

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目 車両制御システム向けデータ管理手法に関する研究
氏名 山田 真大

論文内容の要旨

近年、プリクラッシュセーフティ技術など、車両の状態や周辺状況を判断し、ドライバーへの警告や自動制御により運転の支援を行う車両制御システムが登場している。たとえば、車両に搭載された複数のセンサからの情報に基づき、操舵回避の支援を行い、衝突が避けられない状況では介入ブレーキを作動させることで衝突衝撃を緩和し被害を軽減するシステムがある。また、衝突回避システム、車両追従システム、レーン逸脱警告システム、自動駐車システムなどもある。これらの現状の車両制御システムの構成は、複数の異種センサによりデータを取得し、1つあるいは複数の電子制御ユニット (ECU) においてアプリケーションプログラムがデータ処理を行い、その結果、ステアリングやブレーキなどのアクチュエータの操作を行う。このように車両制御システムでは複数の ECU のデータを利用して動作を行い、また複数の車両制御システム間には共通利用するデータが存在する。たとえば、ステアリングセンサのデータは、衝突予防システムや車両追従システム、車線逸脱防止システムから共通で利用される。

現在、車載ソフトウェアの規模と複雑性の増大に対処するため、AUTOSAR に代表される車載ソフトウェアの開発手法によって、ソフトウェアプラットフォームを明確に定義し、ソフトウェアの共通化、汎用化と再利用性を高めてきた。しかし、複数の ECU を協調動作させて実現する車両制御システムは、ECU 全体を見据えた開発が必要であり、新たな車両制御システムが増えていくに従い、多様なセンサが多数搭載され、データの量と種類の増大によって開発コストが増加する。このような状況において、データベース管理システムのようにデータを管理していない場合、アプリケーションとデータに強い依存関係が生まれ、その結果、データの不整合性、不統一性、冗長性が生じる。同様に車両制御システムのソフトウェア開発では、次に上げる 3 つの問題が生じる。

1 つ目は、外部 ECU からどのようなデータが提供されるか明確な定義がなく、ある

ECU に装着されているセンサのデータに依存して別の ECU でアプリケーションプログラムを開発した場合、ECU やセンサに変更が発生し、データの通信方法やデータフォーマットを変更し、アプリケーションプログラムがそのままデータを他の ECU へ配信した場合、他のアプリケーションプログラムが正しくデータを利用できないといったデータの不整合性の問題である。

2 つ目は、以前に開発した ECU を、新規に開発している車両制御システムの一部として用いる場合、どのようなデータが必要であるかといった情報がなく、また新規に開発している車両制御システムにおいて、ECU 全体としてどのようなデータを提供できるのかといった情報がないと、その ECU を再利用することが難しいといった不統一性の問題である。

3 つ目は、外部の ECU が、どのようなデータが取得していて、どのような処理を施しているかという情報が分からない場合、外部の ECU にすでにあるセンサを重複して装着してしまったり、データを加工して別のデータに変換するといった処理が各 ECU が個別に行うことで、本来共通化できるような処理が ECU 間で重複してしまうといったことが発生し、全体としてみると HW リソースや CPU リソースを無駄にってしまうといった冗長性の問題である。

データ量と種類の増大による開発コストの増加を抑えるため、車両制御システムで扱う車載データをもとに論理的なデータ空間を定義し、要求に応じてアプリケーションプログラムにデータ提供を行うことができるようにする必要がある。本研究では、論理的なデータ空間を構築するために、データ管理システムを導入することを提案する。ここで、データ管理システムとは、ネットワークを介して複数のアプリケーションプログラムが共通して利用可能であり、データの受け渡しを要求に応じて行う機能を有するものとして定義する。このデータ管理システムは、データアクセスのために統一したインタフェースを持ち、データフォーマットの定義機能、データ加工のための処理機能を提供する。これまで地図データをデータベース管理システムで管理して車両制御システムが利用したという事例はあるものの、車両制御システムが主として利用するセンサデータのためにデータ管理システムを導入したという事例がなく、検証するために適用事例が必要である。また、データ管理システムの導入によってオーバヘッドの増加が見込まれるが、許容可能な遅延時間の短い車両制御システムにおいて、データ管理システムが利用可能であるかどうかといった点が不明である。

そこで、本研究ではデータ管理システムの適用と実現可能性の確認の 2 点を研究課題として定め、取り組むことにした。実現可能性の確認とは、データ管理システムの適用によって車両制御システムがアプリケーションプログラム動作可能であることを確認する。具体的には、シミュレータ相当の環境で、2 つの車両制御システムのアプリケーションプログラムが同じデータ管理システムを利用して動作できることであり、また、2 つの車両制御システムのうち、一つは車両追従や衝突警告のような許容できる遅延時間の短い車両制御システムを選択し、その許容できる遅延時間以内に収まることを評価できることとする。前者は、本研究の目的にデータの共有があるため、最低限確認しなくてはならない動作環境である。後者は、データ管理システムのデメリットであるオーバヘッドが車両制御システムにとって許容できるかを確認するために必要である。

本研究を進めるあたり、最も普及しているデータベース管理システムの評価は、まず最初に取り組むべきであると考え、取り上げることにした。その次に、車両制御システムには、車両重量などのほとんど更新されないデータと、車速などの高頻度に更新されるデータがあるため、データの有効期間や問い合わせの頻度に対して、データベース管理システムとは反対の前提に基づいて考えられたデータストリーム管理システムを取り上げるべきであると考えた。よって、2種類のデータ管理システムを用いる手法(データ管理手法)によってデータ管理システムの適用課題に取り組んだ。1つはデータベース管理システムを用いる手法であり、データをリレーショナルデータのモデルとして扱う。この手法は、データへの問い合わせ頻度が低く、データは長期間にわたって有効に利用できるという前提で考えられたデータ管理手法である。もう1つはデータストリーム管理システムを用いる手法であり、データをデータストリームのモデルとして扱う。この手法は、データへの問い合わせ頻度が高く、データは短期間しか有効に利用できないという前提で考えられたデータ管理手法である。

1つ目の手法では、車両追従システム、自動駐車システムの2つの車両制御システムを用意し、それぞれのシステムのアプリケーションプログラムが共通のデータベース管理システムを利用して動作することを確認し、データ管理システムの適用を行った。また、実時間性の評価によって車両制御システムが許容可能なオーバヘッドの範囲内に収まることを評価し、実現可能性の確認を行うことができた。

2つ目の手法では、前方車強調カメラ映像表示システム、衝突警告システムの2つの車両制御システムを用意し、それぞれのアプリケーションプログラムが共通のデータストリーム管理システムを利用して動作することを確認し、データ管理システムの適用を行った。また、衝突警告システムの遅延時間の評価によって、時間制約を満たしていることを確認し、実現可能性の確認を行うことができた。