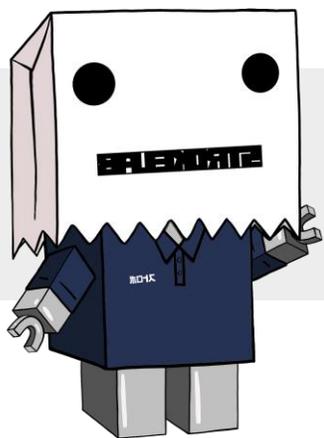


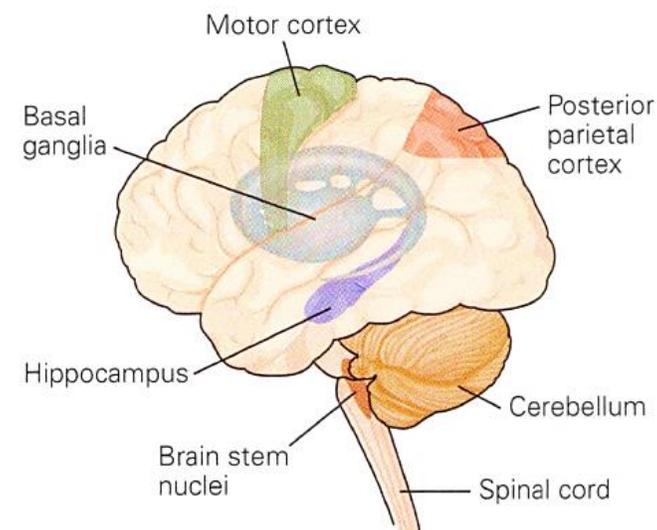
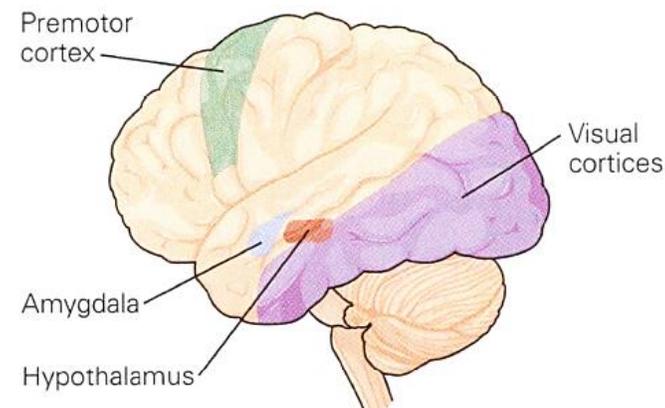
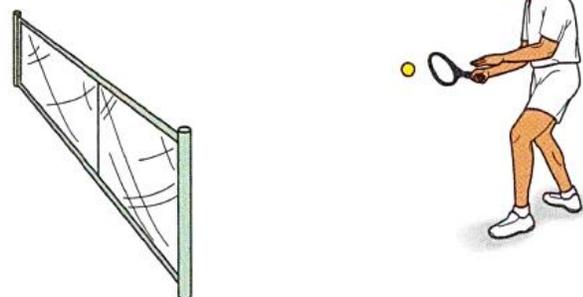
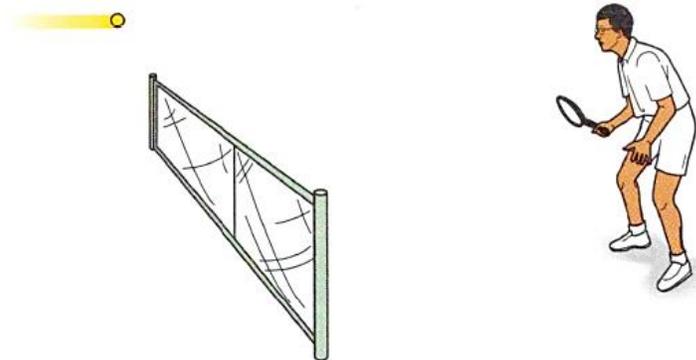
前頭葉 *Frontal Lobe*
頭頂葉 *Parietal Lobe*

脳の局在性 *Localization of Brain (Structure or Function)*



強調する脳

- ✓ 日常の何気ない動作・行動・行為は、脳の様々な部位が強調して活動することで成立している。
- ✓ セラピストが頻用する「動作分析」だけではなく、「**脳機能分析**」の視点が、ヒトの動作・行動・行為を評価する上で必要である。



