

高度道路交通システムにおける情報統合のためのコンテキストアーキテクチャに関する考察

2014SE018 東浦倭光 2014SE064 宮川北斗 2014SE111 山崎元輝

指導教員：沢田篤史

1 はじめに

IoTの普及により、センサを活用して様々なデータを取得できるようになった。道路交通システムは、道路上のセンサの情報から道路状態及び交通状況が判断できるようになった。このような膨大なデータはビッグデータといわれており、複数のデータを分析して活用している。一方、ナビゲーションシステムなどの車載システムから得られた路面状況や運転手の挙動等の情報、さらに車載システムのIoT化に伴い、これらビッグデータから得られた情報を利用することで、最適なルート選択などにより、運転の効率化を図ることができる。よって渋滞緩和から走行時間の短縮、それにより燃費改善、環境汚染の抑制ができるようになり、利用者の利便性の向上を図ることができる。

それらの情報をうまく統合して使用することができるアプリケーションは一般に、コンテキストを考慮しなければそれが複雑になるので、ビッグデータから得られたすべての情報に対応できるアプリケーションを開発することは難しい。この問題を解決するにあたり、コンテキストアウェアネスを考慮した組込みシステムのためのアスペクト指向アーキテクチャ(=以下、コンテキストアーキテクチャと呼ぶ)が提案されている。しかし、コンテキスト指向アーキテクチャが有用であるか確認されていない。

本研究の目的は、本研究室で提案されているコンテキストアーキテクチャの有用性を確認することである。そして、コンテキストに応じて処理をするポリシーを表現する記法を提案することである。本研究では、ITSから得られる情報インフラやナビゲーションシステムから取得できる情報をコンテキストとして調査し整理する。アーキテクチャ設計にあたり、自己適応のためのアーキテクチャパターンとして定義されているPBRパターンの有用性を確認する。本研究室で提供されているコンテキストアーキテクチャはPBRパターンを前提としたアーキテクチャであり、これを用いてコンテキストを横断的コンサーンとして統一的に扱っている。PBRパターン[1]を作成するにあたりポリシーを表現するためにディシジョンテーブルを作成する。

2 背景技術

2.1 ITS

高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems: 以下ITSと呼ぶ)は、最先端の情報通信技術等を用いて人と道路と車両とを一体のシステムとして構築することにより、ナビゲーションシステムの高度化、有料道路等の自

動料金収受システムの確立、安全運転の支援、交通管理の最適化、道路管理の効率化等を図るものである。ITSは安全、快適で効率的な移動に必要な情報を正確かつわかりやすく利用者に提供する。さらに情報、制御技術の活用による運転操作の自動化を可能とするシステムである。これによりITSは、高度な道路利用、運転や歩行等道路利用における負荷の軽減を可能とし、道路交通の安全性、快適性の向上を実現する。そして、渋滞の軽減等の交通の円滑化を通し環境保全に大きく貢献する[7]。ITSは我々の生活に大きく貢献する。

2.2 コンテキストアーキテクチャ

本研究室で提案されているコンテキストアーキテクチャとは、コンテキストをアスペクトとして分離しており、コンテキストに関連する処理をモジュール化することを目的にしている。我々はPBRパターン[1]を利用する。PBRパターンとは、我々の研究室で提案されている技術であり、自己適応のアーキテクチャパターンである。Object間のメッセージを横取りし、ポリシーでファクトリーにアスペクトオブジェクトのインスタンスを生成させ、このインスタンスにメッセージを送る。

2.3 ディシジョンテーブル

ディシジョンテーブルとは、論理関係を表形式で整理するためのツールで、行方向に条件と動作、列方向にルールの組み合わせる。プログラムの処理条件やポリシーなどをわかりやすく表現するために利用されている[4]。

