

磁気応用と歩んだ50年

桜井良文*

Half Century of Magnetics

Key Words : Magnetics : MO Memory : GdCo Amorphous Film : Magnetic Memory

1. 磁気との出会い—磁気増幅器 (Magnetic Amplifier)

磁気との出会いは1944年大学院特研究生として東京の電気試験所に出向していた時である。第二次大戦の戦局が日毎に悪化してゆく中、自動制御こそ国を救うと信じて上京した私に与えられたテーマは“インダクタンス型センサ”であった。微小空隙をもつ鉄心で微小変位とコイルのインダクタンスとの関係を調べていたある日、室長から磁気増幅器の文献調査を命ぜられたが、これがその後の私の研究を左右するとは予期もしなかった。この小形変圧器のようなものが大戦末期、ドイツ軍によるロンドン攻撃に活躍した大陸間誘導弾V-2号の心臓部であるとは戦後に知ったのであるが、まもなく日本へくる予定だった実物がインド洋の藻屑と消え、日本は終戦を迎え、私も研究どころではない戦後の混乱期にまきこまれていった。

1948年、やっと研究に戻れるようになった私の目にアメリカの学術雑誌の中からMagnetic Amplifierの文字が飛び込んできた。懐かしさと好奇心から飛びついた私だったが、丁度戦後の復興期で全国的に盛り上がっていた産業設備自動化の波によって国内の各メーカーもこの制御用増幅器に力を入れ始め、又卒研にも良い学生が集まってきたので(後の阪大教授藤井克彦、白江公輔、辻 三郎など)学会発表も活発化し学会でも認められるようになった。

1953年には電気学会に専門委員会が発足したが、研究人口は増える一方なので大阪大学に磁気増幅器研究会を発足させ情報交換用の冊子を発行するなど全国規模の産学協同を行って対応した。この時、人間関係の大切さを知り、その方々とは今でも懇親会などで集っている。

2. インターマグ(INTERMAG : 応用磁気国際会議)

1960年、英文報告“Magnetic Amplifier in Japan”を発行し世界中の関係機関へ送ったところ、アメリカから日本の研究は非常に進んでいるから国際会議を一緒に開こうと参加要請があり、1963年第1回のインターマグに招待され、渡米した。その会議の席で日本での開催が提案されたが、日本には母体となるものがないので、1967年学術振興会の中に応用磁気第137委員会を作り、各分野の方々の力を結集して1972年に京都でインターマグを開催することにした。この委員会は応用磁気の発展に大きな役割を果たしたが、それは電気、物理、化学、金属などいろんな専門分野の方々から成る学際的なものであったからである。私もこれらの方々を通じて磁気の基礎について教えて頂き、それが後の研究に大いに役立った。又、これがやがて日本応用磁気学会の設立につながっていく。

日本は磁気分野では大きな貢献をしている。それは東大に招かれたEwing博士にはじまり長岡、本多、茅、三島、加藤、武井などの先輩が道を開いてくれたからで、例えば1957年のアイゼンハワー米大統領の次のような全米向けラジオ放送からも明らかである。「今まで科学面でアメリカに貢献したのはイギリスではジェットエンジンとレーダ、赤外線、ドイツはロケットとX線、イタリアは無線電信、フランスは放射能、日本はマグネティクス(Magnetics)である」



*Yoshifumi SAKURAI
1921年3月生
1943年(昭18年)大阪帝国大学・
工学部・電気工学科卒業
現在、工学博士、磁気工学(制
御工学)
TEL 0727-22-4754
FAX 同上

3. コンピュータマグネティクスへ(磁性薄膜メモリ)

磁気増幅器は磁心の非線形特性を利用したデバイスであるが、半導体増幅器の大容量化によりサイリスタにその王座をおびやかされはじめ、1960年代になると“非線形磁気応用”となり各種の機能素子として研究されるようになった。これより先磁心の信頼性から原子炉系への適用を考え原子炉シミュレータを発表していた私は1959年原子力工学科の教授として招かれ磁心カウンタなど計算機用磁気素子に力を入れるようになった。

