

BZ反応を模擬するセルオートマトン回路

--- 反応拡散系をシリコンチップ上を実現する ---

A MOS Cellular-Automaton LSI Implementing the Belousov-Zhabotinsky Reaction

砂山 辰彦 西宮 優作 浅井 哲也 雨宮 好仁

Sunayama Tatsuhiko Nishimiya Yusaku Asai Tetuya Amemiya Yoshihito

北海道大学 工学部

Department of Engineering, Hokkaido University

1. はじめに

BZ反応は非平衡-開放系における化学反応の一種である。リズムやパターンを自己形成する性質を有し、並列画像処理や機能センサに応用の可能性がある。その動作をシリコンチップ上を実現するため、MOS機能デバイス(文献1)を回路要素に用いて、BZ反応を模擬するセルオートマトンLSIを設計した。

2. セルオートマトンによるBZ反応のモデル化

BZ反応系では、自己触媒作用による化学振動が発生してはリズムやパターンが自発的につくり出される化学反応である。休止、興奮、不応の3つの状態を遷移することにより様々な状態変化が可能となる。今回は多値情報を基に振動・拡散現象を実現するセルオートマトン回路を構成した。これらの組み合わせは画像処理に広く応用できる。

いま画素をセルと対応させ、そのセルがとり得る状態を興奮か不応かを表す2値情報(U)と興奮・不応の度合いを表す多値情報(\bar{u})の2つ変数とする。休止状態のセルは興奮状態に遷移し、興奮の度合いが一定になると不応状態となる。不応状態は最終的に休止状態に落ちつく。これらの3つの状態の遷移規則を図1のように設定した。

3. MOSを用いたBZ反応回路の構成

上記の処理を行うセル回路の構成を図2に示す。このセルは大きく2つの部分から成る。周囲の状態と自分の状態の度合いから次の状態を決定するトランジション部と自分の状態の度合いをクロック毎に変化させるレジスタ部である。前者の差動入力部はMOSを用いてコンパクトに設計した。

休止状態から興奮状態に自動的に遷移する振動モードと周囲セルの状態によって遷移する興奮モードの切り換えはトランジション部のVb1によって決定される。また、Vnによって不応状態から興奮状態への遷移が可能となる。レジスタ部は6段のアップダウンカウンタで構成されている。この単位セルを6方格子状に配列して画像処理を行った。

4. シミュレーション結果

マトリクス状の100×100のセル回路を並べてシステムを構成した。このシステムを用いて、遷移規則を適切に設定したシミュレーション結果を図3に示す。図3-1aの初期入力から螺旋パターンが得られた。また、図3-2aの入力からエッジ画像が検出された。

参考文献

(1) Shibata T. and Ohmi T., "A functional MOS transistor featuring gate-level weighted sum and threshold operations," *IEEE Trans. Electron Devices*, Vol. 39, No.6, pp.1444-1455(1992)

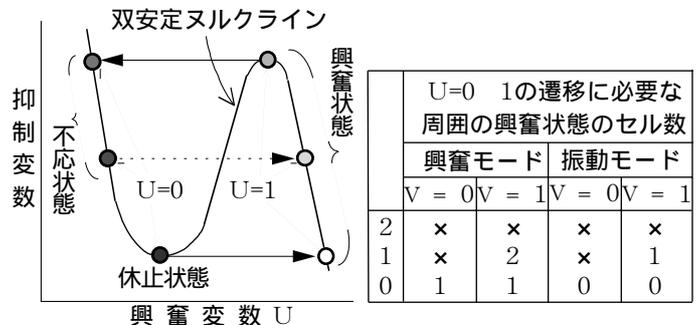


図1 状態変化図

図2 遷移規則

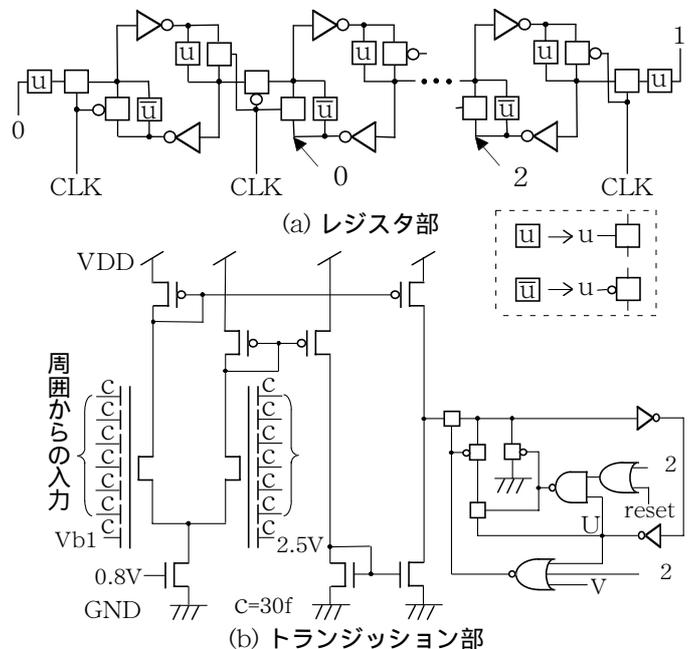


図3 単位セル回路の構成

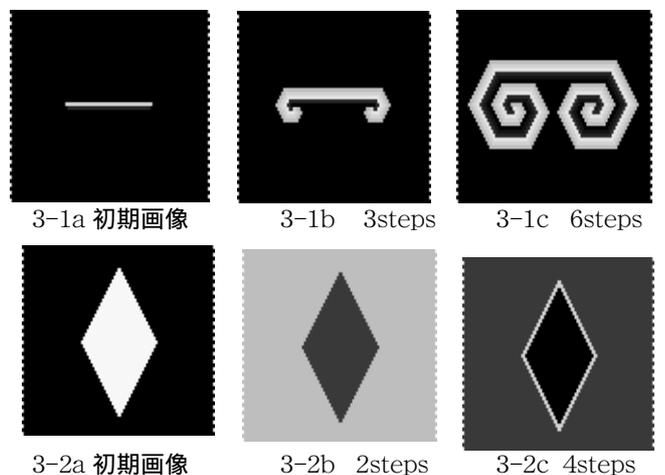


図4 シミュレーション結果