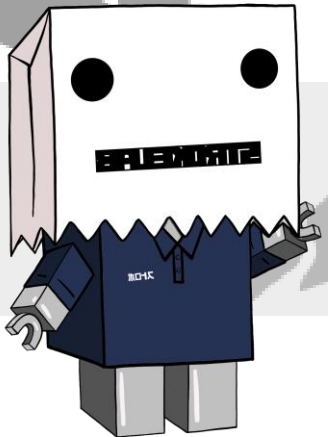
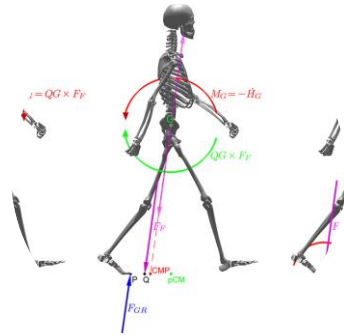


運動制御 (Motor Control)



Contents



運動制御とは？

運動制御の中身

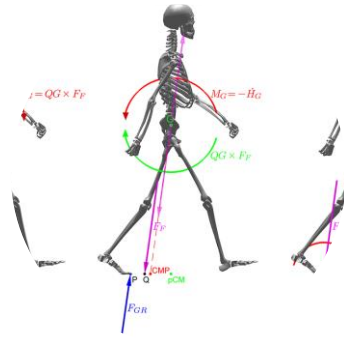


動作で捉える運動制御

脳を相互作用の視点で捉える



運動制御とは



運動制御とは？

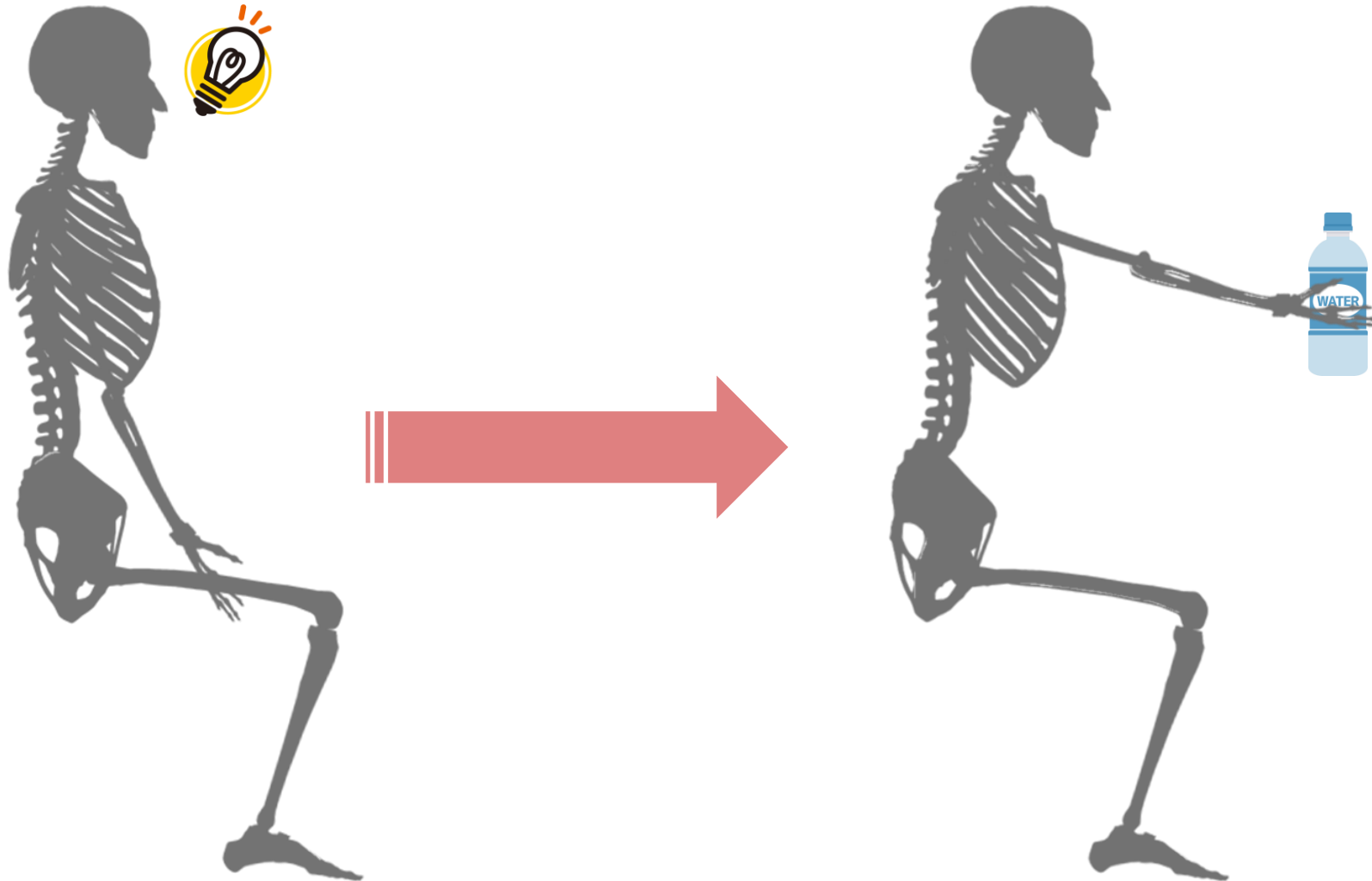
運動制御の中身



動作で捉える運動制御

運動制御とは

- ✓ ヒトが何か動作/活動/行為を実行・遂行するにあたって要求される神経的プロセスを指す



運動制御と姿勢制御

- ✓ ヒトは、“姿勢制御を背景とした運動制御”を行うことで機能的な運動・動作・活動の遂行を可能にしている。
- ✓ 神経筋システムに障害を負った場合、運動の基盤である姿勢制御が困難となり、結果的に運動制御にも難渋する。

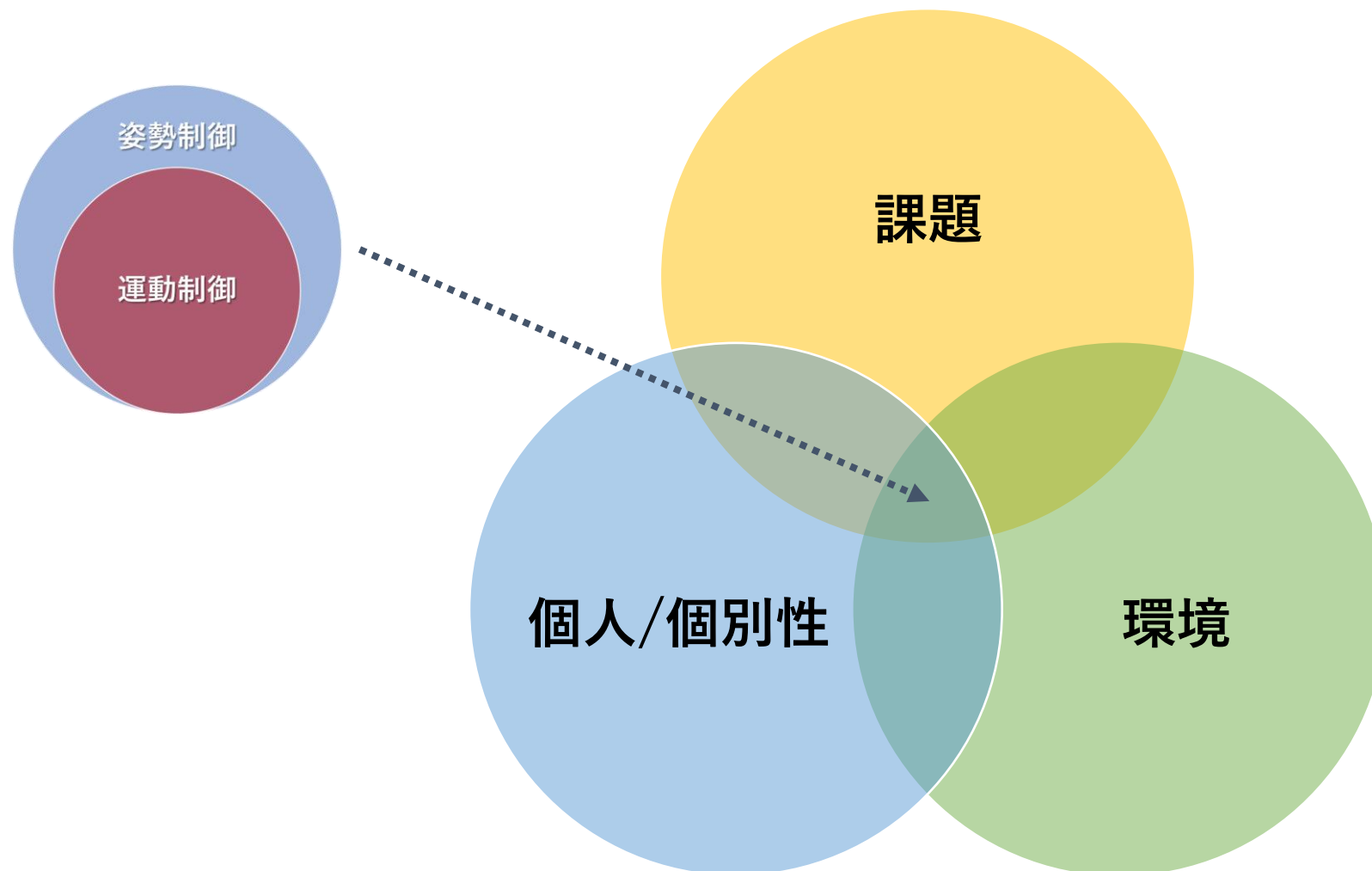


運動制御と姿勢制御



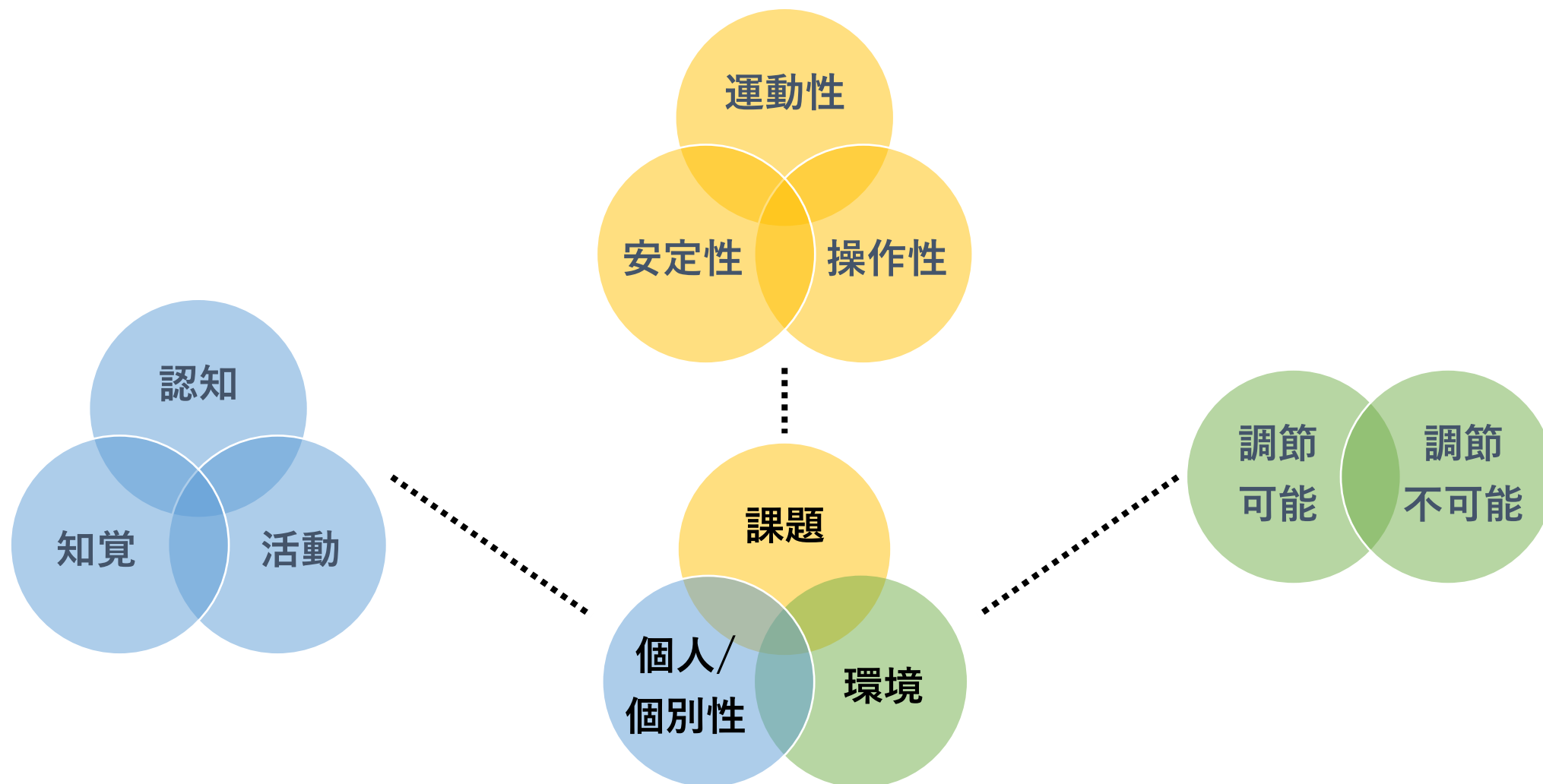
運動制御と姿勢制御に関する要素

- ✓ 運動制御は姿勢制御を基盤としているが、これら2つは課題・個人/個別性・環境によって影響を受ける。
- ✓ 姿勢制御と運動制御にアプローチしていく上では、この3つの要素を念頭に置くことを心掛けることが必要。