脳を相互作用の視点で捉える

感 覚

- ・末梢受容器
- ・感覚神経

知覚化

- ・体性感覚野
- ・視覚野
- ・聴覚野
- ・前庭感覚野

解 釈

- ・頭 頂 葉
- ・後 頭 葉
- ・側 頭 葉

概念化

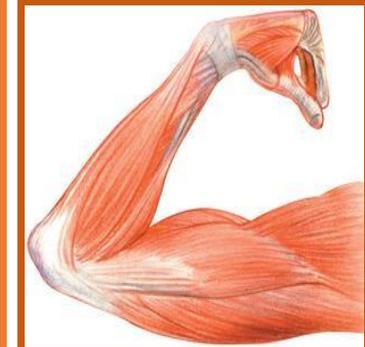
- ・前頭前野
- ・高次連合野

戦略・企画

- ・補足運動野
- ・大脳基底核
- ・小 脳

起 動

- ・1次運動野
- ・大脳基底核
- ・小 脳

実 行

- ・脊 髄
- ・運動神経
- ・筋 / 関節

知 覚

認 知

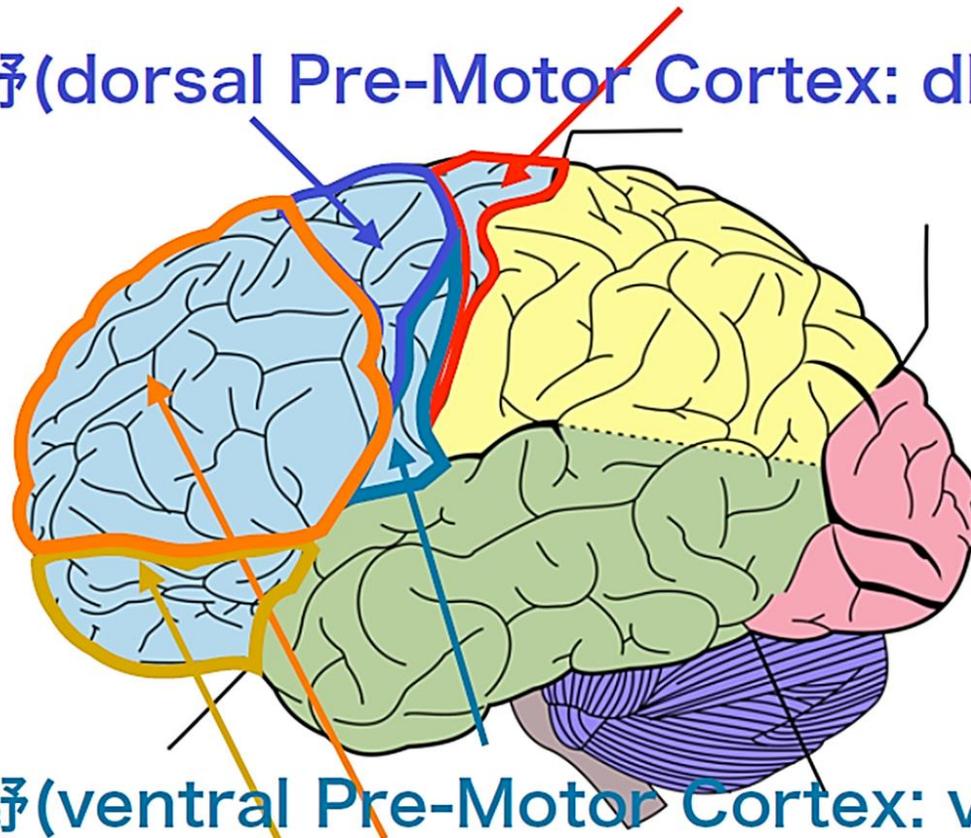
活 動

機能的な外観と役割

- ✓ 前頭葉は脳の最も前方に位置し、一次運動野後方にある中心溝を境に頭頂葉と分けられる
- ✓ 一般的に読解/計画/感情/運動/問題解決/会話/書字/自我/集中などの諸機能を担うとされている

一次運動野(Primary Motor Cortex: M1)

背側運動前野(dorsal Pre-Motor Cortex: dPMC, PMd)



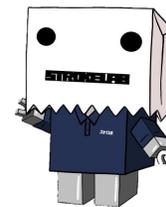
腹側運動前野(ventral Pre-Motor Cortex: vPMC, PMv)

外側前頭前野(dorsal lateral PreFrontal Cortex:DLPFC)

眼窩前頭前野 (Orbitofrontal cortex: OFC)

