

09-501

金属人工格子の創製とその機能性の研究 Studies on magnetic properties of metallic multilayers

京都大学名誉教授 新庄輝也
Teruya Shinjo

略歴 昭和13年8月18日生

- ◇ 36年 京都大学理学部卒業
- ◇ 41年 京都大学理学研究科博士課程修了
(理学博士)
- ◇ 41年 京都大学化学研究所助手
- ◇ 49年 ドイツザールランド大学客員研究員
- ◇ 51年 京都大学化学研究所助教授
- ◇ 57年 同 教授
- 平成 8年 京都大学化学研究所所長

平成14年 京都大学名誉教授

- ◇ 14年 国際高等研究所フェロー

受賞歴 平成 5年 応用物理学会賞

- ◇ 7年 日本磁気学会学会賞
- ◇ 12年 紫綬褒章
- ◇ 18年 チェコオストラバ工科大学名誉博士
- ◇ 19年 本多記念賞

業績の概要

新庄輝也博士は、異種の金属を原子単位で積層することで種々の新物質の合成が可能であることを実証し、これらの物質群を「金属人工格子」と名づけた。2007年ノーベル物理学賞が与えられて話題となった巨大磁気抵抗(GMR)効果は、候補者の展開した金属人工格子研究において発見された。すなわち博士は、ノーベル賞の基礎となる重要な先駆的研究を行ったことで、高く評価されている。また、通常の金属人工格子のGMRは、電気抵抗変化を得るために大きな磁場が必要であり応用上の問題を抱えていた。博士は非結合型GMRとよばれる弱い磁場でも抵抗変化が引き起こされる特殊な人工格子構造を開発し、GMRが応用価値の高い現象であることを産業界に示した。この研究が礎となり、GMRの原理を利用した磁気ヘッドが商品化され、ハードディスクの記録容量を画期的に増大させる工業的な大成功につながった。

新庄輝也博士は、原子構造を人工的に制御することによる新磁性物質開発の世界的パイオニアであり、ナノ磁性体研究のトップランナーとして長年活躍してきた。博士のナノ磁性体研究は、メスバウアー効果を用いたナノスケール超微粒子の研究と題した学位論文に始まっているが、当初の自己形成法によるナノ粒子生成に引き続いて人工的に構造を制御する試料作成へと発展した。特に、磁性薄膜の表面においては磁気モーメントがなくなるといふ当時提唱されていたいわゆる“dead

layer”の存在を、メスバウアー効果によって否定した研究は高く評価される。70年代には界面磁性の解明を目的として、メスバウアー元素である⁵⁷Feを超高真空蒸着法により、表面部分にのみ配置するユニークな試料作成を試み、磁性薄膜研究分野に独自の境地を開いた。

新庄博士は、この研究の発展として80年代にはナノスケールで異種の金属を積層した新物質の合成を始め、種々の新物質の合成が可能であることを実証し、これらの物質群を「金属人工格子」と名づけた。特筆すべきは、Fe/Mg人工格子における垂直磁気異方性の発見である。通常、強磁性体を薄膜化するとその磁化は薄膜面内を向く。磁化が薄膜面内から立ち上がると表面に磁極が生成し系の静磁エネルギーが増加してしまうためである。博士は、Fe/Mg人工格子においてはこの常識が覆り、Feの磁化が人工格子面に対して垂直を向くことをメスバウアー効果によって明確に示した。この現象はFe/Mg界面における対称性の破れのために界面に垂直磁気異方性が誘導されるためであると理解される。この発見は、金属人工格子が新規物性を発現する可能性を具現化したものであり、表面・界面磁性の基礎研究が新機能を有する新物質開発へ変わる世界的な流れを作った。

このように金属人工格子を新機能探索の場とした世界的な潮流の中で、1988年にFert(仏)らは巨大磁気抵抗効果(GMR)をFe/Cr人工格子において発見した。Fertらはこの功績により2007年ノーベル物理

学賞を受賞した。Fertは1987年に新庄博士の研究室を見学しており、そのときに得たヒントがGMRの発見につながったと述べている。すなわち博士らの研究は、ノーベル賞の基礎となる重要な先駆的研究として高く評価できる。

