異方性ヴィスカス・フィンガリングによる樹枝状形態の横枝構造

九州大学 総合理工学府 本田友和

九州大学 総合理工学研究院 本庄春雄, 桂木洋光

本研究では、樹枝状形態について異方性ヴィスカス・フィンガリングの実験を行った。実験から得られた樹枝状形態から横枝の成長速度の時間発展と包絡界面の測定を行った。その結果から、横枝の成長速度は主枝の成長速度よりも速く成長し、その成長速度はある時間で成長指数を変えることが明らかになった。包絡界面は、 ΔP によらず $Y \sim X^{1.47\pm0.08}$ であった。

1. はじめに

結晶成長で見られる樹枝状形態(デンドライト)は、非線形・非平衡系の現象で見ら れるパターンである[1]. デンドライトは、先端速度、先端付近の形状が集中的に研究 されてきた。その成長則は、 $v\rho^2 = const$ で示される[2,3]. vは先端速度、 ρ は先端曲 率半径である。 デンドライトの先端は放物界面で安定、横枝は界面での雑音によって 誘起される[4]. しかし、デンドライトの特徴は、よく伸びた横枝にあり、デンドライ トの後方の横枝成長メカニズムは、まだ解明されていない。最近、Li and Beckermann に よって微少重力下でのサクシノニトリルのデンドライトの包絡界面について解析が行 われ、包絡界面は Y~X⁰⁸⁵⁹ であることが示された[5]. さらに、Corrigan らによって微少 重力と重力下で同様の解析が行われ、それぞれの指数が 0.852、0.902 の結果が示され ている[6]. 彼らの解析は、先端近傍の横枝に関するものでその指数は1を越えない。

本研究では、結晶成長ではなく4回対称性を取り入れたヴィスカス・フィンガリン グによるデンドライトを用いて実験を行った。異方性ヴィスカス・フィンガリングで は、得られるパターン(数 10cm オーダー)は、結晶成長で得られるパターン(数 μ m オーダー)よりも大きく、さらに自由にその異方性を与えることができる。

2. 実験

実験では、Hele-Shaw セル (0.08mm×1000mm×500mm)の底面に正方格子状にエッ チングしたステレンス板を配置し、4回対称の異方性を導入した (Fig.1)。高粘性流体 には、シリコンオイル (密度 1.0 g/cm³, 粘性; μ =50 poise,表面張力; σ =20.8 mN/m)、 低粘性流体には、窒素ガスを使用した。 窒素ガスは、圧力を一定にするため圧力溜め (331)を使用し、シリコンオイルで満たされたセルに注入される。このときの窒素圧 と大気圧の差を ΔP (ΔP =[窒素ガス圧]-[大気圧])として、 ΔP =8kPa~13kPa まで 1kPa

¹ E-mail: honda1@asem.kyushu-u.ac.jp

毎に変化させて実験を行った。実験から得られたデンドライトの画像は、CCD カメラ によって 0.3 秒間隔で撮影した。



Fig.1 Hele-Shaw セル

Fig.2 デンドライト($\Delta P=12kPa$)

3. 結果

Fig. 2 は、 ΔP =12kPa のときに得られたパターンである。横枝は、後方でよく成長し、 すべての枝は 4 回対称の格子に沿って成長している。主枝の先端速度 V_{stem} は、このと き一定である(V_{stem} =56.8±0.5mm/sec.)。横枝の先端速度 $V_y(t)$ (Fig.2 での矢印の横枝) は、Fig. 3 の様にある時間 τ で成長指数を変え、さらにその速度は V_{stem} より速くなる。 Fig.4 は、 ΔP =12kPa のときの包絡界面である。ここで、Fig.4の指数 0.5 は放物界面を 示し、横枝が造る包絡界面は 1.36±0.05 であった。この包絡界面の指数は ΔP で大きく 変動せず 1.47±0.08 であった。

ここで、横枝の成長速度と包絡界面の指数が一致しないのは、横枝間隔が関係して いると考えられ、その枝間隔は拡散長*l*_pに関係している。成長中での枝間隔の振る舞 いについては今後の課題である。



参考文献

[1] J. S. Langer, Rev. Mod. Phys. 52 (1980) 1.

[2] S. C. Huang and M. E. Glicksman, Acta Metal. 29 (1981) 701.

[3] H. Honjo and Y. Sawada, J. Cryst. Growth 58 (1982) 297.

[4] A. Dougherty et al., Phys. Rev. Lett. 58 (1987) 1652.

[5] Q. Li and C. Beckermann, Phys. Rev. E 57 (1997) 3176.

[6] D. P. Corrigan et al., Phys. Rev. E 60 (1999) 7217.