

超並列計算環境での 魔方陣全解出力プログラムの実行

SATテクノロジー・ショーケース2014

■ はじめに

Xを自然数とすると、魔方陣とは、縦Xマス、横Xマス、計 X^2 個のマスに1から X^2 の数が入れられており、縦のX列、横のX列、斜めの2列それぞれの数字の合計が全て等しく、Lとなるものを指す($L=X(X^2+1)/2$)。X=1の場合1通り、X=2の場合0通り、X=3の場合1通り、X=4の場合880通り、X=5の場合275,305,224通りの魔方陣が存在する。Xが6以上の場合についてはまだ正確な個数が分かっていない。

今回は魔方陣の全解を求めるプログラムを筑波大学のスーパーコンピュータT2K-Tsukubaの32ノード(512CPUコア)上で実行し、プログラムに与えるパラメータによる総実行時間の変化を調べた。

■ 活動内容

1. 全X次魔方陣出力プログラムの開発

現時点ではX次魔方陣の全解を効率的に求める方法は発見されていない。よって今回のプログラムでは総当たりを基本として考え、その上で探索するパターン候補を減らすための枝刈り法を改良した。

具体的には、マスに数字を埋めていく際、列中のX-1個のマスが埋まれば、残りの1マスはLからそれらの数の合計を引くことにより求められることを利用した。結果、総当たりするマスの個数がX=3では9個から3個、X=4では16個から8個、X=5では25個から14個、X=6では36個から23個となり、少なくすることができた。

また、このプログラムの並列方式としてマスタ・ワーカー型並列を用いた。具体的には、1台のマスタがN番目のマスまでを処理し、暇なワーカーの内1台がそれを受け取り、N+1番目のマスからの処理をするというものだ。アルゴリズムの仕様上、ワーカーが受け取るパターンによって処理時間が異なる。

2. T2K-Tsukubaでのプログラム実行

前述のプログラムを、X=5でNの値を0から14まで変化させて並列実行した。実行時間の遷移のグラフを図1に示す。今回の環境ではプログラムの最長実行時間が24時間となっているので、実行時間が24時間を超えたNの場合は実行時間を測定することができなかった。

グラフを見ると、実行時間はN=3, 8で長く、N=6で最も短くなっていることが分かる。今回はそれらに着目した。

●N=3の場合

全体問題を分ける粒度が荒く、マスタから一度も問題を

渡されていないワーカーも見られた。また、ワーカーが受け取るパターンによって処理時間が異なることにより、結果として各ワーカーの全体実行時間をつり合うように処理を分散できていないことが考えられる。

以上のように、全体としての処理効率が落ちたことが、実行時間が長くなってしまったことの原因であると考えられる。

●N=8の場合

全体問題を細かく分けることで全ワーカーのそれぞれの総実行時間がつり合っている。しかし、その分通信回数も多くなっており、通信をする際の固定的な処理があることにより、各ワーカーの総通信時間は50分ほどになってしまっている。

以上のように、通信回数が多いことが実行時間が長くなってしまったことの原因であると考えられる。

●N=6の場合

全体問題を分ける粒度が適度に細かく、各ワーカーのそれぞれの総実行時間がつり合っている。また、通信回数もそれほど多くなく、各ワーカーの総通信時間は1分未満である。

以上のように、問題を分ける粒度や通信回数が適当であることが実行時間が最も短くなったことの原因だと考えられる。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

本研究における数値計算は筑波大学計算科学研究センター学際共同利用プログラムによる。

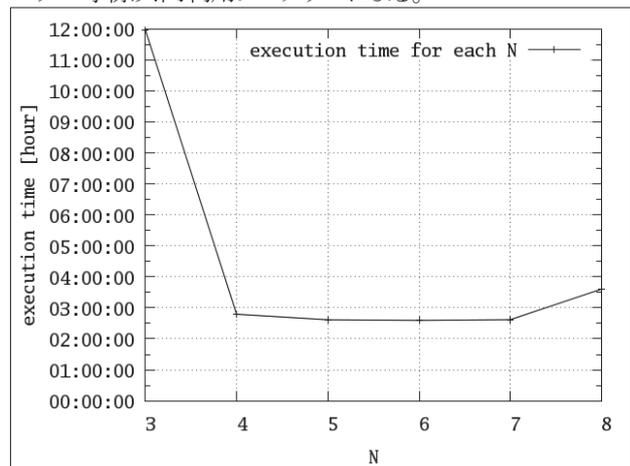


図1: 各Nにおける実行時間の遷移

代表発表者 **杉崎 行優 (すぎざき ゆきまさ)**
 所属 **茨城県立並木中等教育学校 4 年次**
 問合せ先 **〒305-0044 つくば市並木 4 丁目 5-1**
TEL:029-851-1346 FAX:029-852-5030
i.can.speak.c.and.basic+tcshw2014@gmail.com

■キーワード: (1) 魔方陣
 (2) 並列計算
 (3) マスタ・ワーカー
 (4) T2K-Tsukuba
 (5) 学際利用