

理論系研究室の研究内容

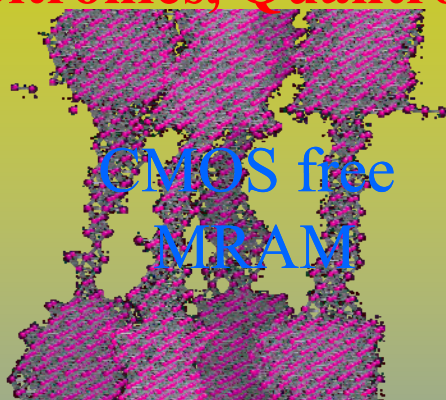
各研究室の紹介

理論物質科学グループ 吉田研究室

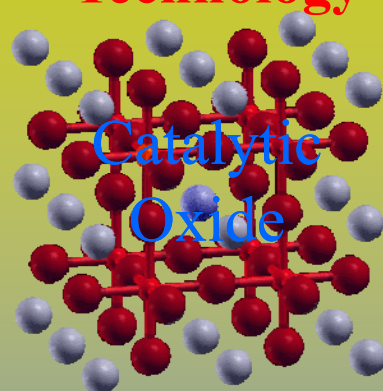
教授: 吉田 博
助教: 福島鉄也

第一原理電子状態計算やモデル計算の新手法開発を行い、物質の電子状態や構造を解明・予測し、未来志向型の新機能物質創製（極限条件下物質、超伝導、新規磁性体、新機能ナノ物質）と新機能デバイス構造（ナノスピントロニクス、オプティクス、モルトロニクス）のデザインを指向した研究を行っています。未知の現象を予測・解明し、新しい物質構造やナノ超構造を計算機シミュレーションによるデザインと実証を核として、環境・エネルギー・安全安心・次世代ナノエレクトロニクスなどの諸課題を解決する方法を現実物質や未来物質の理論やデザインに基づいて提案しています。

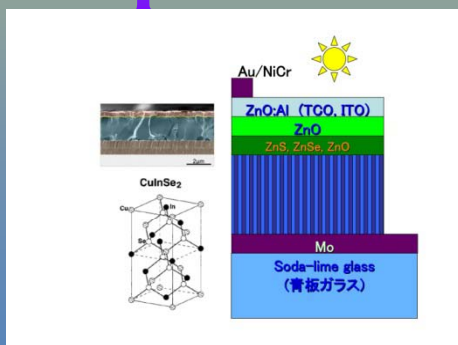
Nano-Spintronics & Moltronics, Quantronics



Elements Science & Technology



Computational Materials Design[®]



High-efficiency Energy Conversion & Environment-friendly Materials

Superconducting Ca Phase V



High Pressure Physics

各研究室の紹介

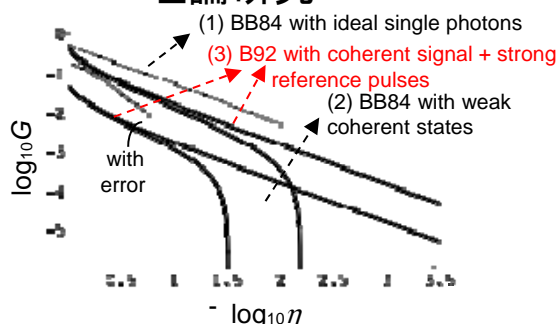
量子情報・量子光学 井元研究室

教授 : 井元信之
准教授 : 山本 俊
助教 : 生田力三

<http://www.qi.mp.es.osaka-u.ac.jp/>

量子情報処理すなわち量子暗号、量子コンピューティング、量子テレポーテーション、多者間プロトコル、量子ゲームの新しいアイデアとその物理的実現を目指し、理論および実験研究を行っている。その基盤となる光と物質の相互作用の研究では、新しい量子状態やエンタングルメント(量子相関)の発生制御、量子力学的に許される操作の特長や限界の解明に関する研究を行っている。関連研究として半導体量子ドットや超伝導体と光の相互作用についても、共同研究としておこなっている。

理論研究



各種量子暗号の比較: 通信路透過率 η に対する秘密鍵生成レート G 。単一光子パルスでなく通常のレーザーパルス(3)でもかなり良いという意外な事実が判明

量子情報と古典情報の究極の違いを様々な形で追及。それを用いた応用の提案とその有効性の理論証明、および実験系提案

実験研究



雑音相関抽出技術を用いた雑音チャンネルでの光子の量子状態の忠実な伝送実験

初のエンタングルメント抽出実験論文

光子・コヒーレント光の「直接量子観測」や「量子一括測定」によるエンタングルメント制御や量子演算の実現

量子光学に根ざした「地に足の着いた量子情報研究」と、物性理論と情報理論のバックボーンによる、ユニークな教育研究を展開

各研究室の紹介

強相関系理論 藤本研究室

教授 : 藤本 聡
助教 : 鶴田篤史

<http://cond.scphys.kyoto-u.ac.jp/~fuji>
(藤本@京大ページ)

<http://www-miyakelab.mp.es.osaka-u.ac.jp>
(旧三宅研)

