総説

レーザー拡散光による計測

山口 一郎

1. はじめに

レーザー光は非常に優れた単色性と指向性にあわせて高いパワーを兼ね備えている。一方、紙や、金属、プラスチック等のあらゆる面や塗装面、或いは木材、皮膚等は、表面に非常に細かく不規則な凹凸構造があるために光を拡散反射させる。通常の光はこれらの表面で一様に拡散されるに過ぎない。しかしレーザー光では上記の性質により波面が非常に滑らかで、時間的に規則正しく繰返されるため、反射の際に一種の刻印が押され、それが保存されて空間を伝播していく。従ってこの刻印は表面の動きによって動き、一種の3次元的な標識の役割を果たす。

本論文では、この標識の動きから拡散反射面の変位や変形を無接触で測定する方法の概要を紹介する。それらには、拡散光の波面をホログラムに記録し、そのままの形で再生することによって波面の形の変化を検出するホログラフィー干渉法と、拡散光中に必ず現われる不規則な斑点模様、いわゆるレーザー・スペckル模様の変化を検出する方法の二つがある。これらはレーザーの出現によって初めて可能になった計測法で、完全な非接触法であること、光波長程度の高感度が得られること、分布が一度で見られること等の特長と、レーザー装置の普及により、近年各方面で注目を集めている。発明されたのは10年ないし15年前であるが、最近になって多くの問題が解決され、定性的測定法から定量的測定へと発展しようとしている。以下では各方法の原理的な面に重点をおいて説明する。

2. 関連分野の展望

レーザー拡散光を利用して、拡散反射面の形状、変位変形、振動モード、表面アラサ、材料の疲労度等を測定

することができる。それらをまとめると表1のようになる。形状測定から速度測定までは、上述のレーザー光波面につけられた刻印が形を保ちながら移動することを利用するのに対し、表面アラサと疲労度の測定においては表面構造等の変化による刻印の変形の度合を検出している。本論文では紙数の制約のために、変位と変形の測定に説明を限ることにするが、この表からもわかるように他の測定も基本原理は共通する点が多い。

3. レーザー拡散光の性質

3.1 拡散反射の機構

レーザー光の波面が拡散反射の際に受ける変化を図1に概念的に示す。反射直後の波面は表面の凹凸に従い、細かく不規則なゆがみを受ける。金属やスリガラス等では、光は殆ど表面で反射され、入射光の偏光状態はほぼ保存される。一方、紙や塗装面の場合は、光は一たん内部まで入り込み、その一部が外に出てくるので、入射光の偏光状態が壊され、いわゆる depolarization の現象が生ずる。しかしこの場合も直交する二偏光成分のそれぞれについて不規則な形の波面が存在し、その不規則性は互いに無相関である。光は波面法線に沿って伝播するので、反射の際についた不規則なゆがみのために光は拡散していく。反射直後は波面のゆがみ、すなわち位相の不規則な分布だけが主に存在するが、この拡散によって振幅分布にも不規則性を生じ、それは強度の不規則性として観測される。これがレーザー・スペckルに他ならない。このようなわけで、位相の不規則性とスペckル模様は表裏一体であり、各スペckルの中では位相がなだらかに変化し、異なるスペckルの間には不規則な跳びがある。従ってレーザー拡散光の性質を知るためには、スペckルの性質を知っておくことが重要となる。

3.2 レーザー・スペckルの性質^{1~3)}

スペckル模様の一例を図2に示す。この写真は、図3(a)に示すように、He-Ne レーザーのビームを白いボール紙にあて、拡散光の中にフィルムを置いて撮影した。スペckル模様の主な特長をあげると次のようになる。

Measurement by Diffusely Reflected Laser Light.
ICHIROU YAMAGUCHI
The Institute of Physical and Chemical Research,
Hiro-sawa 2-1, 351 Wako-Shi, Japan.
理化学研究所光学計測研究室 研究員(理博)

