

自動車走行支援ソフトウェアのアーキテクチャに関する研究

2003MT029 神谷 昇司 2003MT084 岡部 真佑 2003MT111 山岸 史孝

指導教員 張 漢明

1 はじめに

自動車走行支援ソフトウェアは、高い信頼性と時間計測に関する処理が要求されている。非機能特性として耐故障性、実時間処理を考慮する必要がある。非機能特性は自動車走行支援ソフトウェアに横断的に関連する処理となり、ソフトウェアの構造を複雑にする。ソフトウェア全体に散在する処理を分離する技術として、アスペクト指向技術が注目されている。

本研究室では、組込みソフトウェアのアスペクト指向ソフトウェアアーキテクチャスタイル (以下、E-AOSAS++) を提案している。E-AOSAS++では、組込みソフトウェアを並行に動作する複数の状態遷移機械の集合と規定している。並行状態遷移機械 (以下、CSTM) は、並行処理、状態遷移、コアのアスペクトとアスペクト間記述 (以下、IAD) で構成される。

本研究の目的は、自動車走行支援ソフトウェアにおけるアーキテクチャの構築手順の提案と構造を整理することである。

E-AOSAS++には、CSTMの構成を管理するコンフィギュレーションコントロール (以下、CC) が規定されており、構造が整理できる。整理された構造をもちいて他の自動車走行支援システムを実現することで柔軟性や再利用性の向上を考察する。

本研究は、以下のように進める。

- 自動車走行支援ソフトウェアのオブジェクト指向設計
- E-AOSAS++をもちいて、自動車走行支援ソフトウェアのアスペクト指向設計
- 自動車走行支援ソフトウェアアーキテクチャの構築手順の提案
- アスペクト指向設計した構造から共通構造の提案
- 提案した共通構造をもちいて柔軟性や再利用性の確認

2 組込みソフトウェアのアスペクト指向ソフトウェアアーキテクチャスタイル (E-AOSAS++)

E-AOSAS++の並行状態遷移機械におけるアスペクトの関連とCCについて説明する。

2.1 並行状態遷移機械におけるアスペクトの関連

CSTMにおけるアスペクトの関連を図1に示す。アーキテクチャの記述には、本研究室で提案されているアスペクト指向ソフトウェアアーキテクチャの図式表現 [6] をもちいた。

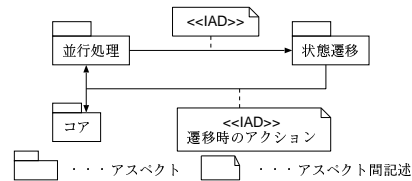


図1: 並行状態遷移機械におけるアスペクトの関連

CSTMにおける各アスペクトとIADについて以下に示す。

- 並行処理アスペクト
 - 状態遷移機械を並行に動作させる処理
- 状態遷移アスペクト
 - 状態遷移機械の状態の遷移に関する処理
- コアアスペクト
 - アプリケーションロジックを含む主要コンポーネントを実現するオブジェクト群
- IAD
 - アスペクトとアスペクトをつなぐ記述

2.2 コンフィギュレーションコントロール (CC)

CCとは、システムの構成を管理することである。システムの構成の管理方法には ConfigurationCompositeCSTM と AggregationCompositeCSTM の2種類がある。ConfigurationCompositeCSTM と AggregationCompositeCSTM を図2に示す。

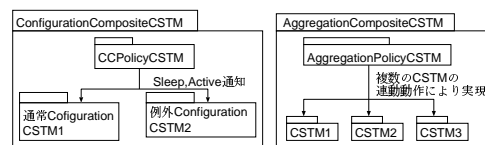


図2: コンフィギュレーションコントロールの概念

ConfigurationCompositeCSTM はコンフィギュレーションの管理をするCCPolicyCSTMと各 ConfigurationCSTMによって構成されている。ConfigurationCompositeCSTMでは、ConfigurationCompositeCSTMにイベントが通知されるとPolicyCSTMと各 ConfigurationCSTMに同時にイベントが通知される。各CSTMの並行処理アスペクトには活性状態と待機状態がある。活性状態時にイベントが通知された場合、状態遷移機械を動かす。待機状態時にイベントが通知された場合、イベントは破棄される。PolicyCSTMは各 ConfigurationCSTMを活性状態・待機状態に切替える。

AggregationCompositeCSTM は複数の CSTM を協調動作させる AggregationPolicyCSTM と複数の CSTM によって構成されている。他の CSTM から AggregationCompositeCSTM にイベントが通知されると、AggregationPolicyCSTM が各 CSTM にイベントを振り分ける。AggregationCompositeCSTM 内の CSTM から他の CSTM にイベントを通知する場合、AggregationPolicyCSTM を介して送信する。

