

➤ 1時間でわかる臨床でしか使えない脳卒中リハビリ

# 小脳と運動学習

① 運動学習とは？

② 遠心性コピーとは？

③ プルキンエ細胞と内部モデル

④ 長期抑圧と長期増強とは？

臨床と知識を繋ぐ

脳外臨床大学校

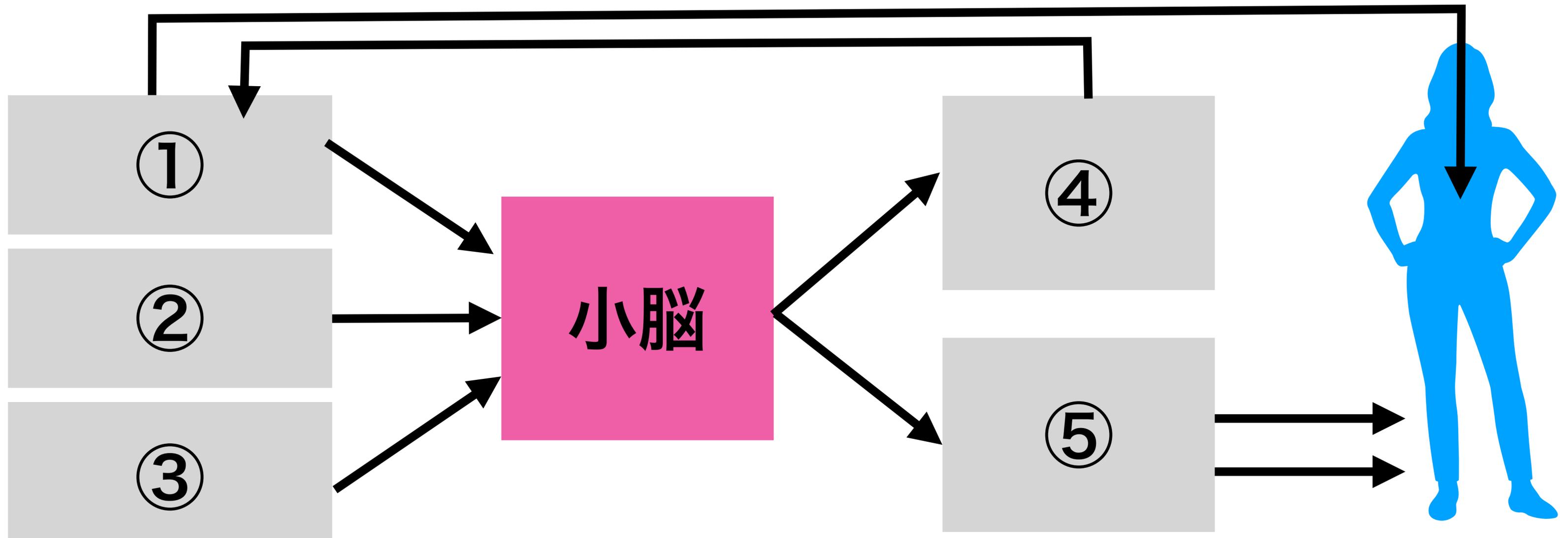
講師：脳外臨床研究会 会長  
作業療法士 山本秀一郎



# 小脳の役割とは？

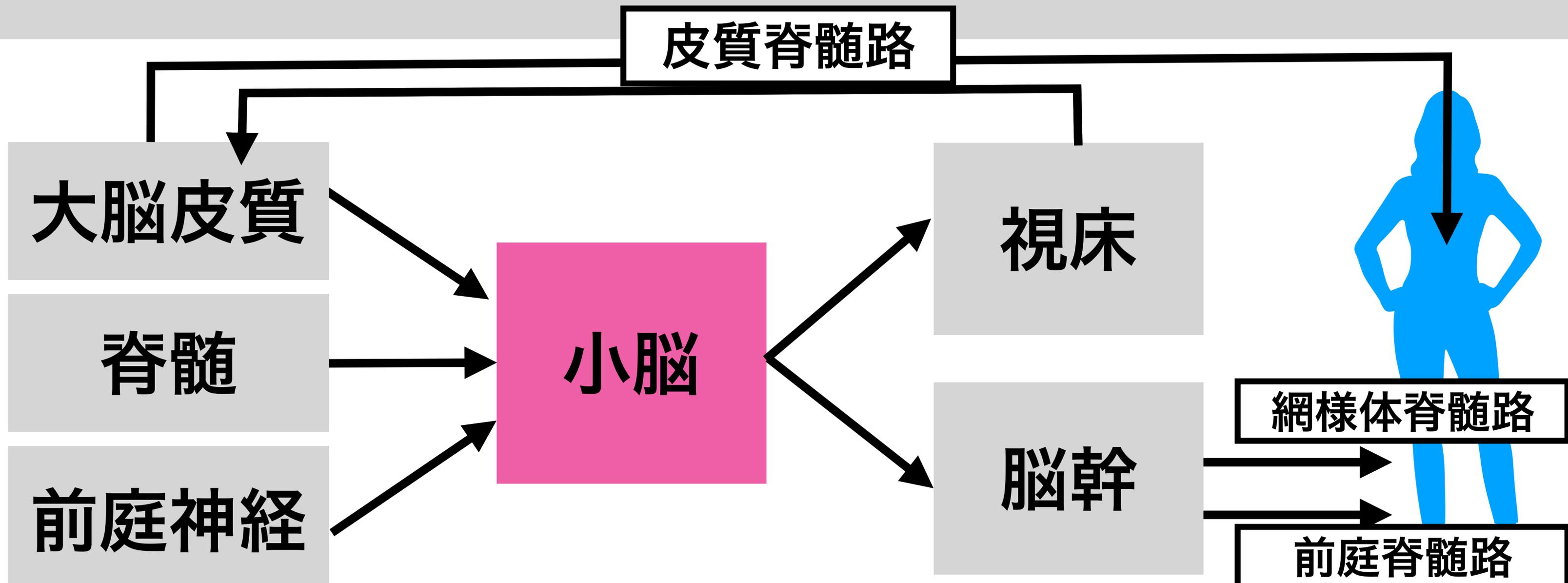
# 小脳とは？

大脳皮質・脊髄・前庭神経系からの情報を受け、身体各器官の運動機能を調整している



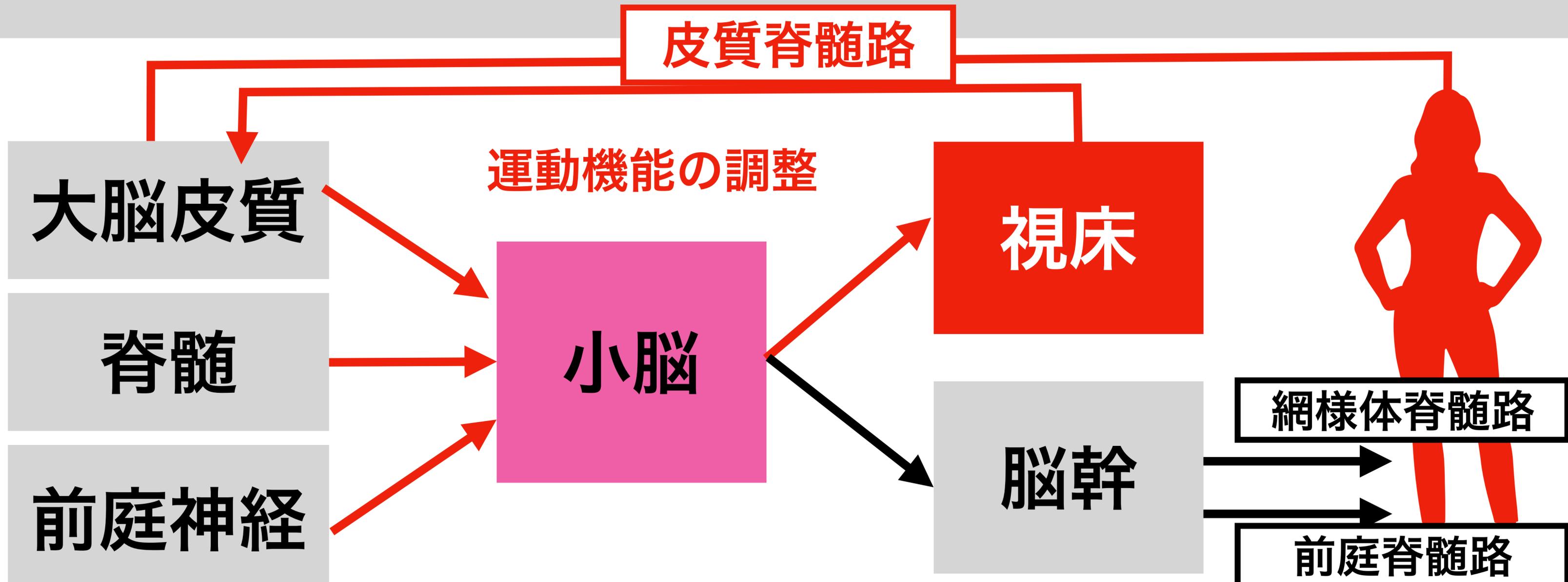
# 小脳とは？

大脳皮質・脊髄・前庭神経系からの情報を受け、身体各器官の運動機能を調整している



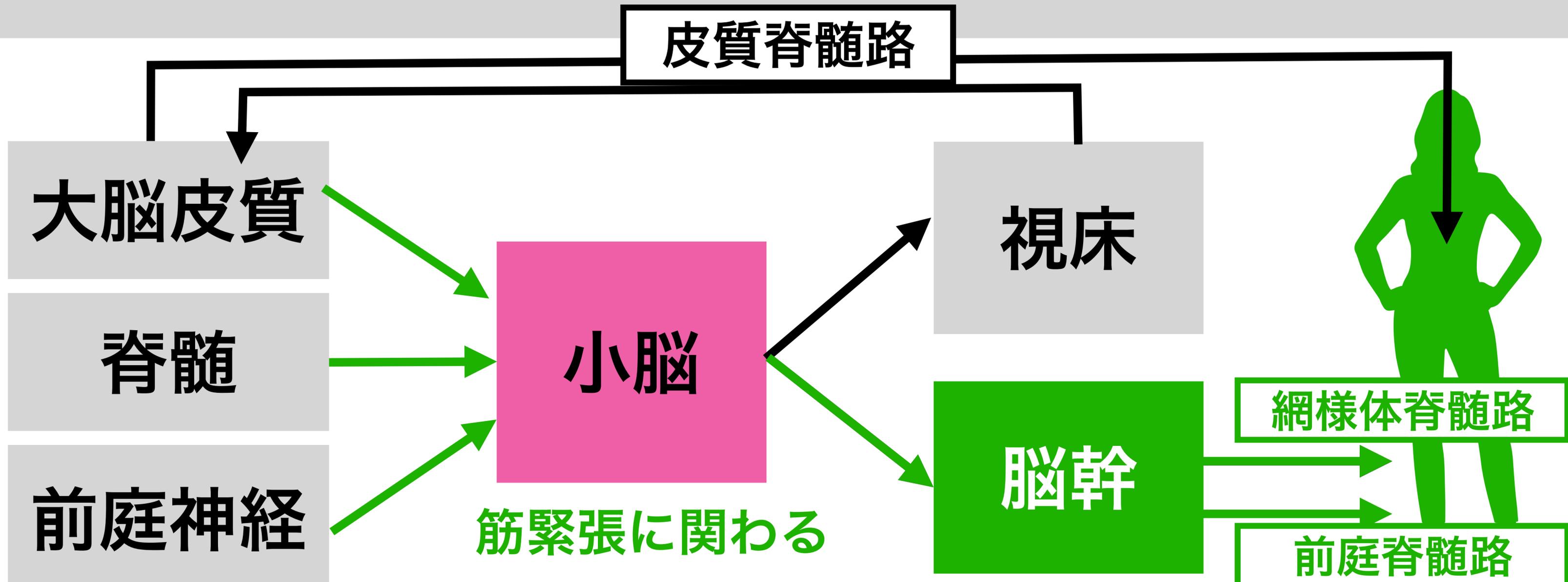
# 小脳とは？

大脳皮質・脊髄・前庭神経系からの情報を受け、身体各器官の運動機能を調整している



# 小脳とは？

大脳皮質・脊髄・前庭神経系からの情報を受け、身体各器官の運動機能を調整している



臨床と知識を繋ぐ

脳外臨床大学校

# 小脳障害

## 運動失調ってどんな症状

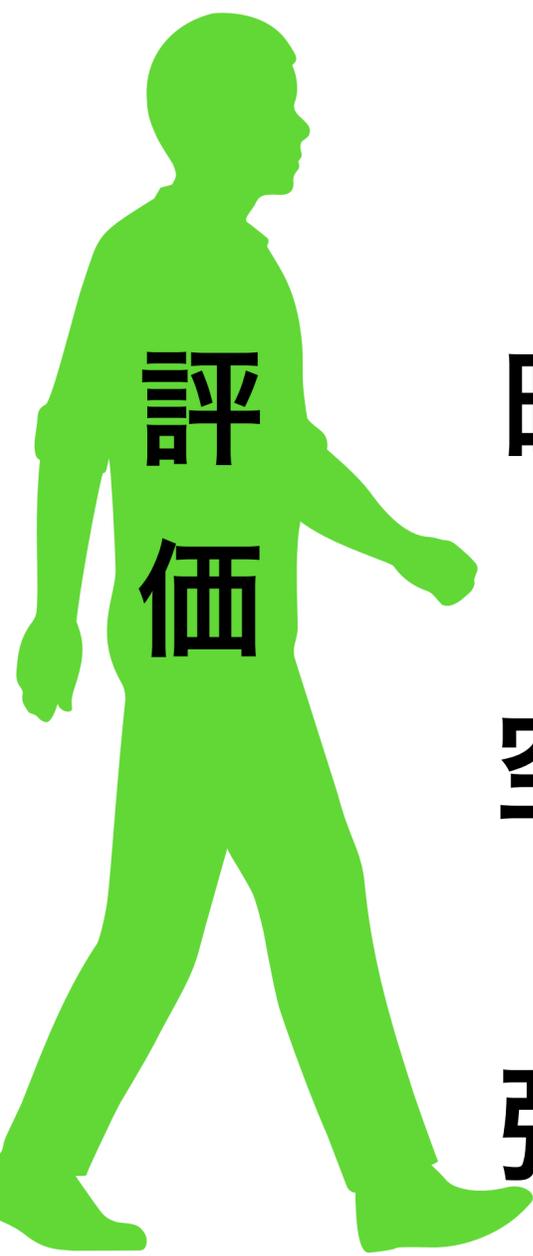
