

第9話 数学由来のトポロジカル半導体



NEWS LETTER

令和3(2021)年度学術革新領域研究(A)

2.5次元物質科学： 社会変革に向けた物質科学のパラダイムシフト

2.5D Materials

2.5次元研究室へ ようこそ

© もんでんひでこ

とうとうリアル庵渡先生に会ってしまった主人公太田浩二。悲願だった卒論のテーマについて直談判した結果、これまで行ってきた研究室訪問の内容についてのレビューという事で一件落着。

ひと安心した浩二が次なる訪問先として指定されたのは、ナノ薄膜の遷移金属カルコゲナイドの研究室。この薄膜に生じるエキシトンが量子ビット候補になると聞いて浩二はその帰り就活中の拓海と会って自分の進路を正された浩二は...???

初めましてはな

あ、庵渡先生

お前、なんてカッコしてるんだ！

はあはあ？

お前、なんてカッコしてるんだ！

はあはあ？

お前、なんてカッコしてるんだ！

俺... 決めた

俺の説得は、ぐうぐうと改心したか？

あー？

あのさ...

1



ほっ
それより
ちょうど良いから
豊中大学の
待兼研究室に
行って来て

ゆだんも
すきも...
あひゃあひゃい

理論研究室よ



は？理論？
次は何の
研究室ですか？

あなた
エキシトンが遷移金属
ダイカルコゲナイドの
どこにあるのかって
気にしてたじゃない



え？
なんでそれを
知ってるんですか？

あなたのことは
大体わかるわ
それ以上に！

トポロジカル絶縁体
を教えるように
行って来るようになって



り...理論...?
俺の天敵

そりゃ物理の中でも
超絶G難度の
物理じゃねーのか？

しかもエキシトとか
トポ...なんちゃら
の理論って



断固

お断りします！

拒否

さあさあ！



はああ
トポロジカル
絶縁体が何か
わからなくて
卒論になると
思ってたの？

とっどと
行って
来なさいよ！

しかも
エキシトンの場所も
書いて無い卒論なんて
カンテはないけど



それに
豊中大学の
大学院を
受験するなら
下見くらい
行きなさいよ

今から
受けられる
大学院なんて
そうは
残ってないわよ

あ、そっか
学部から
やり直すなら
今からでも
間に合うかもよ
共通テストだけ？

だめか、やり直すか...



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
何かエネルギーを
示してんや

あ、これが
ギャップ
ギヤップ

おあ〜
これはまじく
夢に見た
アレどは!?

パカッ

おほ!
離れた!!

パキ
パキ

ニッチ

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...

電子の質量を
調べるんだ...

けど!

そーじゃない
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...

