

応用製紙科学特論

2009年 12月2日、16日

2010年 1月13日、20日、27日

製紙科学研究室

江前敏晴

えのまえ としはる

講義の進め方

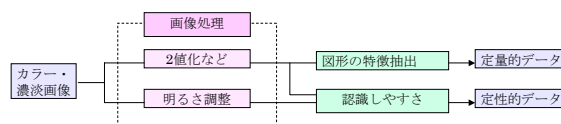
- 毎回、最初の30分程度は江前が画像処理に関する講義を行います。
- その後は、各人が、
 - 顕微鏡画像など実験・研究の中で得られた画像を用意し、どのようにして撮影したかなどの状況を説明
 - その画像からどのようなことを知りたいかを説明
 - どのような画像処理を行ってその知りたいことを測定できたか、又はできそうかを説明

講義の進め方

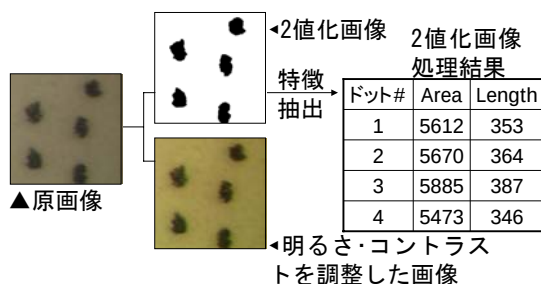
- 発表・討論形式で行う。12/16から発表を始める。採点は、出席、発表の有無、質問の回数によって決定する。
- 発表者
 - 12月16日
 - 1月13日
 - 1月20日
 - 1月27日

画像処理の目的

- 見やすさ、美観を目的とする**フォトレタッチ**
- 計測を目的とする**画像解析**
- 顕微鏡画像などから定量的な測定データを得る画像解析法を扱う。



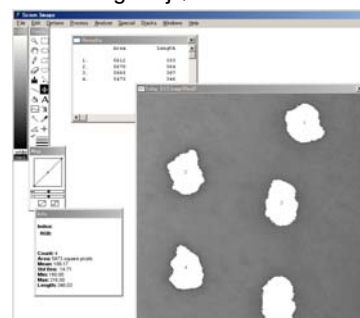
画像解析の例



(顕微鏡写真からインクジェット印字のドットの面積と周囲長を測定)

画像処理の一般的な方法

- Scion Image Beta 4.02 (<http://www.scioncorp.com/>)
- ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>)



- 粒子解析のやり方

ビットマップファイル(*.bmp)の構造

- 画像ファイル(512 pixel × 512 pixelのカラー画像)の先頭から順に1バイトずつ読み込む

```
42 4D 36 00 0C 00 00 00 00 00 36 00 00 00 28 00
00 00 00 02 00 00 00 02 00 00 01 00 18 00 00 00
00 00 00 0C 00 C4 0E 00 00 C4 0E 00 00 00 00
00 00 00 00 00 5F 83 89 5B 82 8A 5B 82 8A 5C
...
```

ビットマップファイル(*.bmp)の構造

- ① ファイルヘッダ (bmpファイルであることやファイルサイズなどのファイルの情報)

バイト数	データ	意味
通算	サイズ	
1	2	42 4D このコードを文字に変換すると"BM"
3	4	36 00 ファイルサイズ。バイトごとに逆順にして00 0C 00 36=C0036(16進数)を10進数にすると786486バイトとなる。
11	4	36 00 何バイト目からbitmapの画像情報が始まるか。同じく逆順にして36(16進数)を10進数にすると54バイト。54バイト以外もある。

- ② 情報ヘッダ (画像サイズなどの画像情報)
- ③ パレットデータ (色の割り付け、24ビットカラーでは省略される)
- ④ 画像データ (実際の各座標の色)

ビットマップファイル(*.bmp)の構造

- ② 情報ヘッダ (画像サイズなどの画像情報)

