

Title	Memory management for real-time applications(Abstract_要旨)
Author(s)	Hanai, Ryo
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2007-03-23
URL	http://hdl.handle.net/2433/135980
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

氏名	はな い りょう 花 井 亮
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第269号
学位授与の日付	平成19年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科通信情報システム専攻
学位論文題目	Memory Management for Real-time Applications (実時間処理のためのメモリ管理に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 湯浅太一 教授 小野寺秀俊 教授 奥乃博

論文内容の要旨

本研究では、メモリ領域の自動回収機能を実時間処理に利用する場合の課題を緩和すべく、様々な方向から取り組みを行った。本論文はその成果をまとめたものであり、序文とその後の3部から構成されている。

まず序文では、研究の背景および動機として、プログラム開発においてメモリ領域の自動回収機能が有用であること、実時間性を要求する分野で需要があることを述べている。また、論文の構成を述べ、さらに研究で得られた主要な成果を要約している。

第1部では、複雑化するヒューマノイドの制御ソフトウェア開発の基盤に用いるために設計した実時間ごみ集めの手法を説明している。オブジェクトを移動しないごみ集めの処理を小さなオーバヘッドで細分化するには、スナップショット方式にリターンバリアを組み合わせた方式が適しており、これを自然にマルチスレッドに拡張している。また、低優先度のごみ集め専用スレッドと、アプリケーションスレッドによるメモリ要求時ごみ集めを併用し、動的にごみ集めの条件を調節する手法を提案している。さらに、実機を用いた実験の概要を示し、実時間ごみ集めをヒューマノイドの歩行制御に利用できることを示している。

第2部では、プログラミング言語処理系のC言語拡張コードに対して、書込みバリアを自動で挿入する手法を提案している。実用的なアプリケーション開発においては、C言語によって処理系を拡張したいという要求がめずらしくない。処理系が書込みバリアを必要とするごみ集めを用いている場合、プログラマが手作業で書込みバリアを挿入することになるがこれはかなり煩わしい。提案手法は、代入式の左辺値の型と左辺式が間接参照を含むかどうかという式の構造を手がかりに書込みバリアの挿入箇所を絞り込み、バリアを挿入する。また、現実的なプログラムを用いて手法の評価を行い、必要な箇所にはバリアが挿入され、かつ無駄な箇所は少ないことを確認している。

第3部では、リージョン推論に基づくメモリ管理のメモリ効率改善の方法を提案している。このメモリ管理手法は、コンパイラがメモリの割当てと解放の操作を挿入し、各操作は定数時間である。そのため、ごみ集めでは実現困難である、プログラムの時間的な振舞いにおける決定性を実現できる。しかし、メモリ効率が著しく悪くなるプログラムが存在し、これを少しでも減らしていかなければ実用には難しい。そこで本論文では、リージョン推論後の最適化処理に着目し、リージョン変数のエイリアス関係の判断を一部実行時に行うことで、メモリを再利用する機会を増やしている。また、提案手法によりメモリ効率が劇的に改善されるプログラムがあることを確認している。

最後にまとめがあり、本研究で得られた主要な成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、動的に割り付けたメモリ領域を自動回収する機能の適用範囲を、より厳しい時間制約が求められる実時間処理に広げるべく行った研究成果を取りまとめたものであり、得られた主な研究成果は次の通りである。

(1) 現在最も一般的に使われているメモリ自動回収機構であるごみ集めを、実際にロボット制御に利用され、ソフトウェア資産も充実している環境で利用可能とした。また、本論文ではヒューマノイドロボットを用いて予見制御による歩行実験を行い、実装したごみ集めを用いることで、Lisp 言語によりロボットの歩行制御ができることを示している。これは、実時間ごみ集めの応用分野を広げるものであり、意義がある。

(2) マルチスレッド環境で100 μ 秒以下という非常に短いアプリケーションの停止時間を実現するとともに、汎用機上で、プロセッサの遊休時間を主に利用しながらも、ヒープの逼迫状況に応じてアプリケーションスレッドに適切にごみ集め作業を課すことで飢餓状態に陥らずにごみ集めを進める手法を提案している。

(3) プログラム実行系のC言語拡張コードに対して、多くの高度なごみ集めで必須となる、書込みバリアを自動で挿入する手法を提案している。一般に、C言語の仕様では書込みバリアの必要箇所を正確に見出すことは極めて困難である。そのため、ユーザのマナーのよい書き方を前提に、書込みバリアの挿入箇所を判定する手法としている。また、現実的なプログラムを用いて評価を行い、必要な箇所にバリアが挿入され、かつ無駄なバリアは少ないことを確認している。

(4) リージョン推論に基づくメモリ管理手法は、メモリの割当てと解放の操作が定数時間であり、さらに各操作のタイミングがコンパイル時に決定されるため、実時間プログラミングに大きな可能性を持っている。しかし、一部のプログラムでメモリ効率が非常に悪くなるという問題が知られている。本論文では、メモリ解放が可能かどうかの判断を一部実行時に遅らせることで、解放の可能性を広げている。その結果、いくつかのプログラムでメモリ効率が大きく改善している。

以上要するに本論文は、メモリ自動回収機能を実時間処理に利用する上での数々の問題を解決もしくは改良するための提案を行うものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年1月17日実施した論文内容とそれに関連した諮問の結果合格と認めた。