

中性子ブラッグエッジ透過法とCT を用いた日本刀の研究

鬼柳善明^a 及川健一^b 松本吉弘^c 渡辺賢一^d
佐藤博隆^e 篠原武尚^b

a 北海道大学名誉教授

b J-PARC, JAEA

c CROSS

d 九州大学

e 北海道大学

日本刀研究メンバー



北海道大学
鬼柳善明、佐藤博隆



和鋼博物館元館長
伊藤正和



J-PARC
及川健一、篠原武尚、甲斐哲也、
Stefanos Harjo
CROSS 松本吉弘



島根大学
大庭卓也、森戸茂一、
Pham Hoang Anh



熊本大学 峯洋二



九州大学 渡辺賢一

日本刀の製作時代

710	古墳時代	上古刀	
794	奈良時代		
	平安時代	古刀	古刀: ~987-1595 各産地で地金製作
1185	鎌倉時代		
1336	室町時代		
1573	安土桃山時代	新刀	新刀: 1596-1780 慶長元年から 地金の共通化・輸入鉄の途絶 形式化
1603	江戸時代		新々刀: 1781-1876 天明元年から 古刀回帰
1868	明治時代	新々刀 現代刀	現代刀: 1877- 廃刀令以降

五箇伝（古刀の時代）



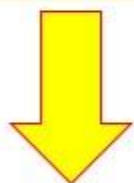
