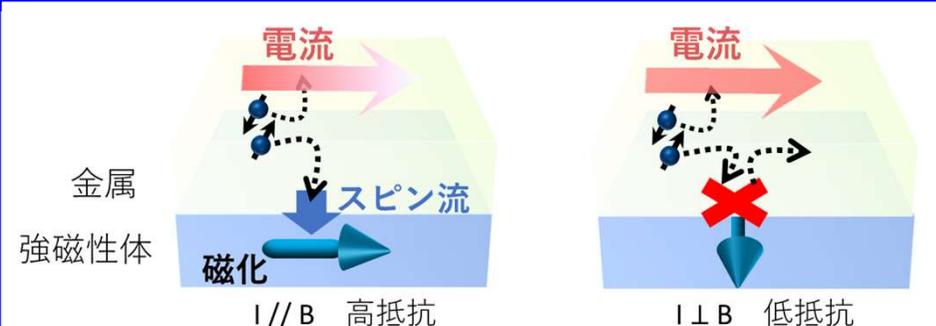


## 研究プロジェクト名: 金属超伝導体におけるスピンホール磁気抵抗効果の研究

概要: スピン蓄積及びスピン注入が超伝導転移温度に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、強いスピン軌道相互作用を有する金属超伝導体におけるスピンホール磁気抵抗効果の研究を行う。金属超伝導体と強磁性体の界面を有する薄膜構造を作製し、面内の磁化配置が超伝導転移に及ぼす影響を実験的に研究する。

コアメンバー: Yong P. Chenグループ(東北大)、新田グループ(東北大)

期待される研究成果: 強磁性体と接合させたスピン軌道相互作用の強い金属では(逆)スピンホール効果によって生じる界面のスピン注入現象が磁化配置に依存し、磁気抵抗の変化として観測される。これは超伝導転移においてどのように変わるかは非常に興味深い問題である。(1)超伝導、スピン軌道相互作用、スピン注入の協奏、(2)強磁性体の磁化配置やスピン注入による超伝導転移温度の制御可能性などに関する知見が期待される。



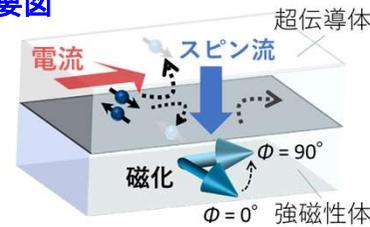
実験の概要図: 通常のスピンホール磁気抵抗効果では界面におけるスピン注入過程が電流と磁化の配置に依存する磁気抵抗として観測される。本研究ではスピン軌道相互作用を導入した超伝導体において面内磁化配置が超伝導転移に及ぼす影響を明らかにする。

# 研究プロジェクト名: 金属超伝導体におけるスピンホール磁気抵抗効果の研究

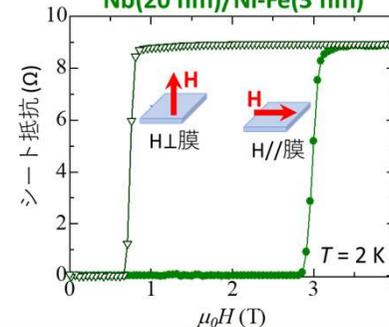
概要: スピン蓄積及びスピン注入が超伝導転移温度に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、強いスピン軌道相互作用を有する金属超伝導体におけるスピンホール磁気抵抗効果に注目した。スピン軌道相互作用を示す金属超伝導体と強磁性体の接合構造を作製し、強磁性層の磁化配置と超伝導特性の関係を実験的に調べた。

研究成果(実施状況): 金属超伝導体と磁性金属の二層薄膜構造において、超伝導転移近傍において磁場方向を膜面内で回転しながら磁気抵抗測定を行った。そこで強磁性層の有無にかかわらず超伝導体の磁気抵抗はずれによって生じるわずかな面直磁場に敏感なことが分かった(右図)。スピンホール磁気抵抗効果を分離するために今後3軸磁場制御などを用いて磁場を厳密に面内方向に固定し、電流の向きに対して磁場の向きを変えながら磁気抵抗の測定を行う。

