

神奈川工科大学

先進自動車研究所

研究報告

2021 年度

目次

- ・ 車載用発電ユニット高効率化のための研究

自動車システム開発工学科 岡崎昭仁、藤澤徹

- ・ 自動運転時代の権限移譲に関する研究

情報工学科 清原良三

車載用発電ユニット高効率化のための研究

研究者名：創造工学部 自動車システム開発工学科 岡崎 昭仁、藤澤 徹

1. 研究の目的

喫緊の課題である地球温暖化対策のために自動車の電動化が推進されている。電力は多様性があるエネルギーであるが、移動体である自動車では、「充電時間が長い」、「航続距離が短い」といった問題があり、エンジンと併用するハイブリッド自動車（以下、HEV）が実用化され、設定車種・販売台数を増やしている。申請者らは、高膨張比サイクルを用いたエンジンの高効率化やソーラーにおける電力最大点活用法などの研究を行ってきた。今回、比較的出力（10kW程度）な車載用発電ユニットを想定し、これまでの知見を活かして高効率化と性能向上を図る。本年度は、①シンプルな高膨張比デバイスの考案及びエンジンへの搭載検討、②誘導発電機の自己励磁現象実験の知見を得ることを目的とする。

2. 研究の必要性及び従来の研究

今後、少子高齢化が進むことから、特に地方における公共交通機関の1つとして複数人が乗車できる小型電気自動車が研究され、一部では実証実験が開始されている。小型電気自動車に関しては、充電方法や車両運動、実用性などの研究が進められてきている。一方で、地方において高齢者が乗車することなどから、電欠による車両走行停止は避けなければならないし、利便性から航続距離や充電回数は減らしたい。バッテリーを沢山搭載すれば重量が増し、価格も高くなる。一方で抜本的な電池の性能向上は未だに見えておらず、高効率なエンジンを活用する方策は有効な手段の1つである。

本研究では、これまで研究が行われてこなかった、発電機と組み合わせる小型エンジンの熱効率を向上させて、上述した小型電動自動車の性能改善を図るものである。筆者らが知りうる限り同様な研究は行われていないことから、独自色の強い研究と考える。

また、本研究は小型電動自動車の性能向上だけでなく、排出ガス・燃費規制を受けていない定置用小型エンジン（出力10kW以下）の性能改善に新たな潮流を生み出すと共に、エンジンと発電機を最適化して高効率化を図り、温暖化ガス排出削減に寄与すると期待される。加えて、小型エンジン製造会社、電動機製造会社などとの連携を促進して、エンジンを加えた電動化分野のさらなる発展を促すと想定している。

3. 研究の経過及び結果・評価

(1) シンプルな高膨張比デバイスの考案とエンジンへの搭載検討

前年度の検討・試作品は、図1に示すようにバタフライを使った方式であり、高膨張比サイクル実現には揺動制御が必要となってしまう課題があった。そこで、種々検討の結果、図

2に示すロータリー弁を用いることにした。原理的に、二枚の板材に挟んだロータリー弁を回転させることで任意の開閉タイミングを得ることができる。クランク軸の回転と連動させることで、吸気行程を制御でき、高膨張比サイクルを実現できる。

