

## 2018 年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関名	富山県立大学
職位または役職	助教
氏名	八尾 惇

### 1. 研究題目

高効率高温モータの実現に向けたインバータ励磁下の高温磁気特性に関する研究

### 2. 研究目的

近年、宇宙空間、自動車および火災現場などの高温環境下において使用されるモータシステムの検討が重要となっている。モータシステムは、主に、半導体素子等で構成されるインバータ（直流交流変換器）と磁性材料等で作製されるモータの 2 つの構成要素からなる(図 1)。ここでは、半導体素子を用いて PWM (Pulse Width Modulation)インバータなどのスイッチング動作を行うため、必然的に時間高調波成分を含みモータコアの磁性材料が励磁される。このような必然的に含まれる時間高調波成分により、インバータ励磁下(インバータで磁性材料を励磁すること)の磁性材料の鉄損は、正弦波励磁した場合の鉄損と比べ、増加することがよく知られている。

したがって、高温モータシステムにおいても、磁性材料に対する高温下のスイッチング時の高調波成分等の影響を評価することが重要となる。本研究では、高効率な高温モータシステムを実現するための基礎検討として、高温環境のインバータ励磁下の磁性材料の特性を明らかにすることを目的とする。

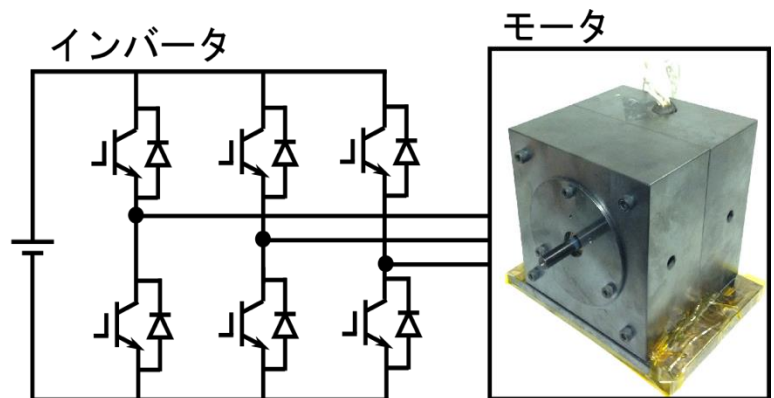


図 1 モータシステム

3. 研究内容及び成果

本研究では、高温環境のインバータ励磁下の磁性材料特性の評価装置を構築し、高温環境のインバータ励磁下の磁性材料のリングコアの磁気特性を明らかにする。また、実験で得られた磁気特性結果を基に数値計算を行う。

本研究では、まず、高温インバータ回路を作製し、300度での動作を実現した。すなわち、高温環境のインバータ励磁下の磁性材料特性の評価装置を構築した。次に、高温インバータ回路を用い、高温インバータ励磁下の磁性材料の磁気ヒステリシス曲線を実験的に評価した。ここでは、図2に示す半導体の温度特性がインバータ励磁下の磁性材料の磁気特性に影響を及ぼすことを示した。すなわち、図3に示すように、インバータの温度が室温の際と300度の際で磁性材料の磁気特性が変化することを示した。また、プレイカウモデル(磁気特性を表現するモデル)を用いて数値計算により高温インバータ励磁下の磁性材料の磁気ヒステリシス特性の数値的表現を行なった(図4)。以上の実験および数値計算結果に関連する内容等を5に示す助成研究による主な論文等で発表を行なった。

併せて、正弦波励磁下およびインバータ励磁下のナノ結晶材のコア損特性を評価し、ナノ結晶材料を適用したモータは高速回転に適していることを明らかにした。

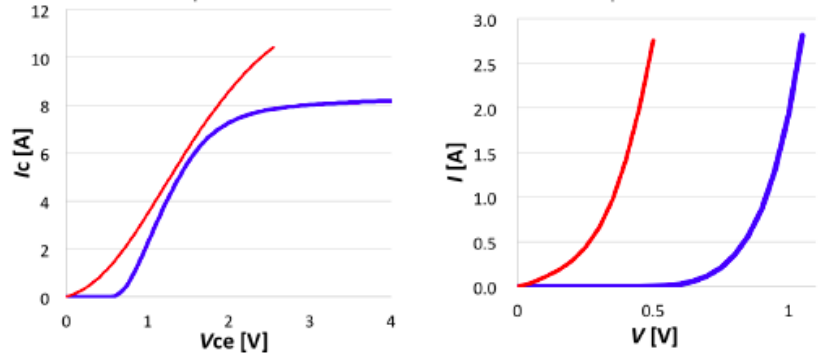


図2 半導体の温度特性。左がIGBT、右がダイオードのIV特性。赤色が高温動作、青色が室温動作時の特性。文献(2)

