

Title	再回折光学系を用いた物体の位相分布の測定とその応用
Author(s)	永田, 良
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/29027
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	永 田 良 <small>なが た りょう</small>
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 7 6 6 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 6 月 21 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	再回折光学系を用いた物体の位相分布の測定とその応用
論文審査委員	(主査) 教 授 篠 田 軍 治
	(副査) 教 授 城 憲 三 教 授 吉 永 弘 教 授 藤 田 茂
	教 授 千 田 香 苗 教 授 杉 山 博 教 授 庄 司 一 郎
	教 授 吉 岡 勝 哉 教 授 竹 内 竜 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、再回折光学系において回折面を適当に操作することにより、物体の位相構造の定量を行なうことを述べたもので、広い意味での Schlieren 法である。

物質の屈折率の変化、厚みの変化、また表面形状は、これを透過またはこれから反射する光波に位相差を生ぜしめる。この効果を利用して物質の光学的位相構造を測定する方法に干渉位相差法と Schlieren 法があげられる。前者は Tolansky による超微小位相差の測定を目的としたくり返し干渉法によって著しく精度が向上された。しかし、この方法の欠点として、位相差の変化が大きくて縞の極端に密集した部分の測定は困難であり、縞の分布の観察だけでは凹部と凸部の識別はできない。また温度や空気流による影響が大きく測定技術がむづかしい。

他方、Toepler によって始められた Schlieren 法は、感度の良いことを利用して種々の方面に利用されてきたが、主として如何なるパターンが得られるかという定性的な測定が目的であった。この方法による定量の試みは少なく、位相差がきわめて大きく幾何光学的に解釈できる場合だけに限られていた。

一方、通信理論の光学への導入は、像形成理論に顕著な進展をもたらし、応用面においても種々の成果があげられた。

著者は、最近の結像理論を適用して再回折光学系における Schlieren 効果を解析し、その結像関係を利用して物体の光学的位相構造の定量を試みた。そして在来の Schlieren 法を一般化し、種々の操作によって、干渉位相差法の欠点を補うことができた。

第一章には、再回折光学系における像形成理論を述べたが、積分演算の困難を避けるために、位相構造を示す関数 Taylor を展開して、試料の位相分布、回折像、像強度等について定量関係を明らか

にした。

第2章では、前章の理論から回折像の一部がマスクによって遮られると、試料の等位相勾配曲線に相当する輪郭をもつ像が得られる。このことを利用して、マスクの移動に応じて写真を撮って等位相勾配曲線群を求め、これによって位相勾配が定量的に求められることを述べた。

第3章は前章の方法の歪測定への応用である。この方法によれば、光弾性法のように結果が試料の材質に左右されるような欠点がなく、測定域がきわめて大きいことを指摘することができた。また、この方法で主応力と和が求められるので、光弾性法を併用し、後者によって主応力の差を求めれば、二次元応力の解析が容易であることを述べた。

第4章は、応力その他試料に与えた外力による屈折率変化の影響について述べたが、一般に屈折率変化の少ないこと、またこれが厚み変化と重なっている場合には浸液その他の方法で分離できることを指摘した。また反射光学系を使用して、試料の表面形状の測定が可能であることを言及した。

第5章においては、この測定法による定量誤差、測定限界、感度について理論的考察を加えて実際の例について検討したが、この方法による測定精度、感度ともにきわめてよいことがわかった。

第2章で述べた方法は、測定に手数がかかり、動的現象の測定が困難である。これらの欠点を補うため第6章以下第10章までに示すような若干の方法を試みた。

第6章では、マスクを回折面内で等速度で移動するとき得られる写真像の濃度分布より、位相勾配が定量できることを示した。

第7章においては、回折面に光学楔を利用する方法を述べた。光学楔を透過して得られる像の強度分布を測光して位相勾配を定量することができ、動的現象の測定に有効であることを指摘した。また、階段状の位相構造の検出が可能で、結晶のスリップや双晶境界の検出の例を示した。

第8章では、位相差が光の波長に比して小さい場合、回折面に half stop をおいて得られる像の強度分布の Hilbert 変換が近似的に試料の位相分布に等しいことを指摘し、応用としてブロックゲージ表面のうねりの測定を行なった。

