解説

ミニ四駆AI[†]

中島 智晴*

本稿では、ミニ四駆AIを紹介する。まず、ミニ四駆AIについて、車体を制御するためのハードウェアとソフトウェアに関する概要を述べる。次に、ミニ四駆AI開発の学術的意義と社会的意義について述べる。ミニ四駆AI車両開発において解決しなければならない研究課題をいくつか紹介する。また、これまでに開催された競技会を紹介する。シンポジウムなど学術集会で発表されたミニ四駆AIに関係する研究を述べ、将来の展望について述べる。

1. はじめに

ミニ四駆AIの始まりは、Twitter上の何気ない会話であったと聞く。ミニ四駆AIで検索してみると、2013年7月26日に「ミニ四駆AI研究会やりましょう。」のつぶやきが見られる。電気通信大学 西野先生が発起人となり、当初は散発で競技会を実施し、草の根的な活動をしていたが、2014年よりファジィシステムシンポジウムにおけるイベントとして実施された。その後、2016年9月にあいまいなゲーム研究部会が本学会で立ち上がった。本研究部会は、ミニ四駆AIの大会運営や研究会運営を事業の一つに位置付けている。本稿では、ミニ四駆AIの紹介をしていく。

ミニ四駆は株式会社タミヤが販売する駆動型自動車模型である。電池を動力源とし、モータで四輪が連動して動く。ミニ四駆の歴史は40年ほどであり、タミヤ公認のミニ四駆競技会も1988年の第1回を皮切りに、2016年に第17回目が開催されている。ミニ四駆の第1次ブームは1980年代後半、第2次ブームは1990年前半に起こり、2012年からは第3次ブームと呼ばれている。2017年現在も多くの愛好家が自慢のミニ四駆車体を製作して競技会で鎬を削っている。公認競技会では参加するための規則が種々定められており、参加可能なモデルにも厳しいレギュレーションがある。

ミニ四駆AIは、ミニ四駆をベースとした自律走行を

競うための要素技術発展を目的の一つとしている。ミニ四駆に基盤を載せて制御する。基盤には、自動車の状況を把握するためのセンサ、センサ情報を処理する装置、その処理結果をモータの制御に使用するための装置が主に搭載されている（ミニ四駆AIのために改造した自動車はレギュレーションを違反しているため、公認競技会に参加することはできない）。

本稿では、ミニ四駆AIについて、ミニ四駆AIの研究に必要なもの、研究の意義、研究事例紹介、競技会を紹介していく。本稿が新規にミニ四駆AI研究に参入する人の情報源となり、新規参入を促進するものになれば幸いである。

2. ミニ四駆AIに必要なもの

2.1. ミニ四駆

株式会社タミヤが販売しているミニ四駆の市販品を使用する。ミニ四駆には様々なシャーシが用意されており、搭載するAI用基板のサイズに合ったものをそろえる必要がある。ホイールやプレート、モータ、ローラなど別売りのグレードアップパーツも自由に使用することができる。当然、公式大会で使用が禁止されているモータを搭載することも可能である。

ミニ四駆そのものにはセンサもモータを制御する機構も備えられていないため、ミニ四駆AI参加者が独自のアイデアを生かしてこれらを装備している。

図1 ミニ四駆AI競技会の参加車

[†] Mini-4WD AI
Tomoharu NAKASHIMA

* 大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科
Osaka Prefecture University

図2 ミニ四駆AIの基本構成

2.2. AI用基盤

自動車の状態を知るためのセンサと、センサ情報を処理する演算器、モータを制御するコントローラが主要要素となる。現在、ミニ四駆AIが基盤に関して定めたレギュレーションはない。センサ、モータ制御、マイコン、通信、バッテリー、デザイン、ソフトウェアがパッケージ化されている。ミニ四駆AIの研究や競技会に参加するにはこれを準備する必要があるが、自作できない場合は、市販されている基盤を使用することもできる。これまでのミニ四駆AI競技会では、以下の基盤が使用されている。もちろんこれらに限らず、他の基盤を使用してもよい。

基本的なミニ四駆AIの構成を述べる。図2にミニ四駆AIの構成を示す。ミニ四駆が使用する電池の端子部分に基盤と接続されている電極を挿入し、電圧量を調整する。車体の状態を知るために取り付けしたセンサは、制御基盤に接続する方式が一般に用いられる。基盤に無線通信機能が搭載されていれば、ミニ四駆の状態を実時間でモニタすることも可能である。

