



計測工学の一翼を担う分光技術

南 茂 夫*

古くから実用されている各種計測技術の中で、光学技術は色々な形で利用されている。光が計測媒体として有効に用いられている例は、光学像形成を通じての物体寸法や形状認識から、光てこや干渉を利用した精密測定まで、たとえ長さや変位計測に限ったとしても数多く身近に見出すことができる。これらの中で用いられている光の性質は直進性や波動性であり、実用上有利な可視領域の光の利用が主流を占めている。一方光の詳細な本質に立入って、それらと関連をもつパラメータを測定することを実用計測に結びつけようとする分野がある。この方法の殆んどが光と物質の相互作用を基本としたものであり、発光・吸収・屈折・干渉型の成分計などによる成分濃度の計測が代表的なものといえよう。このような手法では光はむしろ電磁波として理解する方がよく、その波長域も紫外から遠赤外に至る極めて広い範囲に亘っている。

上述した光学応用計測の中でも後者の基礎となっているのが分光光学である。この分野では光と物質の間のミクロ的な相互作用にまで立入らなければならないため、計測手法の開発や機器の設計に当っては、計測工学全般は勿論のこと分光光学・物性論などの広い基礎知識を必要とする。したがって従来から成分計測の中の重要な部分であったにも拘らず、計測工学者からはどちらかといえば敬遠されていたといつてよい。他方化学の領域においては、成分計測はいわゆる分析化学の主要部分を占め、その中でも光分析はまさしく光と物質の相互作用をフルに活用している。しかしこの方面の関係者は一般に計測機器のユーザとしての立場にあり、新手法の

発想はあっても実用機器化への段階まで手を延ばそとという人々は極めて稀である。このように計測工学と分析化学の谷間にあった“光と物質の相互作用を利用する計測学”は、ここ四半世紀の間に検出器やエレクトロニクスなど周辺技術の進歩に支えられて発展し、特に近年では公害関連計測や医用計測の分野では欠くことのできない技術となってきている。このような状況の下で、筆者は分光計測を各種産業や医学分野の実用計測手法として普及させることに使命感を持ち、研究と教育に情熱を傾けているが、ここではそれらに関連した研究の一端を紹介することとする。

分光計測の重要なポイントの一つは、微弱なスペクトルを如何に正確に測定するかという事柄である。これは測定試料が微量で済むこと、また測定成分が極めて稀薄でもよいことに相当し、一般の生産管理分析は勿論のこと環境汚染分析においても当然要求される事項である。分光計測は医学分野においても臨床検体検査手法の主流を占めているが、採血量が少量で済むということからもその必要性が理解できよう。微弱光測定の限界は当然使用する光検出器の性能によって左右されるが、現在紫外・可視の領域では光電子増倍管が感度的に優れているため、特にそれを用いる光子計数という手法が最も効果的である。これは入射する光子によって光電面を飛出す電子1つ1つを検出し計数する方法であり、 10^{-16} ルーメンの光量まで測定が可能である。われわれはこの手法を広く分光測光に用いてきているが、特に稀薄溶液試料のけい光分光測定に効果的であり、たとえば市販の分光けい光光度計に適用してその感度を1桁以上向上させることに成功している。一般に限界感度を決めるのは測定時の信号対雑音比(S-N比)であり、ある一つの事象について観測時間が長

* 南 茂夫 (Shigeo MINAMI), 大阪大学, 工学部, 応用物理学科, 助教授, 社団法人日本分光学会会長, 工学博士, 応用分光光学・科学計測学

い程S—N比は向上することが測定の基本事項としてよく知られている。光子計数法は検出器暗電流の影響が少なくまたデジタル的計測であることから、長時間の安定動作が可能であり、観測時間を長くにとって上述した感度向上が図れるわけである。ただしこの場合観測期間中測定試料が安定である必要がある。

これとは逆に、時々刻々変化しつつある測定対象から物質情報を取出そうという試みもある。この手法は高速分光測光と呼ばれており、中でも刻々変化するスペクトルの形を時間的に分離して観測する方法を時間分解分光測光という。この測定においては、上述したように測定時間を充分にかけてS—N比を高めることができないので、微弱光の場合には極めて高度な技術が必要である。測定に許しうる時間領域は、秒程度のものからナノ秒(10^{-9} sec)ピコ秒(10^{-12} sec)にまで及び、特にナノ秒・ピコ秒の測定は化学反応などを構成している単純な過程(素過程)の解析に密接な関係をもち、周辺技術に支えられた新しい計測法の開発が興味を中心である。現在のところピコ秒領域の計測法は実用面から考えてまだ程遠いが、マイクロあるいはナノ秒領域の手法は実用計測に持ち込まれつつある。筆者はこの時間領域における微弱測光を古くから手掛けているが、特にそれらの成分計測への適用に興味を持ち装置化の仕事も現在でも続けている。成分計測においては試料を光情報に変換するために、何らかの方法で原子化や励起を行なわせる過程が存在する。これを連続的ではなくパルス的に繰返して行ない、試料からのスペクトル情報の過渡的変化を繰返しサイクルと同期して選択測定すると、目標とする成分の信号を他の成分信号から分離することも可能である。われわれがこれを目的として開発してきたマイクロ秒・ナノ秒領域の測定技術は、公害計測や医用計測を対象とした発光分析・原子吸光分析・けい光分析・ラマン分析などの分光計測の、測定精度・感度の向上に繋がるとして期待がかけられている。このほか最近では、生体試料の微弱けい光を光子計数によりナノ秒測定する新しい手法を考案し、生体蛋白質の測定に試用している。

