

雑感：磁石の起源 スピンについて



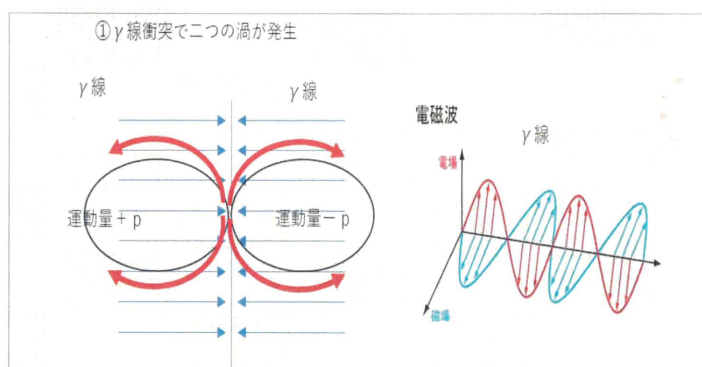
JABM理事
マグネデザイン(株)社長
本蔵 義信

微力ながら、本協会に貢献できればと思い、10年以上理事を務めさせて頂いております。この間、欠席ばかりで、大森理事から叱責を受けながら幽霊理事として務めてまいりました。先日大森さんに弊社にご来社頂き、素心に寄稿するようにと依頼され、さて困ったなと思いながらも、快く引き受けさせて頂きました。

私は、磁石を含むMagneticsの仕事に、25歳の頃から50年ほど携わっているのですが、当協会の方々とは、一緒に活動をしておらずあまり親交がない為、まずは自己紹介をさせていただきます。

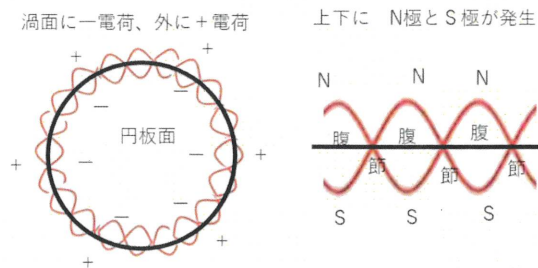
小学3年生頃、磁石が鉄を引き付ける様を見て、糸と繋がっていないのに力が働いていることが、不思議でなりません。以後目に見えない力を生み出している磁石に興味を持ち続けて、日々過ごしています。暇さえあれば、スピンを介しての空間と粒子の不思議な関係性に思いを馳せています。

スピンの起源について思案を述べると、電子は、 γ 線が衝突の際に、陽電子と電子の対として誕生します。両者が衝突するとまた γ 線のエネルギーに転換します。電子と電磁空間エネルギーは、電磁エネルギーの2つの顔にすぎません。① γ 線が衝突した際、2対の右回転の渦と左回転の渦が生じ、②二つの向きの渦が合体して、2個の円形の定常波を形成すると考えられます。

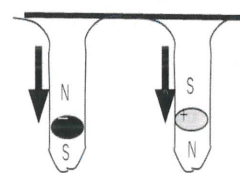


定常波の一つは円の内側にマイナス電荷、外側にプラス電荷、他方は、円の内側にプラス電荷、外側にマイナス電荷。円板の上下方向にN極とS極が発生。③この安定した定常波は、プラスとマイナスが引合い、N極とS極が引合い、その電磁力によって定常波は、円の中心に向かって収縮を始め、④電磁エネルギーは円の中心で超濃密となり、空間が濃密なエネルギー（重さ）に耐えきれなくなって破れ、つまりミニブラックホールとなり、電磁空間から切り離されて二つの粒子（＝電子と陽電子）になる。つまり濃密な電磁エネルギーがヒッグス粒子と一体になり、質量を獲得し、安定した粒子状態になる。⑤二つの渦は後から来る γ 線に押し付けられて、粒子になって、初めて、粒子同士の衝突となって反対方向に飛び散る。

