

量子情報セキュリティ

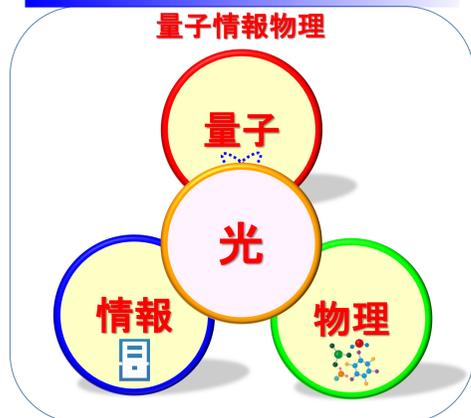
Research Unit: Quantum Information Security

研究ユニットの概要

量子コンピュータを接続する安全・安心な量子セキュリティネットワークの形成

研究分野

量子情報物理



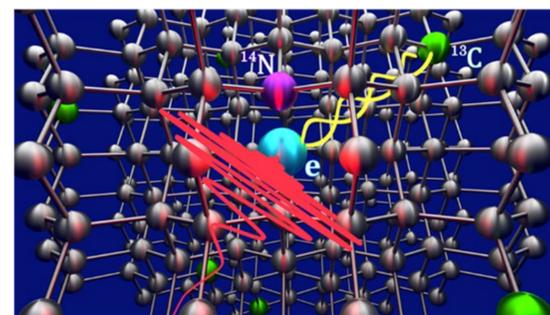
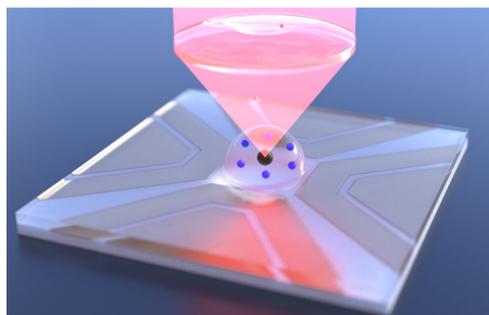
- ミクロな世界の物理である量子力学と情報科学を融合
- 光・量子技術でリスクとの共生が可能な超スマート社会(Society5.0)を創生
- 飛躍的に高速な量子コンピュータを絶対安全な量子暗号通信でネットワーク接続する量子中継技術を開発
- 量子計測、量子認証等のセキュリティ応用

応用分野

光・量子技術



量子暗号通信ネットワーク



原子あるいは素粒子レベルの基礎物理、材料科学から量子光学・原子光学を基礎とするデバイスからシステムまで開発します。量子計算、量子通信、量子中継に留まらず、量子機械学習、量子シミュレーション、量子物理認証、量子センシングなど量子セキュリティ技術全般に携わります。

光子・電子・核子といった宇宙の根源粒子である素粒子を音波から光波までの超広帯域な電磁場で自在に操ります。量子もつれを利用した量子テレポーテーションなどの量子力学的超常現象を固体内で起こし、異種量子メディア間の情報変換・処理・保持を行います。ホロノミー、トポロジーなどの基礎科学で量子を守ります。

ユニット・メンバー

主任研究者	小坂 英男 教授
共同研究者	南野 彰宏 准教授 (横浜国立大学)
	那須 譲治 准教授 (横浜国立大学)
連携研究者	加藤 宙光 (産業技術総合研究所)
	寺地 徳之 (物質・材料研究機構)
	小野田 忍 (量子科学技術研究開発機構)
	新荻 正隆 (セイコーインスツル株式会社)
	水落 憲和 (京都大学化学研究所)
	松崎 雄一郎 (NTT物性基礎研究所)



小坂 英男

広島県生まれ, 1989年 日本電気株式会社入社 (-2003), 1999年京都大学工学研究科電子物性工学専攻論文博士修了, 2003年 東北大学電気通信研究所助教授(2007年 准教授), 2014年 横浜国立大学大学院工学研究院教授, 2018年 先端科学高等研究院量子情報セキュリティ研究ユニット主任研究者.

2011年 石田(寛)記念財団研究奨励賞受賞.

主な研究プログラム

- 2018 - 2028
文科省 光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP) アドバイザリーボードメンバー
- 2017 - 2022
JST-CREST(戦略的創造研究推進事業) 研究代表者「ダイヤモンド量子セキュリティ, 量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出」
- 2016 - 2020
文科省 科学研究費補助金 基盤研究(S) 研究代表者「ダイヤモンドナノ量子システムにおける量子メディア変換技術の研究」
- 2011 - 2015
NICT 高度通信・放送研究開発委託研究 研究代表者「遠隔ノード間での量子もつれ純粋化技術 ~ハイブリッド量子中継器へ向けた研究開発~」
- 2004 - 2009
JST-CREST(戦略的創造研究推進事業) 研究代表者「単一光子から単一電子スピンへの量子メディア変換」

横浜国立大学 先端科学高等研究院

Institute of Advanced Sciences, Yokohama National University



Institute of
Advanced Sciences
Yokohama National University

量子情報セキュリティ

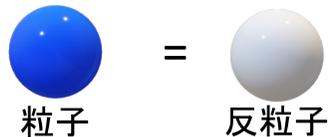
Research Unit: Quantum Information Security

マヨラナ粒子を用いた量子コンピューティング

量子多体状態を用いた擾乱に強いトポロジカル量子計算の実現に向けて

素粒子物理学

マヨラナ粒子: 粒子と反粒子が等価な素粒子



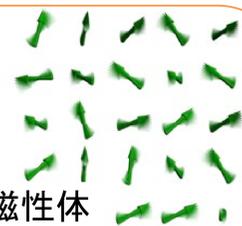
ニュートリノがその候補??