医用面における光計測の利用は臨床検体検査などにおいて広くなされているとはいうものの、全般的にみて電気計測に較べかなり遅れている。筆者の目標の一つは、分光計測を患者に関する生体情報のオンライン実時間取得にまで結びつけることである。勿論これは既にイア・オキシメトリ、呼気分析などの成分計測、赤外線利用のサーモグラフィによる体温計測、各種眼科用計測において達成されているのではあるが、まだ極く一部に過ぎない。先づ端緒としてヘモグロビン誘導体の全血(血球状態)での顕微吸光分光測定、ファイバーオプティクスを用いた散乱分光測定などを行なうための測定機器を試作し、コンピュータによるシミュレーションを併用して実用データの取得に努めている。このほか細胞学に今後益々威力を発揮するであろう顕微分光機器の多用化と自動化、生物組織に対するレーザーマイクロプローブ発光分光分析の定量化の試みなどを続けており、特に後者に関しては京都府立医大と協力してラット腎臓中のNa, Kの濃度分布測定に初めて成功している。なお更に基礎的な問題であるが、新しく開発した電子走査式高速分光光度計による一酸化炭素中毒血(一酸化炭素ヘモグロビン)の反応動特性の解析を続行中である。

実用計測に用いられる分光機器は各分野での要求も多く、ある種のもの多量生産され、海外先進国に広く輸出されている。しかし毎日に物質情報に対する要求度は高度化かつ多様化しつつあり、少し以前までは研究室で貴重品扱いされていた装置が、計測器の形で現場に持ち出されようとしている。これらの機器はもともと高感度で操作が複雑であり、その上動作パラメータの設定が極めてむずかしいいわゆる研究者指向のものである。筆者らのグループはこのようなギャップを、現在爆発的な普及を見せつつある小型コンピュータ(ミニコン、マイクロコン)の助けによって埋めようという考えのもとに、活潑な研究を続けつつある。勿論これに至るまでにはそれなりの経緯がある。われわれは微弱なスペクトルの測定に当って、その精度向上を何らかの自動データ処理を介して行なおうとの試みを既に真空管時代から続けており、爾

来トランジスタ、ICと素子発展の流れと共に、それらを用いた各種の演算処理装置を作り続けてきた。ミニコンピュータが市場に出始めた頃、早速これを導入して従来のハードウェアをソフトウェアに置換える方向の仕事にも着手し、当時はどちらかといえば省力化・自動化に用いられ始めたコンピュータを、データの質向上を目的に利用するという研究の方向づけを行なった。その頃コンピュータの専門家は、それに接続する各種計測機器を単なる周辺入出力機器と考えてシステム作りを行ない始めたが、われわれは計測機器の補助道具としてコンピュータを見るという立場をとった。現在でも未だにそうであるが、計測機器とコンピュータを接続するとき、特に高度な機器に対してはその間に入るインタフェイス回路の設計・試作がネックになる。というのはこの部分は機器ハードウェアとコンピュータソフトウェアの接面に当り、両者の知識の融合が必要なためである。当然新しいインタフェイスに関する研究は、今でもわれわれに適した仕事の一つとして取上げている。コンピュータを部品として計測システムに使い込むという当初からのフィロソフィと、インタフェイスに注目した研究方針をとってきた

われわれにとって、マイクロコンピュータの出現はまさしく渡りに舟であった。以後従来からの各処理システムへの置換や、マイクロコンピュータ内蔵の分光計測機器の開発などを試みてきているが、他に今迄に述べた微弱スペクトル測定、医用計測の幾つかにも利用し、その有効性を確かめつつある。兎に角マイクロコンピュータ用のLSIチップの進歩は目覚しく、その性能向上とコストダウンの早さは驚異的であり、今迄のICと同様にそれらを構成部品の一つとして適正使用していくための哲学作りに努力している。現在研究室では4台のミニコンピュータと数台のマイクロコンピュータ内蔵システムが稼動しているが、コンピュータ利用を前提とした新しい分光計測システムの開発や、既成の機器デザインの洗い直しにも力を注いでいる。

分光計測を実用計測の一分野として確立させるために、われわれの処で行なってきたまた行ないつつある研究の一端を述べた。それらを中心とした新しい技術の融合利用を旗印に、“即実践”をモットーとし、急速な周辺技術の進歩に即応しうる新しい形の計測技術者の養成にも努力しつつあることも附記したい。