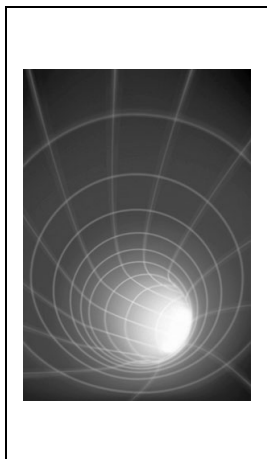


スペックル相関計測法の原理と応用

理化学研究所名誉研究員，前群馬大学
山口一郎



1. 光学的な形状・変形測定法の伸び悩み

筆者はこれまで光学的な形状や変形の測定法の開発に携わってきた。研究を開始した 1960 年代からレーザーや撮像素子の目覚ましい進歩を遂げている。これに対してこれらの測定技術の実用化はあまり進んでいないように思われる。その原因は何だろうか，とよく考える。デジタル技術の進歩，素子の小型化と性能向上により各方面での適用の可能性が大幅に高まっている。それにも拘わらず生産現場などでの使用例はまだ少ない。干渉計はレンズやミラーなど光学部品の検査に日常的に使われており，干渉縞の自動読み取りも普通に行われている。しかし機械加工面への使用が進まない原因として，筆者は以下の点を考えている。

機械加工面の定義や規格は機械的な接触に基づいているが，光波とさまざまな機械加工面との相互作用はまだ十分に分かっていない。しかも面形状の規格は幾何学的な量に基づいている。しかし 3 次元座標測定器などと比較した時の光学的な測定法独自の特長として，非接触性以外に並列測定による高速性，光波長で決まる高感度性などがあり，これらが生きる分野はこれから生体面など次々と出てくるであろう。本稿ではレーザー光を拡散面に当てた時に各点からの散乱光の間の不規則な位相関係の干渉で生ずるランダムなパターンであるスペックルを利用した表面形状や変形の測定法について解説する。

2. スペックルを使った測定法の基本原理と特徴

鏡面に対しては，試料を反射または透過した滑らかな波面の等高線としての干渉縞を自動解析する手法が一般的である。それらへの現在の課題は，機械振動や空気ゆらぎなどの外乱のもとでの計測，液晶パネルに代表される大型物体の測定である。

粗面を対象とする干渉計測には，鏡面での干渉計測より感度の低くて済むアラズリ面や塗装面の形状計測，及び面の各点の変位とその分布を求める変位・変形計測がある。そのためにはホログラフィ干渉法やスペックル干渉法などが使われてきた。これらは現在デジタル化され，自動化も進んでいる。今の課題は，光学系の簡素化と外乱への耐性の向上，測定の高速度化，測定結果に残るスペックルノイズの影響の抑制，医学・生物学での利用がある。これらに対してスペックル相関法と呼ばれる手法は，粗面の変位・変形による移動を検出するもので表面粗さを自然の標識として，コヒーレント光により生ずる明瞭なランダムなパターンの動きを追跡するもので，光学系が簡単であり，データ画像の処理はデジタル技術の急速な進歩によく合致している。以下にその基本原理と応用の現状を述べる。

3. 粗面干渉技術とスペックル相関法

軟材料の表面や生体試料には標識やひずみ計を装着することはできない。したがってこれらの試料の伸縮や歪みの計測は，完全に非接触で行う必要がある。粗面からの拡散光の中に生ずるレーザースペックルは試料の表面加工が不要，しかもそのコントラストが高く非常に明瞭である。それゆえにレーザー画像ではその効果的な抑制が課題となっている。またランダム模様であるが，表面粗さが入射ビー