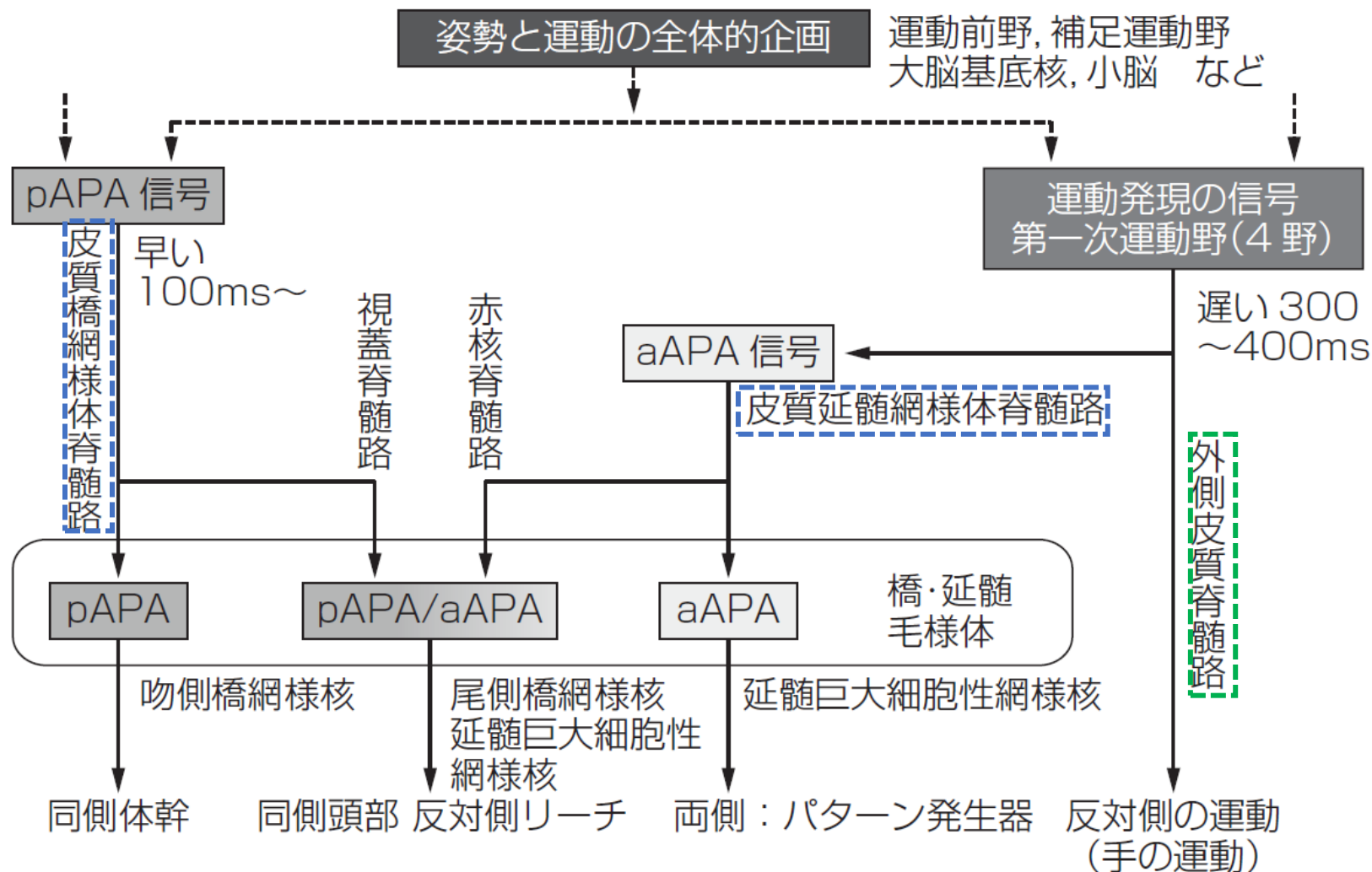
アプローチ視点で構成要素を捉える

- ✓ 姿勢制御を基盤とした運動制御をセラピストがアプローチしていくためには、3つの因子の中身を知る必要がある
- ✓ どのような課題にするか？どのような脳内処理を課せるか？環境で補完できるのか？…推論することが重要となる

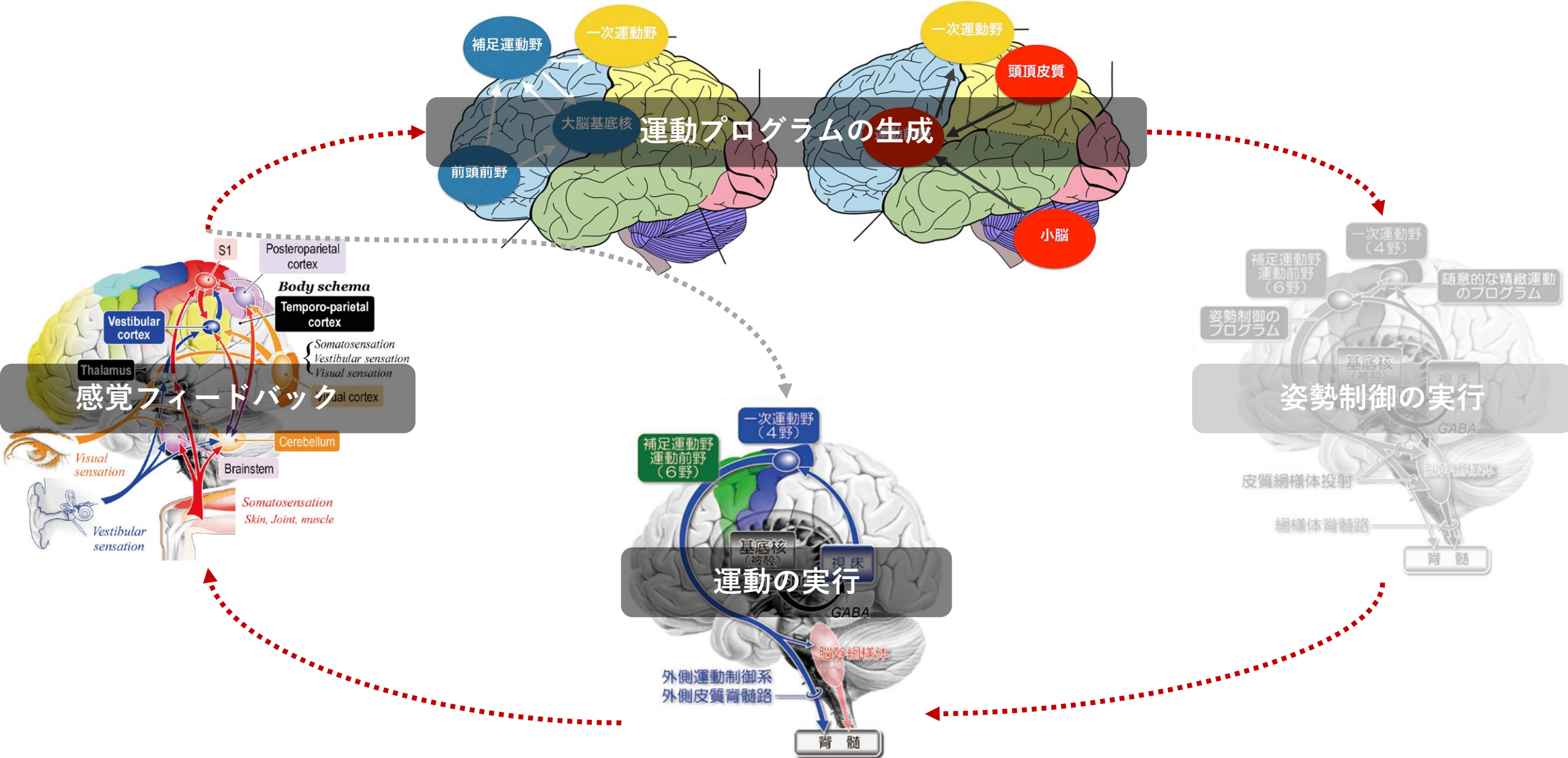


先行性随伴性姿勢調整 (Anticipatory Postural Adjustments)

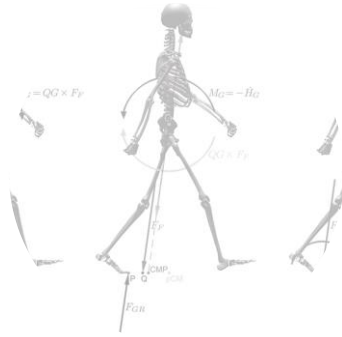
- ✓ 姿勢制御は先行性随伴性姿勢調整(APA's)とも呼ばれ, 先行性姿勢制御(pAPA)と随伴性姿勢制御(pAPA)に分類
- ✓ pAPAは動作開始に際して先行的に姿勢調整を行い, 随意運動とともにaAPAは進行中の運動に姿勢調整を加える



