

Title	準結晶のメスバウアー分光
Author(s)	那須, 三郎
Citation	大阪大学低温センターだより. 77 P.1-P.4
Issue Date	1992-01
Text Version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/10305">http://hdl.handle.net/11094/10305</a>
DOI	
rights	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

# 準結晶のメスバウアー分光

基礎工学部 那 須 三 郎 (豊中4662)

数年前までの基礎工物性物理工学科3回生物性演習Aの問題に、結晶学及び結晶構造に関する演習として「無限の点格子は2回、3回、4回及び6回以外の回転対称性を持ち得ないことを証明せよ」というのがあった。このことは、結晶格子で可能な回転対称性の種類が並進対称性の存在によって制限され、例えば、平面を敷きつめることのできる凸多角形は正三角形、正方形、正六角形のいずれかだけであることを述べたものである。

しかしながら、1984年にShechtmanらによってAl-Mn合金中に10回対称性を有する鋭い電子線回折パターンが見い出され、合金個々のグレインは正20面体の対称性をもつことが発見された<sup>1)</sup>。すなわち、長距離の並進対称性があれば制約される回転対称性を有し、それでいて鋭い回折パターンを示す、通常の結晶でもなくアモルファスでもない新物質が発見されたわけである。その後の研究によって、さまざまな同様の構造特徴をもつ物質が見つげ出され、準結晶 (quasicrystal略してQC) と呼ばれるようになった。準結晶の構造は、2種類の菱形の単位胞によって平面を並進対称性を有することなく埋め尽くす図1に示した5回対称2次元準結晶Penrose tilingの3次元版であろうとの考察がなされ、確かに3次元Penrose tilingは正20面体的なものであることが認められている。又、この準結晶は配向秩序や準周期的並進秩序、自己相似性、6次元空間での周期構造を3次元空間へ射影することによっても構築することができる、等の構造特徴を有している。このような構造幾何学の議論・考察と平行して、実際の実在している、結晶でもなくアモルファスでもない、例えば、アルミ合金準結晶はどのような物性を示すのかが興味を持たれ研究がなされてきた。我々も、これら準結晶は結晶相やアモルファスとその物性がどのように異なっているのかを知る目的でメスバウアー分光実験を行なった。特にアルミ合金系準結晶はMn、Cr、Fe、Co等を含み、少量のFeをドーブしてもその構造は変化しないことから、こ

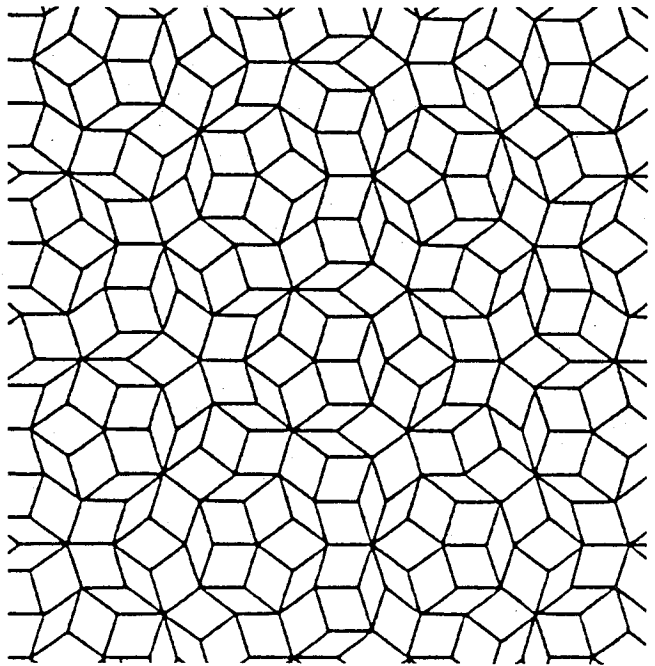


図1 5回対称2次元準結晶Penrose tiling.