戦後は美術刀剣として所持
が認められるようになった。

1. 中性子を使った日本刀研究で解明したいこと

○個々の刀の金属学的特性の把握（非破壊測定）
（結晶子サイズ、配向、焼入部などや炭素量および構造情報）



○製造方法の解明
（口伝のため不明のところがまだある。特に、古刀）



* 刀剣の特徴に時代や産地によって共通性があるのか？



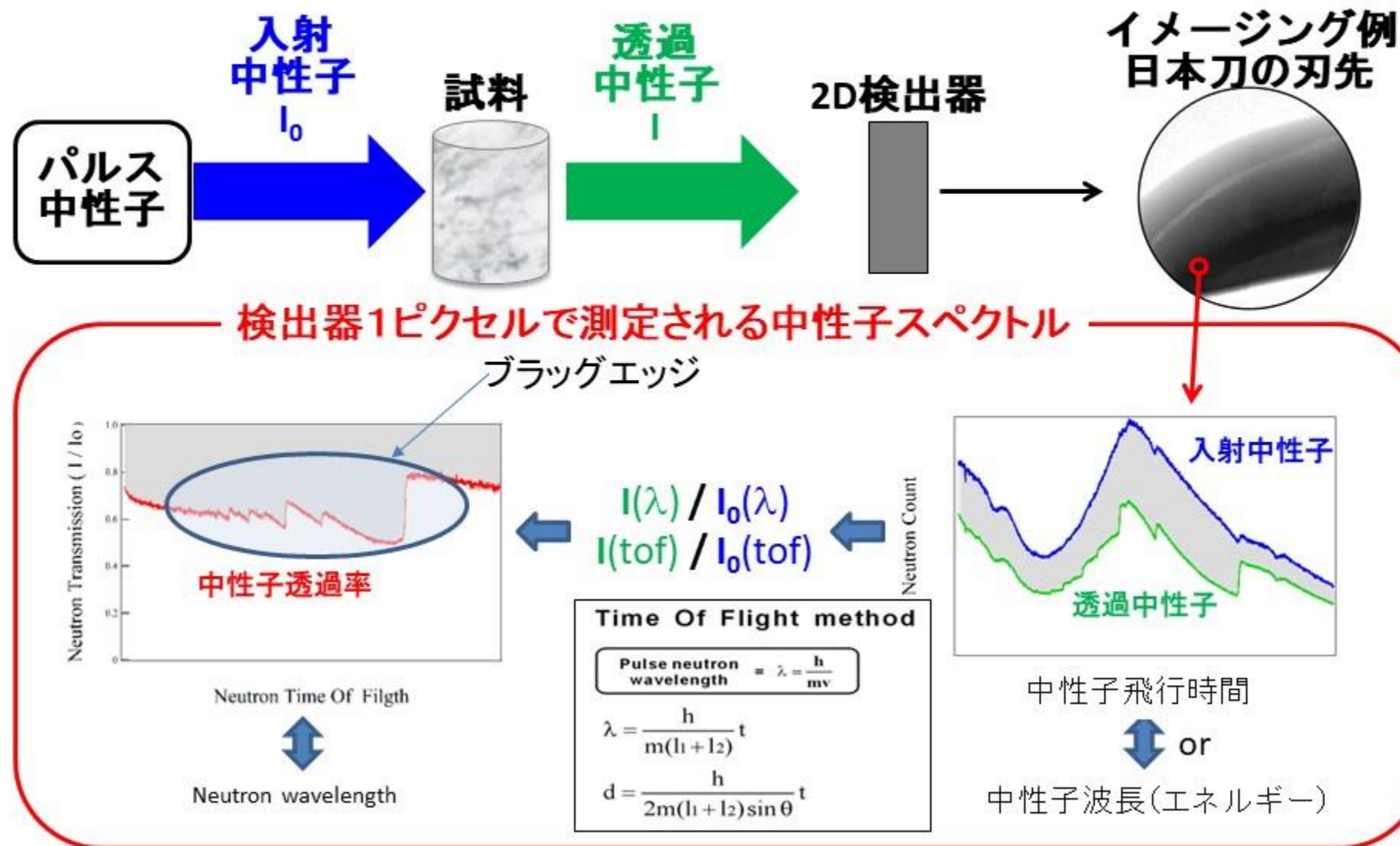
* 製作法の時代変遷などを明らかにできないか？



刀剣作成技術の時代・地域変遷を通じた鉄文化の歴史

2. 測定方法:ブラッグエッジ透過イメージング法の原理

透過力の強い中性子で、非破壊で、中性子エネルギー毎に透過強度の変化を見る。

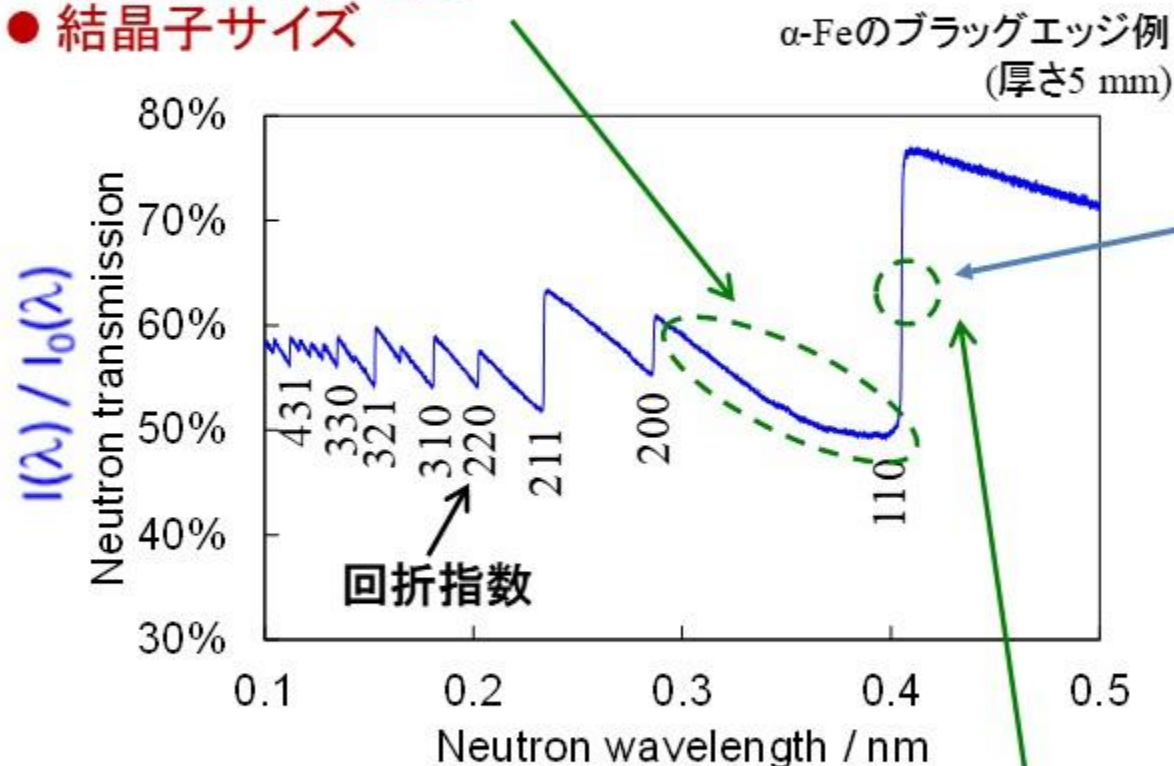


Bragg Edge解析から分かること

6

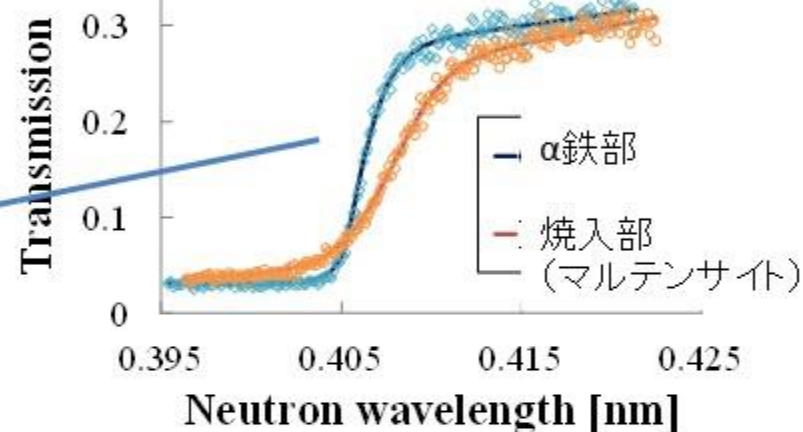
形状変化 & 強度増加

- 集合組織(配向性)
- 結晶子サイズ



エッジ幅

焼入れ→幅が広がる

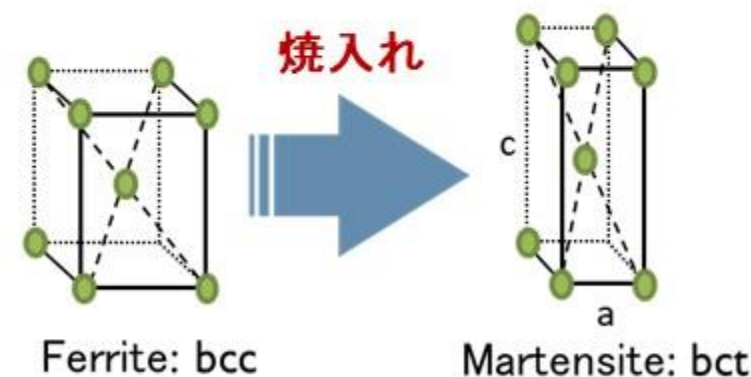


エッジパターン(位置 & 高さ)

