



国立研究開発法人

量子科学技術研究開発機構（量研）

高崎量子応用研究所

第46号

高崎研だより



役立つ科学

スピントロニクスが拓く未来社会

My favorite

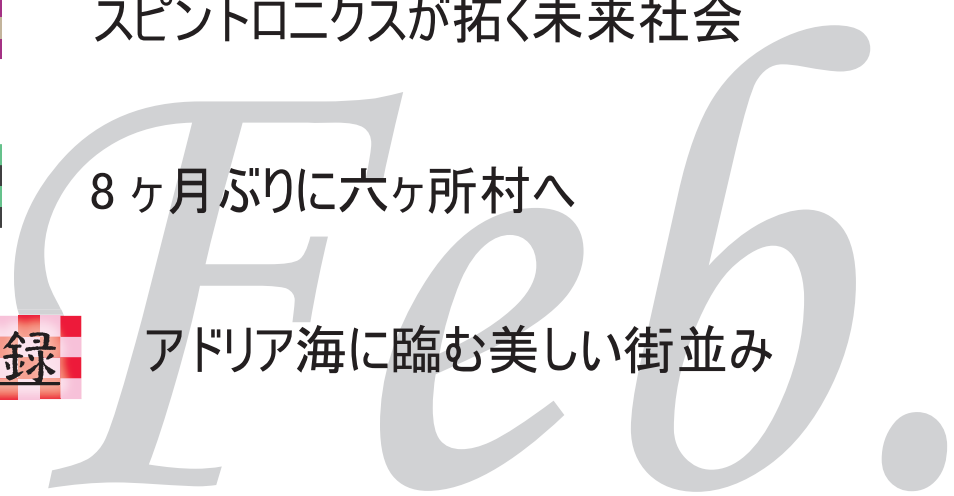
8ヶ月ぶりに六ヶ所村へ

日本/世界見聞録

アドリア海に臨む美しい街並み

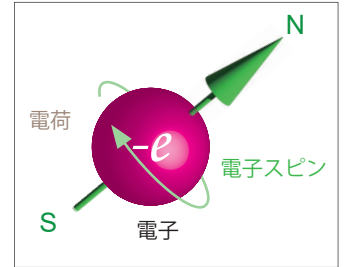
書道のいろは

引き出しを増やす、臨書



Q1. 「スピントロニクス」初めて聞く言葉ですが？

パソコンや携帯電話に利用されているエレクトロニクスは、電子のもつ「電荷」から生じる電流や電圧を信号・情報として利用する技術ですが、電子は電荷の他に「スピン」（磁石の性質）を持っています。電荷の性質を利用するエレクトロニクスに対し、電荷だけでなくスピンを利用するのが「スピントロニクス」です。エレクトロニクス技術は情報の記憶や読み出しにトランジスタと呼ばれる半導体素子を利用していますが、情報を保持するためには常に電気を流さなければなりません。これに対して、スピントロニクス技術は、電流がなくても情報を保持できる「不揮発性」という特長を持つので、情報を読み書きする時だけ電気が流れればよく、使用する電力を大幅に削減することができます。



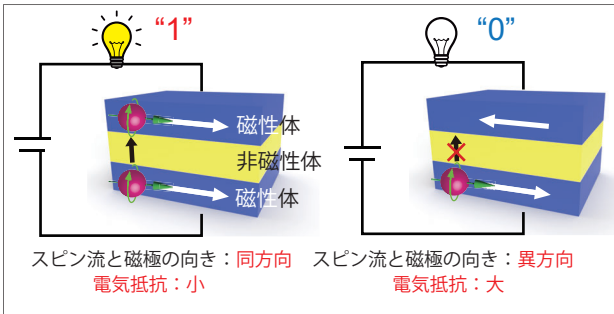
電子スピン

Q2. どのような分野への利用が期待されているのですか？

スピントロニクス技術は情報分野への利用が期待されています。近年、インターネットや人工知能(AI)などの発達に伴い、社会で消費されるデジタルデータの量は年間数10%の勢いで増え続けています。増え続ける莫大な情報を記録するためには、より大容量で消費電力の少ないメモリが必要となります。スピントロニクスは、そのような次世代のメモリを開発するために欠かせない技術なのです。