1963年インターマグの後欧米の研究機関を見て変わった私は研究の主力をメモリに切り換えた。このとき特に興味を抱いたのはパーマロイ薄膜で、その高速反転と真空蒸着やスパッタによる製法に将来性を感じたのである。特に磁化反転の機構は難しく、これを解明するため当時まだ珍しかった磁気光学(Magneto Optics)を導入した。磁気光学(MO)とは偏光が磁性体中を進行(又は反射)する際、偏光面の回転する現象で、これを利用して薄膜やテープの磁区の動きを観測し、また簡易磁化特性測定器を考案した。この年、新設の基礎工学部から招かれ制御工学科設立を命ぜられる。

1967年ボストンの国際磁性薄膜表面会議に(ICMFS)に招かれたのがきっかけとなり楠田、小西、松下らのグループの活躍で、磁壁の振舞を利用したMOアンメータ、MOディスプレイなどデバイス化に力を入れてゆく。しかしこれらのデバイスも磁気バブルの出現で陰は薄れていった。

4. 磁気バブルと大学紛争

1968年、BTLのBobbeckはMOを利用したムービーでバブル磁区の振舞を説明し注目を浴びたが、以後パーマロイ薄膜は衰え、多くのメモリ研究者が磁気バブルに移った。

日本も磁気バブル熱にかかりはじめていた1969年アムステルダム・インターマグから帰国した私はすぐ大学紛争の波にまきこまれた。学生生活委員をしていたせいで学部長に選ばれ、5日後に学舎の封鎖で、11月の解除まで大衆団交など紛争解決に走りまわる日々を送った。それから2年半の紛争疲れの後、総長に“研究に戻りたい”とお願いして研究室に戻った私を待っていたのは京都インターマグのLocal chairmanとしての任務で、研究発表など聞く時間

もない忙しさであったが、研究の面白さを思い出したのは直後の富士でのICMFSの時であった。

基礎工学部は私が移った1964年頃はまだ進行中で私も生物工学科の創設に参画したが、情報工学が浮上してくると研究室の中にも新しい分野が志望されるようによりパターン認識や音声などもとり入れられた。情報工学科を独立誕生させたのは1970年のことである。

5. GdCoアモルファス膜

磁気バブルは磁化が膜面に垂直に立つ“垂直磁化膜”メモリで、高密度と高速化の要求から材料もオルソフェライトからガーネットに移っており、回路構成もTIからシエブロンをへて更に数珠形へと変わっていったが、我々も1973年ガーネットのスパッタ膜を結晶化して新しい材料をえようと苦闘していた。丁度その頃IBM研でGdCoの膜に磁気バブルを観測したという情報を得、RFスパッタ装置で試作してみた処、4000Å厚のアモルファス膜において外部磁界3000で径1~2μmの磁気バブルを観測した。1973年これを発表した処、多くの方から試料をほしいといわれ試作の膜を送ったが、途中で特性が変わる(希土類の酸化)ことが判ったので、保護膜をつけることにした。

更にこの膜でHall効果の測定を行った処、Transverse Hall効果が大きく、そのヒステリシスループはVSMで測ったものと同形で磁気特性の測定に役立つことも判った。一方、磁気抵抗効果の測定においてはヒステリシスループの微分に相当する形状がえられ、磁壁に垂直な方向の値が平行な方向の値より大きいことから磁気抵抗は磁壁の数に依存することが判ったが、この現象はスピンによる電気伝導の走りて後に話題となったGMRなどとの関連で面白い。この頃同じ学部で永宮教授なども居られたので、もう少し連絡を良くして理論面の勉強をしておけばと後悔している。