①

②

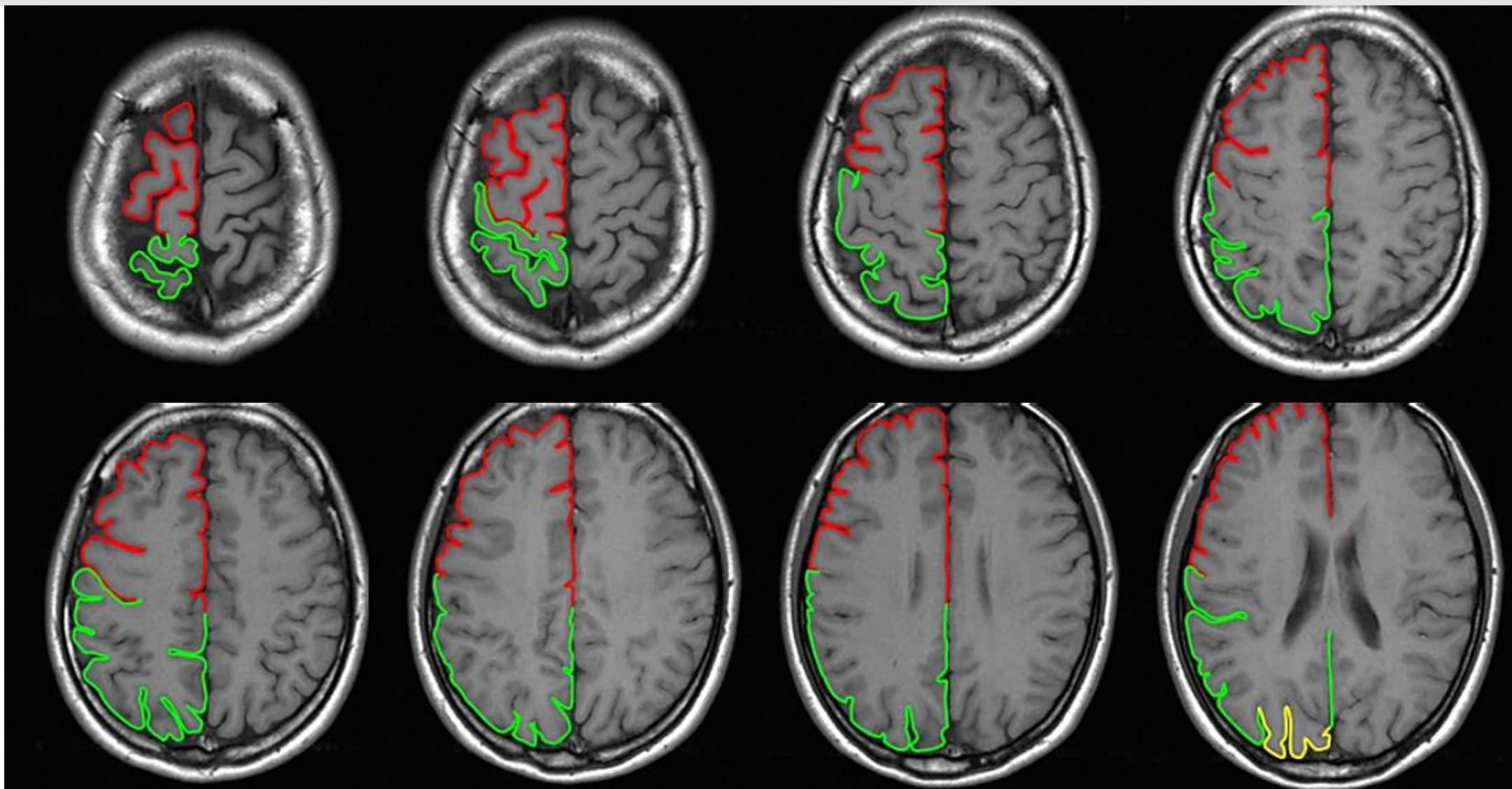


脳画像で確認

赤 = 前頭葉

緑 = 頭頂葉

黄 = 後頭葉

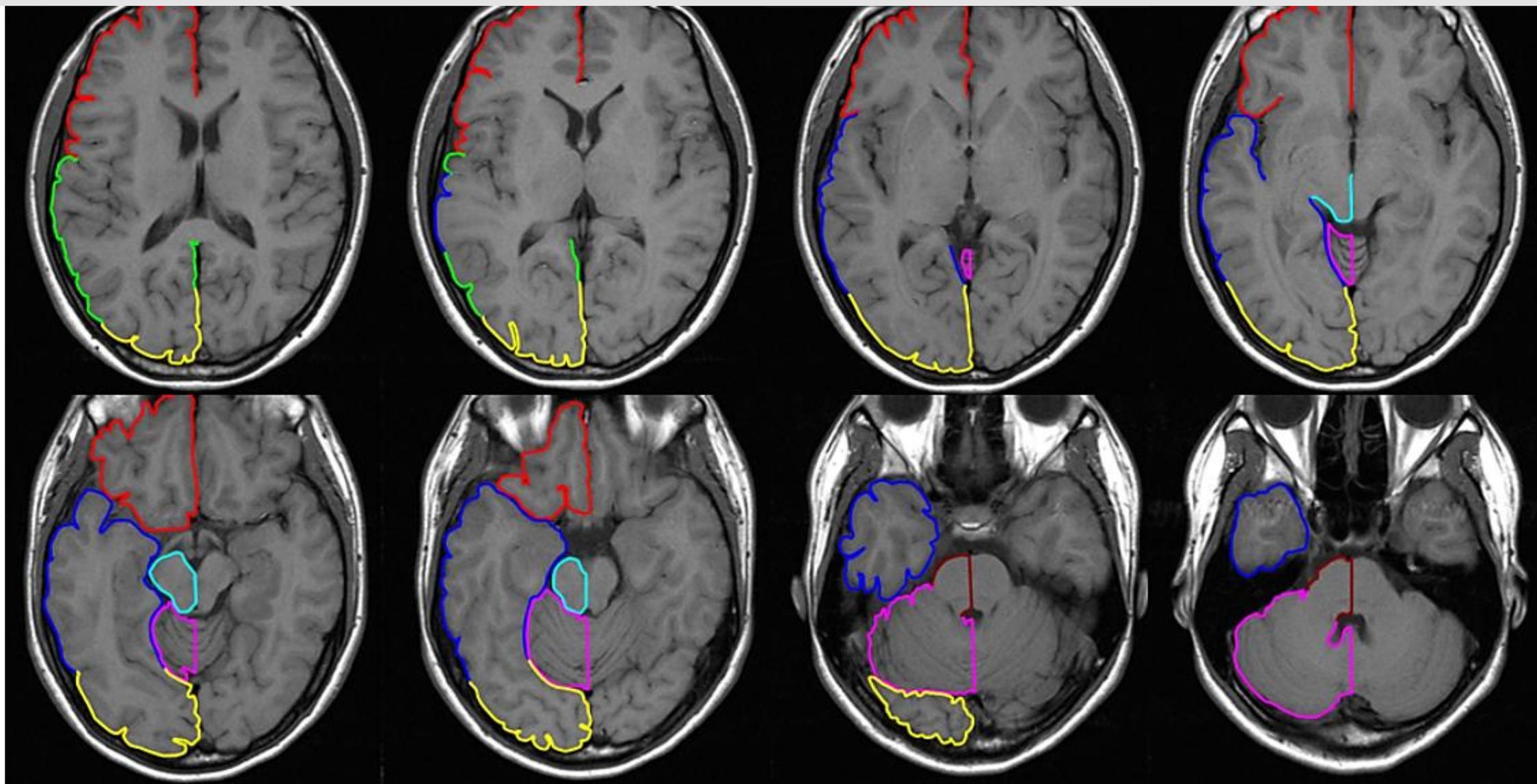


脳画像で確認

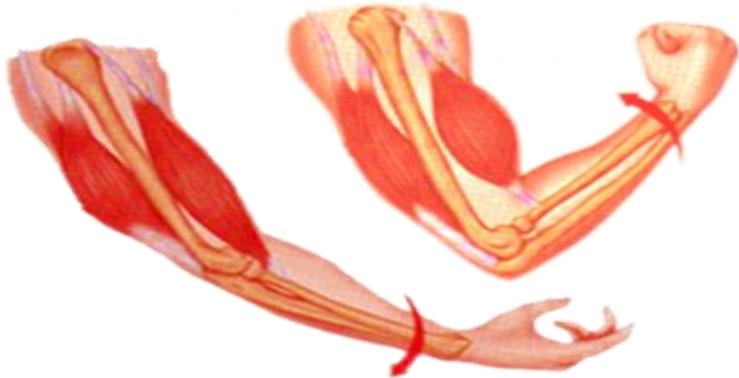
赤 = 前頭葉

緑 = 頭頂葉

黄 = 後頭葉



機能的な役割



一次運動野：M1

運動の出力



補足運動野：SMA

