においても産業界においても、実用性あるいは使用頻度において圧倒的な差異がある。この比以上に、メーザーとレーザーが世に与えたインパクトには開きがあった。したがって最近ではメーザーの存在はほとんど忘れ去られているようである。しかし学問的にはメーザーは、レーザー出現までの単なる一里塚ではなく、興味ある考察対象である。あまり知られていないが、この発振原理の動作波長を長い方に拡張することは、やはり霜田研究室でおこなわれた。到達した動作波長は約460 mで、ラジオ周波数メーザーと名づけられた。そこにはまた量子論的に興味ある現象が存在している。

レーザー発振の最初の成功はルビー結晶の発光であるが、ほとんど同時期にHe-Ne気体のレーザー発振が、タウンズのお弟子のジャバンによって成功したこともよく知られている。He-Neレーザーはタウンズ研究室の伝統、すなわち標準にもなりうるような安定な連続発振、優れた単色性あるいはコヒーレンスなどを念頭に置いた研究の流れに乗っている。1962年からの霜田先生の訪米では、ジャバンとともにHe-Neレーザーの周波数特性、ことにその安定化の研究に精力をそそがれた。いわゆるラムくぼみの理論の最も早い実用化の実験である。

レーザーの発振を知ってまもなく、霜田研究室ではこれを分光学に応用することの検討が始まったと記憶している。レーザー光のもつ特性、すなわち輝度温度が高いこと、指向性がよいことなどは分光学に適しているが、単色性がよいことは痛し痒しである。光の周波数の関数として物質のレスポンスを調べる分光学には、周波数が固定されている当時のレーザーを持ってしては、いかんとも思われなかったからである。しかしHe-Neレーザーも磁場をかけることによりわずかであるが発振周波数が変化する。一方光の周波数が動かないなら、物質の遷移周波数を電場(または磁場)で動かす方法もある。ということでゼーマン同調やシュタルク同調の方法が考案された。この方法はもちろん、だれでも使える一般的な方法とはなりえなかったが、いわゆるレーザー分光学の先駆けとなった。国際会議にレーザー分光学のセツ

ションがはじめて現れた量子エレクトロニクス国際会議の際に、そのセッションのほとんどが、霜田先生およびその関係者の講演で占められていたと記憶している。

そしてこれらの研究のなかから特筆すべき成果が生まれた。メタン分子の振動回転遷移とHe-Neレーザー3.39 μm 発振線の共鳴の発見である。メタン分子は永久双極子モーメントを持たないので、その遷移は高感度・高精度のレーザー分光法によってはじめて観測される。さらに高分解能スペクトルの解析からこの遷移が特に外部擾乱から安定であることが見出された(“Stark effect of the absorption line of methane by the 3.39 μm He-Ne maser” J. Phys. Soc. Japan 26 (1969) 758)。この遷移が後にレーザーによる光速の決定に用いられた。この遷移の反転ラムクぼみに安定化された(“Stabilization of the He-Ne maser on the atomic line center” J. Appl. Phys. 36 (1965) 718)レーザー遷移(“Absolute frequency stabilization of the 3.39- μm laser on a CH₄ line” IEEE Trans. Instr. Meas. IM-17 (1968) 343)の周波数と波長が精密に測定され(Evenson 1973, Baird 1973)、その積から光速が定義された(1983)ことはよく知られている。現在SIの基本単位の1つ、長さの標準が光速によって定義されている(1983)ことの基盤となった実験である。レーザー分光学の研究は、その後、周波数同調性のよいレーザーが得られるようになった事も合わせて、霜田先生とその流れをくむ研究者たちにより、精力的に行われた。レーザー光源の特徴を活かして、飽和吸収高分解能分光学、2重共鳴分光学、時間分解分光学等々である。レーザー分光学のオリジナル論文は1965年から1979年にかけて霜田研究室から40編ほど発表されている。

