

不規則かつ均質なドットパターンを生成する 手法とその光学部材への適用

Method for generating uniform irregular dot patterns and its application to optical devices

○井手剛, 沼田英俊, 水田秀行, 平洋一

○Tsuyoshi Idé, Hidetoshi Numata, Hideyuki Mizuta, Yoichi Taira

鈴木優*, 野口通一*, 勝義浩*

Masaru Suzuki, Michikazu Noguchi, Yoshihiro Katsu

IBM 東京基礎研究所, インターナショナルディスプレイテクノロジー*

IBM Tokyo Research Laboratory, International Display Technology*

We developed a new technique for generating uniformly distributed dot patterns by using a novel theoretical approach. The technique is useful for optical devices and digital halftoning technologies. We demonstrate that the new pattern of micro scatterers effectively prevents moiré patterns and luminance uniformity in a backlight unit of liquid crystal displays.

1. はじめに

微小な点ないし構造（ドットと総称する）を不規則かつ一様に分布させる問題は、濃淡画像の2値化問題[1]をはじめ工学のさまざまな分野に現れる。光学の分野では例えば、液晶ディスプレイ（LCD）に使われるバックライトに適用例が見られる（Fig.1）。プリズムシートや液晶セルといった規則的パターンを含む部材との光学的干渉を防ぎ、また、液晶セル上の輝度分布を一様にするために、導光板の下面には、充填率が連続的に変化する不規則ドットパターンが使われる。

構造上、このドットパターンはバックライト装置の光学的品質に支配的な効果を持つため、従来さまざまな技術が提案されてきた。本講演では、不規則性と一様性を、導光板に適用可能な程度の高い水準において両立させ、なおかつ自在に充填率分布を制御できるドットパターン生成手法を紹介し、導光板への適用例について述べる。

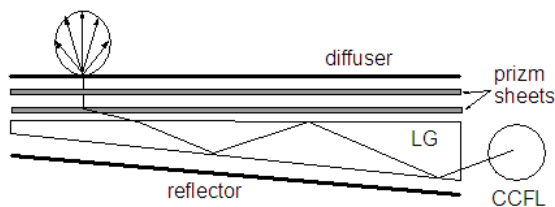


Fig.1 Conventional structure of backlight units of LCDs. Irregular dot patterns are usually fabricated on the bottom surface of the light guide (LG).

2. ドットパターン生成手法

ドットの分布の非一様性を示す指標として、われわれはディスクレパンシー（discrepancy）という量に注目する。 $0 < x, y \leq 1$ で定義された矩形領域について、ディスクレパンシーは、以下のように定義される[2]。

$$D_N = \sup_{(x,y) \in [0,1]^2} \left| \frac{\#E(x,y)}{N} - xy \right|$$

ここで $\#E(x,y)$ は、線分 $(0,0)-(x,y)$ を対角線とする矩形領域に入る点の数で、 N は全体の点の個数である。

都合のよいことに、このように定義された非一様性について、数学的にその上限が定められた点列のクラス、すなわち **low-discrepancy sequences (LDS)** が存在し、適当な数学的操作で見かけ上不規則性を導入できることが知られている。LDS と擬似乱数の一様性の違いを Fig.2 に示す。図から LDS が擬似乱数に比べ一様に勝ることは明らかであろう。

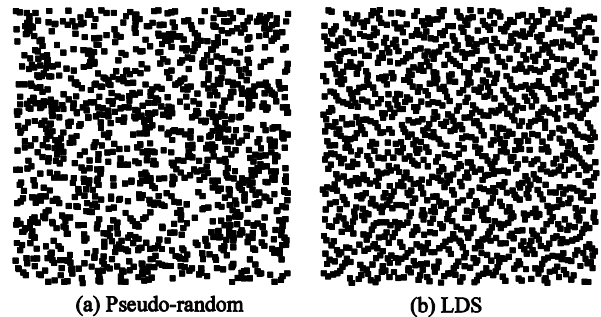


Fig.2 Comparison of the LDS with pseudo-random numbers.