2.2.1. AIチップ

株式会社アールティが開発したミニ四駆AIのための基盤である。9軸慣性計測センサにより自動車の状態を把握することができる。モータの制御はモータドライバにより行う。Bluetooth通信モジュールを備えており、付属ソフトウェア (<https://github.com/rt-net/AIchip/blob/master/README.md>) を使用すれば、パソコンもしくはAndroid端末から遠隔操作することができる。付属ソフトウェアには、processingとC言語のソースコードが含まれており、独自でミニ四駆AIの制御を行いたい場合の参考になる。

2.2.2. 春鹿ボード

春鹿ボードは株式会社TBWA HAKUHODO QUANTUM (現：株式会社QUANTUM)が開発したAI用基盤であ

図3 AIチップを搭載したミニ四駆車体

図4 春鹿ボードを搭載したミニ四駆車体

る。6軸(加速度3軸、ジャイロ3軸)慣性センサを搭載しており、PWM制御によりモータを制御する。本稿で紹介する基盤の中では最もコンパクトである。GPIO端子なども備わっており、追加でセンサなどを搭載することも可能である。

2.2.3. Arduino

Arduinoは言わずと知れた汎用基盤であり、世界中に流通している。ミニ四駆AI用として流通しているものはまだないが、電子部品の知識がある研究室などではミニ四駆AIの基盤として使用されている。搭載センサなどに設計者の思想を自由に入れることができる分、ハードウェア実装のための知識と技術が必要になる。著者は組み込み機器の知識が十分ではなく、Arduinoを使ってミニ四駆AI車両を開発する力がないのが残念である。

Arduino以外にもよく知られた基盤はたくさんある。例えばRaspberry Piを使用することも考えられるが、基盤自体が大きく、車両が立体交差のトンネルをくぐるできない可能性がある。電源の確保も問題となる。大きさと重さの制約がミニ四駆AIに適切であるかどうかを検討しなければならない。

2.3. 研究の意義

ミニ四駆AIのはじまりは、「おもしろそう」という単

図5 2015年ミニ四駆AI大会で使用されたコース

純な発想から始まったものであるが、車体開発に遭遇する課題には学術的な研究課題と密接な関係があるものが多い。ミニ四駆AI特有の研究課題から社会的な意義までを挙げていく。

2.4. モーター制御

ミニ四駆AIにおいては、どのような課題でも最終的にモーター制御に行きつくはずである。どのくらいの速度でコースを巡行すべきなのかをコース形状を意識しながらモーターを制御しなければならない。速度が大きすぎると車体はコースを逸脱してしまい、逆に速度が小さすぎるとバンクやジャンプなどをクリアできず、コースアウト扱いになる。コースの各所で適切なスピードがあるはずである。現状では適切なスピードを求める方法が確立されていない。

2.5. コース形状の自動取得

適切なスピードを求めるためには、コース形状の把握と車体状況の把握が必要である。コース形状を知ることができれば、そのコースに特化した速度計画を立てることができる。ただし、ミニ四駆AIの競技会で使用されるコースは単純ではない。図5に2015年10月に行われたミニ四駆AI大会のコースを示す。ブリッジを用いた立体交差やバンクがあり、2カ所でコースが切断されている。図中央奥に見える小さなブリッジの直前にはウォッシュボードと呼ばれるジャンプ台があり、高速移動するミニ四駆車体がコース逸脱する危険性を増大させている。

まず、このようなコース形状を計算機上で表現する方法を考案する必要がある。使用可能なパーツにインデックスをつけると、コースの切断部分を除けばインデックス列によりコースを表現することができる。どのようなコースであっても瞬時にインデックス列を作

成することができる手法が望まれる。例えば、カメラでコースを撮影した画像を解析してインデックス列を生成する方法などが考えられる。

2.6. 車体状況の把握

車体状況把握は、ハードウェア的な研究課題といえる。車体状況を正確に把握するためには計測精度の高いデバイスを搭載させたいところである。しかし、ミニ四駆の車体サイズと基盤サイズ、またコースの巡行可能性を考えると大きなデバイスを搭載することは現実的でない。基盤の電力供給量も制約となりうる。このような状況下で、どのような計測デバイスを選択すればよいのかを考えなければならない。

また、走行中の車体は激しく揺れており、計測値が安定しないという問題もある。変動の大きな計測値の時系列をどのように処理して車体状況をできるだけ正確に把握することができるための手法開発も必要となる。例えば、過去何秒間分を使用すればよいのか、単なる平均値を使うのかそれとも機械学習の枠組みを使って計測値を推定するモデルを構築するなどの方法が考えられる。