3 自動車走行支援システムの分析

自動車走行支援システムとはドライバーの不注意から起こる事故の防止や被害の軽減、運転をサポートするシステムのことをいう。自動車走行支援システムには、衝突の被害を減少させるプリクラッシュセーフティシステム [3]、走行車線からの脱線を防ぐレーンキーピングアシストシステム [8]、駐車をサポートするパーキングアシストシステム [4] などがある。

本稿では、プリクラッシュセーフティシステムを例に説明する。プリクラッシュセーフティシステムは、耐故障性や実時間処理を考慮する必要があり、自動車走行支援システムの典型的な例である。プリクラッシュセーフティシステムの概略を図 3 に示す。

プリクラッシュセーフティシステム

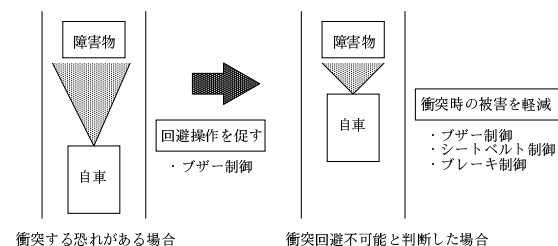


図 3: プリクラッシュセーフティシステムの概略図
プリクラッシュセーフティシステムとは、前方の車両や障害物との衝突を予測して、衝突の回避を促したり衝突時の乗員への被害を軽減させるシステムである。プリクラッシュセーフティシステムには表 1 の入出力装置がある。

表 1: プリクラッシュセーフティシステムの入出力装置

入力装置		出力装置
CCDCamera	WheelSpeedSensor	
LaserRader	GSenser	

表 1 の入力装置の情報から、現在の危険度を出す。衝突の可能性がある場合にはブザーを鳴らしてドライバーに注意を促す。衝突回避制御が間に合わず衝突回避不可能と判断した場合、シートベルトとブレーキによって衝突時の被害を軽減させる。

4 自動車走行支援ソフトウェアにおけるオブジェクト指向設計

プリクラッシュセーフティシステムのオブジェクト指向設計をおこなった。シミュレーションの実現には Java[5] をもちいた。

4.1 プリクラッシュセーフティシステムの構造

自動車走行支援ソフトウェアアーキテクチャを以下の手順で設計した。

- ハードウェアの構造の設計
- ハードウェアの構造にソフトウェアを追加
- ハードウェアの関連からソフトウェアの構造の抽出

ハードウェアの構造の設計

プリクラッシュセーフティシステムのハードウェアの構造をクラス図をもちいて図 4 に示す。システムのハードウェアと各ハードウェア間の関連を考慮することにより、構造を設計する。

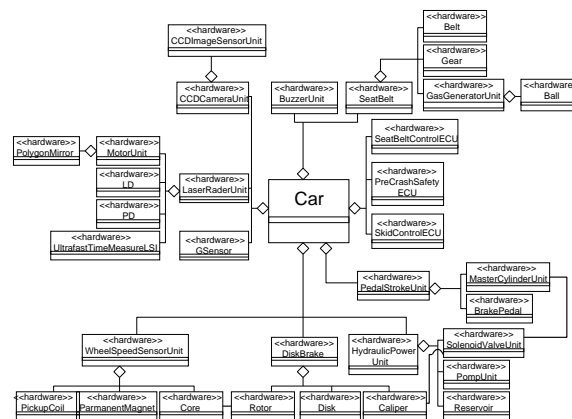


図 4: プリクラッシュセーフティシステムの構造 (ハードウェア)

ハードウェアの構造にソフトウェアを追加

ソフトウェア制御が必要なハードウェアにソフトウェアを追加した。ハードウェアの構造にソフトウェアを追加した構造を図 5 に示す。

ハードウェアの関連からソフトウェアの構造の抽出

ハードウェアの関連に注目して自動車走行支援ソフトウェアの構造を抽出した。抽出した構造を図 6 に示す。ソフトウェアはハードウェアを介してメッセージを送信する。

5 自動車走行支援システムのアスペクト指向実現

E-AOSAS++ をもちいてプリクラッシュセーフティシステムのアスペクト指向設計をおこなった。E-AOSAS++ をもちいて構築したプリクラッシュセーフ

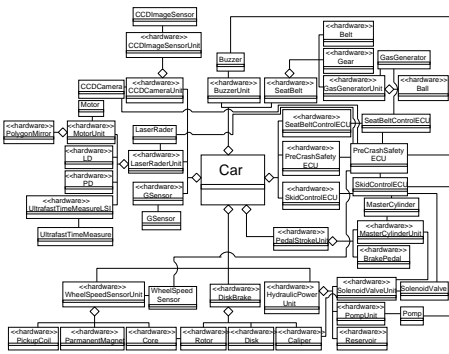


図 5: ブリクラッシュセーフティシステムの構造 (ハードウェア+ソフトウェア)