バイト数	データ	意味
通算	サイズ	
15	4	28 00 00 00 画像情報ヘッダのサイズ、28(16進数)=40
19	4	00 02 00 00 画像の横pixel数、200(16進数)=?(いくつか)
23	4	00 02 00 00 画像の縦pixel数、200(16進数)=?(いくつか)
29	2	18 00 使用色ビット数18(16進数)を10進数にすると24ビット。RGB各色8ビットのカラー。
35	4	00 00 0C 00 画像のバイト数。C0000(16進数)を10進数にすると786432バイト。bfOffBits(11バイト目からの4バイト)の54バイトを足すとファイルサイズの786486バイトとなる。

- ③ パレットデータ
- ④ 画像データ (実際の各座標の色)

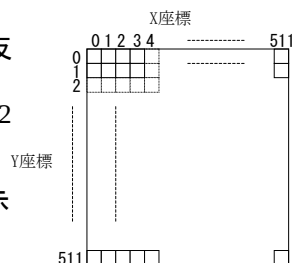
ビットマップファイル(*.bmp)の構造

- ③ パレットデータ (カラー画像では省略される)
- ④ 画像データ (実際の各座標の色)

バイト数	データ	意味
通算	サイズ	
55	3	5F 83 89 座標(0, 511) 青輝度B 95 / 緑輝度G 131 / 赤輝度R 137
58	3	5B 82 8A 座標(1, 511) 青輝度B 91 / 緑輝度G 130 / 赤輝度R 138
61	3	5B 82 8A 座標(2, 511) 青輝度B 91 / 緑輝度G 130 / 赤輝度R 138
:	:	:
786484	3	?? ?? ?? 座標(511, 0) 青輝度B 91 / 緑輝度G 130 / 赤輝度R 138

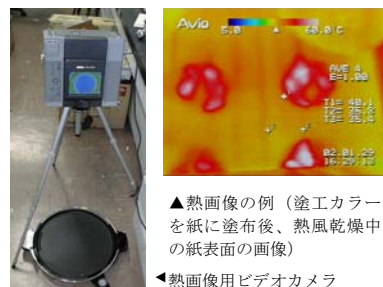
画像ファイルの座標

- 左上が原点
- bmpファイルは上下反転してデータを格納
- Scion Image Beta 4.02では、Infoウインドウにカーソル位置座標のRGBの輝度が表示される。



bmpファイルからの情報取得

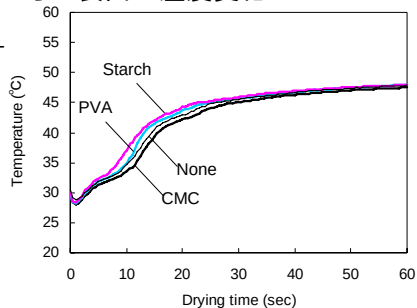
- サーモグラフィ(熱画像法)
- 画像の同じ領域の温度の時間変化を調べる



bmpファイルからの情報取得

- 塗布直後からの表面の温度変化

炭酸カルシウム+
SBラテックス+
水溶性高分子
を水に分散し、
紙に塗布。ヘッド
レイヤー数本で
乾燥させた。



画像の類似性 - 画像の相関

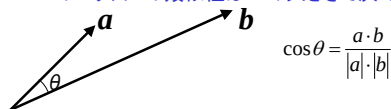
- 画像は各座標の輝度を要素とするベクトル
32×32ピクセルの画像では要素が1024個ある。
 $f = (129, 128, 128, 129, \dots, 152, 129, 128, \dots, 153)$



画像の類似性 - 相関係数

- 画像間の相関係数

2つのベクトルの類似性は θ の大きさに決める。



画像では、平均輝度を差し引いたベクトルで考えるとよい。

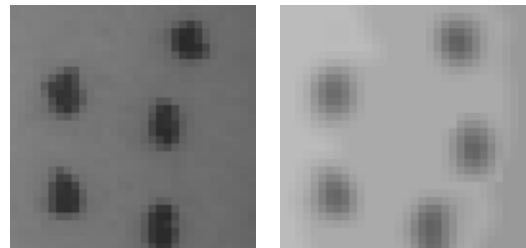
- ピアソンの相関係数

$$R = \frac{\sum_x \sum_y \{f(x, y) - \bar{f}(x, y)\} \times \{g(x, y) - \bar{g}(x, y)\}}{\sqrt{\sum_x \sum_y \{f(x, y) - \bar{f}(x, y)\}^2 \times \sum_x \sum_y \{g(x, y) - \bar{g}(x, y)\}^2}}$$