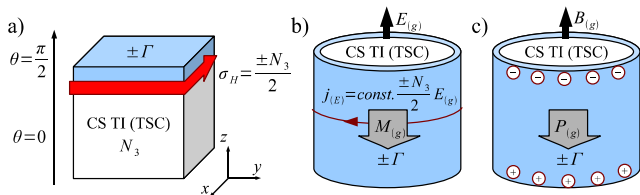
電子間のクーロン斥力が非常に強いため、従来のバンド理論では記述できない強相関電子系(例えば高温超伝導体等)で実現する新しい量子凝縮相の理論研究を行っています。特に従来の枠組みを越えた新奇な超伝導、量子磁性、およびトポロジカル絶縁体・超伝導等がメイン・テーマです。トポロジカル絶縁体・超伝導は量子多体状態が”メビウスの輪”のようにねじれた構造を有し、そのため、様々な新奇物性が発現し、基礎物理研究として重要であるだけでなく、スピントロニクス、量子情報への応用も期待されているホット・トピックスです。

❖ 物質中に創発する新量子現象の解明と理論予言

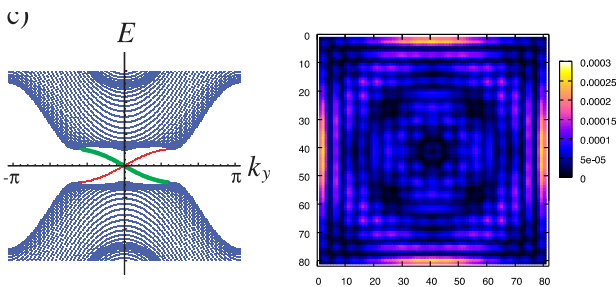
❖ 凝縮系物理学の新概念創出

❖ 未来のテクノロジーへの展開

トポロジカル量子凝縮相

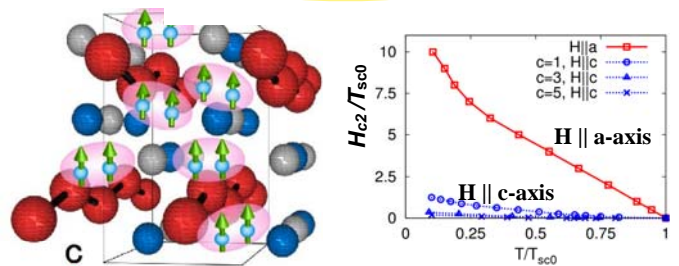


トポロジカル電磁気現象の理論予測



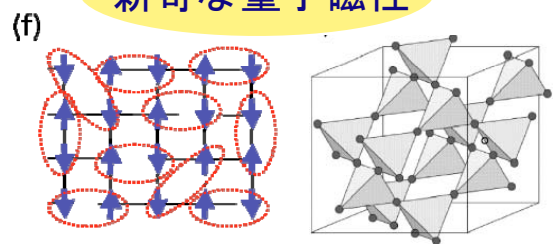
超伝導体におけるマヨラナ・フェルミオンの実現と量子情報への応用

新奇な超伝導



磁石と共存する超伝導体
UCoGeの非BCS超伝導機構解明

新奇な量子磁性



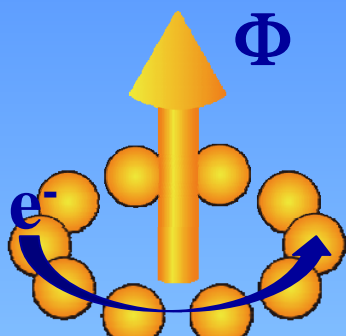
量子スピン液体の理論

理論物質科学グループ2 草部研究室

准教授 : 草部 浩一

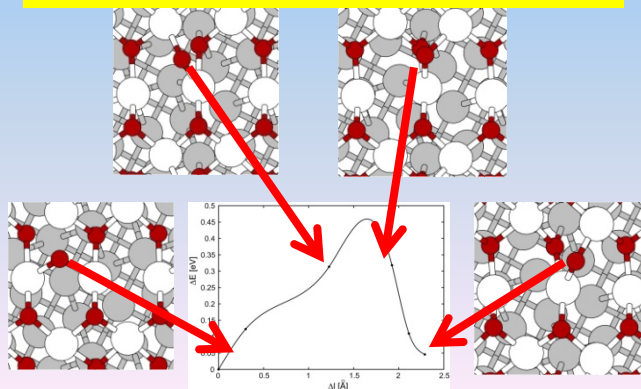
<http://www.artemis-mp.jp>

物質中で電子系が示す量子的相関運動の精密計算手法を、量子統計力学と密度汎関数理論を拡張して開発し、磁気・超伝導などの多体现象を解明しています。ゲージ自由度の変動も用いたシミュレーションを実施して、荷電・スピンの秩序形成を判定します。そして、ナノ炭素系・配列ナノ空間物質やナノ粒子形成触媒など新規物質系の特性解明と予測までを行います。量子力学的効果による物質機能を発現する未来型物質の創成を目指します。