# 運動失調とは？



# 随意運動における協調性の評価

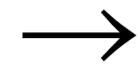
『随意運動における空間的・時間的な秩序と

配列が保たれた状態とは』

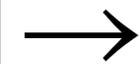


評価

時間的秩序



筋収縮のタイミング



回内外試験

空間的秩序



筋収縮の組み合わせ

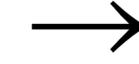


鼻指鼻試験

強さの配列



筋出力



MMT

# 運動学習の種類

～何をどう覚えるのか？～



# 運動学習の種類

～ゴルフのスイングが出来るようになる～

＜手順＞

スイング動作  
粗大動作

＜協調性＞

動作時における筋の  
タイミング  
組み合わせ  
出力





# 運動学習の種類

～ゴルフのスイングが出来るようになる～

＜手順＞

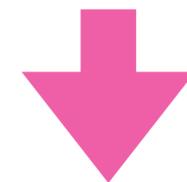
スイング動作  
粗大動作



大脳基底核

＜協調性＞

動作時における筋の  
タイミング  
組み合わせ  
出力

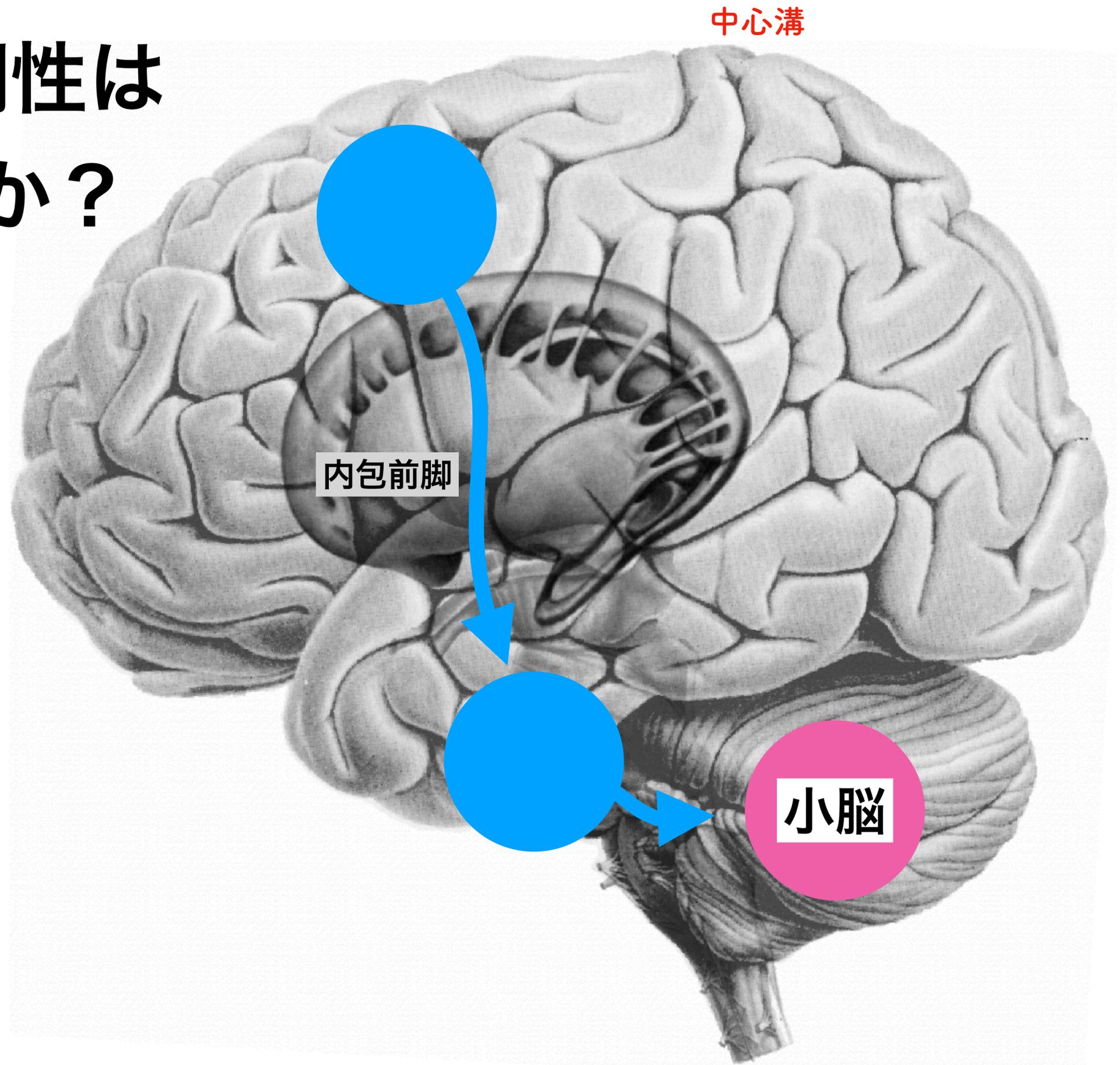
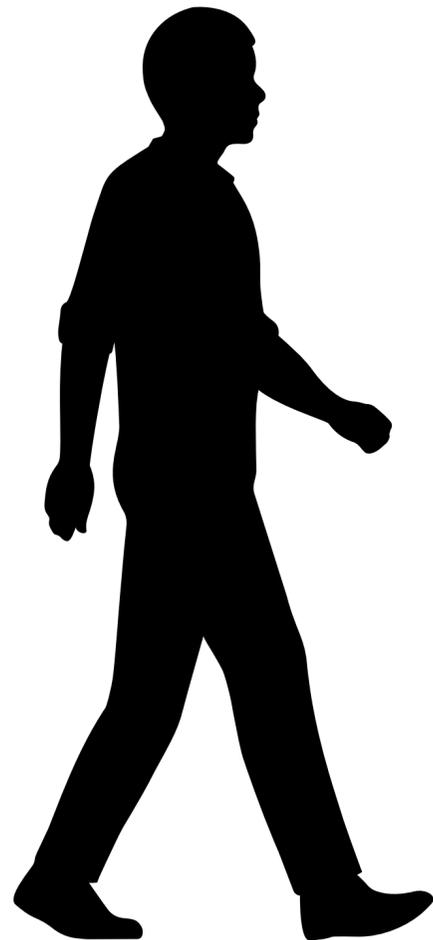


