

Title	Incommensurate 相-並進対称性のない固体
Author(s)	山田, 安定
Citation	大阪大学低温センターだより. 20 P.3-P.4
Issue Date	1977-10
Text Version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/11094/6189
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Incommensurate 相—並進対称性のない固体

教養部 山田安定 (豊中2745)

§1 折合いの悪い構造

物質の3態のうちで、固体はその原子配列の規則正しきで他のものと区別される。配列が規則正しいとは、配列のパターンの一定のずらし(並進)と、回転によって元のパターンと全く重ね合わせることが出来ることを意味している。そのずらしの最小単位はいわゆる単位ベクトルであり、普通は単純な固体ではただか原子間距離、又はその数倍程度にすぎない。

ところが、ごく簡単な分子式をもつ物質でも、時としてこの最小単位が殆んど無限といってもよい程長い時がある、つまり格子がくり返さないのである。

なぜそんな事が起り得るのであるのか?理由は簡単で、そのような物質はありきたりの結晶格子がわずかな正弦の変調をうけた構造であって、その変調の周期が本来の格子の周期性とうまく整数比をもっていないのである。従って両方の波長の最小公倍数でできる全体としての単位は殆んど無限に大きくなり、空間群もきまらず、これに基礎をおく Brillouin zone や、格子振動の分枝といった概念は原理的には使えなくなる。

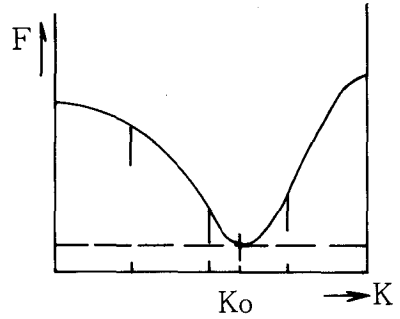
このような時、その変調周期はもとの格子の基本周期に対して incommensurable (通約できない)であるといふ、この構造を、incommensurate structure とよんでいる。面白い事に、incommensurate という形容詞は、むしろ「折合いが悪い」とか「不釣合な」とか云う多少人間くさいニュアンスをもつ言葉のようで、なぜ incommensurable structure でなく、incommensurate structure という言葉が定着したのかは、英語国民でない筆者には今もってよくわからない。

全く勝手な受取り方にすぎないが、筆者はこの「折合いが悪い」という語感に、ある一定の意義を見出している。かりに、原子1の位置で変調波がきっちり節になるものとしよう。隣の原子位置では当然波はきちんとしない位相のところに来るから、波としては何となく居心地の悪い思いであろう。つまりこの位置では「折合いが悪い」のである。この原子について折合いをよくするには波の位相をずらしてやればよいが勿論その時は原子1で同じ不整合がおこる。変調波が完全な正弦波である限りはあらゆる位相についてエネルギーは縮退している。従って何かのはずみで一旦この変調波が動き出せば、励起エネルギーゼロでいつまでもするすると結晶中を動きまわることになる。

さて、このような変調波に電子密度が付随しているとうなるか?このような電荷密度の波は全く駆動力なしに結晶中を走り抜ける事になるだろう。これが Frölich によって提唱された一種の超伝導機構で、ある種の有機電導体で実際見出されたとして一時大きな話題となったものである。結局はこの可能性は否定されたが、これをきっかけとしてこのような折合いの悪い構造の物理学は今や目ざましい発展をとげつゝある。

§2 バンドラの箱

ところで、一般の変調構造についてそのエネルギー（正確には自由エネルギー）を変調波数に対して描いてみる。調和項だけなら、エネルギーは波数 K に対してなめらかな曲線で、極少値が安定な変調構造の波数 K_0 を与える。高次の非調和項を考えると、このエネルギーには丁度 commensurate な波数のところで、デルタ関数的な寄与が付け加わる。図で櫛の歯か、つららのような部分がこの付加エネルギーである。



一般に低温で変調構造が不安定で、なるべくその周期に近い commensurate な構造に移ろうとする傾向があるが、これは温度の低下につれて変調波の振幅が増大し、それによってつららが成長してなめらかな極小値を下まわるためであると考えられる。これを commensurate 構造の“locking”といい、付加エネルギーを locking energy とよんでいる。

空想を逞しくすれば、今迄単純に commensurate な相が安定であると思われていた普通の物質も、実は潜在的には incommensurate 相が安定であり、ただ locking 効果で commensurate 相があらわれているにすぎないのかも知れない。そうだとすれば適当な方法で “unlock” してやれば本来の incommensurate 相が出現するだろう。そうなれば incommensurate 相というのはもはや何等特別のものではなくなり、本来並進周期のない相が固体構造として当たり前になってしまうことになる。かくして、空間群、Brillouin zone といった固体物理の最も基本的な概念も見直しを迫られることになる。commensurate 相を unlock することは、とんだバンドラの箱の unlock (かぎを開ける) を意味するかも知れないわけである。