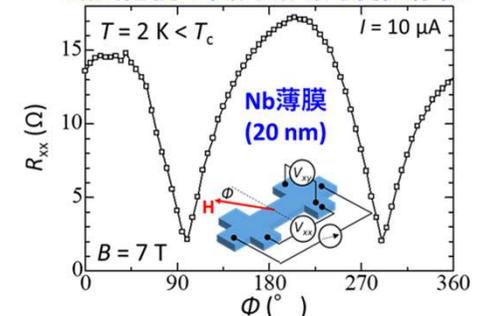
スピンホール磁気抵抗効果  
概要図



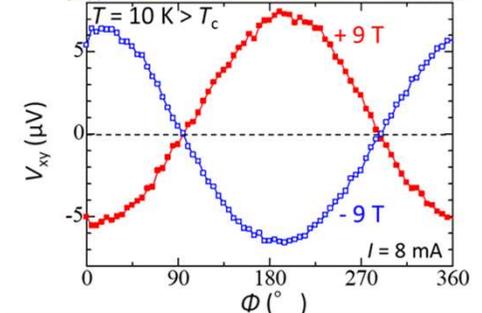
超伝導層膜の磁気抵抗  
Nb(20 nm)/Ni-Fe(3 nm)



磁気抵抗の面内磁場角度依存性



面直磁場成分によるホール効果

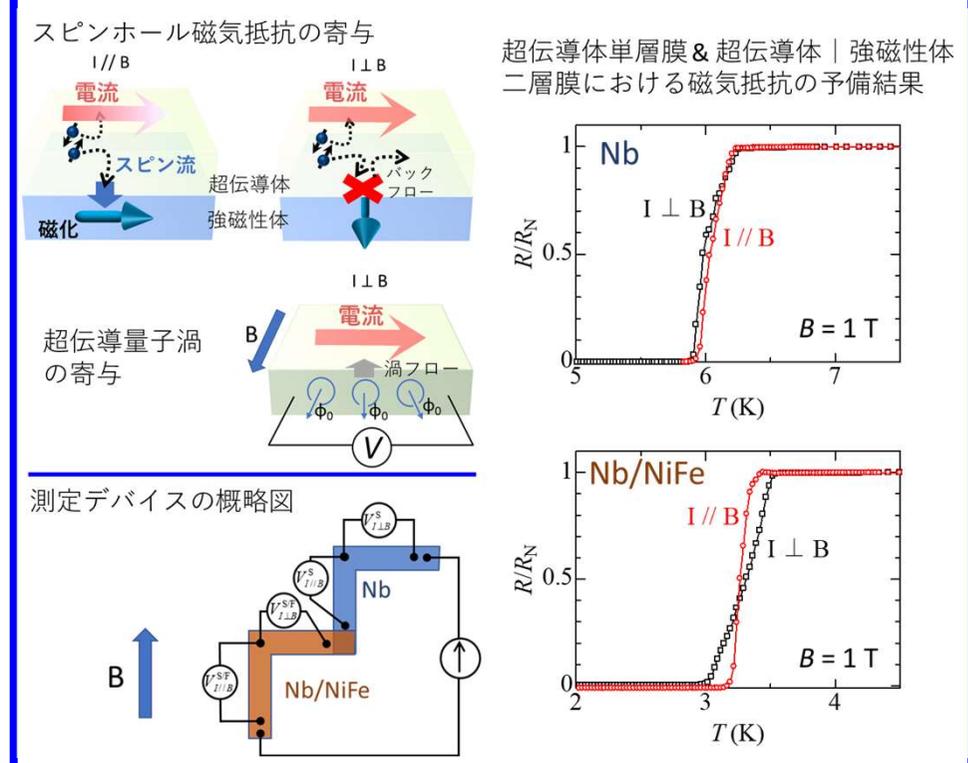


主要発表論文等:

# 研究プロジェクト名: 金属超伝導体におけるスピンホール磁気抵抗効果の研究

**概要:** スピン蓄積及びスピン注入が超伝導転移温度に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、強いスピン軌道相互作用を有する金属超伝導体におけるスピンホール磁気抵抗効果の研究を行う。金属超伝導体と強磁性体の二層薄膜構造を製作し、面内の磁化配置が超伝導転移に及ぼす影響を実験的に検証する。

**研究成果(実施状況):** 前年度得られた知見を元に測定デバイスの設計を改善し、超伝導薄膜が敏感な面直磁場成分を最小限かつ一定にし、強磁性体の磁化が電流に対して平行及び垂直の配置で超伝導体の磁気抵抗測定を行った(右図)。超伝導体単層膜では垂直配置の電気抵抗が常に支配的であるのに対し、超伝導体 | 強磁性体二層膜においては平行配置の電気抵抗が支配的になる温度・磁場領域の存在が観測された。現在は超伝導量子渦の寄与及びスピン軌道相互作用の寄与に関する実験的検証を進めている。



主要発表論文等:

# 研究プロジェクト名: 金属超伝導体におけるスピンホール磁気抵抗効果の研究

**概要:** スピン蓄積及びスピン注入が超伝導転移温度に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、強いスピン軌道相互作用を有する金属超伝導体におけるスピンホール磁気抵抗効果の研究を行う。金属超伝導体と強磁性体の界面を有する薄膜構造を作製し、面内の磁化配置が超伝導転移に及ぼす影響を実験的に研究する。

**研究成果(実施状況):**

ニオブ/パーマロイ(Nb/Py)薄膜構造においてPy磁化配置由来の有意義な $T_c$ 変換は確認されなかった(図1)。一方でSr(La)CuO<sub>2</sub>高温超伝導銅酸化物薄膜と低温反強磁性絶縁体DyScO<sub>3</sub>のヘテロ構造においてDyScO<sub>3</sub>の磁化緩和過程に起因した回転磁気抵抗を観測した(図2、文献[1])。大きいキャリア状態密度を有する金属膜よりも銅酸化物が磁性体界面効果の検出に適していると考えられる。

※Nb/Pyにおいて超伝導を実現するにはNb厚み>20 nmが必要となり、スピン拡散長(数nm)を上回る。

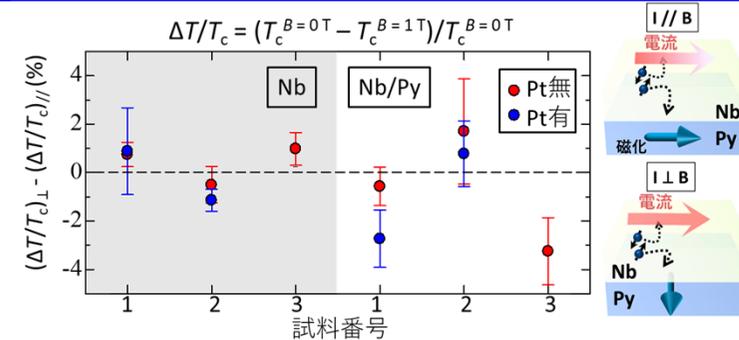
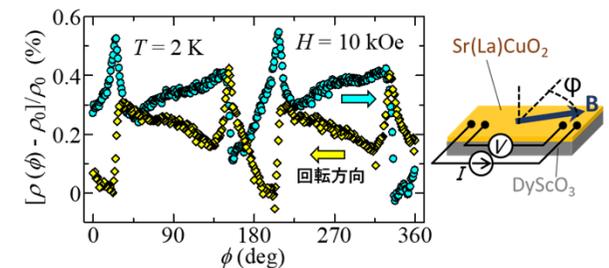


図1. NbやNb/Pyにおいて面内磁場配置による有意義な $T_c$ 変化が確認できず、スピン軌道相互作用の強いPtの近接効果による改善も見られなかった。

図2. 高温超伝導銅酸化物Sr(La)CuO<sub>2</sub>/低温反強磁性絶縁体DyScO<sub>3</sub>における回転磁気抵抗効果(文献[1])→



**関連発表論文等:** [1] J. Lustikova et al., Jpn. J. Appl. Phys. 61, 040904 (2022).