10

まず僕らが電子の
運動を扱う時の基本の
やり方を紹介するね

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

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

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

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

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

アホ!
σ見せちゃ
あかんやろ

ドン引き
されるやん

あーやあ
行列じゃんか
行列の中
に行列が入ってる
行列の中
に行列が入ってる
行列の中
に行列が入ってる

あーやあ
行列じゃんか
行列の中
に行列が入ってる
行列の中
に行列が入ってる
行列の中
に行列が入ってる

あーやあ
行列じゃんか
行列の中
に行列が入ってる
行列の中
に行列が入ってる
行列の中
に行列が入ってる

ま、行列の
中身はさておき

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

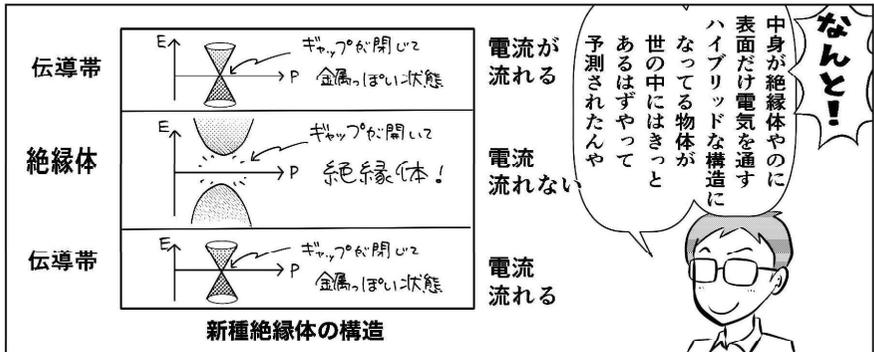
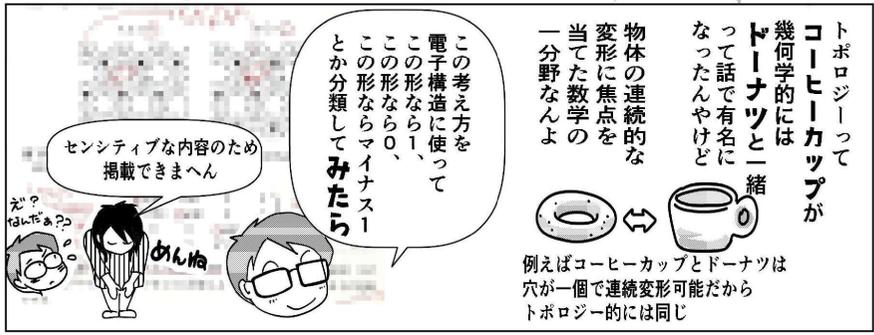
この式を解くと
電子が従う
エネルギーと運動量の
グラフがかけると
運動量がx,yと
2方向あると
円錐になるけどね

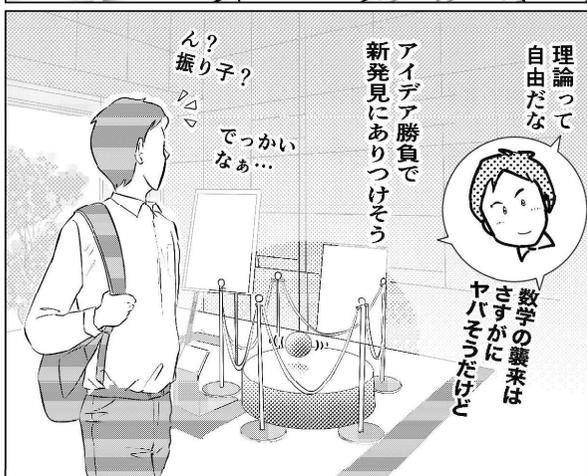
m=0の場合
電子の運動量pと
エネルギーEの
関係 ※

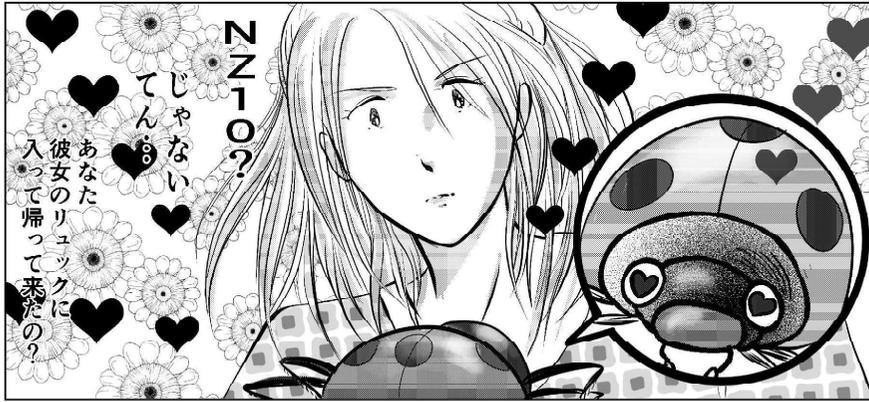
電子がすいすい
走るグラフェンの
エネルギーなら
こんな感じに
書けるんやけど...

