

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 小川 真彩高

論 文 題 目 車載制御マルチコアシステムにおける
マッピングとランタイムコード生成技
術

論文審査担当者

主 査 名古屋大学 教授 高田 広章

委 員 名古屋大学 教授 枝廣 正人

委 員 名古屋大学 准教授 本田 晋也

論文審査の結果の要旨

小川真彩高君提出の論文「車載制御マルチコアシステムにおけるマッピングとランタイムコード生成技術」は、車載制御システムをマルチコアプロセッサ（以下、マルチコア）上で実現する上での課題について整理し、それらを解決するための設計手法、ランタイム生成ツール及びランタイムソフトウェアに関する一連の研究をまとめあげたもので、6章で構成される。

第1章は序論であり、近年の車載制御システム、特にパワートレインの制御を行うアプリケーションシステム（以下、パワトレアプリ）に対して、排ガス規制や低燃費化等により高い計算性能が求められ、その結果としてマルチコアの導入が必要である状況について説明している。その上で、既存のパワトレアプリのマルチコア向けの設計フローとその課題を示している。課題としては、様々なハードウェアアーキテクチャへの対応、デッドラインを考慮した処理のコアへのマッピング手法、コア間の確定的な通信の必要性について述べられている。また、これらの課題に対して、本論文で提案する設計フローについて説明している。

第2章は、本論文の対象とする、パワトレアプリの特徴、使用するソフトウェアプラットフォームである AUTOSAR 仕様や Logical Execution Time (LET) 及び既存の最悪応答時間解析手法について説明している。パワトレアプリの特徴としては、時間ないし回転角に同期して実行される複数のタスクから公開関数と呼ばれる処理の集合が呼び出される構成である事、処理間のデータに依存関係があるがタスクの待ち状態を用いた同期は用いない事について説明している。また、処理負荷を下げる目的で、公開関数を起動する周期をそれを呼び出すタスクより長くするサブスケジューリングが用いられていることを説明している。

第3章では、パワトレアプリのモデル化手法の提案と、様々なハードウェアアーキテクチャに対応するためにランタイムコードを自動生成する手法について述べている。ここでは、処理のコアへのマッピングは設計者が指定するものとしている。提案したモデル化手法は、Powertrain Multicore Programming Framework (PMPF) と名付けられており、パワトレアプリの各種の特徴をモデル化することが可能である。ランタイム生成に関しては、タスクの待ち状態を用いずに処理間の依存関係を満たすタスク生成と処理の配置を実施する。また、処理の配置に応じて必要な排他アクセス機構も自動生成する。提案手法を2コア及び4コアのハードウェアを対象に適用し、少ない記述変更でそれぞれのハードウェアに適したランタイムが生成されることを確認している。

第4章では、パワトレアプリのモデル (PMPF) を入力とし、最悪余裕時間の静的解析の結果を用いてマッピングの候補を選定する手法を提案している。パワトレアプリの処理の単位である公開関数は現状でも約1000個と多いため、提案手法では、公開関数の実行依存関係や排他アクセスが必要なデータによって PF グループという単

位にまとめる．そして，**PF** グループ単位でコアにマッピングして最悪余裕時間解析を行う．最悪余裕時間の解析には既存のシングルプロセッサ向けの最悪応答時間解析手法として提案されているマルチフレームタスクモデルをマルチコアに拡張している．評価実験により，解析は現実的な時間で実施でき，実機実行結果と相関があることから，コア配置決定に有用であることを示している．

第 5 章では，**LET** をパワートレアプリに適用する手法について提案している．既存手法では，サブスケジューリングやエンジンが高回転の場合に生じるタスクのデッドラインミスに対応していない．この問題に対して，サブスケジューリング下での適切な **LET** 区間の設定方法の提案と，デッドラインミスを許容して，デッドラインミス発生時に不整合なデータが生じないランタイム構造を提案している．加えて，既存手法では **LET** を実現するための処理の実行オーバーヘッドが大きいという問題に対して，この処理を複数のコアに分散する手法を提案している．

第 6 章は結論であり，本論文の成果をまとめるとともに，今後の課題について論じている．

以上のように，本論文は車載制御システムをマルチコア上で実現するための設計手法やランタイム生成ツール及びランタイムソフトウェアに関する研究に取り組み，いずれにおいても有効な成果を挙げている．研究成果は実アプリケーションに適用して有効な結果を得ている．提案した技術はいずれも，学術的な新規性に加えて，実用性も高いものであり，情報科学の学術上・技術上の寄与が大きい．よって，本論文提出者，小川真彩高君は，博士（情報科学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した．