エンボス細線による木材の3次元光沢の模倣

一波状もくおよび鳥眼もくの光沢の模倣[†]

古瀬京子* 増田稔** 青田良明*

Imitation of Three Dimensional Glosses of Wood by Using Micro-Embossed Lines — Imitation of Glosses of Wavy Grain Figure and Bird's Eye Figure —

by

Kyoko FURUSE*, Minoru MASUDA** and Yoshiaki AOTA*

By using a PVC (polyvinyl chloride) sheet with micro-embossed lines, it was attempted to imitate the complicated gloss of wood figure which is generated from the three dimensional grain inclination. The results of the measurements of light reflection showed that the micro-embossed surface had extreme anisotropy of light reflection. This suggests that the change of direction of the embossed lines can be used for imitating the anisotropy of gloss figures of wood.

As the examples of application of the micro-embossed lines, the glosses of wavy figure of Japanese horse chestnut and bird's eye figures of maple were imitated. The former was well imitated by using the micro-embossed lines of combined sine curves of different wave lengths. The latter was also skillfully imitated by using embossed lines with three different directions which were determined by three photos of a wood sample taken from three different directions of lighting.

Key words : Wood figure, Glosses, Micro-embossed lines, Print, Imitation

1 緒 言

木材にはあたたかくて、上品なあるいは深みのある光沢があり、自然が創り出した芸術品ともいえる木目がある。何百年もの長年月を生きてきた大径木を大量に伐採することは、地球の自然環境保護が叫ばれている現在、今後ますます困難になるものと予想される。そこで、このような銘木級の深味のある木目を印刷によって、本物と見分けがつかないほどに作ることができれば、天然林の大径木の代替を果たすことができるであろうと考えられる。近年の印刷技術の進歩はめざましく、一見しただけでは本物の木なのか、印刷なのか見分けるのが困難な場合もある。しかしよく見ると本物の木は見る角度により光沢が変化し、一方、木目印刷はどこからみても同じに見える。¹⁾⁻⁵⁾ この光沢の特徴は、木材の組織構造に基づく3次元的な光の反射特性の差異に起因するものと考えられる。本研究では、この3次元的な特徴を多数の線状のミクロなエンボスで表現することを試み、基本的検討とその応用例を試みたので報告する。

2 微細凹凸直線群の反射特性

2・1 写真撮影による反射特性の観察

幅 32 μm あるいは 64 μm 、深さ 15 μm の微細凹凸直線群（エンボス細線群）の金型をエッチング法により作製し、この金型を用いて PVC（ポリビニルクロライド）シートをエンボス加工した。PVC シートの断面形状を Fig. 1 に示す。

Fig. 1. A microscopic photo of a cross section of micro-embossed PVC sheet.

Fig. 2 に示すように場所によって微細凹凸直線群が異なる角度をもつ PVC シートを作製し、光源・細線状エンボス・視点の3者の位置関係とエンボスの角度の組合せがどのような条件を満たした時、照り（あるいは光沢）が生じるかを観察した。Fig. 2 および Fig. 3 にその例を示す。Fig. 2 の場合、水平に対して 90° 方向に細線が走るエンボスが最もよく光っているのが観察される。これは Fig. 4 に模式的に示すようにエン

[†] 原稿受理 平成 5 年 3 月 11 日 Received Mar. 11, 1993

* 大日本印刷(株) 〒616 京都市右京区太秦上刑部町, Dainippon Printing Co. Ltd., Ukyo-ku, Kyoto, 616

** 正会員 京都大学農学部林産工学科 〒606-01 京都市左京区北白川追分町, Dept. of Wood Sci. & Tech., Kyoto Univ., Sakyo-ku, Kyoto, 606-01

Fig. 2. Difference of glosses of micro-embossed lines with different directions.

The upper figure shows positions of a light (L), a sample (S), and a camera (C). The lower left figure shows directions of micro-embossed lines. The lower right photo shows that strong gloss is observed at area of 90° in the center with this viewing position.

Fig. 3. Difference of glosses of micro-embossed lines with different directions.

The lower right photo shows that strong gloss is observed at area of 135° in the center, and, 120°, 135° and 150° around the central squares.

ボスの傾斜した凸面に当たった光の反射によるものと考えられる。また、左上の 0° の部分も光っているが、これは Fig. 5 に示すように、エンボスにほぼ平行に入った光でしかもカメラ方向に垂直な面をもっている部分が光っているものと考えられる。Fig. 3 は手前にカメラがある場合であるが、135°, 120°, 150° の部分が正反射条件を満たす位置関係にあるため光っているが、他は正反射条件を満たす面（微小凹凸面）がないため光っていない。以上のことから、エンボスの走行

Fig. 4. A diagram of reflection of light at micro-embossed lines oriented at 90° (perpendicular to the lighting direction).