記憶誘導性の運動



運動前野：PMC

外部誘導性の運動



前頭前野：PFC

遂行機能・意思決定

一次運動野 (M1)

- ✓ M1は中心溝の前方に位置し、Brodmann Mapにおいて4野にあたり、**運動の実行と出力**に主に関与する
- ✓ シナジーパターンが皮質に存在する可能性があるという知見もある。

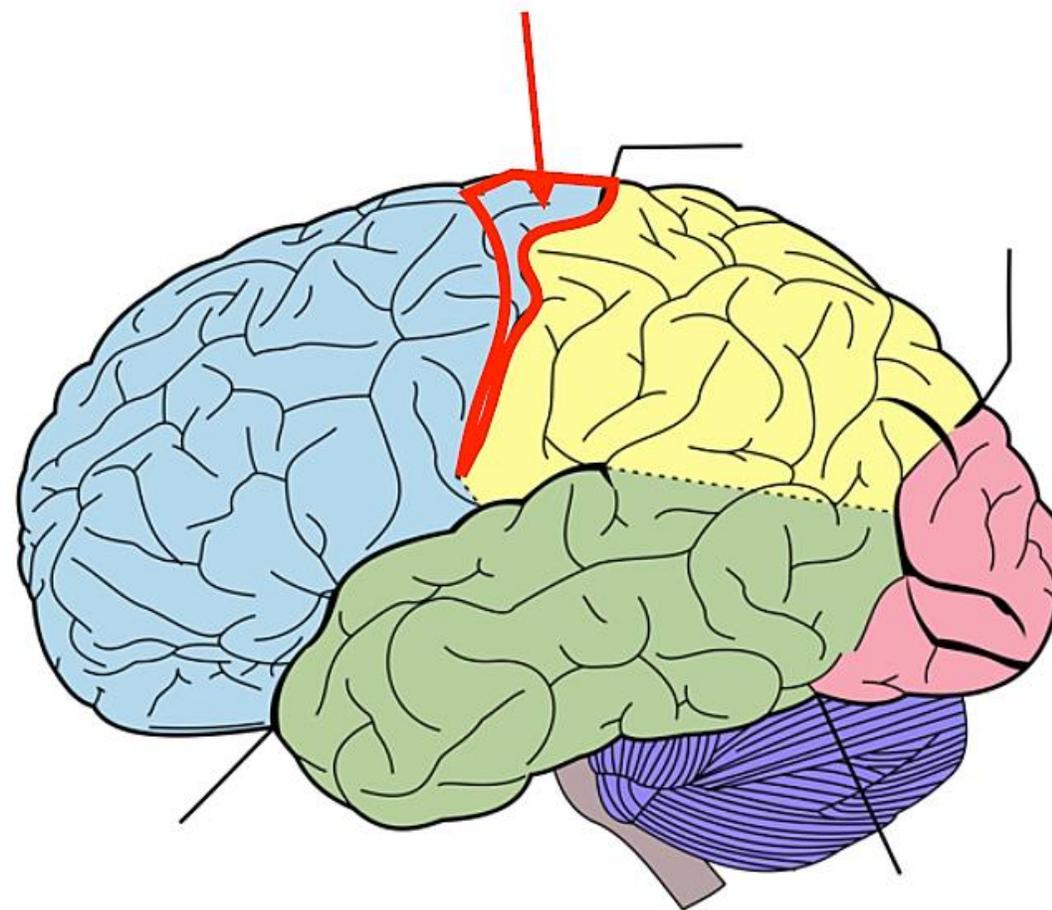
一次運動野(Primary Motor Cortex: M1)