画像の類似性 - 相関係数

- ピアソンの相関係数の計算例 (Scion Imageの輝度のテキスト出力からExcelで計算する)

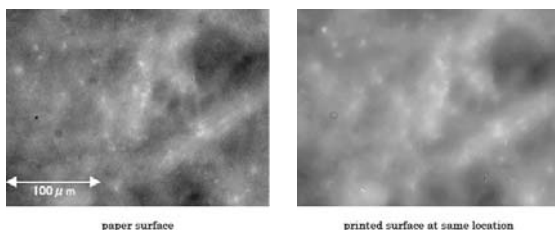
$R=0.845$



画像の類似性 - 相関係数

- 印刷前の紙表面と印刷後の同じ位置での紙表面の形状 (三次元的な形状) のピアソンの相関係数

$R=0.88$



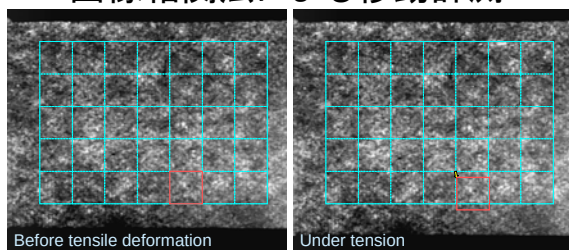
画像相関法による移動計測

- 画像の相関を利用し、動画のある画像の1部分がその後どこに移動したかを計測することが可能
- パターンマッチング
- 類似度は、正規化内積 S_{fg} で判定

$$S_{fg} = \frac{\iint f(x, y)g(x, y)dx dy}{\sqrt{\iint |f(x, y)|^2 dx dy \iint |g(x, y)|^2 dx dy}}$$

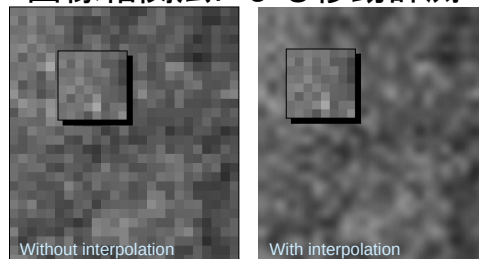
- 又はピアソンの相関係数など

画像相関法による移動計測



左画像内の赤枠のブロックが、右画像内のどこに移動したかをブロック画像の類似度から探し出す

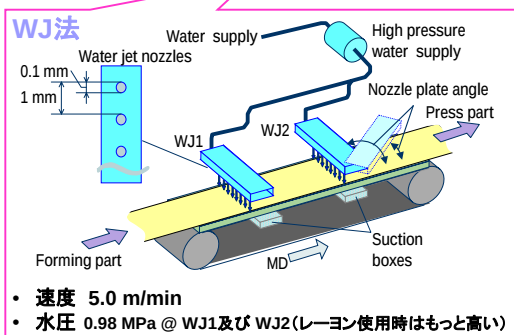
画像相関法による移動計測



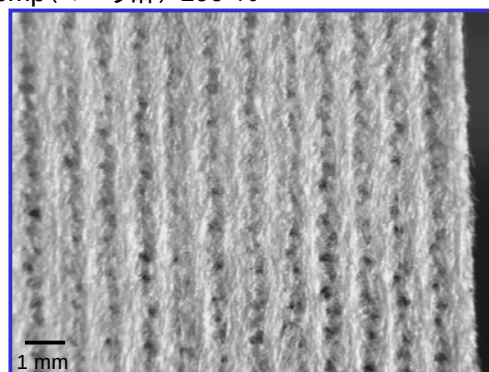
左の原画像の1 pixelを右のように10分割して補間すると、移動の距離と方向の分解能が10倍向上