Fig. 5. A diagram of reflection of light at micro-embossed lines oriented at 0° (parallel to the lighting direction).

角度をきめ細かく変化させたパターンをつくれば後に述べる Fig. 12 および Fig. 13 のような照りをもつパターンをつくり出すことが可能であることが推測できる。

2・2 反射特性の測定

細線状エンボスの反射特性の特徴を定量的に測定するため 3 次元変角光度計（村上色彩技術研究所 GP-200）を用いて計測を行った（Fig. 6）。Fig. 7 および Fig. 8 に測定結果例を示す。Fig. 7 は試片のあおり角

Fig. 6. A schematic diagram of three dimensional goniophotometer.

LS: light source, CD: condensor lens, ID: iris diaphragm, CL: collimator lens, S: specimen, TL: telescope lens, R: photo receptor, θ : direction of micro-embossed lines, θ_i : incident angle, θ_r : receiving angle, θ_{FL} : flapper angle

Fig. 7. Goniometric distributions of reflected light—in the case of $\theta_{FL}=0^\circ$. See Fig. 6. The lower figure shows precise distributions.

Fig. 8. Goniometric distributions of reflected light—in the case of $\theta_{FL}=30^\circ$. See Fig. 6.

がない，すなわち $\theta_{FL}=0^\circ$ の場合の測定結果である。 $\theta_i=45^\circ$ から投光しているので，当然ながら正反射方向である $\theta_r=45^\circ$ への反射量は大きい。この試片を真上すなわち 0° から見ると，エンボスの走向角 θ が 90° の場合が最も大きく，その他の角度の反射量は相対的に小さい。このことから Fig. 2 において走向角 45° よりも 90° がよく光っていたことが理解できよう。真上 $\theta_r=0^\circ$ から見る場合，反射量の絶対値としては $\theta_r=45^\circ$ 方向よりはるかに小さいのであるが， $\theta_r=0^\circ$ において走向角 $\theta=90^\circ$ が光って見える。これは，それぞれの観察面において相対的に大きな反射量をもっているところが光って見えるためであり，反射の絶対値はさほど影響がないことを示している。

Fig. 8 は試片のあおり角 θ_{FL} が 30° の場合の測定結果である。エンボスの走向角，あおり角，エンボスの表面での角度変化（断面曲線）などが複雑に関係するため，どの走向角をもつエンボスが光るかを予測する

Fig. 9. A diagram of reflection of light at micro-embossed lines oriented at $\theta=135^\circ$ and $\theta_{FL}=30^\circ$.

のは非常に難しい。この図より，正反射方向である 45° において走向角 0° のものが最もよく光るのは容易に理解できるが，受光角 -10° において走向角 135° のエンボスがよく光ることを理解するのは容易ではないかもしれない (Fig. 9)。しかしいずれにしてもエンボスの凹凸面で正反射した光がどちらの方向に向かうかを考えることにより，よりよく光る走向角を予測することは可能であることがわかる。

3 波状もくへの応用例

波状もく(空)とは，Fig. 10 に示すようなもくであり，繊維のもぐり角(板厚方向)が変化する (Fig. 11) ために生じる波状のもくをいう。このような波状の照りを細線状エンボスを用いて作るには，Fig. 12 (a) に示すような波長の異なる正弦波を組合わせたパターンを作製するとよいことが直感的に推測できる。例えば，Fig. 12 (a) のような波形のエンボスを作製すれば，Fig. 3 に示すような光源・試片・視点の位置関係にあ

Fig. 10. Typical examples of glosses of wavy figures of Japanes horse chestnut (*Aesculus turbinata* Blume).

Left photo: lighting from left.
Right photo: lighting from right.

Fig. 11. A schematic of grain direction of wood with wavy figure.

Fig. 12. Imitation of glosses of wavy figures.

a: a pattern of micro-embossed lines. b, c, d: simulated patterns (upper) and photos of glosses of micro-embossed lines. Configurations of a light, a sample and a camera are the same as Fig. 3 lighting from right for b, from left for c, and as Fig. 2 for d, respectively.