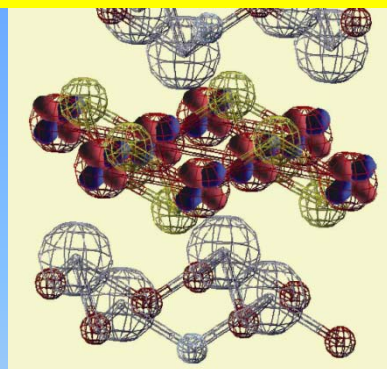


ゲージ自由度が与える効果に着目した相転移現象の同定方法を開発し、電子やスピンの系に適用しました。

貴金属Pd上の酸化被膜に生じる、活性酸素運動性を理論計算から予測して、触媒機能の発現機構を提言しました。

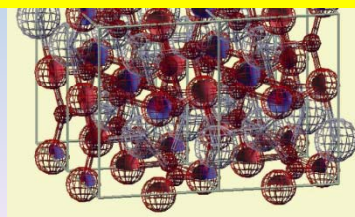


層状超伝導体、電子ペア層間ホッピングによる高温超電導機構を提言しました。



LaFeAsO

ペロブスカイト構造などに現れる強相関電子系に適用する電子状態計算方法を開発しました。



G-AF LaFeO₃

実験系研究室の研究内容

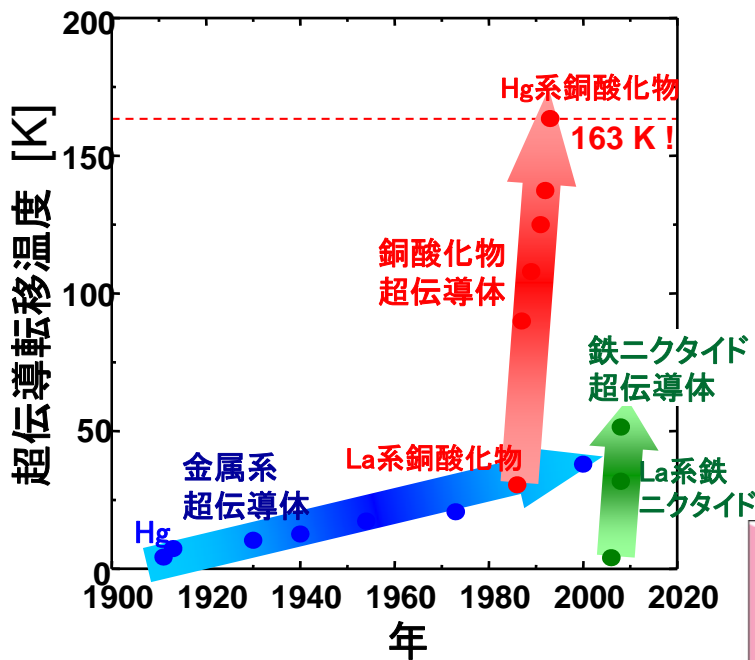
物質機能解析 北岡研究室

教授 : 北岡良雄
准教授 : 棕田秀和
助教 : 八島光晴

<http://www.kitaokalab.mp.es.osaka-u.ac.jp/>

原子核磁気モーメントと電子磁気モーメントとの相互作用を通じて、ミクロな電子状態を観測できるNMR分光を用いて、固体電子系や巨大分子 π 電子系が示す電子機能(たとえば高温超伝導現象、永久磁石現象、磁性と超伝導の共存現象、巨大分子自己組織化能のスローダイナミクスなど)を解析し、未来志向型の新機能物質創製の指針を明らかにしています。

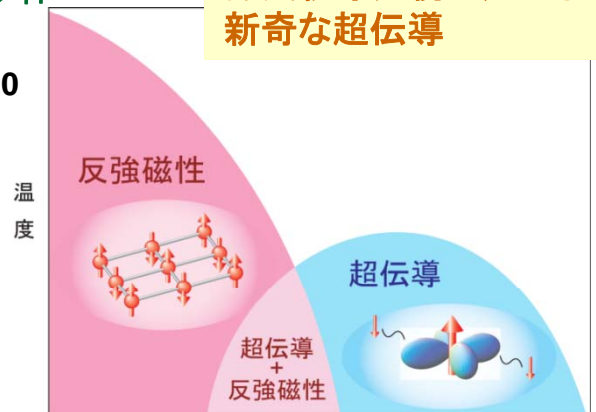
高温超伝導現象の謎に挑む！



多重極限下での物質機能解析



磁気秩序近傍で起こる新奇的な超伝導



ホールドーブ or 電子ドーブ (高温超伝導)
圧力 (重い電子系)