表1 レーザー拡散光による計測分野

拡散特性に対する条件	測定対象	測定法の名称	原理(検出される量)	手 段
拡散反射特性は保たれる	表面形状 (平均面)	ホログラフィー干渉法 (二波長法, 液浸法)	異なる波長による反射波面の形状差	写真
		スペックル干渉法 (二波長法)	異なる波長によるスペックル模様の明暗差	写真又はテレビ
		干渉縞投影法	空間中に3次元分布する干渉縞群と表面の交線	写真又はテレビ
	変位・変形 (ストロボ照射による振動解析を含む)	ホログラフィー干渉法	変位・変形の前後における反射波面の形状差	写真
		スペックル干渉法	変位・変形の前後におけるスペックル模様の明暗の変化	写真又はテレビ
		スペックル写真法	スペックル模様の横ずれ	写真
		スペックル相関法	スペックル模様の移動	半導体イメージ・センサー
	振動振幅・ 振動モード	ホログラフィー干渉法	振動波面の時間平均形状	写真
		スペックル干渉法	スペックル模様のコントラスト	写真又はテレビ
		スペックル写真法	スペックル模様の横ぶれ量	写真
		スペックル投影法	スペックル投影像のコントラスト	写真又はテレビ
	速 度	ドップラー法	拡散光のドップラーシフトによる光ビート周波数	光電検出器
		スペックル法	スペックル模様の移動速度	光電検出器
拡散反射特性は変化する	表面粗さ	スペックル法	スペックル模様のコントラスト	光電検出器
			異なる波長又は入射角に対するスペックル模様の变化	写真
	表面状態の変化 (疲労試験)	マッচিতフィルター法	波面の微細構造の変化	写真+光電検出器
		スペックル法	スペックル模様の微細構造の変化	写真+光電検出器

図1 レーザー光の拡散反射による波面の変化

図2 スペックル模様の例

(1) コントラストの非常に高い不規則模様で、空間中に3次元的に分布している。暗い部分が一番多い。

(2) 個々のスペックルの形は不規則だが、代表的な大きさがあり、それより小さいものは殆ど見当たらない。スペックルの形と大きさは反射面の表面アラサ構造には関

係しない。平均的な大きさが何に依存するかで次の二つに分けることができる。その第1は回折界のスペックルと呼ばれ、図3(a)で示すごとく拡散光の中に直接生ずるものである。その大きさは、観察面から見た照射ビームの角度 α とレーザー光の波長 λ に関係し、横方向に

図3 スペックル模様の生成と平均径
(a) 回折界, (b) 像界

λ/α , 縦方向に λ/α^2 の程度で与えられる。従って断面の細長いビームをあてた時には、断面の長軸に垂直な方向に伸びたスペックルが現われる。第2は像界のスペックルと呼ばれ、図3(b)のように、レーザー光の当たった拡散面をレンズ等によって結像する際、像に重なって生ずる。このスペックルは、物体の各点の像が点とならず、レンズの絞りによる回折で広がったものが、重なり合って干渉するために生ずる。その平均径は回折像の径に等しく、観察面から見たレンズ絞りの開口角 β について、横方向に λ/β 、縦方向に λ/β^2 の程度で与えられる。レンズ絞りのFナンバーを使うと、それぞれの大きさは λF 、 λF^2 に等しい。レンズを絞る程、スペックル模様は粗くなる。縦方向の径は、焦点深度のオーダーである。

(3) 照射光と拡散面の間に相対的な動きがあると、スペックルは移動し、同時に形も変化する。拡散面の動きとスペックル模様の移動の間の関係はやや複雑で、入射ビームの波面の曲率半径や入射角、拡散面の動きの種類(平行移動、回転、歪の3成分に分解できる)、拡散面と観察面の相対位置等に依存し、レンズの色収差の効果を無視する限り、波長には無関係である。移動がなくなり、変形だけが起こる場合もあり、その時の有様は水が沸騰するように見えるので *boiling* と呼ばれている。変形の進捗は拡散面の動きの種類と、照射ビームないしレンズ絞りの径に依存する。

以上の性質を定量的に解析するのには、雑音等の不規則現象の解析手法が用いられる。性質(1)は光強度の確率密度関数に関するもので、ランダム・ウォークの問題に帰着する。性質(2)と(3)は、帯域制限されたノイズ

の解析と類似の手法を使って理論的に裏付けられる。すなわち性質(2)は光強度分布の自己相関解析から、性質(3)は拡散面が動く前後の強度分布の相互相関解析から、それぞれ定量的に記述できるものである。