※ 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 内田老鶴画

9



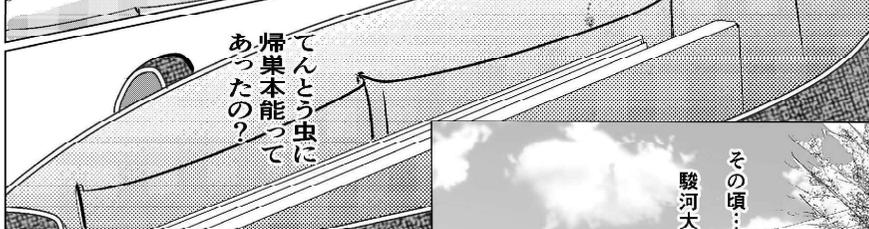




じゃない
てん。?
あなた
彼女のリュックに
入って帰って来たの?



どうかした?
ううん
何でもない...
早く入って



てんとう虫に
帰巢本能って
あったの?



ガチャ
ガチャ



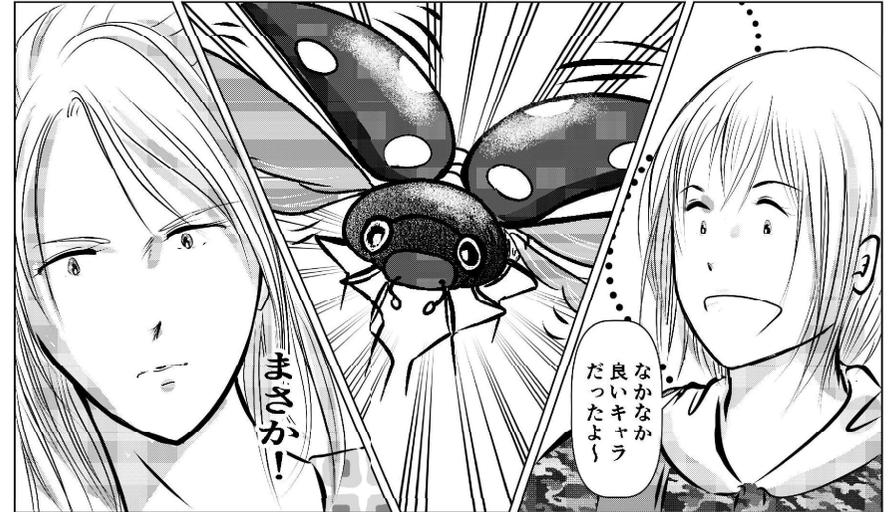
その頃...
駿河大学



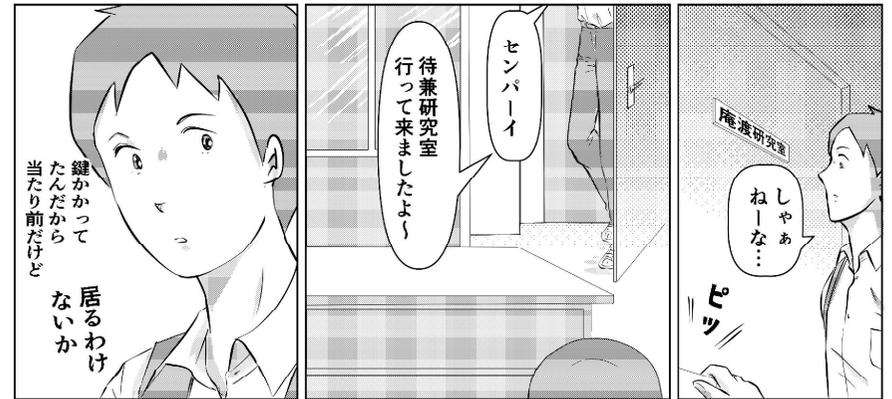
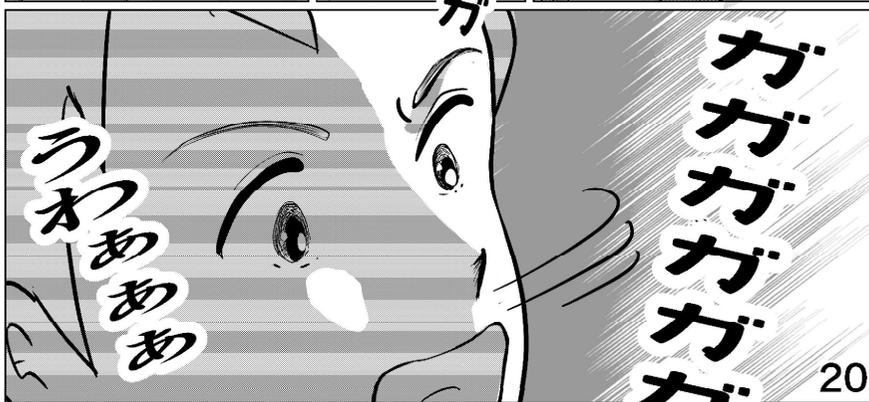
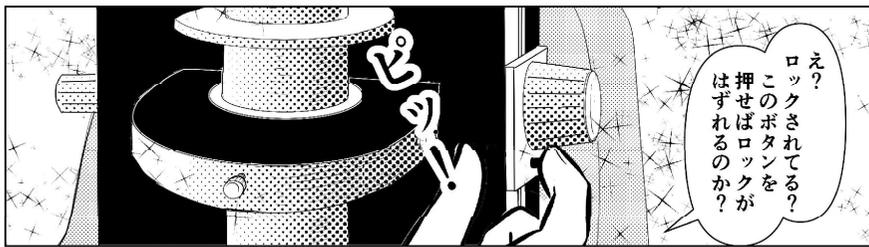
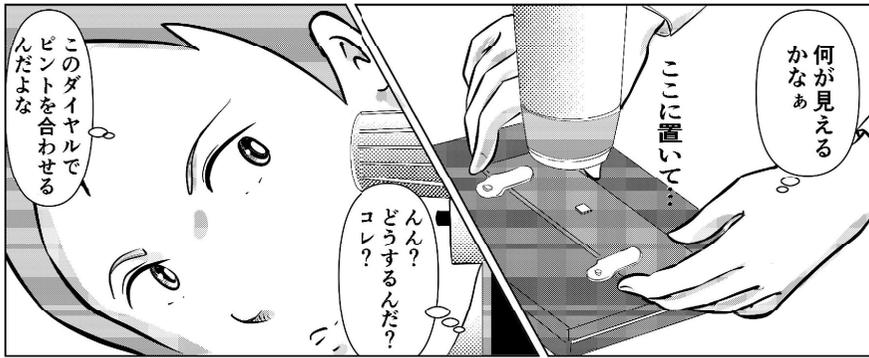
その頃
久能城さん
久能城さん
あ...
久しぶり
やっばり
この分科会に
いたんだ



お宅の後輩くん
