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

9pPD3

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. Bartkiewicz[2)], S.V. Ershov[3)], S. G. Pozdnyakov[4)], A.G. Voloboy[3)]
Koji Tsuchiya[1)], ○Nikolay Kirilov[1)]

株式会社インテグラ[1)], Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University[2)], KIAM, Russian Academy of Sciences[3)], Moscow Engineering Physics Institute[4)]
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無い。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ー定数[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

については、そのスカラー回折理論に対する優位性は殆ど無い[2)]。

本研究においては、(株)インテグラが開発した、スカラー回折理論に基づき処理を行うコンピューター・プログラムである「Ink Simulator」を用いた。この Ink Simulator は、任意のインク層について周波数領域においてスカラー回折問題を解くものである[2)]。また、インクが印刷される紙材質を任意のものとすることができるよう、インク層について得られた計算結果を後処理する機能も備えている。このプログラムの出力は、任意の紙の上に印刷された状態でのインク層の双方向反射分布関数（BRDF: Bidirectional Reflectance Distribution Function）が記録されたファイルと、その BRDF を視覚化したものから成る。

インクの見栄えのシミュレーションの対象として青色の顔料を選択し、その屈折率は実数部を 1.4、虚数部については波長毎に異なる値を設定した。

3．実験

本研究において採用した凝集のモデルは、高度に理想化されているものではあるものの、様々なコロイドにおいて同様の凝集メカニズムが普遍的に見受けられる[4)]。本研究において人工的に再現した凝集状態と、現実に存在する凝集状態とを視覚的に比較することにより、これを確認することができよう（Fig.1 参照）。

我々は青色の顔料について三つの異なる度合いの凝集状態を生成し、Ink Simulator を用いて各々の組成に対する見栄えのシミュレーションを行った。シミュレーションにおいては、粒子の体積密度（PVC）を 15%、シミュレーション領域の大きさを 5.12×5.12×0.5μm とし、白色の平行照明を用いた。シミュレーション結果として、白色紙上における印刷されたインクの見栄えを得た（Fig.2 参照）。

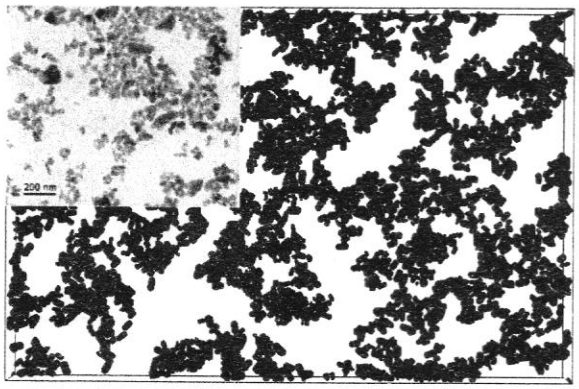

Fig.1 Superimposed TEM image of CuPc pigment particles over corresponding computer generated geometry (TEM image reprinted with permission from Ref.3. Copyright (C) American Chemical Society).

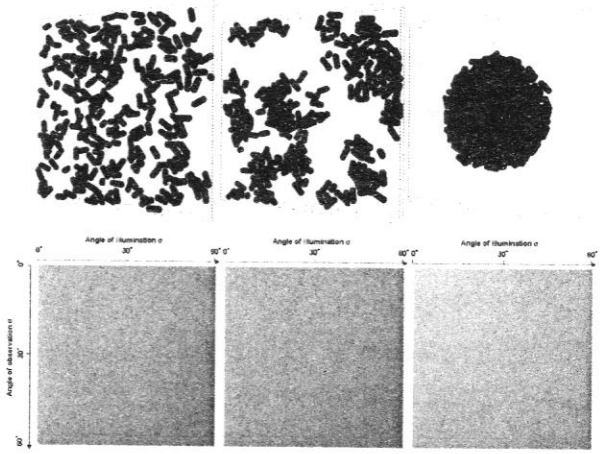

Fig.2 Influence of agglutination of blue pigment on appearance of ink. From left: (a) no agglutination, (b) agglutination (mean cluster size 10% of total particles), (c) An extreme case - single cluster.

4．おわりに

本研究は、凝集状態を有するインク層と、そのインク層が白色紙上に印刷された場合における見栄えの双方を、コンピューター・シミュレーションにより再現が可能なことを示すものである。本研究のシミュレーション結果は、凝集効果が印刷されたインクの最終的な見栄えに影響することを示している。

文献

1) A.G. Voloboy, S.V. Ershov, S.G. Pozdnyakov, KIAM Preprint № 75, (Moscow, 2009).
2) A.G. Voloboy, S.V. Ershov, E.S. Klyshinsky, S.G. Pozdnyakov, KIAM Preprint № 92, (Moscow, 2008).
3) Y. Zhao, H.T. Ng, and E. Hanson, J. Chem. Theory Comput., 6, 491 (2010).
4) M. Y. Lin, H. M. Lindsay, D. A. Weitz, R. C. Ball, R. Klein, P. Meakin, Nature (London) 339, 360, (1989).