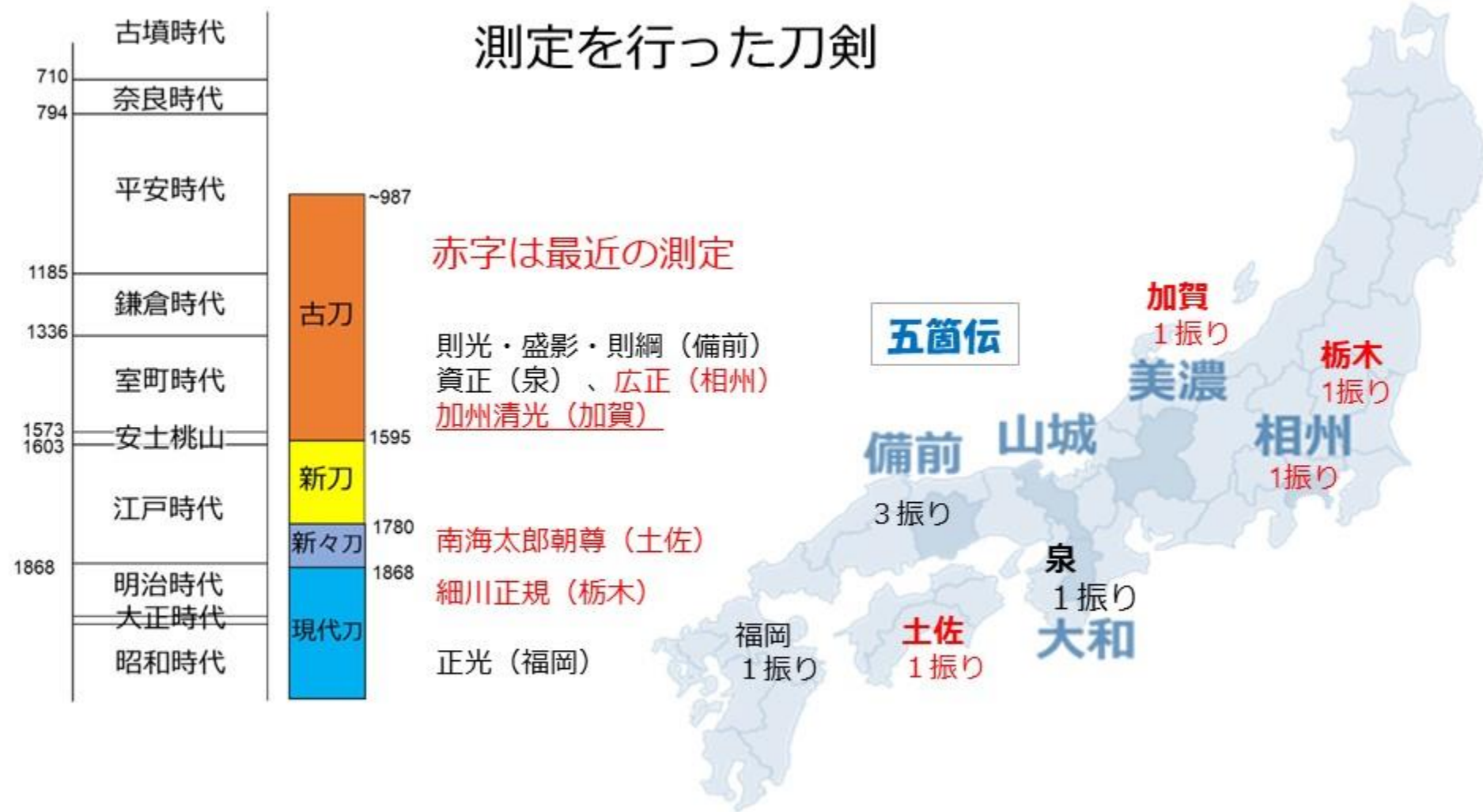
- 結晶構造
- 結晶相

エッジ出現波長

- 結晶格子面間隔



3. 日本刀測定



本日の日本刀

A. 加州清光 (69.5cm) 南北朝 古刀