小脳

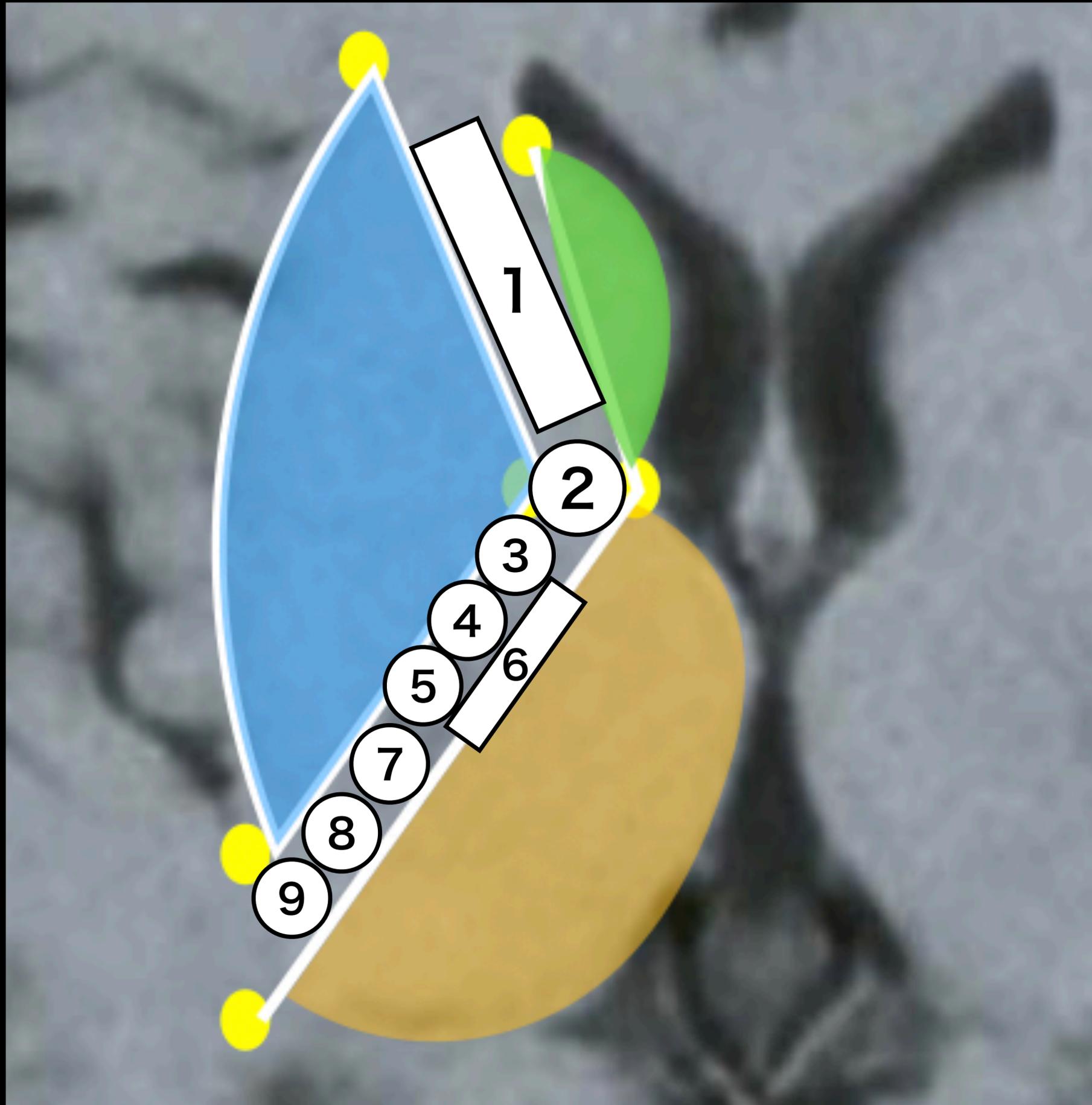
小脳はどのようにして

協調性をコントロールしているの

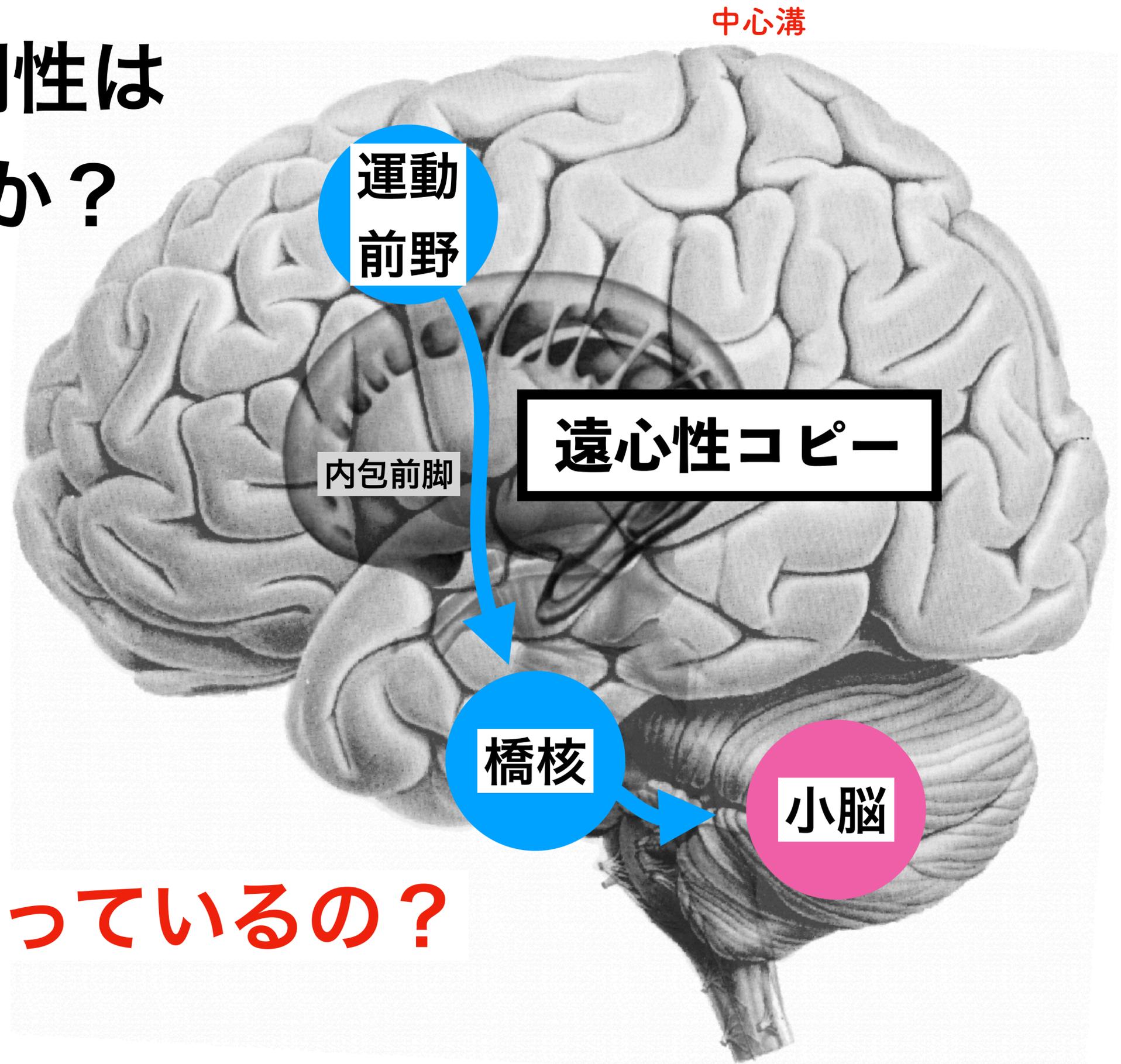
# どうやって協調性は 獲得されるのか？



- ①前頭橋路
- ②皮質延髓路
- ③皮質脊髓路（上肢）
- ④皮質脊髓路（体幹）
- ⑤皮質脊髓路（下肢）
- ⑥皮質橋網樣体路
- ⑦皮質延髓網樣体路
- ⑧視床皮質路
- ⑨側頭橋路
- 頭頂橋路
- 後頭橋路