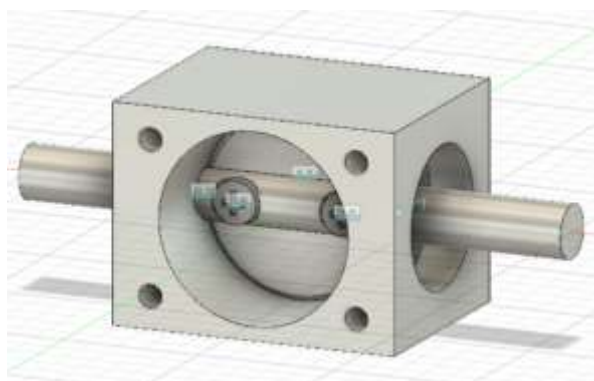


図1 昨年度、検討・試作した高膨張比弁

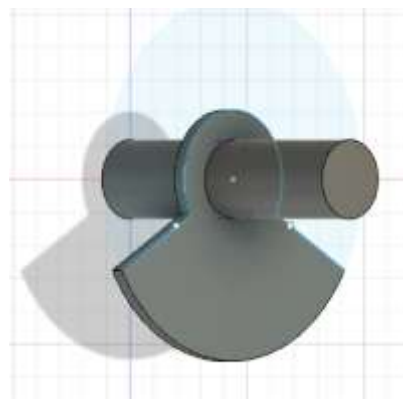


図2 考案したロータリー弁

図3に高膨張比弁作動の様子を示す。板材で構成された筐体内を図2に示したロータリー弁が回転することで、吸入ポートの開閉を任意に行うことができる。想定したエンジンにおいて、吸気行程期間を1/2の時間にできるように設定している。なお、調整することで吸気行程期間は任意に変更することが可能である。

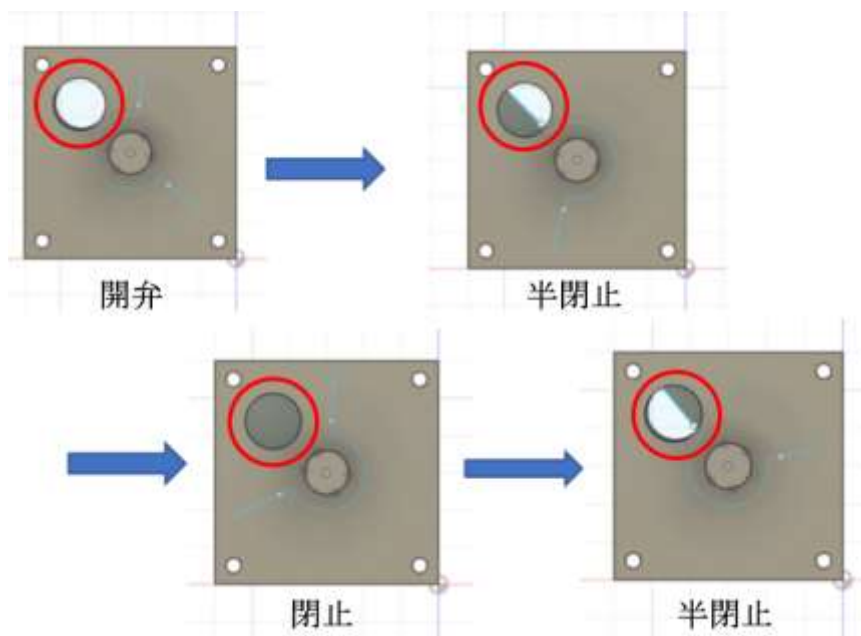


図3 考案した高膨張比弁の作動の様子

続いて、排気量 300cc の汎用単気筒エンジン（Briggs & Stratton 社製 1450）を用いて搭載検討・設計を実施した。クランク軸より、ロータリー弁駆動用動力を取ることで、エンジンのサイクルに連動して作動させることができる。図4に搭載検討図を示す。

