

C-3

フナムシから着想を得たポンプレス微量液体輸送システムの開発



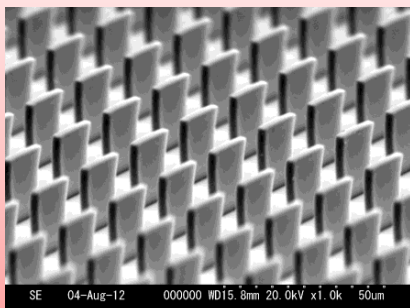
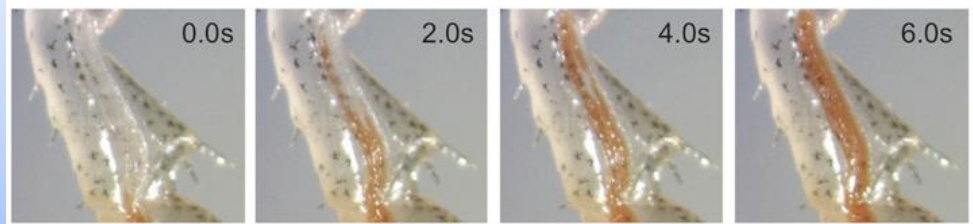
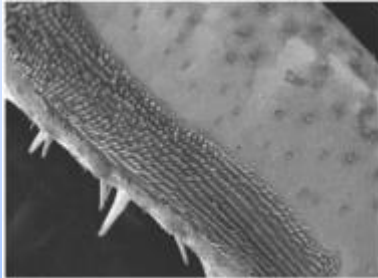
石井 大佑 (若手研究イノベータ養成センター)
伊藤 嵩人 (大学院工学研究科 修士1年)
河合 航輝 (工学部 4年)

2014/12時点

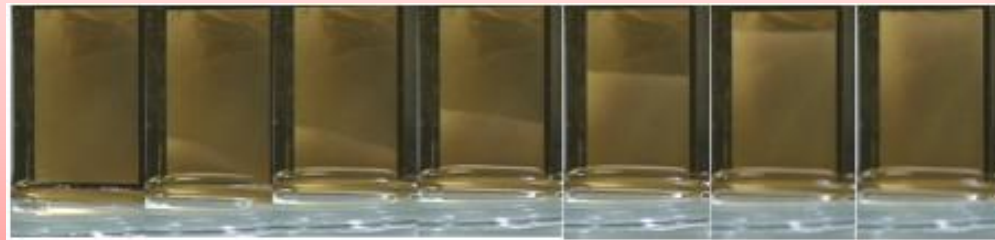
研究の概要

ポンプ不要で効率よく液体を吸い上げることが可能な微小流路の開発に成功しました。この微小流路は、海辺に生息する甲殻類のフナムシの脚構造を模倣しており、平板状の微細突起毛が異方的に配列している構造をもっています。微細突起毛の配列構造や表面化学組成を制御することで、水、アルコール、オイル等も吸引ポンプを要せず重力に逆らって輸送できます。流路の配列構造や組成制御により、異種液体の分離プロセスへの応用も期待できます。