Q3. 具体的には、どのような研究を行っているのでしょうか？

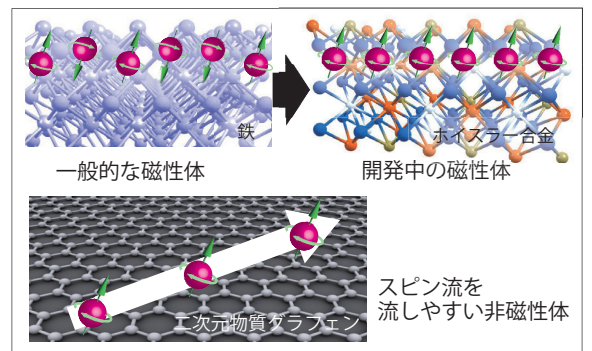
私たちはスピンを使って情報を記憶する磁気メモリに関する研究開発に取り組んでいます。具体的には、磁気メモリの「心臓」と呼ばれる磁気抵抗素子の研究を行っています。磁気抵抗素子は厚さがナノメートル程度の磁性体と非磁性体を積層した構造になっています。情報を書き込む際は電流を流し、電流によって生じたスピンの流れ（スピン流）を利用して磁性体の磁極の向きを変えます。磁気抵抗素子では、磁極の向きによってスピン流の流れやすさ（電気抵抗）が変わるので、電気抵抗を測ることで書き込まれた情報を読み出すことができます。私たちは、大容量で電力消費の少ない磁気メモリの実現に向けて、磁気抵抗素子を高性能化するための研究開発を行っています。



磁気抵抗素子の原理

Q4. 高性能磁気抵抗素子の開発に必要なことは何でしょうか？

高性能な磁気抵抗素子を開発するためには、スピン流を生み出す能力高い磁性体とスピン流を流しやすい非磁性体が必要となります。磁性体については、ホイスラー合金という材料に注目しています。例えば、一般的な磁性体である鉄ではスピンの向きはバラバラですが、ホイスラー合金ではスピン流の向きを完全に揃えることができます。非磁性体については、スピン流の流れが最も高いとされる2次元物質のグラフェンに注目しています。最近、私たちは世界で初めてホイスラー合金とグラフェンを積層した構造を作ることになりました。現在、この新しい素材を使って、これまでになく高性能な磁気抵抗素子を開発したいと考え、研究に取り組んでいます。



開発中の磁気抵抗素子の材料（磁性体と非磁性体）

皆様は、どのようなお正月を過ごされましたか？ 今月号は、私のお正月についてお話できればと思います。

地元へ帰りますと、あたり一面が雪で真っ白になっておりました。例年よりも雪が多く、家の前には除雪された雪で山が出来上がっていました。そうすると聞こえてくる「ねえねえ、遊ぼ〜！」という姪っ子ちゃん(5)の声。全身防寒フル装備でいざ外へ。フワフワの雪で楽しそうに遊んでいる姪っ子ちゃんは可愛らしいのですが、あまりの雪の多さに参ってしまい、すぐ家の中へ避難しました。たくさん遊べなくてごめんね、。



除雪された雪山で遊ぶ姪っ子と私



お正月料理に舌鼓

お正月と言えば雪の他には、おせちやお餅、お雑煮など、食べ物ばかり思い浮かべてしまう人もいるのではないのでしょうか。私はその一人です。流行りの食べ物が全国各地に進出していく中、お正月は変わらぬ味を楽しめる良い機会だと思います。特に印象に残っているのは、年越しそばです。我が家では家族みんなで新年を祝って乾杯し、年越しそばを食べるのが通例です。しかし、4月から一人暮らしがスタートし、家族揃ってご飯を食べる時間が減ってしまった現在、あらためて当時の楽しい時間が思い出されます。

今年のお正月は家族との時間だけでなく、友人とも楽しく過ごすことができ、大好きな高崎へ帰るのが少し億劫になってしまいうくらい充実したものでした。

冬も夏も好き (ペンネーム)

日本/世界見聞録

アドリア海に臨む美しい街並み

2019年6月スロヴェニアで開催された「原子力技術に関する国際会議」と、ヨーゼフ・ステファン研究所の原子炉を用いた実験に参加してきました。会議は、アドリア海に面したリゾート地、ポルトロシエで開催されました。現地の雰囲気や気候、景色は、アドリア海を舞台とした映画「紅の豚」を彷彿とさせる美しいものでした。近年、どこへ行っても見かけるアジアからの観光客はここではほとんど見かけず、穴場的な場所を見つけたと何故か少し嬉しくなりました。食事はイタリアの隣国ということもあり、ピザやパスタ、ハムが非常に美味しく、スロヴェニアの秀逸なビールも飲みました。ゆったりした雰囲気の中、会議は進み、バンケットは波打ち際で催されるなどアドリア海を堪能することができました。



ポルトロシエの街並み



原子炉プールの様子

原子炉実験は、スロヴェニアの首都リュブリャナ郊外にある、教育・実験炉 TRIGA を行いました。原子炉側壁にある照射口からの中性子を測定する実験です。ここで驚くのは、計測はオープンプール型原子炉の真上に座って行うことです。原子炉の最大出力時でもプールを覗かなければ、被ばく管理ができます。