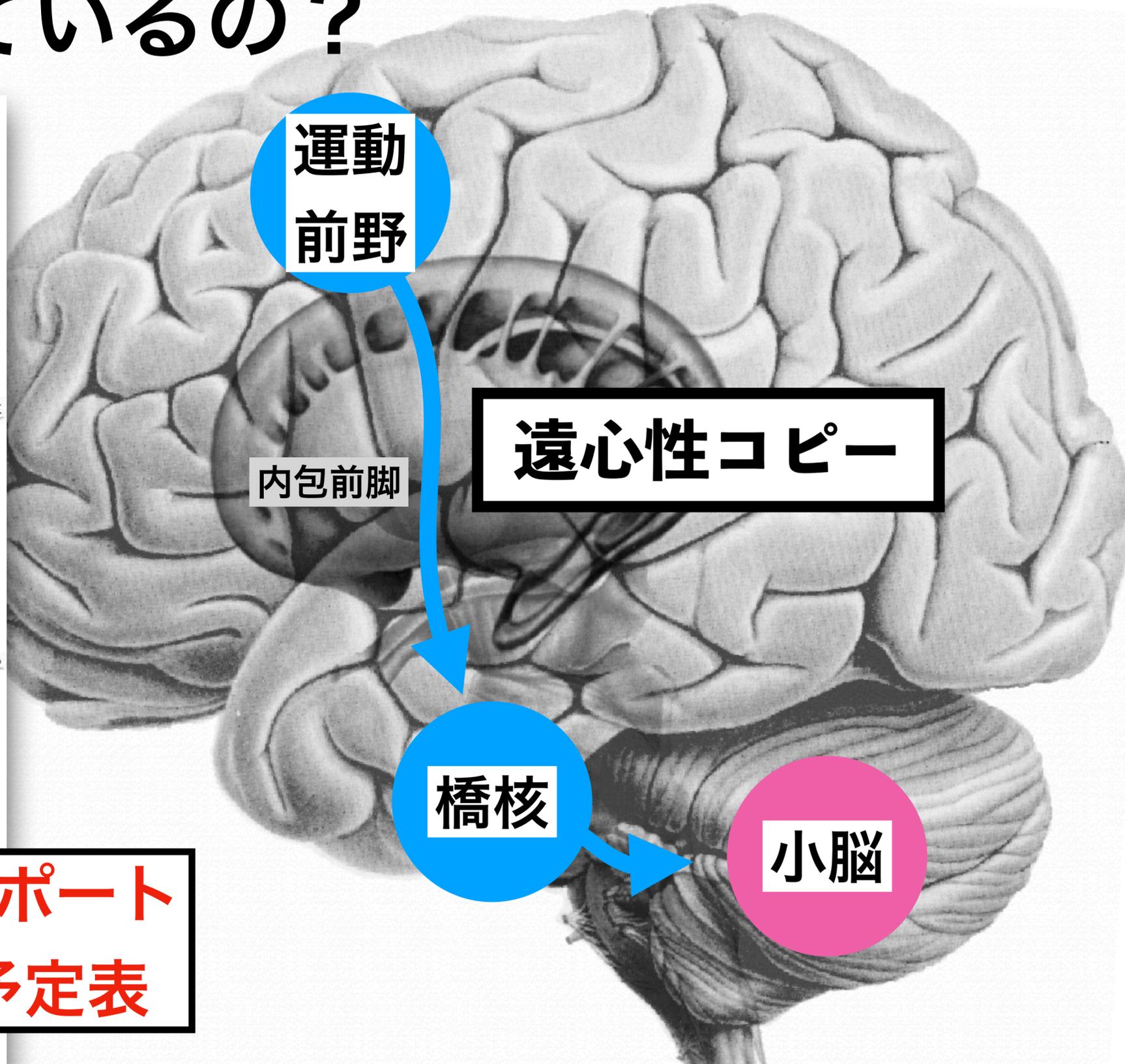
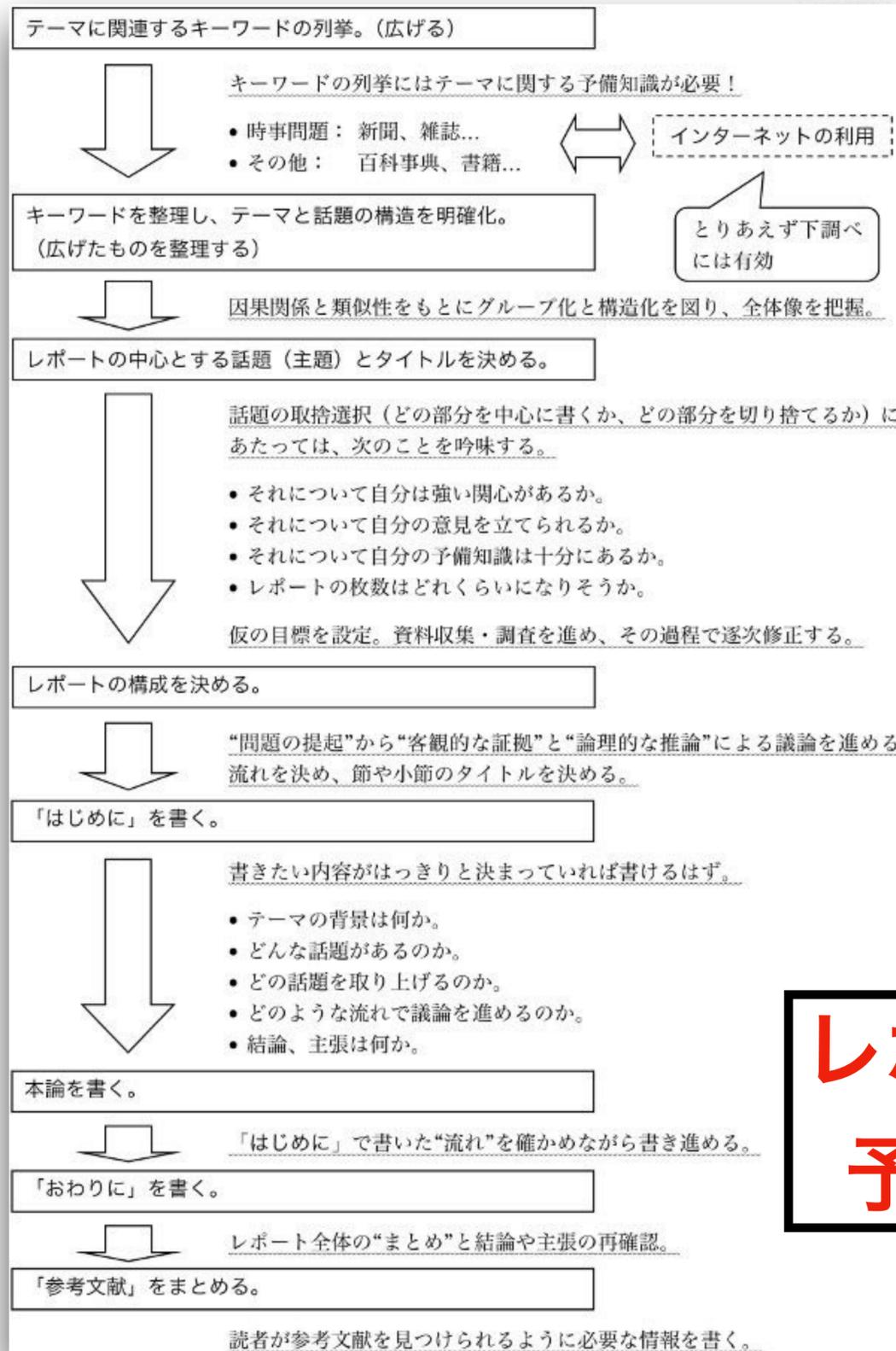
どうやって協調性は  
獲得されるのか？



どんな情報を送っているの？

# どんな情報を送っているの？

中心溝



レポート  
予定表

\*運動を実行する時に作成される運動指令信号のコピーである

どんな情報を送っているの？

なんのために  
送るの？



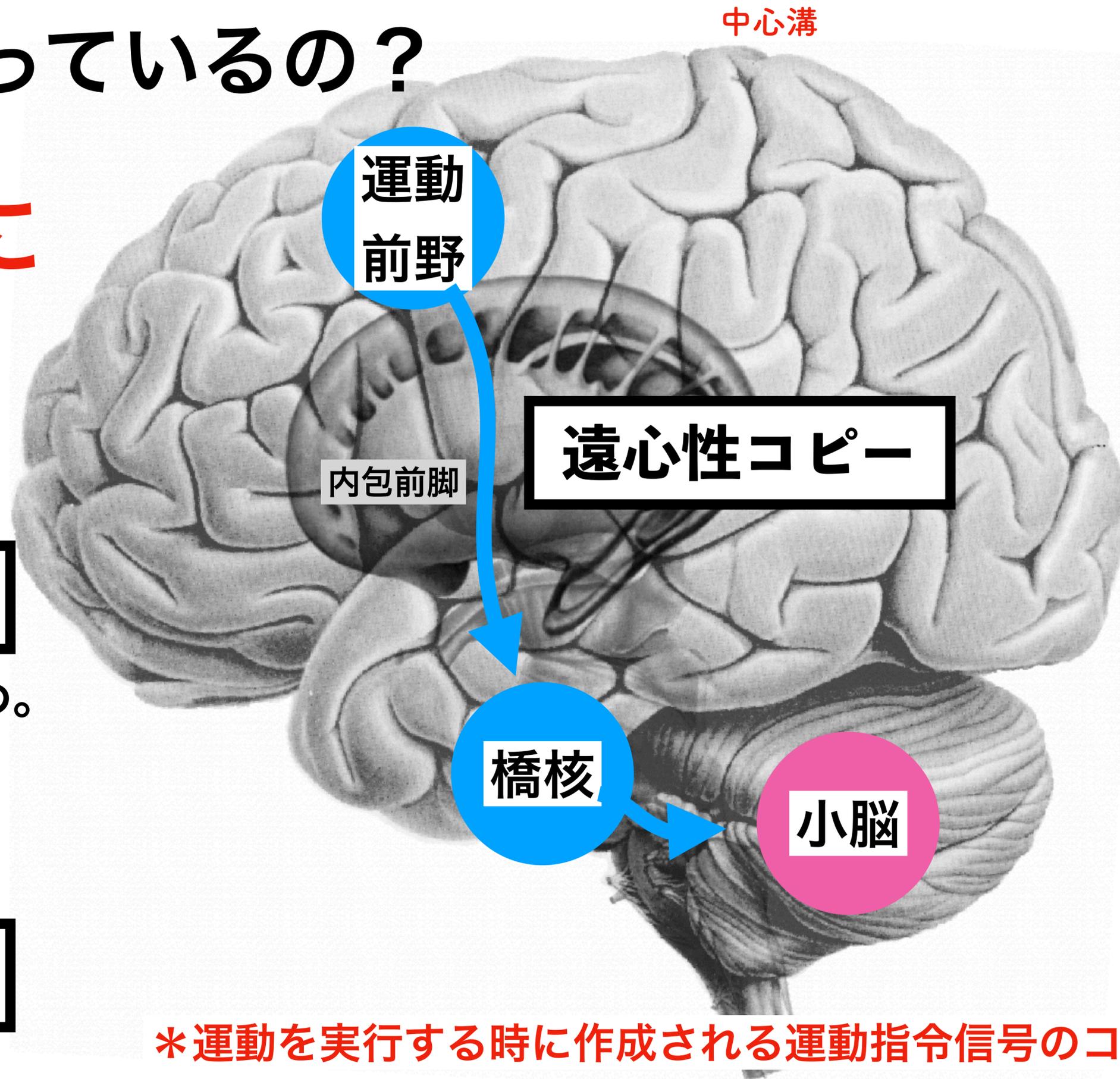
FB (修正)



