

2P-6

ロジックセルアレイを使用した確率的セルラオートマトン専用機

伊藤伸泰

泰地真弘人

鈴木増雄

東京大学理学部

鶴岡信彦

小林耕太郎

石橋龍一郎

桂重俊

東京電機大学理工学部

1. はじめに

物理学では理論的なモデルの検証等のためシミュレーションを必要とすることが多い。シミュレーションは、ほとんどが単純な操作を多数回数繰り返すので専用計算機を用いる方が汎用機を用いるよりも利点がある。

統計物理学におけるイジングモデルの大きなシミュレーションには様々な格子を取り扱うことの出来るセルラオートマトンを確率に基づいて遷移させなければならない。泰地ら¹⁾は先にイジングシュミレータm-TIS1を発表した。我々はロジックセルアレイを用いてより高能率化を計ったm-TIS2を開発したのでこれの論理回路的面を述べる。

2. ロジックセルアレイ

m-TIS2を設計するにあたっては処理を行う中心的なデバイスとして、ロジックセルアレー(LCA)を採用した。LCAはフリップフロップ等をそなえた書換え可能な組合せ回路である。回路の動作中にも書換え可能である。

我々はLCA XC3090(9000ゲート相当の回路ができる)を用いた。LCAを採用した理由はイジングモデルは多くのバリエーション(2次近接相互作用三角格子、最近接相互作用立方格子、正方格子上の±Jモデル等)があり、それぞれの処理を実行するためにはソフトウェアによるよりもハードウェアの変更をおこなったほうが効率がよく、また回路のバグの発見に伴う変更が容易であるからである。格子の情報をPC286よりLCAにダウンロードすることにより種々の格子を扱うことが出来る。

我々はLCA3個を利用したm-TIS2及び98シリーズとのインターフェイスボードを作成し、これを動作させるソフトを開発した。LCAの作成にはPremium386(AST Research)上のSCHEMATICとXACT(XILINX)を用い、XACTにより得られた回路情報をLCAのデータに変換するためのソフトCONVERTを作成した。図1にこの部分の流れ図を示す。出来あがったm-TIS2を動作させるためのホストコンピュータとしてPC286を用いた。

3. 構成

m-TIS2は2つのモジュール、ランダムナンバージェネレータ(RNG)とローカルインフォメーションレジスタ(LIF)及び遷移確率を記録するBoltzmann Factor Memory(BFM)、結果である物理量を記録するPhysical Quantity Memory(PQM)から構成される。図2に示すように3つのLCAのうち2つをLIFに、RNGに割り当てている。LIF用に2つ用いたのは高速化と汎用性を目的としている。

バッファの外側にあるのはインターフェイスボードを経由したホストコンピュ

一タ E P S O N 2 8 6 のバスである。制御用に 8 2 5 5 を用いた。

4. 動作

主なデータの流れは図 3 に示す。ホストコンピュータから L I F へ現在のセルラオートマトンの 16 個のセルの状態を書き込む。(m-T I S 2 では 2 状態のオートマトンのみ扱うので 16 ビットになる)

L I F は選ばれた 1 つの格子点の周囲の情報から判断してそれに対応する遷移確率の格納されている B F M のアドレスを発生する。B F M からこのアドレスに書き込まれていた 32 ビットの確率と R N G へ要求した 32 ビットの乱数がコンバレータへ渡される。これによって得られた遷移するかしないかの情報が L I F へ返ってくる。L I F はこれを 16 回繰り返し、最終的に 16 個のセルの遷移を終えてホストコンピュータへ 16 ビットのデータが返ってくる。これが m-T I S 2 の動作の 1 サイクルである。我々はこのサイクルを 10 MHz で実行することを目指している。

ホストコンピュータ上のプログラムはこの 16 ビットデータの一連の流れのみを管理すればよく、これにより高速化が実現される。

現在 E P S O N 2 8 6 を使用しているため m-T I S 2 の待ち時間が大きい。高速化を計るため、T R O N チップを搭載したホストへ複数の m-T I S 2 を接続するシステムを開発中である。これにより価格と目標に見合ったいくつかのシステムの構成を可能にする予定である。

1) M. Taiji, N. Ito, and M. Suzuki, Rev. Sci. Instrum. 59 2483 (1988).

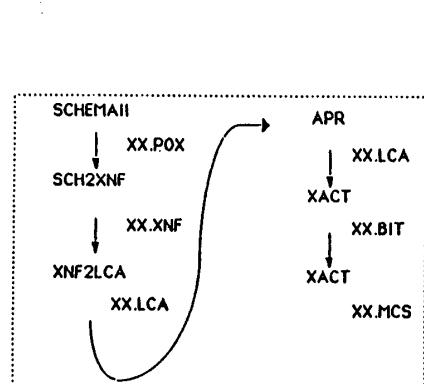


図 1

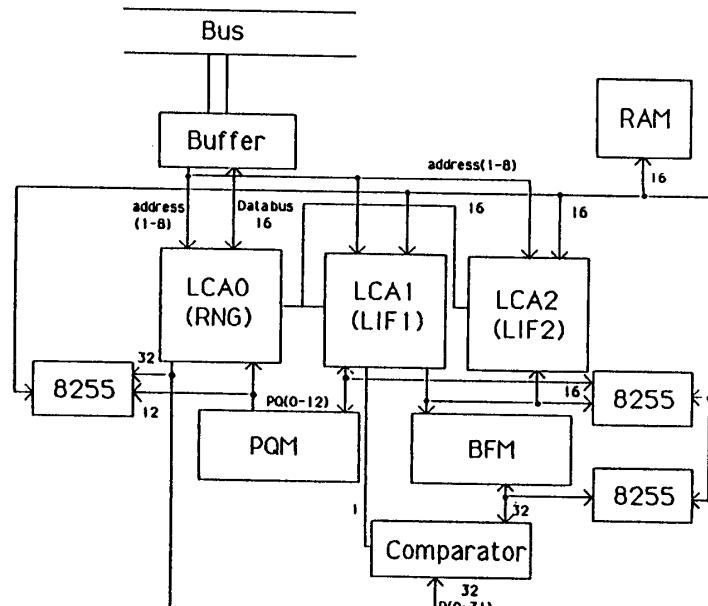


図 2

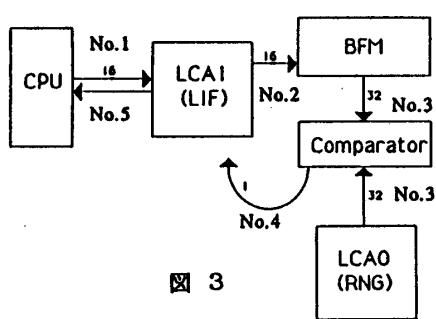


図 3