

# あわ模型にみられる粒界転位

Boundary Dislocations in Bubble Raft Grain Boundaries

石田 洋 一\*

Yoichi ISHIDA

前報<sup>(1)</sup>で泡模型にみられる対応粒界について報告したがこの種対応粒界上には粒界転位も存在するのが観察された。そこで同じ泡模型\*\*について粒界転位のバーガースベクトル、転位芯付近での原子の配列状況、粒界転位のすべり運動とそれにとまう粒界移動などを解析したのがこの報告である。

粒界で結晶相互の方位関係が完全な対応方位関係からいくぶんずれている場合、粒界にはちょうど小傾角粒界の場合のように粒界転位が等間隔に並んでいることが透過電顕で見い出された<sup>(2)</sup>。これら粒界転位のバーガースベクトルは一般に格子転位のそれとは異なっており、粒界のΣ値、すなわち対応格子点密度の逆数が大きいものほど小さい傾向がある<sup>(3)</sup>。図1にΣ13b対応粒界に生じ

うる粒界転位のバーガースベクトルのうち泡模型で存在しうるもの、すなわち面心立方晶で(111)面に平行なものを表示した。図1はどのようにやって作成するかというと、まづ図2に示すように両側の結晶格子を延長し対応格子点が生ずるように平行移動して重ね合せ複合結晶格子をつくる。図2のなかの任意の2格子点についてつなぎあわせてこれを格子ベクトルとし、これらをすべてひろい集め中央の大黒丸点を原点として配列する。そうすると図1ができてあがる。このうち同じ結晶粒の格子点をつないで作った格子ベクトルは当然その結晶粒の格子転位のバーガースベクトルに一致するが隣り同志の結晶粒の格子点をつないでつくった格子ベクトルは粒界転位のバーガースベクトルになり、この転位は粒界上にしか存在し得ない。

写真1は中央部にこのようなバーガースベクトルをもつ粒界転位がある泡模型の1例で静止状態のものである。方位関係からこの粒界はΣ13b対応粒界であり、粒界転位のバーガースベクトルは $b=a/26\langle 431 \rangle$ で図1からわかるように対応粒界に対して60°の角度をなしている。この写真で明らかなように粒界転位は一般に粒界階段を伴う<sup>(3)</sup>。一般に転位は歪場が長範囲にひろがっているため空孔などとくらべてみつけにくいものであるが、この場合粒界階段が付随するために比較的容易にみつけられる。粒界階段の高さはその粒界転位ののっている対

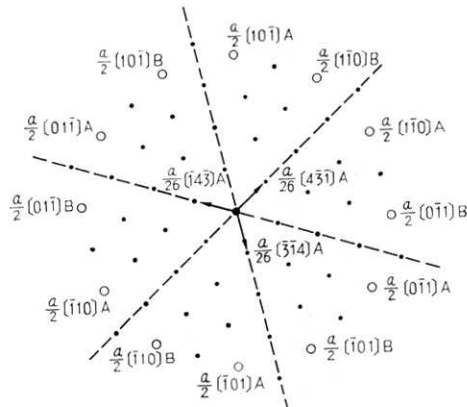


図1 Σ13b対応粒界に生ずる粒界転位のバーガースベクトルのうち(111)面に平行なもの。白丸は両側の結晶粒の格子転位のものに一致する。

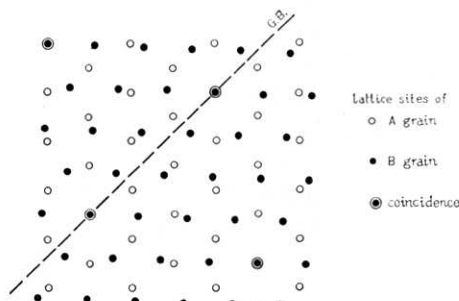


図2 Σ13b 複合結晶格子と対応格子点 (二重丸)

\* 東京大学生産技術研究所 第4部

\*\* 前報同様、学習院大学大川教授より借用した写真を解析したものである。

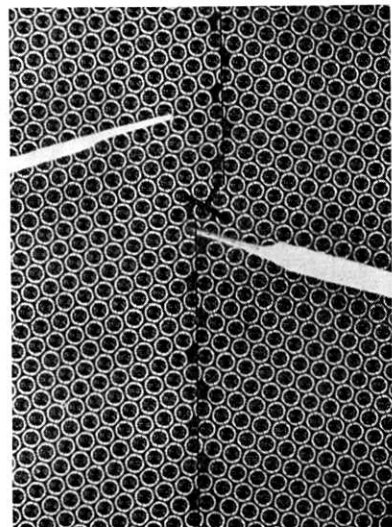


写真1 Σ13b対応粒界上の粒界転位の一例。 $b=a/26\langle 431 \rangle$

粒境界の向きによって異なった値をとる。これに反し粒界転位のバーガースペクトル (図 1) は対応粒界の向きがどれであっても同種のもが存在する。これは図 1 の導出過程に粒界面の種類を考慮しなくてよかったことから明らかであろう。転位芯付近の原子配列は転位の位置によって複雑に変化する。したがって、粒界転位の位置エネルギーは対応格子間隔を周期として複雑に変化すると考えられる。