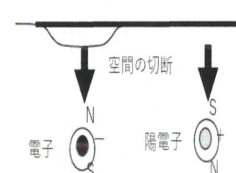
②逆回転向き渦が合体し円形定在波が発生



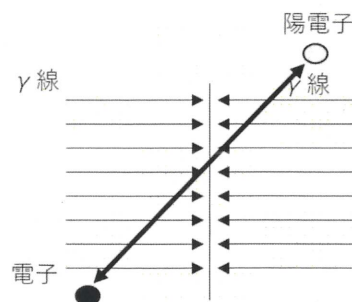
③渦の濃縮でミニブラックホールへ



④超濃縮で空間切断、粒子化
(質量獲得とヒッグス粒子登場)



⑤粒子同士の反発 電子/陽電子対の誕生



生成された粒子は、電荷、スピン、質量を持った存在となる。電子の大きさは、獲得した質量によるエネルギー mc^2 が、電子が作る電磁場のエネルギー e/R と等価となるので、 $mc^2 = e/R$ （ R は電子の中心からの距離）。電子の質量 m 、電子の電荷 e 、光速 c は既知であるから、電子の大きさ R が計算できることになります。スピンの誕生は、ビッグバンで生成された巨大なエネルギーが空間を膨張させる過程で、空間振動（＝ γ 線）を生み、その衝突がスピンをもつ粒子を誕生させ、電子の質量は重力場を、電荷は電界を、スピンは磁界を誕生させる。以上、私が考えているスピン誕生の物語です。

私は、スピンを実世界に活用する仕事に50年間取り組んできました。名古屋大学の物理学科に入学し、物性物理、磁気センサ、核磁気共鳴などを勉強し、特に3d電子や4f電子に興味を持

ち、磁気に関係する仕事をしたいと思い、愛知製鋼に入社しました。入社の際、どんな仕事をしたいかと聞かれたので、超電導の研究がしたいと答えると、就職先を間違えたねと笑われたものでした。

会社では、40歳頃までステンレス鋼の開発部署に所属し、表面磁気とは全く関係のない仕事をしていました。入社当時、岩間名大教授（希土類磁石の大家）が愛知製鋼に来訪し毎月勉強会を行っていました。私は先生の勉強会のお世話係を務めることになり、その縁で先生からの指導を受ける機会に恵まれて、非磁性ステンレス鋼、軟磁性ステンレス鋼、透磁率計測器の開発に取り組み、磁気に関係する仕事に携わることができました。私の学位論文は、排ガス対策用の電子燃料噴射装置に使用する軟磁性ステンレス鋼の開発に関するものです。従来の鋼Fe-Cr-Si系に代わるFe-Cr-Al系の新合金を発明し、比電気抵抗を2倍近く改善して、電磁弁の高速スイッチング性能を改善し、Bosch、トヨタなどに採用されました。

この成功を踏まえて、先生の指導の下で、希土類ボンド磁石の開発や磁性ステンレス鋼を用いた歯科用磁石の開発に着手することになりました。歯科用磁石では世界で初めて商品化に成功し、特許庁長官賞や中日産業技術賞を受賞しました。またHDDR原理を使ったNdFeB異方性磁粉を開発・商品化し、日本磁気学会業績賞や山崎貞一賞を受賞しています。2013年から4年間、日本磁気学会の副会長、昨年日本磁気学会の名誉会員に選ばれ、後輩のために頑張らなければと思っている今日この頃です。そして、現在は、マグネデザイン社という研究開発会社を設立し、代表取締役として研究開発をしています。アモルファス磁性ワイヤとGSR磁気センサの開発、希土類ボンド磁石と軽量モータの開発、ステンレス磁石と薄型デンタル磁石の開発などに取り組んでいます。

磁石の開発については、岩間名大教授から40年前に「未来の磁石はボンド磁石だ。磁気用製品の設計はコンピュータ設計時代に入り、設計に応じた最適な磁石が必要になる。そのためには磁石磁粉の研究が重要になるので、君はその研究をしまえ。」とアドバイスをされました。以後先生のアドバイスに沿って研究を続けています。