れら準結晶中の $^{57}\text{Fe}$ メスbauer一分光測定を行い、アルミ合金準結晶中でのFe原子の存在状態を微視的に調べた<sup>2,3,4</sup>。対象とした準結晶はAl-Mn系QC、Al-Mn-Si系QC、Al-Cu-Fe系QC、Al-Cu-Ge-Mn系QCであり、すべて準結晶単相試料を用いて $^{57}\text{Fe}$ メスbauer一分光測定を行なった。ガンマ線による無反跳核共鳴吸収スペクトル、即ちメスbauer・スペクトルから得られる主なパラメーターは(1)核位置での全電荷密度、 $\Sigma|\psi_{ns}(0)|^2$ 、(2)4極子分裂から核位置電場勾配、(3)超微細場、 $H_{\text{eff}}$ などであるが、準結晶中でFe原子が固有の原子位置を占有して、且つ、固有の超微細相互作用のもとにあれば、その吸収スペクトルは鋭い吸収線を示し、固有な1組のパラメーターで解析される。しかしながら、図2に典型的な例として $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}\text{QC}$ の8Kから300Kまでのスペクトルが示すように、スペクトルは結晶相で得られるものよりブロードであり、且つアモルファス試料より得られるものとも異なっている。これらのスペクトルの解析は準結晶の構造とも関係していて重要であるが、外部磁場下での測定などから、実験データを最も良く再現する解析法は4極子分裂が分布しているとする方法であることがわかった。Al-Mn系QC、Al-Cu-Mn-Ge系QCにおいても4極子分裂の分布が存在していることが判明し、それらの平均値、分布の拡がりなどは図2示したAl-Cu-Fe系QCとは異なっている。その事はFe原子の存在状態、周囲の環境や電子状態はそれぞれの準結晶によって異なったものであるということの意味している。結論。一方、2組のガウス曲線やローレンツ曲線を仮定して解析しても、得られた平均の吸収位置や分裂の大きさは図3に示されるように解析方法にあまり依存しない。図2に示すように

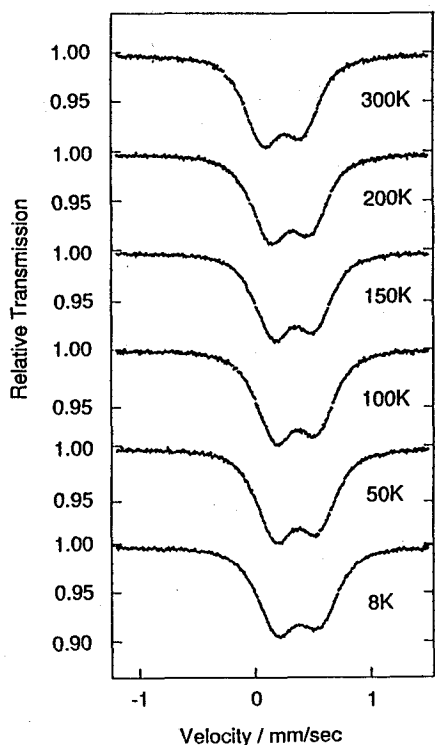


図2  $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}\text{QC}$ の $^{57}\text{Fe}$ メスbauer・スペクトル  
速度軸は室温bccFeを基準としている。

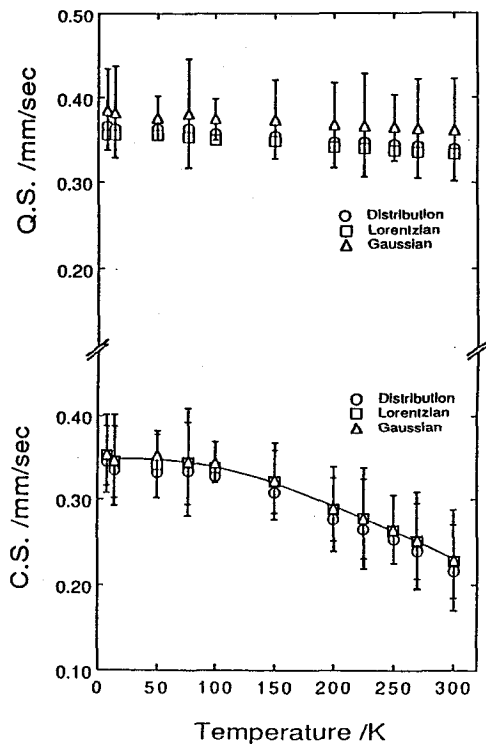


図3 図2のスペクトルを2組のガウス曲線、ローレンツ曲線、4極子分裂の分布を用いて解析して得た各温度でのパラメーター。

$\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}$ ではスペクトル形状はほとんど温度依存せず、ただ僅かに重心位置が温度とともにシフトするだけである。このシフトは共鳴核の平均2乗速度 $\langle v^2 \rangle$ によるガンマ線の2次のドブラー・シフトに起因するものであり、この $\langle v^2 \rangle$ をデバイ模型を用いて評価すると $\Theta_D = 470\text{K}$ であった。Al-Mn系QC、Al-Cu-Mn-Ge系QCについても同じように2次のドブラー・シフトからデバイ温度を評価すると、全て470K付近の値を示し、ほとんど差違を示さず、アルミ合金準結晶特有の値であると結論できる。

