

自動運転用危険予測装置へのオントロジー導入の方策と課題

Ontology-Based Hazard Anticipation and Ensuring Safety for Automated Driving

我妻 広明^{*1, *3, *4}
Hiroaki Wagatsuma

市瀬 龍太郎^{*2, *4}
Ryutaro Ichise

^{*1} 九州工業大学
大学院生命体工学研究科
Graduate School of Life Science and Systems Engineering,
Kyushu Institute of Technology

^{*2} 国立情報学研究所
情報学プリンシプル研究系
Principles of Informatics Research Division,
National Institute of Informatics

^{*3} 理化学研究所
脳科学総合研究センター
RIKEN Brain Science Institute

^{*4} 産業技術総合研究所
人工知能研究センター
Artificial Intelligence Research Center, AIST

Automated driving is a recent hot topic for researchers not only in automotive engineering technology but also in artificial intelligence (AI). Google Self-Driving Car Project is estimated to use the probabilistic robotics as a central scheme, which finally removes the steering handle from the driver. Invisible full automation is an ideal strategy to prevent any potential accidents, presumably provided by human errors, while a shared driving between machine and human is the upcoming target of car companies and a transparency of all the processes why the self-driving car made a serious decision is crucial if an accident happens, because the car companies have to take the production responsibility. This paper will present a new scheme to combine the data-driven AI and the knowledge-based AI described by an upgrading ADAS (Advanced Driving Assistant System) ontology. The concept can contribute to improve the reliability of AIs to realize the automated driving to increase the visibility of decision making processes to be interpreted as a causal connection like an inference that human driver does.

1. はじめに

近年, Google Car 等自動運転プロジェクトの研究開発成果が一般公開されるに伴い, 人工知能技術の寄与と展望について大きな関心が高まっている. Google Car 推進の中心人物が 2005 年度 DARPA グランド・チャレンジで勝利を収めた無人自動車スタンレーの開発を率いた Thrun であることから, 彼の確率ロボティクスの考え方が中心技術として導入されたと見られている[Thrun 2007]. つまり, ベイズの定理, マルコフ過程, 最適制御理論の融合技術である. 十分な規模の教師データが用意可能であることを前提とすれば, ベイズ則に基づく機械学習や深層学習による方法論の有効性は疑いようもないが, 人を載せ, 人を殺める可能性を有する自動運転実現においては, 万が一を想定した行動決定の推論過程の可視化は, 自然な要請である. 製造者責任を負う自動車メーカーは, 完全自動化の前に, 責任の所在と運転者との協調制御を必要な段階と位置付けている.

2. 人工知能による運転支援・自動運転技術

2.1 自動化のレベル

人間と機械の間の権限移譲については, Sheridan(1992), Inagaki(1998)の自動化レベルが知られている[稲垣 2006]. 自動車内の機能で言えば, パワーステアリングやパワーウィンドウなどでは, 初期入力後の一連の作業遂行は, 作業者である人間に, 尋ねることも確認を求めることも報告することもなく完了するという意味で, レベル 10「機械がすべてを決定し, 実行」に対応し, これに支障を感じることはない. 一方, 2010 年海外で大規模な

コールに至った国産車のアンチロック・ブレーキ・システム(ABS)の電子制御プログラムでは, タイヤのロックを自動的に解除する約 0.4 秒がさらに 0.06 秒長く, 運転者に一瞬ブレーキが利かないように感ずる「空走感」が生ずること, 実際に時速 20km で減速した場合で 0.7m 余分に制動距離が伸びるという支障が生ずるとして問題視された. カーナビゲーションシステムでは, 経路選択は複数の選択肢の提示と確認作業を行う自動化レベル 4 といえるが, 自動運転車両において, 数秒間で意思決定を必要とする交差点での進路方策など, レベル 6.5「機械は一つの案を人間に提示すると同時に, その案を実行」が妥当とするには, 今後, 運転者とその意思決定システムをどれだけ信頼性できるかに関わる問題である. 詳細は [我妻 2015]で言及されている.

2.2 ADAS Ontology

確率ロボティクス以外で運転中の危険要因(リスク)を導出し, 危険度を算定, 軌道補正する方法論で, 実証が進められているものに, リスクポテンシャルマップがある[Matsumi 2014]. 多岐に渡るリスクを実用上最適な空間規模, 時間区間で取り扱いを可能にするポテンシャル法は自律移動ロボットの経路選択にも広く用いられている. 一方, 人間が意思決定に介入でき, また介入せずに自動的に決定された場合に違和感を感じず, 1 秒から数分単位の行動計画決定は, 自動化レベル 2 から 7 を変動させることが可能な推論過程の離散・論理記述との併用を進めることが理想である. 具体的な方法論は, 近年, オントロジーという用語で知られるデータ構造の設計とストリーム推論という方法である[市瀬 2015]. 時々刻々外界から得られる大量のデータをイベント駆動型で効率的に処理し, 生成されるデータを離散処理として継続的に処理し, 推論にかける仕組み(ストリーム処理)であり, 多様な前提条件を含む多種データに対し, 実用かつ汎用性がある論理的検索機構(推論)を設計できると考えられている.