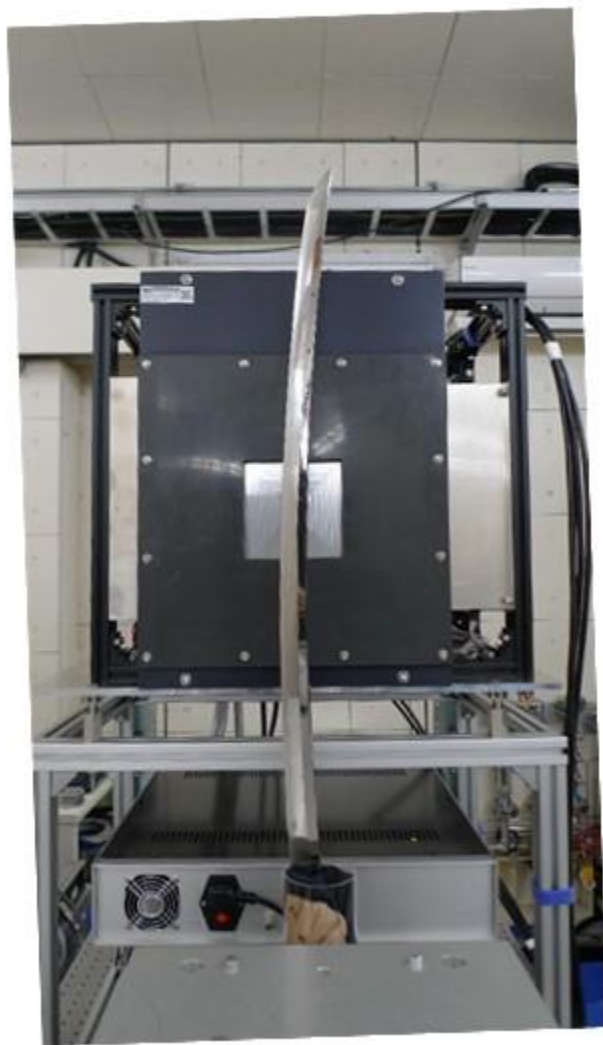


加賀の国。代々加州清光の名が継がれている。
新撰組 沖田総司が使っていた刀と同じ刀匠名

日本刀提供

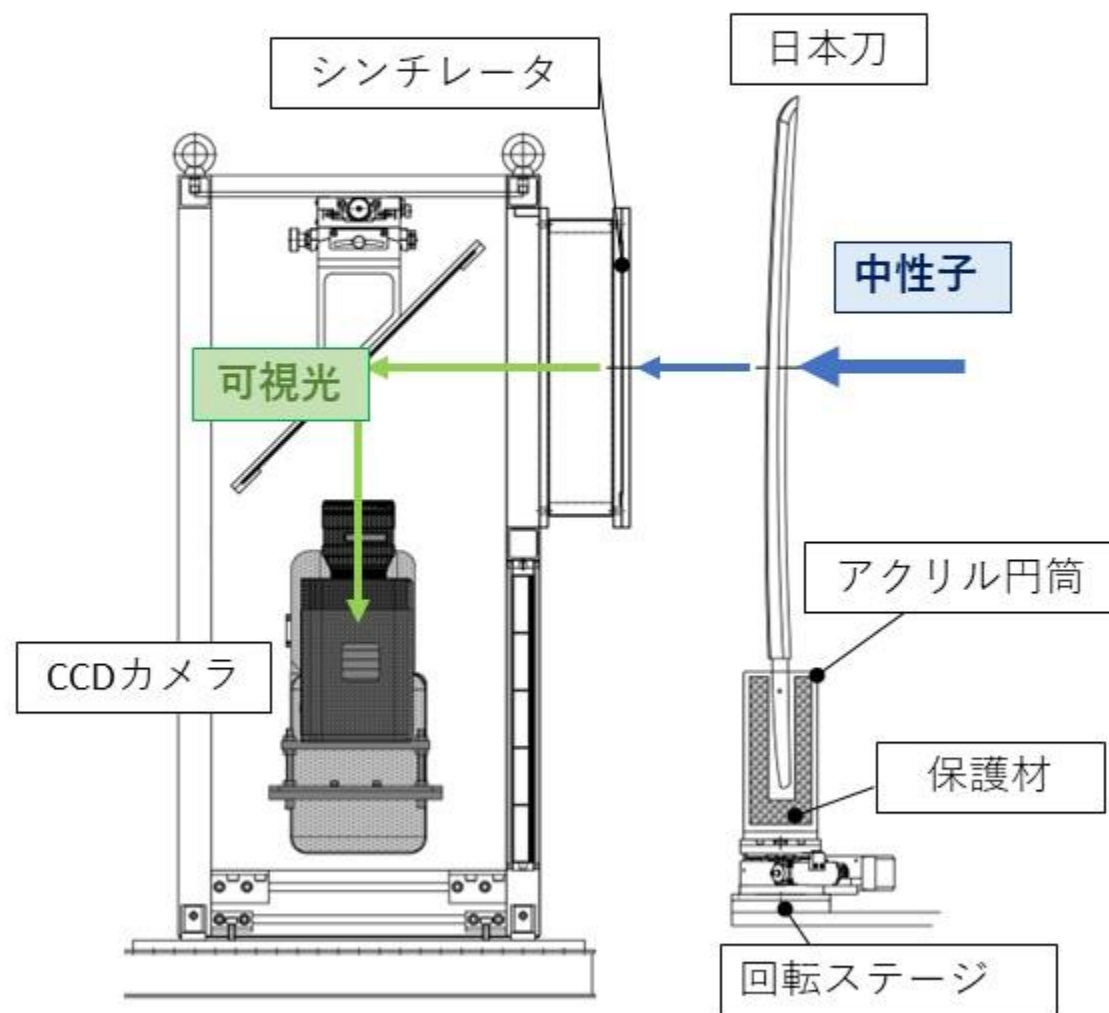
- 株式会社ニトロプラ
(刀剣乱舞の会社)

