

## 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<sup>1</sup>

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、 $\Delta P$ によらず  $Y \sim X^{1.47 \pm 0.08}$  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、 $v\rho^2 = \text{const}$  で示される[2,3]。  $v$  は先端速度、 $\rho$  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  $Y \sim X^{0.859}$  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  $\mu\text{m}$  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/cm<sup>3</sup>, 粘性;  $\mu=50$  poise, 表面張力;  $\sigma=20.8$  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（33l）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  $\Delta P$ （ $\Delta P = [\text{窒素ガス圧}] - [\text{大気圧}]$ ）として、 $\Delta P = 8\text{kPa} \sim 13\text{kPa}$  まで 1kPa

<sup>1</sup> 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。

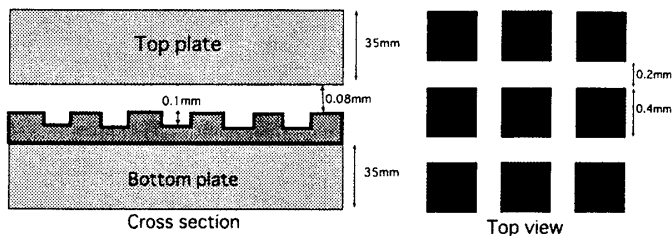
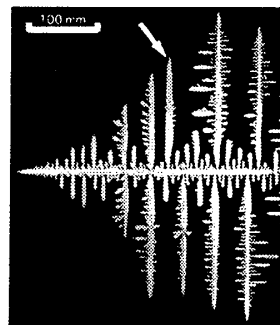


Fig. 1 Hele-Shaw セル

Fig. 2 デンドライト ( $\Delta P=12\text{kPa}$ )

### 3. 結果

Fig. 2 は、 $\Delta P=12\text{kPa}$  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 ( $V_{stem}=56.8\pm 0.5\text{mm/sec.}$ )。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  $\tau$  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、 $\Delta P=12\text{kPa}$  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  $1.36\pm 0.05$  であった。この包絡界面の指数は  $\Delta P$  で大きく変動せず  $1.47\pm 0.08$  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  $l_D$  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。

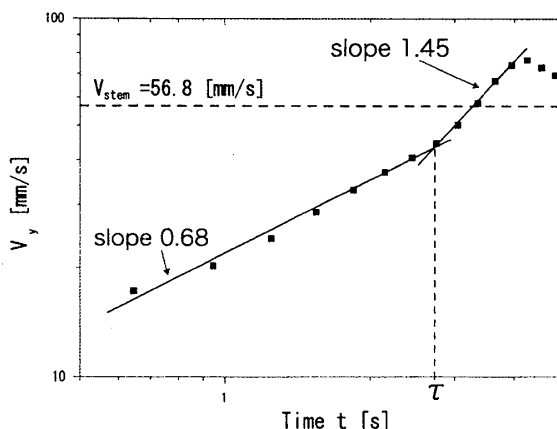


Fig. 3 横枝の成長速度

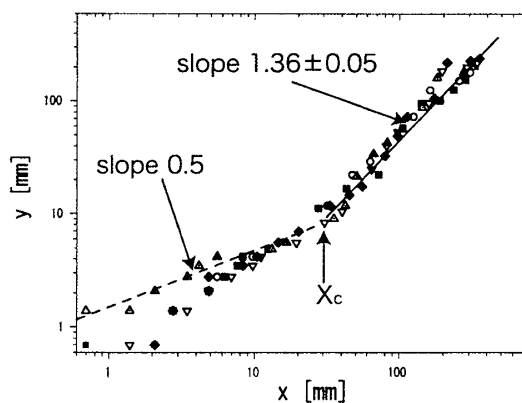


Fig. 4 包絡界面

### 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.