特徴・役割

- ① 運動出力
- ② 運動のプログラミング
(運動パラメータの決定：運動の方向/距離/速度/力の大きさ/運動に使う身体部位など)

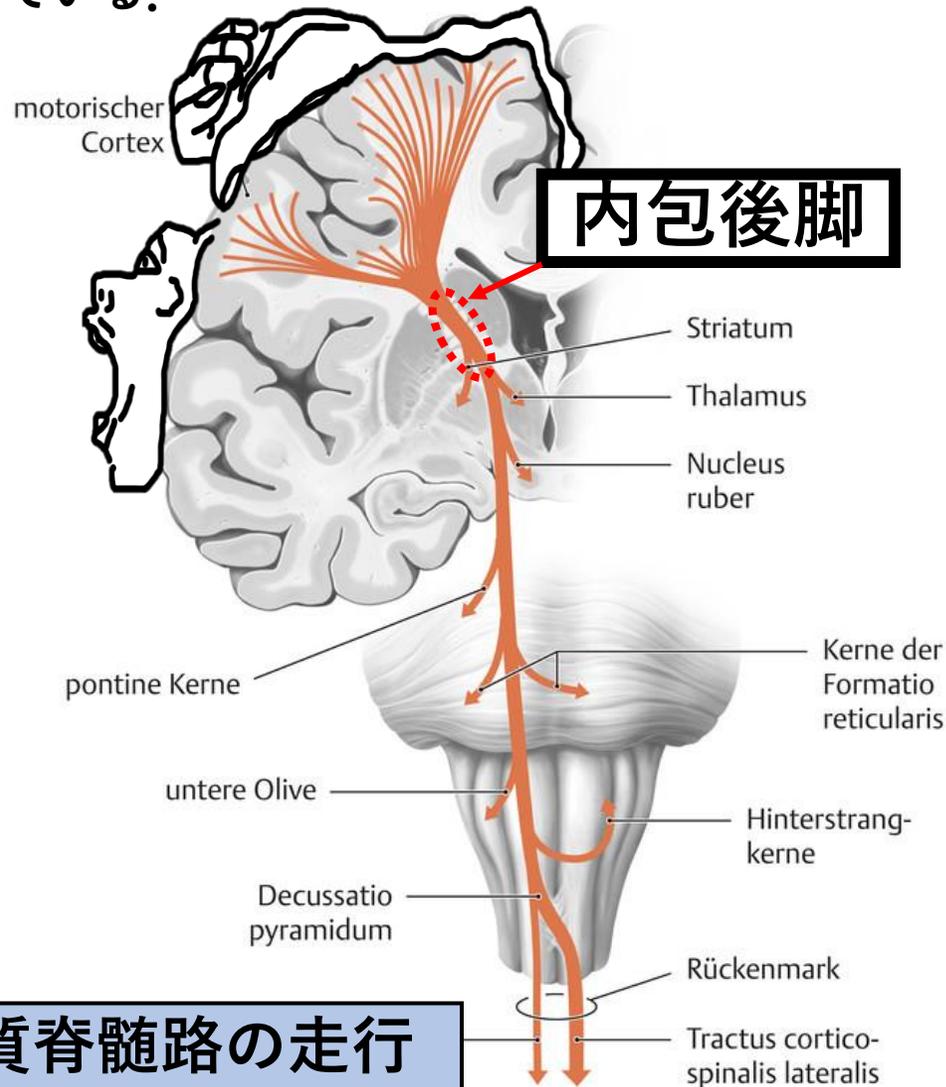
障害された場合

- ① 運動麻痺 (弛緩性)
- ② 伸張反射亢進
- ③ 病的反射出現

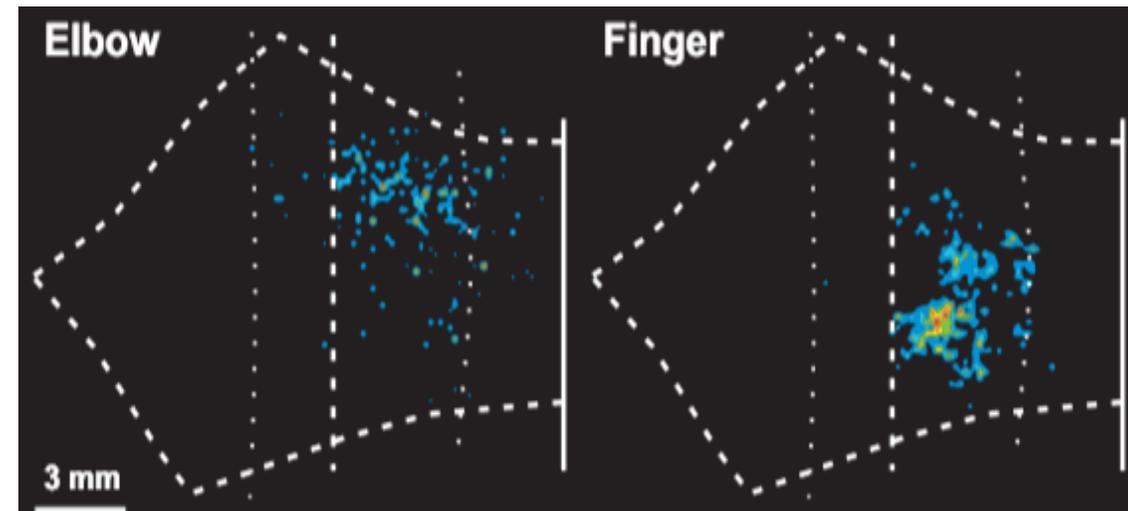
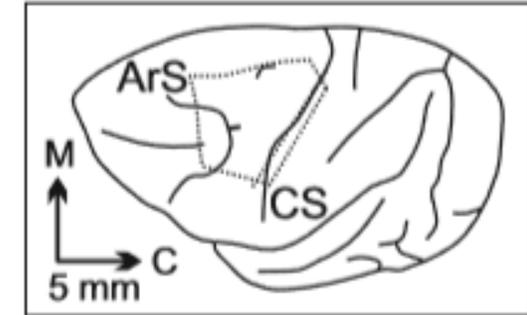
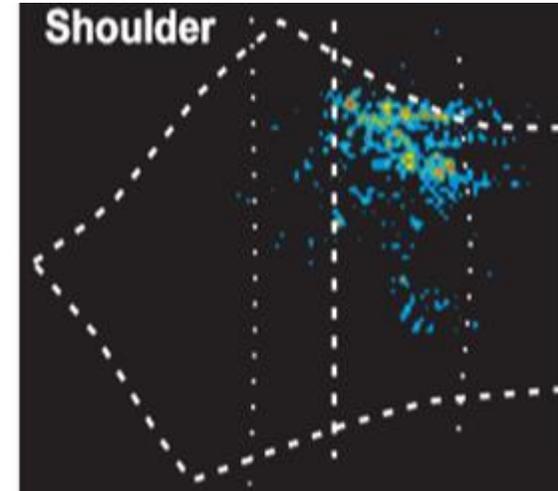


体部位局在

- ✓ M1はペンフィールドの図で示されるように、**体部位局在**がある。
- ✓ しかし、個々が完全に分離して局在化しているわけではなく、隣接している部位と**ある程度の重なりをもって**局在化している。

