

# 科学

## リサーチフロント

### 今月は スピントロニクス

現代のエレクトロニクス(電子工学)は、電子が電気を運ぶ働きを巧みに利用して発展した。一方、電子は1個1個がスピンと呼ばれる磁石の性質も持っている。「電気の流れ」は「磁気の流れ」という両方の働きを活用する「スピントロニクス」という分野の研究が進み、電子機器の省エネに貢献している。(藤沢一紀)

#### ■待機電力ゼロに

「磁力の源」の性質は、記憶媒体(メモリ)への活用がまず進んだ。家庭の消費電力の約5%を占めるといわれる「待機電力」の削減につながっている。

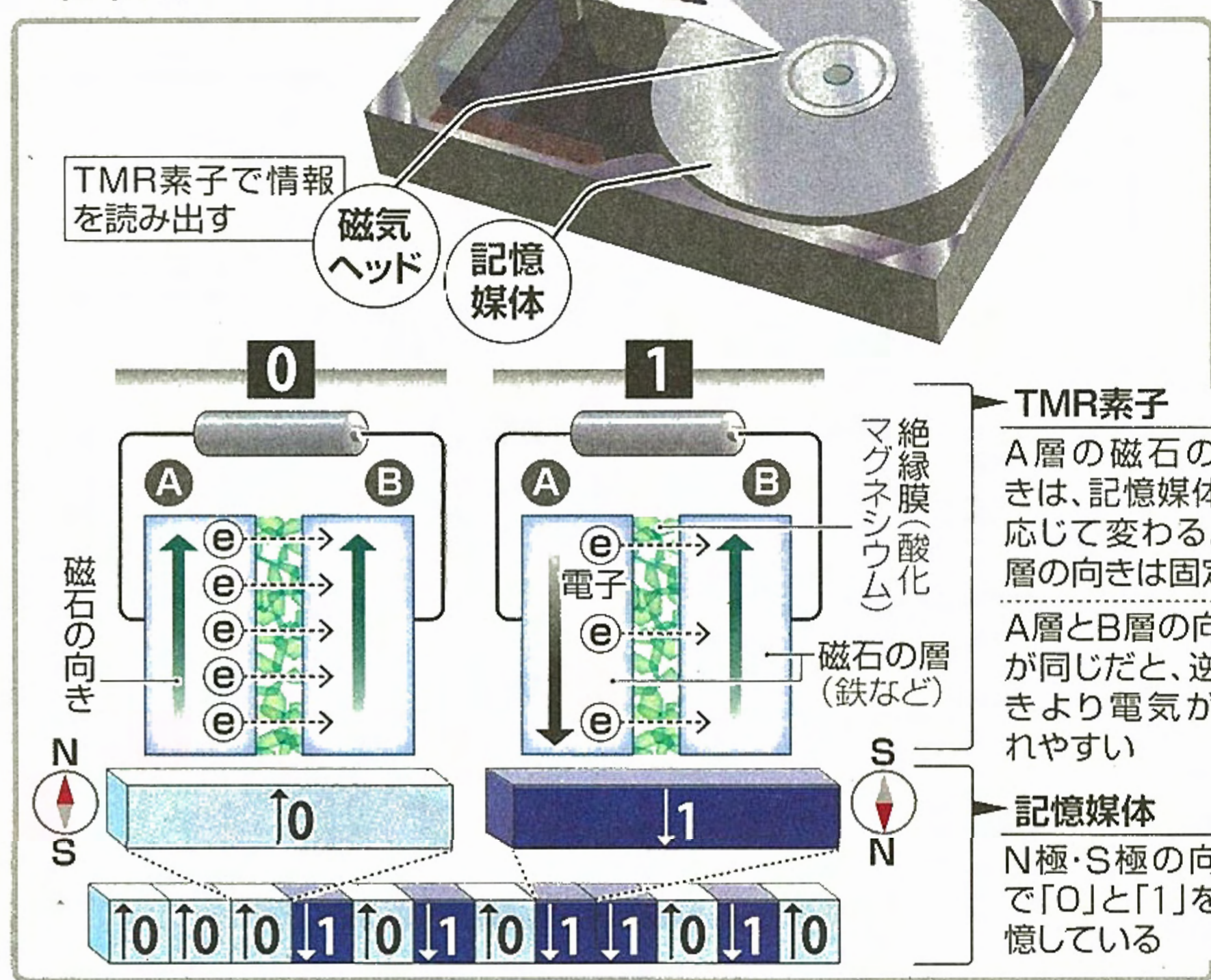
コンピュータは、「1」と「0」の2種類の信号の組み合わせで情報を表す。計算機能を担う中核部のメモリは、部品に電気がたまっていないか否かで「1」と「0」を示す方式が主流だ。そのため電気は少しずつ漏れ出してしまつたので、電気を補充し続けると情報を保持できない。

これに対し、磁気を使うメモリは、小さな磁石のN極・S極の向きで「1」と「0」を記憶する。磁石の向きは長期間変わらないので、待機電力なしに情報を保存できる。ただ、コンピュータ全体としては、電

スピントロニクスは素粒子の「自転」で、電子の場合それが磁石の性質につながる。原子の中にある電子の大半はペアになっていて、互いに逆向きのスピンをもつため、磁力が相殺される。ペアでない電子をもつ原子は、磁気を帯びる。こうした原子を成分とする物質は、ペアになっていない多数の電子のスピンが同じ向きにそろつると、磁石になる。