するため。

何を使って？

無意識の固有感覚



\*運動を実行する時に作成される運動指令信号のコピーである

# この仕組みのことを何という？

中心溝

教師あり学習

無意識の固有感覚

運動前野

内包前脚

遠心性コピー

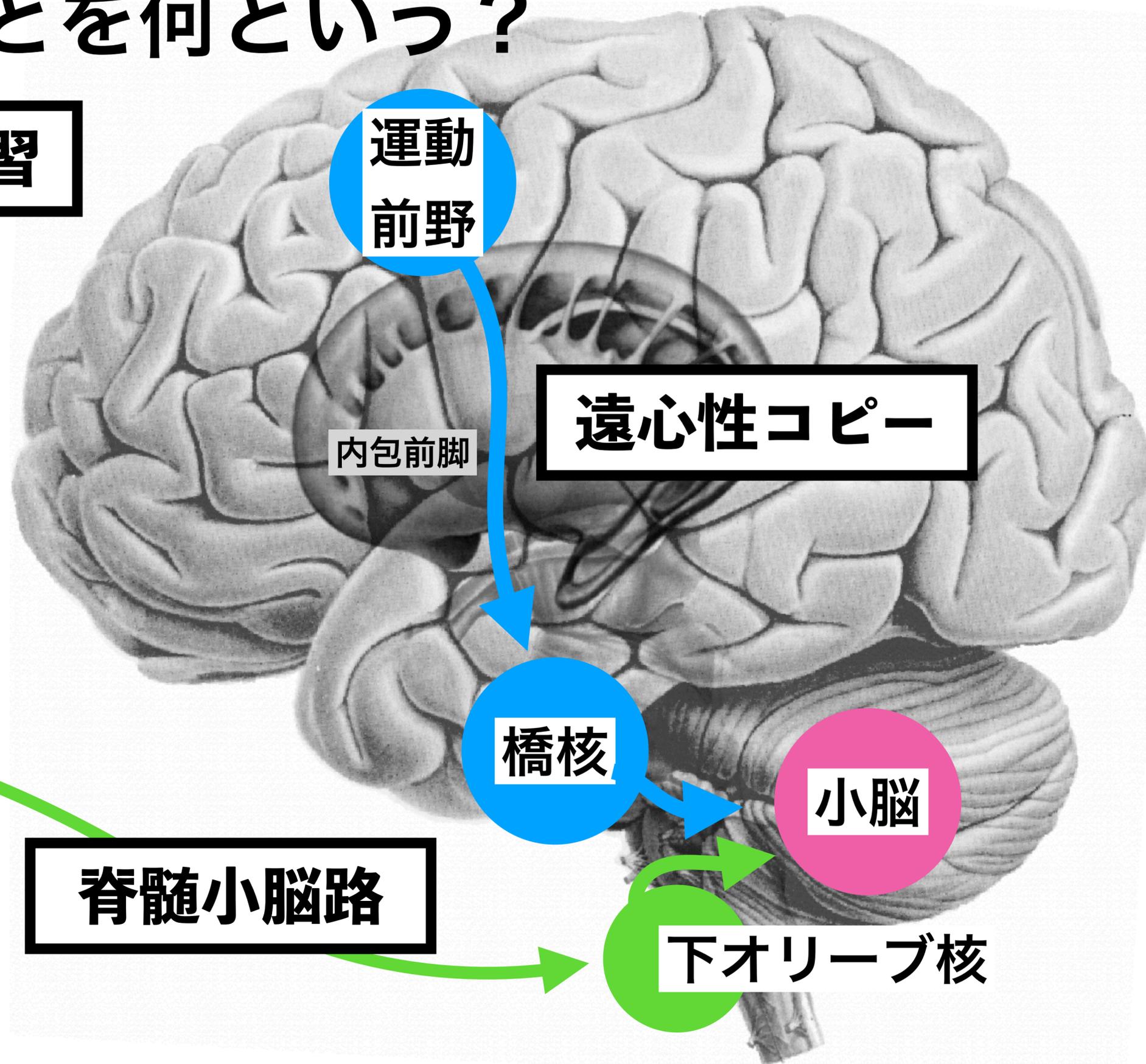
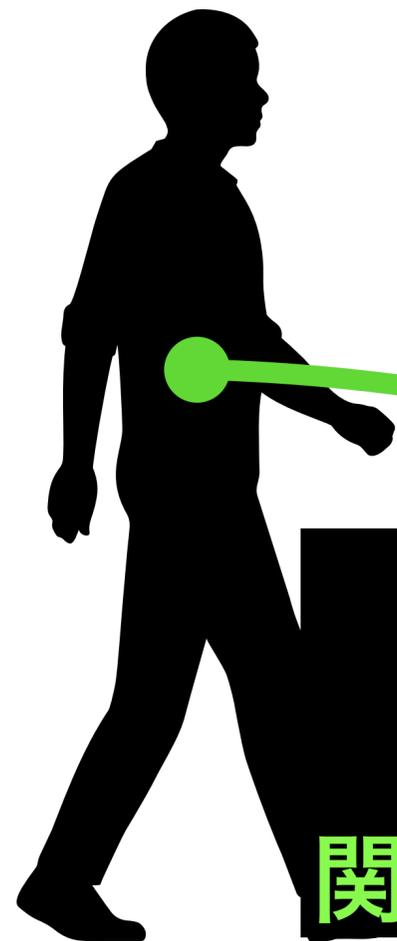
橋核

