

# ホログラフィック SQUID <sup>1</sup>

竹内 紳悟

Center for Astronomy & Astrophysics, Shanghai Jiao Tong University,  
Shanghai 200240, China,

本研究では2つのジョセフソンジャンクションからなる回路に超伝導電流が流入・流出する為の2つのゲートが付着した SQUID (Superconducting QUantum Interference Device) において、回路を流れる超伝導電流の変化に伴い回路を貫く磁場が変化する状況 (図 1) に対応するホログラフィックモデルを提案する。

考える重力モデルは、1+3次元 AdS ブラックブレン時空 (式 (3.2)) <sup>2</sup>におけるプローブ近似を用いたアインシュタイン-マクスウェル-複素スカラーモデル (式 (3.1)) であり、3つの空間方向の1方向を  $S^1$  コンパクト化したものを考える。従って場の理論が乗る空間はシリンダーの表面として与えられる (図 2 左)。そのコンパクト化する方向を  $\chi$ -方向と呼ぶとすると、我々はゲージ場の時間成分の化学ポテンシャルに対応する係数を上手く取ることで (式 (3.11))、 $\chi$ -方向に巻き付く形で SQUID を考える。

ここで、場の理論が乗る空間はシリンダーの表面でありその内部空間は含まれていないので、場の理論側には磁場が入り込む余地がない。しかし我々は内部空間がありそこに磁場が走っていると便宜的に考え、ストークスの定理を用いてその便宜的な磁場を  $\chi$ -方向のゲージ場に関係づけ (式 (2.4))、GKP-W 関係式を用いてそのゲージ場を重力側のゲージ場に関連づけることで、磁場の効果を取り入れる。

流入・流出する超伝導電流を我々のホログラフィック SQUID でどう記述するかも問題である。なぜなら我々のホログラフィックモデルでは流入・流出する超伝導電流の為のゲートを考える事が原理的に出来ないからである。もしこの問題を厳密に扱うなら、ゲートと回路との接合部で、ゲート、左側と右側の3つのセクターにおける関数が連続的に繋がる境界条件を課して解析を行うことになるであろう。しかしそのような解析は難しい。しかし接合部で超伝導電流の量が突然変化することに着目し、近似的に考えるならそのような連続境界条件は必要ないと、我々は考える。そこで本研究では、左右のジョセフジャンクションを分離し、左と右で別々に解析を行い、その結果をあわせることで、SQUID の振る舞いを再現する (図 2 右)。

解析は上で述べたように左と右のジョセフジャンクションに対し別々に行い、その結果が図 3 左である (Table.1)。そして、SQUID としての結果を得るためにそれらの解析結果をあわせることで得た結果が図 3 右である。これら2つの図において、青点は我々の数値解析の結果を表わし、赤線は我々の数値結果がジョセフジャンクションとして、また SQUID として、典型的な振る舞いに従っていることを示す。

## 参考文献

- [1] S. Takeuchi, arXiv:1309.5641 [hep-th], *under review in JHEP at present.*

<sup>1</sup>本プロシーディングのタイトルは講演のタイトルから変更した。

<sup>2</sup>本プロシーディングの式番号及びテーブル番号は文献 [1] を参照する。

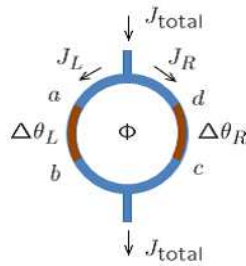


図 1: この図は我々が考える SQUID を表わす。青色の部分は超伝導体を表わし、茶色の部分は常伝導体を表す。 $\Delta\theta_L$  と  $\Delta\theta_R$  は区間  $a - b$  及び区間  $d - c$  におけるスカラー場の位相差を表わす。 $J_{\text{total}}$  は回路に流入・流出する超伝導電流を表わし、 $J_L$  と  $J_R$  はそれぞれ左部分と右部分を通る超伝導電流を表わす。 $\Phi$  は回路を貫く磁場を表わす。

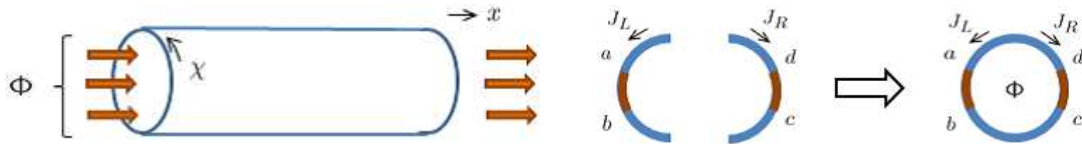


図 2: 本研究の場の理論はシリンダー表面に乗ると考えられ、磁場の効果は、シリンダー内部空間を便宜的に考えストークスの定理を用いることで取り込むのだが、左図は場の理論側のそのような状況を表わす。一方、右図は、我々のホログラフィック模型の SQUID には超伝導電流が流入・流出するゲートは付いておらず、実際の解析では、右部分と左部分に分け、それぞれを独立なジョセフソンジャンクションとして解析を行い、最後にその 2 つの解析結果をあわせることで、SQUID としての結果を得ることを、概念的に表わす。このような取り扱いは、ゲートと回路の接合部では超伝導電流の値が急激に変化するので、近似的に許されると、我々は考える。

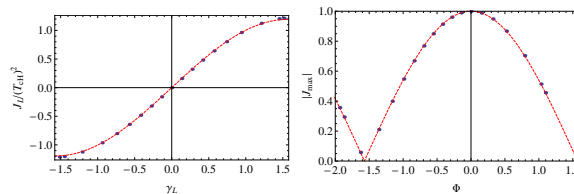


図 3: これら 2 つの図は我々の数値解析の結果を表わす: 左図は SQUID を左部分と右部分に分け各部分を独立なジョセフソンジャンクションとして取り扱った時の解析結果である。横軸は位相差を表わしており縦軸は超伝導電流の量を表わす。青点は我々の数値解析の結果を表わし、赤い点線は我々の数値解析がサイン曲線に従っていることを表わす。このようなサイン曲線はジョセフソンジャンクションの典型的な振る舞いである。我々はこれと同様な図を、右部分に対しても得ている。右図は、左図で得た左部分と右部分のジョセフソンジャンクションの解析結果をあわせることで得た SQUID の結果である。縦軸は SQUID を流れる超伝導電流の最大値の絶対値、横軸は磁場を表わしている。青点は我々の数値結果を表わし、赤い線は我々の数値結果が SQUID の典型的な振る舞いであるコサイン曲線に従っていることを表わす。