



2013/1/9 中性子イメージング専門研究会

中性子ラジオグラフィを用いた水分 測定に関する画像処理方法の提案

茨城大学 工学部 都市システム工学科 4年

松島 由布子

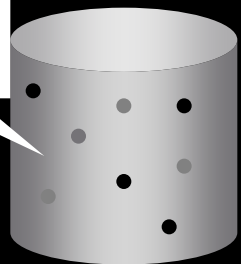
指導教員 沼尾 達弥 教授



研究背景

コンクリートをはじめとするセメント硬化体

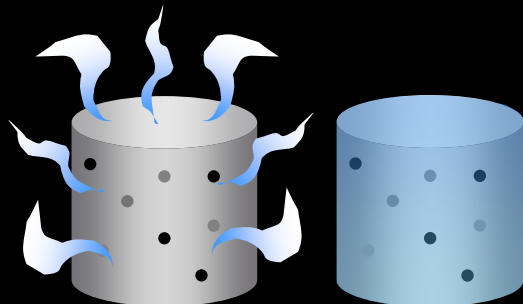
多孔質材料



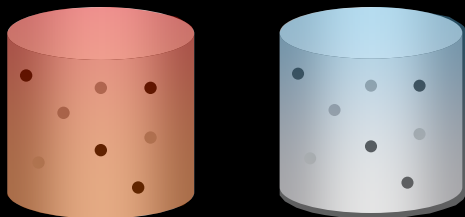
主構成成分は水とセメント

故に

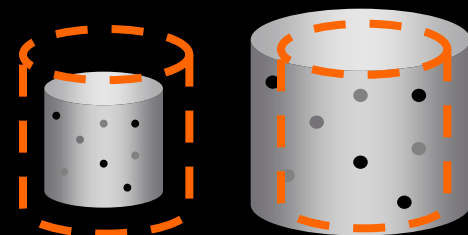
外部環境の影響を受けて
水分逸散・湿潤



温度変化を受けて



水分逸散・湿潤により
乾燥収縮・湿潤膨張

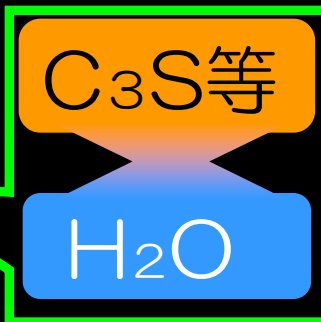
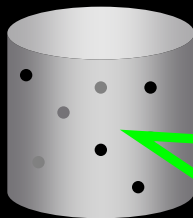


温度変化により
熱収縮・熱膨張

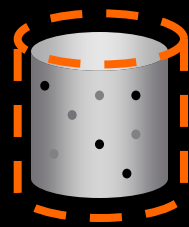
養生中



養生水が届かないような内部で
水和反応



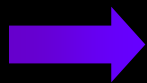
自己収縮





研究背景

乾燥収縮や自己収縮

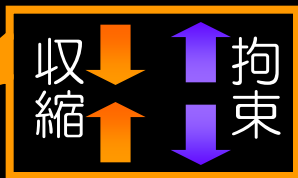
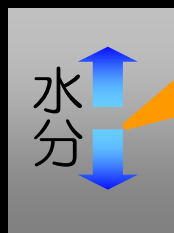


水分が時間の経過とともに逸散などが発生することにより直接引き起こされる現象

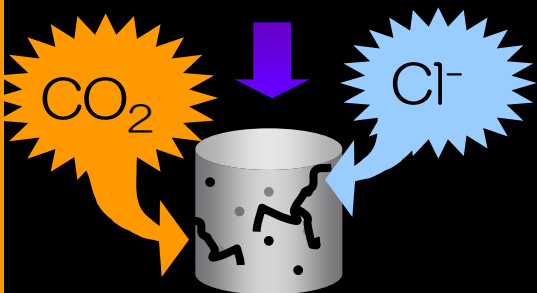


つまり、水分移動と密接な関係を持っている

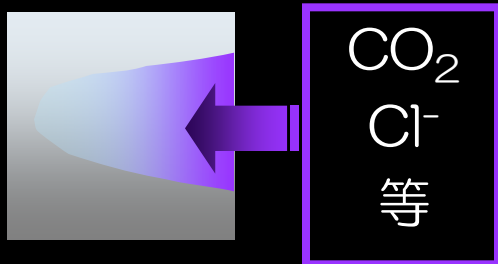
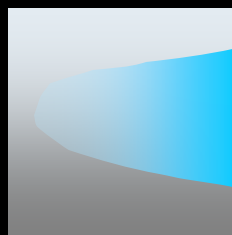
水分移動や含水状態の変化がもたらすもの



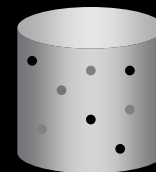
収縮量の変化により内外で拘束応力が発生



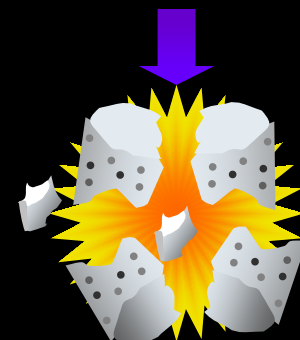
ひび割れの要因に...



水分移動が外部劣化因子の能動態に...



熱膨張係数や熱伝導係数を変化させる

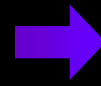


高温環境下での爆裂破壊の要因に...



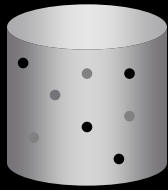
研究背景

- ①水分移動を定性的かつ定量的に捉える
- ②水分移動と体積変化の関係を定量化する

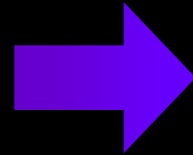


- ①物理的特性を把握すること
- ②耐久性的な観点

非常に重要



主構成分は水とセメント



中性子ラジオグラフィなら測定系を埋め込むなどせずに、非破壊で内部を捉えることができる

セメントの主成分

Si, Ca, Fe, Alなど中性子が透過しやすいもの

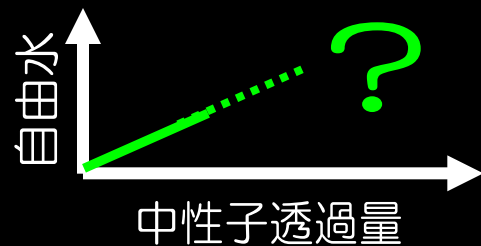
セメント硬化体の局所的な水分移動と体積変化の実態を捉えるうえで...
中性子ラジオグラフィは適している



研究背景(水分を定量化する上での課題)

中性子透過量と含有水分量(自由水)の
関係が正確に求められていない

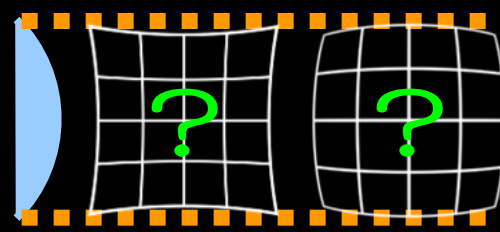
水分量の大小によって透過する際の散乱の
効果が異なるため水分量が多い(透過距離が
長い等)ところでは水分量が少なめに推定さ
れてしまう