一方、磁氣的性質については、ほとんどのアルミ合金準結晶中でのFe原子の磁気モーメントは消失している。強磁性体であると報告されている $\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10}\text{Ge}_{25}\text{Mn}_{25}\text{QC}$  (キュリー温度 $T_c = 467\text{K}$ )<sup>9</sup>中のFeについては548Kから50Kまでスペクトル形状に変化なく磁気秩序は示さないが、30Kに磁気転移点があり、その温度以下で小さな超微細場の存在によるスペクトルの拡がりが見測された。この転移点はFe濃度に依存しないので、QCそのものの磁性を反映したものであろう。図4に得られたメスbauerパラメータを温度の関数として示した。

以上、アルミ合金準結晶中で測定された $^{57}\text{Fe}$ メスbauer分光の結果を少々荒っぽく紹介した。それらの結果は複雑な構造を有する巨大な金属間化合物での結果を思わせるものであり、特に $\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10-x}\text{Fe}_x\text{Ge}_{25}\text{Mn}_{25}\text{QC}$ で見いだされた30K以下での磁気秩序の詳細については、さらに検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias and J. W. Cahn, Phys. Rev. Lett, 53 (1984) 1951.
- 2) S. Nasu, H. Kitagawa, H. Ino, K. Edagawa, T. Shinjo and F. E. Fujita, Suppl. Trans. Jpn. Inst. Metals, 29 (1988) 501.
- 3) S. Nasu, J. Y. Kook, M. Miglierini, T. Kuwano, A. Inoue and T. Masumoto, Quasicrystals, Proc. China-Japan Seminars, Tokyo 1989, Beijing 1990, ed. K. H. Kuo and T. Ninomiya (World Scientific, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, 1991) pp. 274.

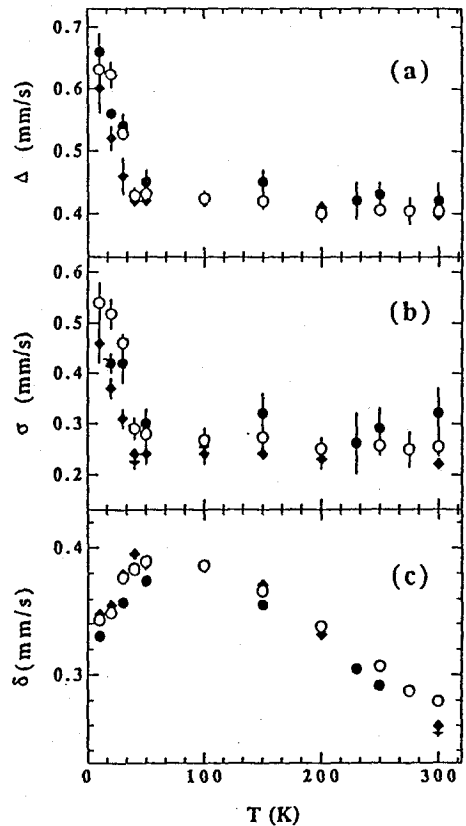


図4  $\text{Al}_{40}\text{Cu}_{10-x}\text{Fe}_x\text{Ge}_{25}\text{Mn}_{25}\text{QC}$ で得られたパラメータ  
 (a) 4極子分裂の平均値  $\Delta$   
 (b) 分布の拡がり  $\sigma$   
 (c) 重心位置  $\delta$   
 ◆  $X=0.1$  ●  $X=0.3$  ○  $X=3$

4) M. Miglierini and S. Nasu, J. Phys. Soc. Jpn, **60** (1991) 2135.

5) A. P. Tsai, A. Inoue, T. Masumoto and N. Kataoka, Jpn. J. Appl. Phys. **27** (1988)  
L2252.