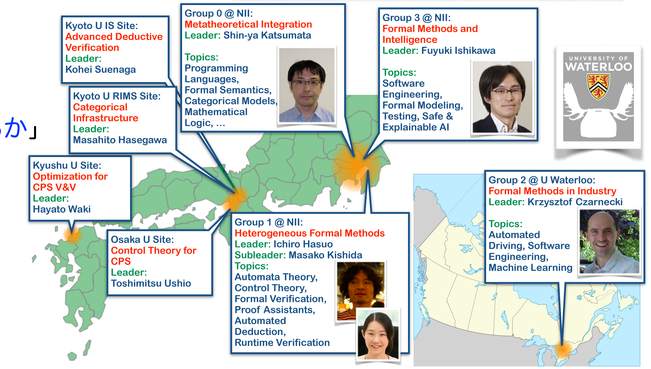
ERATO蓮尾メタ数理システムデザインプロジェクト（ERATO MMSD）

数学からソフトウェア,そしてものづくりへ

NII

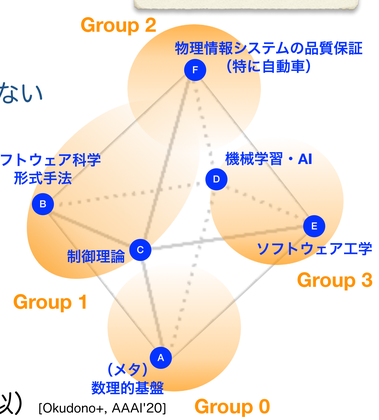
プロジェクト概要

* 科学技術振興機構 (JST) ERATO プロジェクト
  * 2016/10-2022/03．総勢50名規模の基礎研究プロジェクト
* プロジェクト目標： 工業製品の設計サポート
  * 形式手法の拡張．ソフトウェアから物理情報システムへ
  * 安全性・信頼性，「システムが期待通り動作するか」
  * 特に自動運転を戦略的ターゲットに．
* 研究体制
  * 国際的体制．雇用する研究員15名余のうち，外国人が半数以上
  * 先端的・包括的学術研究を実システムに応用
  * 学際的 ”creative chaos” によるブレイクスルー



取り組み

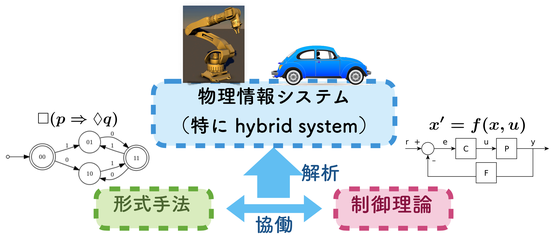
* 形式手法＋制御理論: ソフトウェア工学(テストなど)と機械学習・AI の包括的学術研究
* 実世界応用に牽引され，数理的基盤に支えられる
* ホワイトボックスモデルを必ずしも必要としない，形式検証とテストの柔軟な組み合わせ「形式仕様を書いてください．話はそれからだ」とか言わない
* 先端的学術研究ならではの産業応用
  * 確かな世界的 visibility 理論計算機科学の最高峰国際会議 LICS’19 では，全採択数 60 報のうち 6 報で ERATO MMSD 研究者が（共）著者
* プロトタイプツール多数
  * 実行時監視ツール：MONAA [Waga+, FORMATS’17]，SyMon [Waga+, CAV’19]
  * サーチベーステストツール：FalStar [Zhang+, EMSOFT’18]
  * 確率的プログラム自動検証ツール，RNN2WFA ツール（再帰 neural network を重み付きオートマトンに近似）[Okudono+, AAAI’20]



* カナダ U Waterloo の自動運転プロジェクト autonomoose と協働，形式手法の応用に向けて，具体的トピックについて研究推進中
* 国内の企業10社弱と共同研究・学術指導・定期的議論（自動車メーカー，自動車部品メーカー，総合電機メーカー，ソフトウェアベンダーなど）
* 2019/05/21に，シンポジウム「高信頼自動運転システムのための先進的研究――数理的理論から，AI 協働，ソフトウェアプラットフォームへ」を開催（ビデオ・スライド公開中）