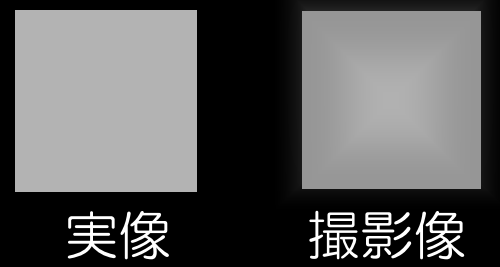
中性子照射装置の特性が装置ごとに異なる
ため、装置ごとの補正が必要になる



検知器(カメラも含む)の精度の影響により、測定
範囲に空間的(撮影範囲)な誤差(歪みなど)が含まれ
るため、この影響を取り除く補正が必要となる



中性子の非平行成分による透過および検知器の
精度の影響により、検出画像にボケ(幾何学的不
鮮明度など)が含まれるため、この影響を取り除
く補正が必要となる

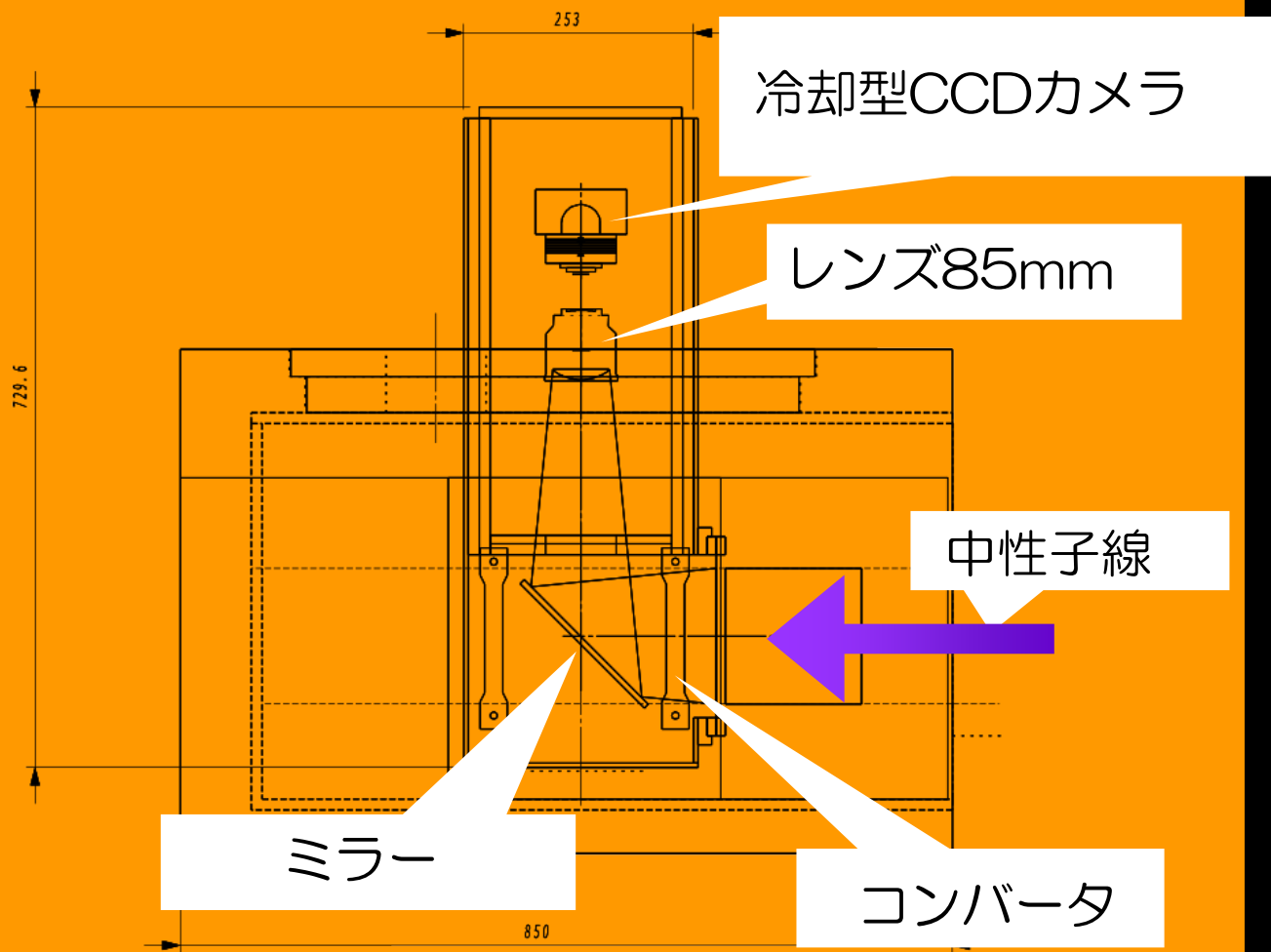


本研究の対象課題



実験期間と原子炉について

京都大学原子炉実験所KUR E-2ポート



実験実施日

6月20日

(1回目)

9月4日~13日

(2回目)

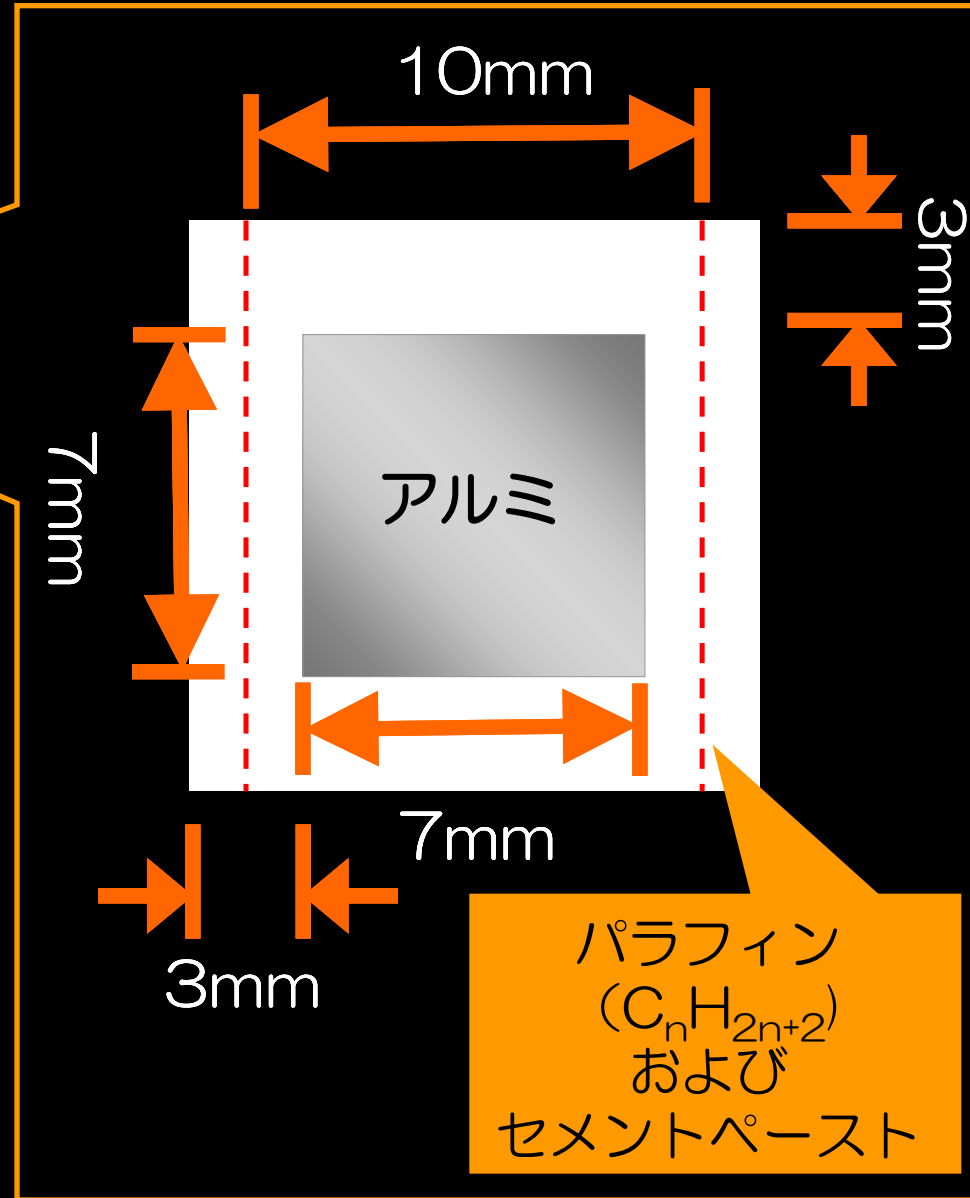
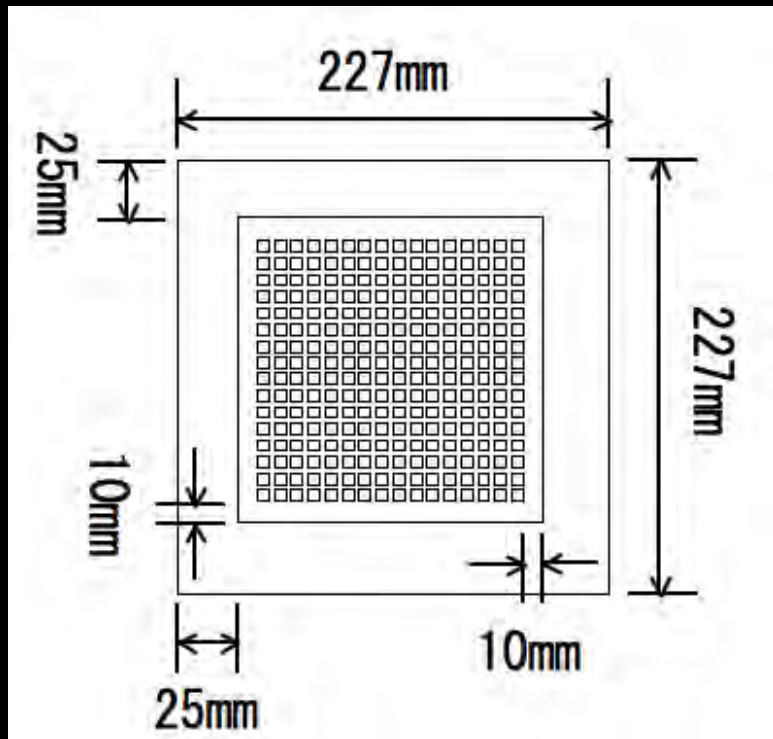
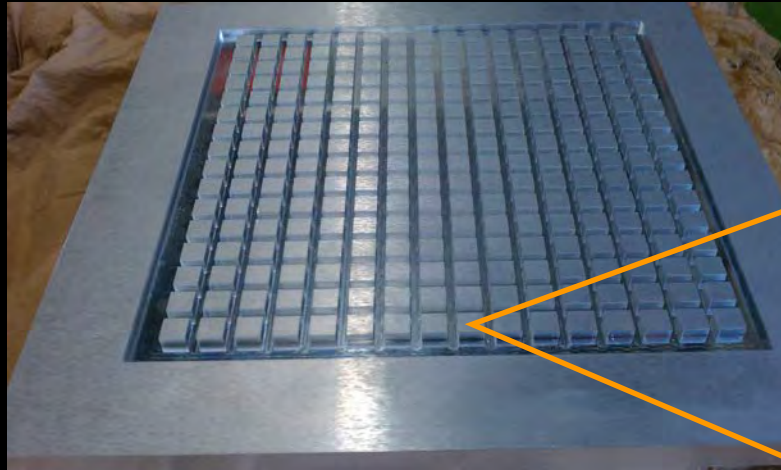
11月6~8日

