

論文の内容の要旨

論文題目 計測におけるパフォーマンスの研究

氏 名 小池 昌義

計測とは、本来、単なる測定という作業プロセスだけでなく、計測の目的に合わせて、測定の計画を立て、測定を実施し、データを解析し、さらに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的プロセスである。しかし、一般には、測定を科学的な操作として抽象化し、逆に単純なデータ獲得の作業プロセスとして処理してしまうことが多い。計測という立場からみれば、測定値を出すという核となる測定の役割と、測定が必要になった問題に対して有効な解決策を立案し解決するという一連のプロセスの構造が十分に認識されていない。その結果、計測自体が、測定という作業的な部分との区別を曖昧にして、その成果を必ずしも十分にあげていないという状況がある。

本研究は、計測と測定の区別を明確にするとともに、生産システムの中で計測が果たすべき機能を計測におけるパフォーマンスの立場から解明し、計測が生産活動に積極的に関わる方向を明らかにすることを目的とした。

測定と計測の「プロセス」とは時系列的な一連の過程であり、「システム」とはプロセスの中で活用されるハードウェアとソフトウェアとの集合である。ハードウェアにはそのプロセスで利用される測定器や装置が、ソフトウェアには使用条件、校正方式、管理方式などが含まれる。

第2章では、計測の作業的な部分である測定システムのパフォーマンス評価は、測定値の誤差により評価できることを明らかにした。実際には、誤差そのものではなく、一定の条件の下で求められた測定値の集団が持つ性質として、分散あるいは標準偏差で表現された「誤差の大きさ」により定量化される。測定システムの機能は、測定の尺度における測定量の加法性を、測定システムの出力である測定値の加法性として実現することである。測定の理想機能である加法性からのばらつきの評価を行う動特性のS/N比の方法に誤差評価の基本を置いた。動的特性のS/N比評価のための信号因子の考え方を活用すれば、標準値が明らかな校正の場合はもちろん、真の値が分からない実物が対象の場合であっても、加法性をベースにして測定の誤差の大きさの推定が可能である。

S/N比の方法による測定の機能性評価とその中で用いられている「校正」の概念を基に、校正を前提にした測定の誤差には、実物測定の誤差、校正作業による誤差、校正に使用した標準の誤差の成分が含まれることを明らかにした。従来主張されているように、誤差の大きさは測定器に固有のものではなく、管理条件、環境条件を含めた測定システムの条件により決まる。

現在、標準的な方法となりつつある不確かさによる計測の信頼性の表現方法においては、測定システムの条件の変化による測定値の変動をばらつきとして評価する立場をとっている。S/N比の方法は校正式からのばらつきを評価しており、測定の不確かさの評価のなかで、不確かさを推定する統計的方法の有効な方法として位置づけることができる。

第3章では、測定を行うシステムとしてマンマシンシステムを取り上げ、人間が関与する測定システムのパフォーマンス評価についての実施例について述べた。測定のマンマシンシステムの一連の実験の中で、測定システムのパフォーマンス評価が測定者に関わる要因により変化することを明らかにした。

まず、測定のマンシステムの問題として、測定システムの異常を測定者が的確に判断できない状態を「過ち」と規定し、測定の過ちがデータの変動に及ぼす影響について検討を行った。測定数 n が大きい場合、極端でない過ちがあっても、数%以内の過ち率であれば、集団としての評価値である平均値、誤差の大きさ（分散）に大きな変動を生じないことがある。

次に、測定のマンマシンシステムの問題として、接触式変位測定器を用いた寸法測定の手順及び操作を検討し、計測器及び測定者の系から発生する誤差のモデルを定式化し、実験的にその有効性を確認した。誤差のモデルによると、

測定誤差は、目盛付けの誤差、最適値を捜す操作によって生ずる誤差、測定の機構により生ずる誤差の成分に分けることができる。また、有効操作回数概念を導入することによって、操作による誤差の一部だけが小さくなること、座標値の分布が機構上の制約によって打切り点をもてば、寸法値の分布は正規分布からずれ、とがりをもち偏差が正の方向にすそをひくこと、を明らかにした。