■ 螺鈿における中性子ブラッグエッジ測定体系



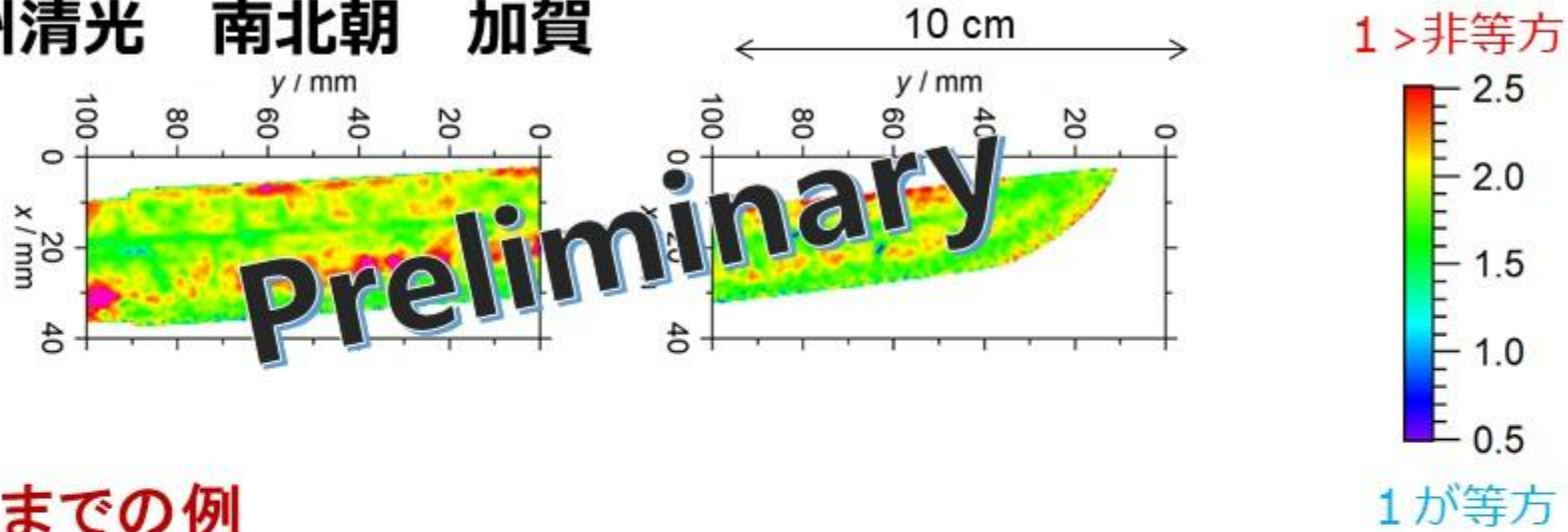
刀の切先、中央付近、茎付近をBragg Edge 測定

■ 螺鈿における中性子トモグラフィ実験体系



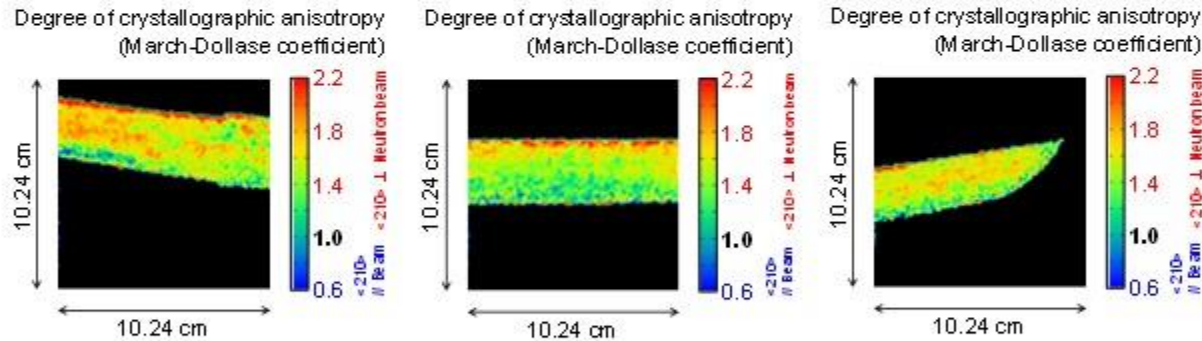
(結果1) 選択配向

加州清光 南北朝 加賀

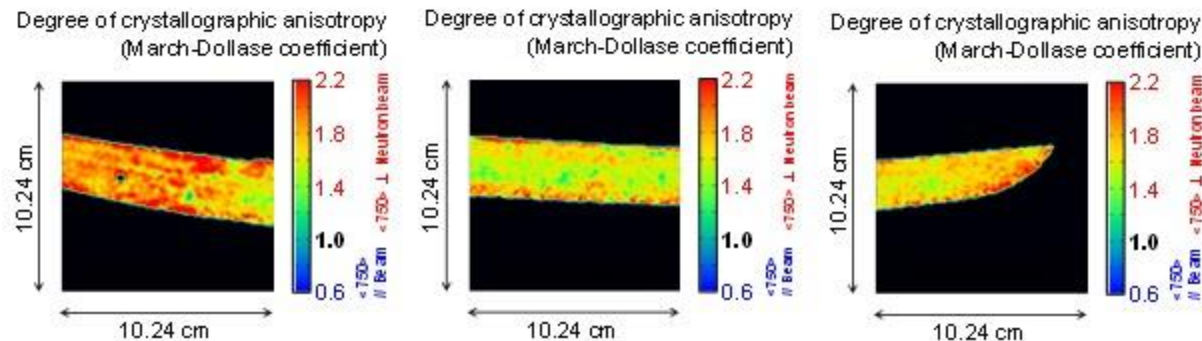


これまでの例

則綱

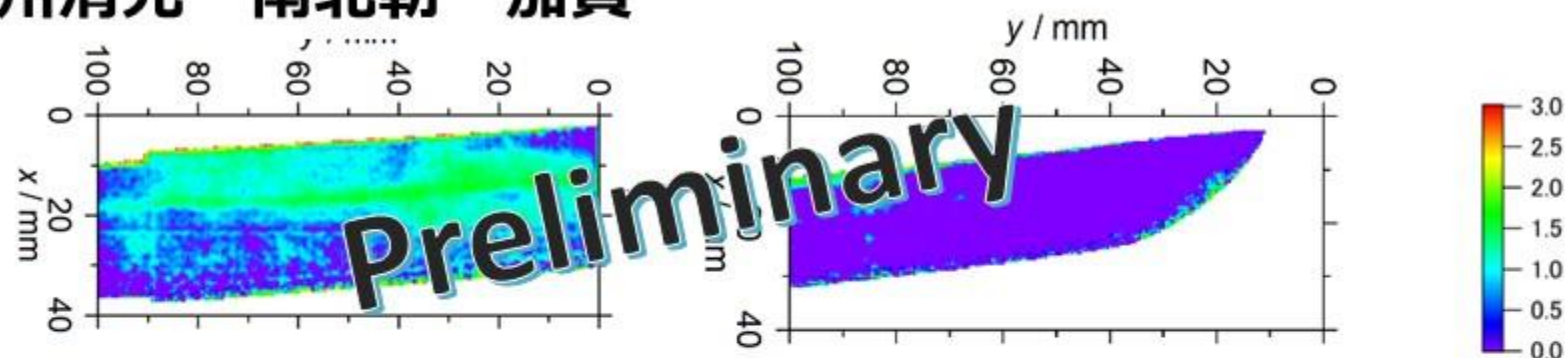


資正



(結果2) 結晶子サイズ

加州清光 南北朝 加賀



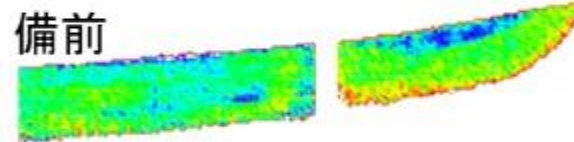
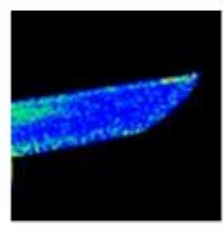
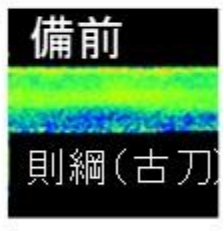
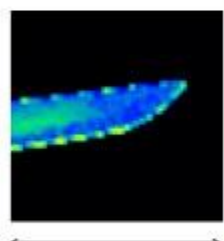
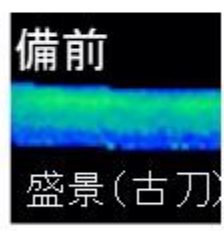
これまでの例