連絡先: 我妻広明, 九州工業大学大学院生命体工学研究科, 〒808-0196 北九州市若松区ひびきの2-4, 093-695-6159, waga@brain.kyutech.ac.jp

実装方法は、セマンティック Web でも広く用いられる RDF による状況、知識表現と、SPARQL, SWRL による論理検索・推論である[Zhao 2015]. 実車公道検証を前提とした ADAS Ontology は、地図・制御・自動車の三種のオントロジーで構成する方法が提案されており、現在オープンソースとして公開されている。

3. 自動運転用危険予測装置の設計

本研究では、リスクポテンシャルマップのような1秒以下の危険回避システムに対し、1秒から数分の離散・論理記述との併用を実現する方法として、データ駆動型 AI と理論知識型 AI の融合技術を提案する(図1). ADAS Ontology と推論記述が担うべき運転中の意思決定に必要な多種の階層的情報表現は、車両の持つ物理力学的拘束条件から、走行可能な路面の物理的拘束条件、信号機などの道交法における規範の上に、歩行者、他車両をどのように回避して自他の安全な走行という目的を達成するか危険予測装置が構築される必要がある(図2). 複雑な拘束条件下においては、走路決定の解が一意に定まることは保障されず、最終決定は人との協調によるか、人の意思決定の知識データベースとの照合が具体的な方策になると考えられる。

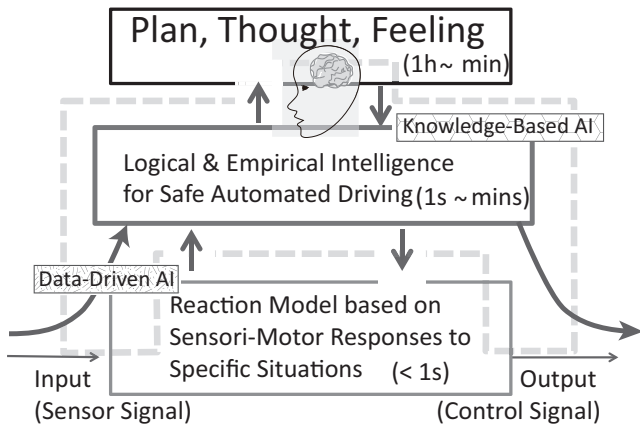


図1 データ駆動型 AI と理論知識型 AI の融合技術の提案

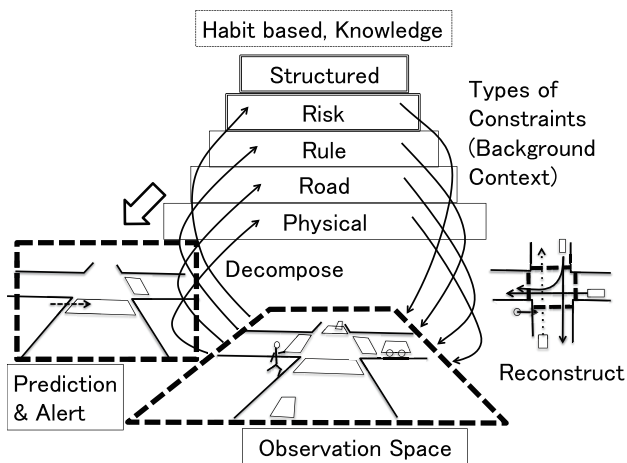


図2 ADAS Ontology と推論記述が担うべき運転中の意思決定に必要な多種の階層的情報表現

現実的に高度な判断を求められる道路状況の例は、図3に示した。リスク要因を抽出し(点線)、起こりうる事象を離散表現した上で、因果関係を含むリスクの先読みを行う必要がある。意思決定過程は、因果関係リストの導出と可視化に加え、変化する推論過程に運転者を円滑に介入させる仕組みを設計することが求められる。実車で要求される時間単位を含めた検証が重要となる。

4. まとめ

本論では、自動運転用危険予測装置として、データ駆動型 AI と理論知識型 AI の融合技術を提案し、理論知識型 AI の中核技術として ADAS オントロジー導入の方策について述べた。



図3 高度な判断を求められる道路状況の例(上)と人工知能に期待されるリスクの先読み(下)

謝辞

本研究の一部は、経済産業省の下、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から委託された「次世代ロボット中核技術開発/次世代人工知能技術分野/人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発」の支援を受けた。

参考文献

- [Thrun 2007] Thrun, S., Burgard, W., Fox, D.: 確率ロボティクス(上 田隆一訳), 毎日コミュニケーションズ, 2007.
- [稲垣 2006] 稲垣敏之: リスク環境における人と知能機械の協調をデザインする, 電子情報通信学会誌 89(12), 1026-1031, 2006.
- [我妻 2015] 我妻広明: 人工知能による運転支援・自動運転技術の現状と課題, 計測と制御 54(11), 808-815, 2015.
- [Matsumi 2014] Matsumi, R., Raksincharoensak, P., Nagai, M.: Study on autonomous intelligent drive system based on potential field with hazard anticipation, JRM 27(1), 5-11, 2014.
- [市瀬 2015] 市瀬龍太郎: ストリーム推論, 人工知能学会誌 30(5), 574-579, 2015.
- [Zhao 2015] Zhao, L., Ichise, R., Mita S., Sasaki, Y.: An Ontology-Based Intelligent Speed Adaptation System for Autonomous Cars, Semantic Technology, LNCS 8943, 397-413, 2015.