



木材の物性と組織構造

樹木生理と木材

木材と文化

住環境と木材

スポーツと木材

■ 木材の明度・色はどのように決まるのか？

①木材は、その見た目の良さから、様々な意匠材料として用いられています(図1)。そのため、木材の光沢¹⁾や照り²⁾、模様³⁾、色⁴⁾など、意匠の内、見た目についての詳細な検討がなされてきました。それらの中で、年輪模様など、その明暗を決定する因子として、密度(すなわち材料による光の吸収)が重要であると考えられてきました。確かに、広葉樹など密度の高い材料は比較的暗いし、年輪構造を構成する早・晩材の明度差は密度の違いが原因であると説明されると、感覚的に納得してしまいます。しかしながら、例外で片付けられるにはあまりに多くの逸脱がありました。

→逸脱の例: 白樺は白いのに重い



図1 意匠面への木材の様々な適用例

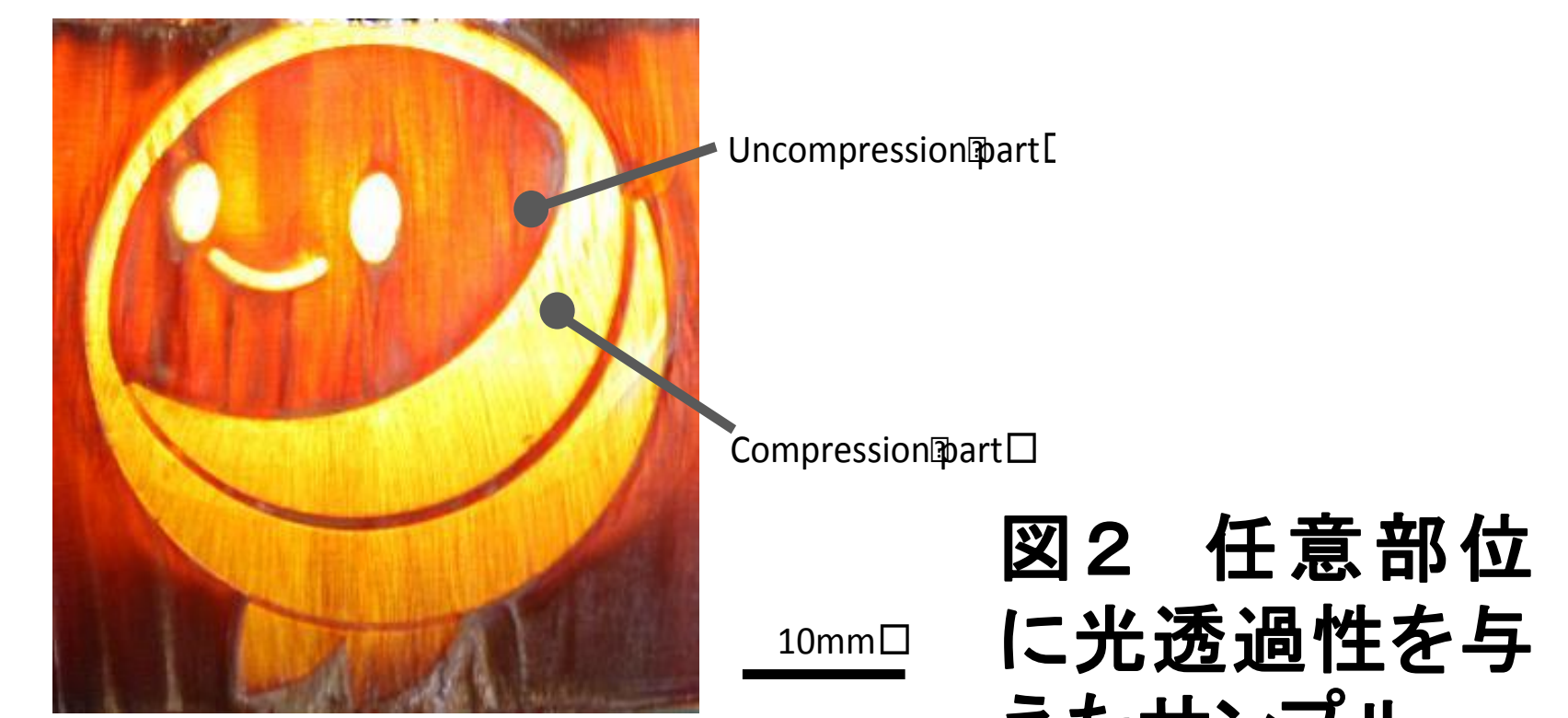


図2 任意部位に光透過性を与えたサンプル

■ 組織構造を考慮した光の透過・反射のモデル化

②最近、発表者らは、木材の任意部位を圧縮することにより、光透過性を与える結果を発表しました(図2)^{5~8)}。これは、密度が高くなることで光透過性が高くなることを示したものです。このことは、上記の説明とはつじつまが合いませぬ。もし、光の吸収の影響が大きいのであれば、密度が高くなると、より吸収が増し、透過性が下がるはずです。しかし、実際には、可視光のうち中・高波長域では、高密度になるほど透過性が上がりました。一方で、反射率は高い密度ほど減少しました。

③これらの現象を説明するために、発表者らは、細胞壁と内腔からなる界面において生じる反射が全体としての反射や透過に影響を与えると考え、モデルを作成いたしました(図3、4、モデル式)⁷⁾。そして、このモデルは実験結果と良く一致しました。