新しい超伝導を求めて、
~そして、未来を創る
電子材料開発へ

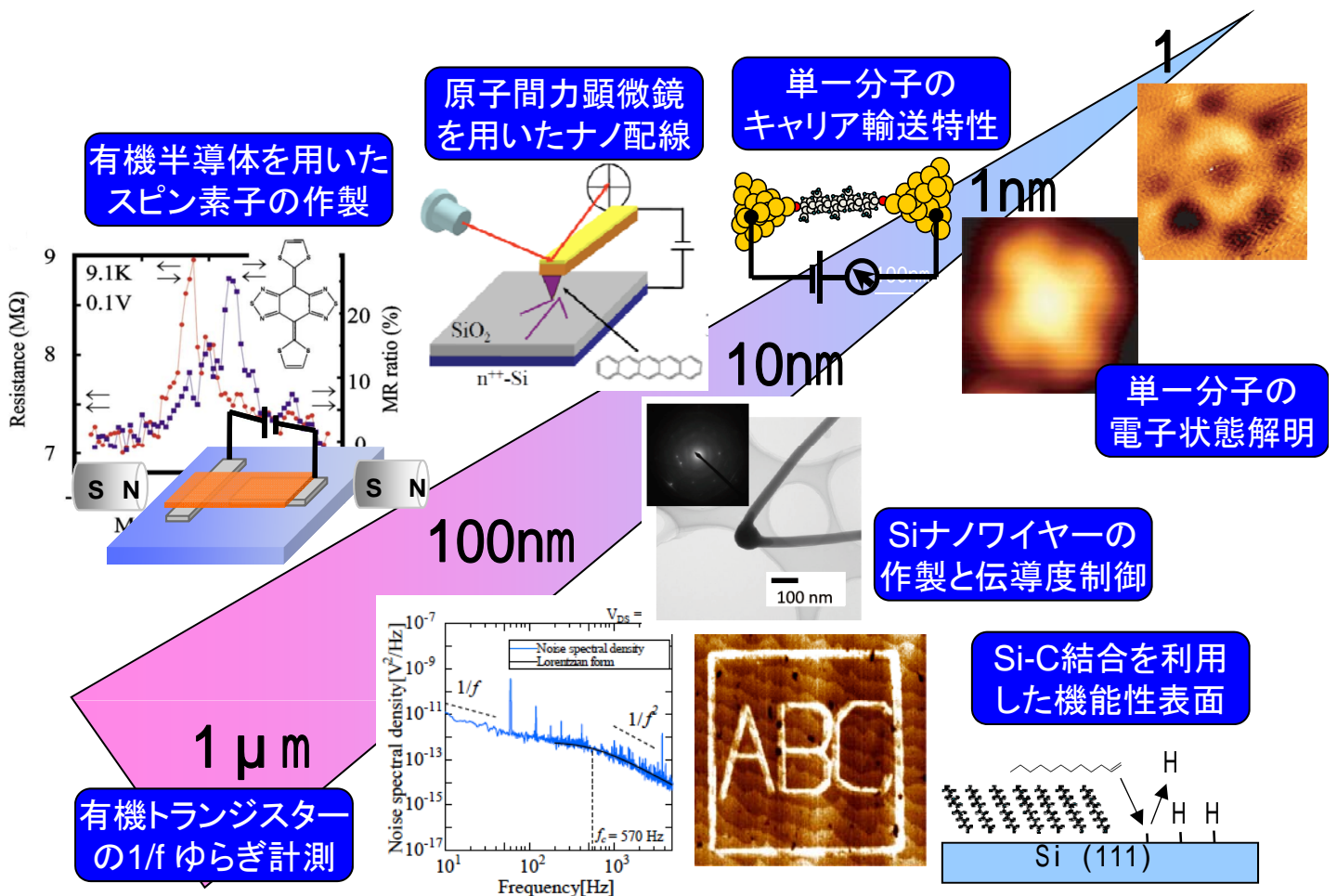
各研究室の紹介

分子エレクトロニクス 多田研究室

教授 : 多田博一
准教授 : 山田 亮
助教 : 大戸 達彦

<http://www.molelectronics.jp>

さまざまな機能を持つ分子を組み合わせ、新しい電子的・光学的機能を有する素子を構築する研究を展開しています。素子の高性能化には、(1) 分子と電極との接続(キャリア注入機構の問題)および(2) 分子と分子の接続(キャリア輸送機構の問題)を分子レベルで解明し制御する必要があります。我々のグループでは、薄膜デバイスからナノデバイスをターゲットとし、最先端の解析技術を駆使してこれらの問題解決に取り組み、新しい分子素子の構築と新しい学問領域の創成を目指しています。



