

第9話 数学由来のトポロジカル半導体



2.5次元研究室へ
ようこそ

© もんでんひでこ









電子の質量を
考える必要が
ある場合は
一部だから

実際は
電子の質量は
エネルギーの
一部だから

光速度
運動量
電子の質量

$$E = \sqrt{c^2 p^2 + m^2 c^4}$$

っていう条件を
さっきの
ディラック方程式に
入れて解くと...

mがゼロじゃ
無い時は
こんな形の
エネルギーに
なってる

基本形

電子質量 $m=0$ の
基本形の
エネルギーの図

電子のエネルギーに
こんな感じに
隙間があることが
わかったんや
これって
半導体や絶縁体の
特徴を表してんねん

電子が下から上に
上がるには
何かエネルギーが
必要なんことを
示してるんや

パカッ

あ、これが
エネルギー
ギャップ

おあ、これはまさに
夢に見た
アレでは!?

とまあ僕らは
ディラック方程式の
ハミルトニアンに
電子のスピンに
条件ですようとか
どう運動しなさい
とかの条件を入れて

電子の状態を
調べるんだ...

けど!

電子の質量を
調べるんだ...

そうじゃない
方法がやね...

トポロジ
って聞いたこと
ある?

あー
トポロジカル
なやつや...

10

ディラック方程式

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi = \hat{H} \psi$$

ハミルトニアン

$$\hat{H} = \alpha \cdot (-i\hbar \nabla) + \beta mc^2$$

$\alpha = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_i \\ \sigma_i & 0 \end{pmatrix}, \beta = \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & -I \end{pmatrix}$

$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$

それって
こんな感じ
例えば
グラフェン上
での電子なら
ここで
 $m=0$ なんだ

僕らは
ディラック方程式って
言うのを扱うんだけど

アホ!
σ見せちゃ
あかんやろ

ドン引き
されるやん

すげえ
行列の
中身はさておきい

あーや
行列の中
に
行列が入
ってる
や...

読む?

ψを微分

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi = \hat{H} \psi$$

ψに代わる(行列)
二重

ま、行列の
中身はさておきい

ψは電子の状態を
表してて
Hはハミルトニアン
ってゆうて
電子が満たすべき
エネルギーの
条件を表してる

あ、
運動量って
高校で習った
 $p=mv$
ってやつやな

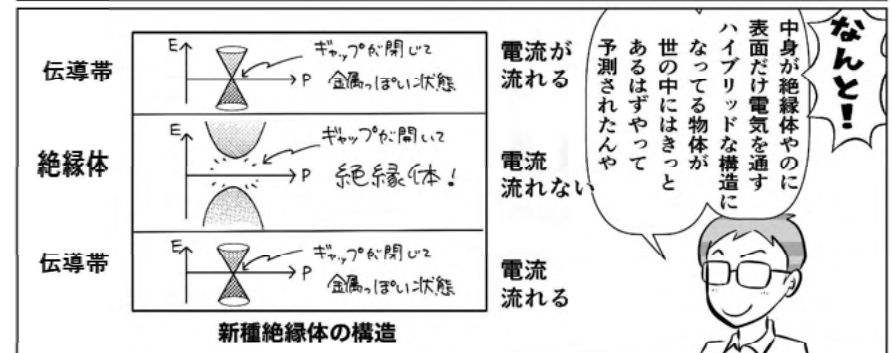
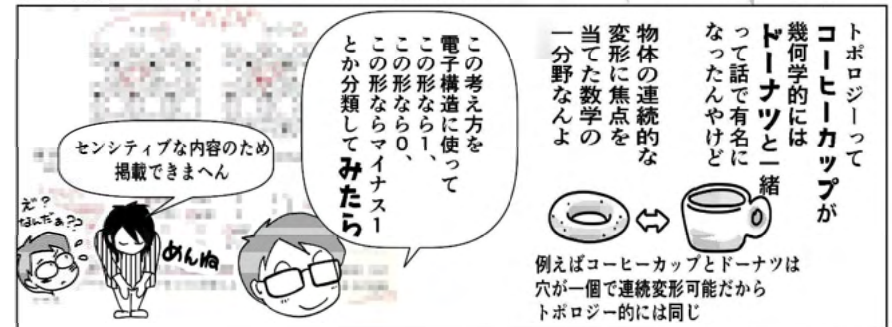
この式を解くと
電子が従う
エネルギーと運動量の
グラフがかけると
運動量がx,yと
2方向あると
円錐になるけどね

m=0の場合
電子の運動量pと
エネルギーEの
関係 ※

電子がすいすい
走るグラフェンの
エネルギーなら
こんな感じに
書けるんやけど...

※ 越野幹人著
物質材料テキストシリーズ
グラフェンの物理学 内田孝輔 図

9











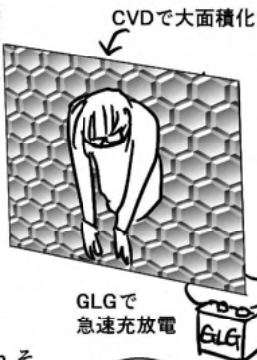


庵渡先生は
こちらの反応に
自然に返答
していた

もちろん
量子コンピュータを
使っていた
んだろう

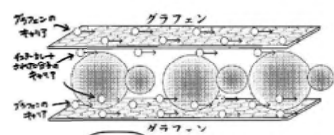
あ、さらには
エキシトン
を使った
最先端技術が
欲しかった！

エキシトン



そうか！ 暗い部屋でも
庵渡先生は輝いて見えた
後ろの大面積グラフェンみたい
なのがアンドロイドでも
人っぽく見える効果があるんじゃないや…
それに
非常時でも機能するには
高性能な蓄電池が必要だし！

それを支える
h-BNや
インターカレーション技術



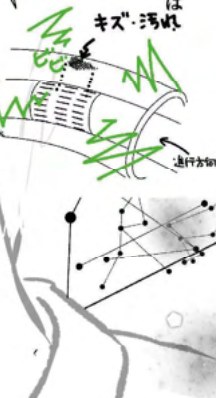
モアレグラフェンの
優れた特性にも
貢献しているんです
h-BNって



あ…
テラヘルツ波は
そうか
自分の修復も
自分で！

異常があると
テラヘルツ波が
吸収され
全方位で検知可能

まさか…俺って
あのアンドロイドを
完成させるための技術を…



第9話監修 AO4班 越野幹人教授
(大阪大学大学院工学研究科工学専攻工学系学術情報学専攻)
関西分館指導 山本秋知
(大阪大学大学院工学研究科工学専攻工学系学術情報学専攻)
詳しくは <https://25d-materials.jp>

つづく

