

無配線分子コンピューティングに関する研究

仙台電波工業高等専門学校 情報通信工学科 助手 平塚 眞彦

応用例 (研究内容の利用方法)

ナノ・バイオテクノロジー技術を駆使して、次世代の分子コンピュータを開拓する基礎研究を行っています。ハードウェア面では、集積回路に配線を用いない技術が新しい点です。ソフトウェア面では、生化学反応ネットワークによる超並列的な計算が可能になります。これは、従来にないタイプの信号処理 (画像生成・復元) などへの応用が期待されます。

1. 研究の背景

現在のマイクロエレクトロニクス技術は、その微細化と大規模並列化に伴い、配線の複雑さに起因する性能限界が深刻になりつつある。また、極限的微細化が進行した分子スケール (ナノスケール) のデバイス技術においては、配線による情報伝達自体が原理的に困難になると予想されている。一方、生体の細胞内部では、酵素の分子識別能力に基づいて高密度な生化学反応ネットワークが形成されており、現在の VLSI をはるかに凌駕する集積度が実現されている。東北大学大学院情報科学研究科と本研究者のグループでは、このような生体分子システムの原理が、配線に制限されない高並列計算の観点からも有用な概念を含むことに着目し、酵素トランジスタなどに代表される人工触媒素子に基づく無配線分子コンピューティングのモデルを提案してきた[1]。現在、無配線分子コンピューティングの可能性を理論と実験の両面から検証することを目的とした基礎研究を実施している。

2. 研究課題

(1)【集積回路工学(ハードウェア)の観点から】

マイクロ電極を用いた人工触媒素子の実現について実験的に検討するとともに、これを集積化した人工触媒マイクロアレイを開発する。マイクロ電極の協調動作により、微量溶液中に人工的に制御された反応拡散場を創出し、無配線集積回路の動作原理を実証する。

(2)【計算機科学(ソフトウェア)の観点から】

人工触媒マイクロアレイ上に実現されるプログラマブルな反応拡散場を利用した新しいコンピューティング/信号処理モデルを検討する。特に、反応拡散場のパターン形成能力を利用した多次元信号処理システムの系統的設計法を検討し、画像の生成・処理・復元などの問題や最適経路探索などの計算幾何学の問題への応用について計算機実験を通して検討する。また、本計算モデルを実際に人工触媒マイクロアレイにマッピングし、実験的にその動作を確認する。

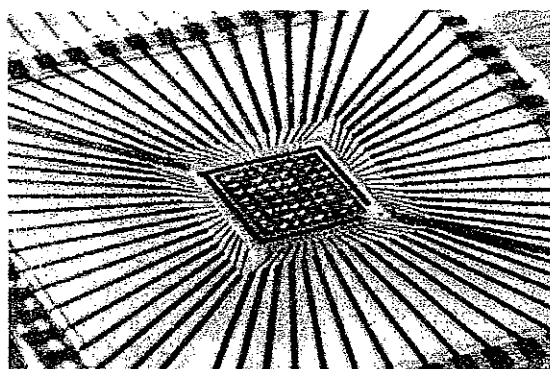


図1 試作した人工触媒マイクロアレイ

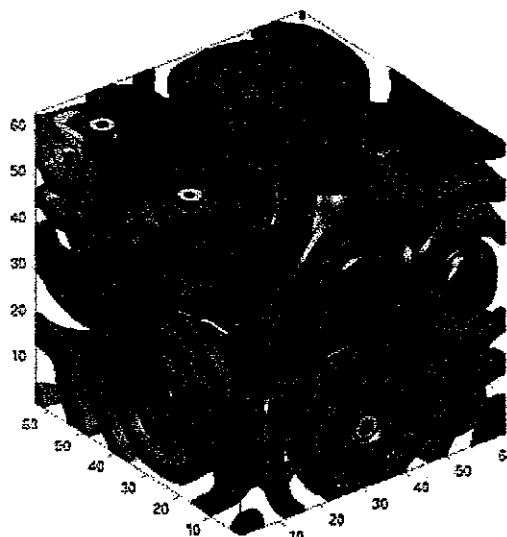


図2 デジタル反応拡散システムの発生濃度パターン

3. これまでの研究成果

- (1) 無配線集積回路の原型となる人工触媒マイクロアレイを試作している。図1は、人工触媒素子として機能する Pt マイクロ電極を集積化したものである。ここでは 64 個の素子を集積化し、プログラマブルな反応拡散場をマイクロアレイ上の微量溶液に実現するための原理を確認することに成功している[2]。
- (2) デジタル反応拡散システムと呼ぶ枠組みを提案し、反応拡散ダイナミクスをテキスト生成や画像復元のための多次元フィルタとして利用することに焦点をしばった理論展開を行っている。図2は、デジタル反応拡散システムによる 3 次元空間パターン発生のシミュレーション結果の一例である。

参考文献

- [1] M. Hiratsuka et al., IEEE Trans. Circuits Syst. I, Vol. 46, No. 2, pp. 294-303, February 1999.
- [2] M. Hiratsuka et al., IEE Proc. Nanobiotechnol., Vol. 150, No. 1, pp. 9-14, June 2003.