さらに、測定の信頼性と測定過程との関連を明らかにするため、接触式寸法測定器を用いた測定において、測定者による測定誤差の差異、及び、測定者の操作による測定過程と測定誤差の対応について実験的に検討した。測定誤差については、測定過程の操作や判断によっても、測定者により誤差分散で1桁の差が生じることから、測定系の信頼性を評価する際、測定者の要素を抜きにすることができないこと、繰返し誤差による評価は、総合誤差との対応は見られず、測定者の能力の差の評価にはならないこと、を明らかにした。

測定過程における操作パターンについては、パターンは測定者、被測定物の形状によりほぼ定まり、S N比の向上に対応したパターンの変化はみられない。また、誤差が小さくS N比の高い測定者グループでは、共通的に同じ様な単純なパターンの比率が大きく、比較的単純な操作による測定を行っており、測定時間は短い。他方のグループでは、共通性は明確ではなく、S N比、パターンのばらつきが大きいままであるという傾向がある。

人間の測定操作、判断の差異が測定結果に現れると言うことは、単に測定を自動化すればすまされる問題ではなく、人間が関わらざるを得ない測定システムの調整、校正の問題として依然残されるであろう。

第4章では、パフォーマンス評価の観点から、生産システムとの関連の中で計測プロセスの構造を明らかにし、さらに計測プロセス設計の考え方を提案をした。計測の問題が生じ、解決されるまでの過程は、管理的な部分である計測プロセスと、作業的な部分である測定プロセスとに分けることができる。計測プロセスの設計の評価は、計測の合目的性の確保と測定の信頼性の確保の問題に要約することができる。計測特性が決められた後の測定の評価は、測定プロセスの問題として行われる。

計測プロセス設計の中で一般的な検討が難しく、共通的な方法が確立していない部分である計測特性の選択の問題について、プラスチック歯車の測定の場合を実験的に検討した。1つの金型から、金型温度を変化させ射出成形した小型歯車について、二歯面かみあい試験および個別誤差の測定を行い、両者の結

果の関連を因子分析法により求め、二歯面かみあい試験によるプラスチック成形歯車の評価の有効性を明らかにした。ここで示した検討方法は、試験で得られる各種特性の意味を明らかにし、計測特性として選定すべきかどうかを決めるための方法として採用することができる。

第5章では、プラスチック成形工程を対象にして、品質設計システムの中のオンライン計測システムについて、オンライン計測システムの設計のための一連の実験を行い、計測プロセス設計の有効性を実験的に検証した。

まず、オンライン計測管理システムを機能させるための基本的条件として、計測システムの管理、計測間隔、予測方法の3項目を立て、成形実験により得られた実際の工程変動のデータを用いた工程の予測・制御方式のシミュレーション実験を行い、オンライン計測の効果を確認した。さらに、オンライン計測結果に基づく予測式の設定に関わる問題点について検討するための連続成形実験、工程にロボットを導入し、自動化したシステムとして制御効果を確認した。

第6章では、生産システムにおける計測プロセスについて、計測特性、評価指標の点から整理し、計測プロセスの設計手順をまとめた。計測のパフォーマンスはその目的の達成度で評価される。従って、計測対象である製品や技術をどのように評価するか、そのために何を測るか、ということが計測プロセス設計の中心課題となる。

例えば、第5章の実験は、成形工程のオンライン制御のための測定システムの設計のためのものであったが、単に製品であるカムの高さを測ればよいということではなかった。オンライン制御という計測の目的に対応するためには、成形技術そのものに踏み込まざるを得なかった。計測の目的を実現するという課題は、単に製品の特性を測り、測定結果をレポートするという測定プロセスだけでは解決できない。課題の解決をするための計測プロセスとして、適用対象技術の内容に深く関わり、対象を的確に評価することが、計測のパフォーマンスをあげ、生産システムの中で計測の役割を主張していくためには必要である。そのためのキーとなるのが、評価指標であり、計測特性である。また、計測のパフォーマンスをあげるためには、計測プロセスを設計する人間のシステム的な構想力、評価力が必要である。計測プロセス設計においてうまく設計された計測プロセスは高いパフォーマンスが期待される。