Crystallite size (μm)

Crystallite size (μm)

Crystallite size (μm)

Crystallite size (μm)



則光(古刀: 再刃)

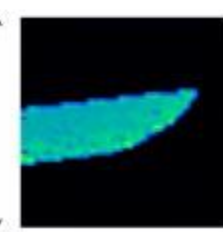
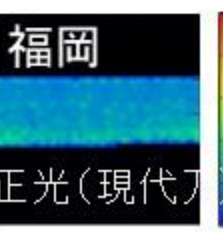
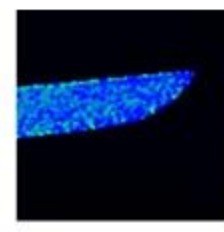
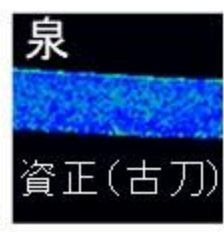
備前刀
棟側: 大(心鉄)
刃側: 小(皮鉄)
甲伏せ?

Crystallite size (μm)

Crystallite size (μm)

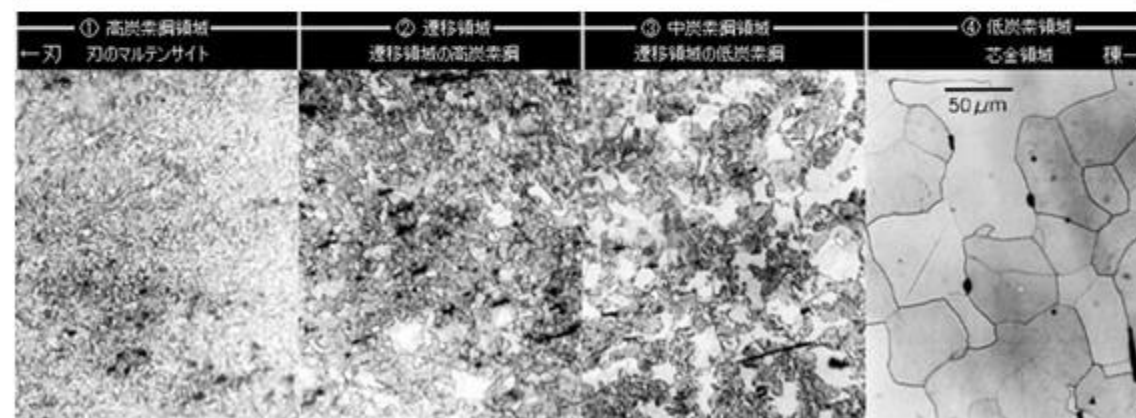
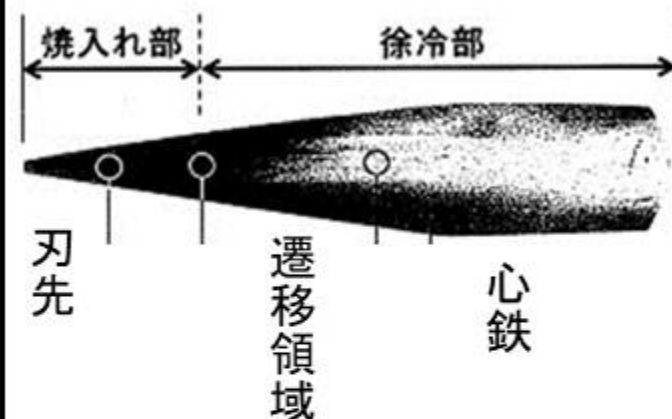
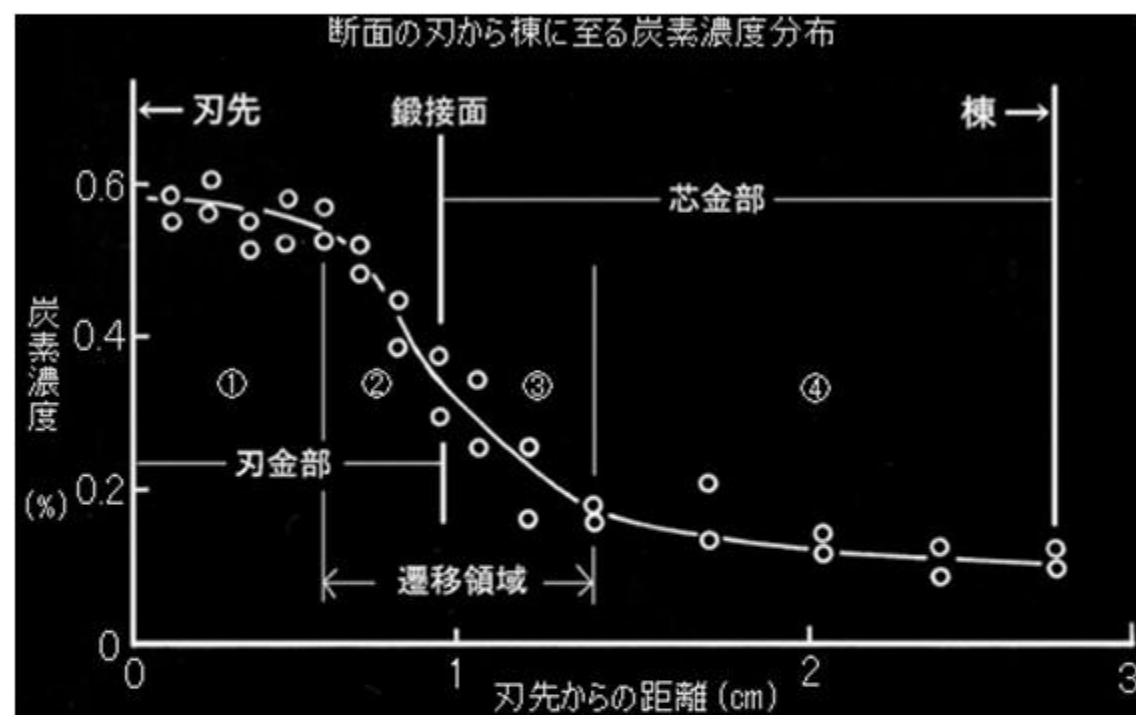
Crystallite size (μm)