プロセスでみる運動制御



運動制御の中身



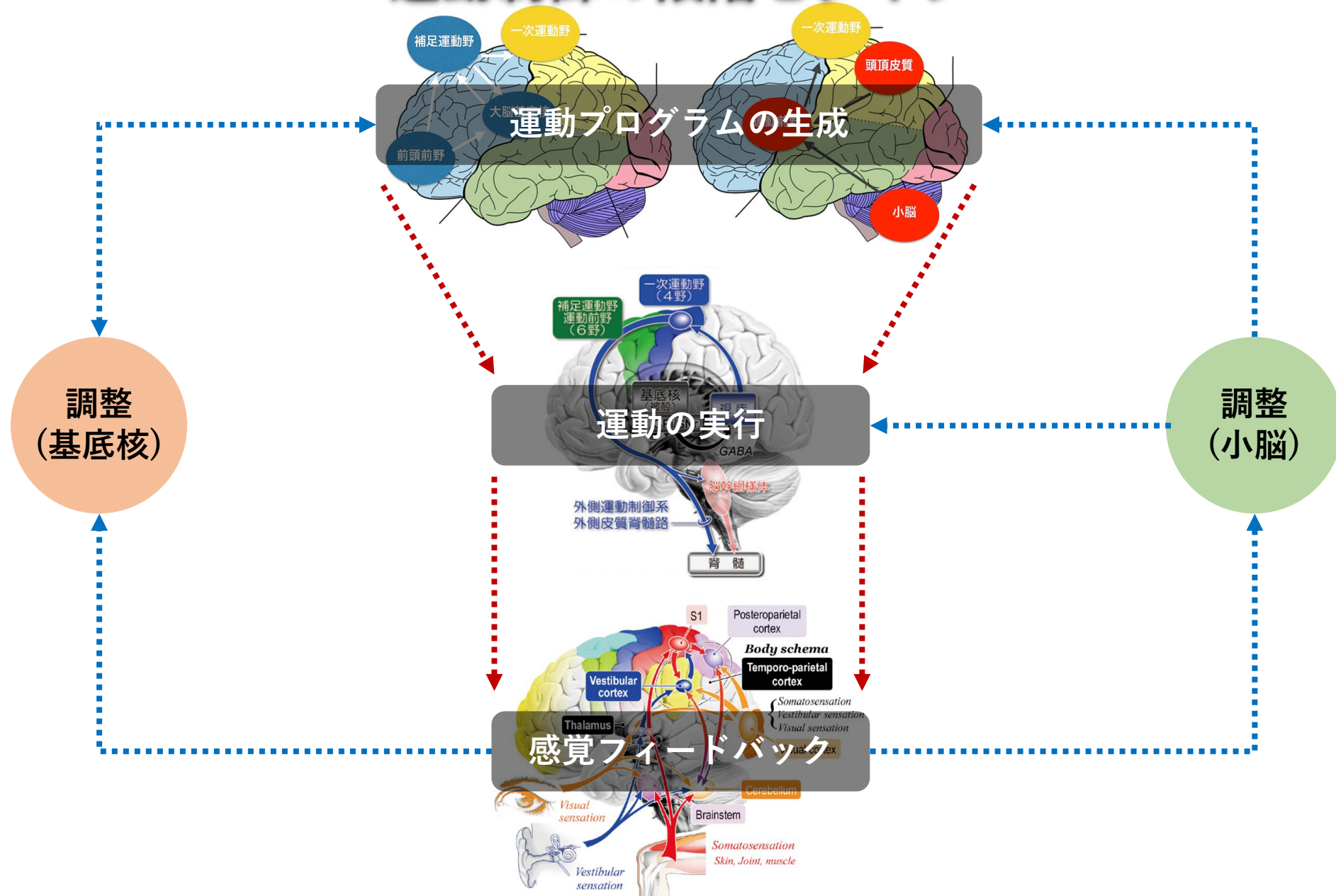
運動制御とは？

運動制御の中身



動作で捉える運動制御

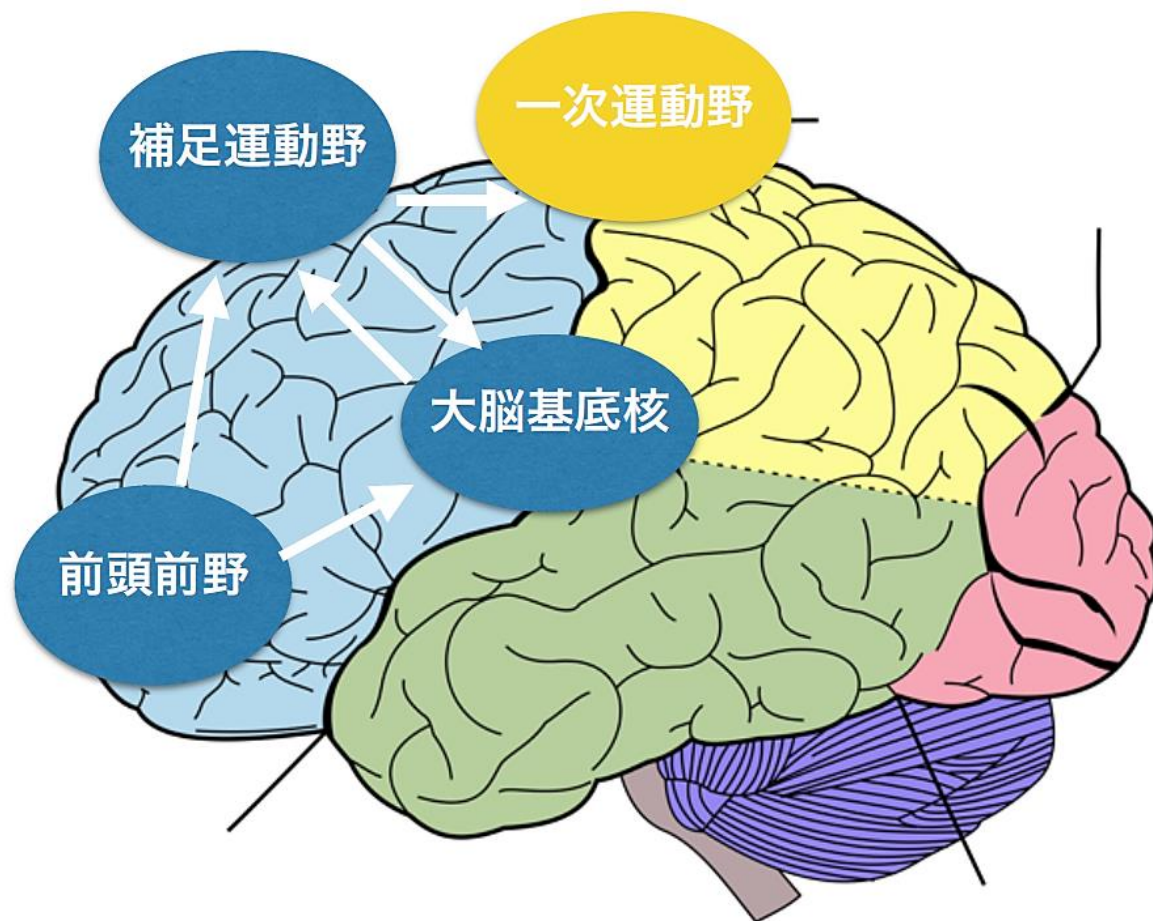
運動制御の段階とタイプ



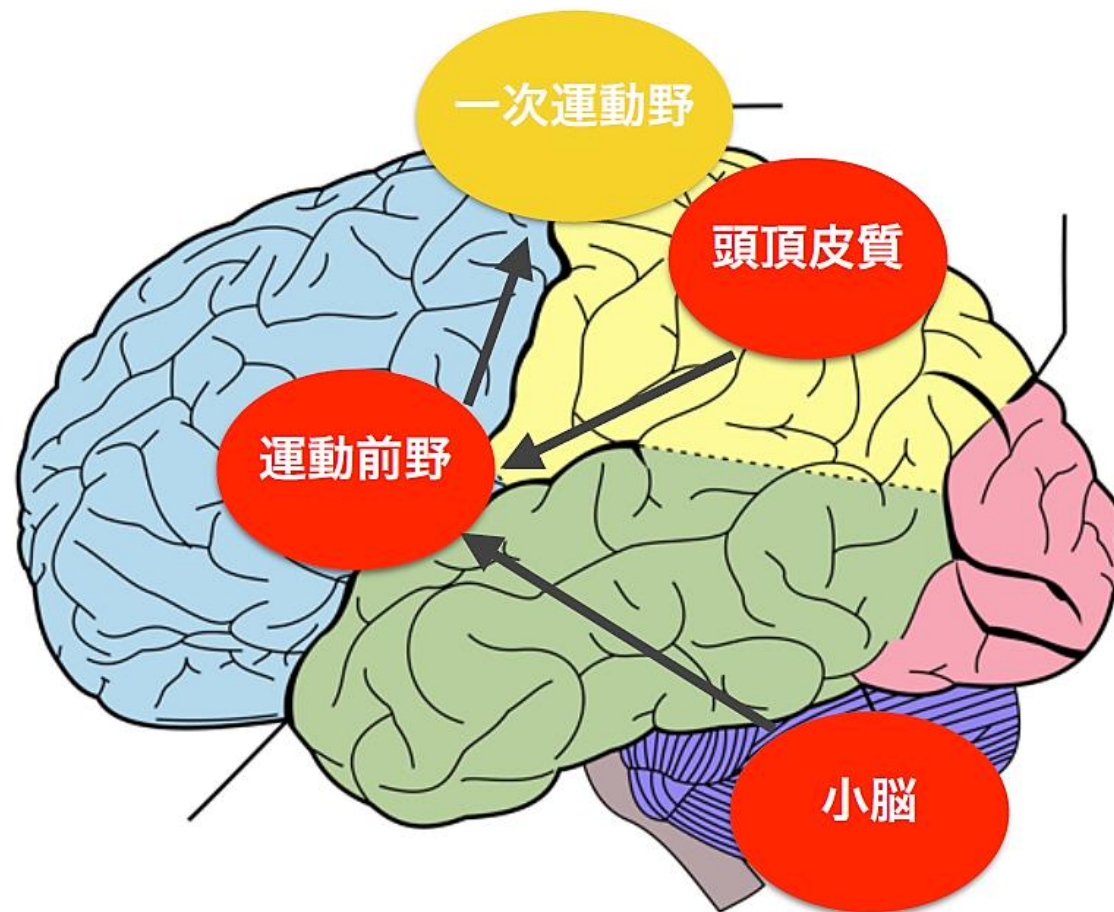
運動プログラムの生成

- ✓ ヒトがなにか動作/活動を遂行する際において、運動プログラムを生成することが第一段階となる。
- ✓ 運動プログラムを生成するにあたって要求される脳内ネットワークは以下の2つが挙げられ、課題等で異なる。

Internal Loop(記憶誘導性)



External Loop(外部誘導性)



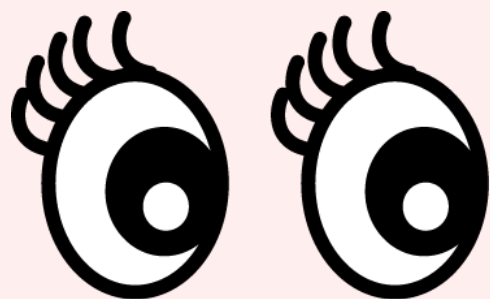
プログラム生成のための視覚情報

- ✓ 視覚情報を用いてInternal LoopとExternal Loopのどちらを使っているのか？見極めることは難しい。
- ✓ 何故ならば、課題中においては双方のLoopが混在することで円滑な課題遂行が可能になっているからである。
- ✓ 病巣や患者の認知レベル、課題特性などが運動プログラミングの段階から運動制御に影響を与える可能性がある。

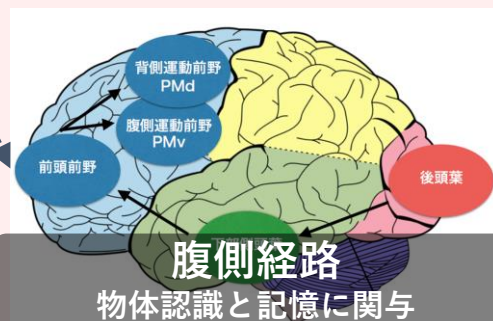
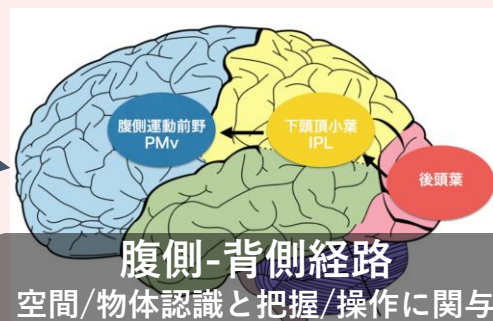
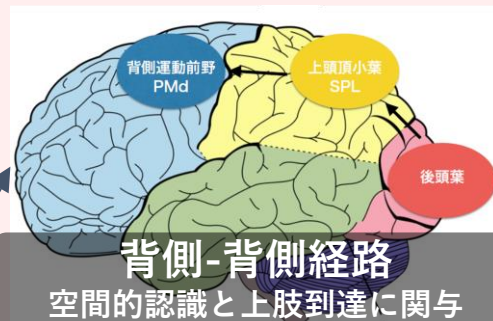


プログラム生成までのプロセス

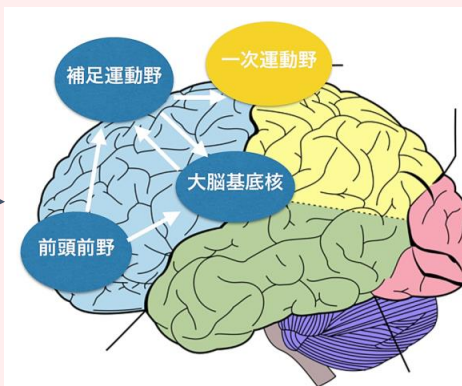
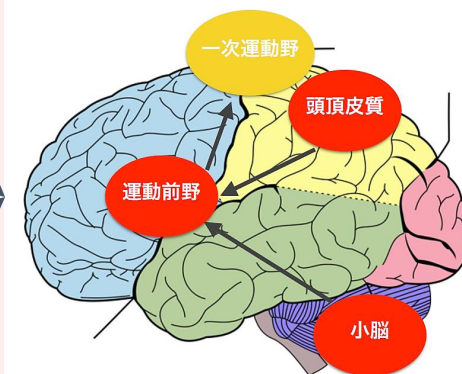
視覚情報



使用経路



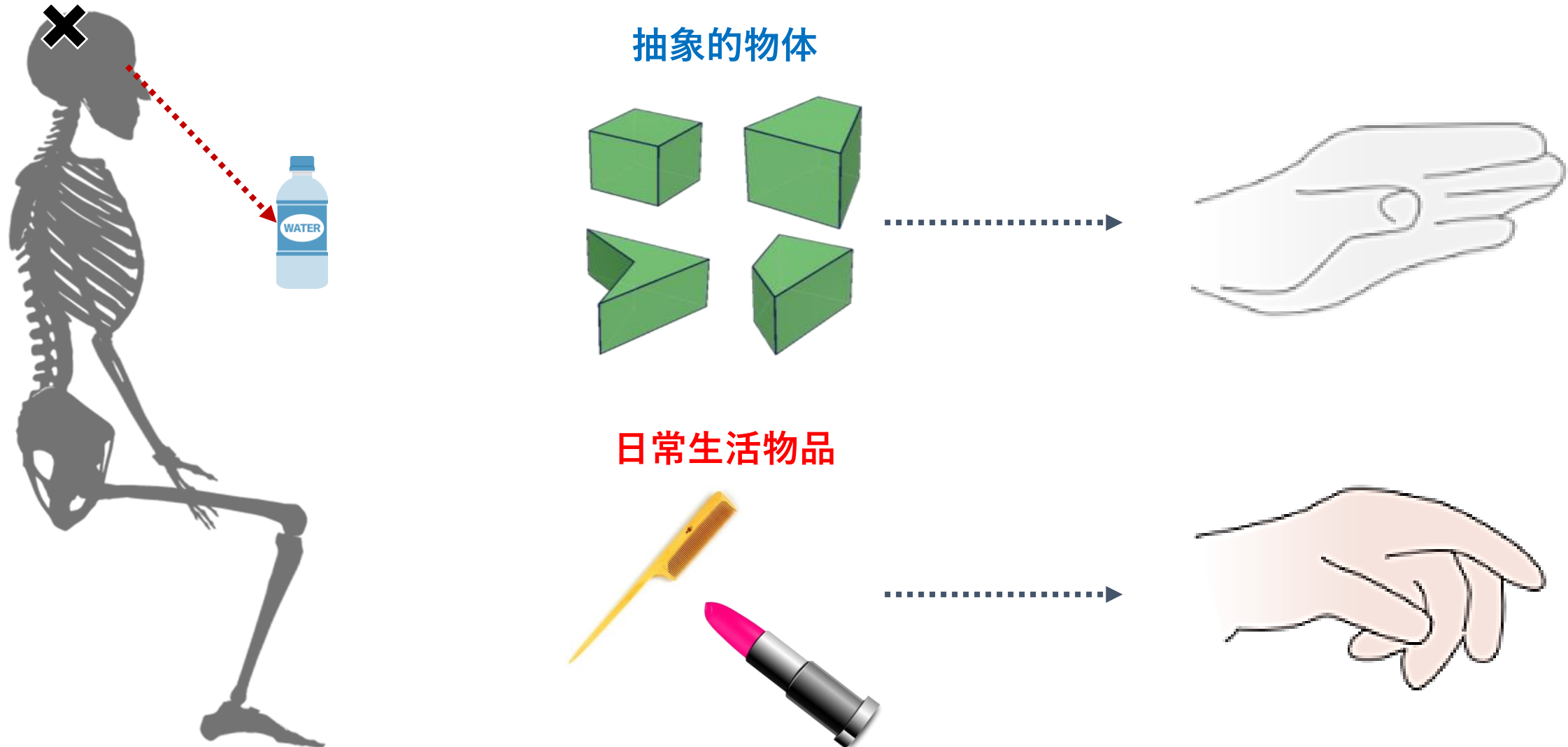
使用Loop (プログラム生成)

