

<以下の文章は、『中谷医工計測技術振興財団調査報告書 医工計測技術の動向調査
「良く生きるための医工計測技術」』より抜粋しました。>

医工計測技術の構成

計測技術の一般的構成を図1に示す。

計測技術は、そのユーザが、ある対象の構造・機能・状態の解明に必要なデータ、情報を取得するためのツールである。このツールは、ユーザ自身が開発することもあるが、計測技術の専門家によって開発され、ユーザに提供されるものもある。時代をさかのぼれば、ユーザと開発者が同一というケースが多いが、技術の高度化によって、計測技術の開発を専門とする技術者が出現し、開発者とユーザの分離が進んだ。その結果、多くの生産現場での生産性の向上が見られた一方、ユーザにとって必ずしも必要ではないと思われるツールも開発されるという事態も生じた。このことは医工計測技術を考える上で大切なことであるが、この議論は別途取り上げることにし、ここでは、計測技術の構成についての説明を続ける。

対象が発する情報をユーザが利用可能にするためのツールが計測技術である。最も単純な例の一つに、水銀体温計がある。体温は手の感覚でも大まかにはわかるが、熱による水銀の膨張とそれを水銀柱の上昇という方法で、ユーザに視覚情報として提示している。この場合、一次情報は熱として発せられ、水銀の膨張現象を利用した変換器によって水銀柱の長さに変換され、ユーザに表示される。もう一つ、単純な例を挙げれば、聴診器がある。体内の臓器や呼吸や血流の状態を知るため、そこで発せられている音の正常・異常を聴診する。体内から発せられる1次情報は音であり、それを医師に聞こえるように音量を拡大し聴覚に提示する装置が聴診器である。

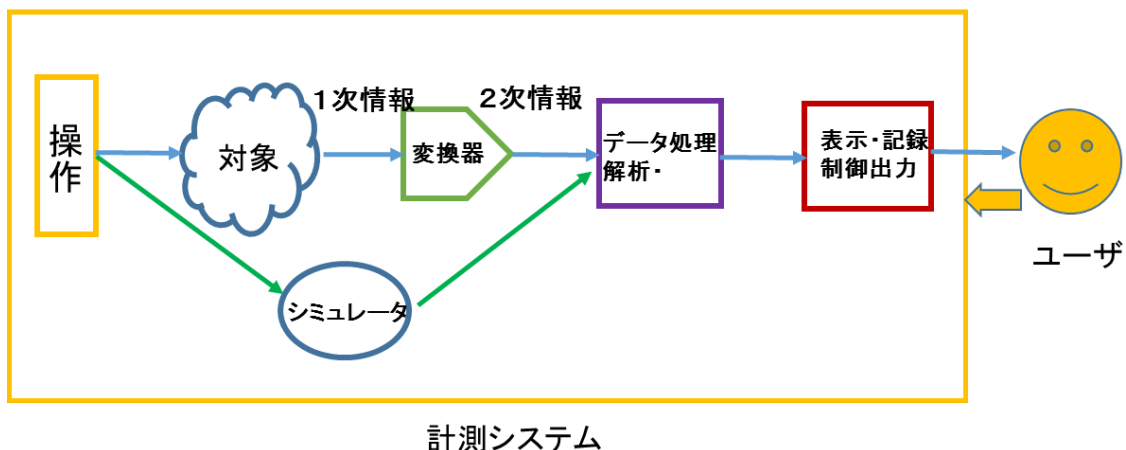


図1. 計測システムの構成

さて、本章で扱う医工計測技術は、体温計や聴診器のように単純なものではなく、図1にも示したように、複数の要素が組み合わさって一つのシステムを構成している。そこで、本章では以降、医工計測技術を**医工計測システム**と呼ぶことにする。

医工計測システムは、より複雑になれば、変換器も一つではなく、1次変換器、2次変換器と重なっていく。その場合、多くの計測システムでは最後の変換器の出力が電気信号になる。もちろん、体温計や聴診器の例でみたように、圧力、流量、変位、音響など力学量や音響量など電気信号以外の量を最終段階まで利用したものもある。しかし、電気量が多く利用されるのは、その後の処理・解析・表示また制御用出力としての取り扱いに便利だからである。脳波計は、脳神経細胞の活動電流が計測対象であるので、電極を介して電気的情報をそのまま取り込んでいる。一方、NIRSは、脳血流に生じる変化を近赤外光の散乱特性を利用して光量変化に変換し、さらに受光器で電気量に変換している。そのおかげで、画像処理と表示が容易になっている。

さらに、変換器からの出力（生データ）をそのままユーザに提示するのではなく、利用しやすい形に処理したり、解析したりする必要のある場合がある。また、必要に応じて、情報は記録される。計測システムとして、変換器だけでなく、データ解析、記録、表示装置も重要な要素である。ここで付け加えるなら、計測対象のモデル、シミュレータも、計測システムの構成要素として役立てられている。