画像相関法による移動計測の応用－不織布の引張変形

湿式ウェブ形成 → ウェブ結合(繊維の交絡) → ウェブ乾燥

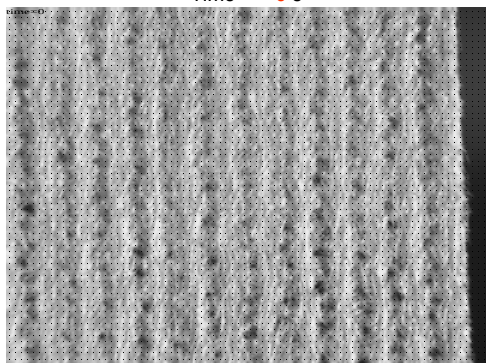


Hemp(マニラ麻) 100 %



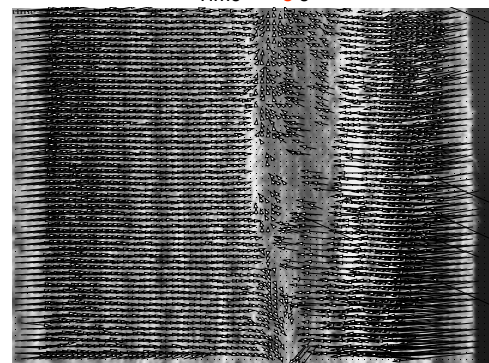
Hemp 100 %

Time = 0 s

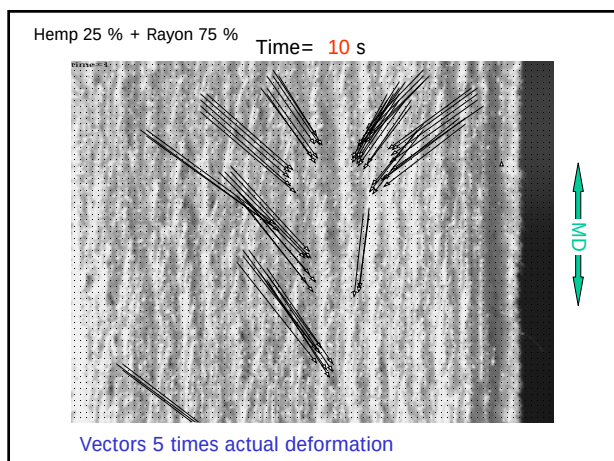
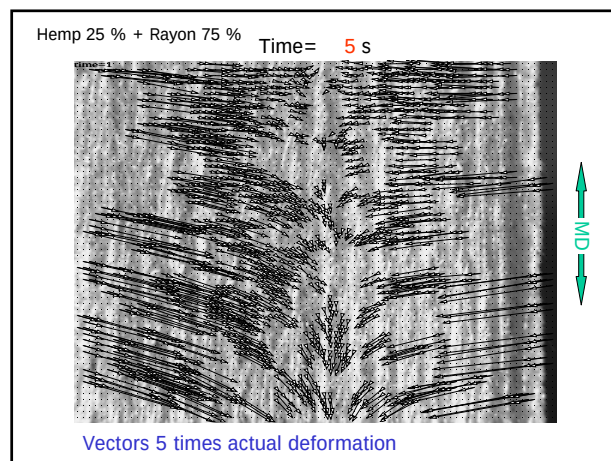
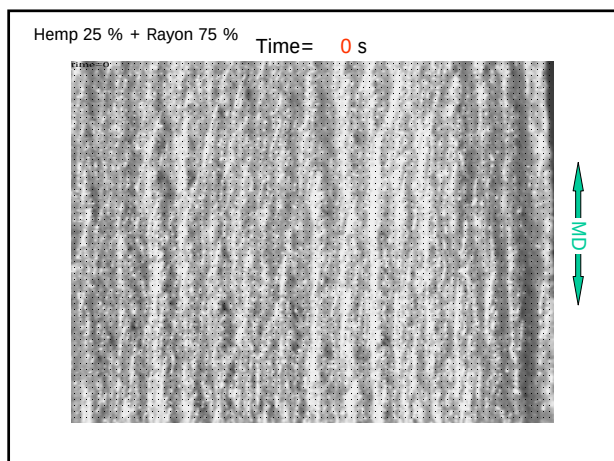
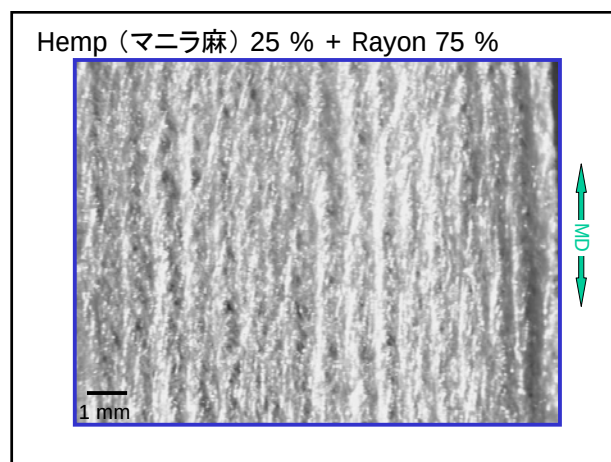
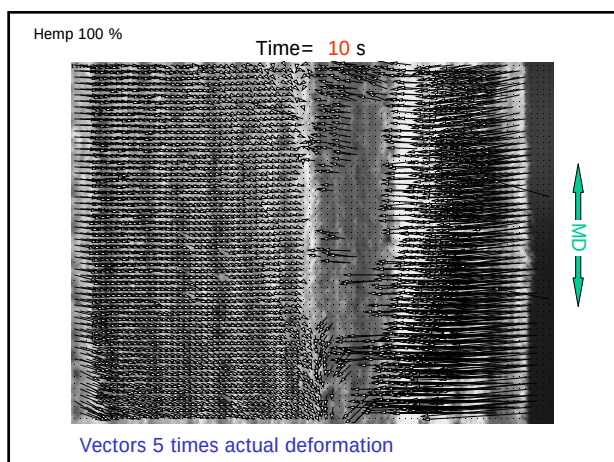