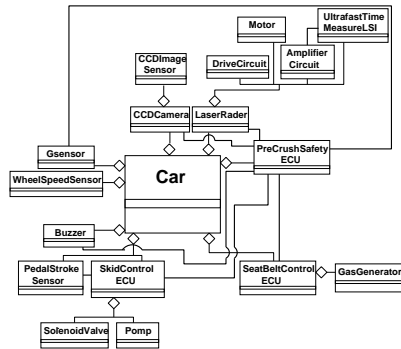


図 6: ブリクラッシュセーフティシステムの構造 (ソフトウェア)

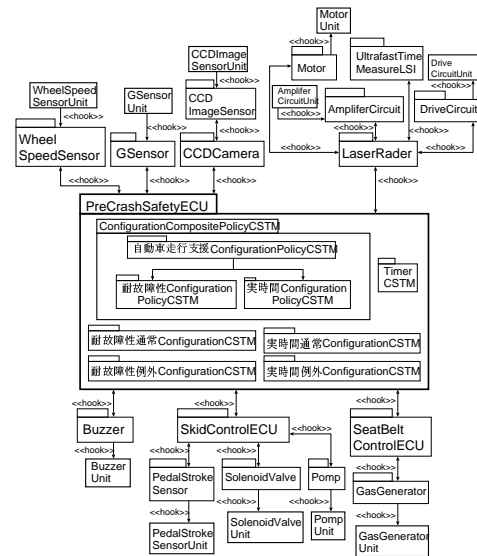


図 7: ブリクラッシュセーフティシステムの構造 (E-AOSAS++適用時)

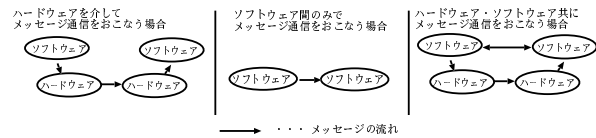


図 8: 3 種類のメッセージ通信

ティシステムのアスペクト指向ソフトウェアアーキテクチャ (以下, AOSA) を図 7 に示す. シミュレーションの実現には AspectJ[2] をもちいた.

各部品に存在する耐故障性と実時間処理は, 自動車走行支援 PolicyCSTM で管理することで実現した.

6 考察

我々が提案した自動車走行支援ソフトウェアアーキテクチャの構築手順の妥当性について考察する. ブリクラッシュセーフティシステムの構造から, 自動車走行支援ソフトウェアの共通構造を提案する. 我々が提案した共通構造を他の自動車走行支援システムに適用することで, 共通構造の再利用性について考察する.

6.1 自動車走行支援ソフトウェアアーキテクチャの構築手順

自動車走行支援システムに提案したアーキテクチャの構築手順が妥当であるか検討する. 自動車走行支援ソフトウェアアーキテクチャでは, ハードウェアを介したメッセージ通信とソフトウェア同士のメッセージ通信と, ソフトウェア間・ハードウェア間ともにメッセージ通信をおこなう場合の 3 種類がある. その関連を図 8 に示す.

ソフトウェア同士がハードウェアを介してメッセージ通信する場合とソフトウェアのみがソフトウェア間でメッセージ通信する場合を同等と考える.

それぞれのメッセージ通信を同等ととらえ, どのような場合にどのメッセージ通信を使うのか整理をおこなった.

自動車走行支援ソフトウェアの具体例として, ソフトウェア同士のメッセージ通信では, CCDCamera と PreCrashSafetyECU が挙げられる. ハードウェアを介したメッセージ通信では, SeatBeltControlECU と GasGenerator が挙げられる. ソフトウェア・ハードウェア共にメッセージ通信する場合には, 耐故障性時が挙げられる.

3 つのメッセージ通信をもちいることでソフトウェアアーキテクチャを構築することができる.