第9章では、光源に多色光を用いて得られる像の色相分布より、位相勾配の分布を定性的に観察でき、かつ定量できることを述べた。

第10章では、試料の位相分布が周期的に変動する場合について考察し、マスクの移動によって位相構造を定量する方法を述べた。

第11章では、前章までに述べた方法の応用として、熱伝導の測定、工作物の表面形状の測定などの例をあげ、その他種々の分野への応用の可能性を示した。

結論として、従来の干渉位相差法と比べると、次のような特徴があることが挙げられる。測定域および測定視野が大きく、装置の操作が簡単である。色相の分布により、凹部と凸部の弁別が可能であり、同時に色相または濃度の分布によって位相構造を直視できる。位相差がきわめて小さいときも、広い視野で観測できる。また位相勾配をとり出すので、試料がきわめて薄い場合も測定できる。干渉法に比べて応用面が広く、また測定技術が比較的簡単なので、現場における使用も可能であり、工業的に十分利用できると思われる。

論文の審査結果の要旨

本論文は序論，11章，総括その他からなっている。

序論では，本論文は再回折光学系において回折面を適当に操作することにより，物体の位相勾配の定量を行なうもので，広い意味での Schlieren 法であるが，Schlieren 法は古くから広く応用されているにもかかわらずその定量化の研究が極めて少ないこと，著者は最近の結像理論を使ってこの問題を研究し，第1章以下に述べるような操作によって Schlieren 法の一般化と定量化に成功したと述べている。

第1章は光学系の結像理論に関するもので，位相構造を示す関数を Taylor 展開して，位相分布と回折像，強度の間の定量関係を見出だしている。

第2章では，前章の理論を実験に移す問題を取扱い回折像の一部をマスクで遮ると，等位相勾配曲線に相当する輪郭をもつ像が得られるので，マスクを移動して等位相勾配曲線群を求めると位相勾配を定量することができると述べている。

第3章は前章の方法の歪測定への応用に関するもので，光弾性との併用によって，光弾性法の欠点を補う方法を示している。

第4章は屈折率変化の影響を論じたものであるが，反射光学系を使うと試料表面形状の測定が可能であることも言及している。

第5章では定量誤差，感度等を論じている。

第6章から第10章までは，測定時間を短縮する方法に関するものであり，第6章では回折面内でマスクを等速度で移動させることにより写真像の濃度分布から位相勾配が定量されることを示している。

第7章は前章の方法よりも更に測定時間を短縮するために光学楔を使う方法を述べたもので，これによって動的現象の測定も可能であること，結晶面の迂りのように位相差が階段状に変化している場合にもこの方法が適用できることを指摘している。

第8章は感度の向上に関するもので，回折面に half stop をおいて得られる像の強度分布の Hilbert 変換が近似的に試料の位相分布に等しいことを指摘し，位相差が光の波長に比して小さい場合も適用できることを述べている。またこの方法を金属の精密仕上面に適用して，顕微干涉計法などと比較して，多くの利点があることを明らかにしている。

第9章は光源に多色光を用いた場合を述べたもので，色相分布の利用が多くの利点をもつことを指摘している。

第10章では，位相分布が周期的に変動する場合にもマスクの移動によって位相構造を明らかにすることができると述べている。

第11章は応用に関するもので熱伝導の測定，工作物の表面形状の観測などの結果を示している。

総括には以上の結果を要約して述べてある。

Schlieren 法は感度がよいので古くから各方面に応用されていたが、その定量化の問題は長い間顧みられていなかった。著者は近代の結像理論を応用すればその定量化も可能であろうと考え、回折面におかれたマスクの位置に対応する像の輪郭が等位相勾配曲線を示すことを明らかにし、マスク移動によって位相分布を求める方法を見出だし、これを歪分布の測定その他に応用した。ついで測定の間を短縮する方法、half stop により感度をよくする方法、多色光源を使って精度を上げる方法などを考察しそれらの理論的ならびに実験的な研究を完成した。したがって、本研究の成果は長い間の懸案を解決し、工学研究に極めて有用な手段を提供した点にあって、学位論文として価値あるものと認める。