波面の不規則な変化、すなわち拡散光の位相の不規則な分布は直接に観察できないが、スペックルと同じ平均径を持ち、かつスペックルと一体になって移動したり、構造を変える。これらの性質は以下に述べる変形測定法の感度、精度、測定限界に対して非常に重要な役割を果たすものである。

4. レーザー光による変形測定⁴⁾

4.1 ホログラフィー干渉法^{5,6)}

4.1.1 原理と方法

ホログラフィーは光波を完全に記録し、再びとり出す技術で、その原理は図4で説明される。レーザー光束を半透明鏡で二つに分け、一方で物体を照射し、他方は直接に写真感板に導いて参照光とする。物体からの反射光と参照光の間の干渉によって、感板上には非常に細かい縞模様ができる。高解像力の感光材料にこの縞模様を記録し、現像定着を行ったものをホログラムという。その意味は光波の完全な記録という程のものである。ホログラムをもとの位置に戻して参照光だけをあてると、記録されている細かい縞模様による回折が起り、物体からの拡散反射光と全く同じ形の光波がホログラムから出てくる。この段階を再生(reconstruction)と呼ぶ。我々にはこの再生された光が、あたかも実物からの反射光であるかのように見える。従ってホログラムを覗き窓としたような具合に、その奥に真の3次元像が見られることになる。

図4 ホログラフィー干渉法の原理

物体が変位ないし変形を受ける前後での反射光を、一枚のホログラムに二重露光記録する。このホログラムからは変形前後の反射光が一緒に再生され、その間の干渉によって、波面の形の差を表わす縞模様が生ずる。これを二重露光ホログラフィー干渉法という。一方、実時間干渉法においては、変形前の反射光だけを記録したホロ

グラムを撮影位置に正確に戻し、物体とホログラムを同時に照射してから、物体に変形を与える。すると物体からの反射光とホログラムからの再生光が同じ方向に進むため、両者の間で干渉が起り、記録時と再生時の反射光波面の形状差を表わす縞模様が観察される。この縞は物体の変形により直ちに变化する。実時間(real-time)干渉縞である。

4.1.2 干渉縞の意味

干渉縞が物体の表面に見える時には、それは表面各点での一定方向に対する変位成分の等高線を表わす。その方向とは、図4において物体点Pからのレーザー光の発散点Sの方向 $\mathbf{l}_s$ と、再生像を観察するのに使うレンズの中心を指す方向 $\mathbf{l}$ の間の二等分線の方向である。すなわち点Pでの変位ベクトルを $\mathbf{a}$ で表わし、 $\mathbf{l}_s$ と $\mathbf{l}$ がともに単位ベクトルとすると、次の条件が満足される位置が干渉縞の明部になる。

$$(\mathbf{l}_s + \mathbf{l}) \cdot \mathbf{a} = N\lambda \quad (N: \text{整数}) \quad (1)$$

N は縞次数(fringe order)と呼ばれる。

干渉縞の一例を図5に示す。これは白く塗装して反射率を上げた金属板に曲げを与えて得られた実時間干渉縞である。物体の照射と観察を板の法線方向から行っているので、板に垂直な変位(縦変位)の等高線に対応する。隣接する縞の間には $\lambda/2 \approx 0.3 \mu\text{m}$ (He-Ne レーザー)の変位量の差がある。この変形は弾性論という単純曲げに相当し、計算通りに鞍形になっている。この双曲線の漸近線のなす角度から、板材のポワソン比が求まる⁷⁾。Cornu法として19世紀から知られていたが、ホログラフィー干渉法によって表面を鏡面研磨する必要はなくなり、さらに鏡面研磨の不可能なコンクリートや木材等にも使えることになった。

4.1.3 干渉縞の性質

ホログラフィー干渉縞は必ずしも物体表面に見えるとは限らず、表面から外れた位置で最も鮮明になることがある。これは図3(b)でいうと拡散面の像面から外れた位置に干渉縞ができることに相当する。これは物体の横