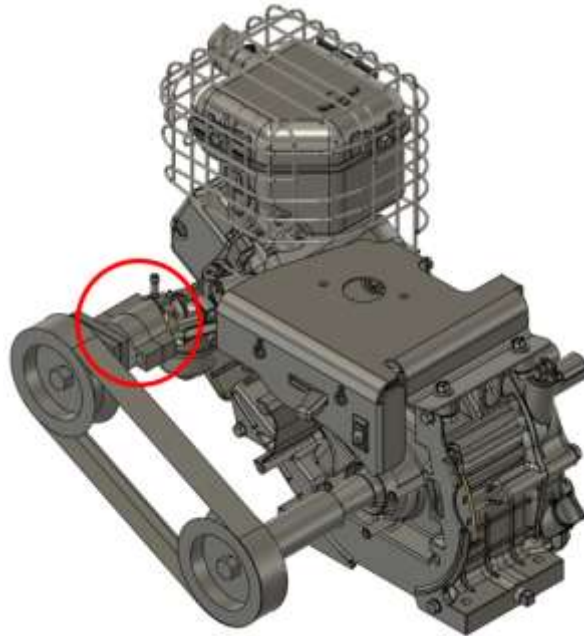


図4 考案した高膨張比弁の搭載検討

(2) 誘導機の自己励磁

昨年度に使用した実験装置を用いて、誘導機の自己励磁現象実験を実施した。自己励磁現象は三相誘導機の各相間にコンデンサを追加することで発電電圧を昇圧させるものであり、古くから知られ漁船の集魚灯などに限定的に採用されている。一方で原理的な解明事例は少ない。そこで本年度は、コンデンサを直列に接続（実験変数1）、並列に接続（実験変数2）するなどして静電容量変数を増して実験を実施した。実験にあたり、回転速度を静止状態から2,500rpmまで回転を上昇させ、100rpm毎に発電電圧を測定した。図5に実験変数1の結果を示す。静電容量が $3\mu\text{F}$ 、 $5\mu\text{F}$ にて2,000rpm近傍で発電電圧がピークとなる。一方で $1\mu\text{F}$ と $8\mu\text{F}$ では電圧上昇が低く、自己励磁の効果は少ないことがわかった。昨年度の実験結果でも $5\mu\text{F}$ では比較的大きな電圧上昇が確認できたことから、使用した誘導機ではこの静電容量での使用において自己励磁効果が大きいと言える。

続いて、コンデンサを並列に接続して実験を行った（実験変数2）。実験結果を図6に示す。 $1\mu\text{F}$ と $5\mu\text{F}$ を並列接続すると2,000rpm近傍で電圧が上がることを確認できる。

