

Renderování vlasů

Kajiya – Kay model

- Rok 1989, článěk [1]
- Renderování srsti a krátkých vlasů
- 3D texely s parametry
 - Texel je bod textury. V [1] se pojmem texel myslí celá textura.
 - Jedná se o rozšířenou objemovou texturu, obsahující parametry pro výpočet osvětlení
- Texely jsou namapovány na objekt

Kajiya – Kay, Texely

- Texel je definován trojicí funkcí
 - $\rho(x,y,z)$
 - hustota vlasů/struktury v bodě. Míra pokrytí „mikroploškami“
 - $B = [n(x,y,z), t(x,y,z), b(x,y,z)]$
 - Orientace povrchu. Vektory n, t, b definují bázi.
 - $\Psi(x,y,z, \theta, \varphi, \psi)$
 - BRDF

Kajiya – Kay, přímé osvětlení

The equations for a texel illumination are

$$T = e^{-\tau} \sum_{s=t_{\text{near}}}^{t_{\text{far}}} \rho(x(s), y(s), z(s)) \quad (3)$$

and

$$B = \sum_{t=t_{\text{near}}}^{t_{\text{far}}} e^{-\tau} \sum_{u=t_{\text{near}}}^t \rho(x(u), y(u), z(u)) \\ \times \left[\sum_i I_i(x(t), y(t), z(t)) \Psi(x(t), y(t), z(t), \theta, \phi, \rho) \right] \\ \times \rho(x(t), y(t), z(t)) \quad (4)$$

Kajiya – Kay, Tvorba texelů

- Článek [1] zmiňuje možnost vytvářet texely pomocí částicových systémů.
 - Vlas = stopa letící částice
- Zjednodušení uložené informace
 - BRDF konstantní – neukládá se
 - B (orientace) – ukládá se pouze tečný vektor

For the lighting model derivation we treat an individual hair as an infinitely thin cylindrical surface.

...toto bude v následujícím článku zkritizováno

Kajiya – Kay, příklad (medvěd)



Kajiya – Kay, příklad (medvěd)

- Medvěd je vyrenderován s použitím 1 texelu
- Texel má rozměry 40 x 40 x 10
- Texel je namapován vícekrát. Na různé části těla pomocí různých funkcí
 - ...umožnilo „učesat mědvěda“.

Light Scattering from Human Hair Fibers

Stephen R. Marschner
Cornell University

Henrik Wann Jensen
University of California—San Diego

Mike Cammarano
Stanford University

Steve Worley
Worley Laboratories

Pat Hanrahan
Stanford University

Úvod

- Článek se vymezuje vůči [1]
- Kritizuje následující
 - Chybějí „sekundární odlesky“ vlasů
 - Válcový model vlasu je příliš hrubý
 - Vlasy nejsou průsvitné (chybí přenos světla uvnitř vlasu)

Měření, vlas není váleček

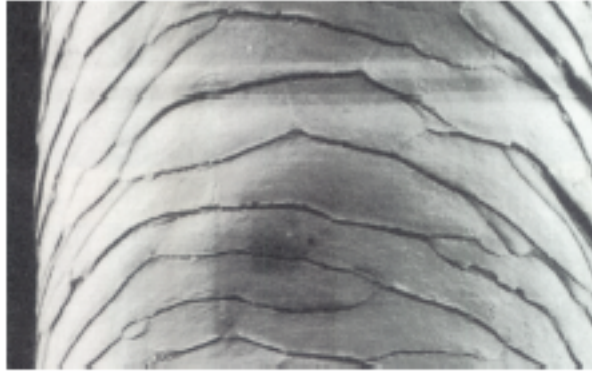


Figure 2: An electron micrograph of a hair fiber that shows the structure of the outer cuticle surface, which is composed of thin overlapping scales [Robbins 1994]. In this image the fiber is oriented with the root at the top and the tip at the bottom.

