5G−4　タスク多重割当における処理時間改善量の解析

小林 真也
金沢大学

1．まえがき

並列処理システムで処理されるジョブを構成するタスクには，その発生が確率的に決定される確率タスクがある．発生条件の異なる確率タスクは，同一のプロセッサに割り当ててもプロセッサを巡り競合することはなく，またプロセッサのアイドル状態の発生を抑制することができる．本稿では，発生条件の異なる確率タスクを同一のプロセッサに割り当てる多重割当による処理時間の短縮を定量的に評価する．

2．タスク多重割当

2．1　排反関係

ジョブを構成するタスクには，その発生が乱数や入力データによって決定されるために，ジョブの実行時に常に発生するとは限らないタスクが存在する．このようなタスクを確率タスクと呼ぶ．確率タスク間には，発生条件が互いに排反的であるため，ジョブの実際の処理系列では共に発生することのないタスクが存在する．これら2つのタスク間の関係を排反関係と呼ぶ．

2．2　多重割当

互いに排反なタスクを同一のプロセッサに割り当てても，実際の処理系列においてプロセッサを巡り競合することはない．例えば，図1に示すようなタスク集合に対し，図2の（a）に示す様に発生条件が同じタスクを同一のプロセッサに割り当てると，タスク1が真である場合には，プロセッサ2は全く処理を行わない．また，偽の場合にはプロセッサ1の方がアイドル状態となる．一方，（b）の様に発生条件が異なるタスクを同一のプロセッサに割り当てると，タスク1が真の場合も偽の場合も，確率タスクの実行時にプロセッサ1および2がアイドル状態となることはない．

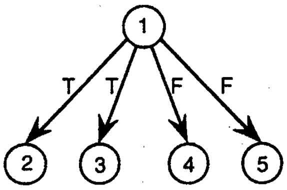

図1　タスク集合例

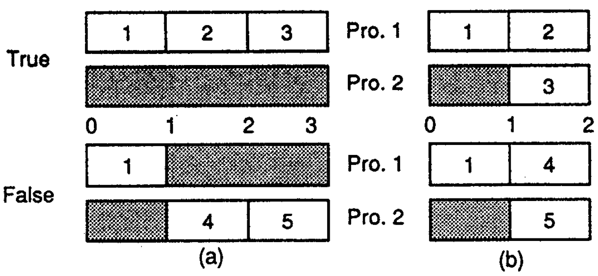

図2　多重割当

このように互いに排反なタスクを同一のプロセッサに割り当てることで，プロセッサのアイドル状態の発生を少なくし，処理に要する時間を少なくすることができる．互いに排反なタスクを同一のプロセッサに積極的に割り当てる割当をタスク多重割当と呼ぶ．確率タスクに対して積極的に多重割当を行うことで処理時間の短縮を目指した割当法としてタスク多重割当法[1,2]がある．

3．解析

3．1　処理時間比

多重割当の評価尺度として処理時間比Rを以下の様に定義する．

多重割当を行った際の確率タスクの処理時間の期待値をTd，排反関係を考慮しない割当を行った場合の確率タスクの処理時間の期待値をTとすると

$$R = T_d / T$$

3．2　解析

以下の様な仮定を持つタスク集合の割当を行った場合に対して理論解析を行う．

（モデル）

・各確率タスクの処理に要する時間は常に1である．

・各確率タスクの発生を決定する条件タスクは唯一である．

・確率タスクの発生条件は，真偽の2通りである．

（1）処理時間比vs.タスク数

プロセッサが2台の時にタスク数と処理時間比の関係を理論解析とシミュレーションにより求める．

以下，発生条件が真であるタスク数NTと偽であるタスク数NFがそれぞれ偶数の場合の理論解析を説明する．

○多重割当

2台のプロセッサのそれぞれに割り当てられるタスクは，どちらのプロセッサに対しても，真のタスクはｔ個，偽のタスクはｎ個である．従って平均処理時間Tdは

$$T_d = (t + f) / 2$$

○排反関係を考慮しない割当

各タスクを区別すると割当状態は全部で ${}_{(2t+2f)}C_{(t+f)}$ 通りである．また，$t < f$ と仮定すと，各割当状態

Analysis of Processing Time Improvement
on Task Duplicated Allocation
Shin-ya KOBAYASHI
KANAZAWA University

の処理時間は以下のようになる．なお，割当状態は一方のプロセッサの割当状態のみで表現する．

(i)真k個，偽t＋f－k個，ただし$0 \leqq k \leqq t$

処理時間は条件タスクが真の時2t－k，偽の時はt＋f－kであるためこの割当状態の処理時間Tmは

$$Tm = (t+f)/2 + (t-k)$$

となる．また，各タスクを区別すると，この割当状態となるのはとなるのは，${}_{2t}C_k \times {}_{2f}C_{(t+f-k)}$通りある．

(ii)真k個，偽t＋f－k個，ただし$t+1 \leqq k \leqq 2t$

$k' = 2t - k$ $(0 \leqq k' \leqq t)$とおくと，もう一方のプロセッサに真k'個，偽t＋f－k'個となり，(i)と同様に取り扱うことができる．