る場合 135° 前後のエンボスのみがよく反射することが予想される。照りのシミュレーション図とエンボスの実際の照りの状態の写真を比較すれば、両者がよく一致していることがわかる (Fig. 12 (b), (c), (d)). それゆえ、トチの木目印刷の上にこのようなエンボスシートをオーバーレイすれば、非常にリアルな本物そっくりの木目シートが得られることが期待できる。

4 鳥眼もくへの応用例

波状もくと異なり、鳥眼もくの場合は、Fig. 13 の上段に示すように照りのパターンが複雑であるため、どのようなエンボスパターンを作ればよいか予想するのが困難である。したがって以下の方法でエンボスパターンを作製することを試みた。クリア塗装したメイプルの鳥眼もくを、Fig. 2 に示すような光源・木材サンプル・カメラの位置関係（距離は Fig. 2 と異なるが）で、まず写真撮影を行う。つぎに、光源を右へ 60° および 120° 回転させて、Fig. 13 の上段に示すように照りの見え方の異なる合計 3 枚の写真を撮影する。この写真の明暗を画像処理装置 (IMAGER III サイテックス社) を用いて画素 6400×6400 (1 画素 $1/32 \text{ mm}$) のデジタルデータに変換し、この画像の明るい部分、面積にして約 $1/3$ を抽出し、2 値化画像を作製する (Fig. 13 第 2 段)。3 枚の 2 値化画像の白い部分に、おのおのの投光方向と直交する方向に微細凹凸直線群 (Fig. 13 第 3 段) を描き、この 3 枚の細線パターンを 1 枚の細線パターンに合成して最終的なエンボスパターンを得る (Fig. 13 第 4 段)。このパター

ンを用いて、金型を作り、PVC シートにエンボス加工を行う。

このようにして作製したエンボスによる照りの様子を Fig. 13 最下段に示した。実際の照りの見え方に、より一層近いエンボスパターンを作るには、異なる投光角度の数をさらに増すなどの工夫が考えられる。

5 結 言

以上、細い線状のエンボスの反射特性を調べ、光の入射方向と細線状エンボスのなす角および視点の位置関係により、どのような照りが生じるかを観察した。その結果、(1) 光の絶対反射量そのものより、光の相対反射分布が照りの見え方に関係すること、および (2) 3 次元的な繊維走向角の変化に伴う照りの異方性、細線エンボスの 2 次元的な角度分布を用いて表現できることを確かめた。その応用例として、まず波長と位相の異なる正弦波の組合せにより、波状もくの照りの異方性をうまく表現できることを確かめた。また、「いくつかの異なる方向からの投光による照りパターンの写真を基に、細線エンボスのパターンを作製する方法」を考え、鳥眼もくのような複雑な照りを表現することも可能であることを明らかにした。

このような細線状エンボスの反射特性を応用することにより、「3 次元的な繊維走向に伴う照りの異方性」に類似した見えをもつ本物そっくりの深味のある印刷シートが今後さらに巧妙に作られる可能性が広がったと考えられる。

本研究を行うにあたり有益なご助言とお励ましをい

Fig. 13. Imitation of glosses of bird's eye figures of maple.

First row: photos of a part of a sample lighted from left $\theta=0^\circ$ (180°), 60° (240°) and 120° (300°).

Second row: processed bit-images (white/black) using gray-scale threshold with which lighter one third of whole area becomes white.

Third row: schematic micro-embossed lines to express gloss corresponding to the above gloss or white area.

Fourth row: a combined pattern of the above three different micro-embossed line patterns.

Fifth row: photos of glosses of the PVC sheet with the micro-embossed line patterns lighted from left $\theta=0^\circ$ (180°), 60° (240°) and 120° (300°).

ただいた京都大学木材工学研究室佐道 健教授ならびに仲村匡司氏、試験体作製等にご協力いただいた大日本トータルプロセスの各位、反射測定にご協力をいただいた大日本印刷(株)建材研究所の石田誠一氏ならびに各位、本研究のとりまとめに際してご助力いただいた古瀬幹夫氏、以上の各位に対しここに深く感謝の意を申し述べる。

参 考 文 献

- 1) 加藤弘之, 増田 稔, 京都大学農学部演習林報告, **61**, 292 (1989).
- 2) 増田 稔, 加藤弘之, 堀尾慶彦, 京都大学農学部演習林報告, **61**, 301 (1989).
- 3) 増田 稔, “木質環境の科学”, p. 99 (1987) 海青社
- 4) 増田 稔, “木材利用啓発推進調査事業報告書(光・視覚編)”, p. 15 (1990) (財)日本住宅・木材技術センタ
- 5) 佐伯 浩, “木材利用啓発推進調査事業報告書(光・視覚編)”, p. 38 (1990) (財)日本住宅・木材技術センタ