

氷のエッチピットを用いた結晶方位の測定 — a 軸方位の算出 —

高田守昌〇、東信彦（長岡技術科学大学）

1. はじめに

氷は六方晶の結晶構造であり、力学的性質として異方性を有し氷の変形に強く影響するので、結晶組織の解析が行われる。氷の結晶方位の測定は、光学的性質を利用したリグズビーステージ (Langway, 1958)やファブリックアナライザー(Wang et al, 1999)、X線回折によるラウエ法(Miyamoto et al, 2011)、電子線の後方散乱回折法(Weikusat et al, 2011)により行われている。しかし、簡便な方法で、 H_2O 分子の並びを表現するために必要な c 軸と a 軸方位が測定可能な方法は存在していない。

Higuchi(1958)は、氷表面にホルムバール溶液を塗布し、熱腐食孔（エッチピット）が現われることを発見した。また、この形状が六角柱の切断部位の形状となることから、結晶方位測定を示唆した。笠原(2002)、重国(2008)は、エッチピットの幾何学的特徴を利用し、この輪郭形状と基底面判別から c 軸方位を決定が可能となった。高田ら(2012)は、この方法を発展させるため、六角柱の切断部位となるエッチピットを形成する頂点座標を求め、c 軸方位を測定する方法を考案した。本研究では、c 軸方位に加え、a 軸方位の算出方法について検討した結果について報告する。

2. 結晶方位の算出方法

例として、輪郭形状が三角形となるエッチピットと方位の関係を図 1 に示す。 $P_1 \sim P_3$ はエッチピットの輪郭形状の頂点で深さ 0 に存在する。 P_1 、 P_2 、 P_4 は六角柱の基底面上に存在する頂点である。c 軸方位は P_3P_4 の方向となる。輪郭形状となる $P_1 \sim P_3$ 点は測定で得られるので、これらの点から P_4 点の 3 次元座標を求める。この算出は非線形の連立方程式の解を求めることとなるので、数値計算を利用する。また、得られる解が複数存在するため、エッチピットの形状として存在可能な座標であるかを判定し P_4 点を決定する。次に a 軸方位の測定のため、六角柱の基底面の中心座標となる H_0 点を決定する。 H_0 点も P_4 と同様に幾何学的な特徴を利用し算出する。そして、a 軸角の基準となるベクトルを c 軸方位から求め、 P_4H_0 ベクトルとの角度より a 軸角を算出する。これらの算出方法で、c 軸および a 軸方位を得ることが可能となった。

3. 算出により得られた結晶方位の評価

既知方位の仮想的なエッチピットを作成し、この輪郭形状の頂点座標および基底面の情報を上述の算出方法に入力として与え、c 軸と a 軸の方位を計算し算出方法について評価した。既知方位として、c 軸は天頂角を全範囲となる $0^\circ \sim 90^\circ$ を 0.5° 刻みで変化させた。また、a 軸は 60° 回転させると 0° と同じとなるため $0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲で 0.5° 刻みで変化させた。天頂角 0° および 90° という特異な角度を除き、算出した全ての結果において c 軸および a 軸の角度は、計算の入力に用いた既知方位と一致した。従って、エッチピットの輪郭形状と基底面判別から、この算出方法により c 軸だけでなく理論的に a 軸の方位も測定が可能であることが明らかとなった。

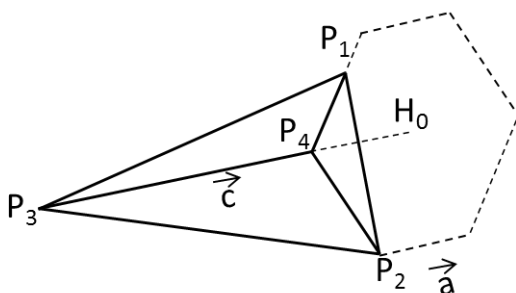


図1 エッチピットの形状と結晶方位

輪郭形状が三角形の例。 $P_1 \sim P_4$ がエッチピットの頂点である。エッチピットが六角柱の一部であるという特徴を利用し c 軸と a 軸方位を算出する。