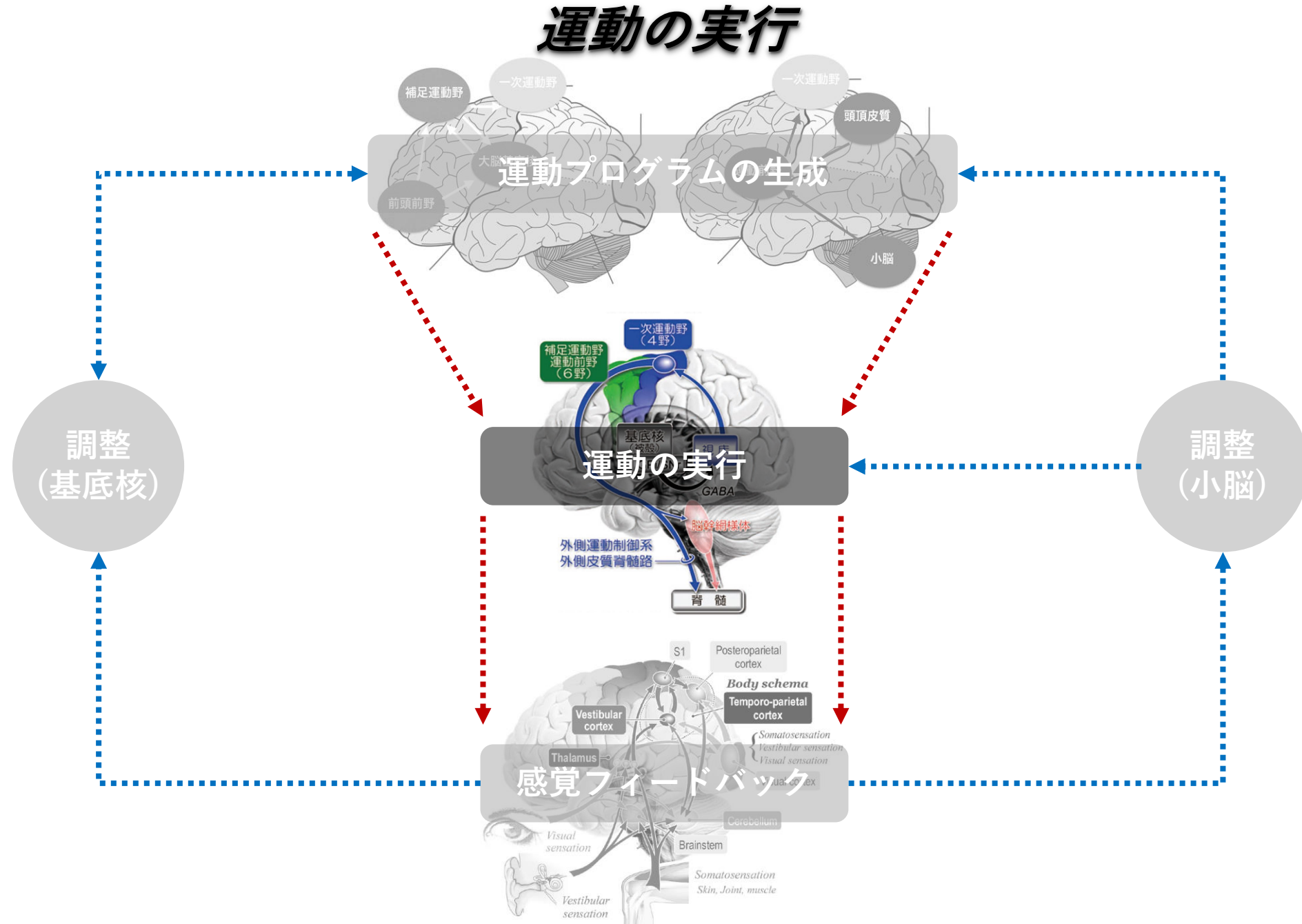


運動へ

Loopは互いにプログラムを補完する

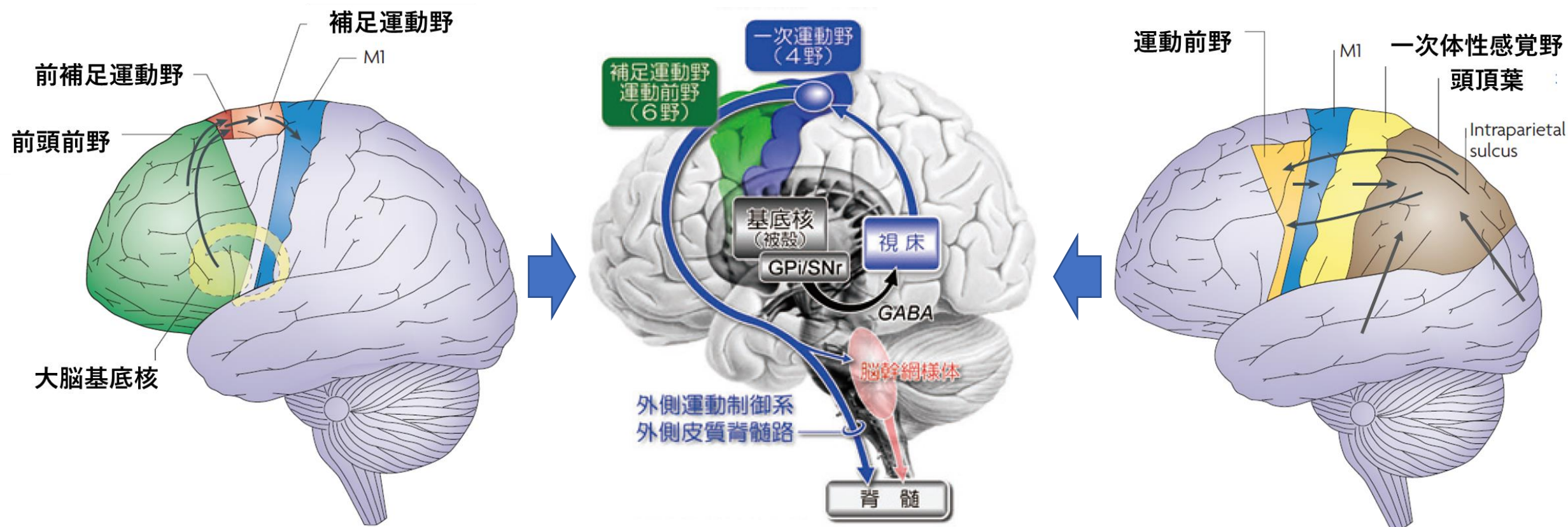
- ✓ 頭頂葉損傷患者における研究にて、把持運動に際して対象に対する過剰な手指開排(エラー)を認めた.
- ✓ しかし、抽象的物体(ブロックetc.)でなく 日常生活物品においては手指開排のエラーは著名に減少したと報告.





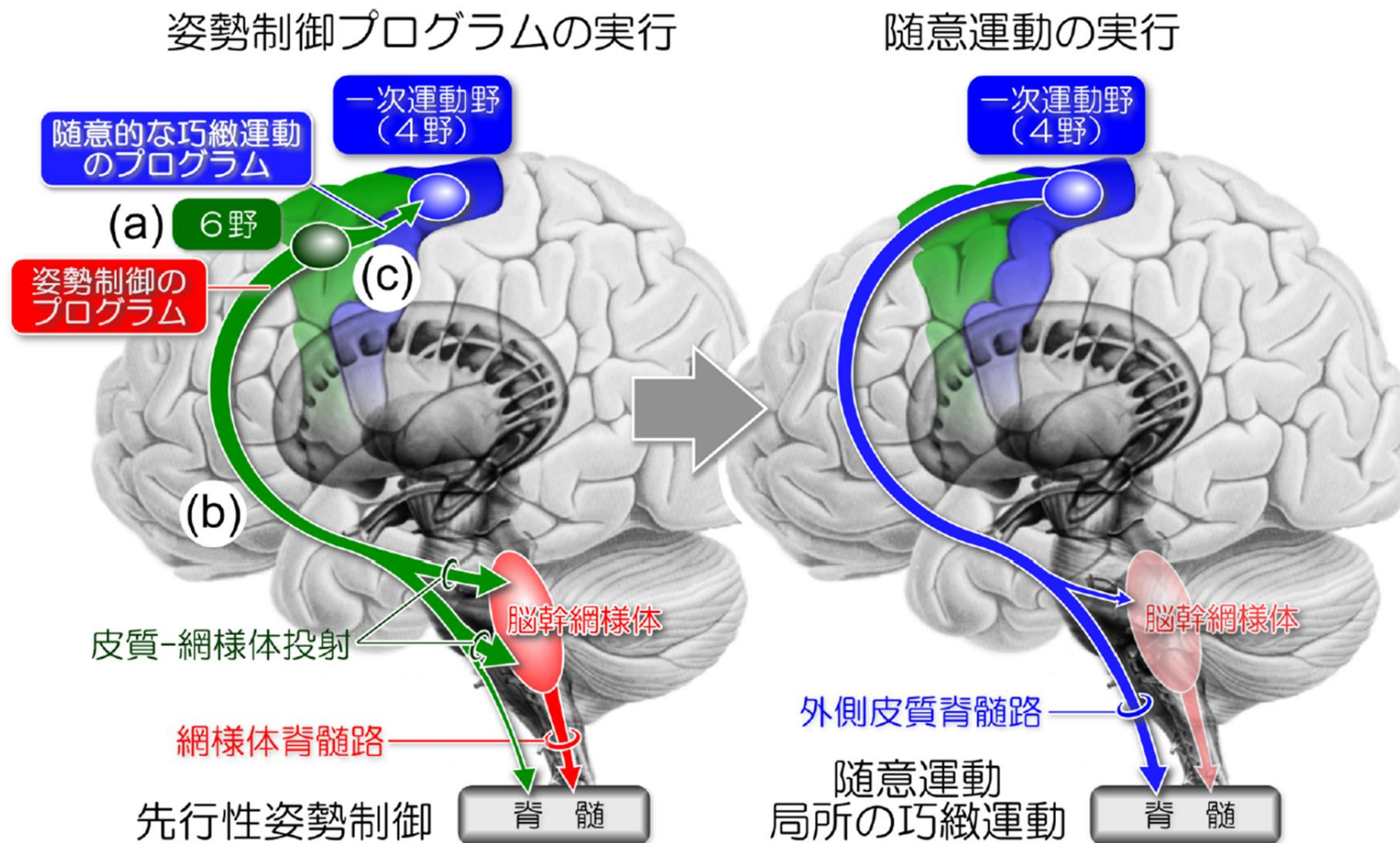
運動実行は脳内処置の結果

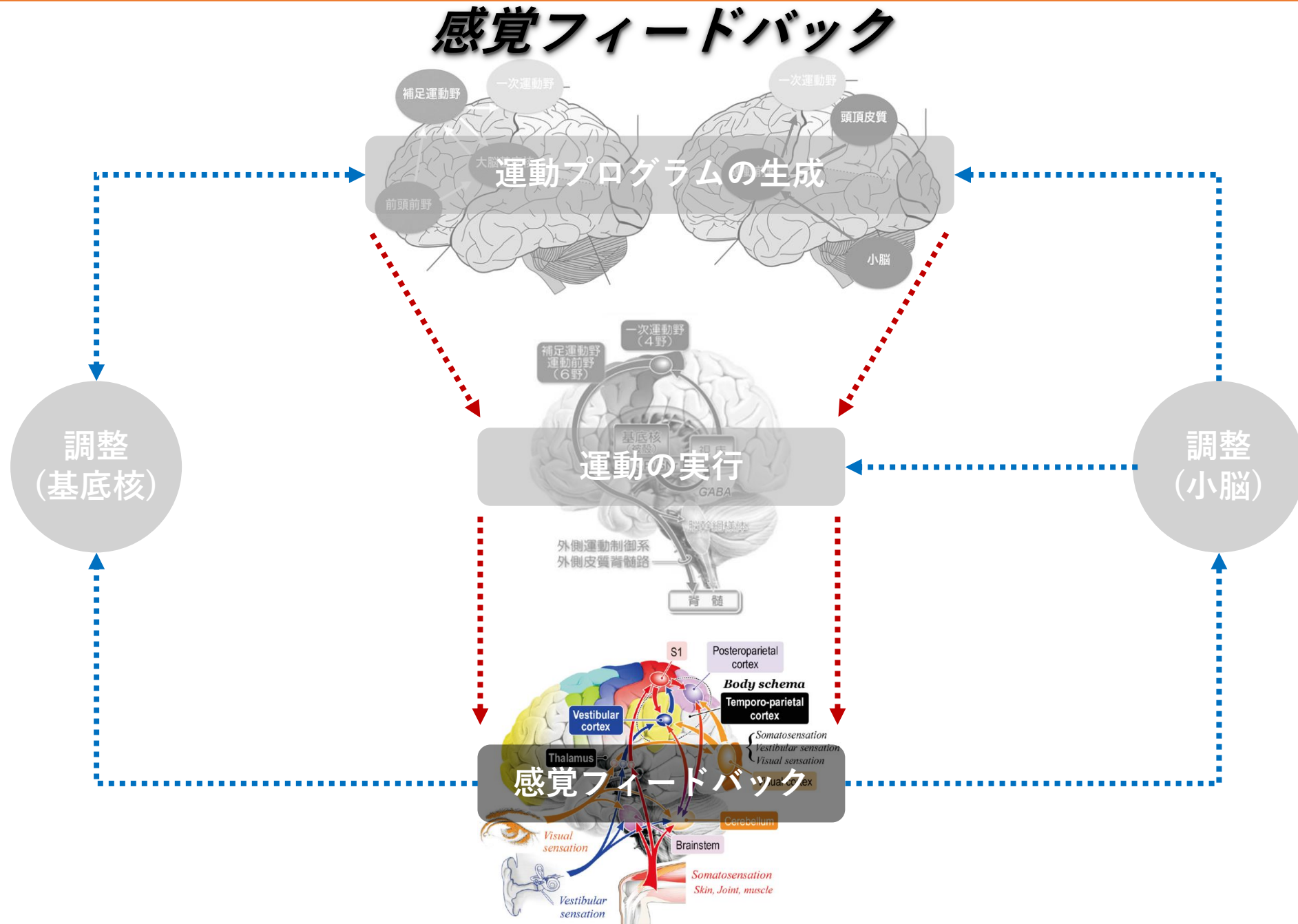
- ✓ 運動実行としての筋出力は、脳内ネットワークでの感覚情報処理における結果として捉えられる。
- ✓ 課題や個人特性に基づいて筋出力のトレーニング(麻痺の治療)がされるべきであり、単なる“筋トレ”は非効率的。



随意運動の背景には姿勢制御がある

- ✓ 運動実行までのプロセス, 特にInternal Loopを用いた運動プログラム生成は補足運動野(SMA: 6野)で行われる.
- ✓ その情報を一次運動野に送るとともに, 姿勢制御のための出力を先行的に実行して円滑な随意運動を保証している.