(3回目)

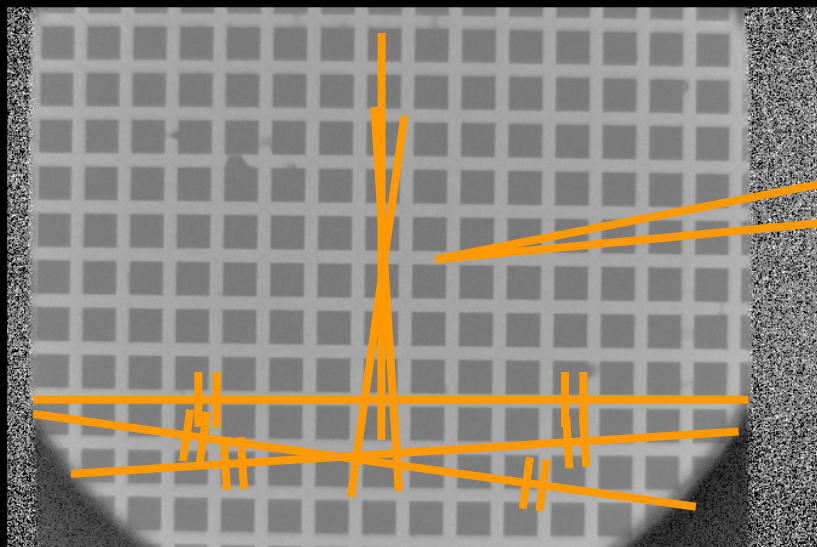
撮影では理研
システムを
利用



試験体について

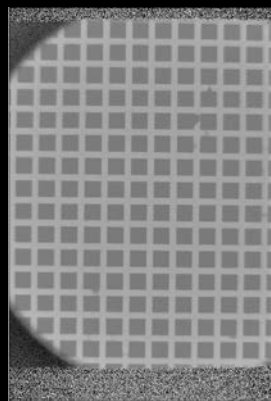


撮影状況と解析方法

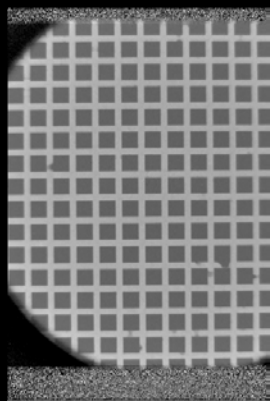


Adobe Illustrator CS5にて
幾何学的に中心点を求めた

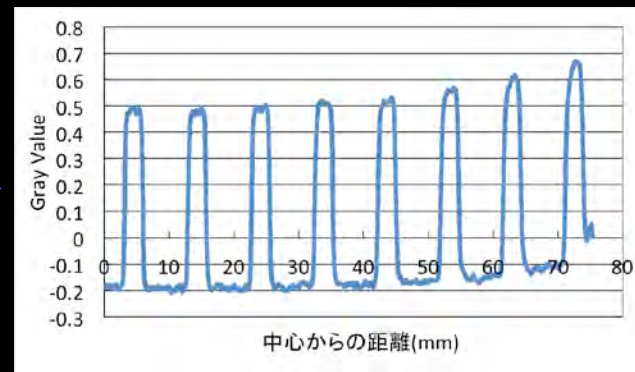
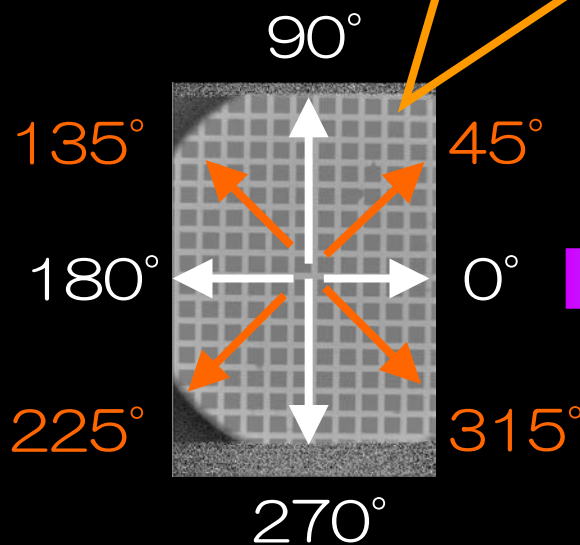
一部水準を除き,
 0° , 90° , 180° , 270°
の4方向



9月
(2回目)