Crystallite size (μm)



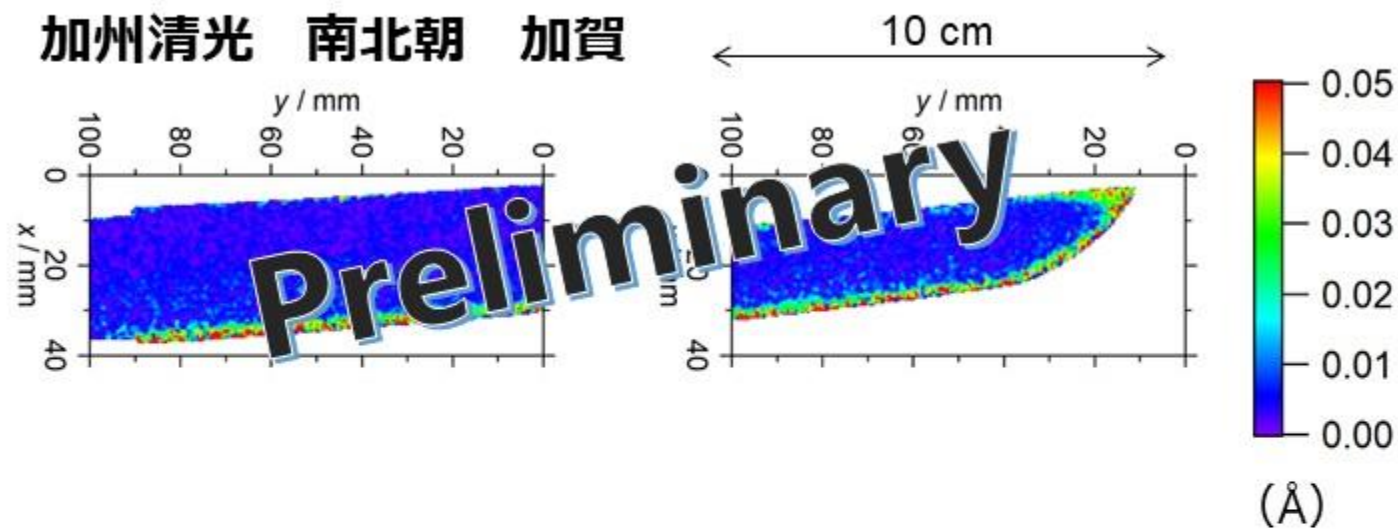
一様に小さい
無垢?

(参考) 刀の部位・炭素量・結晶粒サイズ



炭素量少→結晶粒大

(結果3) 110 エッジ幅のブロードニング (焼入)



4. まとめ

- CT影像と結晶子サイズ分布を組み合わせることで、造込みにに関する情報が得られる可能性がある。
- 結晶配向については、それぞれに特徴があり、製造法との関係についての検討が必要である。
- 測定刀剣を増やすことで、新しい内部構成の発見などもあり、実験結果についての解釈を深められ、さらに包括的に見ることができるようになることが期待できる。

今後も測定例を増やししながら検討を深め、より広範な情報を取得していくことが必用である。

大和の刀

山城の刀

相州の刀

美濃の刀 の測定がまだ行われていない。

(参考文献)

K. Oikawa, et al., Mater. Res. Proc., **15**, 207 (2020).

H. Sato, et al., Mater. Res. Proc., **15**, 214 (2020).

Y. Matsumoto, et al., Mater. Res. Proc., **15**, 221 (2020).

K. Ohmae, et al., Mater. Res. Proc., **15**, 227 (2020).

Y. Kiyanagi, Handbook of Cultural Heritage Analysis, Springer Nature Switzerland AG, 355-376 (2022).

Y. Shiota, H. Hasemi, Y. Kiyanagi, Phys. Procedia 88 (2017) 128 – 133.