2.4 コンテキスト指向プログラミング

コンテキスト指向プログラミングとは、コンテキストに依存した振舞いをモジュール化するためのプログラミング方法である[3]。コンテキストとは、プログラミングから観測することのできる外部環境やシステムの内部で、時間とともに変化し、それがプログラミングの様々な実行に影響を与えるものを指す。

2.5 アスペクト指向

アスペクト指向とは、横断的関心事を単一モジュールとして分解させることで、モジュール間の独立性を高める技術である。横断関心事とは、他の関心事に横断的に関係があり、単独では取り扱えない関心事である。

3 高度道路交通システムのコンテキストと振舞い

我々は ITS を調査し、コンテキストと振舞いを整理した。この調査結果を以下に示す。



図 1 追突警報システム：振舞い

図 1 は追突警報システムについて表したものである。このシステムは、事故多発地域 (急こう配, 急カーブ) 等でドライバーに速度超過の警告や停止車両, 低速車両の突発事象の発生を通達するシステムである。コンテキストと振舞いの関係は自己多発地域の急カーブ, 急こう配情報をテレビカメラで取得し、追突警報でドライバーと自動車に注意喚起をし、自動運転制御で減速する [5]。



図 2 赤信号検知システム：振る舞い

図 2 は赤信号検知システムについて表したものである。このシステムは信号情報を車に送信し、赤信号時に車が交差点内へ侵入する可能性がある場合、ドライバーに注意喚起するシステムである。コンテキストと振舞いの関係は信号センサで信号の情報を取得し、車が動いている状態の場合にはドライバーに対し注意喚起をし、車を減速させ停止させる。車が停止しているかつ赤信号の場合はナビゲーションが待ち時間を表示する [6]。

図 3 は渋滞情報システムについて表したものである。このシステムは一般道や高速道路の渋滞情報を確認し、混雑の少ない道を選択する事が可能になるシステムである。コンテキストと振舞いの関係は GPS センサによって車の位置情報と付近の渋滞情報を取得し、通行可能かつ予定の道をそのまま走行する場合はナビが元の道を表示する。通行不可能や迂回路が存在する場合には迂回路をナビが表示する [8]。



図 3 渋滞情報システム：振る舞い

4 コンテキストアウェアネスを考慮した組み込みシステムのためのアーキテクチャの考察

図 4 は本研究室で提案されている、コンテキストアウェアネスを考慮した組み込みシステムのためのアスペクト指向アーキテクチャに基づいて、3章で説明した ITS のアーキテクチャを設計したものである。コンテキストを考慮した場合、コンテキストに応じた振舞いがプログラム各所に存在する。このことより、組み込みシステムの設計では、コンテキストが各所に横断している。我々はアスペクト指向技術を適用し、コンテキストをアスペクトとして分離することで、これらを統一的に扱う組み込みソフトウェアアーキテクチャを定義する。

4.1 静的構造のクラス図・動的振舞いコミュニケーション図

アーキテクチャとコードの理解、変更が容易になるので PBR パターンを適用し、コンテキストに関する記述を分離する。静的構造と動的構造をそれぞれ図 5, 図 6 に示す。テレビカメラのセンサによって検知された情報から車の走行方法が変化する。図 5 はアクセルセンサ, ブレーキセンサ, テレビカメラがナビ, 駆動装置, ブレーキとメッセージ通信を行う。図 6 はアクセルセンサ, ブレーキセンサ, テレビセンサ, テレビカメラ間メッセージを横取りし、コンテキストの変化を好むポリシー (Policy) へ送られる。ファクトリ (Factory) はインスタンスの生成を行い、コンテキストデータ (ContextData) の状態の変化に応じてインスタンスの再構成を行う。

4.2 センサとコンテキストデータの関係

表 1 はセンサとコンテキストデータの関係を示している。追突警報システムの場合、センサテレビカメラ, アクセルセンサ, ブレーキセンサの 3 つがある。そして、テレビカメラ急こう配, 急カーブ情報を取得し、同時にアクセルセンサ, ブレーキセンサからの情報も取得する。