来たよ!
ちょっと
おっちょこちよいで
面白い子だったよ!
ああー
行き過ぎた
逆! はあ
第6話を見てね



まさか!
なかなか
良いキャラ
だったよ!



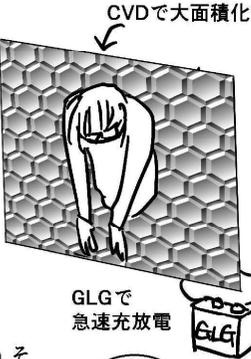


庵渡先生は
こちらの反応に
自然に返答
していた

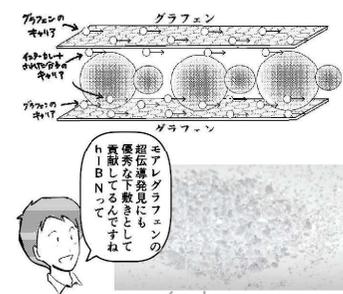
もちろん
量子コンピュータを
使っていた
んだろう

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
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
H1BNや
インターカレーション技術



第9話監修 AO4班 越野幹人教授
(大阪大学大学院理学研究科物理専攻物性理論研究室)
関西弁熱血指導 山本快知
(九州大学大学院総合理工学専攻1期D2)
詳しくは <https://25d-materials.jp>
© ちんでんひでこ
月刊文芸 神奈川工科大学 講師(物理)