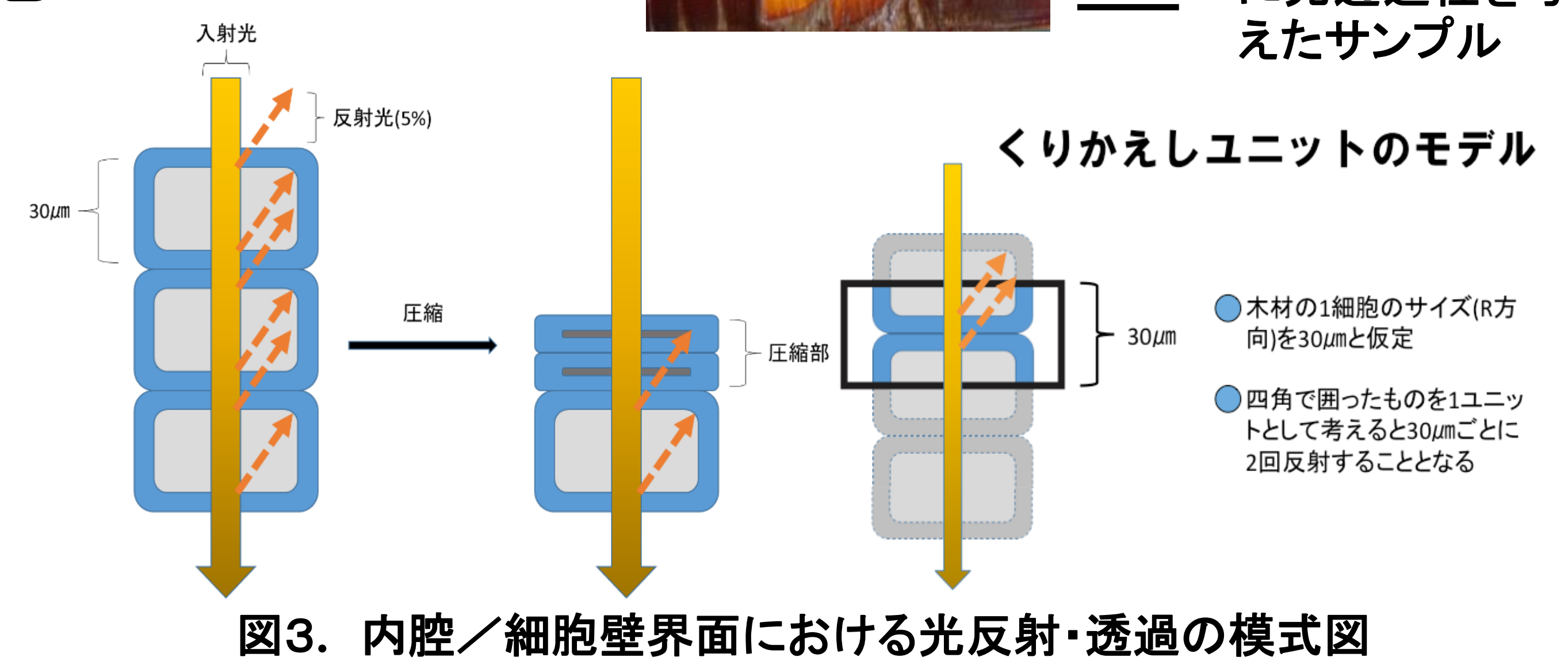


図3. 内腔/細胞壁界面における光反射・透過の模式図

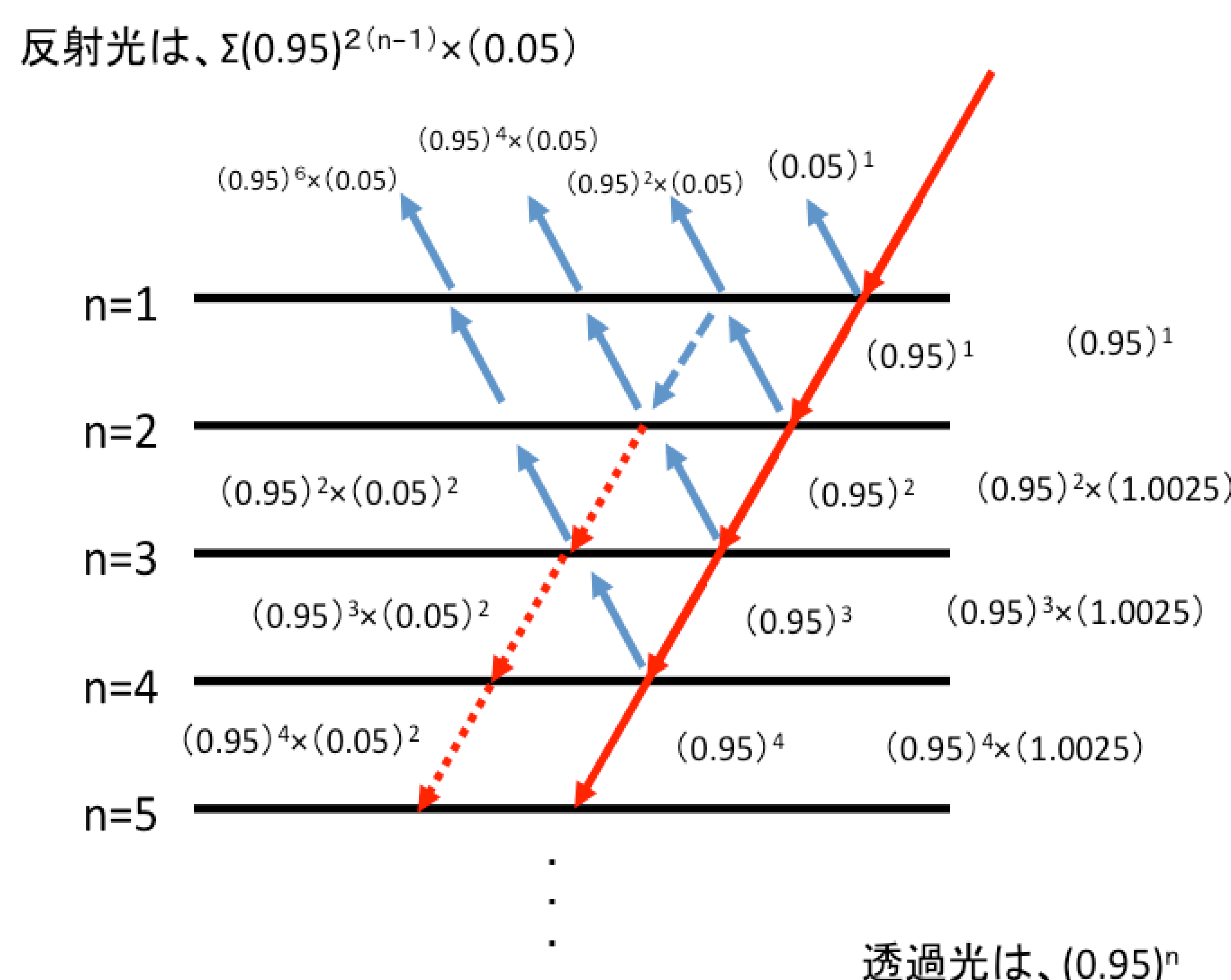


図4 屈折界面によって生じる反射と透過のモデル

モデル式

$$R = \frac{I}{I_0} = \left(\frac{N_0 - N_1}{N_0 + N_1} \right)^2 \dots \dots \dots \text{式1}$$

$$T = \frac{4N_0N_1}{(N_0 + N_1)^2} \dots \dots \dots \text{式2}$$

$$T_{all} = T^n \dots \dots \dots \text{式3}$$

$$R_{all} = \sum_{n=1}^i T^{2(n-1)} \times R \dots \dots \dots \text{式4}$$

等比数列の和の公式より、式4は次のようにも表せられる。

$$R_{all} = \frac{R(1 - T^{2n})}{1 - T^2} \dots \dots \dots \text{式5}$$

N_0, N_1 はそれぞれ空気、細胞壁の屈折率
 R, T はそれぞれ、界面における反射率、透過率
 T_{all}, R_{all} はそれぞれ、材料の透過率、反射率を示す。

■ 年輪・木理角の影響

④上記は、入射光と垂直に細胞壁が存在する場合の話です。入射光は、細胞壁と空気の層の界面を【直列】に通過します。では、入射光と平行に細胞壁が存在する【並列】ではどうでしょうか。図5左は、木口試料の前面から光を当てた反射画像であり、右は背面から光を当てた透過画像です⁹⁾。透過画像では、晩材部が明るくなっています。これは、細胞壁の中を光がよく透過しているためと考えられます。このことは顕微分光計によって定量的に確認されました。すなわち、高い透過率も晩材部が黒く見える一つの原因かもしれません。現在、我々の研究室では、こういった組織構造や、塗装などの加工条件が明度・色に与える影響について研究しており、モデル化を目指しております。こういった研究から、塗装、各種処理による、単板などの製品の明度・色の正確な制御が可能になると考えています。