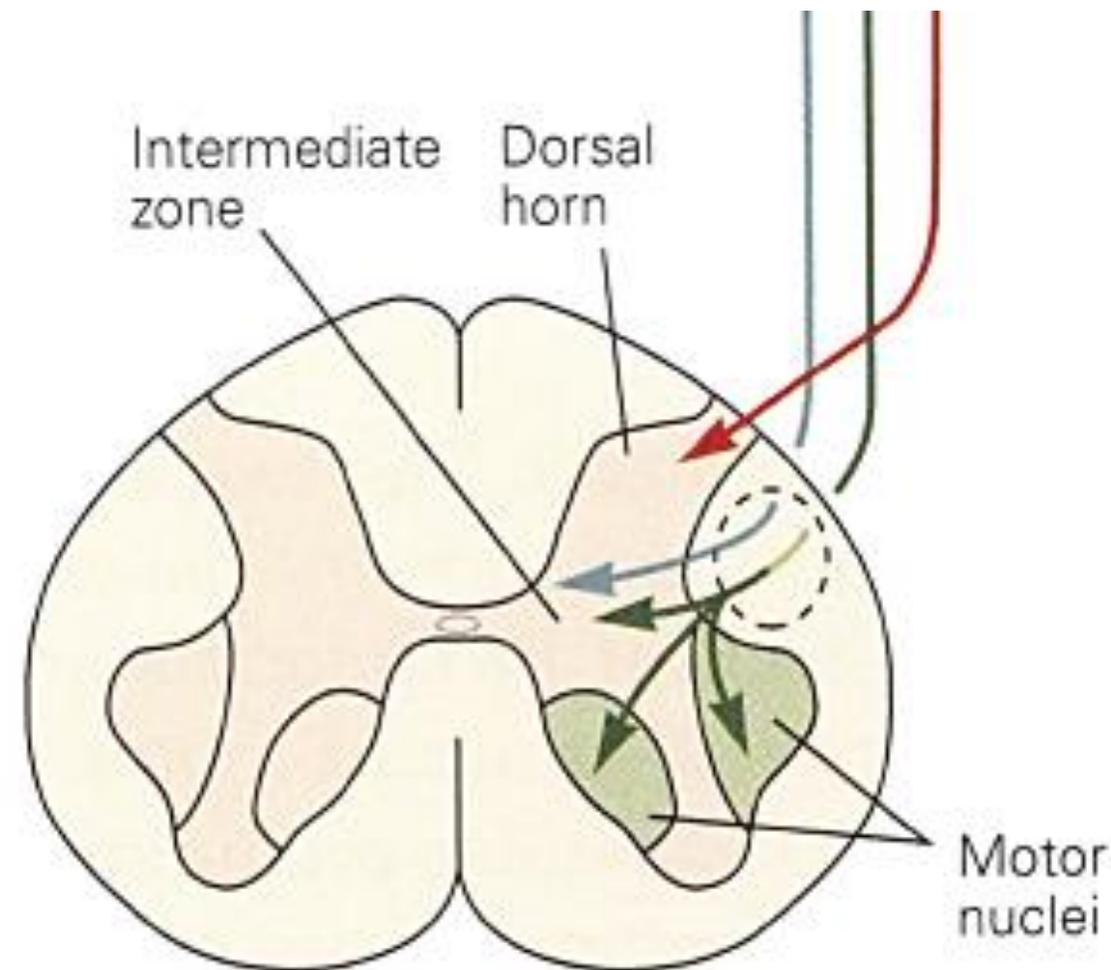
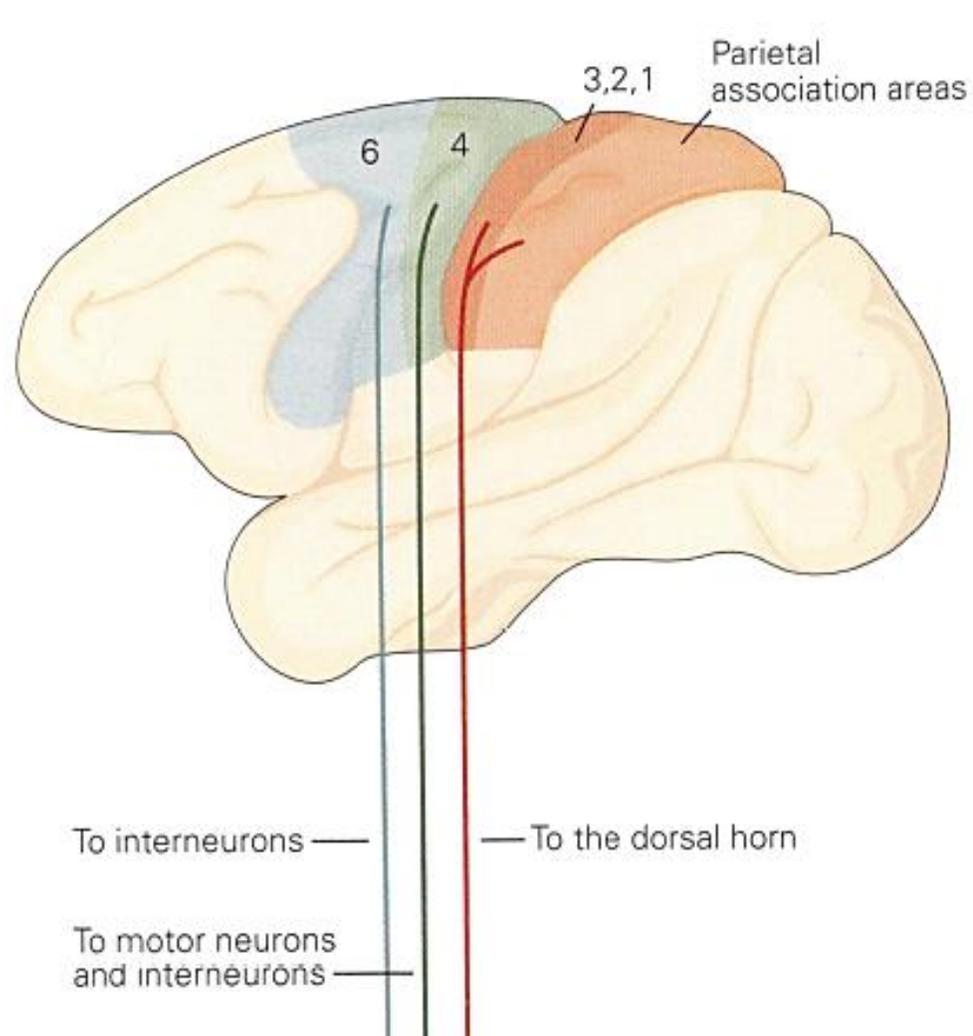