Hemp 100 %

Time = 5 s



Vectors 5 times actual deformation



画像相関法による移動計測

- この計測のためのソフトウェアは配布可能(無料)です。
- 希望者は江前敏晴までどうぞ。

二次元フーリエ変換

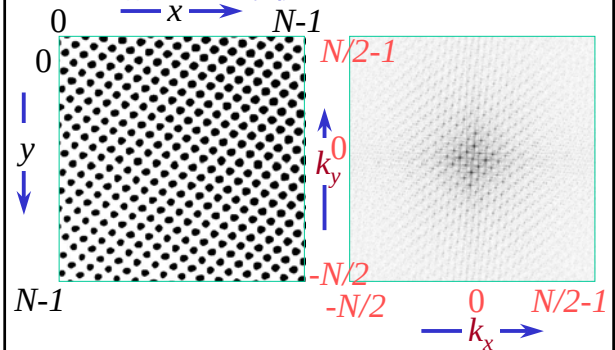
- $N \times N$ 画素の大きさの画像 $f(x, y)$ について、フーリエ変換 $F(k_x, k_y)$ は次式で表される。なお、 f は座標 (x, y) における輝度である。

$$F(k_x, k_y) = \sum_{y=0}^{y=N-1} \sum_{x=0}^{x=N-1} f(x, y) \exp\left\{-i \frac{2\pi}{N} (k_x x + k_y y)\right\}$$