図5 板の単純曲げを示すホログラフィー干渉縞

変位が大きくなると顕著に見られる現象で、縞にカメラのピントを合わせると物体の輪郭がぼやけ、物体にピントを合わせると縞が見えなくなる。このように干渉縞が特定の位置でのみ明瞭に現われる現象は縞の局在(fringe localization)と呼び、拡散光の干渉に特有の性質である。物体が鏡面の場合は縞はどこでも明瞭で局在現象は起らない。局在位置が物体表面から外れていると、縞と場所の対応がはっきりしなくなり、変位分布の測定に支障を来す。このような時には、ホログラムか縞撮影のレンズをさらに絞ると、物体上にも縞が見えてくる。その理由は次の通りである。干渉縞は図1に示すような不規則に曲った波面の形状差を表わす。波面の不規則性のスケールは、前に述べたようにスペックルの径で与えられる。物体変形によってスペックルは横方向に移動する。この移動量がスペックルの平均径より小さい位置では、波面の不規則性の大部分は形状差をとる時に打消され、物体変形に依存する干渉縞が観察される。この縞はスペックルからできていたが、暗い部分には暗いスペックルが多く、明るい部分には明るいスペックルが多い。逆にスペックル移動がその平均径を越えると、波面の差は不規則になり、場所によらず一様なスペックル模様だけが見えることとなる。スペックル移動はレンズ絞りによらないので、レンズを絞るとスペックルが大きくなり、変形の前後で対応し合うスペックルの間に重なりを生じて、干渉縞が現われるのである。縞が最もはっきり見える位置は、物体変形によりスペックルが移動しない、いわゆるboilingの起る位置である。ただしこのboiling位置は常に存在するとは限らず、その場合はスペックル移動が最小の位置が縞の局在位置となる。

物体が平行移動だけを行う時には、物体の像面ではなく図3(a)の位置に相当して物体から十分に離れた場所にも同心円状の縞が局在する。その中心は物体の移動ベクトルと観察面の交点である。この縞は等傾角干渉縞と呼ばれ、上述の物体近傍に見える縞(等厚干渉縞)が変位 $\mathbf{a}$ の成分の等高線を与えるのに対し、 $\mathbf{a}$ が一定で、観察点の方向 $\mathbf{l}$ が変化するために生ずる縞である。

4.2 スペックル干渉法^{8,9)}

4.2.1 原理と方法

物体の変形によりスペックル模様に変化する現象を利用する。物体変形による拡散光の波面の形の変化を、スペックルの明暗の変化に直すために、図6(a), (b), (c)に示すような干渉計の配置を使う。カメラのピントは物体に合わせ、変形前後のスペックル像を二重露光する。現像処理されたフィルム上には、各点でのスペックルの明暗の変化の分布を表わす干渉縞が生じ、それは各点における拡散光の波面の形の変化の等高線に相当す

図6 スペックル干渉法の配置

(a) 参照光法, (b) 二光束法, (c) 二開口法

る。従ってスペックル干渉法で得られる干渉縞は、ホログラフィー干渉縞と密接に関連している。ホログラフィー干渉では二つの波面を直接に干渉させるのに対し、スペックル干渉では各波面を一たん別の波と干渉させ、得られる干渉縞を重ねて、それらの間のモワレ縞を観察していると解釈することもできる。

4.2.2 干渉縞の意味

図6(a)は縦変位の測定に用いられ、参照光法と呼ぶ⁸⁾。レーザー・ビームを半透明鏡で分割して、一方で物体を照射し、他方は固定した拡散面にあてる。それぞれの拡散反射光をカメラのフィルム上で干渉させた時のスペックル模様を、変形前後で二重露光記録する。数学的には二つのスペックル模様の間の積をとると、変形を表わす干渉縞が生ずる。この縞の形はホログラフィー干渉縞と同じく(1)式で表わされ、照射光源の方向とカメラレンズの方向の間の二等分線に平行な変位成分、従って通常は縦変位の等高線になっている。縞の感度は