フナムシの微小流路と水輸送現象



微細構造により省エネルギーで効率良く液体輸送



作成した
模倣流路

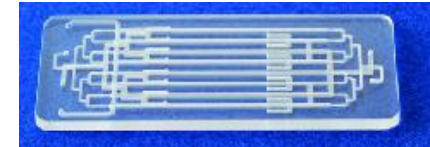
微小流路とは

色々な機能、用途が有りそうだ。



医療用カテーテル → チューブを用いて液体輸送

マイクロ流体デバイス → 微小空間を用いて液体輸送



微小化

分析試料の微量化
装置の小型化
省資源・廃棄物削減

集積化

統合分析システム
オートメーション
省エネルギー

迅速化

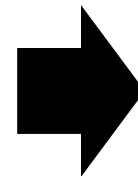
反応・処理速度向上
実験効率の向上
生産技術開発の迅速化

その他

急熱・急冷効率の向上
温度分布の高効率化
高速混合・均一分散

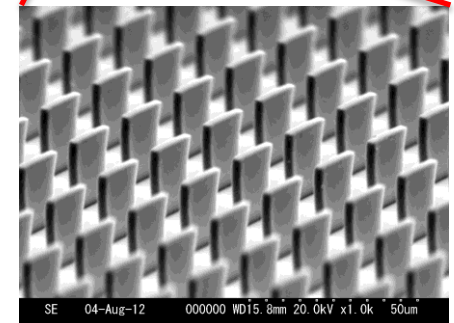
既存の微小流路の問題点

- ・ クローズド流路のため **高圧が必要**
- ・ 不純物付着による **流路阻害**
- ・ クローズド空間のため **洗浄効率悪化**



オープン流路

石板がいっぱい立っている様な構造ですね。



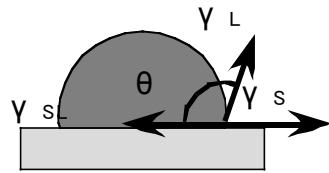
オープン流路の微細構造・表面組成制御により解決

- より安全で省エネルギーなエコプロセスの実現！
- これまでに報告例のない現象の発現！

液体操作にとっても重要な微細構造

・微細構造と化学組成による界面自由エネルギー制御

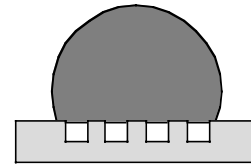
液体の表面張力と
粘性抵抗をうまく利用
しているのですね。



Youngの式

$$\cos\theta = (\gamma_S - \gamma_{SL}) / \gamma_L$$

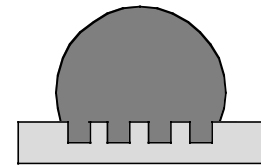
表面構造



Cassie-Baxterの式

$$\begin{aligned}\cos\theta_c &= f_1 \cos\theta_1 + f_2 \cos\theta_2 \\ &= -1 + f_1(\cos\theta_1 + 1)\end{aligned}$$

または

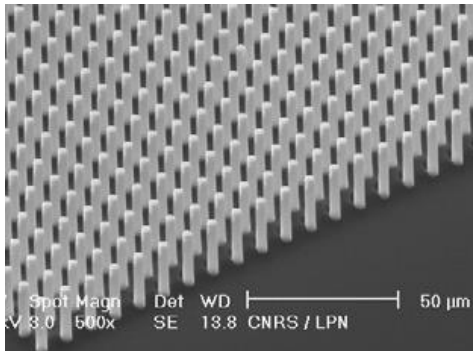


Wenzelの式

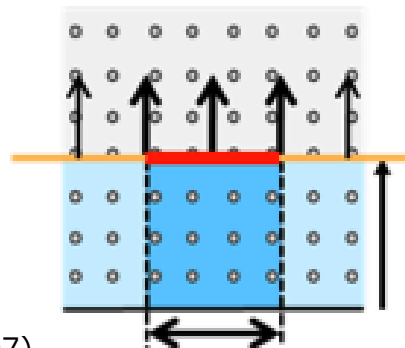
$$\cos\theta_w = r \cos\theta$$

・微細構造への浸透による液体上昇制御

テクスチャー表面



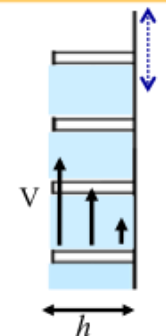
駆動力 (表面張力)



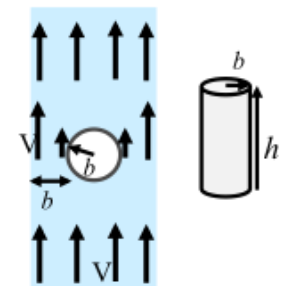
VS

抵抗力 (粘性抵抗)