コロナの蔓延によって海外渡航が実質的に禁止されてはや2年が経ちました。国際的な交流は楽しいことばかりではありませんが、研究・文化のみならず、今となつてはこの困難な状況をどう打開していくかといった考え方、働き方を学べる機会だと思います。この状況がいち早く収束し、この「見聞録」の記事が華やかになっていくことを楽しみにしています。

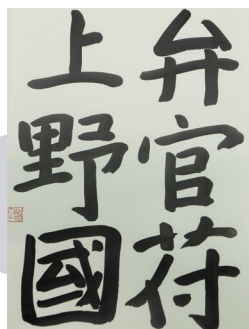
書道をするには5種類の漢字の書体を学ぶことが重要です、と1月号に記しました。その5書体を学ぶ方法ですが、それは「臨書」です。臨書とは、古典作品をお手本にして、文字をそのまま模倣して書くことをいいます。ここで言う古典作品とは「大昔、すごく上手！素敵！」と評価され、後世に受け継がれてきた書物のことです。これは、紙であったり、石碑であったりします。臨書の目的は単に文字の形や線質を追うだけでなく、作者の気持ちや熱意が込められたものが多く、その筆意に学ぶためにも役立っています。

そこで、私の好きな古典作品6作をご紹介します。①の多胡碑ですが、これは群馬県民にはおなじみの上毛かるたに登場する上野三碑の一つ「多胡碑」です。ユネスコの“世界の記憶”にも登録されています。写真は多胡碑の最初

の6文字を臨書したものです。見た目には美しい文字ではありませんが、完全に真似て書くことが重要なのです。高崎駅のコンコースにある石碑のレプリカと比較してみてください。②～⑥は有名な

私の好きな古典作品

	古典作品名	年代	文字の特徴
①	多胡碑	711年	丸みのある均一な線で、ゆったりとしたおおらかな印象
②	雁塔聖教序	654年	針金のように細い線で、抑揚、緩急の変化がある
③	建中告身帖	781年	縦線が太く、丸みを帯び立体感を持った厚重な感じ
④	造像記	500年頃	彫刻刀で彫ったような直線的で角張った形
⑤	曹全碑	185年	扁平な字形と伸びやかな払い
⑥	居延漢簡	～98年	流れがよく、リズムカルな感じ(木の板に書いた文字)



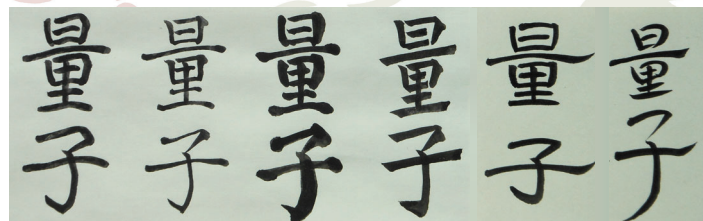
「多胡碑」の臨書

中国の古典作品です。②の「雁塔聖教序」は西遊記の三蔵法師のモデルとなった玄奘という人がインドから仏典を持ち帰り、翻訳したことの功績を記したもので、③の「建中告身帖」は有名な書家、顔真卿が皇子の教育係に任命された際の辞令を自分で書いたものです。④ですが、「造像記」とは、仏像を創る際に発願者、製作の由来を仏像の傍らに刻したものの全般を指します。⑤の「曹全碑」は、当時の役人で武将としても有能であった曹全という人の功績を顕彰するために制作された石碑です。⑥の「居延漢簡」の内容は、当時置かれていた居延県(県名)の公文書が多いです。

次に、この6作品の文字の特徴を生かして、「量子」という文字を書いてみました。①～④は楷書、⑤、⑥は隷書です。臨書を学ぶことによって、同じ「量子」という文字でもいろいろな書き方ができるようになります。

この6作品の他にも、楷書、行書、草書、隷書、篆書の数多くの古典作品があります。例えば、

皆さんご存知の空海(弘法大師)が最澄に宛てた手紙、「風信状」も代表的な古典作品です。風信状は力強い行書で書かれています。古典作品を幅広く、繰り返し臨書することにより、それぞれの特徴を学び、身につけます。その結果、自分が文字を書くときの引き出しがどんどん増えていくのです。



①多胡碑 ②雁塔聖教序 ③建中告身帖 ④造像記 ⑤曹全碑 ⑥居延漢簡

古典作品6作の書体を真似て書いた「量子」

Q メッセージ

もうすぐ立春です。節分の豆まきで邪気を払い、春を迎えるわけですが、コロナ感染症を追い払うのはまだ先になりそうです。実際、感染が急拡大しており、まん延防止等重点措置が多くの都道府県に適用されました。高崎研では業務上出勤が必要な場合を除き在宅勤務とする一方、徹底した感染防止対策の下、量子ビーム施設等の運転・供用を継続してまいりますので、引き続き皆様方のご理解とご協力をお願いいたします。(高崎研所長 伊藤久義)