$\lambda/2$ である。

横変位の等高線を得るのには図6(b),(c)が使われ、それぞれ二光束法⁸⁾、二開口法⁹⁾と呼ばれている。参照光法との違いは、ともに物体を経由してきた拡散光をフィルム上で干渉させる点であり、各拡散光が相互に参照光の役割を担っている。物体法線に関して照射光または、マスクに穿いた二開口を対称に配置する。これによって縦変位に起因する拡散光の位相変化が打消され、横変位による位相変化だけがフィルム上のスペックルの明暗の変化に寄与することになる。干渉縞の分布は、二光束法では照射点光源の方向を与える単位ベクトルを $\mathbf{l}_{sa}$ 、 $\mathbf{l}_{sb}$ とすると次のようになる。

$$(\mathbf{l}_{sa} - \mathbf{l}_{sb}) \cdot \mathbf{a} = N\lambda \quad (2)$$

これは入射面に平行な横変位成分の等高線に相当し、縞感度は照射光のなす角を $2\vartheta_s$ として、 $\lambda/2 \sin \vartheta_s$ に等しい。また二開口法においては、開口の中心の方向を与える単位ベクトルを $\mathbf{l}_a$ 、 $\mathbf{l}_b$ とすると、干渉縞の式は

$$(\mathbf{l}_a - \mathbf{l}_b) \cdot \mathbf{a} = N\lambda \quad (3)$$

従って開口を結ぶ方向に対する横変位の等高線が、感度 $\lambda/2 \sin \vartheta$ (2ϑ : 開口のなす角)で得られる。

4.2.3 干渉縞の性質

物体変形前後のスペックル模様を重ねた時に、明暗の変化を表わす縞が出るためには、対応するスペックル同志が重なる必要がある。さもないと二重露光で重ねられるスペックルの間で生ずる明暗の変化は、物体の変形の効果だけでなく、異なるスペックルの間の不規則な位相差の効果に加わった位相変化に従うために変形を表わす縞は出ない。この事情はホログラフィー干渉の場合と共通である。しかしスペックル干渉縞の観察面は初めから物体の像面に限られているので、干渉縞の局在性はない。フィルム上のスペックル移動は、物体の横変位に結像倍率をかけたものに等しく、これがスペックルの平均径より小さい時に干渉縞が現われる。

4.3 スペックル写真法^{10~12)}

4.3.1 原理と方法

拡散面が変形するとその各点で散乱される光の間の位相関係が変わり、波面の形が変化することになって、スペックルが移動する。この移動を光学的な方法で測定し、それから変形量を求めるのがスペックル写真法である。配置は図7に示すごとく簡単である。一本のレーザー光束で物体を照射し、その像を変形前後でフィルムに二重露光する。得られるネガの各部には図7(b)のような一定方向に流れたスペックル模様が写っている。このネガを細いレーザー・ビームで照射すると、ネガから離れた位置に同じ図に示すような平行な直線干渉縞が現われる。これはヤング縞と呼ばれ、互いにずれた二つのスペ

図7 スペックル写真法の配置

(a) 二重露光ネガの撮影, (b) ヤング縞の形成

ックル模様からの回折光が干渉し合うために生ずる。照射点でのスペックル移動ベクトルを $\mathbf{A}$ と与えらると、ヤング縞の間隔は $\lambda_0 L / |\mathbf{A}|$ (λ_0 : ビームの波長, L : フィルムとレンズの焦点面の間隔)で与えられ、方向は $\mathbf{A}$ に垂直になる。

スペックル移動と物体変形の間の関係は、先にも述べたように、物体照射光の入射角と波面の曲率半径、変形の種類、カメラのピントの合わせ具合によって異なる。物体にピントを合わせた時のスペックル移動は、常に横

図8 面内微小回転によるヤング縞

変位に撮影倍率を乗じたものになる。この場合は面内変位の値と方向が符号を除いて各点で求まる。図8は、径13 cmの円板を10'だけ面内回転させた時の二重露光ネガを焼付けた写真と、ネガの各点を照射した時に生ずるヤング縞である。物体からピントを外して二重露光を行うと、回転角や歪の値を知ることができる^{4, 13, 14)}。

スペックル写真法のもう一つの特長は、上述のように一点一点の測定だけでなく、ホログラフィー干渉やスペックル干渉と同様に変位の等高線も得られることである。それには、ネガの全面をレーザーないし水銀燈等で照射し、それを斜方向から観察する。この時ネガの上に縞が見え、それは観察方向に平行なスペックル移動成分の等高線を表わしている。

4.3.2 縞の性質

ヤング縞はスペックルの移動量が平均径より大きい時にのみ現われ、ホログラフィー干渉縞やスペックル干渉縞と相補的な関係がある。従って面内変位の測定下限は、カメラのFナンバーを F 、結像倍率を M とすると、 $\lambda F / M$ で与えられ、 $1 \mu\text{m}$ 程度は楽にとれる。一方上限は、ネガを照射するビーム内に対応するスペックル対が十分多く含まれること、移動に伴うスペックルの変形の効果が小さいこと等の条件で決まる。数mm位までは可能である。