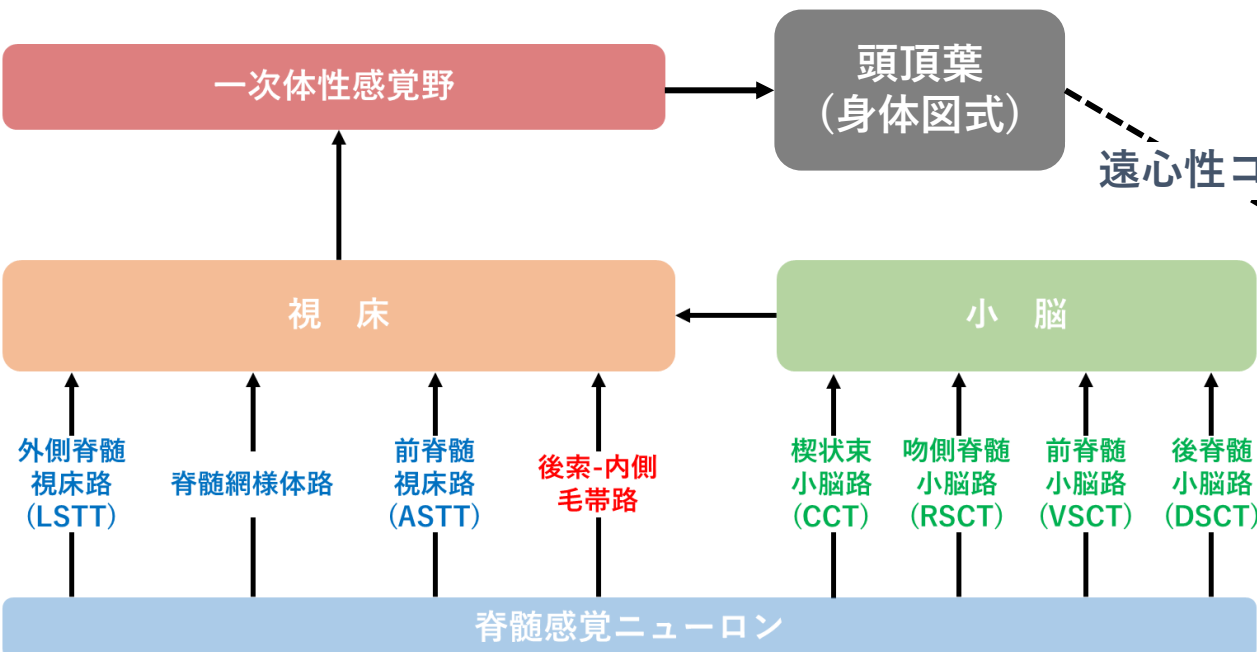




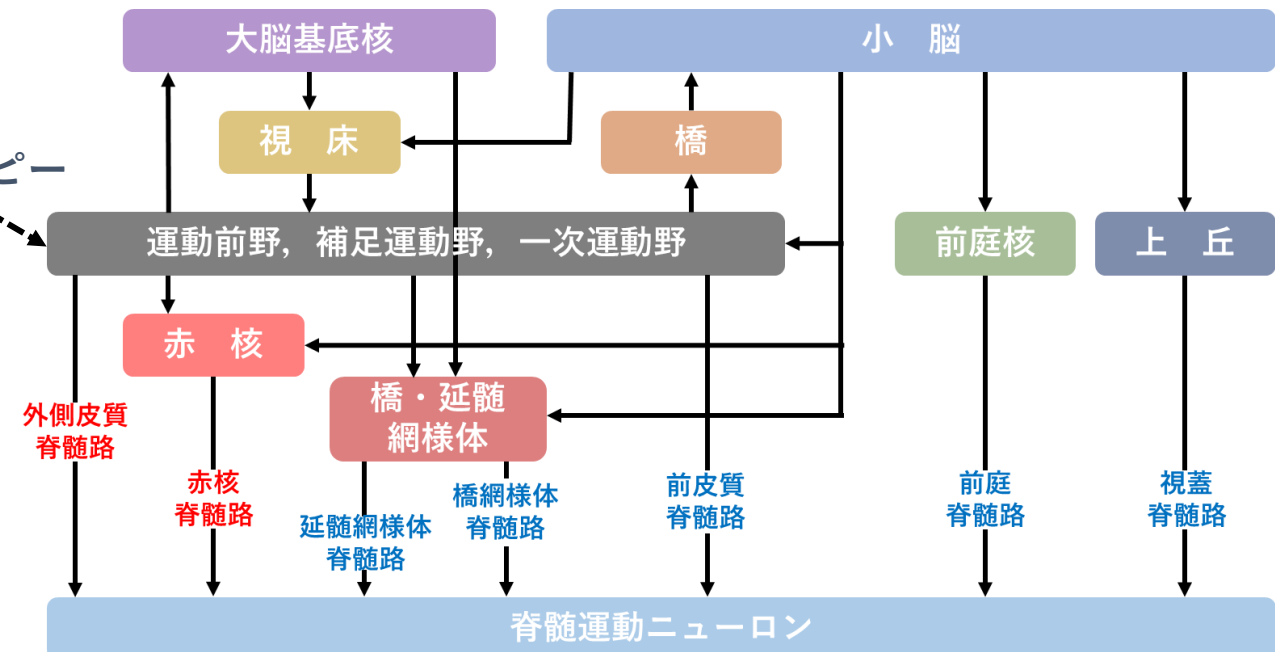
感覚情報はプログラム生成において必須

- ✓ 感覚フィードバックによる情報は、運動をリアルタイムに更新/修正していくうえで、脳にとって必須材料である。
- ✓ 感覚フィードバックの欠如/不足は、運動制御の更新/修正の破綻を意味し、不適切な運動パターンの誘発を招く。