6.2 自動車走行支援ソフトウェアの共通構造

E-AOSAS++ をもちいて, ブリクラッシュセーフティシステム, レーンキーピングアシストシステムとパーキングアシストシステムの 3 つの構造を設計した. 3 つのシステムのシミュレーションを実現した結果, すべての部品は耐故障性と実時間処理の 2 つのポリシーが存在することが確認できた. 3 つのシステムから我々が提案し

た、自動車走行支援ソフトウェアの共通構造を図9に示す。

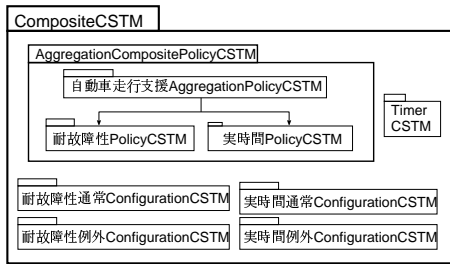


図9: 自動車走行支援ソフトウェアの共通構造

1つの部品に2つのポリシーが存在する場合、ポリシー部分をCCで考えることで実現することができる。自動車走行支援システムを実現するときは、耐故障性と実時間処理の2つのポリシーをCCで実現できることで、統一的な構造にすることができる。

6.3 応用領域

我々が提案した共通構造(図9)をもちいて他の自動車走行支援システムを実現する。他の自動車走行支援システムの例として、ナビマチックシステム[1]を実現する。ナビマチックシステムとは、表2の入力装置の情報をもとにA/Tのシフト制御をするシステムである。

表2: ナビマチックシステムの入出力装置

入力装置		出力装置
GPS	RemoteController	Display
GSensor	TouchPanel	Speaker
WheelSpeedSensor		A/T

E-AOSAS++をもちいて実現したナビマチックシステムのAOSAを図10に示す。

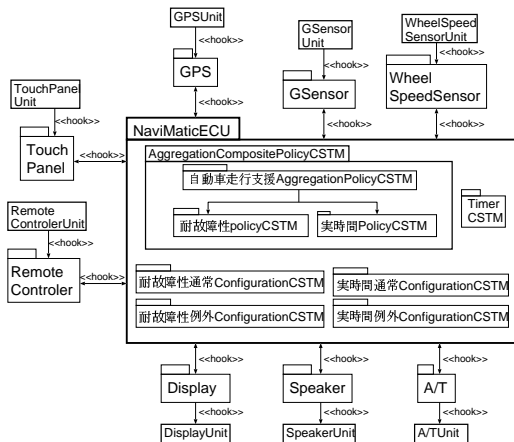


図10: ナビマチックシステムの構造

我々が提案した共通構造をもちいてナビマチックシステムのAOSAを構築することができた。ナビマチックシ

ステムのAOSAの構築ができたことにより、本研究で提案した共通構造は再利用性が高いと考えられる。提案した共通構造は、他の自動車走行支援システムにおいても応用可能性が高いと予想できる。

7 おわりに

本研究では、プリクラッシュセーフティシステムを、オブジェクト指向をもちいてハードウェアの構造からソフトウェアの構造を考えた。プリクラッシュセーフティシステムをオブジェクト指向実現した構造からE-AOSAS++をもちいたAOSAを構築した。オブジェクト指向実現とアスペクト指向実現における結合度の違いを比較することで、柔軟性が高いことを確認した。1つの部品に耐故障性や実時間処理の2つの非機能特性が存在する場合、CCをもちいることで共通構造を実現することができる。

提案した共通構造をもちいて、ナビマチックシステムのAOSAを構築できたことにより、共通構造の再利用性が高いことを確認した。

今後の課題は、本研究で提案した共通構造を他の自動車走行支援システムに適用することで、より洗練された共通構造を構築することである。

謝辞

本研究を進めるにあたり、二年間御指導いただいた野呂昌満教授、張漢明助教授、有益なアドバイスを下さった蜂巢吉成講師、親身になって相談にのってくださった大学院生の坂野将秀さん、久松康倫さん、水野耕太さん、安孫子正康さん、西山遼平さん、太田将吾さん、安江基規さんに深く感謝いたします。

参考文献

- [1] アイシン・エイ・ダブリュ株式会社, http://www.aisin-aw.co.jp/02products/01car_navi/04navim/index.html, Jan. 2007.
- [2] AspectJ, <http://eclipse.org/aspectj/>, Jan. 2007.
- [3] 株式会社デンソー サービス部, “サービス技報484”, 株式会社デンソー サービス部, Jan. 2007.
- [4] Honda Technology, <http://www.honda.co.jp/tech/auto/smart-parking/index.html>, Jan. 2007.
- [5] Java, <http://java.sun.com/>, Jan. 2007.
- [6] 森 貴彦, “アスペクト指向ソフトウェアアーキテクチャの図式表現に関する研究,” 南山大学大学院経営学研究科経営学専攻修士論文, p67, 2004.
- [7] UML, <http://www.uml.org/>, Jan. 2007
- [8] 山川 新二, “自動車の交通環境調和技術”, 株式会社朝倉書店, Mar. 2005.