

Title	状態空間探索におけるキャッシングに関する研究
Author(s)	小池, 憲史
Citation	
Issue Date	1999-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/1318">http://hdl.handle.net/10119/1318</a>
Rights	
Description	Supervisor:平石 邦彦, 情報科学研究科, 修士

# 状態空間探索におけるキャッシングに関する研究

小池 憲史

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1999年8月13日

キーワード: concurrency, state explosion, sleep sets, state-space caching.

並行プロセスは、複数の計算機上の逐次プロセスが互いに協調しながら動作を行うプロセスである。並列計算機上で動作させるプロセスや、ネットワークで接続されている計算機の為のネットワークプロトコルを包含した概念である並行プロセスについて考察する事は、これらを開発する上で重要となる。

並行プロセスでは、単一プロセスでは発生しない以下のような問題が生じる恐れがある。

デッドロック 並行プロセスをそれ以上実行する事が出来なくなる状態のこと。

ライブロック 並行プロセスの目的の為の効果的な発展をしないまま、プロセスの実行を無限に繰り返すこと。

不適切な終了 並行プロセスの目的を達成しないまま、プロセスが終了すること。

プログラム開発中にこれらの問題を発見、解決するのは困難であり、複数のプロセスからなる並行プログラムの開発は、単一プロセスの場合と比べて難しくなっている。その為、並行プログラム作成の為の様々な手法が提案されている。

状態空間探索は並行プログラム作成支援方法の1つである。状態空間探索は並行プロセス中のトランジションを実行してシステム状態空間を生成し、探索する事によりプロセスに含まれる問題を発見する手法である。

状態空間探索では、一度探索した状態を再度探索するダブルワークと呼ばれる現象を抑制する為、探索した状態空間を保存しながら探索を行う。新たな状態を生成した場合、保存している状態と比べて探索済みの状態か否か判別しながら探索を行う。しかし、並行プロセスから生成される状態の数は膨大になる為、状態空間を完全に保存する事は困難である。この為、探索する状態を削減する方法が提案されている。トランジションの実行系列内で、実行順序に依存関係の無い隣合うトランジションの交換を繰り返す事により生成さ

れた実行系列は，元の実行系列と同じ状態に到達する事を利用して探索するトランジションを削減する，スリープセットを用いた方法はその1つである．

また，一部の状態空間を保存するだけでダブルワークを十分に抑制出来る事が経験的に知られている．キャッシングはこの性質を利用し，キャッシュと呼ばれる高速な主記憶のみに探索した状態を保存して探索を行う手法である．主記憶量を越える状態を探索した場合には，保存されている状態から状態を選択して削除する．この為，キャッシュには再度訪問される状態を優先して保存する事が望ましい．従って，キャッシュから削除する状態を決定する方法はキャッシュを用いた探索において非常に重要な問題となる．Godefroid, Holzmann らは実験的な手法で幾つかの削除状態決定法を提案している．しかし，これらの方法には理論的な考察が行われていない．

本研究は状態空間探索における，ダブルワークが発生するメカニズムを理論的に検証した．その結果，状態に到達したトランジション系列を

変換規則 1 隣合う依存関係の無いトランジションの順序は交換可能．

変換規則 2 含まれる全てのトランジションが関係するプロセスのローカル状態の遷移が，始点と終点において等しいトランジション系列 (空列を含む) 同士は交換可能．

という変換規則で変換し，そのトランジションにより到達した状態が既に探索されている場合にダブルワークが発生する事が分かった．この結果から，

合流ローカル状態 入り次数が 2 以上であるローカル状態．

分岐ローカル状態 出次数が 2 以上であるローカル状態．

と定義した場合に，含まれるローカル状態のいずれかが，

- 合流ローカル状態
- 分岐ローカル状態の 1 つ先のローカル状態

である状態を優先してキャッシュに残すアルゴリズムを提案し，これが有効である事を理論的に示した．