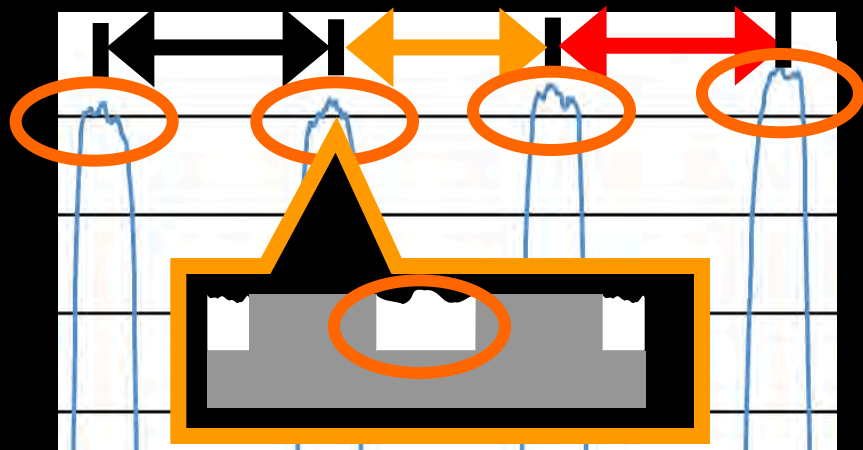


11月
(3回目)

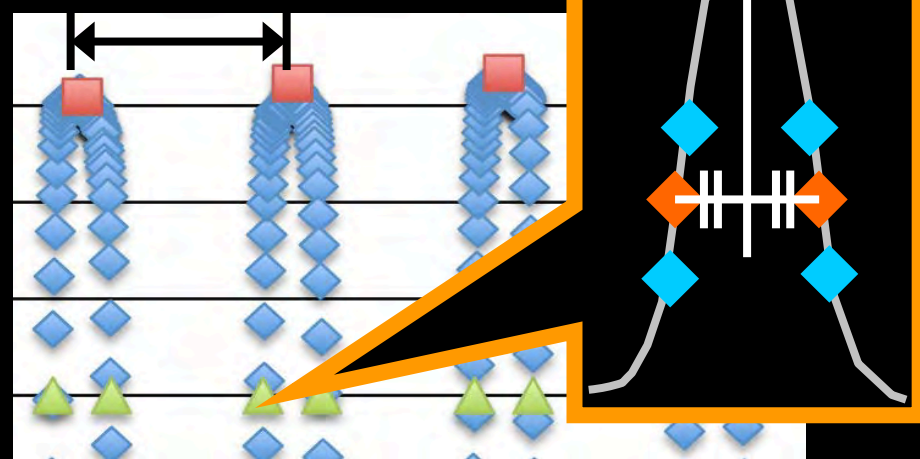


ImageJおよびMicrosoft Excel

撮影状況と解析方法

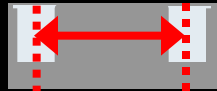
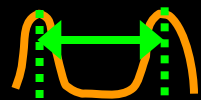


充填物の状態，水素分布等により
ピーク出現位置がばらつく

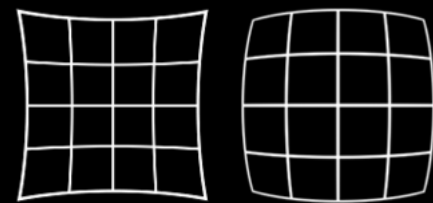


充填状態による誤差を取り除いて
評価できるように補正

補正後ピーク間寸法 — 実寸10mm = 実寸との差

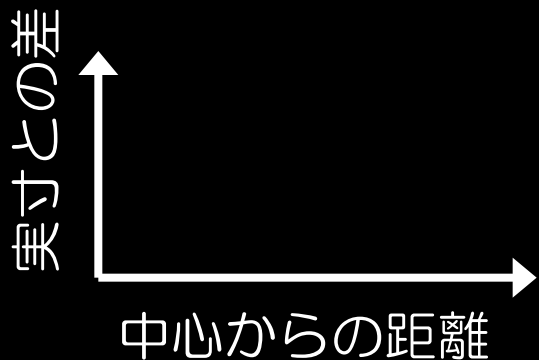


※ 斜め方向は $10\sqrt{2} = 14.1421\text{mm}$



値が+ (実寸よりも伸びている)

値が- (実寸よりも縮んでいる)

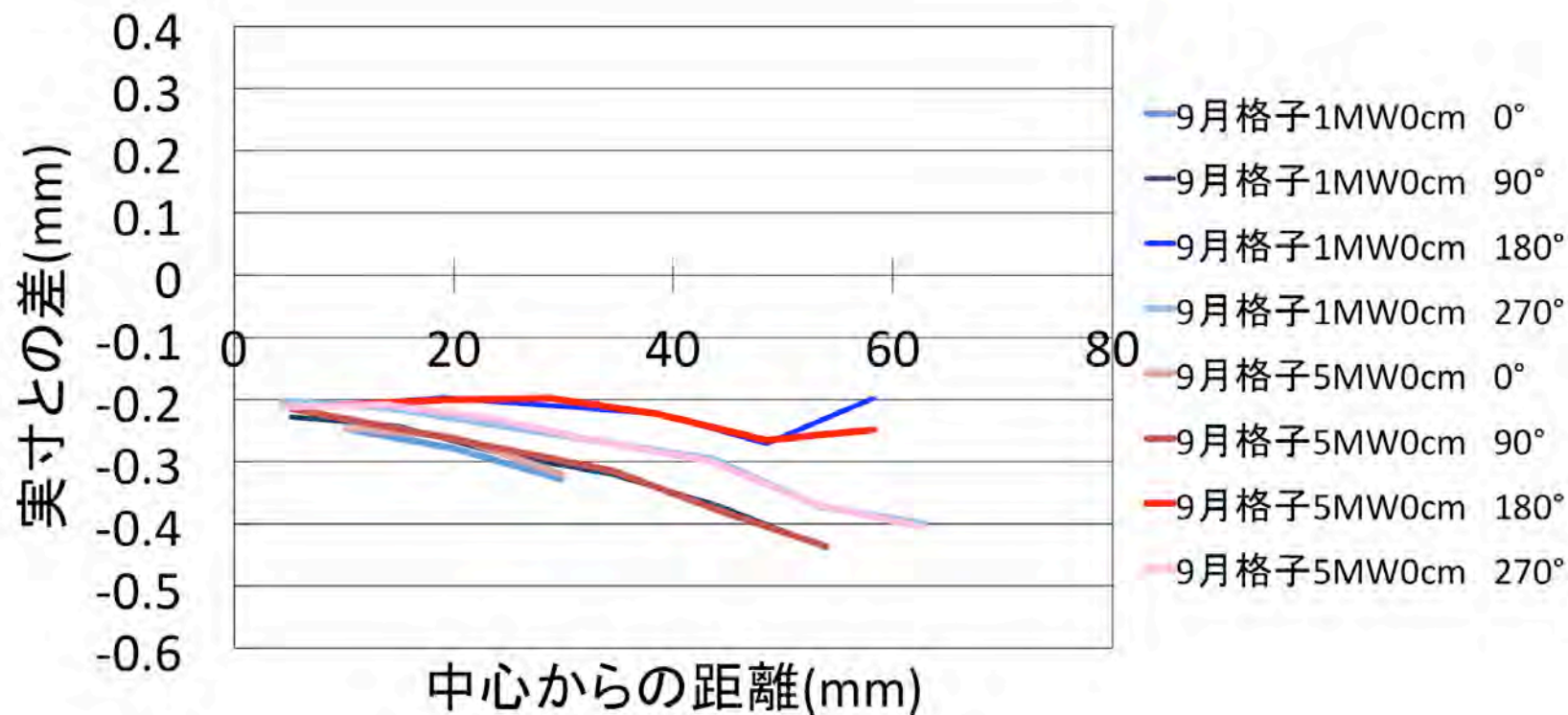


撮影された範囲の画像傾向が分かる
(中心から離れるにつれ，どうなるか...?等)