Lepší aproximace tvaru vlasu

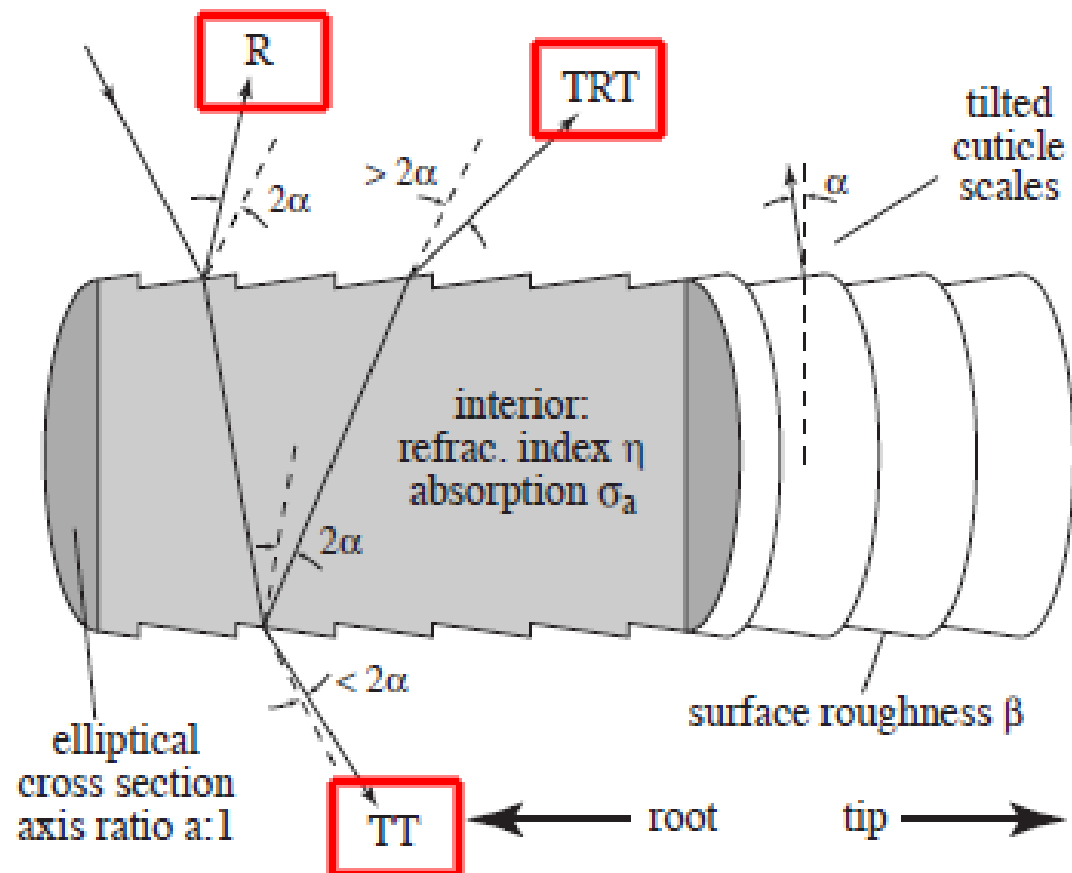


Figure 1: A schematic of our model for a hair fiber. The dashed lines indicate the scattering angles for a cylinder without tilted surface scales.

BSDF, značení

θ_i sklon příchozích paprsků

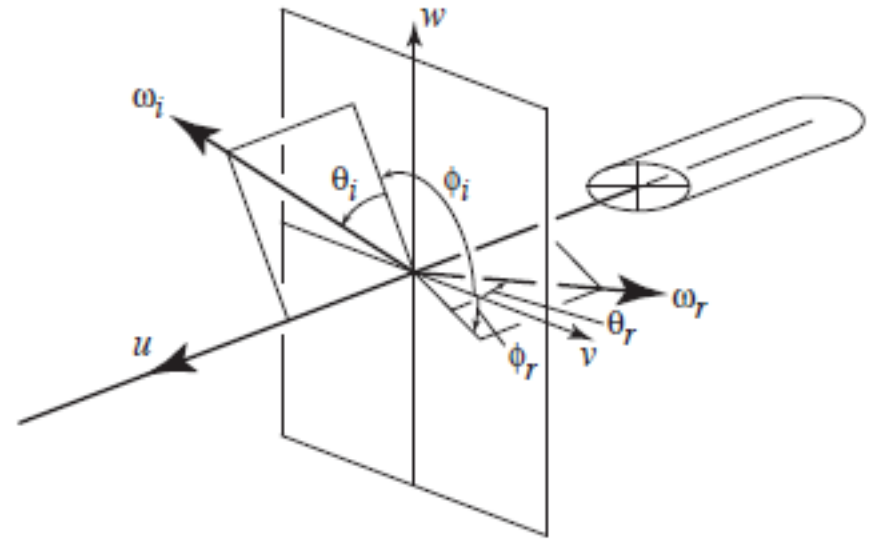
θ_r sklon odchozích paprsků (směr měření)