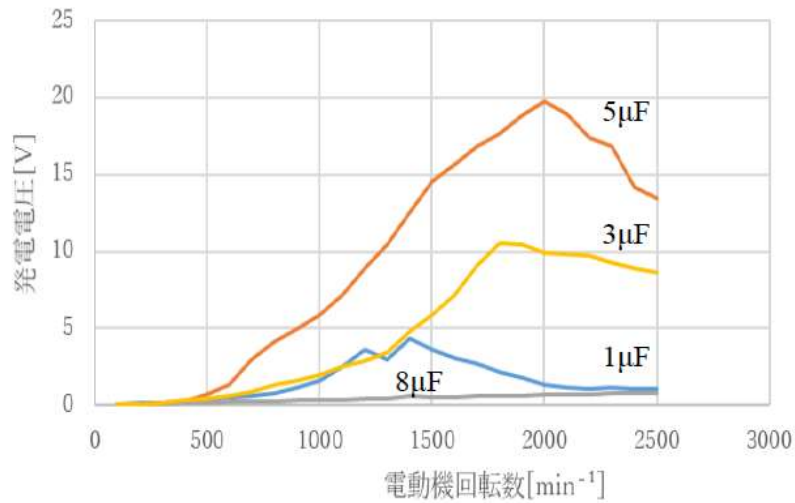


図 5 自己励磁現象実験結果（実験変数 1）

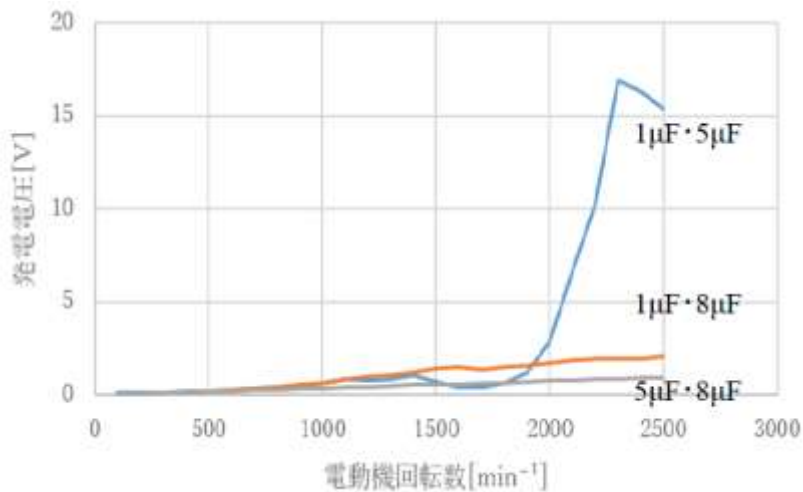


図 6 自己励磁現象実験結果（実験変数 2）

4. 今後の計画

得られた成果を発展させるべく、2022 年度は次の施策を進める予定である。

- ・ 考案、検討したシンプルな高膨張比デバイスの排気量違いエンジンへの拡大適用検討を進める（排気量 50cc と 125cc）。
- ・ 誘導機の自己励磁現象の解明については、さらなるコンデンサ変数を準備して実験を行う予定である。また、誘導機の容量が 100W とやや小さいために、さらに容量が大きな仕様品を模索する。

5. 研究成果の発表

研究成果について、2022 年度に国内発表二件を計画している。

自動運転時代の権限移譲に関する研究

情報工学科 清原良三

1. 研究の目的

自動運転の研究開発が活発であるが、事故時などの最終的な責任者はドライバーが負う可能性が高い。そのため、ドライバーへの権限移譲が必須である。また、進化の中で、走行中にインフラの整備などの関係で権限を委譲し、手動運転となることも想定される。現状では、車の走行に関する開発は多いものの、ドライバーがどのような状態かを把握する研究は数少ない。また、道路や、車両の周辺の状況にも依存する。よって、ドライバー、周辺の車両状況、道路の状況などに応じて、権限を委譲しなければならないようなケースで本来どのような動作をさせるのが有効なのかという課題を解決しなければ、実際の運用に支障をきたすと考えられる。即ち、如何にドライバーの状態、周辺の状況を把握するかが重要となる。

本研究の目的は上記の背景、課題に基づいて、ドライバーの状態を把握する手法、覚醒させる手法、覚醒を確認する手法を確立することである。以下各項目ごとに示す。

(a) モニタリング技術

ドライバーの各種行動と脳内の活性化状況を比較し、その関係性を分析することにより、ドライバーの真の状況を調べることから開始する。運転行動には2種類あり、反射神経的に行動を起こすことと、脳内でしっかり考えた上で行動を起こすケースである。このような生理的な側面と行動とをしっかりと分析した例は車に限ると筆者らの知る限り少なかった。しかし、本研究を開始してから、脳波と心拍の関係が覚醒度合いに関係があることが発表されており[1]、様々な研究者が取り組み初めていることから重要な技術であることがわかる。我々は、脳血流を真値として取り組んでおり、脳血流との比較をしている例は少なく、脳波と組み合わせることにより、より精度高く状態を把握できると考えられ、この点で独自であり創造性に富む研究開発ということができる。

(b) 周辺環境確認技術

自動車が走行中に、自動運転と手動運転の混在環境においては、V2VやV2Rといった通信によって車が譲り合うことがある。しかし、手動運転車両は予定通り走行するとは限らない。そのため、合流点などにおいてはいつでも権限移譲できる状態にする必要がある。合流点の混雑状況や手動運転車両の状況に応じて権限移譲の準備も必要となる。こういった観点からの状況把握技術は他にない。ここでは、車両の混雑状況と手動運転車両の密度から権限移譲の必要性を判断する。ただし、権限移譲できなくても時間はかかるとしても走行可能であることを前提とする。

(c) 覚醒技術

ドライバに警告を発する技術は多く開発されている。警告やメッセージの表示などは既に多くのカーナビに搭載されており、現実的に内容を瞬時に見極めるのは難しいことも多くのドライバが実感している。そこで、複数の警告での比較に関する研究も新たに実施されており[2]、時と場合によって使い分けが必要とされている。あるいは座席を利用した触覚に訴える手法も研究されている。本研究では、ドライバの状態に応じた覚醒手法の有効性を確認する。状態に応じた覚醒手法に関する研究は少なく、独自性があると考えられる。

