

量子通信

量子情報処理

量子計測

量子マテリアル

- ✓ 「緩やかな」大革命「量子科学技術」(1930-)が進行中
- ✓ イノベーションへの「量子飛躍」のタイミング？
(フラッグシップ=量子計算機開発)
- ✓ Society5.0 サイバ空間↔フィジカル空間の架橋
- ✓ ターンアラウンドタイムの許容
- ✓ 「電子立国」の終焉？「量子立国」の可能性？
知識集約・知価型への転換

量子ホール物理

高温超伝導

1980年代

量子系のトポロジー

強相関量子

2000年代

トポロジカル流・ベリー位相

新粒子描像・電子分裂

ナノ物理

現在

異常・スピンホール効果

マルチフェロイクス

冷却原子

先端分光技術

トポロジカル絶縁体

スピントロニクス

量子シミュレータ

ナノデバイス

近未来

トポロジカルエレクトロニクス

量子計算

超室温超伝導

モットロニクス

量子マテリアルの物理と機能の展開

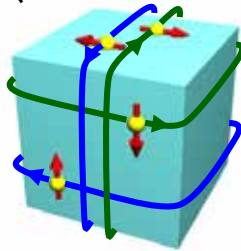
十倉,川崎,永長：
Nature Physics 13, 1058 (2017)
Emergent functions of quantum materials
より

量子マテリアル戦略 (参考案)

- 固体中の量子の強い相関とトポロジーに関する理解が近年大きく進展、半導体エレクトロニクス・フォトンクス・スピントロニクス機能に飛躍、革新をもたらす物質・材料の開発が競争的に進行中
- そこで生み出される新概念と新量子機能は、量子計測、量子情報処理の革新に直結する可能性

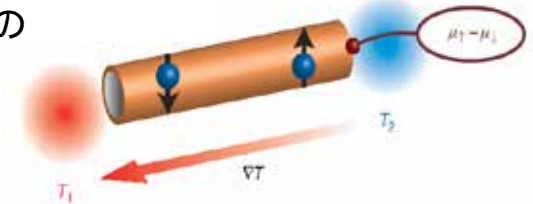
トポロジカル量子物質

- ✓ **トポロジカル絶縁体**はバルクは絶縁体だが表面は金属、表面電子の運動方向とスピンの向きが強く結合、高効率のスピン-電荷変換が可能
- ✓ グラフェンの3次元版物質としての、**ディラック・ワイル半金属**は高移動度光電材料として有望
- ✓ トポロジカル超伝導体の**マヨラナ粒子**は、ロバストな量子ビットとして応用が期待されるも、基礎的検証の段階



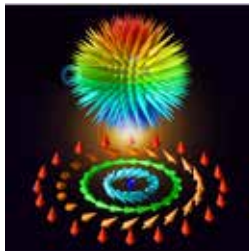
スピン流材料

- ✓ 電荷の散乱がないスピン流の高効率発生・担体物質は、**スピントロニクス**における情報伝送に不可欠
- ✓ 熱を運ぶスピン流はスピン-電荷変換を通じて**熱電(スピンゼーベック)効果**を惹起、廃熱発電への応用を期待



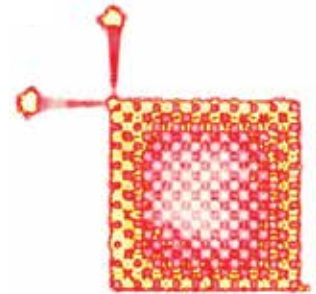
トポロジカル磁性体

- ✓ 磁壁上で(超伝導を用いない)損失ゼロの電荷輸送が可能にする**量子回路**が可能。また、無磁場量子ホール効果で、**ユビキタス抵抗量子標準**が可能
- ✓ 多数スピンからなるトポロジカルなナノ粒子-**スキルミオン**は低電流駆動が可能な情報担体
- ✓ 磁性、スピンの電氣的制御を可能にする**マルチフェロイクス**



トポロジカルフォトンクス

- ✓ ワイル半金属では、トポロジカルな**シフトカレント**を利用して、遠赤外から紫外にいたる広い波長域で無電源の光検出が可能
- ✓ トポロジカルなフォニック結晶での、非散逸エッジモードの利用により、**低損失光回路**や欠陥や乱れに強い低閾値単一モードの**トポロジカルレーザー**が可能



量子技術を進めるにあたっての具体的方策について

< 研究領域 >

- フラッグシップは重要かつ必要。しかし、ニッチに収斂した量子技術だけでは、全体の科学技術イノベ戦略は矮小化。量子技術の多能性（たとえばエネルギー変換機能や既存電子技術の革新など）を考慮。

< イノベーション誘発方策 >

- 量子科学技術の先端研究と産業の開発研究との乖離が増大傾向にある。上記量子技術の多能性を含めて、相互理解と協働を促進する方策、プログラムも考える必要がある。
- 研究開発拠点またはコンソーシアムの創設は、（１）トップ研究グループのブースト、（２）人材・技術の集積による協奏効果、（３）人材手薄な新分野の短期の人材・リーダー育成、が必要な場合である。現在の量子戦略の主要分野のうちでは、「量子情報処理」分野がこれに相当する。旧国プロ同様、企業研究リーダーの招聘もイノベ誘発に有効か。研究拠点は、国立研究開発法人（理研、産総研、NIMS）またはその連合体の置き、集中共同研究が必須で、期間は10年でゲートを設けるのが適当。（基礎－応用両面に渡る課題の観点から、過去のアトムテクノロジー、高温超電導、など集中共同研究プロジェクトの例とそこでの教訓が参考になる。）

< 人材育成・国際交流 >

- どの層を対象にするかで処方が異なるが、上記の「量子情報処理」分野研究開発拠点を例にとれば、PIは大学併任を多くすれば、博士課程学生、ポスドクの研究人材育成も見込まれる。また中堅研究者は開発・民間会社の任期制でなく定年制・無期雇用職を充てる（ポストを確保する）ことが量子技術研究開発の継続・発展性、次期リーダー人材育成、の観点から重要である。現在、研究体制の裾野と人材供給源が少ないため。
- 現在のステージは、オープンクローズ戦略を取れる段階になく、国際に開かれた、頭脳循環を促進する組織・体制を取ることが有効。