各研究室の紹介

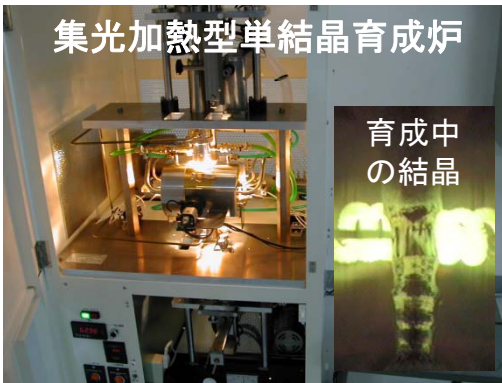
機能性物質の探索 木村研究室

教授 : 木村 剛
准教授 : 若林裕助
助教 : 木村健太

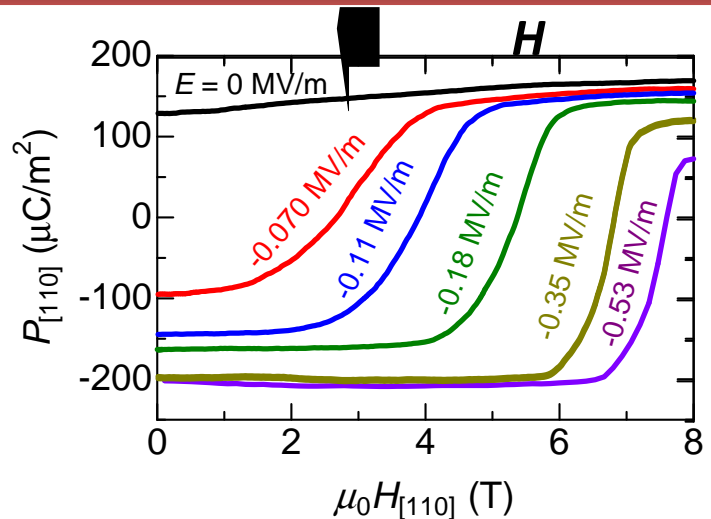
<http://crystal.mp.es.osaka-u.ac.jp/>

多彩な固体物性(磁性、強誘電性、構造物性など)を組み合わせることによって生み出される機能性物質の開発・高機能(巨大、高温など)な電気磁気応答の発現を目指した研究を展開します。物質設計・単結晶育成から、上述の諸物性・それに対応した微小な構造変化等の精密測定までを一貫して手がけ、観測される現象の背後にある物理を探求します。

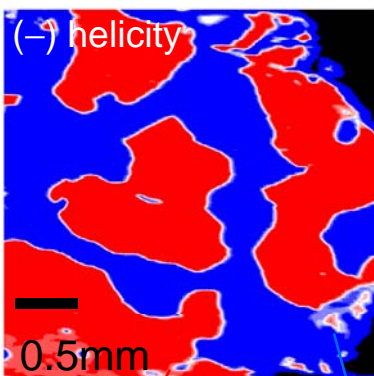
集光加熱型単結晶育成炉



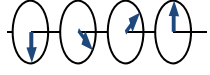
磁場と電場による分極反転の制御



スピнкаイラルドメインの
実空間観測



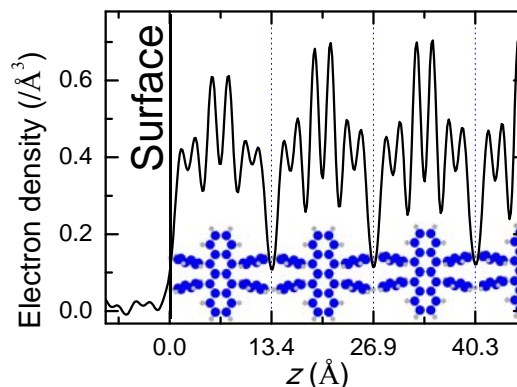
Left-handed



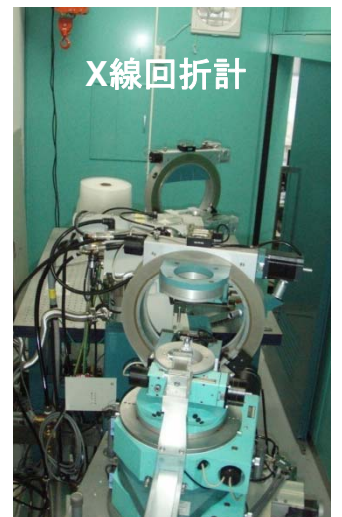
Right-handed



有機半導体
表面構造の観測



X線回折計



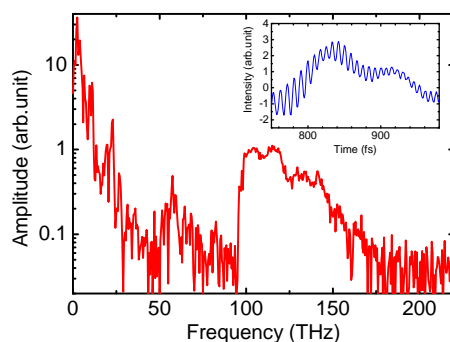
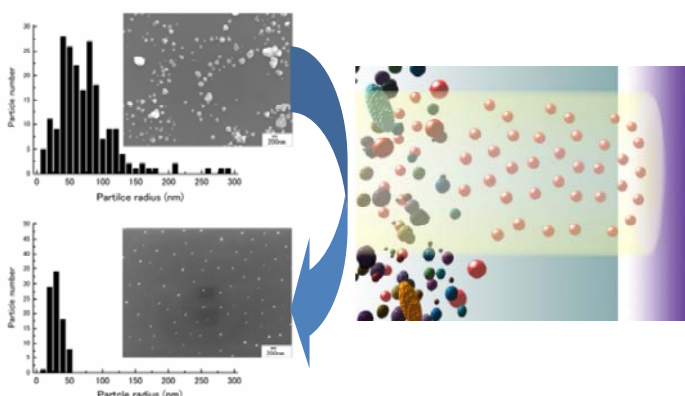
各研究室の紹介

光物性・レーザー分光 芦田研究室

教授 : 芦田昌明
准教授 : 永井正也
助教 : 蓑輪陽介

<http://laser.mp.es.osaka-u.ac.jp/>

光と物質の相互作用に関する基礎的研究とその応用を、超短パルスレーザーなどを用いて推進しています。具体的には、半導体微小構造物質(薄膜やナノ粒子)や高温超伝導体などの強相関電子系の電子励起状態、フォノン、スピンのダイナミクスやコヒーレンスを、時間分解分光、非線形分光、テラヘルツ波時間領域分光や単一微粒子分光、さらにカソードルミネッセンスなどの新しい分光法を駆使して明らかにするとともに、光による微小構造の作製、運動制御、選別、配列などを進め、新しい光機能性材料・デバイスを創成する研究も行っています。



超流動ヘリウム中におけるナノ粒子の光制御(右は概念図)共鳴輻射力による輸送およびサイズ選別に初めて成功. 世界最高となる170THzを超えるテラヘルツ波の発生と検出に成功. 挿入図は電場時間波形.