4.4 スペックル相関法^{15, 16)}

スペックル移動を写真の代りに半導体イメージ・センサーとマイクロ・コンピュータを組合せたシステムを使い、実時間で求める方法である。図9のように測定点だけを細いレーザー・ビームで照射し、図3(a)の配置に対応して拡散光の中に1次元のイメージ・センサーを置く。センサーから見込むビーム径を調節して、センサーの解像力($15 \mu\text{m}$ 程度)に適合させる。センサーの向きはスペックル移動の方向に合わせておく。物体変形前後でのセンサー出力をマイコンに貯え、それらの間の相互相関関数を計算すると、そのピーク位置がスペックル移動量になる。図10 a, b, cは、スペックル移動前後の出

図9 スペックル相関法による面内移動と傾きの測定

図10 スペックル相関法の原理

- a スペックル移動前後のイメージ・センサー出力,
b 物体変位のない時の相互相関関数,
c 変位のある時の相互相関関数

力波形、移動が0の時の相互相関、移動前後の相互相関を表わす。センサーと平行な面内変位 a_x とそれに垂直な軸のまわりの回転 Ω_y がこの方法で求められる。物体の変位量、回転角とスペックル移動量の間の比は、ビーム波面の曲率半径、入射角、イメージ・センサーの距離に依存する。この比を適当に調節して $|a_x| = 2\mu\text{m} \sim 2\text{mm}$ 、 $|\Omega_y| = 0.002 \sim 0.4^\circ$ を測定できた。一度に一点の変形しか求められないが、測定精度の高いこと、測定範囲が広く符号もわかること、感度調節が容易なこと、配置が簡単で自動化もたやすいこと等の特長を備え、定量的測定法としての発展が期待される。

5. 各方法の比較^{4), 17~19)}

5.1 光学配置

光学系に最も厳しい安定性を要求されるのが、ホログラフィー干渉法と、スペックル干渉法の中の参照光法、二光束法である。スペックル干渉法の二開口法、スペックル写真法、スペックル相関法は比較的安定である。二開口法は利用光量の少ない欠点を有する。パルスレーザーを用いると安定度への要求は緩和されるが、最初の三者においてはアラインメントがやや困難である。

5.2 記録材料

ホログラフィー干渉は高解像力の特殊乾板を必要とする。湿式処理が不要で実時間測定に向く材料にサーモプラスチックがある。スペックル干渉法とスペックル写真

法では、レンズのFナンバーで決まるスペックルの平均径に合わせた解像力の材料を用いる。 $F/2.8$ 以下ではホログラフィー用フィルム、 $F/4$ 以上ではコピーフィルムを使用することが多い。スペックル干渉法では写真の代りにテレビ系を用いることもでき、ESPI (electronic speckle pattern interferometry) 法と呼ばれる。スペックルの記録と重ね合せには、ビデオテープ、像蓄積管、デジタル・メモリー等と二乗検波回路ないし積の演算素子等を組合せたものを使う。これによりスペックル干渉法でも容易に実時間測定が行えるようになった^{20), 21)}。

5.3 応用分野

ホログラフィー干渉法とスペックル干渉法は、変位の等高線を与えるので、縞の混み方等から応力分布の様子等をさっと一目で定性的に把握するのに最も適している。縞模様から変位量の分布を得るためには、縞次数が必要となるが、それを求めることは一般に困難をきわめ、縞から変位を自動解析することはできない。スペックル写真法では、ヤング縞を読み取ると各点での変位の値が知られる。ヤング縞は単純なパターンなので自動読み取りに適する。安価な高密度メモリーとしての写真から光学的な手法でヤング縞を出し、それを光電的に自動読み取りさせる方式は、いわゆるハイブリッド処理システムがその特長を発揮する例であろう。スペックル相関法は、特定の点の変位や変形を実時間でかつ精度良く知りたく、かつスペックル移動の方向が決まっている時には最適である。しかし測定点が多くなったり、2次元的なスペックル移動が必要な場合は、計算時間の長びくことが問題となる。