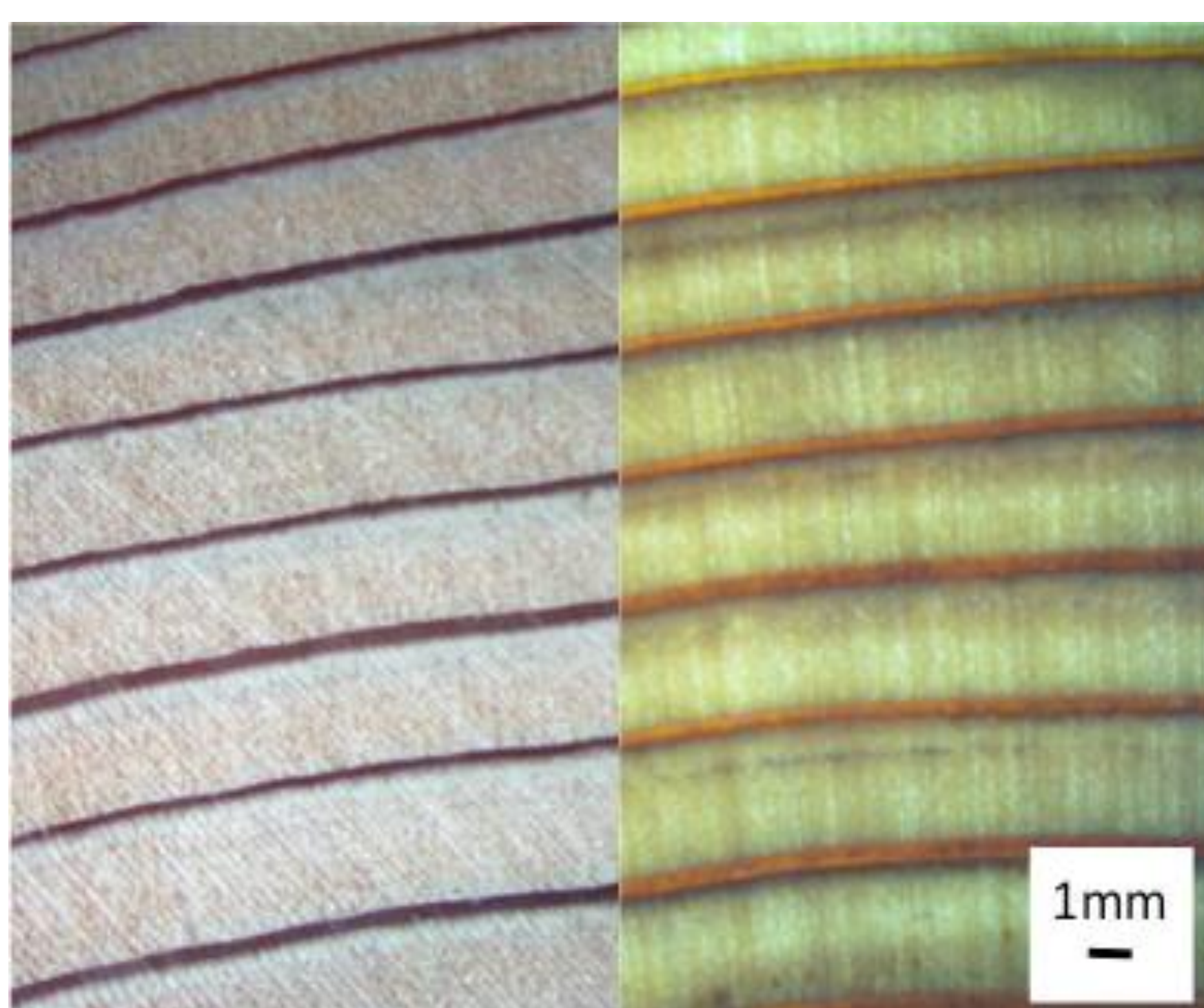


図5. スギ木口試料の光反射画像(左)と透過画像(右)⁹⁾

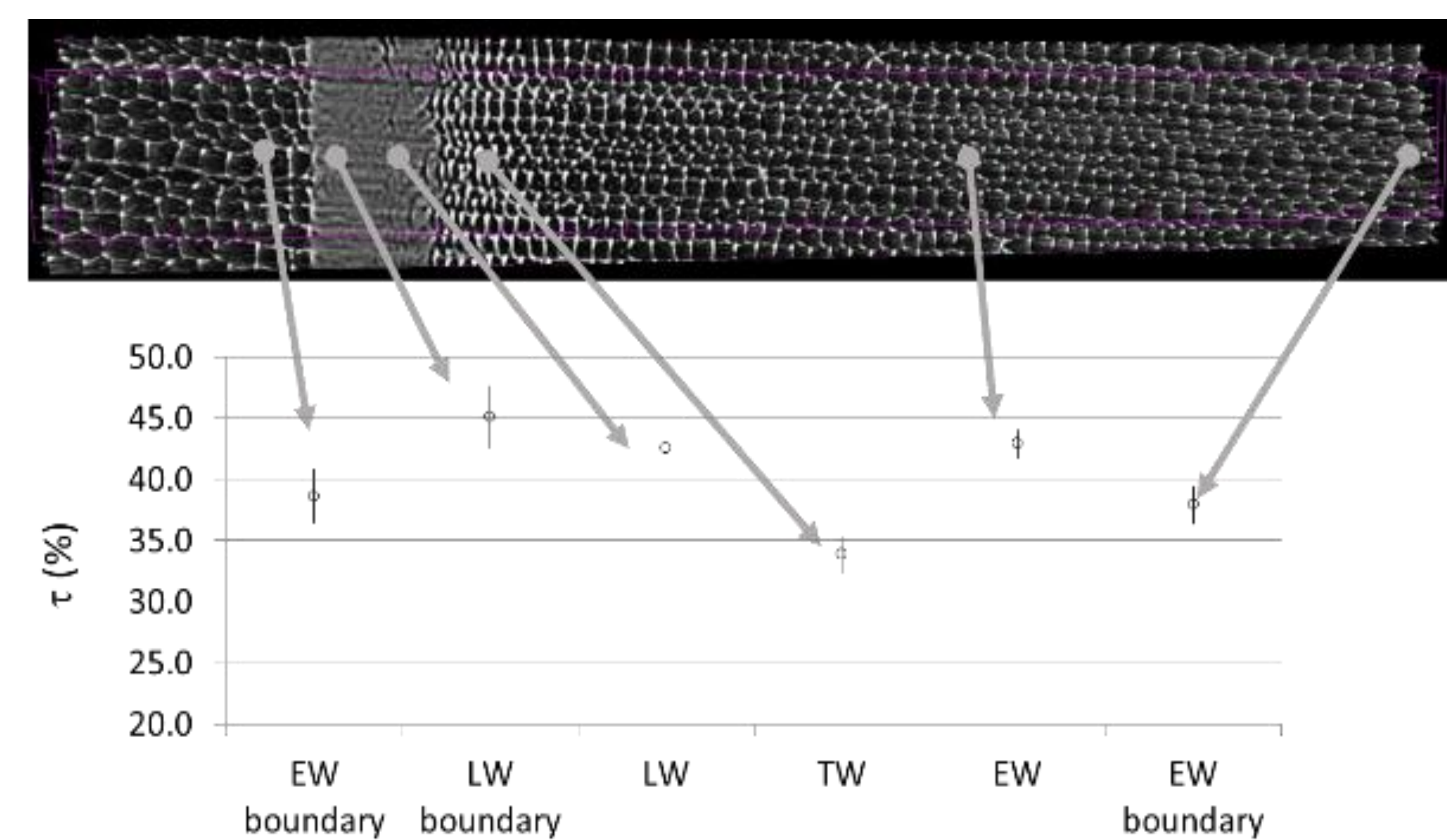


図6. スギ木口試料のX線CT画像と各部位における光透過率⁹⁾

REFERENCES

- 1) 増田 稔: 木目の見え方 - なぜやすらぐか. 繊維機械学会誌 50(9), 9-15 (1997).
- 2) 外池知靖, 大越 誠, 古田裕三, 藤原裕子: 虎斑の現れたミズナラ材表面の視覚特性. 材料60(4), 288-292 (2011).
- 3) 仲村匡司: 木材の見えと木質内装. 木材学会誌58 (1), 1-10 (2012).
- 4) 基太村洋子: 内外産有用木材の測色値. 林業試験場報告347, 203-239 (1987).
- 5) Sugimoto, H., Rikitake, T., Ishino, K., Sugimori, M.: Optical transparency of the impregnated and compressed wood. Proc. 2nd Intern.symp.Wood Sci.and Crafts., Kyoto, Japan, 2016, p156-159.
- 6) Sugimoto H. and Sugimori M., AIP Conf. Proc. 1736, 020135 (2016); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4949710>.
- 7) 杉元宏行、力武拓也、杉森正敏: 可視光領域におけるスギ材の光の反射と透過. 木材学会誌64(2)、66-71 (2018)
- 8) 杉元宏行、ウッドデザイン賞2016
- 9) Sugimoto H., Kawabuchi S., Sugimori M., Gril J., JWS, in print