



Title	Under-sampled 走査型プローブ顕微鏡における室温での原子分解能計測に関する研究
Author(s)	上田, 啓市
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/96109">https://hdl.handle.net/11094/96109</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 上 田 啓 市 )	
論文題名	Under-sampled 走査型プローブ顕微鏡における室温での原子分解能計測に関する研究
<p>論文内容の要旨</p> <p>本論文は、「Under-sampled 走査型プローブ顕微鏡における室温での原子分解能計測に関する研究」をまとめたものである。走査型プローブ顕微鏡 (SPM) は表面上の原子分子を見るだけでなく、動かし、評価できる装置であるが、計測には時間を要する。SPMを用いることにより、デバイスの実運用環境・実動作環境である室温で計測可能であるが、計測に時間を要すると熱ドリフトの影響により表面像が歪むといった課題がある。また、室温で高分解能でSPM計測が可能であれば、化学反応や触媒反応などの計測への応用が可能となる。</p> <p>そこで、本研究は画像処理技術を用いてSPMの計測時間を短縮し、表面上のダイナミクス計測を実証することを目的とした。</p> <p>本研究では、まずunder-sampled SPMによる計測手法や再構成方法、様々な走査パターンを用いた実験について述べた。Under-sampled SPMにおける走査方法や、リアルタイムでの再構成方法について実証し、Raster走査、Spiral走査、Lissajous走査、Circle走査などの様々な走査パターンについて実験データを示し、走査パターン毎の特性を検証した。次に、under-sampled SPMの新たな表面像の評価方法について述べた。Under-sampled SPMは計測していない箇所を情報技術により推定値で補完するため、正しく補完できているかを評価する必要があるが、従来から使用されるPSNRやSSIMといった評価方法では、室温での原子分解能のSTM表面像とunder-sampled SPM表面像を比較・評価する上で、熱ドリフトやノイズが影響し上手く評価できない課題があった。そこで、特徴相関という新たな評価手法を考案し、熱ドリフトやノイズにロバストな評価方法を実験により実証した。最後に、Si(111)-(7×7)表面上を拡散するSi原子をunder-sampled 走査型トンネル顕微鏡 (STM) で計測し、室温で拡散するSi原子の吸着位置について議論した。Si表面のアドアトムを表面上に抜き出し、3-lines skip spiral走査パターンのunder-sampled STMにより表面像を得た後、Template matchingを用いてハーフユニットセルの表面像を重ね、差分を取る手法を提案し、室温でSi(111)-(7×7)表面上を拡散するSi原子の吸着位置について明らかにした。</p> <p>以上のように、under-sampled SPMを用いて表面上のダイナミクス計測を実証した。</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 上 田 啓 市 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	阿部真之
	副 査	教 授	酒井 朗
	副 査	教 授	中村 芳明

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、「Under-sampled 走査型プローブ顕微鏡における室温での原子分解能計測に関する研究」をまとめたものである。走査型プローブ顕微鏡 (SPM) は表面上の原子分子を見るだけでなく、動かし、評価できる装置であるが、計測には時間を要する。SPMを用いることにより、デバイスの実運用環境・実動作環境である室温で計測可能であるが、計測に時間を要すると熱ドリフトの影響により表面像が歪むといった課題がある。また、室温で高分解能でSPM計測が可能であれば、化学反応や触媒反応などの計測への応用が可能となる。そこで、本研究は画像処理技術を用いてSPMの計測時間を短縮し、表面上のダイナミクス計測を実証することを目的として研究を進めた。まずunder-sampled SPMによる計測手法や再構成方法、様々な走査パターンを用いた実験について述べた。Under-sampled SPMにおける走査方法や、リアルタイムでの再構成方法について実証し、Raster走査、Spiral走査、Lissajous走査、Circle走査などの様々な走査パターンについて実験データを示し、走査パターン毎の特性を検証した。次に、under-sampled SPMの新たな表面像の評価方法について述べた。Under-sampled SPMは計測していない箇所を情報技術により推定値で補完するため、正しく補完できているかを評価する必要があるが、従来から使用されるPSNRやSSIMといった評価方法では、室温での原子分解能のSTM表面像とunder-sampled SPM表面像を比較・評価する上で、熱ドリフトやノイズが影響し上手く評価できない課題があった。そこで、特徴相関という新たな評価手法を考案し、熱ドリフトやノイズにロバストな評価方法を実験により実証した。最後に、Si (111)-(7×7) 表面上を拡散するSi原子をunder-sampled 走査型トンネル顕微鏡 (STM) で計測し、室温で拡散するSi原子の吸着位置について議論した。Si表面のアドアトムを表面上に抜き出し、3-lines skip spiral走査パターンのunder-sampled STMにより表面像を得た後、Template matchingを用いてハーフユニットセルの表面像を重ね、差分を取る手法を提案し、室温でSi (111)-(7×7) 表面上を拡散するSi原子の吸着位置について明らかにし、under-sampled SPMを用いて表面上のダイナミクス計測を実証した。以上のとおり、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。