小脳

脊髄小脳路

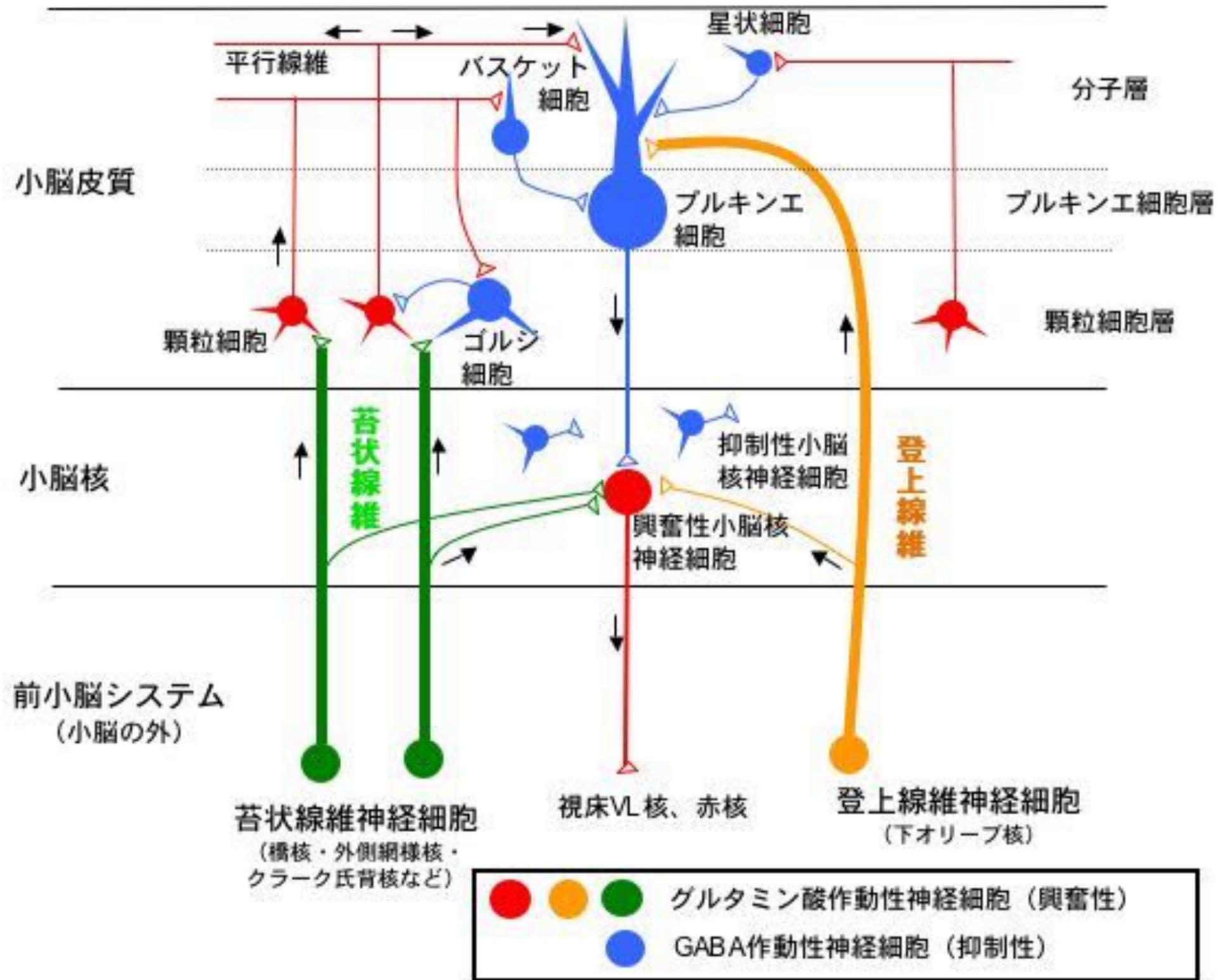
下オリーブ核

筋紡錘  
腱紡錘  
関節受容器

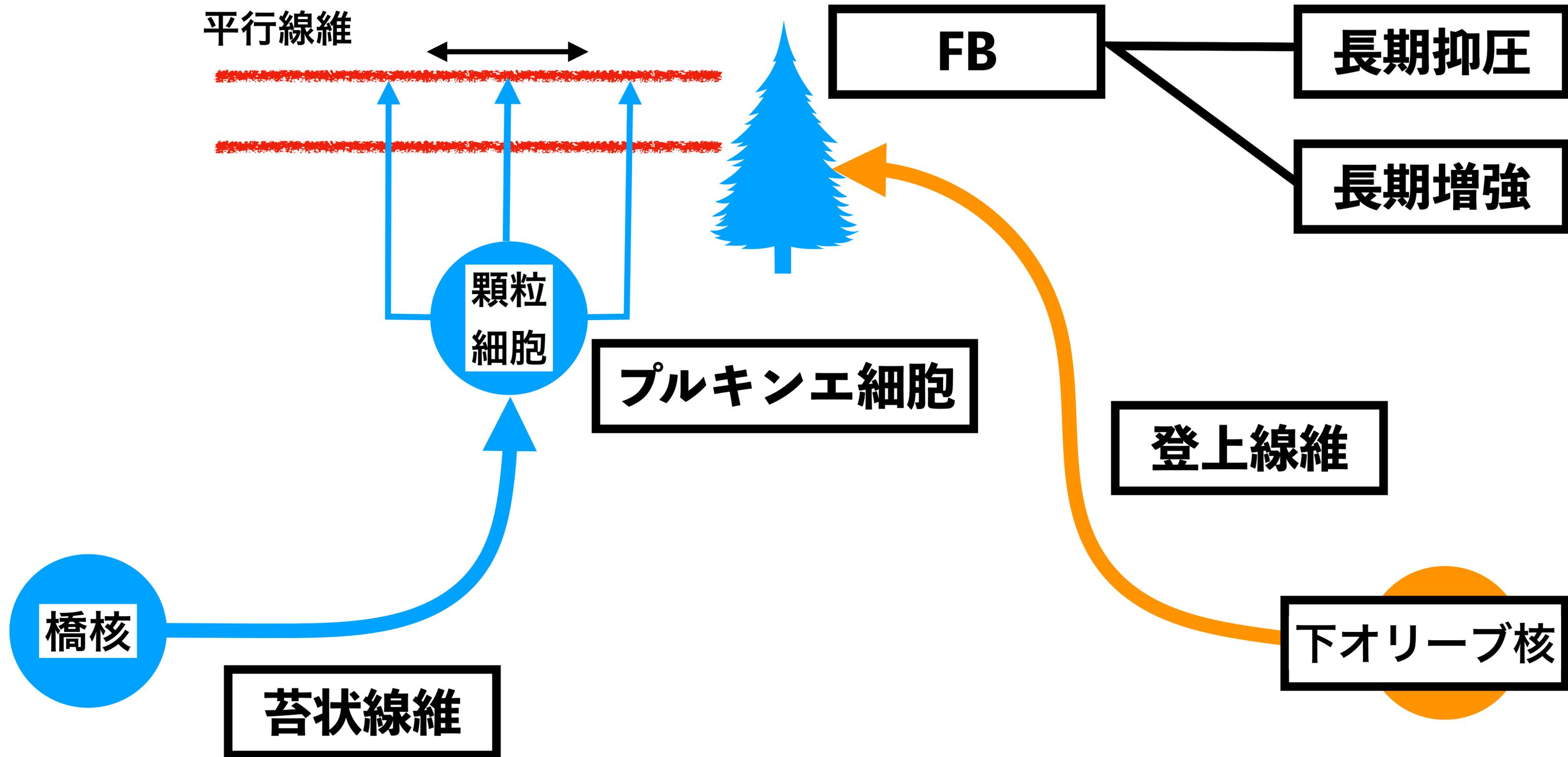


協調性を獲得するために  
小脳内部では何をしてる？

# どうやって調整しているの？



# どうやって調整しているの？



# 長期増強と長期抑圧

神経と神経を繋ぎ

神経の伝達をスムーズ且つ一定にすること

**長期増強**

神経と神経の関係を抑制し

神経の伝達を遮断することを

**長期抑圧**

# 長期増強と長期抑圧

ド

レ

ニ

ニ

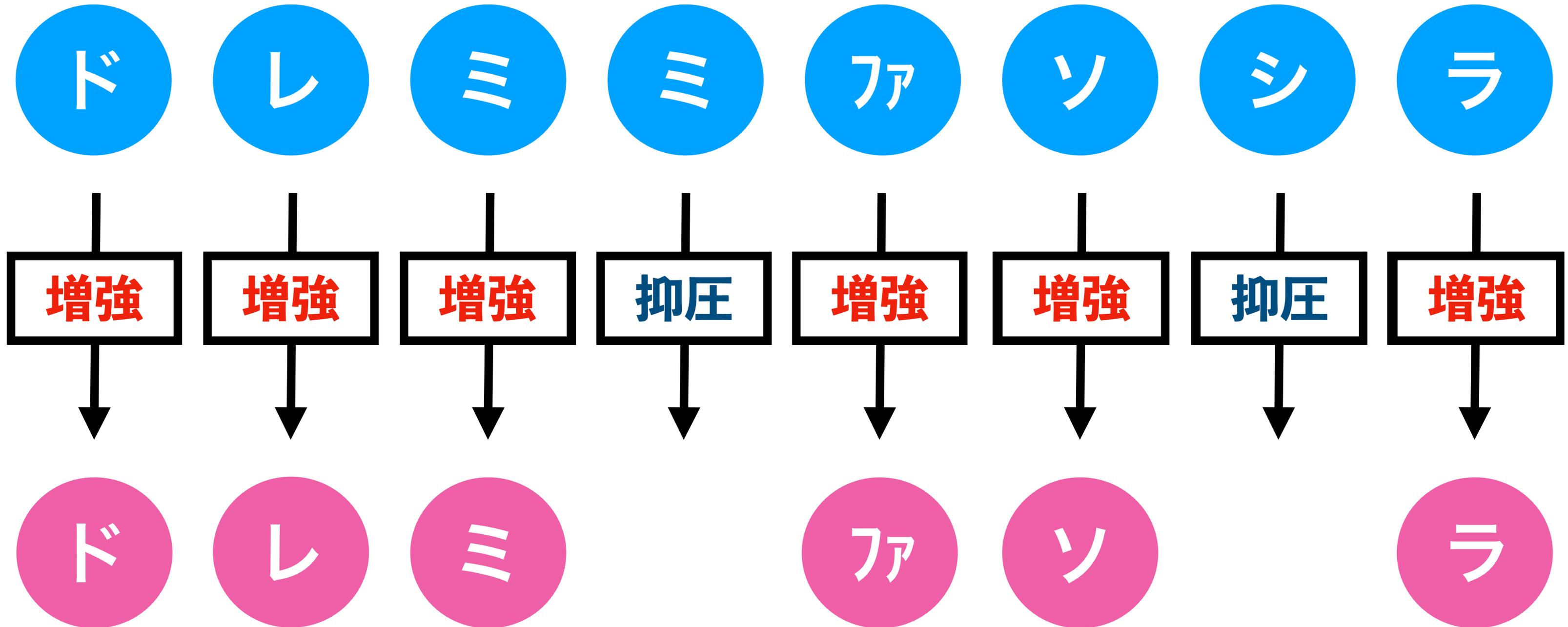
ファ

ソ

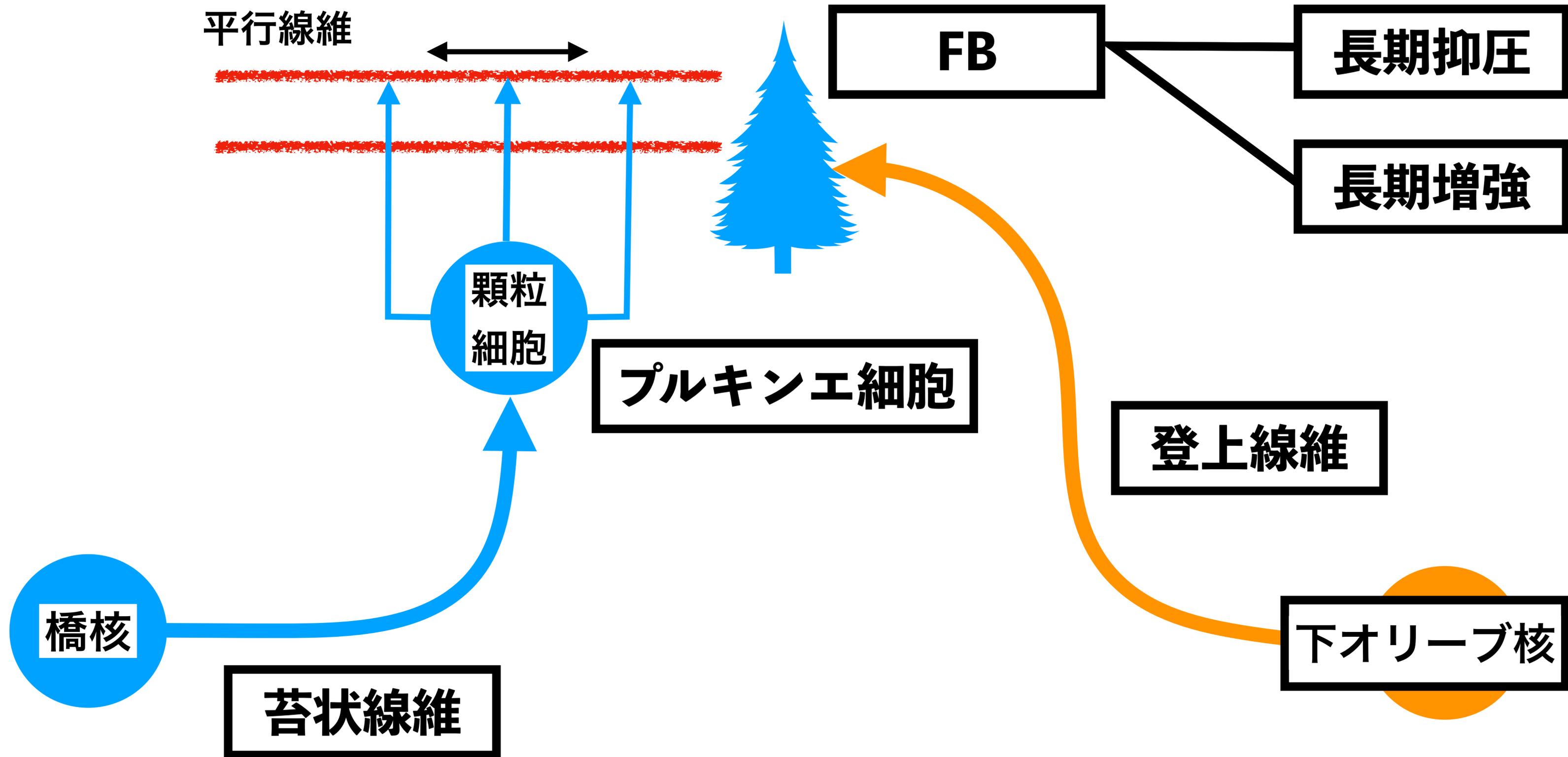
シ

ラ

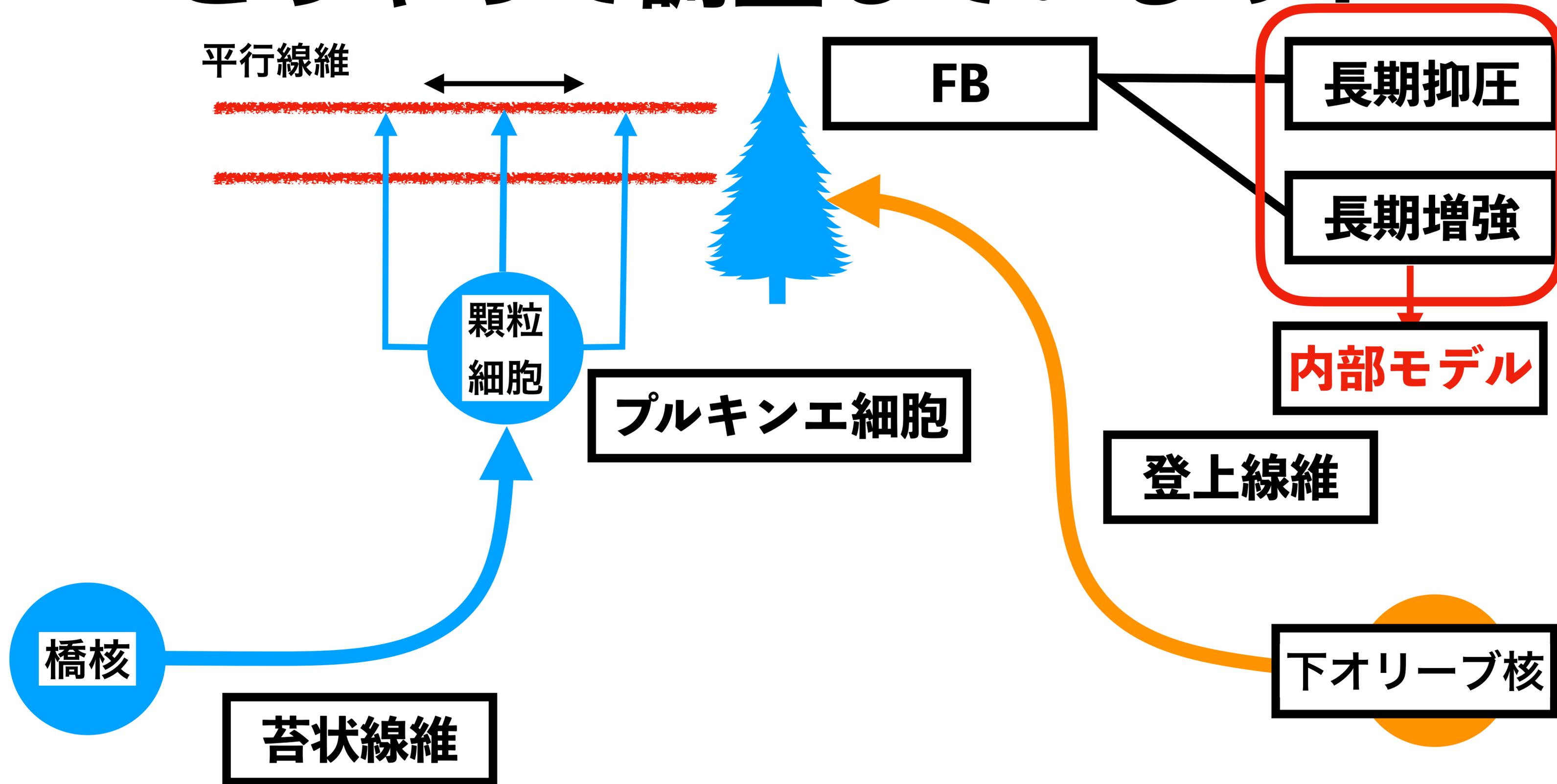
# 長期増強と長期抑圧



# どうやって調整しているの？



# どうやって調整しているの？



何か似てると思いませんか？

# どのようにして抑制しているの？



コーヒーを取りたい

大脳皮質

線条体 (被殻 + 尾状核)  
基底核の入り口

淡蒼球外節

視床下核

間接経路

①コーヒー



直接経路

淡蒼球内節  
黒質網様部

視床

直接経路というのはブレーキを緩めて、運動をさせてあげる経路である

抑制をやめる、脱・抑制という!!