撮影条件まとめ

充填物	1回目		2回目	3回目	
	セメントペースト	パラフィン	パラフィン	セメントペースト	パラフィン
コンバーターとの距離(cm)	0, 2, 4, 6, 8	0, 2, 4, 6, 8	0, 8	0, 2, 4, 6, 8	0, 2, 4, 6, 8
出力(MW)	1	1	1, 5	5	5
撮影秒数(s)	30, 60, 180 (180はコンバーターとの距離0, 8cmの場合のみ)	30, 60, 180 (180はコンバーターとの距離0, 8cmの場合のみ)	60	30, 60 (60はコンバーターとの距離0, 8cmの場合のみ)	30, 60 (60はコンバーターとの距離0, 8cmの場合のみ)





本研究の流れ

試験体撮影



撮影画像を処理

ホワイトスポット処理
暗電流処理
シェーディング処理



幾何学的に中心点を導出



ピーク出現位置補正



空間的誤差(撮影範囲全体の誤差)の把握・推定式作成



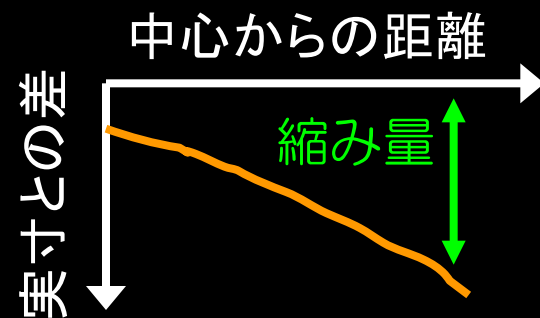
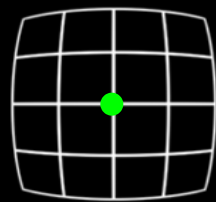
幾何学的誤差(撮影画像自体のボケ)の把握

これまでの結果のまとめ(空間的な誤差)

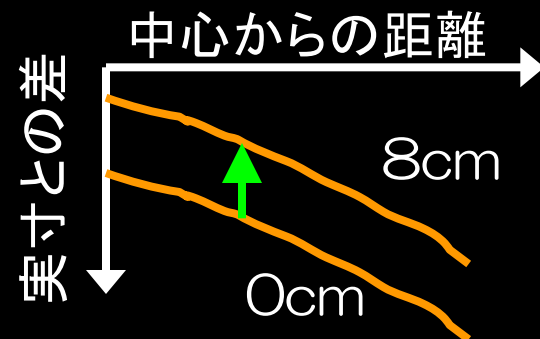
原子炉出力や撮影秒数による、実寸との差の結果における違いはあまりみられない

中心から離れるのにつれて実寸との差が大きくなる

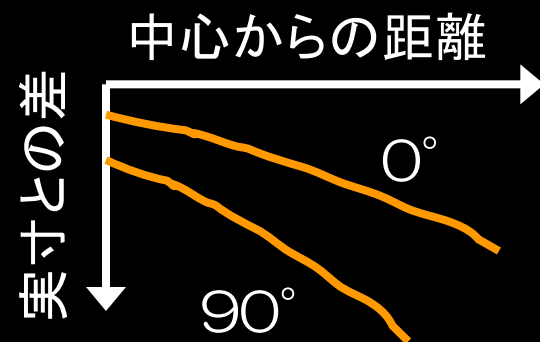
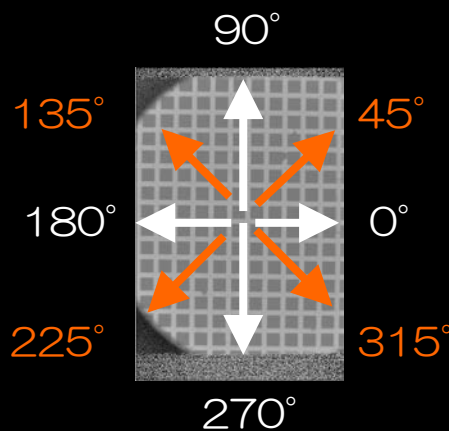
(中心から離れると縮む傾向有り)



コンバーターとの距離が離れるほど実寸との差が全体的に小さくなる



解析方向によって歪曲の程度が異なる



結果を受けての仮定(空間的な誤差)



画像傾向式

$$y=ax+b$$

a = 解析方向による要因

b = コンバータ-との距離による要因

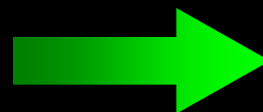
最も実寸との差が小さくかつ、実寸との差の値においてバラつきの少ない...

パラフィン充填時

コンバータ-との距離8cm

今までの実験(3回)の平均

基準

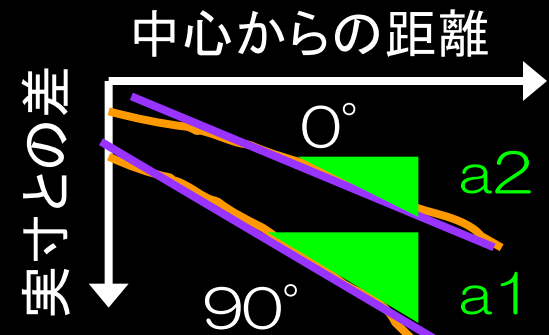
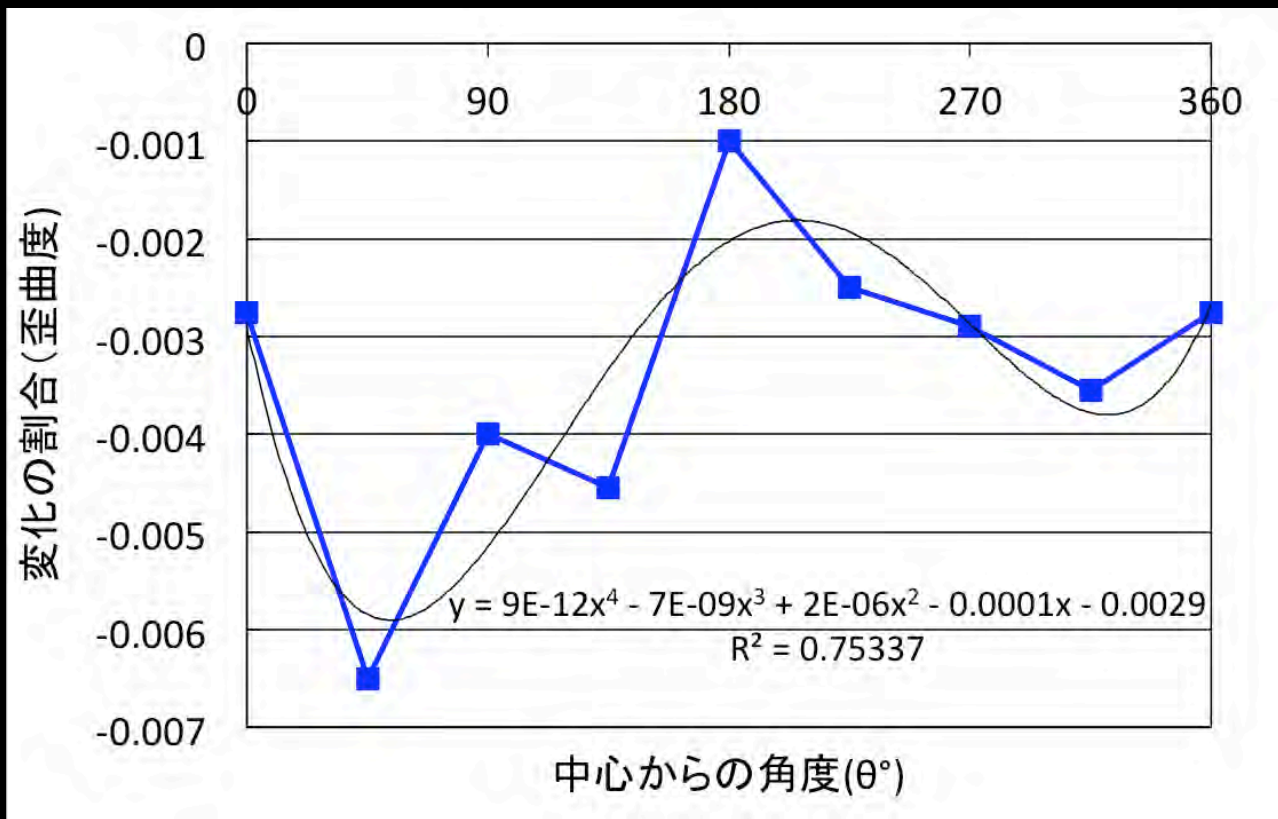


画像傾向式を作成

(歪曲収差の式)



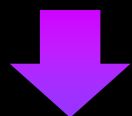
解析方向による要因について(空間的な誤差)



※ 実寸との差は
 パラフィン充填時
 コンバータ距離
 8cmにおける平均

何か傾向はありそう...