2.7. シミュレータ

ハードウェア、ソフトウェアにかかわらず試行錯誤ベースで調整が必要な場合、シミュレータがあると便利である。ミニ四駆がリアルタイムで計算機内のコースを動き、設定条件を変更しながら車体性能を予測する技術には強い需要がある。また、競技会の現場で設置されるコースをすばやくシミュレータに入力することができれば、その場で最適なセッティングを求めることも可能になる。ミニ四駆の移動物理モデルの確立と、あらゆるコースに対応できる柔軟性がシミュレータに必要となる。

2.8. 低コストハードウェアによる知的制御実現

ミニ四駆AIの社会的意義の一つとして、車体や制御ボードといった低コスト・低精度なデバイスで知的制御を実現することがあげられる。IoTは低コストなハードウェアに支えられて世界中に広がりを見せているが、今後は知的情報処理機能を備えたデバイスによるAIoT(Artificial Intelligence of Thing)の開発が進み、個々の小さくて低コストなデバイスが知的なふるまいを見せる時代へ突入していく。ミニ四駆AIとAIoTの共通部分は少なからずあり、ミニ四駆AIで提案された技術がAIoTに有効活用される見込みが高い。

また、基盤に搭載するセンサ等の部品は精密ロボットに使用するセンサと比較して個体差が比較的大き

く、部品ごとに計測精度にばらつきがみられる。このような状況でも安定して自律走行を実現する技術は今後の社会基盤にとって必要な技術になると思われる。

3. 大会概要

これまでのミニ四駆AI大会はファジィシステムシンポジウムやその他関連の学術集会と併設されている。特に、日本知能情報ファジィ学会におけるミニ四駆AI大会を紹介する。

予選方式や競技ルールは基本的に大会中に決定されるが、フリー走行と1対1のトーナメント方式が基本となっている。トーナメント方式では、コースをじゃんけんで決定し、審判の掛け声でレースを開始する。すべての車両がコースアウトした場合、再レースをする。再レースでもすべての車両がコースアウトした場合、最後までコースに残っている車両を勝者とする。

競技会によっては、タイムトライアルも行われる。タイムトライアルでは、審判が指定した時間にどれだけ参加者のラップタイムが近づくかを競う。以下に、これまでに開催されたミニ四駆AI競技会を紹介する。

3.1. GAT

電気通信大学では、毎年度末にゲームAIの総合コンペティションGAT (Game AI Tournaments) が開催されている。これは、学術研究としても使用することができるゲームプラットフォームを用いた競技会である。ミニ四駆AIは2016年度からGATにおける1種目として含まれている。この大会に参加することで、他のゲーム競技との交流ができ、参加者にはお得な大会であろう。著者はまだこの大会に参加したことはないが、ポスター発表なども併設されているようである。ミニ四駆AIの主要競技会として位置づけられている。

3.2. ファジィシステムシンポジウム

日本知能情報ファジィ学会が毎年主催するファジィシステムシンポジウムの併設イベントとして、2014年から連続して開催されている。ミニ四駆AIの主要競技会の一つである。シンポジウム期間中を通して予選と本選が行われる。シンポジウムでもミニ四駆AIをテーマとした企画セッションが設置され、研究成果が発表されている。2015年、2016年のFSSでも併設イベントとして競技会が開催された。山形大学で開催される2017年FSSでも開催の準備が進められている。

3.3. 東海支部研究会「ヒマ研」

日本知能情報ファジィ学会東海支部が毎年2月頃に開催している研究会（日間賀島で開催されることから

「ヒマ研」という愛称がつけられている）内のイベントとしてミニ四駆AI競技会が行われている。研究会でミニ四駆AI大会の参加者が研究成果を発表している。旅館の宴会会場を利用している場合もあれば、日間賀島内の施設を借りてコースが設置されることもある。

3.4. あいまいなゲーム研究会

日本知能情報ファジィ学会のベンチャー研究会であり、2016年9月に新設された。今後のミニ四駆AI競技会における運営母体として期待されている。研究会内で競技会運営の計画が練られているようである。曖昧なゲーム研究会自体はミニ四駆AIのみに限らず、広くゲームに携わる研究を対象範囲としている。あいまいなゲーム研究会では、ファジィシステムシンポジウムにおいてミニ四駆AI研究に関する企画セッションを継続的に立ち上げる方針を立てている。