## STOP!!

間接経路というのはブレーキを強めて、運動を止める経路である。

抑制を強める、つまり抑制強化という!!

②抹茶ラテ



**基底核と小脳は何が違う？**

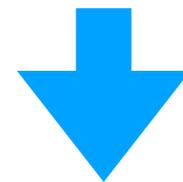


# 運動学習の種類

～ゴルフのスイングが出来るようになる～

＜手順＞

スイング動作  
粗大動作



大脳基底核

予測と誤差

＜協調性＞

動作時における筋の  
タイミング  
組み合わせ  
出力

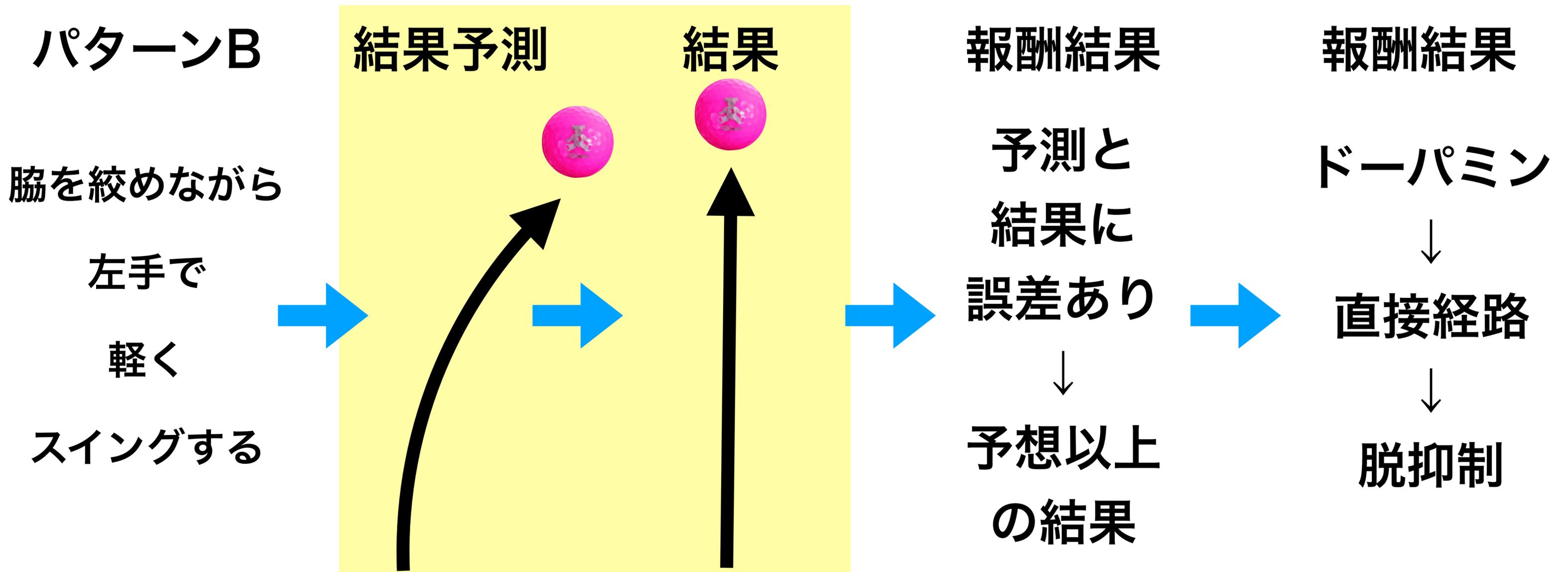


小脳

必要なこと

# 基底核の運動学習に必要なこと

基底核の運動学習（手順の獲得）は、強化学習（報酬予測）である。





# 運動学習の種類

～ゴルフのスイングが出来るようになる～

<手順>

スイング動作  
粗大動作



大脳基底核

予測と誤差

<協調性>

動作時における筋の  
タイミング  
組み合わせ  
出力



小脳

固有感覚

# この仕組みのことを何という？

中心溝

教師あり学習

無意識の固有感覚

運動前野

内包前脚

遠心性コピー

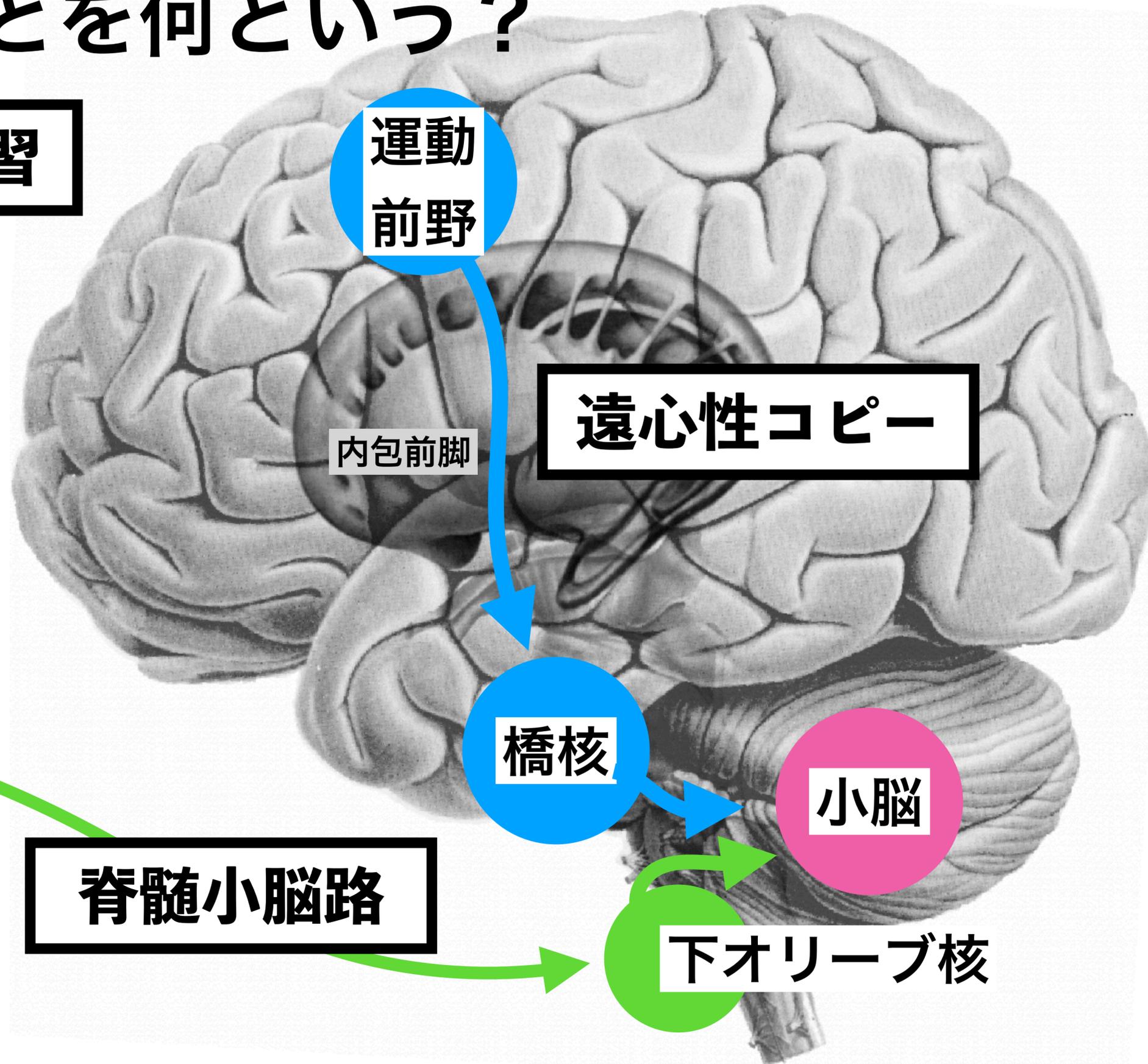
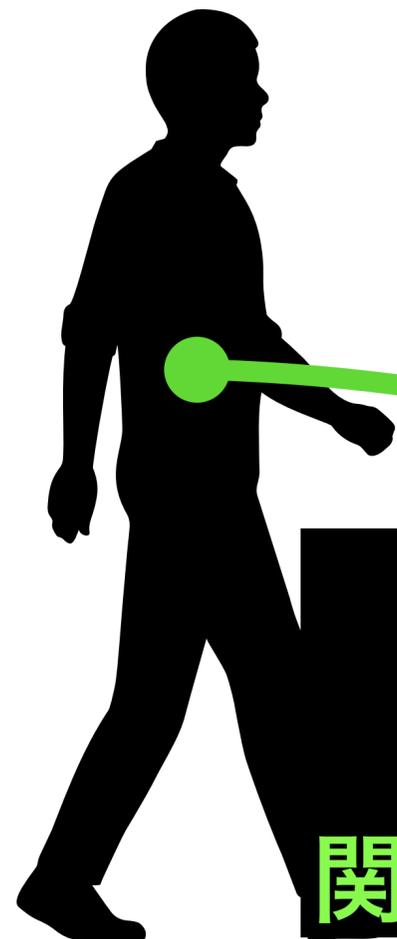
橋核