光と電荷、スピン、格子振動などの相互作用とその超高速ダイナミクス

紫外～可視～赤外～遠赤外領域の広範囲の光を用いた超高速分光

新奇的な光物性の発見と説明、新規光機能の創成

物性物理学の主要対象である強相関電子系とナノ構造物質に関わる光科学から量子工学に至る特徴ある教育研究を推進

各研究室の紹介

高エネルギー固体電子分光 関山研究室

教授 : 関山 明
准教授 : 木須孝幸
助教 : 藤原秀紀

<http://decima.mp.es.osaka-u.ac.jp>

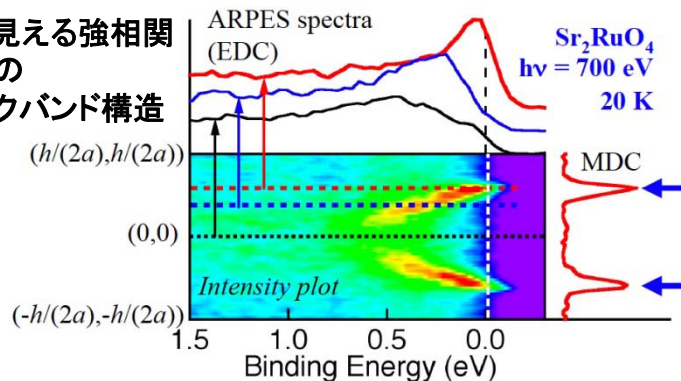
SPring-8の強力アンジュレータから出たシンクロトロン放射光や高輝度マルチ希ガスプラズマ放電光を用いた**角度積分・角度分解光電子分光**を行うことで、従来知ることが難しかった高温超伝導体や重い電子系物質といった強相関物質のバルク電子構造を詳細に知ることができ、世界最先端の研究を可能にします。

H21年度より発足した関山研究室では、関山をはじめスタッフが現場で開拓してきた「**バルク敏感**」を志向した、**紫外線から硬X線まで3ケタにわたる光**を駆使した**先端光電子分光**を行い、強相関物質のバルク電子構造解明を行います。また、**ダイヤモンドを用いた硬X線偏光制御光電子分光**や実験室**マルチ希ガス光源高密度化**による**微小領域高分解能光電子分光**等の**新たな光電子分光法開発**も積極的に行い、高エネルギー電子分光のフロンティアを切り開く研究を指向しています。

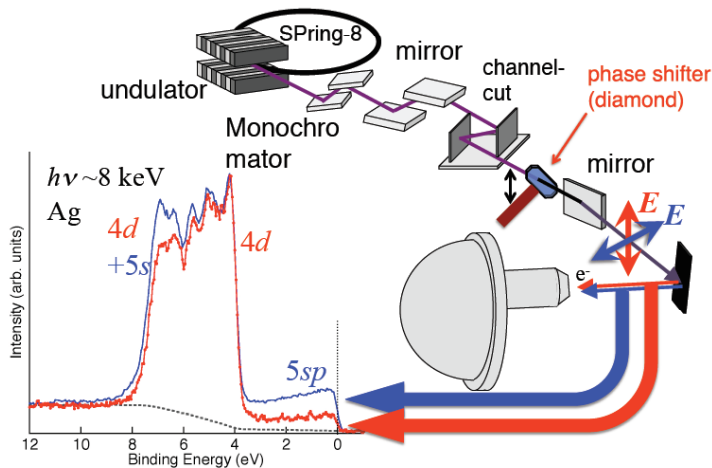


SPring-8全景

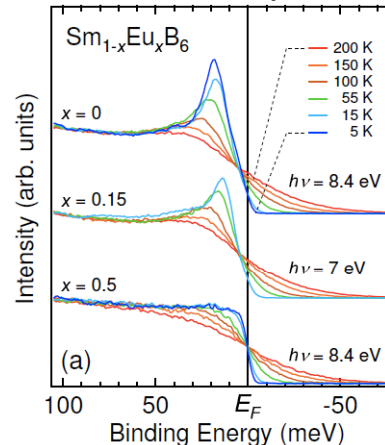
目で見える強相関物質のバルクバンド構造



硬X線偏光制御光電子分光($h\nu \sim 8000$ eV)



極低エネルギー高分解能光電子スペクトル($h\nu \sim 8$ eV)