## 電子の磁力で省エネ

#### ◆ハードディスクの仕組み



#### ハードディスクに応用

#### ■信号を変換する

子を「電気の流れ」として利用しており、回路を駆け巡るのは電気信号だ。磁気メモリに情報を書き込む際は電気から磁気へ、読み出す際は磁気から電気へと、信号を変換する必要がある。

代表的な磁気メモリの

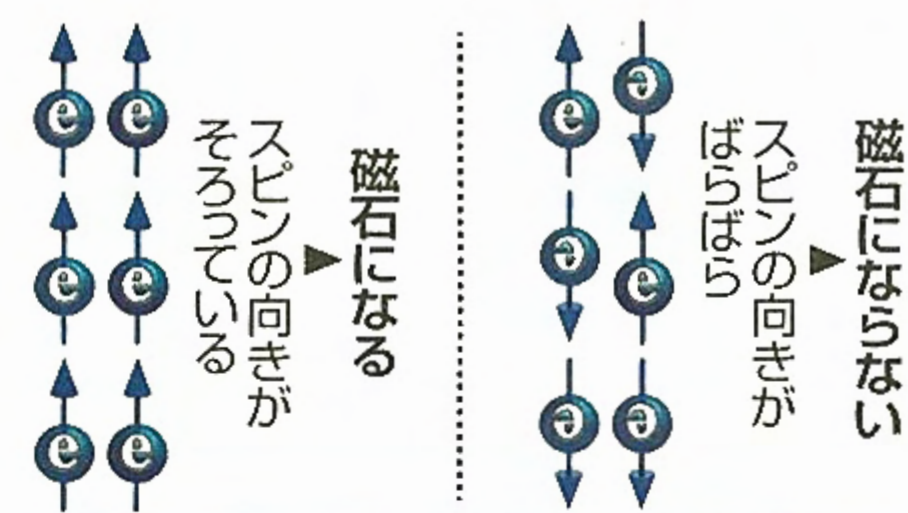
#### ◆スピントロニクスは電子の2つの性質を使う

##### 1 電気の運び屋



##### 2 磁力の源

電子の「自転(スピン)」が磁気を生む



#### 電力生む新技術

スピントロニクスは磁気メモリへの応用を中心に発展してきたが、基礎研究にも新たな広がりを見せている。特に注目されるのが「スピン流」の研究だ。電力を生むこともできる技術として期待される。

物質中を動く電子は、スピン(磁石の性質)の向きによって動き方が変わることがある。すると、磁気成分の流れが、電流とは別に生じる。これがスピン流だ。たとえばN極が上を向いた電子が右へ、下を向いた同数の電子が左へ動くようにする

と、全体として磁気成分だけが流れ、電流はゼロになるので熱の発生が抑えられる。齊藤英治・東北大教授らが研究を先導。温度差からスピン流を作り、スピン流から電力を生むことも可能になってきた。

佐藤勝昭・東京農工大名誉教授(電子物性工学)は「環境中のわずかな熱や光などを電力に変える技術は、様々な物をインターネットに接続する『IoT』の時代に重要だ」と期待する。科学技術振興機構が3月にまとめた報告書は「産学連携の強化が不可欠」と指摘、研究開発の加速を求めた。

#### コイル使わない書き込みも

ある磁石に向きを合わせる。メモリには、「0」「1」の情報がある。N極・S極の向きで記憶されているので、それがA層の磁石の向きを変えることになる。

素子には電圧がかけられていて、2層の磁石が同じ向きだと、逆向きの場合より電流が多く流れる。磁石の向きが、電流を運ぶ電子に影響を与えるらしい。こうして、磁気メモリの情報は電流の変化として読み

出される。

2004年には、産業技術総合研究所(茨城県つくば市)の湯浅新治・スピントロニクス研究センター長らが、画期的な絶縁膜を開発した。酸化マグネシウム

5年に開発した「トンネル磁気抵抗(TMR)効果」という仕組みだ。

この素子は、電気を通しにくい物質の薄膜(絶縁膜)を磁石で挟んだ、3層構造をしている。2層の磁石のうち1層(図のB層)は向きが固定されているが、もう1層(図のA層)は近く

ハードディスクに結実したスピントロニクスは、磁気メモリのさらなる省エネや高性能化に向けて、様々な研究開発が進む。

コンピュータ中核部の次世代メモリとして期待される「STT-MRAM」は、実用につながる技術は東北大電気通信研究所の大野英男所長らが2010年に開発した。スピンの向き(N極・S極の向き)をそろえた電子を電流として磁石に注入し、磁石の向きを変えるという方法で、情報を書き込む。

電気から磁気へ信号を交換する技術は、磁気メモリの電力消費をさらに減らすうえで重要な役割を担う。従来は、コイルに電流を流して磁界を発生させる「電磁誘導」に頼り、小型化や省エネに限界があった。

大阪大の鈴木義茂教授らは、一瞬の電圧で磁石の向きを変える「電圧トルク」という新手法で、電流をほとんど流さない超省エネの書き込み技術に挑んでいる。

\*来週は、湯浅センター長へのインタビューの予定です。