GMRを発現するFe/Cr人工格子においては、非磁性層であるCrを通してFe相の磁化の間に反強磁性結合が働き、磁場がない場合はFe層の磁化は一層ごとに反対を向いている。この状態に磁場をかけると磁場方向に磁化が揃い電気抵抗が減少する。しかし、磁化を揃えるためには巨大な磁場が必要であり、Fe/Cr人工格子の電気抵抗変化は大きいものの磁気センサーやハードディスクの読み取りヘッドとしての応用には不向きであった。博士はこの課題を解決するブレイクスルーとなる研究を行った。磁化の向きが平行か反平行かだけで電気抵抗が変化するなら、読み取り素子の感度を落とす磁性層間の相互作用をなくしてしまえばよいという単純明快なアイデアのもとで、候補者は非結合型人工格子と呼ばれる試料を作製し、低磁場でのGMR効果を実証して、世界を驚かせた。磁場に敏感に反応するNiFe合金と、磁場には鈍感なCoを使って反平行磁化配置を実現し、実用的な磁場でGMR効果を得ることに成功したのである。この研究は、GMRの応用価値を示した研究として、産業界に大きなインパクトを与えた。その後、IBMから一方の強磁性体層の磁化方向を反強磁性体層によって固定するいわゆるスピバルブ構造が提案され、IBMはこれを用いて1997年に世界初のGMR効果を利用したハードディスクの読み取りヘッドを製品化した。GMR効果は発見から10年という驚異的スピードで産業化されたことになる。IBMのスピバルブ構造は、博士の提案した非結合型と類似のアイデアに基づいており、博士の研究はコンピュータの記録容量を増大させる工業的な大成功につながったといえる。

GMR効果の発現には原子レベルでの膜厚制御が必要条件であり、GMR効果の発見およびその後の展開を支えたものは新庄博士が展開した磁性薄膜の構造制御技術である。さらに、博士は、原子単位の薄膜構造制御技術に微細加工技術を組み合わせる構築した3次元微小構造での物性探索を提唱し、文部省科学研究費特定領域研究「微小領域の磁性と伝導」の研究代表者として、ナノ磁性の分野を牽引した。ここで展開された研究は現在急速な発展を見せている電子の持つスピンと電荷の自由度を制御するスピントロニクスに直接つながるものである。スピントロニクス研究においても、博士は先導的役割を担ってきており、いち早くナノ加工技術を導入して磁性体のワイヤやドットを作製し、新奇現象の探索を進めてきた。強磁性ドットにおいてはスピンが渦を巻くボルテックス構造が形成されるが、博士のグループはボルテックス構造の中心にナノ

サイズでスピン方向が垂直に向くコアが存在することを磁気力顕微鏡(MFM)観察により世界で初めて観察した。強磁性ワイヤにおいては人工的に磁壁を導入し、磁場や電流によって磁壁が移動する現象を定量的に観察しており、最近話題となっている電流駆動による磁化反転現象研究の嚆矢となった。

このように新庄輝也博士は、金属人工格子の創製とその機能性の研究を通じて、理学から工学にわたる幅広い分野に大きな学術的貢献をするとともに、GMRヘッドによるハードディスクの大容量化において重要な技術的貢献を行った。

業績に関する著書および総説

- 1) Nanomagnetism and Spintronics (Elsevier Publishers, 2009) 編集および共同執筆 Chapters 1, 4執筆, p.1-13, 155-188.
- 2) "Spin Dependent Transport in Magnetic Nanostructures" (Taylor & Francis, London and New York, 2002) S. Maekawaと共同編集, Chapter 1執筆, p.1-40.
- 3) "Magnetic Nanostructures", Ed. by H. S. Nalwa (American Science Publishers, 2002), Chapter 12, (Magnetic and Magnetotransport Properties of Nanostructured Wires and Dots) p.441-457.
- 4) Interface Magnetism, Surface Science Reports 12, 49-98 (1991).
- 5) "Metallic Superlattices" (Elsevier Publishers, 1987) T. Takadaと共同編 Chapters 1, 4執筆, p.1-32, 107-149.
- 6) 材料学シリーズ "人工格子入門, 新材料創製のための" (内田老鶴圃, 2002) 146ページ.
- 7) "新素材を拓く—金属人工格子" (アグネ技術センター, 1995) 藤森啓安, 山本良一, 前川禎通, 松井正顕と共同編集, 第4章執筆, p.192-211.