$$\theta_d = (\theta_r - \theta_i) / 2$$

$$\theta_h = (\theta_r + \theta_i) / 2$$

Φ_i úhel příchozích paprsků v rovině průřezu

Φ_r úhel odchozích paprsků v rovině průřezu



pozn.: Eliptický průřez

$$S(\omega_i, \omega_r) = \frac{d\bar{L}_r(\omega_r)}{d\bar{E}_i(\omega_i)}, \quad \dots \text{BSDF}$$

$$d\bar{E}_i(\omega_i) = DL_i(\omega_i) \cos \theta_i d\omega_i,$$

$$\bar{L}_r(\omega_r) = D \int S(\omega_i, \omega_r) L_i(\omega_i) \cos \theta_i d\omega_i$$

pozn.: Integrace přes sféru

Měření, BSDF (BRDF)

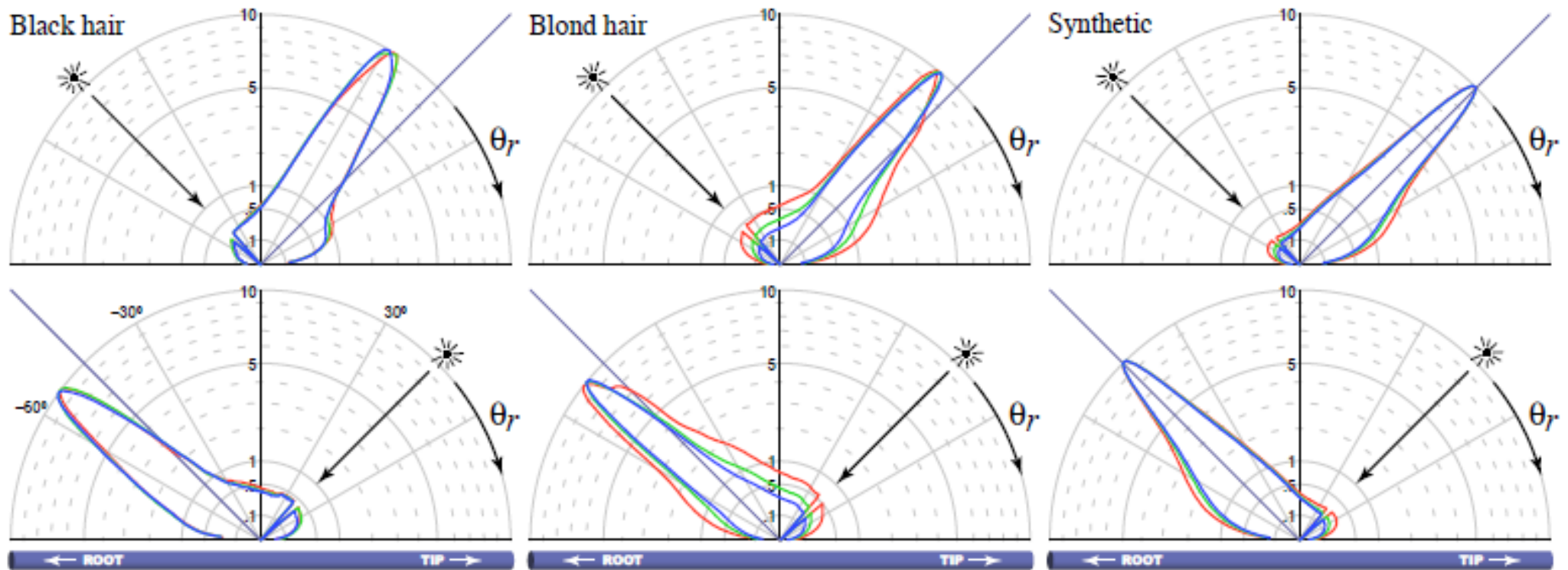


Figure 4: Measurements of scattering in the incidence plane: scattering as a function of scattering angle with illumination at 45° from the tip and root ends. Black and blond hair are shown, along with a synthetic fiber from a wig.