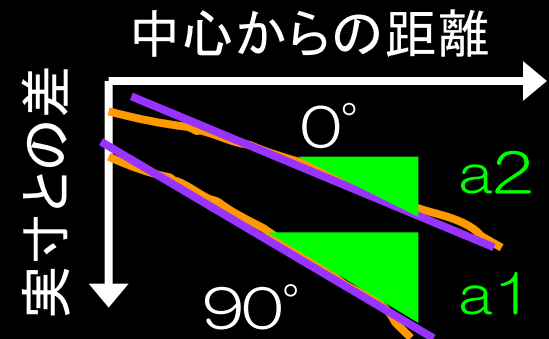
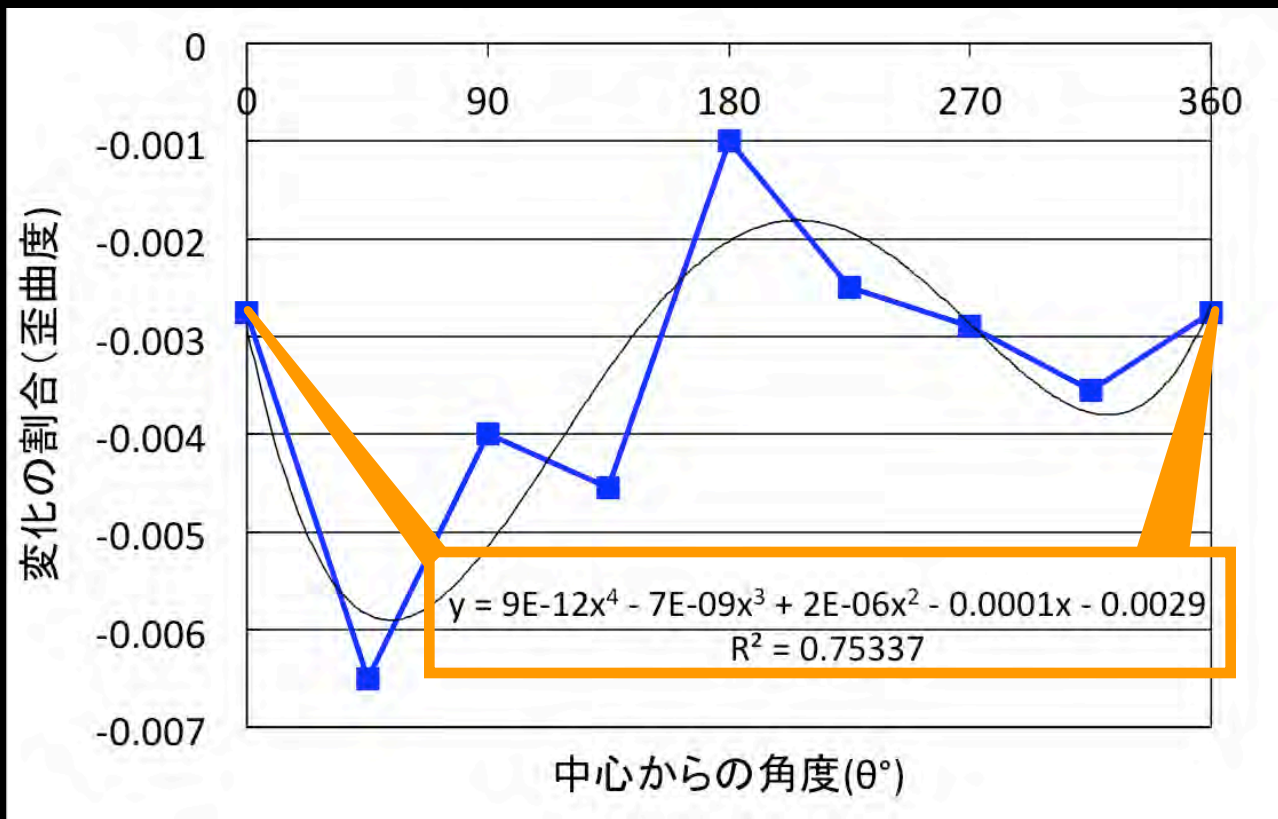
レンズ形状による誤差, もしくは試験体自体の誤差?



試験体自体に大きな誤差はなかった



解析方向による要因について(空間的な誤差)



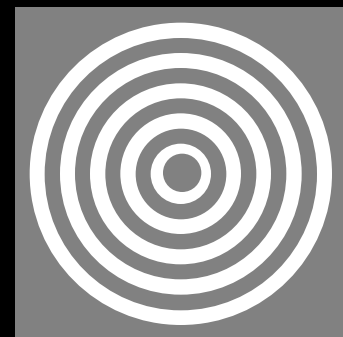
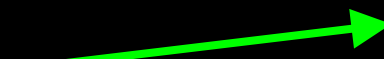
※ 実寸との差は
コンバータ距離
8cmにおける平均