皮質脊髄路の走行



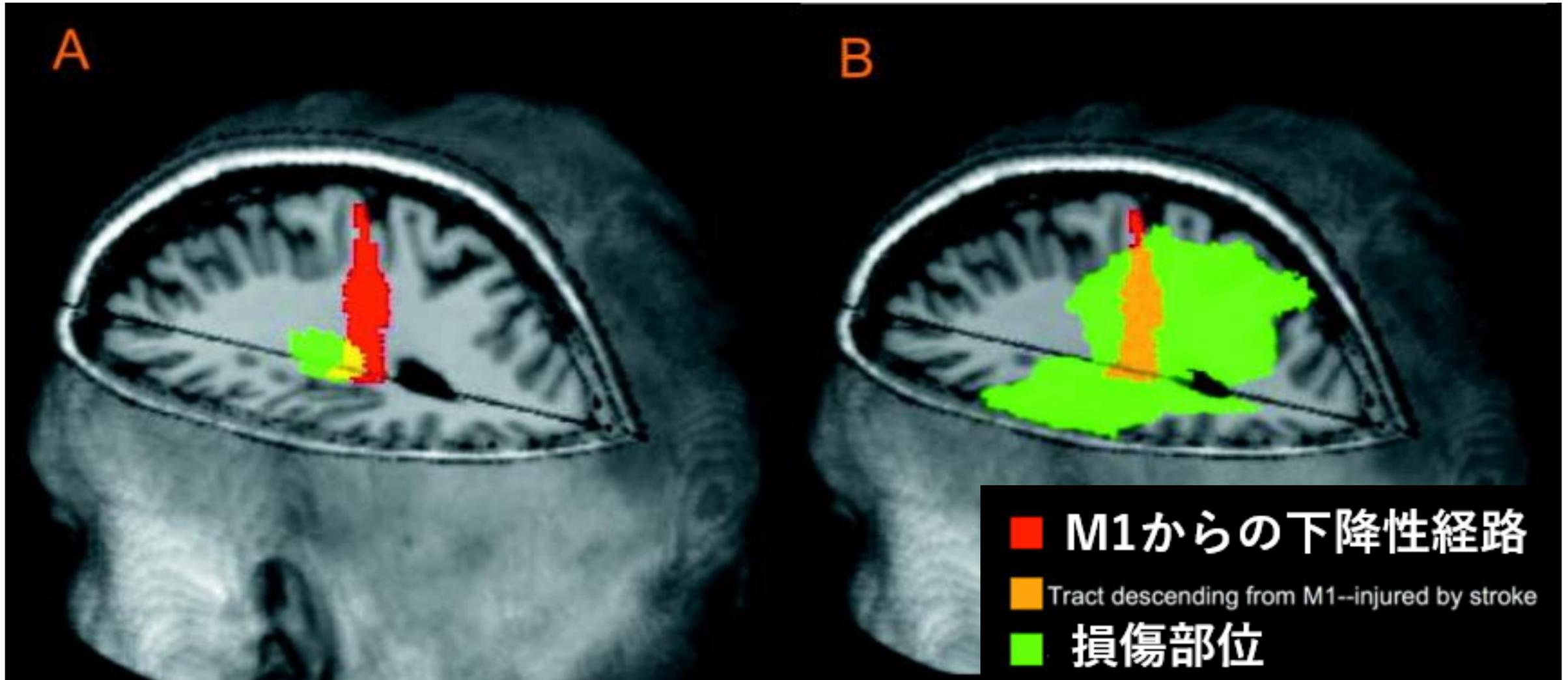
皮質脊髓路 (CorticoSpinal tract)