(i)(ii)より処理時間の期待値Tは，

$$T = \frac{t+f}{2} + \frac{2\sum_{k=0}^{t-1}\{(t-k) \times {}_{2t}C_k \times {}_{2f}C_{t+f-k}\}}{{}_{2t+2f}C_{t+f}}$$

となり，処理時間比Rは，

$$R = \frac{\frac{t+f}{2}}{\frac{t+f}{2} + \frac{2\sum_{k=0}^{t-1}\{(t-k) \times {}_{2t}C_k \times {}_{2f}C_{t+f-k}\}}{{}_{2t+2f}C_{t+f}}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{4\sum_{k=0}^{t-1}\{(t-k) \times {}_{2t}C_k \times {}_{2f}C_{t+f-k}\}}{(t+f) \times {}_{2t+2f}C_{t+f}}}$$

となる．また$f < t$の場合は

$$R = \frac{1}{1 + \frac{4\sum_{k=0}^{f-1}\{(f-k) \times {}_{2f}C_k \times {}_{2t}C_{t+f-k}\}}{(t+f) \times {}_{2t+2f}C_{t+f}}}$$

となる．

また，NT，NFの一方もしくは双方が奇数の場合についても同様に解析を行える．

図3は条件の異なるタスクが同数個，あるいは差が1個である場合に，条件が真のタスクの個数NTと偽のタスクの個数NFの平均N＝（NT＋NF）／2と処理時間比Rとの関係を示したものである．なお，シミュレーションについては共に偶数の場合のみ行った．

NT，NFともに偶数個ずつ存在する場合には，Nが小さいほど処理時間比Rが小さい．これは，タスク数が増えると発生条件の異なるタスクの割当個数に片寄りのあるような，処理時間比Rを小さくする割当状態が割当状態の総数に占める割合が小さくなるためと考えられる．

次に，発生条件の異なるタスクがともに奇数個である場合は，偶数個の場合に比べ常に処理時間比Rは大きい．また，その差はタスク数が少ないほど大きく，Nが9以上ではほぼ一定の値であるが，9以下ではNが小さいほど処理時間比Rは大きい．これは，多重割当で各プロセッサに対して同じ発生条件のタスクを同数個割り当てようとしても，タスク数が奇数であれば各プロセッサに同数個づつ均等に割り当てることができないためである．

（2）処理時間比vs.プロセッサ台数

NT＝NF＝12とNT＝NF＝24の場合について，プロセッサと処理時間比の関係をシミュレーションにより解析した結果を図4に示す．なお，プロセッサ台数はNT＝NFの約数とし，x軸には（プロセッサ台数）／NTを用いた．

図4からわかるように，（プロセッサ台数）／NTが1に近づくほど処理時間比は0．5に近づき多重割当時の処理時間が短くなる．

4．むすび

多重割当の処理時間改善とタスク数ならびにプロセッサ台数との関係の理論解析とシミュレーション解析を行った．

今後，これらの結果をもとに，多重割当が有効であるときのみ多重割当を行い，処理時間の向上と割当時間の短縮が行える割当法の実現を行う予定である．

（参考文献）

（1）小林,小巻,中西,手塚：“タスク間の排反性に注目したタスク割当法について”,信学技報,CPSY90-34(1990-7)

（2）小林,中西,手塚：“タスク多重割当法の提案”,1990信学秋季全大,D-56(1990-10)

（3）小林,近藤,中西,手塚：“タスク多重割当による処理時間短縮”,情処研報,91-PRG-3(1991-7)

（4）小林：“タスク多重割当による処理効率改善の理論解析について”,平3北陸連大,B-117(1991-10)

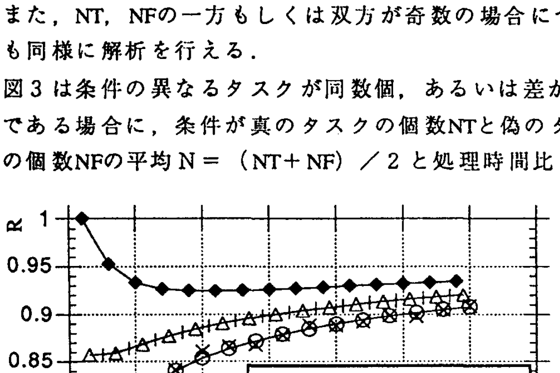

図3 N vs. R

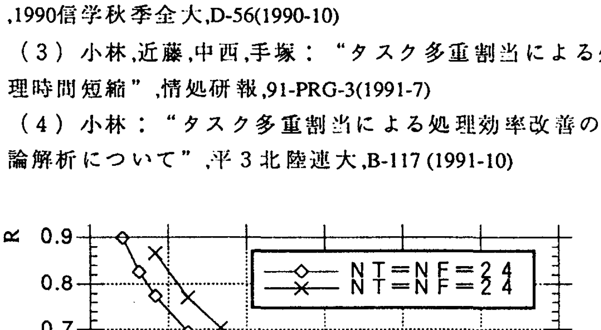

図4 R vs. プロセッサ台数