変換器は英語の **transducer** をカタカナにして**トランスデューサ**と表記されるが、類似の用語でセンサ(**sensor**)も使われる。**trans** が一般的な「変換」を意味するのに対し、**sense** は「感じる」であることから、ここでは、計測対象からの1次情報を対象とした1次変換器を**センサ**と呼ぶことにする。

また、「計測」と類似の「測定」という用語もある。この違いについて、古い資料ではあるが、平成12年7月17日答申の日本学術会議工学共通基盤研究連絡会議計測工学専門委員会報告によると、『**「計測」**とは、計測の問題が生じ、目的に添って測定計画を立て、測定を実施し、データを解析し、測定結果を有効に活用するアクションを取るための体系である。その中での中核となるのが、「測定」という作業である。**「測定」**とは、対象の量を基準に照らし合わせて数値として表現する作業である。その数値は測定値として報告され、それに基づいて、判断が行われ、アクションを取ることになる』とある。つまり、「計測」は問題解決のための「測定」を含む行為の総体を指すことになる。「医工測定」ではなく「医工計測」という用語の使われていることに注目したい。

さて、計測技術の一つの分類法として、**受動計測**と**能動計測**という言葉がある。これは物理学の分野で使われた分類である。蒲生秀也 [1] は、加速器による原子核の実験での観測を能動計測の例として挙げている。この実験では、高エネルギー粒子を原子核にたたきつけ、放出される粒子を観測している。一方の受動計測の例として挙げているのは、天文学での観測などである。そこでは自然に発生した変化を観測するのみで、外部からの操作はない場合である。これを医工計測分野にあてはめれば、前例の水銀体温計や対象から

の熱輻射を計測するサーモグラフィーは受動計測の例といえよう。安静状態での脳波計測もその一例である。他方の能動計測は、計測対象に何らかの操作を加え、その結果、対象が発する情報を計測するものである。脳波計測でいえば、被験者に感覚刺激を与え、その結果生じる脳波の変化を見る事象関連電位の計測が能動計測の典型例である。

ところで、上記の例では、外部入力の対象の動態に影響を与えるが、医工計測の分野では必ずしも動態に影響を与えないものもある。入力は与えるが、それはあくまで計測のための手段であり、対象の動態に影響を与えないことを前提とした計測が行われている。例えば、細胞内カルシウムの動態を調べるため、カルシウムと結合して蛍光を発する染料を細胞内に導入し、蛍光顕微鏡で観察するなどである。

そこで本章では、計測システムを、能動・受動という2分ではなく、計測対象に加える処理の有無、動態への影響の有無という4つの類型での分類を試みる。

図2に4つの類型を示す。



図2 計測システムの4類型

類型1 無処理・無動態変化

対象に何の処理も加えず、動態に影響のない入力（入力なしも含む）を与えての計測
 （例：体温計測、自発脳波計測、超音波エコー、レントゲン写真など）

類型2 無処理・有動態変化

対象に何の処理も加えず、動態に影響のある入力を与えての計測
 （例：知覚刺激に対する誘発脳波を計測、ツベルクリン反応など）

類型3 有処理・無動態変化

対象に処理を加え、動態に影響のない入力（入力なしも含む）を与えての計測

(例:染色剤、造影剤、蛍光分子などを付与しての計測) **類型4** 有処理・有動態変化

対象に処理を加え、動態に影響のある入力を与えての計測

(例:光感応物質と抗がん剤を結合した薬剤をがん細胞近傍に入れ、光を当てがんの変化を診る。)

計測システムを評価するとき、何を対象としているか、どのような変換器、解析手法、記録手法、表示手法を使うかと並んで、どのような処理を施すかも、今や重要なポイントになったといえる。

医工計測技術とは

ここで、当財団による研究助成募集案内による医工計測技術の定義を見てみよう。そこでは「生体、その構成体（分子、細胞小器官、細胞、臓器など）および薬物動態を対象にした計測技術、情報解析技術などに関する研究であり、医療、健康管理、介護などに関して有用な情報を与えるもの」とある。また、交流事業の申請書には、医工計測技術とは「生命科学、医療が対象とするモノ・コトの構造、機能、状態などを客観的、定量的あるいは定性的に記述し、生命科学と医療の進歩に貢献することを目指す技術である。技術には、物理・化学・生物学的手法のみでなく、解析、シミュレーション、データ処理など数理的手法も含む」とある。両者の表現には若干の違いがあるが、まとめると次のようになる。

医工計測技術とは、「生命科学および健康管理・介護を含む医療が対象とする分子・細胞から個体・集団に至る生命現象の階層の各レベルとレベル間の関係で見られるモノ・コトの構造・機能・状態が計測の対象となる。その手法としては、物理・化学・生物学的手法とともに、数理的手法も含まれる」

[1] 磯部 孝、蒲生秀也「測定の精度：岩波講座 現代物理学IV. A. 岩波書店 1955

<文章終わり>