3.5. 競技会に参加する車両の傾向

著者が競技会に参加し、参加チームの準備した車両を見てみると、自律走行を実装している例はまだ多くは無いようである。ほとんどの車両は無線コントローラを用いた遠隔操作によりモータが制御されている。遠隔操作は主にラップトップPCが使用されている。自律走行の場合、センサを利用したリアルタイム制御をしている場合と、センサ情報は用いず、コース形状を考慮してモータ出力のスケジュールを基盤に組み込んでいる例もあるようである。

遠隔操作によりモータを制御するチームの中には、腕に表面筋電位を測定する電極を装着し、腕を動かすことで車両の速度を調整する方式も見られた。遠隔操作をする操作者の様子は一見の価値がある。

ハードウェアの仕様を重要視してソフトウェアが入っていない車両も多くみられる。通常のミニ四駆と同じ調整をして空力や接地面積を増やしたり、バンパーやタイヤの部品を（手作業で）最適化したりしているチームもあった。

真の意味でAIが組み込まれたミニ四駆AI車両はまだ多いとは言えないが、競技会の回数を経る度に車両の自律化が少しずつ進んでいる。近い将来にAIが搭載された車両が競技会を席卷するであろう。

4. 大会に参加したチームの研究事例

ミニ四駆AIに関する研究はあまり多くないが、2014年のミニ四駆AI競技会以降は少しずつ目にするようになった。商標上の関係で、論文タイトルにミニ四駆が明示されていないこともあり、モデルカーのような代替語が使用されている。いくつかピックアップし

で紹介していく。なお、ミニ四駆AIのWebページ内に、関連研究のリストがまとめられている (<https://sites.google.com/site/ai4wdcar/home/outputs>)。

4.1. センサの精度調査

平河ら[1]は、春鹿ボードを搭載したミニ四駆AI車体を用いて、悪環境におけるセンサ計測精度の調査を行っている。春鹿ボード標準のセンサに加えて、距離センサを搭載し、その計測精度を調べている。走行速度と計測精度との関係が指摘されている。

4.2. 制御モデル学習のためのデータ収集

田中ら[3]は、基盤上のセンサログとコースを走行する車両の動画を同期させて機械学習におけるラベル付学習用データを自動生成する方法を提案している。モータを制御するモデルを機械学習の枠組みで生成しようとする開発者にとっては活用が見込まれる技術である。

4.3. モータ制御のモジュール化

矢野ら[4]は、ハードウェア開発に関する研究を報告している。基盤が実時間内で大量の情報を一度に処理することが困難であろうとの予測から、モータ制御をモジュール化し、独立したデバイスを開発した。開発したモータ制御回路の動作性能をテストした結果、実用範囲であることが示されている。

5. おわりに

本稿では、ミニ四駆AIの紹介を行った。ハードウェアの仕様や研究課題、競技会、発表された研究を紹介した。ミニ四駆AIは学術研究の面において社会的意義があるだけでなく、テーマ自体の魅力がある。競技会も和やかな雰囲気で行われ、人と人の交流も活発である。学生のみならず、いわゆるミニ四駆世代の研究者が大人気なく本気を出す姿が今後たくさんになっていくことを期待する。

参 考 文 献

- [1] 平河恒樹, 笹岡久行, “モデルカーを用いた自律走行の最適化のためのセンサーに関する考察”, 第31回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.223-224, 2015.
- [2] 久保田恵介, 伊藤暢浩, 田端翔太, 宇辰, “ミニ四駆AIのシミュレーション手法についての提案と評価”, 第32回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.57-60, 2016.
- [3] 田中翔, 松村秀, 中島智晴, “モデルカー AIにおける機械学習手法の適用を目指した学習用データの自動生成システム”, 第32回ファジィシステムシンポ

ジウム講演論文集, pp.255-258, 2016.

- [4] 矢野良和, 原和道, “ミニ四駆のコース周回運動におけるセンサ情報分析の試み”, 第30回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.410-411, 2014.
(2017年7月1日 受付)

[問い合わせ先]

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-1

大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科

中島 智晴

E-mail : tomoharu.nakashima@kis.osakafu-u.ac.jp

—— 著 者 紹 介 ——

なかしま ともはる
中島 智晴 [正会員]

1995年 大阪府立大学工学部卒業. 2000年同大学院博士後期課程修了. 博士(工学). 2000年4月 大阪府立大学大学院 助手. 現在, 同大学院 教授. 2004年度 英国ノッティンガムトレント大学, 2011年度 英国ノッティンガム大学 客員研究員. 機械学習とファジィの融合, RoboCup, ケアサイエンス等の研究に従事. 2017年より日本知能情報ファジィ学会理事.