(d) 覚醒確認技術

覚醒したことを確認する技術に関してはあまり研究報告がない。これは覚醒する技術の中でその評価手法として含まれるからであるが、現実的な手法に関しては、視線検知や顔の向き検出程度である。本研究では、視線検知を中心に、覚醒を確認するタイミングや前方車両のブレーキに対する捜査の遅れやハンドル操作などから確認する手法を提案する。

2. 研究の必要性及び従来の研究

自動運転車両の市場投入が近いといわれている一方で、本研究に関連する学会などでの発表状況からも開発必須の技術と想定される。関連する国内の学会では、自動車技術会、ITS ジャパン、情報処理学会、電気情報通信学会などがあり、多くの研究が実施されている。例えば、2018年12月に開催された ITS Japan 主催の ITS シンポジウムにおいて100件近くの発表がある中で、ドライバの状態に関する論文や、緊急事態を避けるための基礎的な研究に関する発表が数件あり、また2018年9月に開催された国際会議 ITS World Congress, IEEE Transaction of ITS においても若干あった。さらに2019年に開催された ITS World Congress および ITS japan 主催の ITS シンポジウムではこれらに関する研究が増加の傾向にある。2020年開催の ITS Japan においても、情報処理学会 DICOMO シンポジウムにおいても権限移譲に着目した発表があった。しかし、それぞれ基礎的な研究段階であり、すべての車両が自動運転車両であったり、歩行者が全くいないことを前提にするなど仮定に無理があり、実際にそのまま適用できるものがないといった問題も多い。

3. 期待される効果

本研究成果により、どのような形になるかはわからないものの、レベル3自動運転、レベル4自動運転における権限移譲の遅れや、早すぎる権限移譲通知というのが防げ、事故には至らないものの、意図しない運転停止といった状況を防ぐことができ、ユーザビリティの向上から、渋滞削減までの効果が得られると考える。

4. 研究の経過及び結果・評価

権限を委譲するためには、ドライバの状態の把握、ドライバへの権限移譲の通知、権限移譲可能になったことの確認の3つのフェーズに整理した、図1のモニタリングと周辺状況確認技術を合わせたモニタリング技術としている。2020年度までの研究成果から、権限移譲の通知は、早すぎてると、ドライバが対応せず、遅すぎると間に合わないことがわかっている。また、ドライバの状態によって適切なタイミングが変わることもわかってきた。一方、ドライバの状態の把握も精度の良い機器を装着できるのであればわかるものの、一般のドライバが装着するとは考えにくいような機器は使えないことも明らかであった。

そこで、モニタリングに関してはウェアラブルデバイスであるスマートウォッチなど今後普及すると想定できる機器を想定した。ただし、このようなスマートウォッチでは、心拍や体温、発汗程度しか図ることはできない。しかし、昨年度までの成果で脳内の酸素濃度と心拍の関係もあることがわかっているため、心拍、特に心拍変動に着目し、心拍変動と人の覚醒との関係を明確にすることで、適切なタイミングがわかることを明確にした。

しかしながら、権限移譲の時にのみ計測するのではリアルタイム性が必要になる。心拍変動は一定時間測定しない限りわからない。そこで、常時モニタリングにより常に把握していることを提案している。

モニタリング技術
(心拍、体温、汗、目線他)

周辺状況確認技術
(V2V, V2R)

覚醒

(警告音、音声、表示、
接触刺激他)

覚醒確認

(ハンドリング、ペダリング、
操作遅れ検知、目線など)



図1 権限移譲のための技術マップ

5. 今後の計画

今後、これらの技術を実車上で検証していく必要があると考えている。

6. 研究成果の発表

長谷川廉, 鈴木孝幸, 清原良三, “感情推定による運転権限移譲可否判断手法,” 情報処理学会研究報告マルチメディア通信と分散処理 (DPS), Vol. 2021-DPS-188, No. 7 (2021)

長谷川廉, 鈴木孝幸, 清原良三, “自動運転レベル3のためのドライバの状況に応じた権限移譲通知手法,” 情報処理学会第84回全国大会, 4X-07 (2022)