研究課題

* 形式手法： ソフトウェアの品質保証のための，数学的・論理的手法の総体
  * 記号的であるため計算機実装が可能
* 物理情報システム=物理ダイナミクス+計算機制御
  * 連続，アナログ ＋ 離散，デジタル
  * 例: 自動車(100個のチップ，数百万行のコード)



  * 物理情報システムの品質保証の研究: 欧米が先行
* 課題： 実システムに対するスケーラビリティ
  * ホワイトボックスモデルの完全な理解が前提
  * 結論の数学的正しさを絶対視
  * 不確かさを許容する余地が少ない
    ➜ 統計的機械学習との相性の問題

実システムへの産業応用は…?

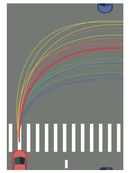
形式検証 verification	自動生成 synthesis	形式仕様記述 specification
* **Input**: * a system model $\mathcal{M}$ * a specification φ * **Output**: if $\mathcal{M} \models \varphi$ or not * w/ a proof, if yes * w/ a counterexample, if not	* **Input**: * a specification φ * **Output**: a system $\mathcal{M}$ such that $\mathcal{M} \models \varphi$ * or: a parameter of a given (partial) model	Expressing a property desired in a formal language * machine-representable * basis for verif. & synthesis

統計的機械学習		演繹的形式推論
ノイズを許容	入力の誤り	公理は絶対，想定せず
保証されない	結論の正しさ	論理的に保証（cf. 数学的証明）
高い データから自動で特徴量発見	スケーラビリティ	低い 公理の準備は人力（cf. エキスパートシステム）
低い 判断の理由はパラメータ（重み）	説明可能性	高い 推論過程が証明として明示的

技術紹介

* 自動運転システムの効果的なテスト
* 経路探索: 自動運転システムの中枢部
* テストの目的:
  経路探索がどのような状況で回避可能な衝突を起こすか?
  (回避可能…他の経路探索設定では衝突しない)

詳しくはポスターA-09で!



* 産業界で開発中のシステムを用いた以下の研究
1. 回避可能な衝突を遺伝的アルゴリズムで探索
   →最小の設定変更で走行結果を大きく変えられるか?
2. 複数の衝突ケースを引き起こす設定を探索
3. 外界に応じて設定を動的に調整する拡張

1. A. Calò, P. Arcaini, S. Ali, F. Hauer, F. Ishikawa. Generating Avoidable Collision Scenarios for Testing Autonomous Driving Systems. In ICST 2020
2. A. Calò, P. Arcaini, S. Ali, F. Hauer, F. Ishikawa. Simultaneously Searching and Solving Multiple Avoidable Collisions for Testing Autonomous Driving Systems. In GECCO 2020
3. K. Liu, X. Zhang, P. Arcaini, F. Ishikawa, W. Jiao. Leveraging Test Logs for Building a Self-Adaptive Path Planner. In SEAMS 2020

* バグの位置の自動特定

詳しくはポスターA-08で!

* スペクトラム法: プログラムのL行目がバグかどうかを、L行目を通り成功/失敗するテストの数から測定

1. 様々な測定方法を「見える化」し比較する研究
2. 測定方法を応用し、自動運転システムの設定の変更が事故に与える影響を自動で評価

1. X. Zhang and Z. Zheng, A Visualization Analytical Framework for Software Fault Localization Metrics, PRDC 2019.
2. X. Zhang, P. Arcaini and F. Ishikawa, Assessing the Relation Between Hazards and Variability in Automotive Systems, ICECCS 2019.

連絡先: ERATO蓮尾メタ数理システムデザインプロジェクト/国立情報学研究所
https://www.group-mmm.org/eratommsd