上の式をaの推定式において、 0° と 360° で同じ場所であるのにも関わらず不連続となってしまう



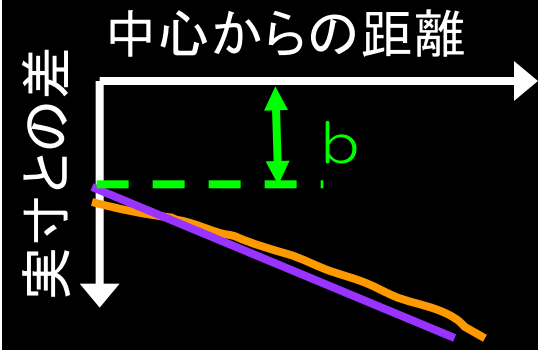
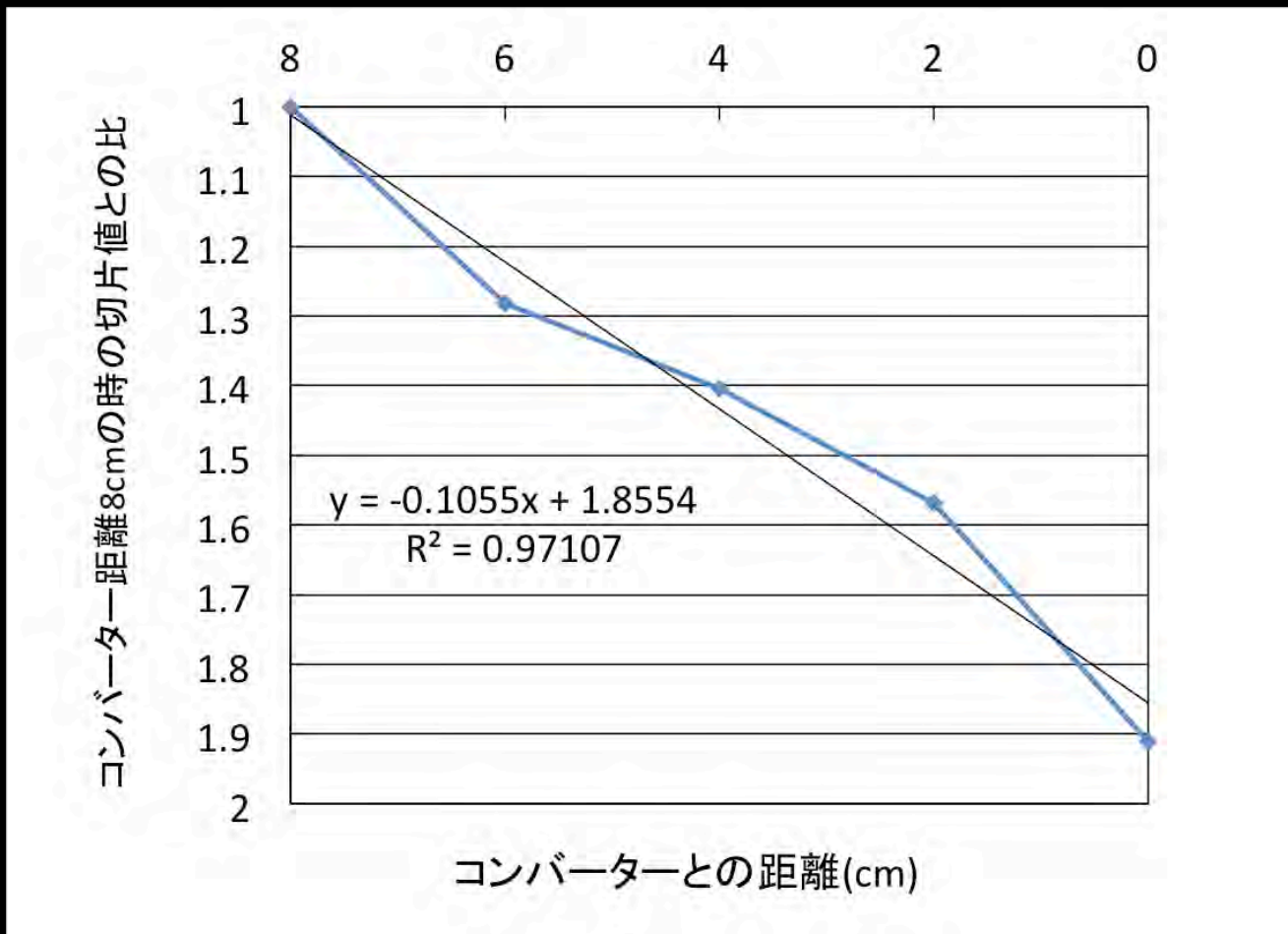
式以前に全体的に考察が必要(もう少しプロット数が欲しい)

試験体形状を変える必要あり

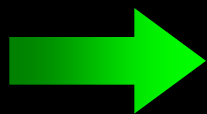




コンバーターとの距離による要因(空間的な誤差)



ほぼ1次線形の関係

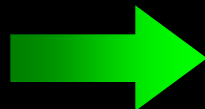
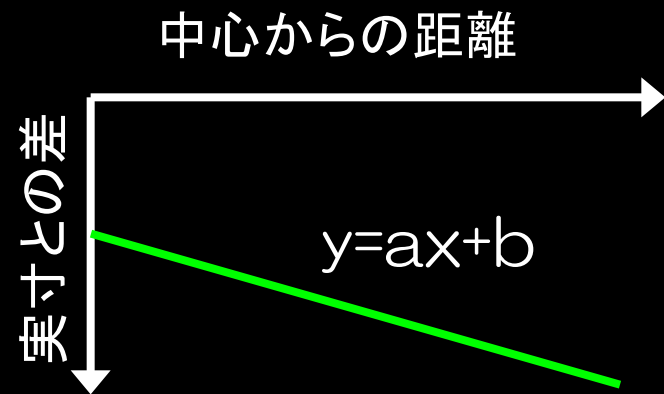


推定式 $\beta = -0.1055x + 1.8554$

x : コンバーターとの距離

β : 切片bに対する比率

結果を受けての仮定(空間的な誤差)



x : 中心からの距離

y : 実寸との差(推定)

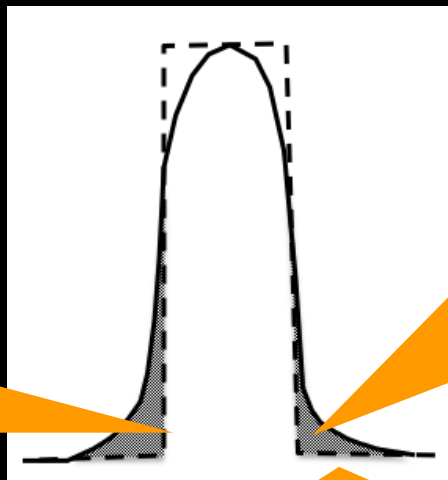
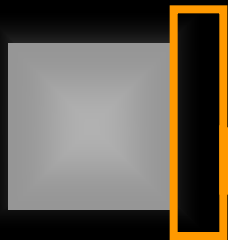
a : 推定式より代入

b : b' (コンバーター距離8cmの時の切片値) \times β (推定式で求めた比率)

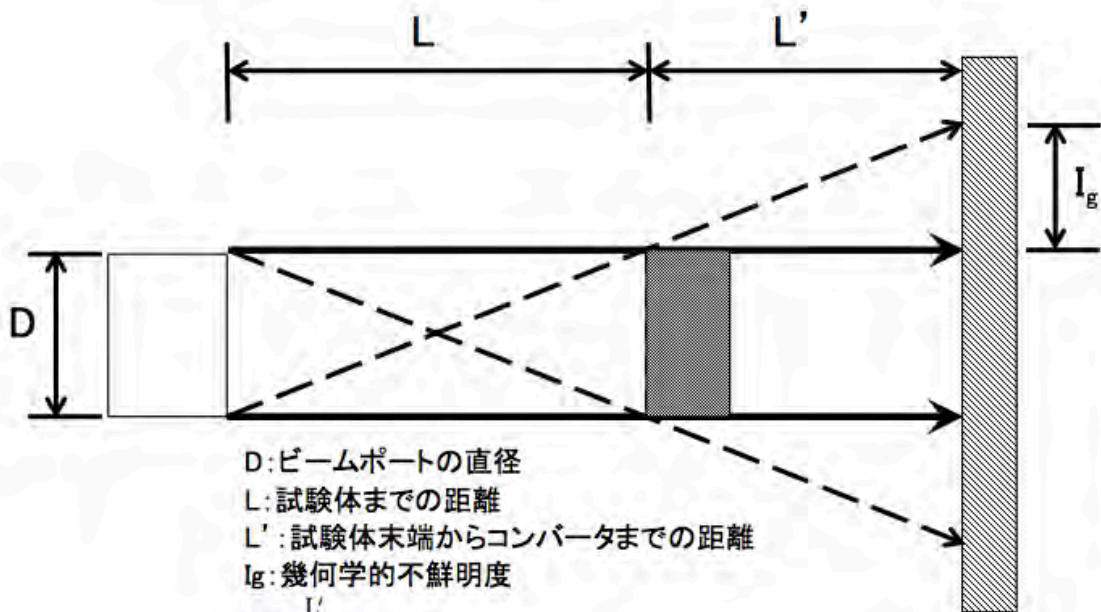
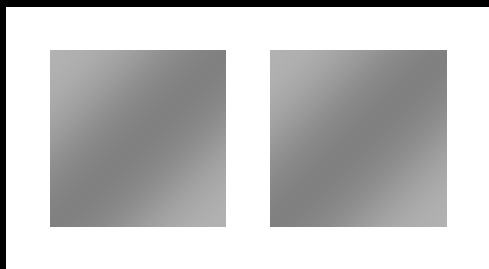
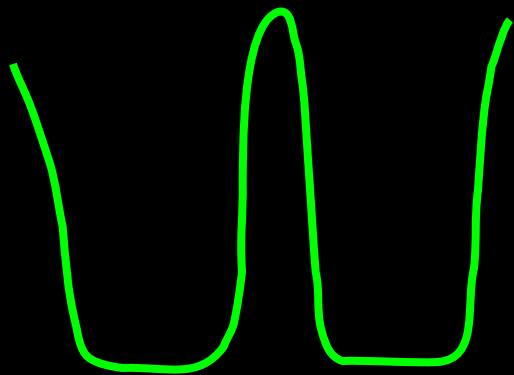
実寸との差が定量化できれば
歪曲の補正もできる

