

# Kossel 線を用いたコロイド結晶の光学的測定

大阪大学大学院 理学研究科 山田尚史<sup>1</sup>  
 京都産業大学 理学部 曾我見郁夫, 愿山 毅  
 大阪大学大学院 生命機能研究科 吉岡伸也, 木下修一

## 1 はじめに

多くのコロイドは粒子が不揃いであり、白濁した状態であるが、粒子径の分布の狭い単分散コロイドを用いた場合、分散媒中に含まれるイオン濃度を極度に低くした条件下で自己組織化し規則的に配列した構造を形成する。これがコロイド結晶と呼ばれる状態である。

コロイド結晶は格子定数が 500nm ほどであるため可視光で Bragg 反射を起こし、白色光源の下で虹色に輝くのが観測される。これは 3次元フォトニック結晶であり、このような構造が自己組織化により形成されていることは注目に値する現象である。

本実験では、コロイド結晶における光の散乱、回折の機構を明らかにするため、Kossel 線および透過光の偏光特性を系統的に調べたので報告する。

## 2 実験

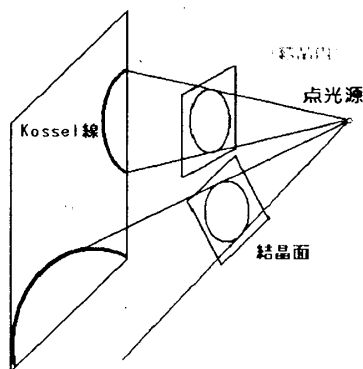


図 1: Kossel 線の原理

試料の単分散コロイドゾルは粒径 130nm のシリカコロイドを使い、コロイド結晶の主な測定手段としては、レーザーを光源とする Kossel 線構造解析の方法を用いた。レーザーからのビームをレンズで試料の単結晶領域に集光したときに、結晶内部での散乱が点光源となり、発生した球面波がコロイド結晶の結晶面を通過する。このとき Bragg 条件を満たす光は反射されるため、スクリーン上には円錐曲線状に影が投影され、この影を Kossel 線と呼ぶ。

実際には影の外側が明るくなり黑白線として観測されるが、その機構は動力学的回折理論で説明される。Kossel 線を利用して構造解析を行うことができるが、この方法は反射スペクトルを計測する方法より、精度と取り扱いやすさにおいて優れている。

コロイド結晶と光の相互作用を調べるため、Kossel 線の偏光特性の実験を行った。この実験は直交した 2 枚の偏光板の間に試料を挿入し、偏光板の外側に光ファイバーを用いた点光源を配置して、透過光の描く

<sup>1</sup>E-mail:yamadah@mph.phys.sci.osaka-u.ac.jp

Kossel 線をフィルムに撮影した。また、白色光源やレーザーを光源として、コロイド結晶の光学的性質を多角的に測定した。

### 3 結果

図2、図3は試料の前後に2枚の偏光板の偏光方向をそれぞれ図中の in、out の線の方向に配置したときのパターンをフィルムに撮影したものであり、白い線が Kossel 線である。2枚の偏光板は直交しているにもかかわらず、Kossel 線は明確に見えている。このことから、Kossel 線上で偏光の向きの変化が起きていることがわかる。また、方向によっては Kossel 線の一部が消失している部分もあるが、これは偏光板を  $60^\circ$  回転させた図3と比較することでよく分かる。

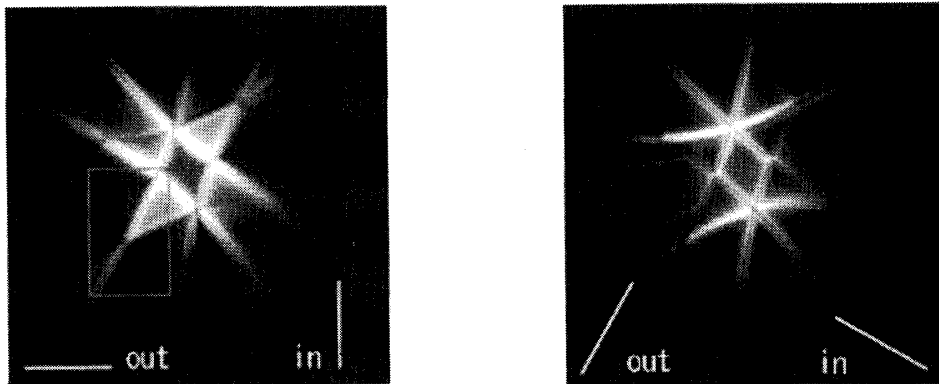


図2: 偏光板2枚を直交する向きで入れた場合の Kossel 線。 図3: 2枚の偏光板をともに  $60^\circ$  傾けた場合の Kossel 線。

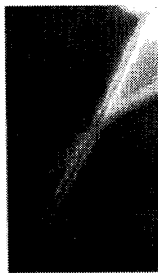


図4: 図2の四角の領域の拡大写真。Kossel 線が2重になっている様子が分かる。

このような Kossel 線の偏光特性は、コロイド粒子の粒径が Mie 散乱の効果が出始めるサイズであるため、その多重散乱の際に偏光方向が変化しているとして考えることができる。このような振る舞いは光の波長に近い粒径のコロイド粒子を用いることによって初めて見られた現象である。

図4は図2の拡大写真であり、Kossel 線が2重になる興味深い現象が観察された。このようなパターンが現れる現象の解明は今後の問題である。

### 参考文献

- [1] A.K. Arora, B.V.R. Tata, Ordering and Phase Transitions in Charged Colloids, John Wiley & Sons, (1996).