Poiseuille 領域



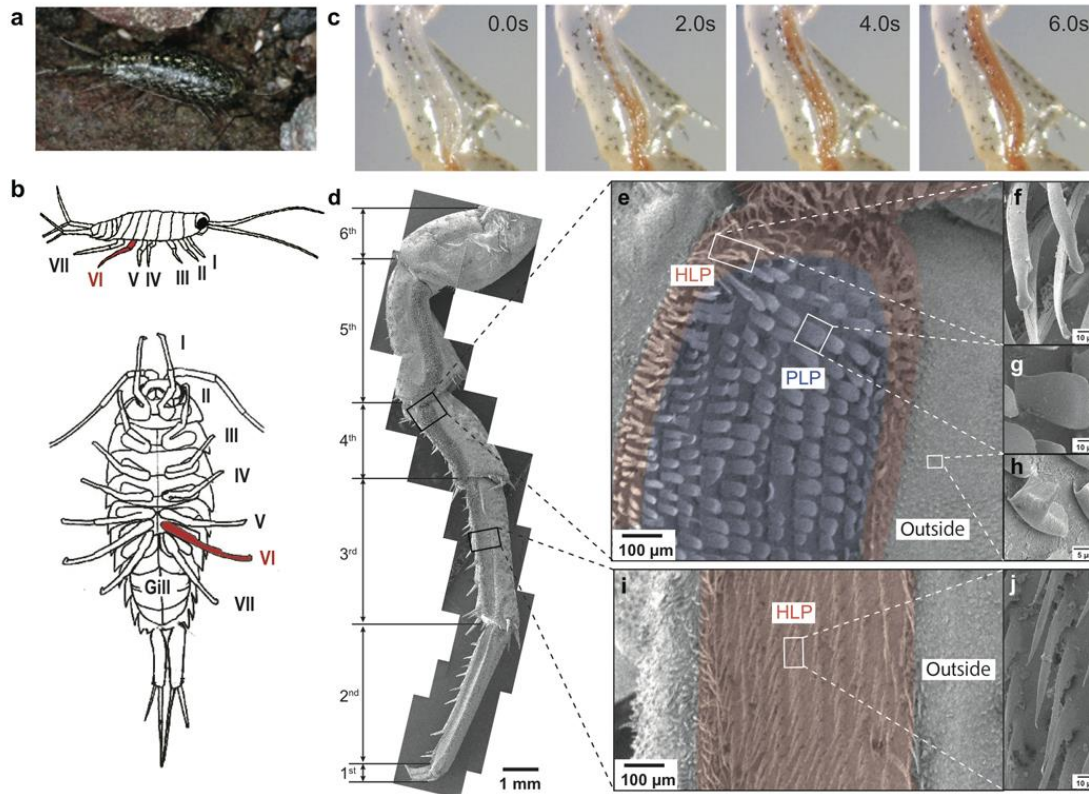
Stokes 領域



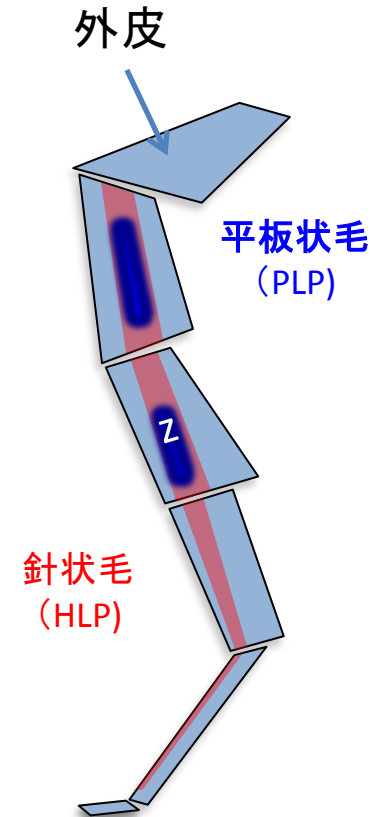
C. Ishino, et al., Europhys. Lett. 79 (2007)

駆動力が抵抗力よりも優位に作用する微細構造を設計する！？

フナムシの脚構造にみられるオープン流路



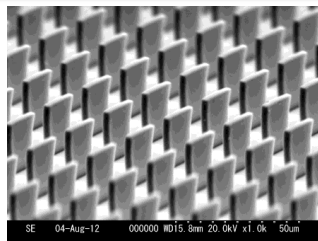
D. Ishii, et al., *Scientific Reports*, 3, 3024 (2013).



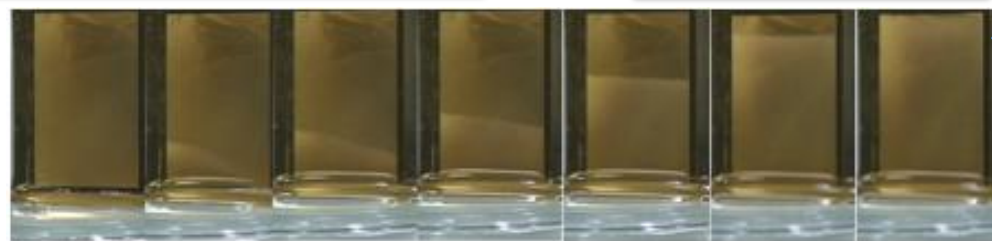
重力に逆らった省エネルギーオープン流路



模倣流路



模倣流路の拡大写真



水が板を登っているよ。