$(k_x = 0, 1, \dots, N-1 \quad k_y = 0, 1, \dots, N-1)$

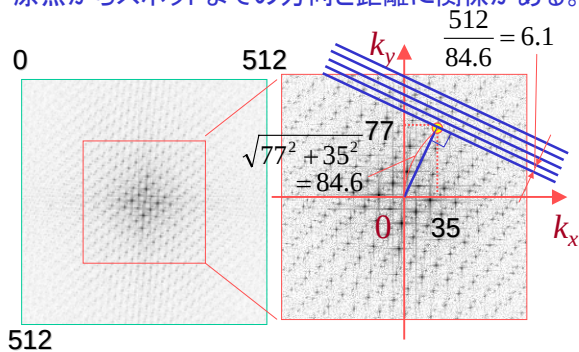
二次元フーリエ変換

左の画像のフーリエ変換(パワースペクトル)が右図



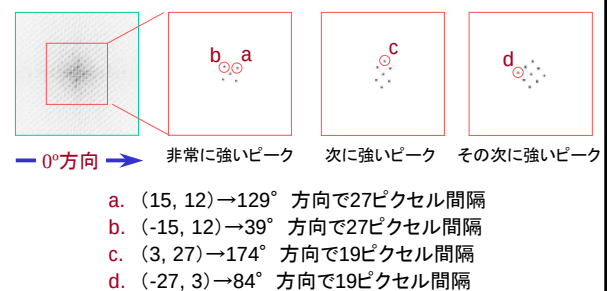
二次元フーリエ変換

原点からスポットまでの方向と距離に関係がある。



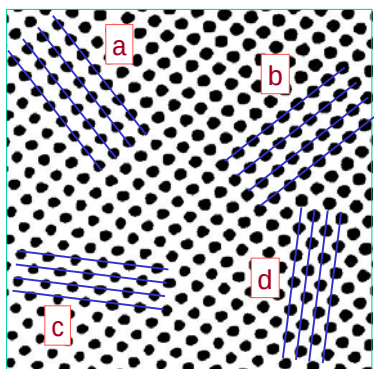
二次元フーリエ変換

スポットの強度は規則性の強さ



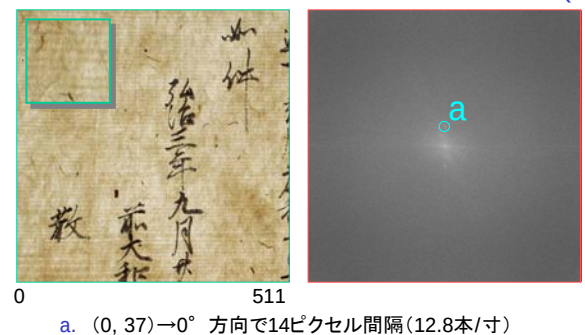
二次元フーリエ変換

スポットに対応した規則性が存在する。



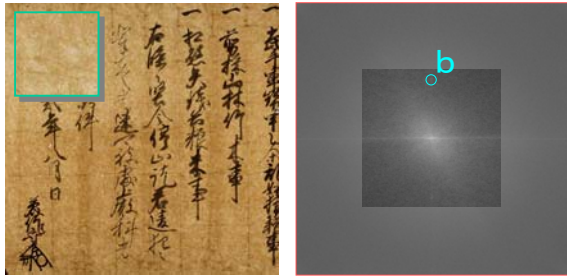
二次元フーリエ変換の応用

和紙のワイヤーマーク(簀の目)の間隔を調べる(1)



二次元フーリエ変換の応用

和紙のワイヤーマーク(簀の目)の間隔を調べる(2)



0

511

b. $(-1, 56) \rightarrow 90^\circ$ 方向で9ピクセル間隔(19.3本/寸)

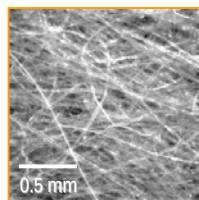
二次元フーリエ変換の応用(2)

- 紙の中での繊維配向(繊維の向き)を調べる。
- 向きや流れが見えるすべての画像に適用できる。

二次元フーリエ変換の応用(2)

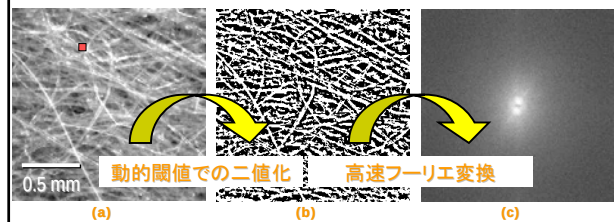
紙の中での繊維配向(繊維の向き)を調べる。

- デジタル顕微鏡による紙表面の写真撮影
- フーリエ変換画像処理
- 繊維の配向角度と強度の決定



配向角度と配向強度

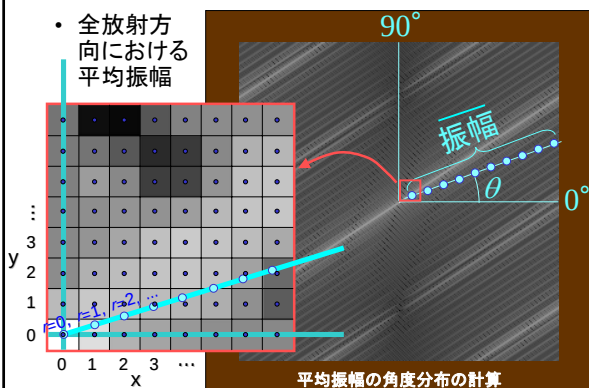
- 実際の計算例



紙表面の光学顕微鏡写真 (a), 二値化画像 (b) 及びパワースペクトル (c)