上行性神経路



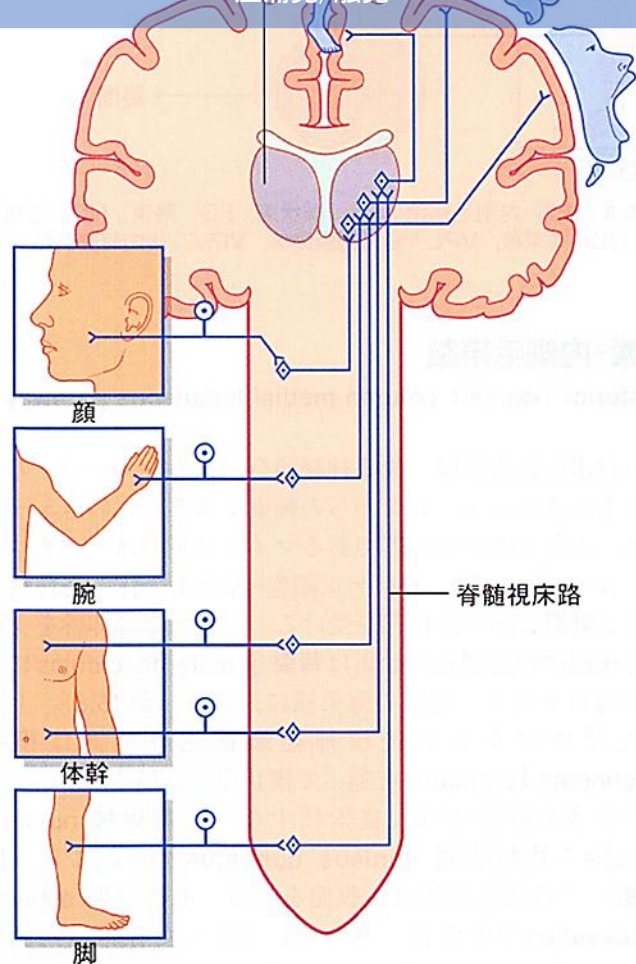
下行性神経路



フィードバックを提供する感覚経路

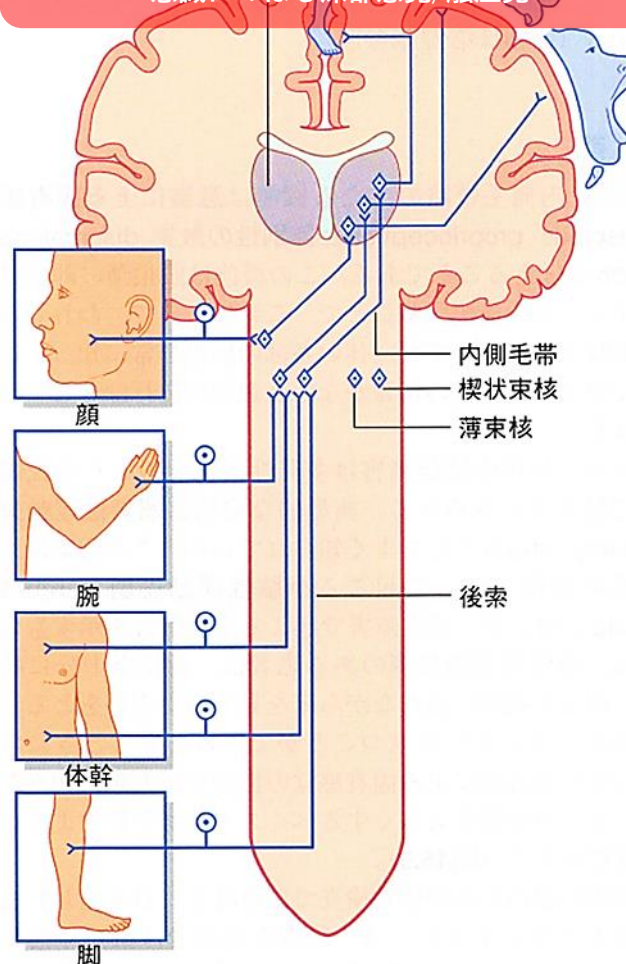
前側索経路

温痛覚/触覚



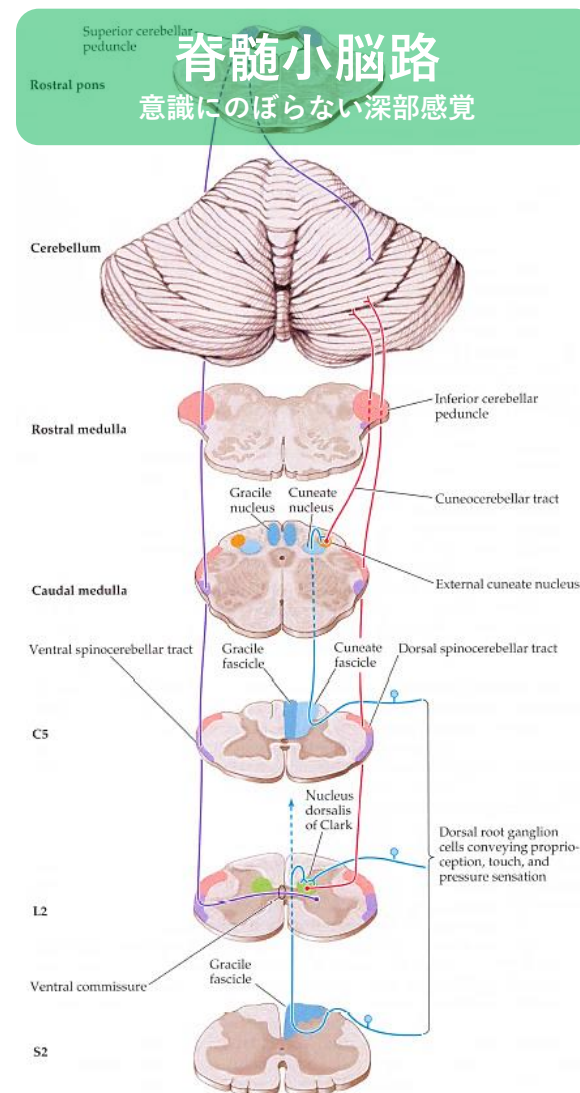
後索-内側毛帯経路

意識にのぼる深部感覚/触圧覚

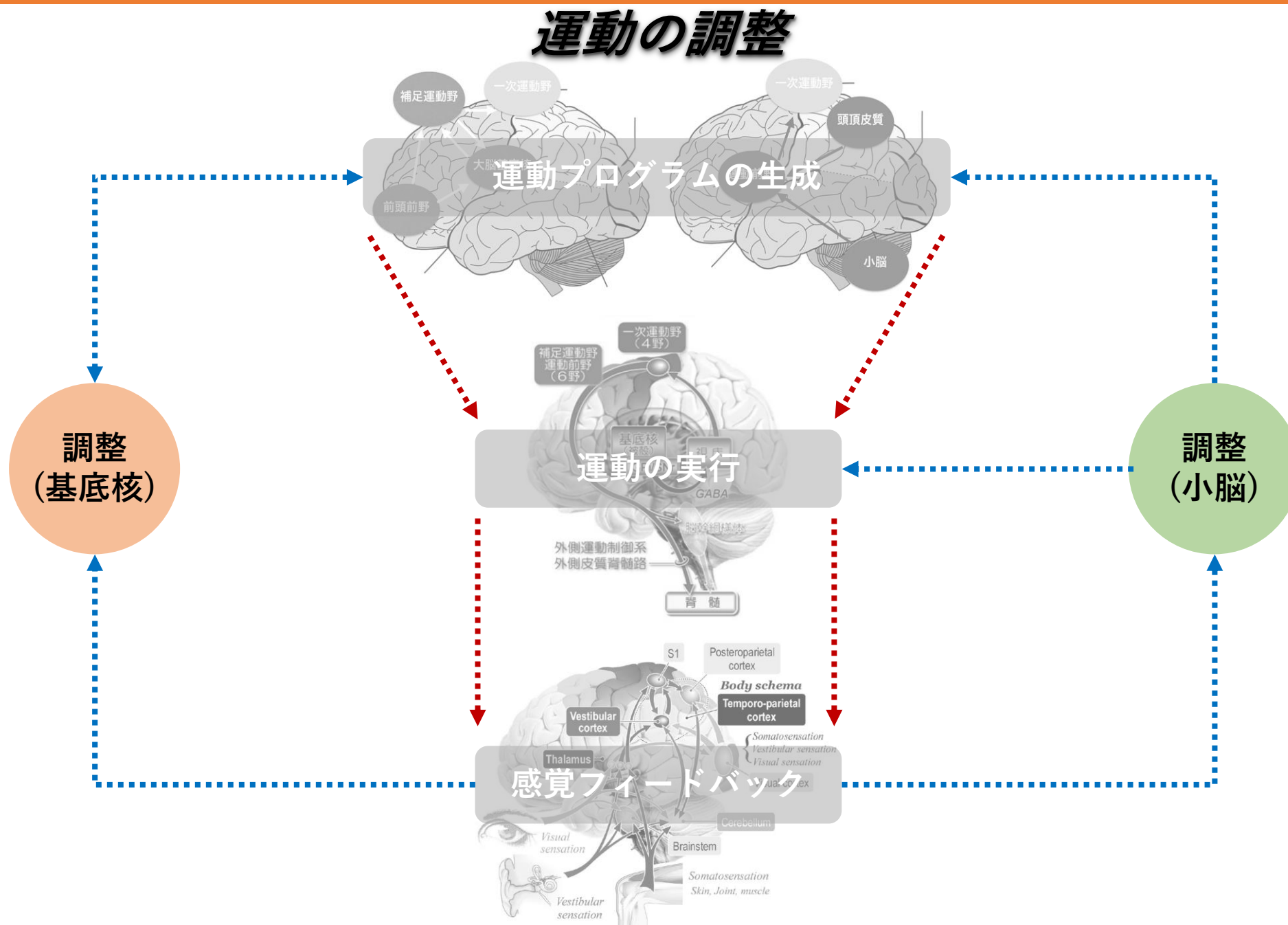


脊髄小脳路

意識にのぼらない深部感覚

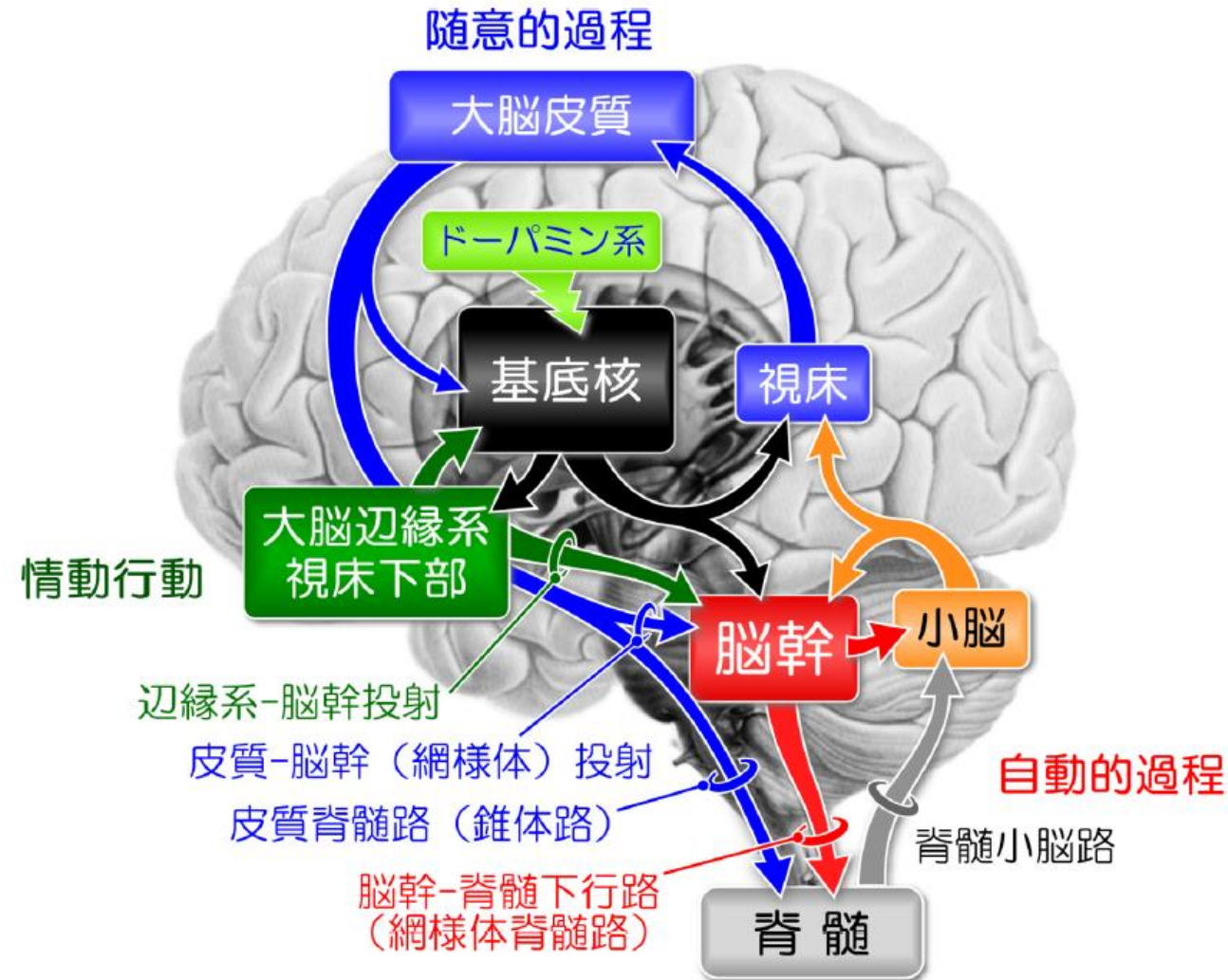


その他：前庭感覚・視覚



運動調整のタイプ

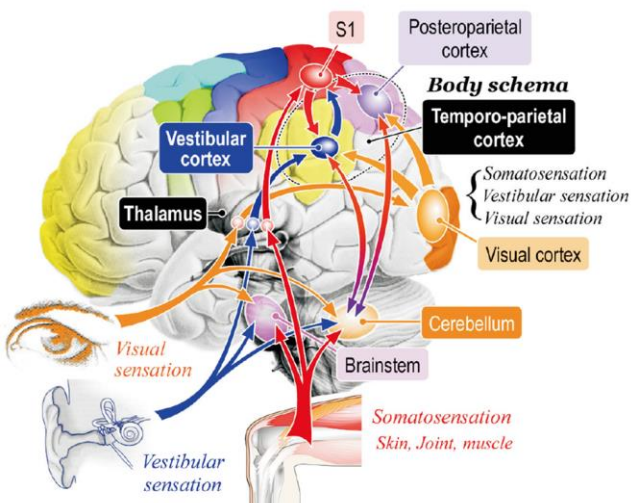
- ✓ 感覚フィードバックの情報に基づいて、運動制御は更新/修正，そして運動プログラムを新たに生成している。
- ✓ その過程における運動調整として，随意的過程に作用する大脳基底核と自動的過程に参与する小脳に大別される。



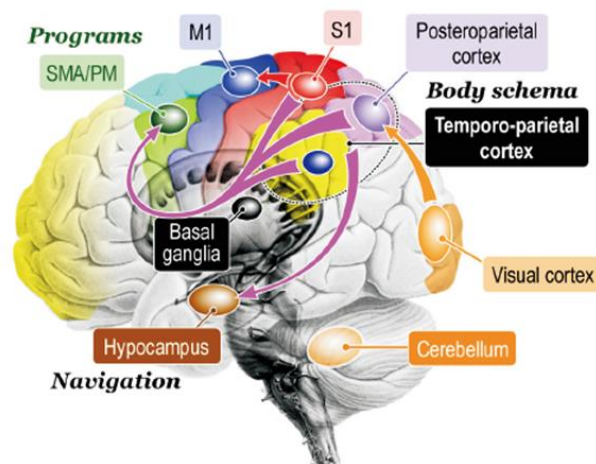
随意的な調整過程

- ✓ 大脳基底核は、運動前野や補足運動野における運動プログラムの情報に修正を加えることで運動を調整している。
- ✓ この運動前野と補足運動野は、感覚フィードバックに基づいて生成された身体図式からの情報により運動プログラムを生成しているため、視覚代償などの意識的な運動調整を可能にしている。