写真 1 の粒界転位はそのバーガースペクトルが粒界に対し  $60^\circ$  傾いているためすべり運動できないが、図 1 で破線で示したように粒界転位のうちにはバーガースペクトルが対応粒界面に平行なものが必ず存在し得る。このような粒界転位は粒界にそってすべり運動することが可能である。図 3 は  $\Sigma 13b$  対応粒界上にこのような粒界転位を考えた例である。原子が矢印の方向に動けば粒界転位が移動する。この際粒界階段も移動するから粒界移動も起こる。このようなすべり運動がおこったとみられる例が泡模型でも見い出された。写真 2 a, b で黒印をつけた泡に着目すると、粒界で矢印の方向にせん断変形がおこり、その結果粒界が移動したことがわかる。写真で左右からつき出している白いピンセット状のものは泡結晶の位置を示すための標識である。粒界転位のこのようなすべり運動が金属の結晶粒界で実際におこっているかどうかには問

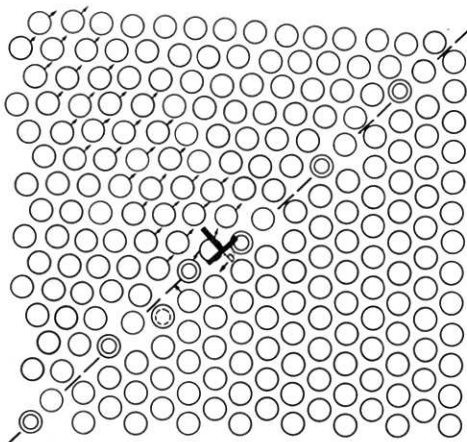
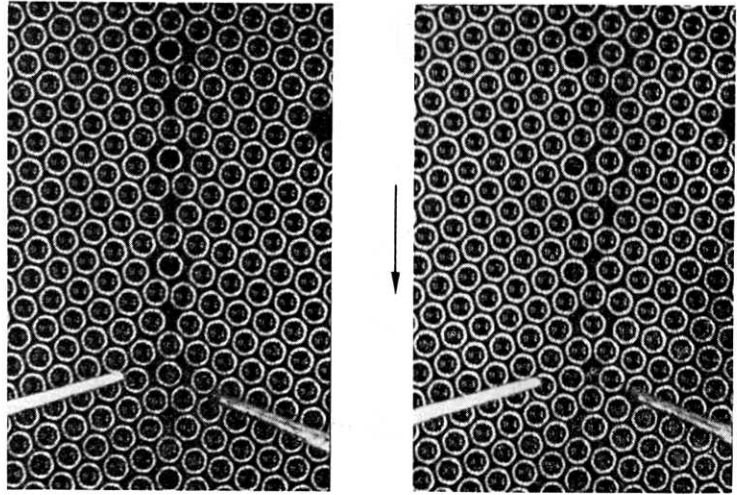


図 3  $\Sigma 13b$  対応粒界上の粒界転位がすべり運動する際の原子配列変化



(a)

(b)

写真 2 粒界転位のすべり運動にともなう粒界移動例

題がある。なぜなら、上述したように粒界転位はその位置エネルギーが対応格子間隔を周期として変化しすべり運動に対するパイエルス力を生ずるからである。対応粒界面は通常格子転位のすべり面でないこと、粒界転位は粒界階段を伴うためすべり運動の際に粒界移動をひきおこし、このため原子が再配列 (shuffle) しなければならないことなどから、このパイエルス力は一般に大きいものと考えられる。しかし面心立方晶の双晶境界のようにすべり面が境界面と一致し粒界階段もちょうど 1 原子面の高さで原子の再配列が小規模な場合など粒界転位は容易にすべり運動するものと考えられる<sup>(3)(4)</sup>。

一方、写真 1 の粒界転位のようにバーガースペクトルが粒界面に平行でないものはすべり運動できないが、空孔を媒介として粒界にそって上昇運動できる筈である。泡模型でこれが観察されないのは液の振動数が  $90 \text{ cycle/sec}$  で原子の熱振動にくらべおそいために粒界拡散が十分おこらぬためと考えられる。実際の結晶粒界では粒界転位が上昇運動することが Al-Mg 合金粒界の透過電顕観察から明らかになった<sup>(5)</sup>。

(1970年2月25日受理)

#### 文 献

- 1) 石田; 生産研究 22, 5 (1970)
- 2) Y. Ishida, T. Hasegawa, F. Nagata; J. Appl. Phys. 40, 2182, (1969)
- 3) 石田; 日本金属学会誌 33, 1129, (1969)
- 4) H. Gleiter, E. Hornbogen and G. Baro; Acta Met., 16, 1053, (1968)
- 5) 石田, 劉; 生産研究 (七月号予定).