6. おわりに

レーザー拡散光を利用する計測について原理的な面に重点を置きながら述べた。変位、変形の測定を詳しく説明したが、振動、速度の測定に対しても以上の考え方を適用するのは容易である。ホログラフィー・スペックルと手段は異なっても、拡散反射の際にレーザー波面につけられる細かく不規則な標識の動きを検出する原理は同じである。各測定法の相互関係と特長を考慮しながら、実際の要請に応じた最適な方法を選択することが望まれる。

文 献

- 1) J. C. Dainty (ed.), Laser Speckle and Related Phenomena (Springer-Verlag, Heidelberg, 1975).
- 2) 山口一郎, 応用物理, **46** (1977) 803.

- 3) 植村恒義(編), 「画像計測入門」(昭晃堂, 東京, 1979), p. 57.
- 4) 山口一郎, 応用物理, **48** (1979) 209.
- 5) R. J. Collier, E. T. Doherty, and K. S. Pennington, *Appl. Phys. Lett.*, **7** (1965) 223.
- 6) R. L. Powell and K. A. Stetson, *J. Opt. Soc. Am.*, **55** (1965) 1593.
- 7) I. Yamaguchi and H. Saito, *Japan. J. appl. Phys.*, **8** (1969) 769.
- 8) J. A. Leendertz, *J. Phys. E. Sci. Instrum.*, **3** (1970) 214.
- 9) D. E. Duffy, *Appl. Optics*, **11** (1972) 1778.
- 10) W. Fink and P. A. Bürger, *Z. angew. Phys.*, **30** (1970) 176.
- 11) U. Köpf, *Optik*, **33** (1971) 517.
- 12) E. Archbold and A. E. Ennos, *Optica Acta*, **19** (1972) 253.
- 13) D. A. Gregory, *Opt. Laser Technol.*, **8** (1976) 201.
- 14) K. A. Stetson, *J. Opt. Soc. Am.*, **66** (1976) 1267.
- 15) 山口一郎, 第12回応力・ひずみ測定シンポジウム予稿集(1980, 1月) p. 65.
- 16) I. Yamaguchi, *Japan. J. appl. Phys.*, **19** (1980) L133.
- 17) 辻内順平, 岡村治男, 桑山哲郎, 光学, **3** (1974) 166. 辻内順平, 光学, **4** (1975) 140.
- 18) 山口一郎, 精密機械, **40** (1974) 739.
- 19) A. E. Ennos, in *Progress in Optics*, edited by E. Wolf (North-Holland Pub., Amsterdam, 1978) Vol. 16, p. 233.
- 20) J. N. Butters, *Opt. Laser Technol.*, **9** (1977) 117.
- 21) 中島俊典, 斎藤弘義, 光学, **8** (1979) 91.
(昭和55年2月22日受理)

風合研究委員会報告

本学会に風合研究委員会が設置されたのは昭和54年4月頃と思われる。その性格の複雑性から考えてはたして従来の研究委員会の形のものが実現可能かどうか十分検討する必要がある。当分は委員長になりてがなさそうなので、牧島が世話人となって設立準備会を開くことにした。出席者の便をはかり関東、中部及び関西地区で広く研究者に呼びかけ、非公開で討論をした。現在までに、

1. 関東における準備会

日時 昭和54年8月27日午後

場所 繊維学会事務室

2. 中部における準備会

日時 昭和55年3月28日午後

場所 日本化学繊維協会名古屋事務局会議室

3. 関西における準備会

日時 昭和55年4月18日午後

場所 京都市染織試験場

の三ヶ所で準備会が開かれた。議題は(1)風合についての自由なご意見, (2)本会の運営についてのご意見を伺い, それについて討論した。その結果 (A) 風合についての適切な定義, 説明はない, (B) したがって広い自由なワクの中での風合論義はいつまでやっても不毛のままで終るであろう, (C) また風合という言葉にとらわれしないで, これに直接関係のあるもっとせまいけれども明確に定義されたテーマについての議論の方がやり易いこと, (D) さしあたり実用的な側面及び学問的なそれに関係のあるテーマを考えることにした。また (E) 風合判定の経験をもてるようなサンプルの必要性を主張する人もあった。
(55. 4. 20. 文責牧島)