

中島伸治氏の論文紹介

中島伸治氏の受賞論文は下記のとおりである。

主論文：“Phase retrieval using the logarithmic Hilbert transform and the Fourier series expansion,” J. Opt. Soc. Am. A, 5 (1988) 257-262.

副論文：1) “Comparison of phase retrieval methods in computer experiments,” Jpn. J. Appl. Phys., 27 (1988) 244-252. 2) “Reconstruction of a real function from its Hartley-transform intensity,” J. Opt. Soc. Am. A, 5 (1988) 858-863.

近年、位相回復問題がX線回折、電子顕微鏡、光散乱現象、コヒーレンス論などの分野で興味の対象となり、多くの研究がなされている。位相回復問題とは、観測で得られるある波動場の強度分布から観測時に失われる波動場の位相分布を何らかの方法で直接に求めることである。この問題の特徴は、Zernikeの位相差法における背景光と散乱光の干渉やホログラフィにおける参照波と物体波の干渉を通して位相を強度変動に変えて位相を保存する方法と異なり、参照光などを用いない状態で強度分布と位相分布との関係を探り、強度から位相回復を目的とするものである。したがって、電子線、光、X線などのような振動数が高く、直接それらの波動場を観測することができない対象に対して位相回復は興味ある問題となる。

位相回復法は、主に二つの方向から研究が行なわれている。その一つは、解析関数の数学的性質を利用した位相回復法を考える方向と、もう一つは、既知の部分的情報から反復数値計算アルゴリズムにより位相再生を目指す方向である。前者の方法は、解の唯一性が理論的に保証されているが、二次元位相回復の実用的アルゴリズムの構成が困難であるという問題がある。一方、後者の方法は、実用的な二次元アルゴリズムを作りやすいが、収束解の唯一性の保証に問題が残っている。中島氏の研究は、この中で前者の研究に属するものであり、以下でその概要について述べてみよう。

ある有限な広がりをもつ一次元物体のフーリエ変換面上の振幅の絶対値と位相との間には、対数ヒルベルト変換の関係式が存在する。この式から位相を計算するためには、フーリエ変換面上の複素振幅関数を複素平面上に拡張した場合に生じる零点の位置を考慮する必要がある。しかし、振幅の絶対値のみからは零点の位置が決定できないという問題がある。本研究では、指数型振幅フィルターを物体にかけた場合とかけない場合の二つのフーリエ変換面上の振幅の絶対値から零点の位置を決定する方法を提案し、その有効性を一次元計算機シミュレ-

ーションで示した。一方、二次元位相回復は主に反復数値計算アルゴリズムによってのみ試みられていた。そこで、本研究の二次元位相回復法を二次元に適用するためのアルゴリズムの研究を行ない、その結果、本方法による二次元位相回復が可能であることを計算機シミュレーションで示した。しかし、零点の位置と振幅の絶対値との関係が非線形であるため、零点の数が多くなるにしたがって位置の決定が困難となる問題があった。そこで、零点を扱わず、直接に位相分布をフーリエ級数展開形で仮定し、その展開係数を指数型振幅フィルターによる二つの振幅の絶対値から、連立一次方程式の解として求める方法を提案している。この方法により、零点の位置決定法では取り扱えない二次元位相の回復が可能となった。本方法の特徴は、反復数値計算アルゴリズムとは異なり、二次元においても解の唯一性が理論的に保証されているという点である。また、関数のエルミート性を本方法に入れることによって、実関数のハートリー変換における位相回復問題が解けることを明らかにしている。実際問題への応用としては、天体スペックル干渉法における観測データに本方法を適用し、二重星の像再生が可能であることを確認している。

強度分布からの位相回復問題は、今まで一般に光学の分野で強度と位相を切り離して考えてきたことに対して、強度分布に含まれる情報の意味を再検討することを求めたものとして重要である。この問題では主に反復法に基づく位相回復に研究の重点が置かれているが、中島氏は解析関数の数学的性質を利用した位相回復法の研究を行なってきたおり、かつその方法を二次元へ拡張することに成功した功績は大きい。現在、解析関数に基づく位相回復法の研究を行なっている研究者は少なく、その中で中島氏は確実に成果を上げてきた数少ない優秀な若手の研究者である。同氏に今後期待することは、同氏が展開してきた位相回復法を種々の画像処理や計測へ応用することを発展させていただきたいことである。

中島氏は、北大工学部電子工学科を卒業後、同大学院電子工学専攻修士および博士課程を修了し、現在は静岡大学短期大学部助教授である。受賞対象となった研究は、同氏の学位論文研究に始まり、それを強力に発展させて今回の受賞となった。同氏が、若くして多くの研究成果をあげつつあることは、本人の絶えざる研究意欲と優れた能力によるものであり、今回の受賞を励みにいっそうの大きな飛躍を期待したい。

(北大応電研 朝倉利光)