そのほかのお仕事については、次のように仮に分類して、おおよその年代と論文数で紹介する。「メーザーおよびレーザーの理論およびその特性の実験的研究」36編(1955-1976)、「メーザー分光学の研究」12編(1959-1965)、「非線形光学の研究」12編(1966-1978)、「周波数安定化および周波数標準の研究」12編(1954-1976)、時代はさかのぼるが「マイクロ波分光学の研究」14編(1951-1956)、「そのほかの研究」13編(1943-1978)などである。以上は先生が東京大学に在籍されていた時期の手にある資料によったので、数え落としや分類が適当でないものも当然あるが、お仕事の要はおわかりいただけると思う。慶應義塾大学に移られてからも多くの論文を発表されている。

先生のお仕事を主な受章、表彰のタイトルやサイテーションでご紹介する。
郵政大臣表彰 1968

「マイクロ波領域の電波の技術開発、特に日本での量子エレクトロニクスの研究を最初に手がけ、電波科学発展の基礎を築いた」

東レ科学技術賞 1974 「量子エレクトロニクスの研究」

NASA表彰 1975 「レーザー周波数の安定化」

アメリカ光学会; Mees Medal 1979 「量子光学および2重共鳴分光学の研究と国際会議および出版による物理学の国際的協力に対する惜しみない貢献」

日本学士院賞 1980 「レーザーの物理とそれに基づく分子分光学の研究」

勲二等瑞宝章 1990

オリジナル論文とは別に、物理学会、応用物理学会、光学会、計測学会、電気学会、レーザー学会、物理教育学会などの学会誌や一般の科学雑誌に発表された解説・総説・講座などのご著作は数十篇ありここに枚挙することは不可能である。その時々学術的トピックスに簡にして要を得た注解を与えておられるだけでなく、先生の独創的な思いつきや物理学に対する深い洞察を披瀝されたものが数多く、読んで興味がつきない。後者のなかには「電磁誘導の新しいパラドックス」「ローレンツ力の説明について」「公理論的な新しい電磁気学の構成(たとえばスカラー波、ベクトル波についての公理群から出発して明解にして筋の通った電磁気学の体系を築く)」「光子の概念を使わないコンプトン効果の説明」など興味深いタイトルが続く。また物理教育の立場から「電磁石も低温も使わない磁気浮上」, 「ガラスファイバーを用いたヤングの実験」, 「自励振動する浮沈子」などの論文がある。これらは初等中等教育の場で物理学の原理をわかりやすくデモンストレートし、子どもたちに科学の面白さを体得させることを意図しているものと思われるが、われわれ研究者にとっても、なぜそうなるのかとか、そんな風にうまくいくのかなど、驚かさされたり、考えさせられたりするアイデアにあふれている。今“嬉々として”これらの実験をされているお姿からは、模型作りに熱中した昔の少年時代の先生のご様子が彷彿とさせられる。

先生のご著書では、「エレクトロニクスの基礎」(裳華房, 1958)や「レーザー物理入門」(岩波書店, 1983)などがよく知られているが、今は入手が難しくなってしまったが「マイクロウエーブ」(共立全書)や「電子管の応用」(旧岩波物理学講座)などの名著がある。その特徴は「いかにも物理学者が書いた電子回路の本」であると表現したらいいのだろうか; 類書にはない説明や考え方が随所にみられ、初学者にも、もの本質が理解しやすいように書かれている。また単なる記述というのではなく、先生が実際に手を下して実験された結果の記録という要素をもっている。したがって実際の数値までが与えられた定量的な記述も多く見られる。共著のご著作も多いが、解説・総説などと同様に、ご著書においても先生の独特のスタイルが文章・文脈に色濃く現れていて、心地よく読める。先生は研究室における直接・実践的な指導だけでなく、ご著書を通して多くの学徒に影響を与えられてきた。先生が書かれた研究生生活の思い出、サイエンス・エッセイ、理学教育・物理教育への提言などについての小文集は、霜田光一著「レーザーと物理教育—光の中を歩んで—」学会誌刊行センター(1981)として出版されている。