◆◆◆◇◇◇◆◆◆◇◇◇ Optics & Photonics Japan 2010 委員会 ◇◇◇◆◆◆◇◇◇◆◆◆

実行委員会

委員長	加藤　純一(理化学研究所)		
副委員長	谷田　純(大阪大学)	小野寺理文(職業能力開発総合大学校)	
会場・アルバイト	辻　俊彦(キヤノン)	徳永　英司(東京理科大学)	
	西舘　泉(東京農工大学)	氏家　知子(ニコン)	
広報・展示	津村　徳道(千葉大学)	鈴木　裕之(東京工業大学)	
	式井　慎一(パナソニック)	波多野　洋(コニカミノルタオプト)	
プログラム	吉川　宣一(埼玉大学)	西田　浩幸(オリンパス)	
会計・登録	向井　香織(ニコン)	溝上　陽子(千葉大学)	西畑　純弘(富士フイルム)
国際担当	西村　吾朗(北海道大学)		

プログラム委員会

委員長	庄司　一郎(中央大学)		
副委員長	美濃島　薫(産業技術総合研究所)		
委　員	芦原　聡(東京農工大学)	岡田　英史(慶應義塾大学)	白土　昌孝(東芝)
	羽石　秀昭(千葉大学)	早崎　芳夫(宇都宮大学)	早瀬　潤子(慶応義塾大学)
	藤村　隆史(東京大学)	藤田　克昌(大阪大学)	的場　修(神戸大学)

推進委員(五十音順)

相津　佳永(室蘭工業大学)
赤尾　佳則(警察庁科学警察研究所)
荒木　勉(大阪大学)
有本　英伸(産業技術総合研究所)
粟津　邦男(大阪大学)
石井　明(香川大学)
石井　行弘(東京理科大学)
井出　昌史(シチズンホールディングス)
伊藤　雅英(筑波大学)
今井　洋(茨城大学)
岩井　俊昭(東京農工大学)
魚住　純(北海学園大学)
梅田　倫弘(東京農工大学)
裏　升吾(京都工芸繊維大学)
近江　雅人(大阪大学)
大津　元一(東京大学)
大坪　順次(静岡大学)
大山　永昭(東京工業大学)
岡嶋　克典(横浜国立大学)
小島　伸俊(花王)
片山　龍一(NEC)
河田　聡(大阪大学)
鬼頭　勤(NTT)
久間　和生(三菱電機)
黒川　隆志(東京農工大学)
笹木　敬司(北海道大学)
佐藤　俊一(防衛医科大学校)
佐藤　学(山形大学)
栖原　敏明(大阪大学)
関谷　尊臣(HOYA)
高橋　信明(防衛大学校)
高山　佳久(情報通信研究機構)
竹内　淳(早稲田大学)
武田　光夫(電気通信大学)
立野　公男(日立製作所)
田中　康弘(パナソニック)
槌田　博文(オリンパス)
富永　昌治(千葉大学)
中内　茂樹(豊橋技術科学大学)
中島　啓幾(早稲田大学)
中楯　末三(東京工芸大学)
西澤　典彦(大阪大学)
西堀　眞弘(国際医療福祉大学)
野村　孝徳(和歌山大学)
萩行　正憲(大阪大学)
日比野　謙一(産業技術総合研究所)
藤田　克昌(大阪大学)
本多　徳行(キヤノン)
松本　弘一(東京大学)
的場　修(神戸大学)
宮澤　佳苗(伊藤光学工業)
森　勇介(大阪大学)
森本　朗裕(立命館大学)
山内　泰樹(山形大学)
山口　雅浩(東京工業大学)
山本　昇志(東京都立産業技術高等専門学校)
山本　雄一郎(東芝)
吉田　文昭(コニカミノルタオプト)
若木　守明(東海大学)
和田　修(神戸大学)

Optics & Photonics Japan 2010 Post-Deadline 論文集
Optics & Photonics Japan 2010 Post-Deadline Abstracts
2010 年 11 月 8 日－10 日　中央大学 駿河台記念館
November 8-10, 2010　Chuo University Surugadai Memorial Hall, Tokyo, Japan

2010 年 11 月 8 日　発行
発　行：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
〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-12-3 井門九段北ビル 5 階（電話 03-3238-1041）
Optics & Photonics Japan 2010 事務局　株式会社アドスリー

© The Japan Society of Applied Physics 2010　無断転載を禁ず