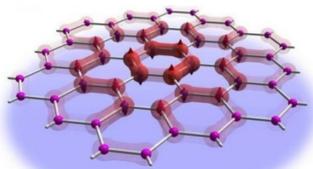
<https://ja.wikipedia.org/wiki/エッソーレ・マヨラナ>

固体物理学

磁性体: 固体中の磁石の元「スピン」の集団
(スピンの揃えば磁石になる)



量子スピン液体: 極低温までスピンが揃わない磁性体



スピンの動きがマヨラナ粒子と
“同じ運動方程式”に従う可能性??
(マヨラナ準粒子)

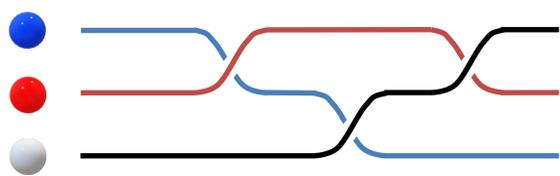
<https://www.sciencedaily.com/releases/2010/04/100408141208.htm>

量子情報

Kitaevの量子スピン模型: 量子スピン液体となる厳密化可解な模型



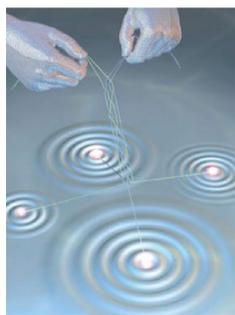
マヨラナ準粒子の編み込み(Braiding)



外部からの擾乱に強い“トポロジカル量子計算”

<http://www.caltech.edu/news/macarthur-foundation-names-alexei-kitaev-latest-caltech-genius-1467>

<https://www.csee.umbc.edu/2011/10/prof-lomonaco-talks-on-quantum-knots-quantum-braids-and-quantum-computing/>



最近の進展

磁性体「塩化ルテニウム」でマヨラナ準粒子存在の強い証拠が発見

Y. Kasahara et al., *Nature* 559, 227-231 (2018)

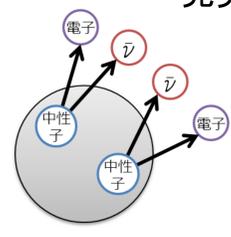
マヨラナ粒子は電荷を持たないので、
それが持つ特殊なエネルギーの流れを測定

トポロジカル量子計算に向けて
固体中でマヨラナ準粒子の
編み込みを行う方法を研究

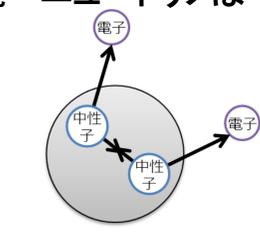
ニュートリノのマヨラナ性の検証

ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊

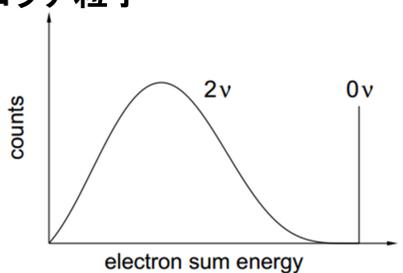
発見 = ニュートリノはマヨラナ粒子



通常の原子核の二重ベータ崩壊 (2νββ)



ニュートリノがマヨラナ粒子の場合に起こりえる、ニュートリノの伴わない二重ベータ崩壊 (0νββ)



二重ベータ崩壊における
2つの電子のエネルギー

<https://www-he.sphys.kyoto-u.ac.jp/research/Neutrino/AXEL/experiment.html>

ニュートリノ質量階層性と二重ベータ崩壊

3つの可能性 (ν ↔ ν̄ 反転しやすい)

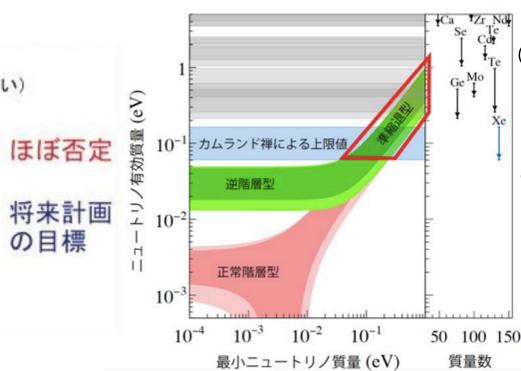
① 準縮退型

② 逆階層型

③ 正常階層型

重 (ν ↔ ν̄ 反転しやすい)

軽



多 (観測しやすい)
↑
ニュートリノなし
二重ベータ崩壊
の頻度
↓
少 (観測しにくい)

https://www.awa.tohoku.ac.jp/rcns/wp-content/uploads/2016/08/tohokuuniv-press20160809_01web.pdf

長基線加速器ニュートリノ振動実験 (T2K実験)

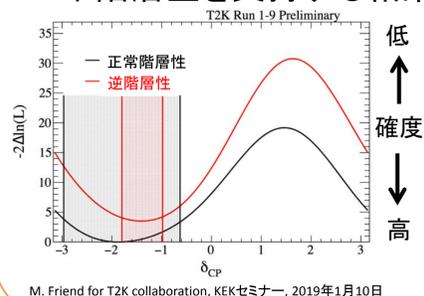


加速器でニュートリノを生成し、
295km離れた検出器で検出

ある種類のニュートリノが
別の種類のニュートリノに
変化するニュートリノ振動
の測定から質量階層性を決定

最近の進展

正常階層型を支持する結果



データ量増
+
精度向上
↓
正常か逆を
決定

M. Freund for T2K collaboration, KEKセミナー, 2019年1月10日