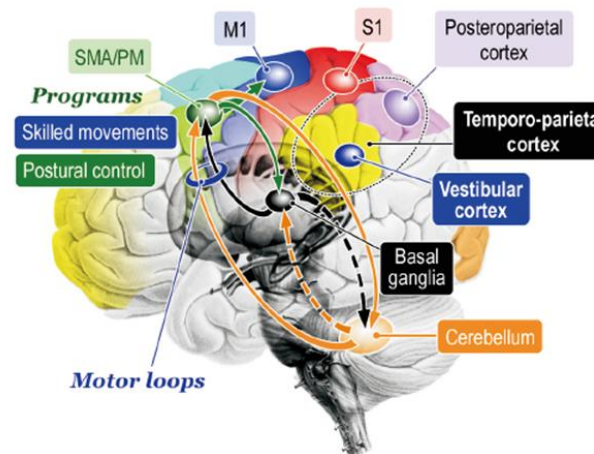
多感覚フィードバック



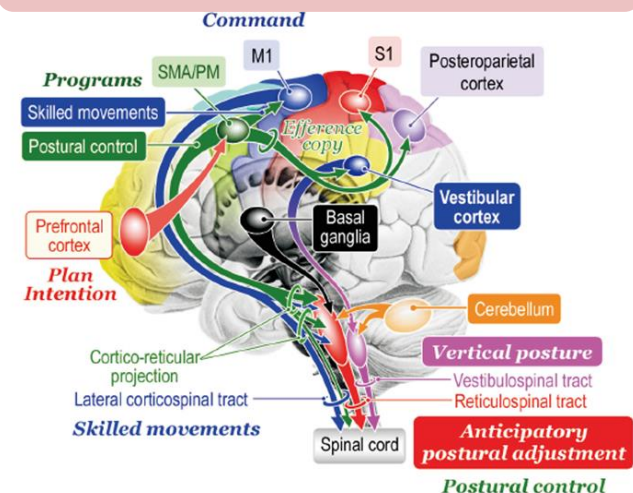
頭頂葉からの身体図式情報



大脳基底核による調整

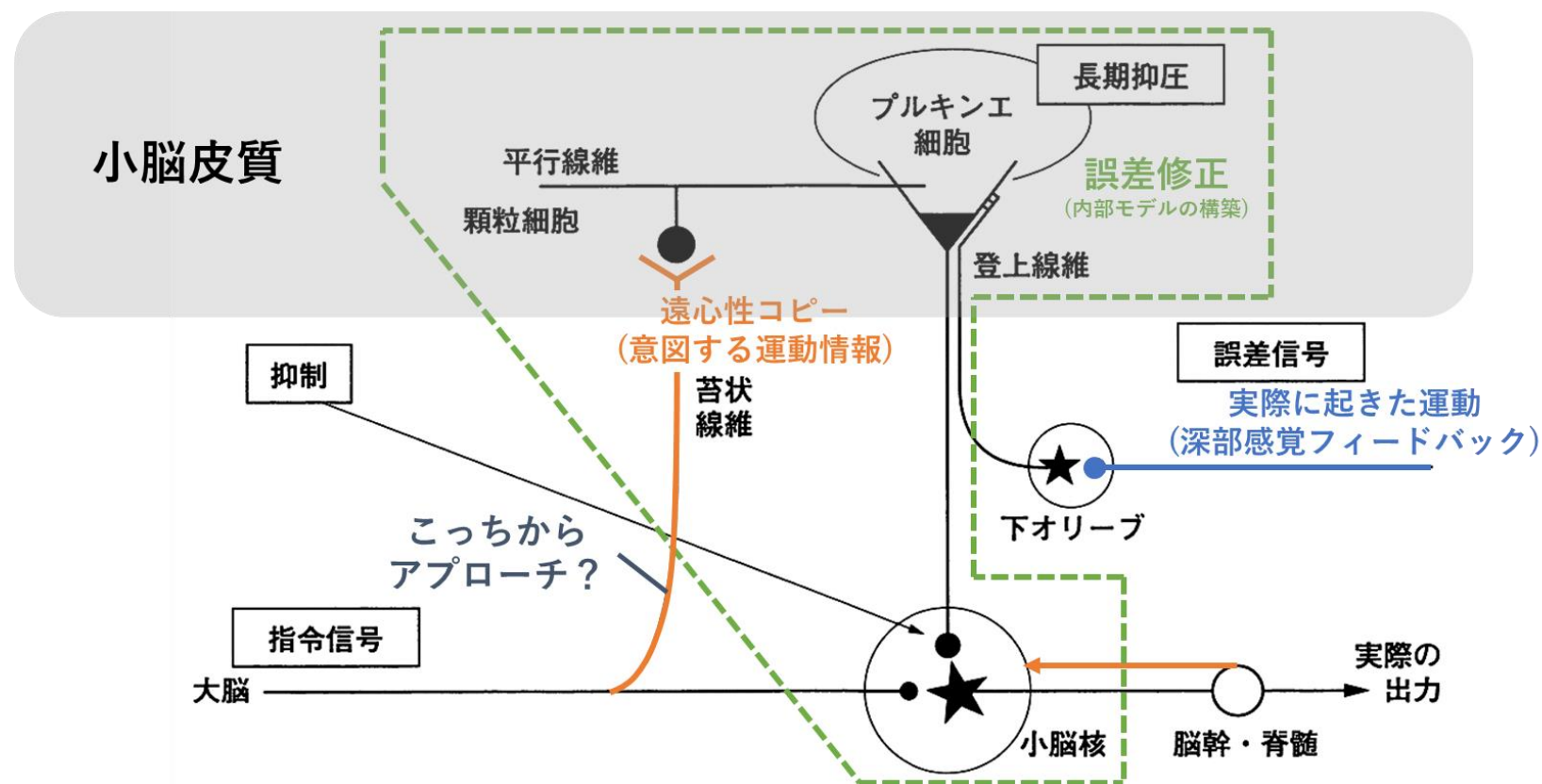
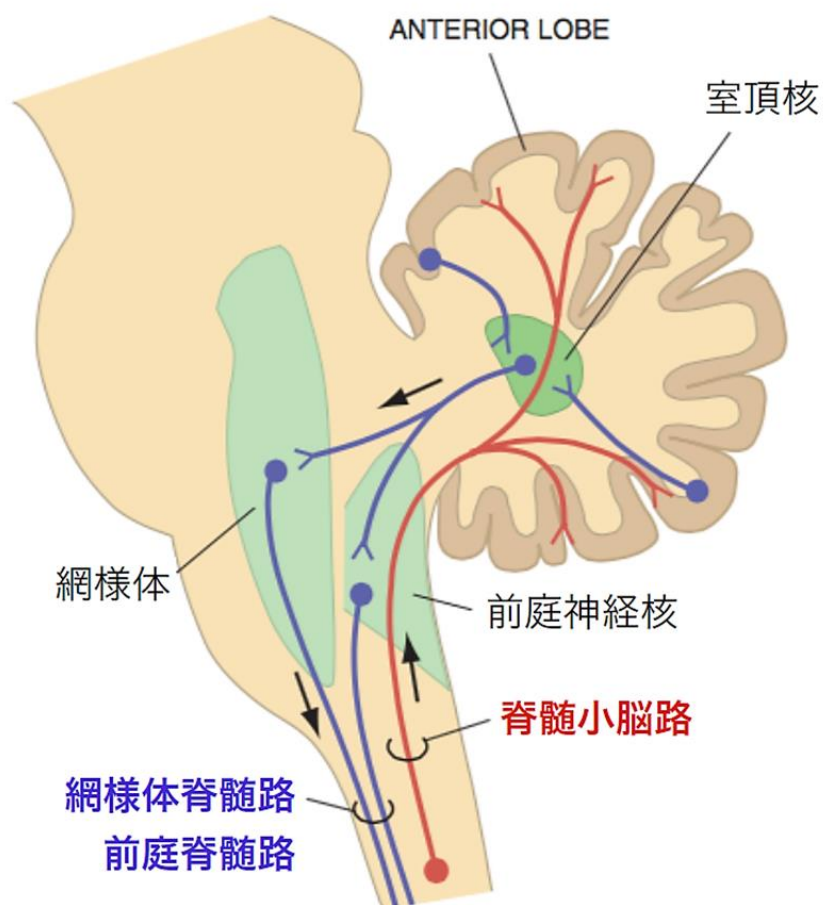


運動調整に基づく運動実行

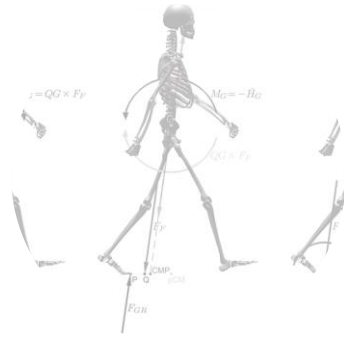


自動的な調整過程

- ✓ 小脳は、大脳皮質でプログラミングされた運動を実行した結果として発生する感覚フィードバックを、“意識にのぼらない深部感覚”を通じて、小脳内のプルキンエ細胞にて遠心性コピー情報と参照させながら運動調整を図る。
- ✓ この運動調整の過程は、自動的に行われるものである。



動作で捉える運動制御



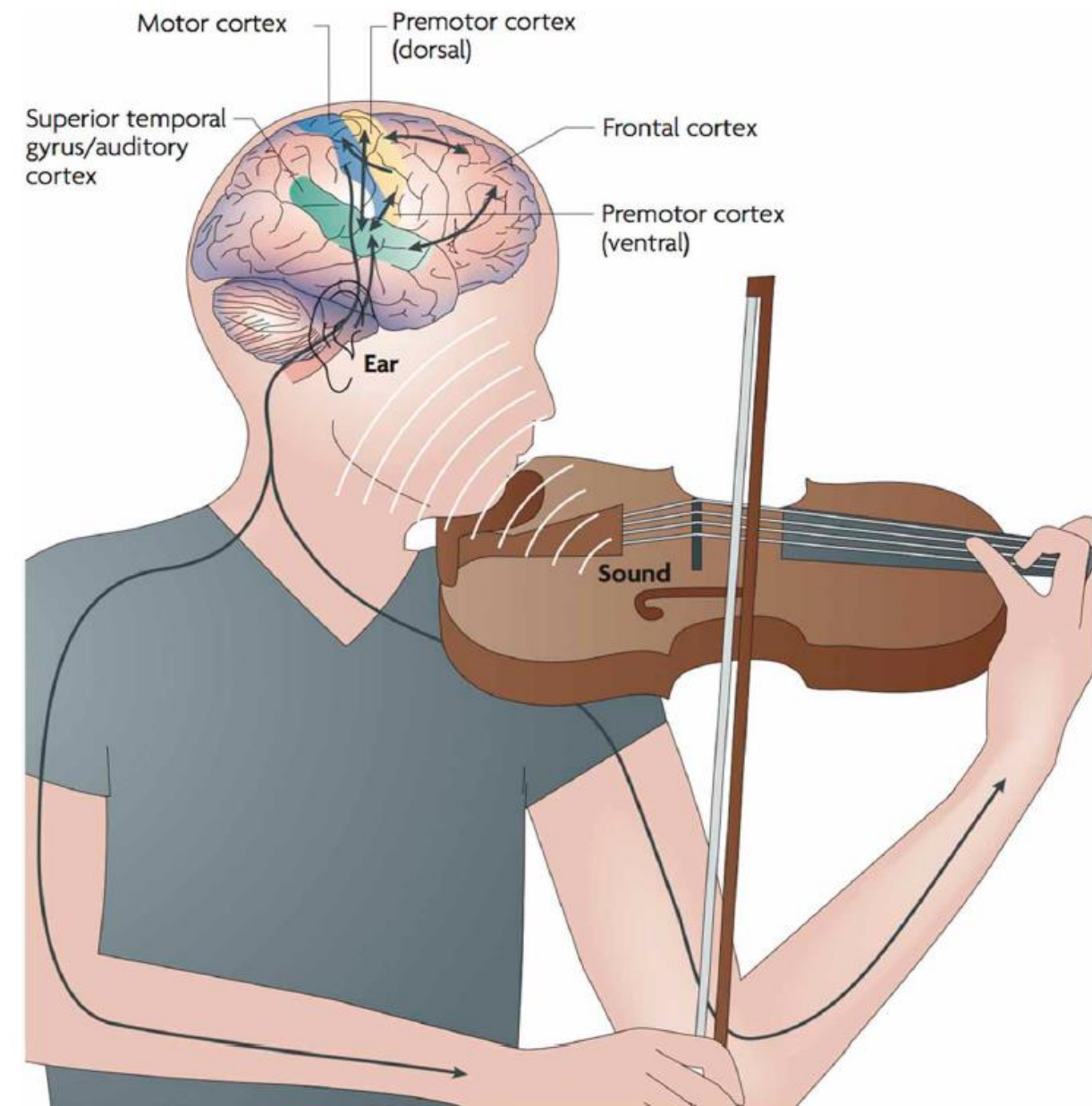
運動制御とは？

運動制御の中身



動作で捉える運動制御

バイオリンの運動制御 (熟練者の場合)



弓・弦を身体の接触感覚から認識し、適切な構えをとる

構え姿勢から入力される体性感覚情報と身体図式を照合して調整

演奏する楽曲を想起し、弓と弦に対する手の形状を調整

音韻性ループからの情報をもとに楽曲に適した運動計画を生成

生成された運動計画をもとに演奏を開始する

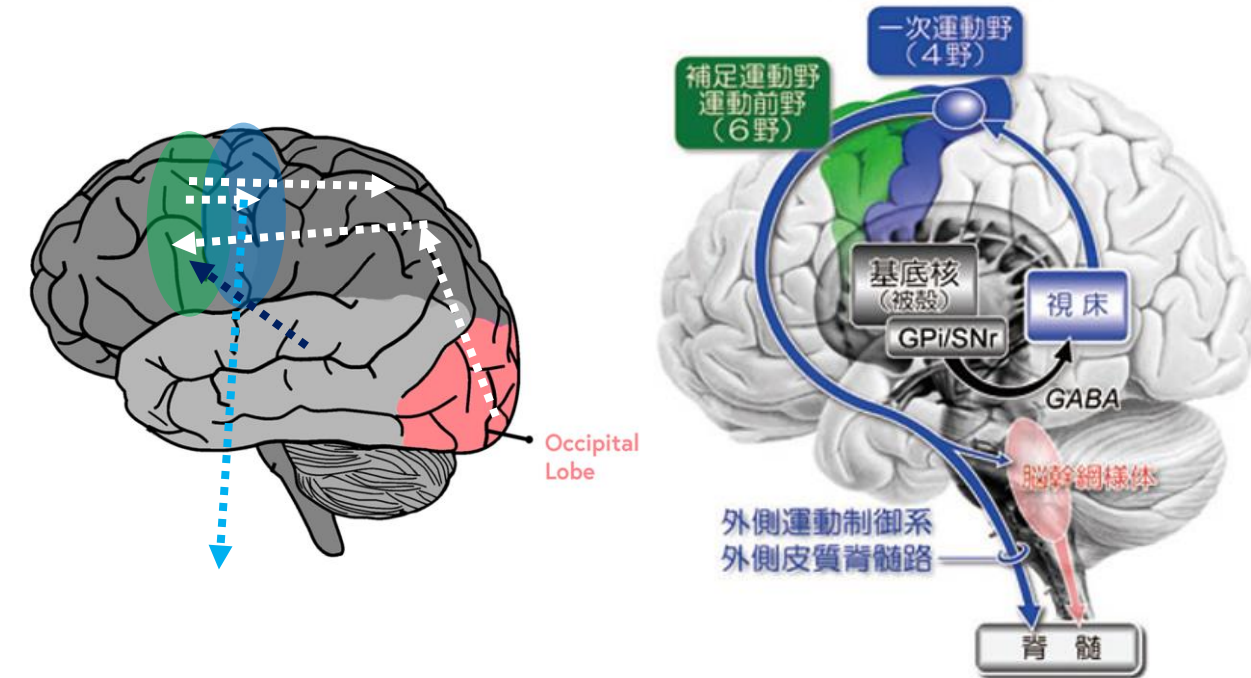
運動前野からの計画情報を一次運動野が受け、運動を実行する

演奏する音を拾いながら円滑に演奏を続けていく

聴覚情報から前頭葉/運動前野の運動計画/実行の更新/修正に貢献

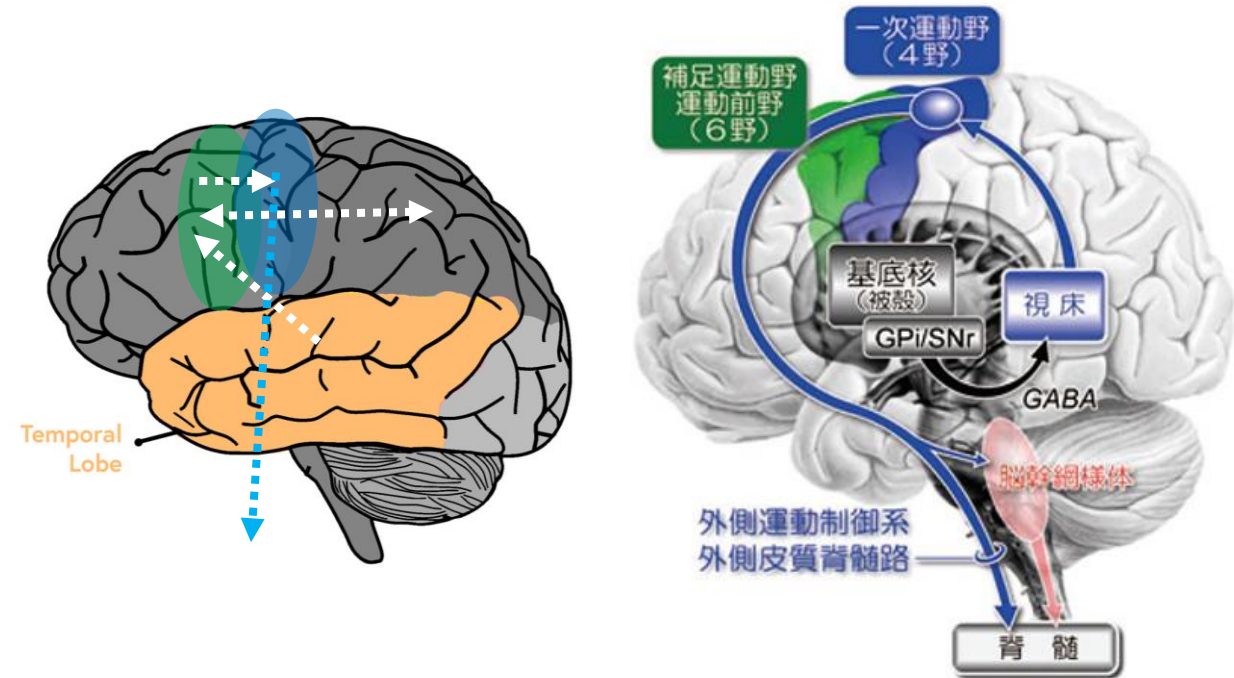
変わりゆく運動制御

初心者



- バイオリンにおける運動制御の初学者は、視覚的な確認を情報源としながら楽曲を演奏しようとする
- そのため、演奏中における聴覚情報から運動を調整することができず、演奏レベルも今ひとつとなる？
- 拙劣な計画も、反復することで身体図式に貢献する