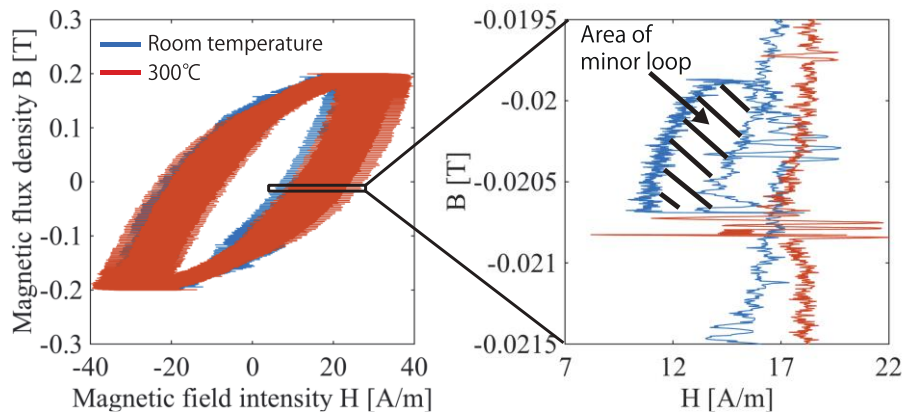


図3 高温インバータ励磁下の磁気特性 (実験) 文献(2)

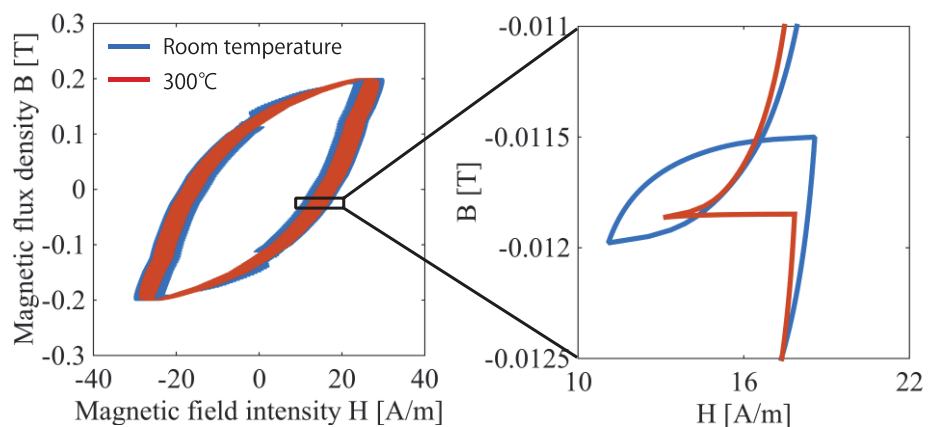


図4 高温インバータ励磁下の磁気特性 (計算) 文献(2)

## 4. 今後の研究の見通し

本研究では、高効率な高温モータシステムを実現するための基礎検討として、高温環境のインバータ励磁下の磁性材料の特性を明らかにすることを目的としている。ここでは、インバータ励磁下の単一の磁性材料(リングコア)の磁気ヒステリシス曲線が、インバータの温度特性に影響することを実験的及び数値的に示した。したがって、今後は、高温環境のインバータ励磁下のモータコアの磁気特性を有限要素法により明らかにしていくことが重要となる。また、単一の磁性材料(リングコア)のみを検討しているため、他の材料を用いた際の磁気特性を検討していく必要がある。

## 5. 助成研究による主な発表論文, 著書名

## 学術論文(査読付)

1. **Atsushi Yao**, Takaya Sugimoto, and Keisuke Fujisaki, “Core losses of a nanocrystalline motor under inverter and sinusoidal excitations” *Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol. 43, No. 3, pp. 42-45 (2019)
2. **Atsushi Yao** and Tetsuo Hatakeyama, “Iron Loss and Hysteresis Properties under High-Temperature Inverter Excitation” *Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol. 43, No. 3, pp. 46-49 (2019)

## 国際会議(査読付)

1. **Atsushi Yao**, Tetsuo Hatakeyama, “Iron loss properties of magnetic materials under PWM inverter excitation at high temperatures” 2019 Joint MMM-Intermag Conference, FH-02, p.p.580-581 (2019)
2. **Atsushi Yao**, Takaya Sugimoto, and Keisuke Fujisaki, “Core losses of a permanent magnet synchronous motor with nanocrystalline cores under inverter and sinusoidal excitations”, 2019 Joint MMM-Intermag Conference, GE-01, p.673 (2019)

## 国際会議(査読なし)・国内会議

1. **八尾惇**, 畠山哲夫, 「電気と磁気の連成解析を用いたインバータ励磁下の磁気特性に関する一検討」平成 31 年 電気学会全国大会, 北海道科学大学, 2-133, 2019 年 3 月
2. **八尾惇**, 畠山哲夫, 「インバータ励磁下の高温アモルファスリングの鉄損特性に関する一検討」日本鉄鋼協会第 177 回春季講演大会, 173, 東京電機大学, 2019 年 3 月
3. **八尾惇**, 畠山哲夫, 「PWM インバータ励磁下の磁性材料の磁気ヒステリシス特性の数値的一検討」2019 年 電気学会 産業応用部門大会, 3-36, 長崎大学, 2019 年 8 月