中国・四国地方初の年次大会

西田 信夫^{†1}

The First Annual Meeting in the Chugoku and Shikoku Regions

Nobuo NISHIDA^{†1}

学会は会員によって構成され、運営されている。会員はいろいろな形で学会に貢献し、学会からいろいろな形の恩恵を受ける。その代表的なものの一つが年次大会であろう。

年次大会は、主として会員によって運営され、会員が研究発表をし、会員がいろいろな情報を得る。もちろん会員でない方々にも開かれており、非会員の方々も何割か高い参加費を払うことにより、会員と同じ情報を得ることができる。

これが一般的に受け入れられている学会のあり方であるが、あまりこれに拘っていると、学会の活動が制限されることもある。その一例が、中国・四国地方でこれまで年次大会が一度も開催されなかったという事実である。

中国・四国地方で年次大会を開催するという気運がこれまでなかったのではなく、開催することは計画されたが、実行できなかつたとのことである。その最大の原因は、中国・四国地方の会員数が50人程度に過ぎず、しかも各県に散らばっているため、どこで開催するにしても、現地実行委員として参加できる人が数名であり、現地実行委員会を組織できなかったのである。

昨年の秋に第29回年次大会の徳島での開催を打診されたときも、当然のこととして辞退したのであるが、年次大会担当の理事から強く要請され、開催の可能性を検討してみた。

会員数が少ないのは、中国・四国地方でレーザーに関係する研究や事業があまり行われていないからではなく、レーザーに関わっている研究者や技術者がレーザー学会に入っていないのであって、レーザー学会を知らない人も結構いる。したがって、会員が主になって年次大会を開催するのではなく、会員、非会員の区別なく、レーザーに関わっている方々に参加して貰うことにすれば、現地実行委員会を組織することはできる。しかし、徳島で開催するとすると、問題はこれだけではない。徳島には東京、大阪、名古屋のように立派な国際会議場がないので、大学でやらざるを得ない。1月に大学でやるとすると、平日開催は困難であり、土、日、祭日にやらざるを得ない。さらに、1月には大学入試センター試験があるため、それとぶつからないようにしなければならない。このように問題は多々あるが、多数の非会員に現地実行委員になって貰えば、レーザー学会を知って貰うことになり、延いては会員増に繋がることも期待できる。

このようなことを担当の理事と話し合い、会長、副会長に伺っていただいたところ、非会員による大会運営、大学の休日開催ともに了承され、否応なく従来とはいささか趣の異なった年次大会を開催することになってしまった。実行委員長もプログラム委員長も非会員であり、現地実行委員のほとんどがレーザー学会の年次大会を経験していないという有様で、学会事務局に多大のご負担を掛けることになった。

幸いにも、例年に比べて遜色ない件数の講演申し込みがあり、非会員の実行委員も会員と何ら変わらず活動してくれている。また、非会員の実行委員が多かったため、従来は会員の実行委員に不利であった年次大会運営規則を手直しすることもできた。さらに、非会員実行委員の何人かは会員になってくれたと聞いている。

今回はほとんど選択の余地なく大学での開催になったのであるが、大学で開催することのメリットとしては、①会場の数が豊富なので、プログラムの編成が楽である、②国際会議場に比べると、会場費が安い、③プロジェクターとスクリーンが常設されている、④現地実行委員の多くが会場をよく知っている、などを挙げることができる。一方、デメリットとして、休日開催にならざるを得ないことは当初からわかっていたが、展示会の出展社が少なくなることまでは気が付かなかった。

いま心配していることは、参加者数が例年に比べてどうなるかということである。是非とも多くの方々にご参加いただいて、田舎でも結構できるという評価をいただけることを願っている。また、今回の経験が今後の年次大会の運営に多少なりとも資することができれば幸いである。

^{†1}徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)

^{†1}Institute of Technology and Science, The University of Tokushima, 2-1 Minamijosanjima-cho, Tokushima 770-8506