Pozorování: odlesk u skutečných vlasů je skloněn směrem ke kořínku
(ve srovnání s ideálně zrcadlovým odrazem)

Měření, BSDF

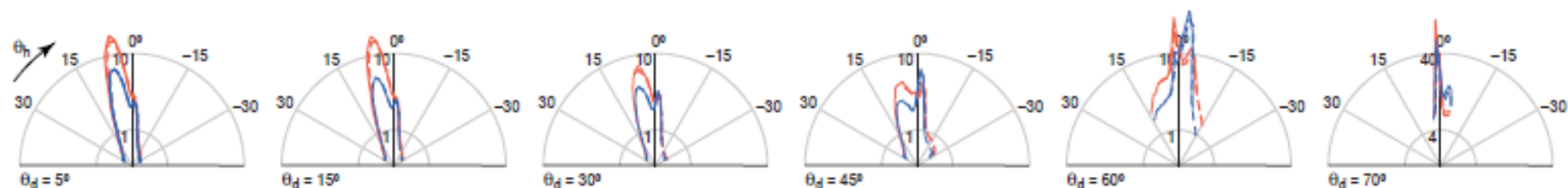


Figure 5: Measurements of scattering in the incidence plane: scattering as a function of θ_h for several values of θ_d . The red and blue curves correspond to red and blue wavelength bands; for this blond hair the very strong secondary highlight can be seen to be higher in the red. The solid and dashed curves are two reciprocal measurements combined to extend the instrument's range.

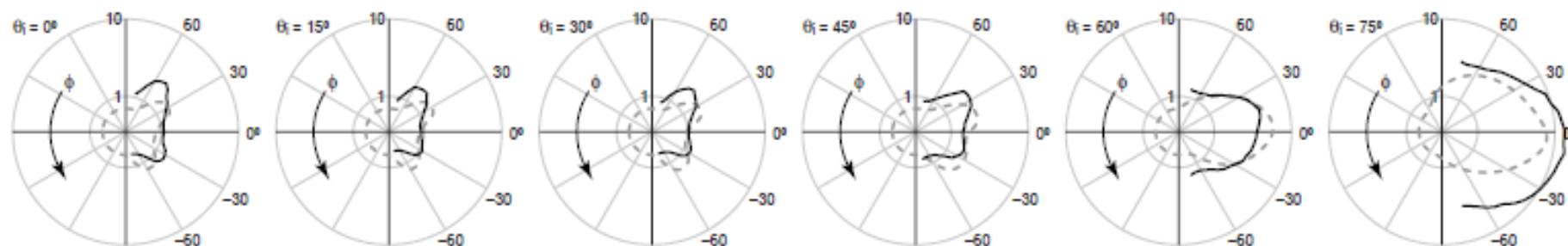


Figure 6: A measurement showing the evolution of glints with incidence angle on a more nearly circular hair. For each θ the source is fixed while the camera sweeps along the specular cone. A qualitative match to our shading model is plotted with dashed curves.