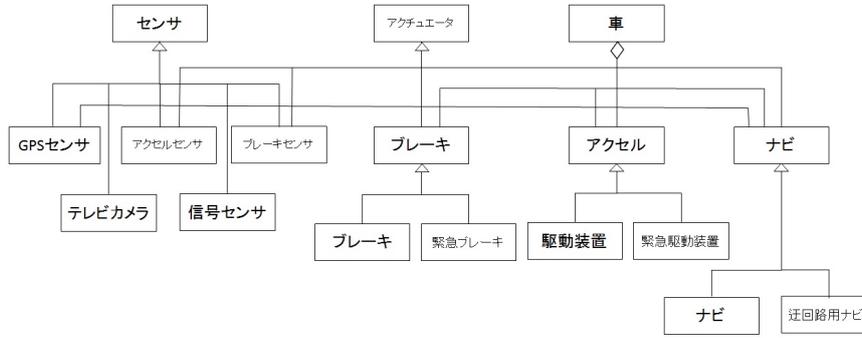


図 4 ITS のアーキテクチャ

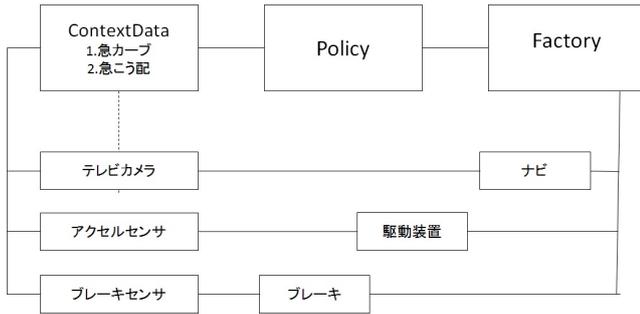


図 5 追突警報システム：静的構造

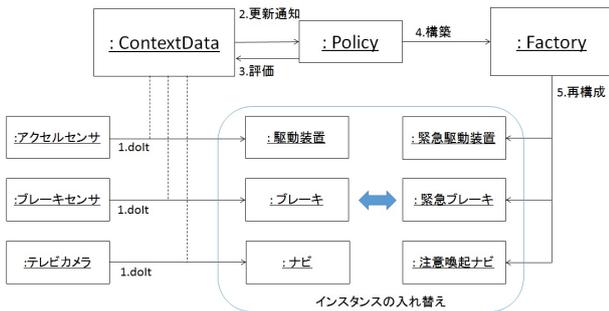


図 6 追突警報システム：動的振舞い

表 1 追突情報システム：センサとコンテキストデータの関係

Sensor	ContextData
テレビカメラ・アクセルセンサ・ブレーキセンサ	急カーブ
テレビカメラ・アクセルセンサ・ブレーキセンサ	急こう配

4.3 振舞い活性化ポリシー

表 2 に追突警報システムの振舞い活性化ポリシーを示す。追突警報システムの場合、急カーブである (Y) 場合、緊急駆動装置、緊急ブレーキ、注意喚起ナビのオブジェクトが活性化される。急こう配である (Y) 場合も同様である。

表 2 追突警報システム：振舞い活性化ポリシー

対象のContextData	条件	活性化されるオブジェクト
急カーブ	Y	緊急駆動装置・緊急ブレーキ・注意喚起ナビ
急こう配	Y	緊急駆動装置・緊急ブレーキ・注意喚起ナビ

4.4 アクチュエータと振舞い

表 3 に追突警報システムのアクチュエータと振舞いの関係を示す。追突警報システムは駆動装置はアクセルを踏んでいるか、いないかに応じて回転数を上げ、緊急駆動装置はインジェクションにより回転数を調節する。ブレーキの場合も同様である。ナビは経路、施設情報を表示し、注意喚起ナビは注意喚起を表示する。これらすべてのセンサはアクチュエータにメッセージ doIt を送る。

