

# ファインマンダイアグラムの書き方～tikz-feynhand 編～

2019 年 10 月 15 日

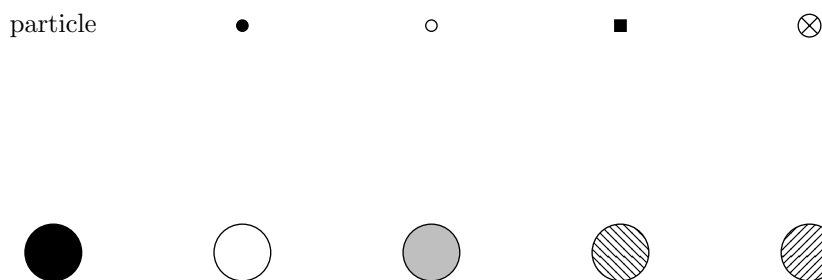
## 1 ダイアグラムを書くために

ダイアグラムを書く一つの方法が, feynmp パッケージを使う方法である. usepackage で feynmp とする <http://osksn2.hep.sci.osaka-u.ac.jp/taku/osx/feynmp/fmfsamples.pdf> この方法では, 一つの tex ファイルで一つのダイアグラムを作ることしかできない上, いちいち mpost コマンドを実行しないといけないのが難点であるが, 後述の tikz-feynhand では不可能なバーテックスの表現や, 行列グリーン関数なども表現可能なため, より複雑なダイアグラムを書きたい時はこちらを推奨する.

ただとりあえずは, tikz-feynhand を用いることにする. これは tikzpicture 環境の中に feynhand 環境を作ることによってダイアグラムを tikz 感覚で作ってくれる.

## 2 バーテックス

頂点は, vertex コマンドで生成できる. これは普通の tikz とよく似ていて, オプションとして particle, dot, ringdot, squaredot, crossdot, blob, ringblob, grayblob, NWblob, NEblob の 10 個が用意されている. 始点, 終点には [particle] を用いるのが良い. また, 残念ながら電子格子相互



作用で用いられる三角バーテックスや, 電子間相互作用で用いられる四角バーテックスはない. これはそのうちスタイルファイルを見て, 自分で追加するのが良いかもしれない.

## 3 伝線

伝線は propag コマンドで生成できる. こちらも粒子の種類によってオプションが用意されており photon, fermion, anti fermion, boson, charged boson, anti charged boson, gluon, scalar, charged scalar, anti charged scalar, ghost, charged ghost, anti charged ghost, majorana, anti majorana

## 4 sample1

ここでは一つ  $\beta$  崩壊のクォークレベルでのダイアグラムを示す.

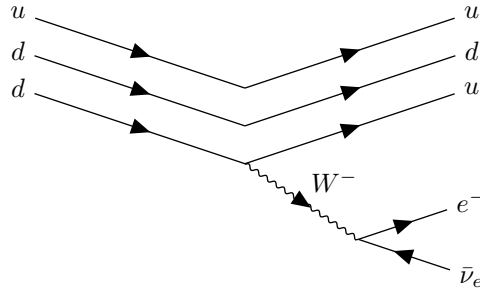


図 1:  $\beta$  崩壊のダイアグラム

## 5 電子格子相互作用のダイアグラム

次に電子とフォノンが相互作用する一次のダイアグラムを書く. フォノン線として [boson] を用いることにしよう. しばしば後述のクーロン相互作用に用いる [scaler] と逆の表記を用いている文献もあることに注意しよう.

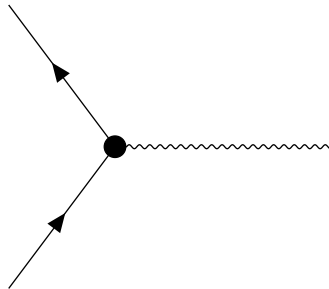


図 2: 電子フォノン相互作用の 1 次

## 6 電子格子交互作用の 2 次

電子格子の 2 次の相互作用はよく見かける.

## 7 クーロン相互作用

クーロン相互作用には scaler を用いる. 例えば二次の相互作用は単にフォノン線をスカラー線で置き換えれば良いから,

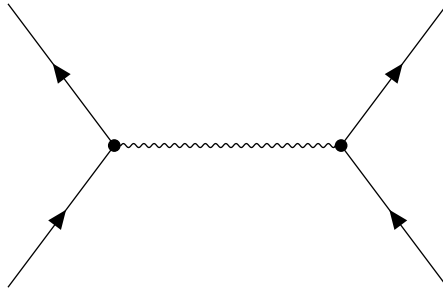


図 3: 電子フォノン相互作用の 2 次のダイアグラム

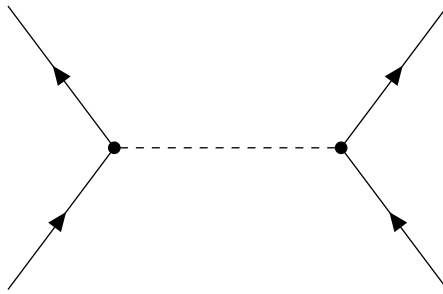


図 4: 電子間相互作用の 1 次のダイアグラム

## 8 ハートリーフォック

さて、ここまで来て気になるのがグリーン関数や自己エネルギー、分極関数の表現である。これらでは曲がったプロパゲータを書かないといけない。これらは `propag` に対するオプション `in`, `out` や `half left`, `half right` を用いることで使うことができる。

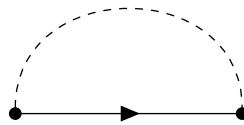


図 5: フォック項のダイアグラム

オプション `looseness` で曲がり具合（楕円の半径）を指定することができる。従って円にしたかったら直線距離の半分を指定してあげれば良いことになる。

フォック項は良くても問題はハートリー項である。ハートリー項のように同じバーテックスに出入りする場合を愚直にやろうとすると図のようになってしまい失敗する。これは `tikz-feynhand` の限界の一つで、残念ながら正攻法で綺麗に書くことはできないように思う。

そこで少しせこいが、架空のバーテックスを一つ追加してやることで一応、書くことはできる。

ただしこれはあまり良くない例であろうから、ハートリー項のダイアグラムが欲しければ `feynmp` を使うことになるだろう。

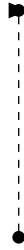


図 6: ハートリー項のダイアグラム失敗バージョン

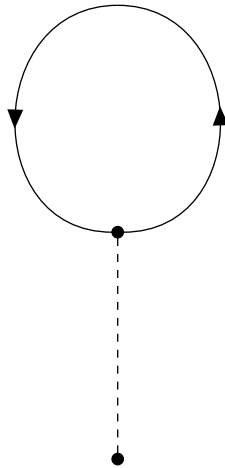


図 7: ハートリー項のダイアグラム？

## 9 バブル

フォック項と同じ要領で例えば RPA のバブルダイアグラムを書くことができる。

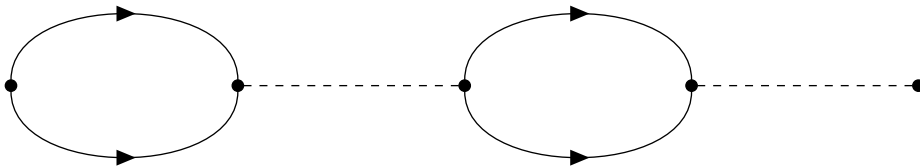


図 8: RPA のダイアグラム