

デジタル画像相関法によるき裂検出法の開発

デジタル画像相関法とは？

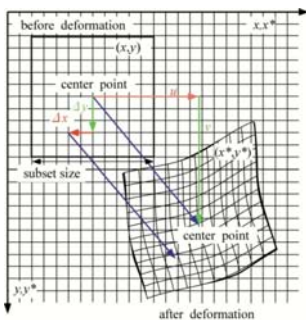
物体の表面画像に、ある大きさの観察領域を設定。それが物体の変形に伴いどこへ移動したかを高精度に検出する画像処理手法
= 非接触高精度変位計測手法

高精度化の原理

設定した観察領域（正方形）の探索時、観察領域の変形を許容すること、変形後の画像の輝度分布を連続化（画素中央点の輝度値のみではなく、画素間の任意位置の輝度を定義）することにより実施 ⇒ 最高分解能0.02画素を実現

き裂検出への応用

き裂があればき裂によって独特の応力集中箇所が生じる→これを検出すれば、き裂の検出のみならず種々の情報が得られる



変形前観察領域の中心座標(x,y)→ 同一点探索 →変形後画像における座標(x*,y*)

$$\text{定式化} \begin{cases} x^* = x + u - y_t R + (K_I u_1 + K_{II} u_2) \times \cos \alpha - (K_I v_1 + K_{II} v_2) \times \sin \alpha \\ y^* = y + v + x_t R + (K_I u_1 + K_{II} u_2) \times \sin \alpha + (K_I v_1 + K_{II} v_2) \times \cos \alpha \end{cases}$$

$$u_1 = \frac{1}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \left[\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \left\{ \kappa - 1 + 2 \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \right\} \right] \quad u_2 = \frac{1}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \left[\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \left\{ \kappa + 1 + 2 \cos^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \right\} \right]$$

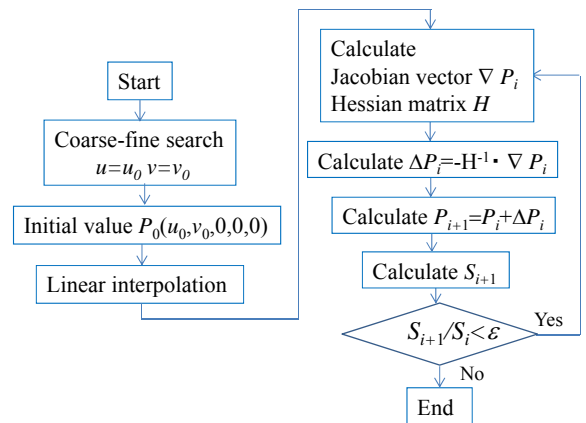
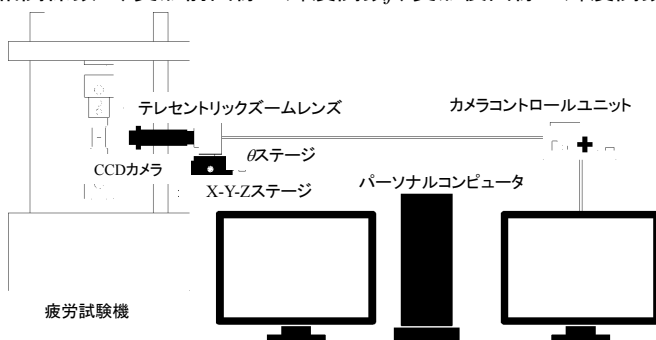
$$v_1 = \frac{1}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \left[\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \left\{ \kappa + 1 - 2 \cos^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \right\} \right] \quad v_2 = \frac{1}{2G} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \left[-\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \left\{ \kappa - 1 - 2 \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \right\} \right]$$

u, v : 剛体移動、 R : 剛体回転、 $K_I u_i, K_{II} v_j$: き裂による変形成分、 α : き裂の傾き角度

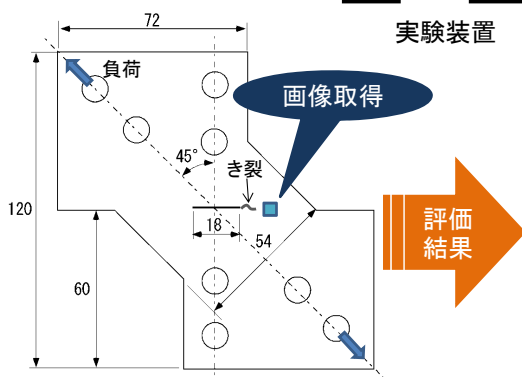
同一点探索の手法 ⇒ 変形前後画像間の相関係数 S が極値をとる解(u, v, R, K_I, K_{II})を求める
相関係数 S の導関数=0 の方程式の解を求める ⇒ Newton-Raphson法の利用

$$S = 1 - \frac{\Sigma \{f(x, y) \cdot g(x^*, y^*)\}}{\sqrt{\Sigma \{g^2(x, y)\} \cdot \Sigma \{g^2(x^*, y^*)\}}}$$

相関係数 S 、変形前画像の輝度関数 f 、変形後画像の輝度関数 g

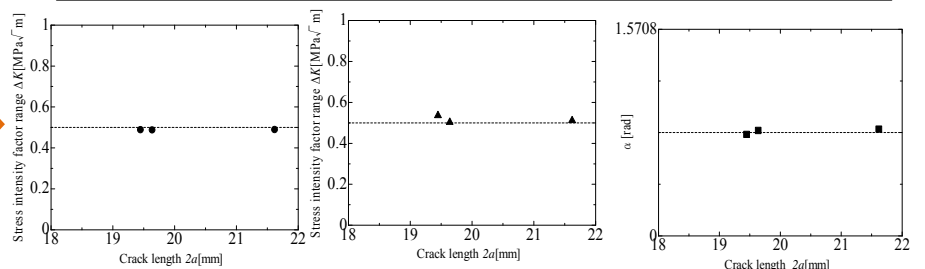


Flow chart



光学倍率: 0.75倍
画像サイズ: 1280 × 960[pixel]
サブセットサイズ: 100 × 100[pixel]

設定傾き角度: $\pi/4$ [rad]
設定応力拡大係数幅: $\Delta K_I = 0.5$ [MPa \sqrt{m}]
設定応力拡大係数幅: $\Delta K_{II} = 0.5$ [MPa \sqrt{m}]



モード I 応力拡大係数 K_I 、モード II 応力拡大係数 K_{II} 、傾き角 α を正確に評価可能