習熟者

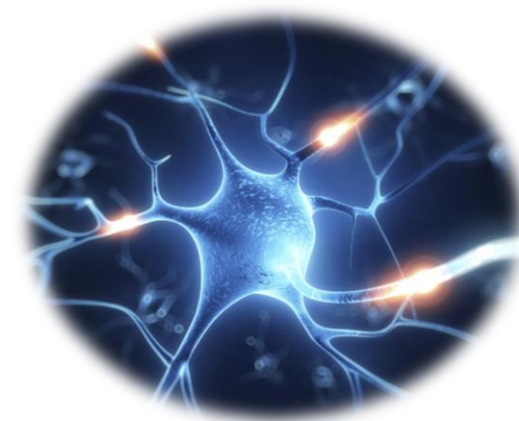
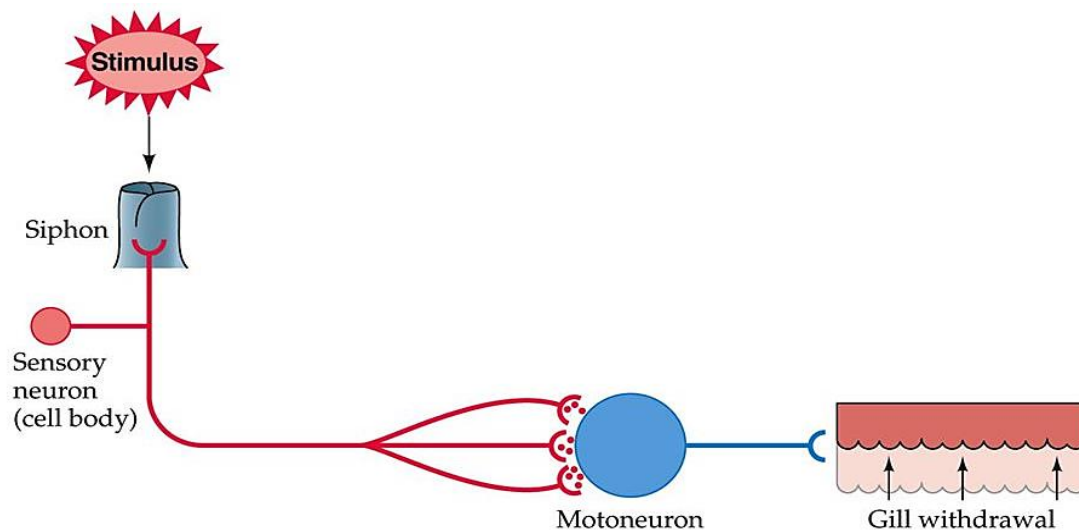


- 稚拙ながらも運動計画を練ることで、バイオリンに適した身体図式が形成される
- 身体図式の形成に伴い、視覚的に弦・弓を確認することなく、演奏中の音に耳を傾けることが可能になる
- 聴覚情報から自らの運動制御に更新/修正を加える

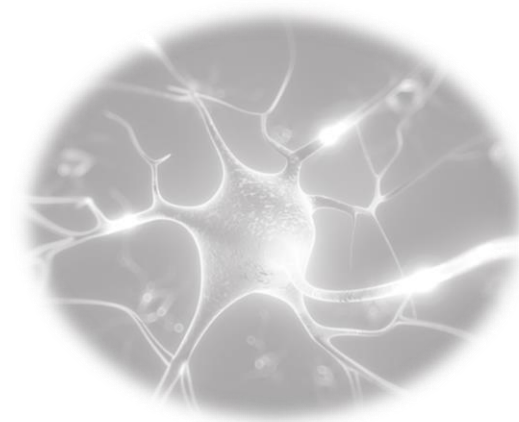
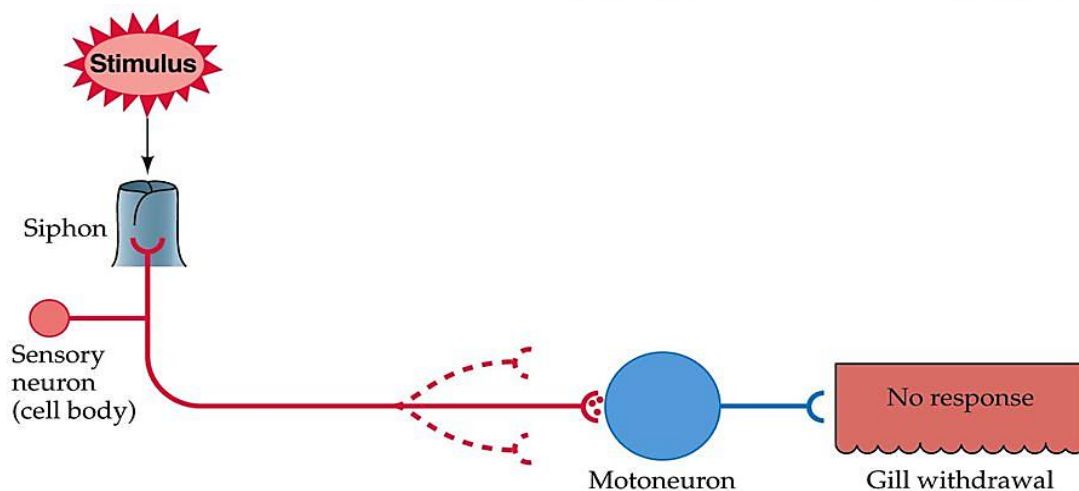
慣れの状態でアプローチし続けない

- ✓ 可塑性を促通していく際、長期増強を意識したアプローチを実施していくことは理論上重要。
- ✓ しかし、シナプス前細胞への慢性的な刺激は、“慣れ(habitation)”をつくりだし、可塑的変化を停滞させる。

(短期の慣れ)
刺激初期

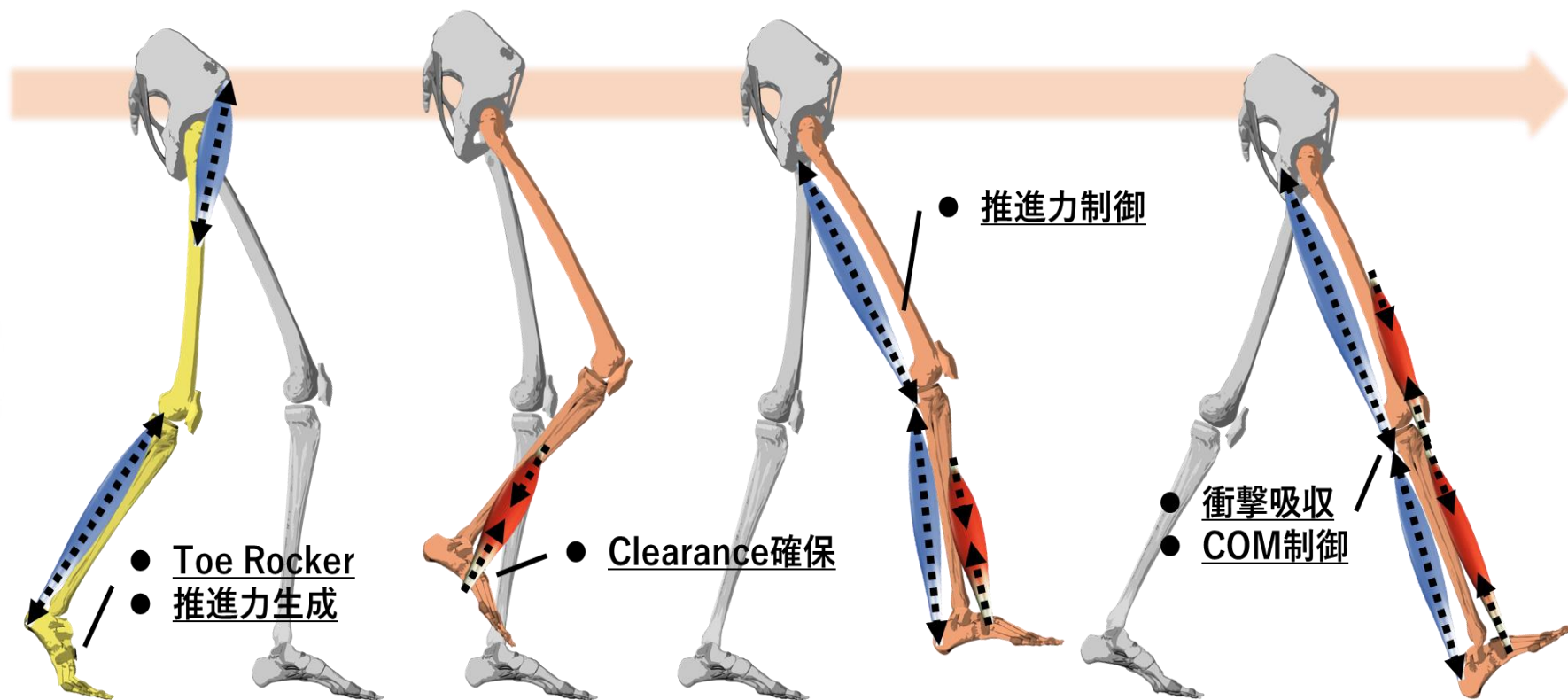
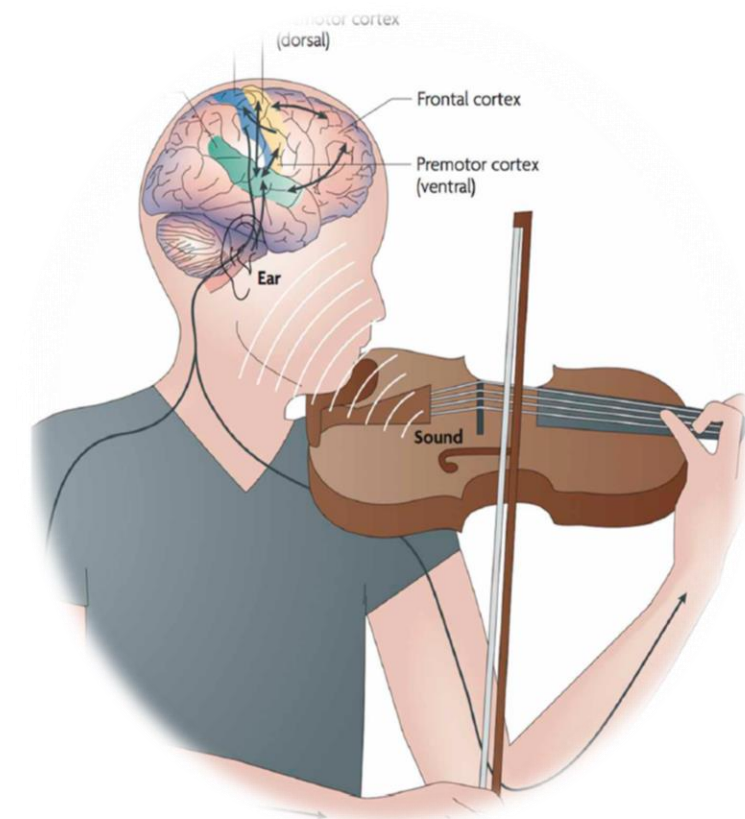


(長期の慣れ)
刺激の慢性化



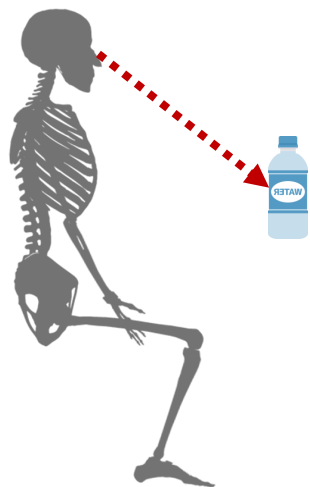
運動制御を分析すること

- ✓ 運動制御は、脳内のネットワークにて行われる活動进行分析することでアプローチへの糸口とすることができる。
- ✓ その形態は身体活動における動作分析と同様であり、患者に課す課題によって分析の中身は変化する。
- ✓ 担当する患者の問題/課題に対して、その課題がどのような運動制御で行われるのか？を分析することが必要。



運動制御を段階で分析する

対象物を見る



視覚情報の入力

どのような経路を経て？

運動実行のための計画立案

対象物に手を伸ばしていく



運動の実行

感覚フィードバックに基づく
運動の調整

どのような感覚/経路を経て？

対象物に手が触れる



運動実行の継続的な調整

対象物に接触し、知覚・認識