

公益財団法人 立松財団 御中

様式 2021A1,A2,B

2026年 3月 6日

所属:豊田工業高等専門学校

氏名:及川大



## 2024-2025年度 助成 研究終了 報告書

※ゴシック文字で記入下さい。

研究テーマ	乱数生成器に向けたジョセフソン接合に生じるカオス現象の高温動作
研究の結果	<p>高度情報社会の発展に伴って、高セキュリティ暗号システムの構築が必要である。そのシステムは高品質な乱数が根源である。今日の疑似乱数では予測不可能性に欠け、情報漏洩などの社会的問題が引き起こる可能性がある。そこで、ランダムな物理現象であるカオス現象によって高品質な乱数を得ることを考案した。本研究で用いる高周波照射されたジョセフソン接合のカオス現象は全く確率的な量子効果を用いるため、乱数生成器に応用することに適している。ジョセフソン接合とは超伝導体/絶縁層/超伝導体から構成された接合である。このジョセフソン接合は銅酸化物高温超伝導体に内包されているため、結晶切削加工して作製する。したがって、試料にはジョセフソン接合が多数積層したかたちで存在する。そのため、従来の解析手法に接合間の相互作用を加味した行列方程式を解くことによって、カオスが発生する照射電磁波の条件を明らかにした。また、カオスの特徴の一つである次元が非整数次元のストレンジアトラクタが観測された。さらに、カオスの発生条件を保ったまま、照射電磁波の周波数を上昇させたところ、乱数を高速で生成可能なことを明らかにした。</p> <p>次に、得られたカオスを用いて一様乱数列を先行研究よりも高速の生成速度(100 GHz)で生成することに成功した。その乱数列をバイナリ乱数に変換し、品質をアメリカのNISTが公開する検定ツールにより統計学的に検定したところ、高品質な乱数であることが示された。以上の結果より、提案した高周波照射されたジョセフソン接合は高品質な乱数生成器に適しており、実現可能であることが示された。</p>
研究発表 (実績)	<p>【査読付き学術論文】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dai Oikawa</b>, Hirokazu Komatsu, Keita Tsuzuki, Hiroya Andoh, "Random-number Generation using Chaos in RF-Irradiated Stacked Intrinsic Josephson Junction", <i>IEEE Transactions on Applied Superconductivity</i> (Accepted)</li> <li>• Keita Tsuzuki, Mitsuru Izumi, Tetsuya Ida, <b>Dai Oikawa</b>, "Electromagnetic Design of kW-Class HTS Rotating Machines for Carbon-Neutral Ports", <i>IEEE Transactions on Applied Superconductivity</i> (Accepted)</li> <li>• <b>Dai Oikawa</b>, Hirokazu Komatsu, Keita Tsuzuki, Hiroya Andoh, "White-noise quality evaluation in chaotic oscillation of Josephson junction for random-number generation", <i>Journal of Applied Physics</i> <b>138</b> 143909 1-7, 2025.10</li> <li>• <b>Dai Oikawa</b>, Hirokazu Komatsu, Keita Tsuzuki, Hiroya Andoh, Takehiko Tsukamoto, "Chaotic behavior in Josephson junction for high-quality random-number generation" <i>Journal of Applied Physics</i> <b>136</b> 123909 1-5 2024.9</li> </ul> <p>【査読付き国際会議発表】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dai Oikawa</b>, Hirokazu Komatsu, Keita Tsuzuki, Hiroya Andoh, Takehiko Tsukamoto, "High-quality and high-speed random number generation by chaotic behavior in intrinsic Josephson junction stack", <i>International Symposium on Superconductivity (ISS2025)</i> 2025. 12</li> <li>• <b>Dai Oikawa</b>, Hirokazu Komatsu, Keita Tsuzuki, Hiroya Andoh, "Fast random-number generation using chaos in intrinsic Josephson junction under irradiation with high frequency", <i>European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2025)</i> 2025.9</li> <li>• Hirokazu Komatsu, Hiroshi Yokota, <b>Dai Oikawa</b>, Hiroyuki Nakajima, "The Deficiency Zero Theorem for Chemical Reaction Networks with Generalized Mass Action Kinetics and Time Delays of Cumulative Distribution Type", <i>Proceedings of the 2025 SICE Festival with Annual</i>, 294 2025.9</li> </ul> <p>他 国際会議 4 件, 国内学会 8 件</p>