

Optics & Photonics Japan 2010

Post-Deadline 論文集

November 8-10, 2010

中央大学 駿河台記念館

◆ 主催 ◆

社団法人応用物理学会 分科会 日本光学会

The Optical Society of Japan An Affiliate of Japan Society of Applied Physics

◆ 協賛 ◆

映像情報メディア学会, 応用光学懇談会, 応用物理学会光波センシング技術研究会,
応用物理学会新画像システム研究会, 応用物理学会フォトニックICT研究会,
画像電子学会, 計測自動制御学会, 情報処理学会, 照明学会, 精密工学会, 電気学会,
電子情報通信学会, 日本オプトメカトロニクス協会, 日本化学会, 日本眼光学学会,
日本機械学会, 日本高圧力学会, 日本視覚学会, 日本色彩学会, 日本写真学会,
日本生物物理学会, 日本赤外線学会, 日本天文学会, 日本非破壊検査協会,
日本物理学会, 日本分光学会, 光化学協会, 光産業技術振興協会, レーザ・レーダ研究会,
レーザー学会, レーザ顕微鏡研究会, OSA, SPIE, OSK

白色紙上におけるインクの見栄えに対する凝集の影響 Influence of agglutination on appearance of ink on white paper

土屋幸治¹⁾, [○]ニコライ・キリロフ¹⁾, K. Bartkiewicz²⁾, S.V. Ershov³⁾, S. G. Pozdnyakov⁴⁾, A.G. Voloboy³⁾

Koji Tsuchiya¹⁾, [○]Nikolay Kirilov¹⁾

株式会社インテグラ¹⁾, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University²⁾, KIAM, Russian Academy of Sciences³⁾, Moscow Engineering Physics Institute⁴⁾
Integra Inc.¹⁾

E-mail: tsuchiya@integra.jp

We investigated the influence of agglutination of pigment particles on appearance of ink printed on a white paper. The agglutination patterns were generated by simulating thermal motion of pigment particles and inter-particle interaction. The appearance of the ink layer on a white paper was calculated in the framework of scalar diffraction theory using a computer program. The program provides integrated visual computing environment for analysis of light scattering in advanced coatings.

1. はじめに

インクの光学特性を物理的に正確にシミュレーションするという課題は簡単に片付けられるものではなく、ランベルト・ベールの法則といった単純な吸収則を適用するだけではこれを十分に行うことができない。その理由として、インクが理想的に均質な物質ではなく、バインダー内に小さな顔料粒子が存在しているという懸濁液の様相を呈している点が挙げられる。これらの顔料は、塗料において用いられているそれと比較してより小さなものではあるが¹⁾²⁾、かと言ってその大きさを無視し、インクの媒質を均質なものとして扱える程には小さくはない。したがって、インク層における光の反射や透過を計算するには、これらの粒子による回折問題を解かねばならない。

この時、凝集効果の存在は非常に重要な意味を有する。微少な粒子により生じる光の散乱は相当に弱いものである一方、これらの粒子がクラスター状に結合した場合、そのクラスターはより大きな有効粒子のように振る舞うため、結果的に光の散乱特性は異なるものとなる。

これらの事から、我々は本研究に必要な作業を大きく次の二つに分解した。(1)シミュレーション領域内における粒子の分布を、凝集が存在する場合と存在しない場合のそれぞれについて求める。(2)求められたそれぞれの粒子分布について、光回折の計算を行う。

凝集過程の物理的に正確なシミュレーションは、分子レベルの粘性流体力学に係る非常に複雑な問題であり、分子レベルでの化学親和力を考慮する必要がある事に加え、常に既知であるとは限らないハーマーカ一定数³⁾といった、物理的及び化学的な多くの係数が絡んでくる。このため、本研究においては、理想化されたブラウン運動と、インクの粘性や顔料材質の比重といった幾つかの一般的な物理係数のみを必要とする粒子間相互作用にのみ着目し、これらに基づき構築された凝集課程の単純なモデルを適用することによって凝集状態を再現した。このモデルは高度に理想化されたものではあるものの、文献³⁾において報告されているものと同様のインク層の幾何形状が得られた。

2. 原理

本研究においては、光学シミュレーションを目的としたインク層の幾何形状を、次の二つの段階により作成した。まず始めに、顔料粒子が統計的に一様に分布していると見なすことが可能な、粒子の三次元的な空間分布を作成する。次に、粒子が衝突した場合にのみ(ある確率を持って)結合し、一定の距離においては引き合わないという、凝着粒子の不規則な熱運動をシミュレーションする。これは高粘性物質内における(親水・疎水性のような)親和力の良い近似となる。

本研究で使用したモデルにおいては、粒子または(複数粒子の結合により構成された)クラスターの運動は、確率的デルタ関数力下におけるブラウン運動となっている。ただし、回転拡散については無視している。これらの運動方程式は、期待される凝集の度合いに達するまで数値積分される。これらの一連の処理を行った結果として得られる粒子群の幾何形状が、スカラー波動光学シミュレーションにおいて用いられる。

なお、印刷されたインクの光学シミュレーションを光の完全なベクトル記述に基づいて行うことも可能ではあるが、その場合に要する計算時間は膨大なものとなる一方、印刷されたインクのような確率的構造