各研究室の紹介

半導体量子機能 松本研究室

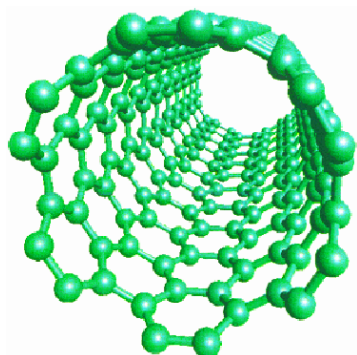
教授 : 松本和彦
准教授 : 井上恒一
准教授 : 前橋兼三
特任准教授 : 大野恭秀
産業科学研究所

<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/se/>

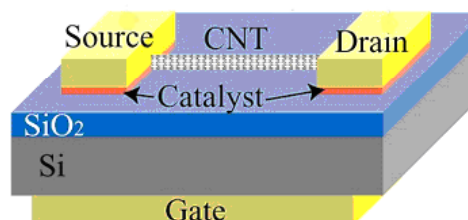
カーボンナノチューブを用いたナノメートルサイズの量子デバイスとバイオセンサーの研究開発を行っています。

1) カーボンナノチューブに特有な、格子散乱を受けないバルスティック伝導、量子抵抗を示す一次元量子伝導、電子を一個ずつ移動できる単一電子伝導特性などの特殊な伝導特性を解明する。

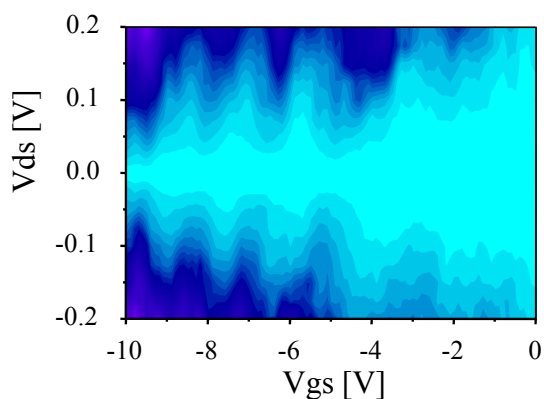
2) これらを利用して従来のトランジスタより数桁高い特性を有するトランジスタの開発やDNAや蛋白質を高感度で検知するカーボンナノチューブバイオセンサーの開発を行う。



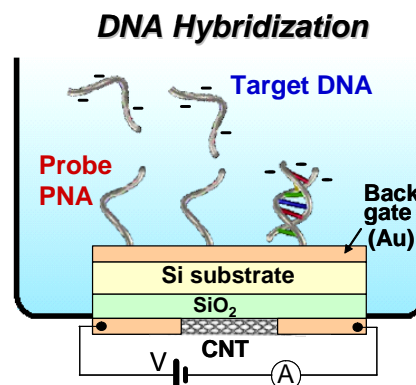
カーボンナノチューブの構造図



カーボンナノチューブトランジスタ



室温で電子を一個ずつ移動させている特性 カーボンナノチューブを用いたDNAセンサー



各研究室の紹介

ナノマテリアル・デバイス
田中研究室

教授 : 田中秀和
准教授 : 神吉輝夫
助教 : 服部 梓
助教 : 藤原宏平

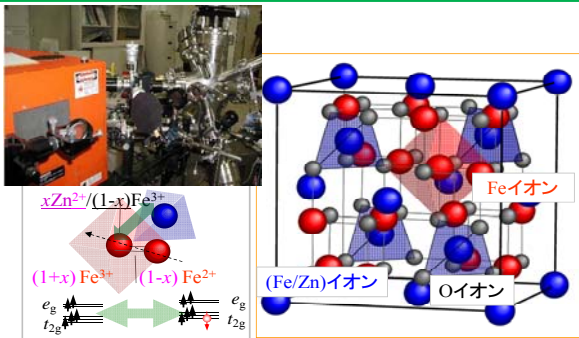
産業科学研究所

<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/bis/>

強磁性、強誘電性などの多彩な物性を発現する強相関電子系酸化物を主な対象とし、ボトムアップナノテクノロジーであるレーザを用いた物質積み上げ技術により異なる機能を調和させ新機能物質を創成します。更に新物質に対しトップダウンナノテクノロジーである超微細加工技術によりナノサイズのデバイスを作製し、ナノスケール構造と物性の相関を明らかにします。

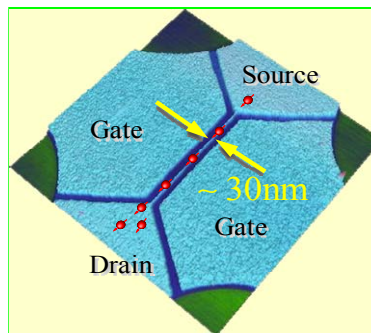
光・電場・磁場によりスピン・電荷が巨大に応答し、Siに無い多彩な機能を有する“機能性酸化物ナノエレクトロニクス”の実現を目指しています。