GdCoアモルファス膜は組成が自由に変えられるので、組成と特性との関係が容易に調べられ、補償温度やキュリ温度も容易に制御できる。我々はこれを利用してレーザービームによる熱磁気書込みの実験を行い、1μm径のスポット磁区の書込に成功した。これが希土類・遷移金属(RE-TM)膜における光磁気(MO)メモリのはじまりで1975年のことである。

6. 光磁気メモリ

1970年代は磁気バブル最盛期で1974年には第1回のバブル国際会議(ICMB-1)が米西海岸で開かれた。我々は希土類(RE)とFe, Ni, Co(TM)との組合せについて広く実験を行ったが、特に興味深かったのはTbFeとHoCoであった。TbFe膜では1/10 μ m以下の微小磁区が書込まれたが、読出しが困難と思われた。しかしこれが25年後に磁区拡大再生方式の出現で実用化し、MODの高密度化に大きく貢献するとは予想できなかった。この年のICMB-2でIBMからRE-TM膜は大きい温度特性のためバブルメモリとしては実用化に適さないと発表されたので、バブル研究者の多くはRE-TM膜から撤退したが、私共はMOメモリに転向した。それは光と熱と磁気の3者総合技術に将来を見たからである。一方磁気バブ

ルはやがて高密度化を目指しプロットラインメモリに注目してゆく。

1977年日本応用磁気学会が発足した。それは137委が大きくなり学振では世話しきれなくなったからで、'82年には法人化も実現した。アメリカも日本の応用磁気の急成長を認め、学会誌の英文翻訳(图中的TJM)を行うようになる。

この頃からMOメモリの研究開発が活発化する。RAMかディスクかで私は高速化のため前者を試みたが、1980年KDD研がMOディスク(MOD)の実験に成功し、これが転機となって、各社が実用化にのり出し、日本は世界のトップを走ることになる。1983年にはTbFeCo膜を発表するがこれには苦い記憶がある。'82年にインターマグに申込んだ論文が採用されなかったのである。今だにこの材料がMODに広く使われているものだけに残念でならない。