主な思い出は、

1) 92年当時、有望な異方性磁石粉としてSmFeNとNdFeBの研究をされており、トヨタGでは、愛知製鋼がNdFeB、豊田中央研究所がSmFeNを分担して研究を開始しました。三嶋千里君の提案でHDDR法に取り組むことにしましたが、（注：HDDR法はNdFeB母相を吸水素で3相に分解し、脱水素で再結合させるという反応で、反応の結果、異方性を保持したまま結晶粒を微細化した磁石性能を飛躍的に高めるという現象）研究は迷走し3年後研究を断念しました。打ち切るにあたり、HDDR現象に及ぼすCo量の影響をまとめて終了しようとして、Co無添加の合金も調査に加えたところ、Co無添加の合金のHDDR処理後の磁石特性が一番優れていることを発見しました。偶然も偶然。とにかく驚きました。

2) 当時Co添加によって母相NdFeBの異方性を記憶した平衡組織が形成され、それがHDDR現象の本質だと考えられていました。我々は、母相が3相分解する過程で、水素圧力を制御して発熱を抑制すると異方性が強くなるという実験結果を得て、3相分解の際の準安定相を介した現象と考え、Dynamic-HDDR現象を提唱しました。（論文：日本応用磁気学会誌24、

p407（2000））そして、異方性の転写にはFe₂B相が関与しているというメカニズムを提案しました。ドイツのOliver教授との共同研究の結果、3相分解組織の中のFe₂B相（C軸異方の結晶構造）結晶方位が母相の方位に整列していることを発見（論文：JMMM290-291（2005）P1282）し、このメカニズムをTexture-Memory-Effectと命名しました。

3) その後、この異方性転写機構をめぐって多くの研究がなされていますが、私は、3相分解がラメラ構造を伴って進行する過程で、そのラメラ相に沿ってFe₂BのC軸異方性、NdH₂層のfct結晶、αFe相のbcc結晶の三相配列の異方性に母相のC軸異方性エネルギーが保存されており、Fe₂B相が高温下において異方性のエネルギーの散逸を食い止めていると考えています。再結合の過程は、NdH₂相から水素が放出していく過程で、その相の周りに再結晶NdFeB粒がラメラ状に成長していきますが、最初に発生する再結晶核は、NdH₂とFe₂B層の界面で発生し、それがC軸異方性を保存しながら成長していくと考えています。（論文：日本電子材料技術協会報V44,p12）

私は30年前にこの不思議なTexture-Memory-Effect現象に出会ったわけですが、メカニズムが解明され、それによって理想的なNdFeB異方性磁粉が発明されることを期待しています。

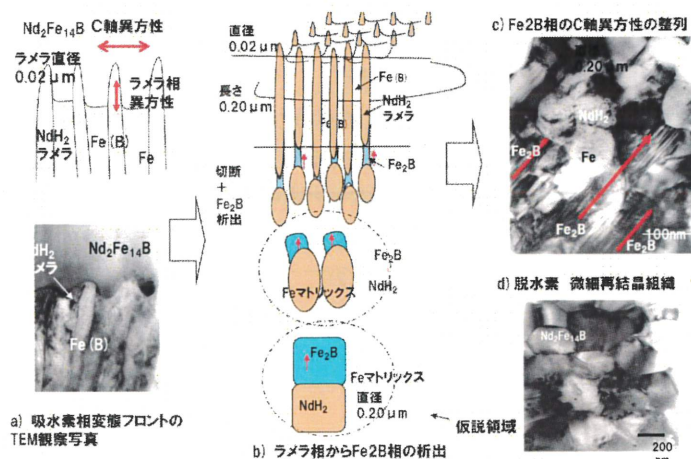


図 異方性発現のメカニズム仮説

磁石については、将来Nd焼結磁石に代わってNdFeB異方性ボンド磁石がモータ用磁石の本命になると信じています。電子制御式の次世代EVモータやロボット用モータは、モータ回転数（3000RPMから3万RPM、更に20万RPM）の高速回転化や磁極の数の増加で、単位体積当たりのトルク性能は10倍も増加しており、更なる改善が追及されています。NdFeB異方性ボンド磁石は高速回転に対応でき、多極構造モータの設計・製作も容易です。私は、高速回転時に発熱問題を生じてしまうNd焼結磁石にとって代わる時代が必ず到来すると信じていますが、その暁にはNdFeB異方性ボンド磁石の3万トン生産体制が実現していると思います。日本ボンド磁性材料協会が、磁石産業において世界の司令塔となることを期待しています。