レーザMBEによる新機能物質創製

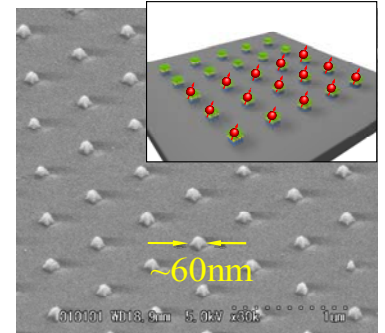


新規強磁性酸化物エピタキシャル薄膜

強相関スピン酸化物ナノ構造・デバイス

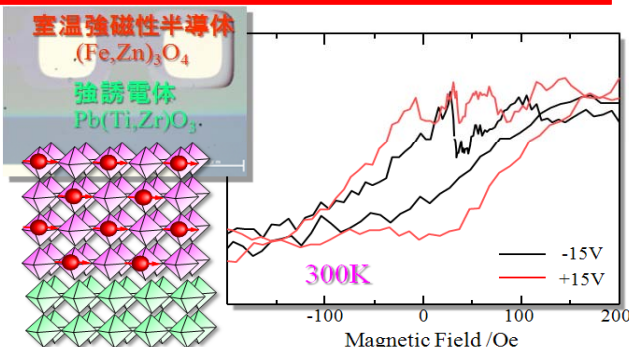


ナノスケール
強相関Fe酸化物FET



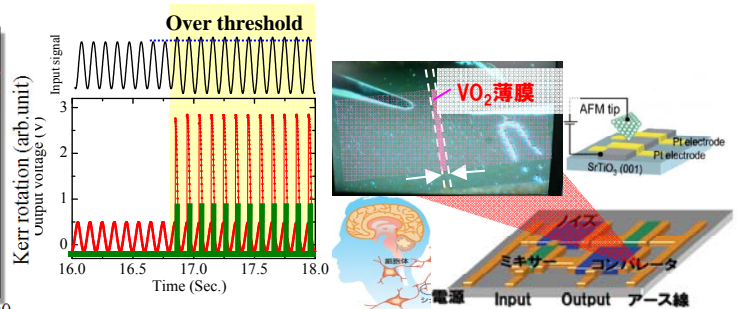
機能性酸化物ナノドット

機能性酸化物ナノスピントロニクス



室温動作強磁性酸化物電界効果トランジスタ

生体類似機能ナノデバイス創製



巨大相転移VO₂薄膜のニューロン模倣パルス

各研究室の紹介

ナノ機能予測 小口研究室

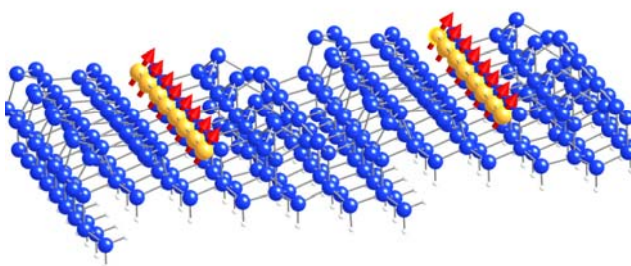
教授 : 小口多美夫
准教授 : 白井 光雲
助教 : 山内 邦彦
助教 : 初田 浩義

産業科学研究所

http://www.cmp.sanken.osaka-u.ac.jp/index_jp.html

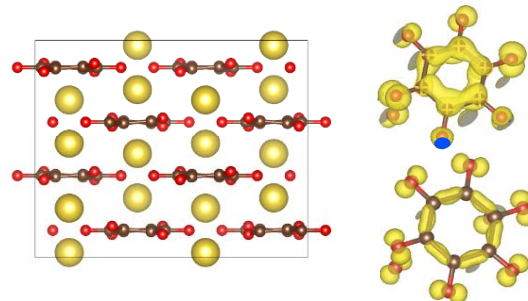
第一原理計算に基づき、種々の固体系・表面系で発現する物性・機能を理論的に予測する研究を行っています。発現機構を電子状態の特異性から明らかにすることによって、新たな物質を設計する研究にも展開しています。また、第一原理計算に必要となる基礎理論や計算手法の開発にも取り組んでいます。

スピン軌道相互作用による新奇物性



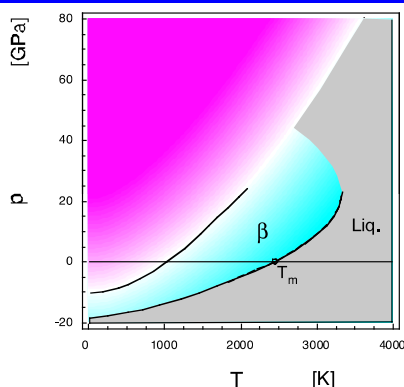
Si表面Au鎖構造に見られるのラシュバ効果

二次電池正極材料のデザイン



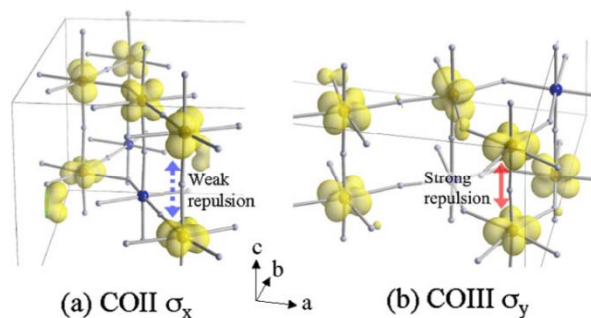
Na₂C₆O₆の構造とHOMOバンド電子密度

ダイナミックデザイン



半導体を超伝導体に変える

マルチフェロイック物性の理論



スピン・電荷・軌道秩序の交差相関