繊維配向の角度分布の計算

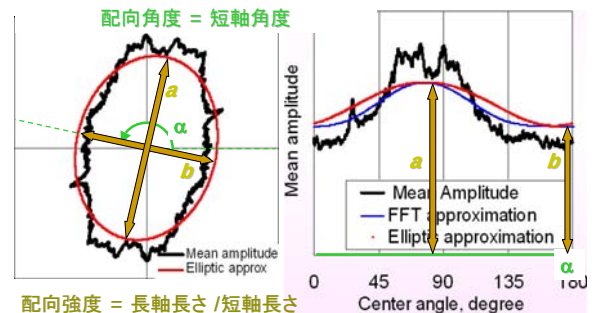
- 全放射方向における平均振幅



平均振幅の角度分布の計算

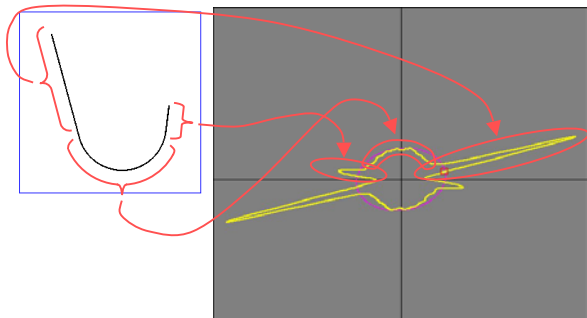
配向角度と配向強度

- 実際の計算例



配向強度 = 長軸長さ / 短軸長さ

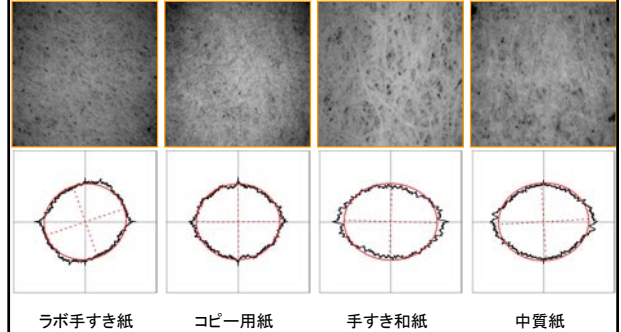
屈曲した繊維モデルの配向図



■各繊維の向きを計算するのではなく、繊維内の各セグメントの長さと角度に応じた配向を示す。

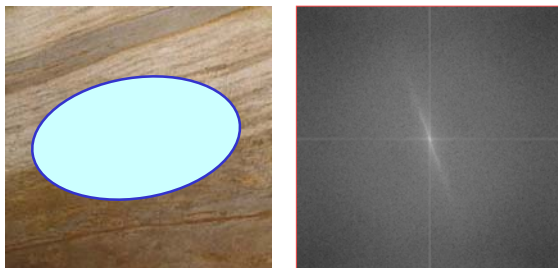
二次元フーリエ変換の応用(2)

種々の紙の表面にある繊維の向き



二次元フーリエ変換の応用(2)

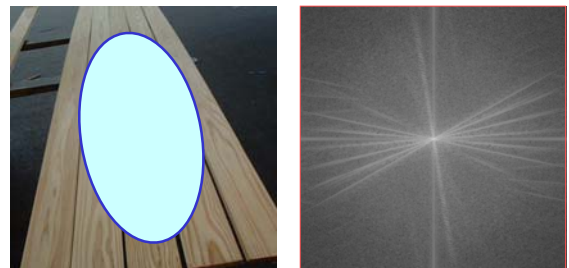
地層の向き



Orientation angle (degree) 9.7
Orientation intensity 1.74

二次元フーリエ変換の応用(2)

板の向き



Orientation angle (degree) 100.5
Orientation intensity 1.76