表 3 追突警報システム：アクチュエータと振舞い

アクチュエータ	メッセージ	振舞い
駆動装置	doIt	アクセルを踏んでいるか踏んでいないかに応じて回転数を上げる
緊急駆動装置	doIt	インジェクションシステムにより回転数を調節する
ブレーキ	doIt	ブレーキを踏んでいるか踏んでいないかに応じて回転数を下げる
緊急ブレーキ	doIt	制動力を最適に制御配分する
ナビ	doIt	経路・施設情報を表示する
注意喚起ナビ	doIt	注意喚起を表示する

4.5 デシジョンテーブル

ポリシーを記述するために、デシジョンテーブルを適用する。追突警報システムのデシジョンテーブルを表 4 に示す。

表 4 は、条件の 1 から 4 は入力条件を表している。アクションの 1 から 12 は入力条件の様々な組み合わせで決定されるアクションである。各ルールは、条件の一意な組み合わせを定義しており、その組み合わせが満たされると、結果としてルールに関連付けられたアクションが実行される (このとき、アクションは条件が評価される順番に依存しない)。

表 4 追突警報システムのデシジョンテーブルには条件が 4 つ入っている。それぞれが値「Y」「N」「踏んでいる」「踏んでいない」を持つ。例えばルール 4 を取り上げると、急

表4 追突警報システム：ディシジョンテーブル

条件	ルール1	ルール2	ルール3	ルール4	ルール5	ルール6	ルール7	ルール8
急カーブ	Y							
急こう配	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N
アクセル	踏んでいる	踏んでいない	踏んでいない	踏んでいる	踏んでいない	踏んでいない	踏んでいる	踏んでいない
ブレーキ	踏んでいない	踏んでいる	踏んでいる	踏んでいない	踏んでいる	踏んでいない	踏んでいない	踏んでいる
アクション								
緊急駆動装置	x	x	x	x	x	x	o	x
緊急駆動装置	o	o	o	o	o	o	x	x
create 緊急駆動装置	o	o	o	o	o	o	x	x
send to delete 緊急駆動装置	o	o	o	o	o	o	x	x
ブレーキ	x	x	x	x	x	x	x	o
緊急ブレーキ	o	o	o	o	o	o	x	x
create 緊急ブレーキ	o	o	o	o	o	o	x	x
send to delete 緊急ブレーキ	o	o	o	o	o	o	x	x
ナビ	x	x	x	x	x	x	x	o
注意喚起ナビ	o	o	o	o	o	o	x	x
create 注意喚起ナビ	o	o	o	o	o	o	x	x
send to delete 注意喚起ナビ	o	o	o	o	o	o	x	x

カーブであり、急こう配でない、アクセルは踏んでおり、ブレーキは踏んでいない状態である。その場合、アクセルを踏んでも加速しない緊急駆動装置に変更する(これをと表現する)。ブレーキは制動力を最適に制御配分する緊急ブレーキに切り替える。ナビはドライバーに注意喚起を促す注意喚起ナビに切り替える。我々はこのディシジョンテーブルを適用し、ポリシー記述をすることが出来たと考える。赤信号検知システムと渋滞情報システムについても、追突警報システムと同様にコンテキストデータとセンサ、アクチュエータの関係を整理し、ディシジョンテーブルを記述した。その結果の一部を表5と表6に表す。