LDSにより生成したドットパターンは高い一様性を持っているが、ドット間に重なりが見られそのままでは光学的な用途に耐えない。そこで、ドットの集合を斥力的に相互作用する粒子系と見て、その多体問題を解くことでパターンを最適化する。これは、初期パターンに対し、ドット間隔の分布関数の主ピークの半値幅を著しく狭めるような短距離秩序を導入することを意味する。相互作用のレンジを十分短く制限すれば、全粒子系の配置に長距離秩序が導入されることはなく、結果として不規則性と一様性が保証される。なお、多体相関は、準静的な変位を仮定した上で、平均場近似により処理すれば十分である。我々のドットパターン生成手法を以下ではDLDS (dynamical LDS) 法と呼ぶ。

3. LCD への適用

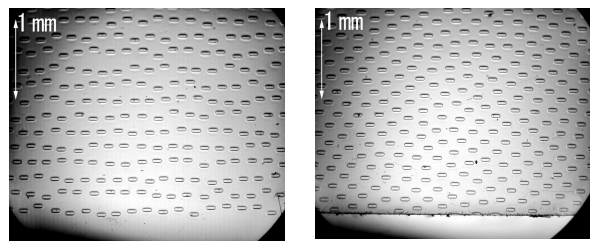
DLDS法をLCDの亚克力製導光板に適用した[3]。この導光板の上部にはプリズム構造が直接成型してある。下面の散乱体は寸法 0.1×0.03 mm の矩形の窪みであり、DLDS法で生成された座標データをもとに、フォトリソグラフィにより生成した。

Figure 3 にこの窪みの分布を、擬似乱数を用いた従来技術 (PRP=pseudo-random perturbation) との比較で示す。この PRP 法は最初にある規則格子を生成し、その格子点に対して擬似乱数で変位を与え、ドットの重なりがあった場合はもう一度乱数で変位を与える、といった過程を繰り返すものである[4]。図に示すように、この方法ではドット間隔に不揃いが見られる。また、充填率が高くなるにつれドットが整列する傾向にあり、モアレ防止の観点から好ましくない。一方、DLDS法によるパターンでは、ドット間隔がほぼ一様であるにもかかわらずその配置には十分な不規則性があり、視覚的に好ましい結果が得られている。

導光板下面のドットパターンは、バックライトの輝度一様性に直接関係するために、ムラやドット間の異常接近に極めて敏感である。Figure 4 は、Fig.3 に示した導光板の両者に液晶セルを載せた時のスナップショットである。従来手法では、出発点とした規則格子の配列が長距離秩序として残存しがちであるため、それと液晶セルの画素ピッチが干渉してモアレが生じているが、DLDS法ではそのような問題がなく、高い輝度一様性が達成されていることがわかる。

5. まとめ

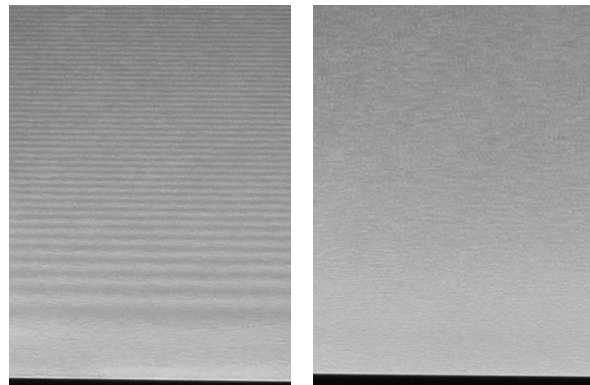
ディスクレパンシーという新しい非一様性の指標に注目し、古典力学的多体相関モデルに基づく不規則ドットパターンの生成方法について提案した。本手法は、不規則性と一様性の両立を極めて高い水準で達成している。本手法を、LCD に対して適用し、モアレ防止お



(a) PRP method

(b) DLDS method

Fig. 3. Snapshots of the dimple patterns using (a) the PRP method and (b) the DLDS method.



(a) PRP method

(b) DLDS method

Fig. 4. Snapshots through an LC cell using (a) the PRP method and (b) the DLDS method.

よび輝度一様性向上に、明瞭な効果があることを実験的に確認した。

ここでは紙幅の都合上触れなかったが、本手法は、その柔軟な充填率追従性能により、たとえば LCD の散乱板上の遮光印刷パターンや、フォトマスク用のフィルタとしても好適に用いることができる。また、濃淡画像の 2 値化問題に対しても有効な手法となりうる。これらについてもいずれ報告予定である。

文献

- [1] R. A. Ulichney, Proc. IEEE, 76 (1988) 56.
- [2] S. Tezuka, "Uniform Random Numbers: Theory and Practice", Kluwer Academic Publishers, Boston, (1995).
- [3] T. Idé, H. Numata, H. Mizuta, Y. Taira, M. Suzuki, M. Noguchi, and Y. Katsu, "Moiré-Free Collimating Light Guide with Low-Discrepancy Dot Patterns", SID 02 Digest, 2002, to appear.
- [4] 谷口齊, 日良康夫, 森祐二, 日本国特許, 特開平 10-153779.