小脳

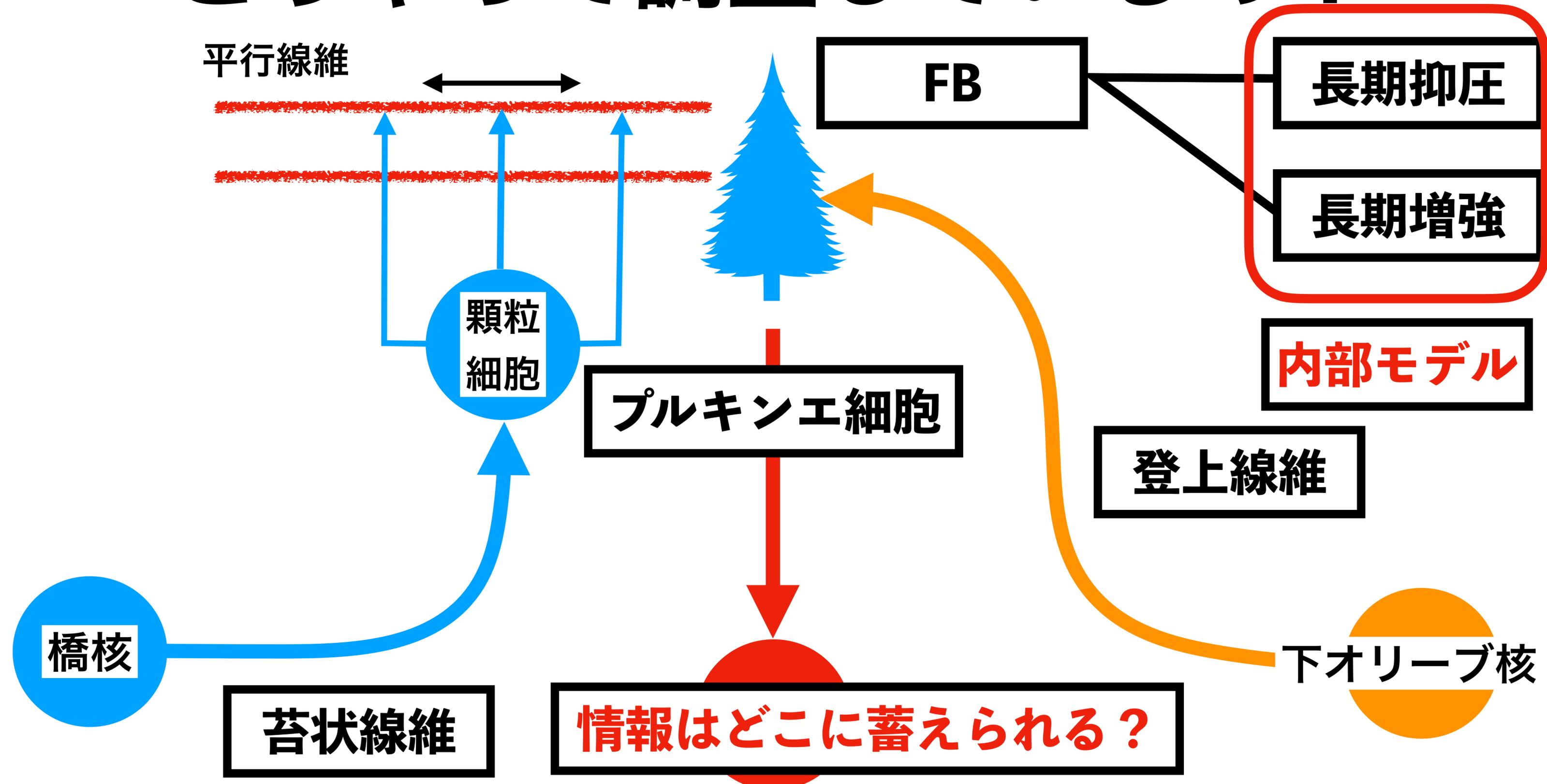
脊髄小脳路

下オリーブ核

筋紡錘  
腱紡錘  
関節受容器



# どうやって調整しているの？



平行線維

FB

長期抑圧

長期増強

内部モデル

登上線維

顆粒細胞

プルキンエ細胞

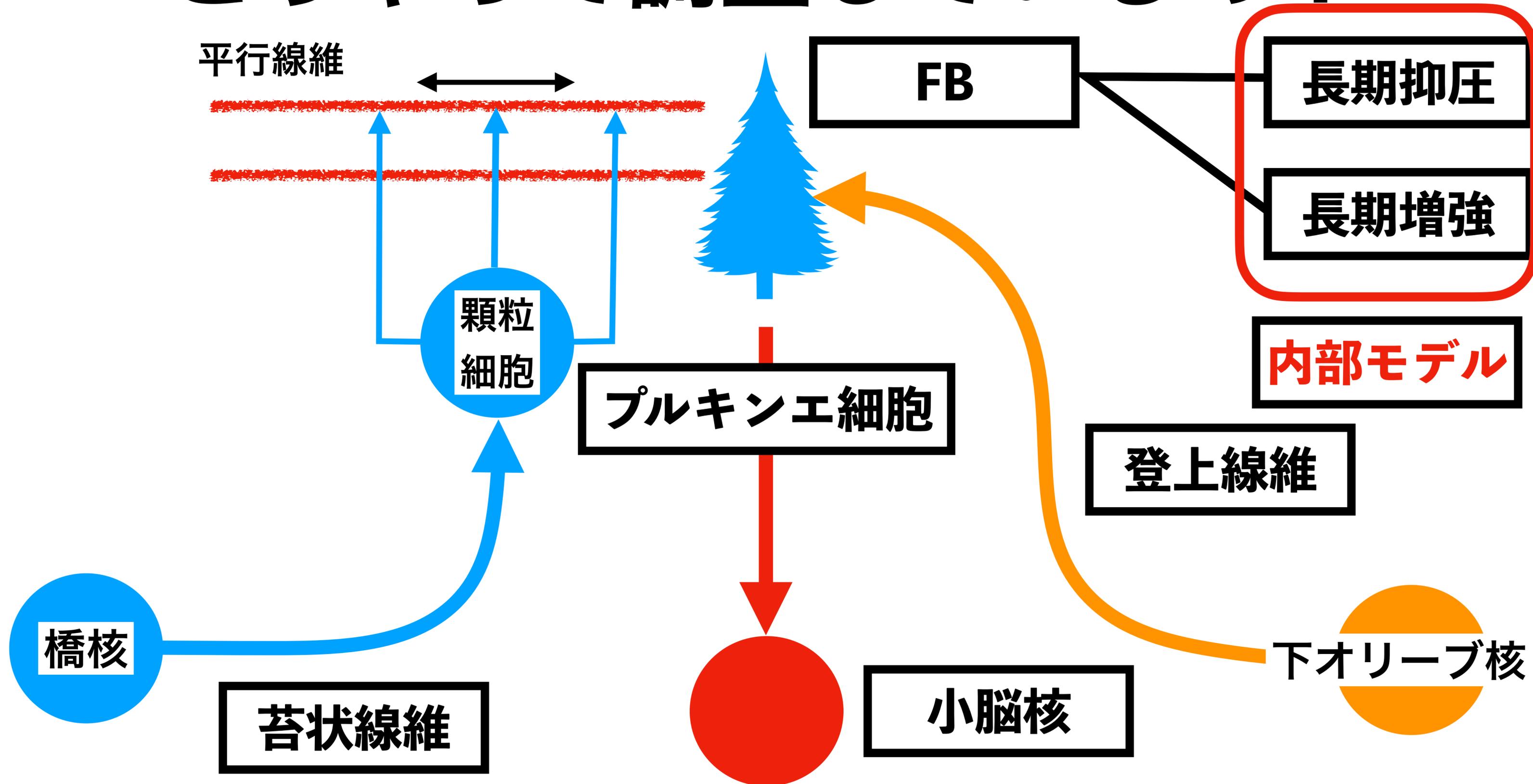
橋核

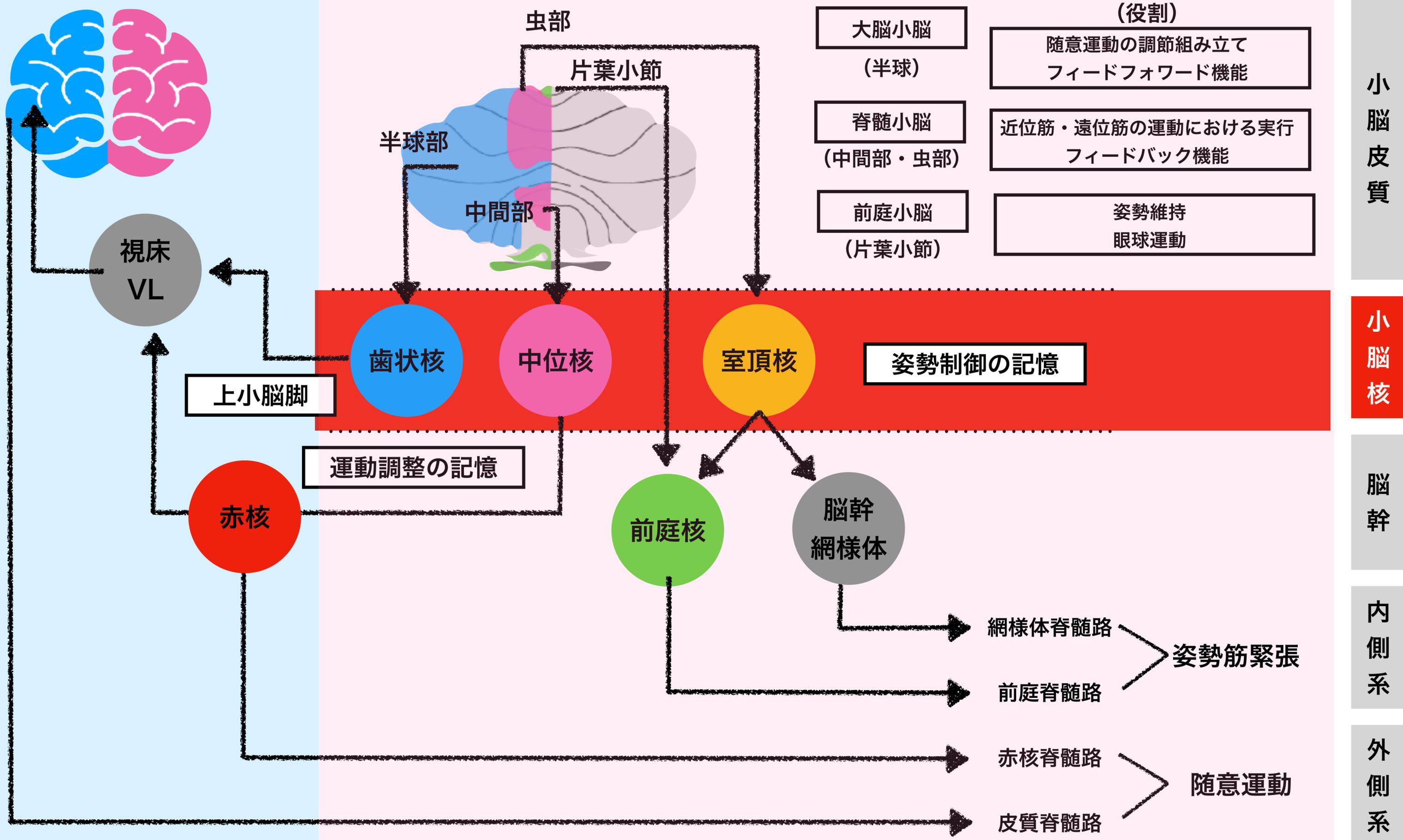
苔状線維

情報はどこに蓄えられる？

下オリーブ核

# どうやって調整しているの？





# 小脳の運動が学習を誘発する 臨床での4つのポイントとは？！

①

②

③

④

# 小脳の運動が学習を誘発する 臨床でのポイントとは？！

- ① 目的運動が明確である（運動前野＋遠心性コピー）
- ② 深部感覚情報が正しい（筋・関節のアライメントを含めて）
- ③ 長期増強・長期抑圧を使い分ける
- ④ 反復が必要