表5 赤信号検知システム：ディシジョンテーブル

条件	ルール1	ルール2	ルール3	ルール4	ルール5	ルール6	ルール7
信号	赤	赤	赤	黄色	黄色	黄色	青色
自動車の状態	動いている	動いている	停まっている	動いている	動いている	停まっている	動いている
アクセル	踏んでいる	踏んでいない	踏んでいない	踏んでいる	踏んでいない	踏んでいない	踏んでいる
ブレーキ	踏んでいない	踏んでいる	踏んでいる	踏んでいない	踏んでいる	踏んでいる	踏んでいない
アクション							
駆動装置	x	x	x	x	x	x	o
緊急駆動装置	o	x	x	o	x	x	x
create 緊急駆動装置	o	x	x	o	x	x	x
send to delete 緊急駆動装置	o	x	x	o	x	x	x
ブレーキ	x	o	o	x	o	o	x
緊急ブレーキ	o	x	x	o	x	x	x
create 緊急ブレーキ	o	x	x	o	x	x	x
send to delete 緊急ブレーキ	o	x	x	o	x	x	x
ナビ	x	o	o	x	o	o	o
注意喚起ナビ	o	x	x	o	x	x	x
create 注意喚起ナビ	o	x	x	o	x	x	x
send to delete 注意喚起ナビ	o	x	x	o	x	x	x

表6 渋滞情報システム：ディシジョンテーブル

条件	ルール1(予定通り)	ルール2(迂回路)	ルール3(通行不可)	ルール4(通常)
渋滞中の平均速度	速度20km以下	速度20km以下	なし	なし
渋滞の距離	5キロ以下	5キロ以上	なし	0キロ
通行可能or不可能	可能	可能	不可能	可能
アクション				
ナビ	o	x	x	o
create 迂回路用ナビ	x	o	o	x
Send to 迂回路用ナビ	x	o	o	x

5 考察

我々は、本研究室で提案されているコンテキスト指向アーキテクチャの有用性の確認した。その中で PBR パ

ターンを適用し自動運転アスペクトを設計した。コンテキストから情報もらい処理を規定するポリシーの記法が明確になっていなかったのでディシジョンテーブルを利用した。これを利用することでポリシーでアスペクトオブジェクトのインスタンスを場合にに応じて生成出来るようになった。しかしディシジョンテーブルを読み取るプログラムを実現出来なかった。また、ドライバー特性の認知度状態は個人差に依存していると考えられ、このようなドライバーの特性を無視して警報のタイミングを設定し、運転行動に適合しない警報を提示し続けた場合は、警報に対するドライバーの信頼度が低下するなどとして不適切な運転行動を誘発する可能性があると考えられている [2]。したがって、運転支援システムがドライバーに有効に働きかけるには運転支援を行おうとする場面においてこのドライバーの運転行動や状況をコンテキストとしてアーキテクチャを設計する必要があると考える。

6 おわりに

本研究では、本研究室で提案されているコンテキスト指向アーキテクチャの有用性の確認を目的とした。ディシジョンテーブルを適用してポリシーを記述することにより、コンテキストとコンテキストに応じた振舞いの関係を明確に表記することが出来た。今後はドライバー特性に着目し、アーキテクチャ設計を行う必要がある。そして、ディシジョンテーブルを利用して実際に実装出来るかどうか試したい。

参考文献

- [1] 江坂篤侍, 野呂昌満, 沢田篤史, “コンテキストアウエアネスを考慮した組み込みシステムのためのアスペクト指向アーキテクチャの設計,” ソフトウェア工学基礎, vol.24, 2017.
- [2] 大門樹, “ドライバー特性に基づいた自動車の情報化・運転支援 (特集 オートモーティブ),” パナソニック技術報, vol.57, no3, pp.39-43, 2011.
- [3] 紙名哲生, “文脈指向プログラミングの要素技術と展望,” コンピュータソフトウェア, vol.31, no.1, 2014.
- [4] リー・コーブランド, 宗雅彦, はじめて学ぶソフトウェアのテスト技法, 日経 BP 社, 2006.
- [5] 国土交通省, “ITS で変わる STYLE,” <http://www.mlit.go.jp/road/style/>, 2005.
- [6] Clicccar, “赤信号を教えてくれるカーナビ,” <https://clicccar.com/2011/06/30/38203/>, 2017.
- [7] ITS JAPAN, “ITS 全体構成,” <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/5Ministries/>, 2004.
- [8] VICS センター, “VICS とは,” <http://www.vics.or.jp/know/about/index.html>, 2017.