Měření, BSDF, eliptický vlas

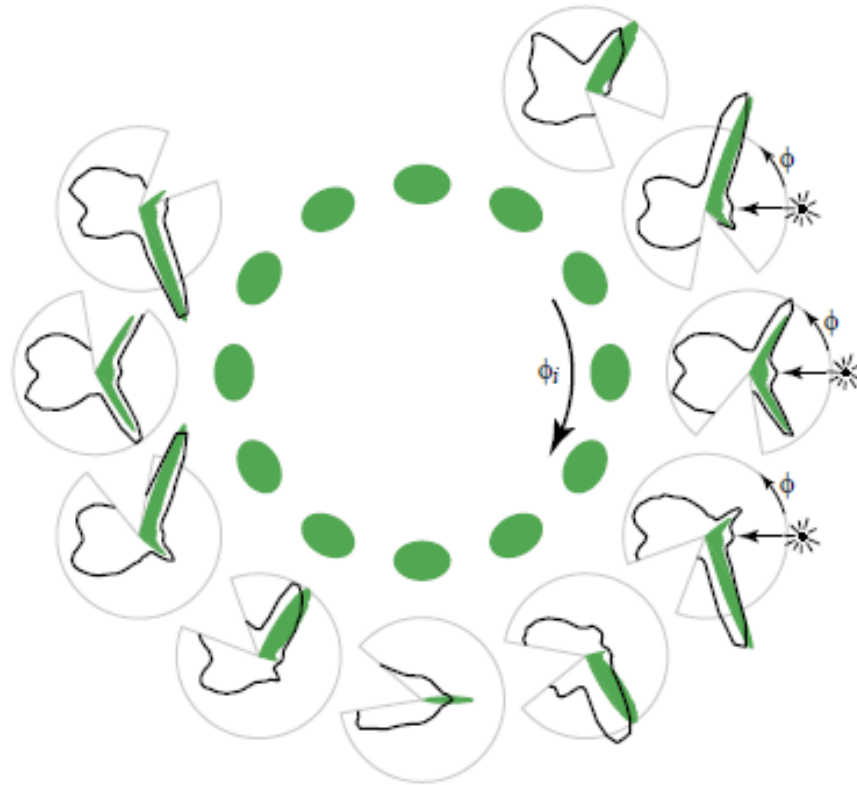
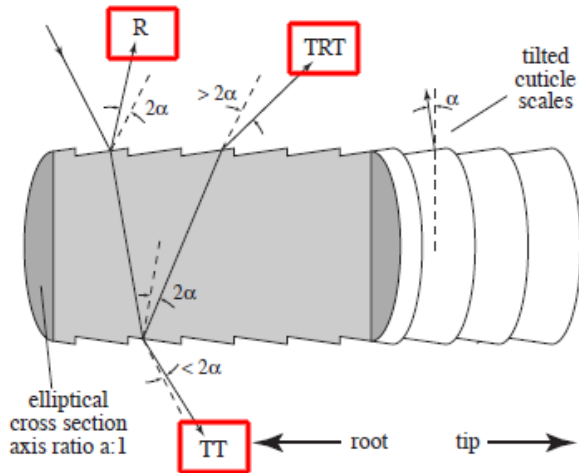


Figure 7: A measurement of scattering in the normal plane from a blond hair with substantial eccentricity. Illumination comes from the right in all plots; the green ellipses indicate the hair orientation. Bright glints appear whose location and strength depend on the orientation of the hair. The green plots are the results of Monte Carlo scattering simulation on the proposed fiber model.

Model vlasu, interakce paprsků



R – Odraz, posun směrem ke kořínku

TT – Průchod skrz vlas (transition, transition), dochází k rozptylu, forward scattering

TRT – Průchod odraz od vnitřní stěny (transition, reflection, transition), dochází k rozptylu (subsurface scattering), sekundární odlesk, pro eliptické průřezy velmi záleží na natočení vlasu



Nová BSDF, 3 laloky

$$S(\phi_i, \theta_i; \phi_r, \theta_r) = \\ M_R(\theta_h)N_R(\eta'(\eta, \theta_d); \phi) / \cos^2 \theta_d + \\ M_{TT}(\theta_h)N_{TT}(\eta'(\eta, \theta_d); \phi) / \cos^2 \theta_d + \\ M_{TRT}(\theta_h)N_{TRT}(\eta'(\eta^*(\phi_h), \theta_d); \phi) / \cos^2 \theta_d.$$

M – longitudinal scattering function

N – azimuth scattering function

η – index lomu

Srovnání modelů



Figure 12: A comparison of Kajiya and Kay's model (left) under a single point source, our proposed model (center) with the same lighting, and the hair from the photograph in Figure 11 (removed from context to simplify the comparison). The Kajiya model's diffuse term results in a flat appearance, while the secondary highlight in our model correctly captures the colored shading of the real hair.

Zdrojové články

- [1] J. T. Kajiya , T. L. Kay. Rendering fur with three dimensional textures. In *Proceedings of SIGGRAPH 1989*, 271–280.
- [2] S. R. Marschner, H. W. Jensen, M. Cammarano, S. Worley, P. Hanrahan. Light Scattering from Human Hair Fibers. In *Proceedings of SIGGRAPH 2003. Held in San Diego, California, August 2003*