結果を受けての仮定(幾何学的誤差)

ボケ



コンバーターとの距離が長くなると理論式により誤差(ボケ)が大きくなるとされている



D: ビームポートの直径

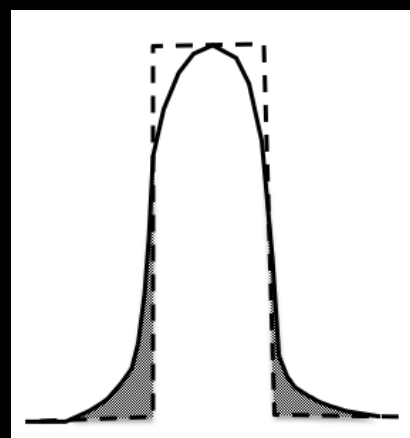
L: 試験体までの距離

L': 試験体末端からコンバータまでの距離

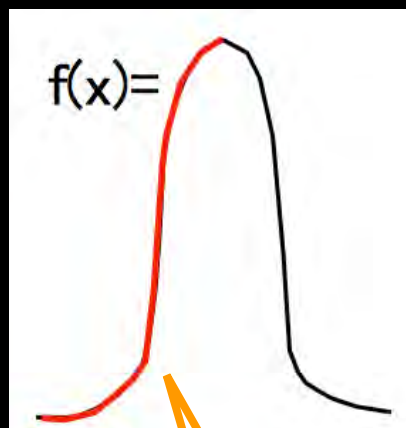
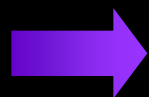
I_g: 幾何学的不鮮明度

$$I_g = \frac{L'}{L} D$$

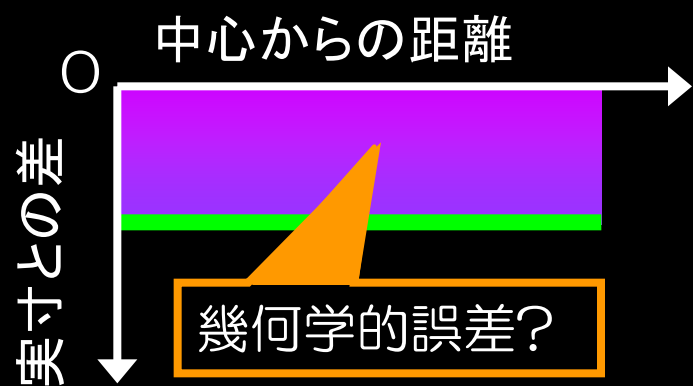
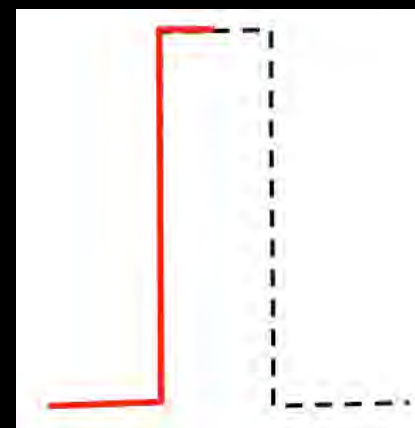
結果を受けての仮定(幾何学的誤差)



関数化

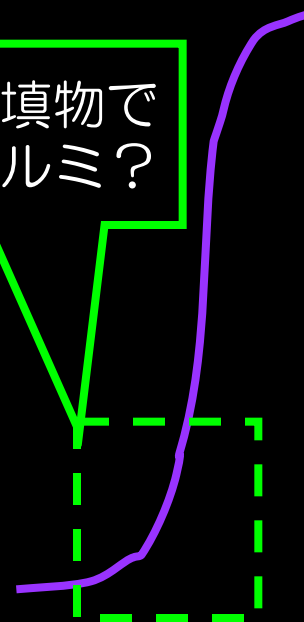


補正

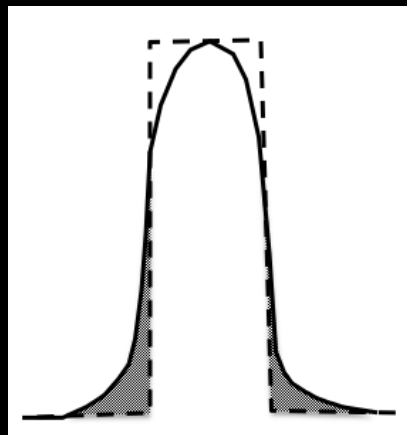


今回の場合だと...

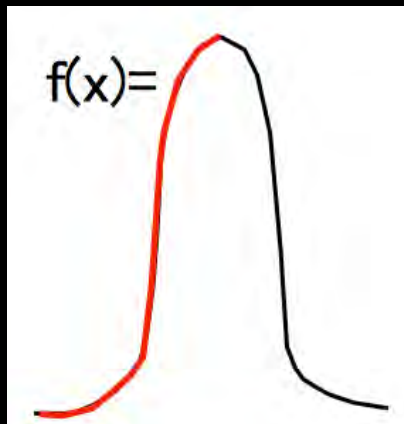
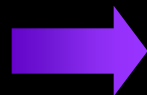
どこから充填物で
どこからアルミ?



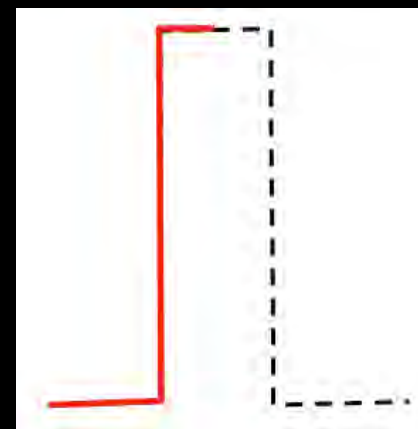
今後の予定



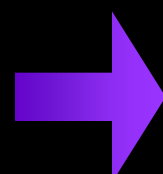
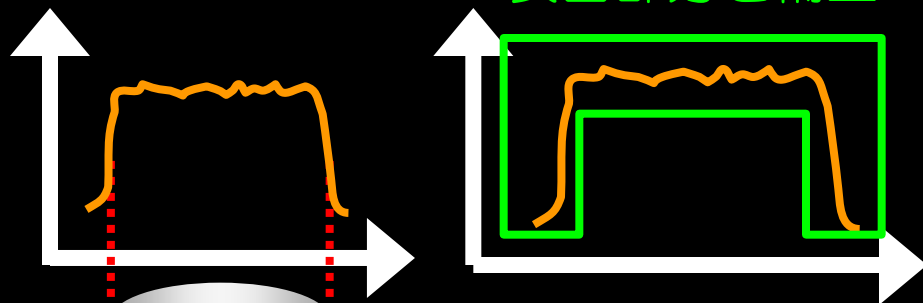
関数化



補正

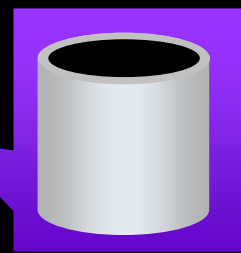


ボケも含まれている
表面部分を補正



水分測定等における補正
に使用できるように、話を
繋げたい

境界面の評価については
非常に重要な課題



水分逸散をみるのにあたり薄肉の供試体を使うこともある



細かな誤差でもなるべく補正できるようにしたい
果たして補正は可能であるのか？