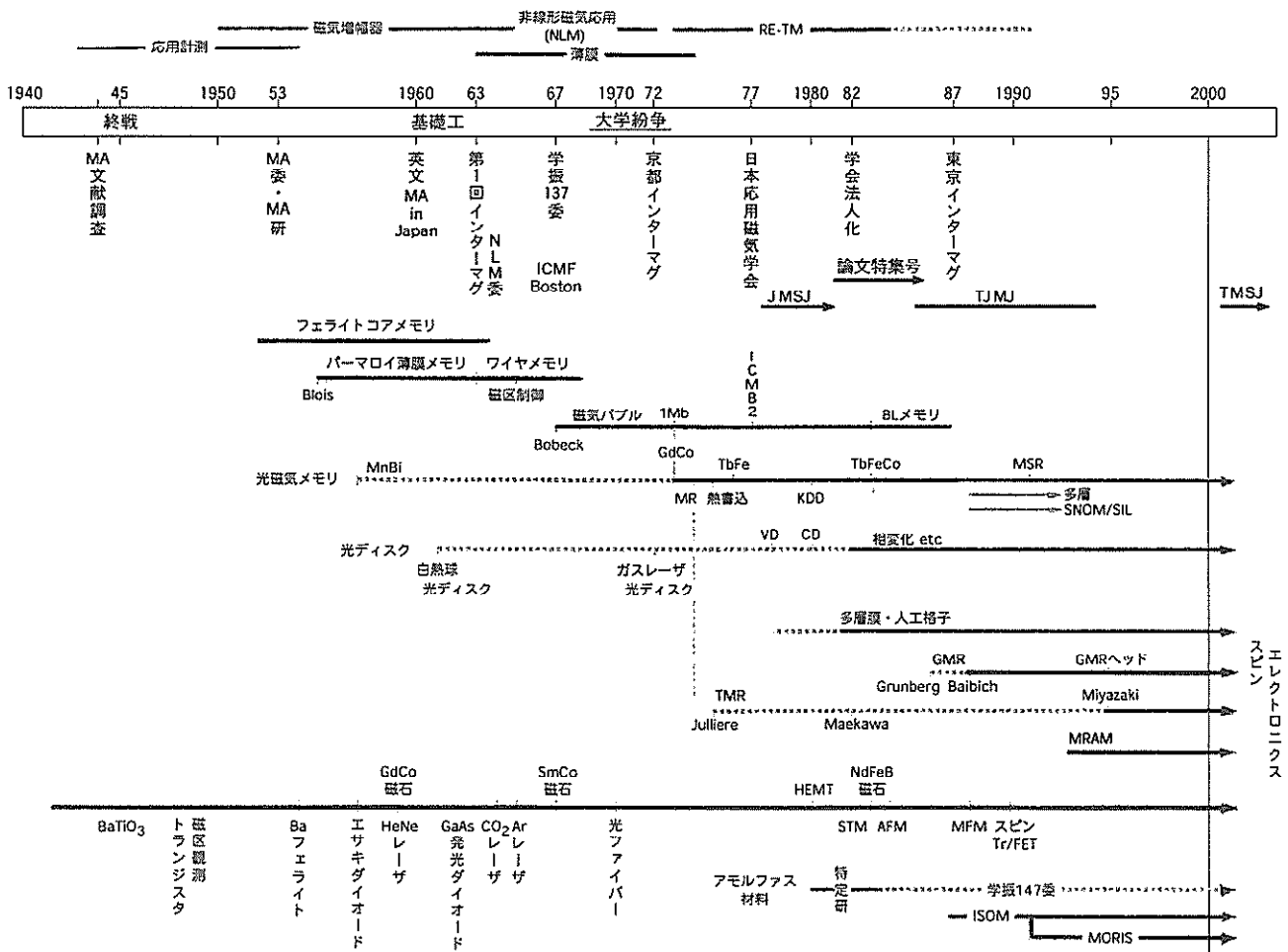


図 磁気応用50年の流れ

私は1984年に阪大を定年でやめたので研究の第一線から退いたが、MOディスクは実用化の時代に入る。相変化形も実用となりMODは多層膜構造になり層間の磁気相互作用と温度変化を利用した磁気超解像(MRS)、磁壁移動(DWDD)や磁区拡大再生(MAMMOS)などの新技術によりさらに高密度メモリの実現に向かって走っている。

7. アモルファス・ナノ材料とスピニエレクトロニクス

1978年から10年間学会議の一員として国の科学技術の推進に努力をしてきたが、私が担当した1) 独創性問題、2) アモルファス材料の2つはどちらも順調に進んできた。前者では科学技術基本法ができて研究予算の増大が実現し、後者も「アモルファス・ナノ材料」学振第147委として順調に進んでいる。図は今まで述べた研究の流れを示し、最上部に私の研究の変遷を、下端に主な発見・発明を示してある。

応用磁気分野も人工格子、多層膜の時代に入り、GMR(巨大磁気抵抗)TMR(トンネル磁気抵抗)のような電子のスピンが主役を果たすスピニエレクトロニクスが幕開けを迎えた。MRAM(Magnetic RAM)は50年前のパーマロイ薄膜メモリの姿代わりしたように思える。最後に1976年に雑誌「電子材料」に書いたスピニデバイスに関する部分を抜きがきしてこの文を終わる。

「最近、われわれのところで見出した希土類遷移金属合金のアモルファス膜における大きいホール電圧や磁壁と関連する磁気抵抗効果などもこれらが解明の時期であり開花期である。ただ大きい果実を実らすには多くの人々がこれを手がけることが必要であり、若い研究者の方々がこれらに手を染めてもらわなければなるまい。」

(「電子材料」1976年9月号シリーズ提言②より)