- ✓ 下行性に投射される皮質脊髓路は、M1(30~60%)のみならず運動前野/補足運動野/一次感覚野/帯状皮質からの複数の下行性線維(40~70%)によって構成されている。
- ✓ ただし、その起源によって皮質脊髓路の役割は異なるとされている。



皮質脊髄路の損傷度合いが運動機能に影響する

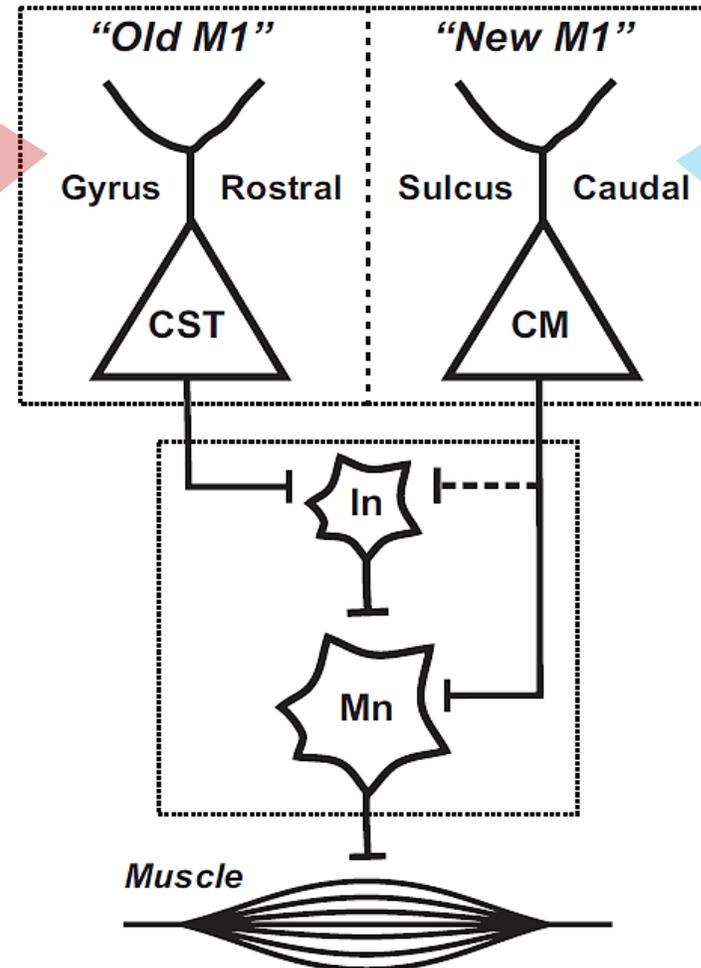
- ✓ 一次運動野からの下降性経路が37.5%損傷⇒治療後に運動機能が11ポイント回復
- ✓ 一次運動野からの下降性経路が93.4%損傷⇒治療後に運動機能は1ポイント回復



一次運動野における分類

- ✓ M1はさらに吻側部分と尾側部分に分かれる。 **吻側部分はOld M1**と呼ばれ介在ニューロンへの投射が主であり、**尾側部分はNew M1**と呼ばれ α 運動ニューロンへ直接投射する。
- ✓ New M1は直接投射するため、高度にスキル化された運動に関与すると考えられている。
- ✓ 一方でOld M1は介在ニューロンを介するため、運動全体の方向などに関与すると考えられている。

- 大半が介在ニューロンに投射する
- 全体の方向や運動を反映
- 筋、関節の固有感覚(深部感覚)を頼りの手の運動



- 大半が脊髄運動ニューロンに直接投射する
- 筋活動パターンや力の生成を反映
- 高度にスキル化された緻密な運動に関与
- 皮膚感覚を頼りの手の運動



補足運動野 (Supplementary Motor Area)

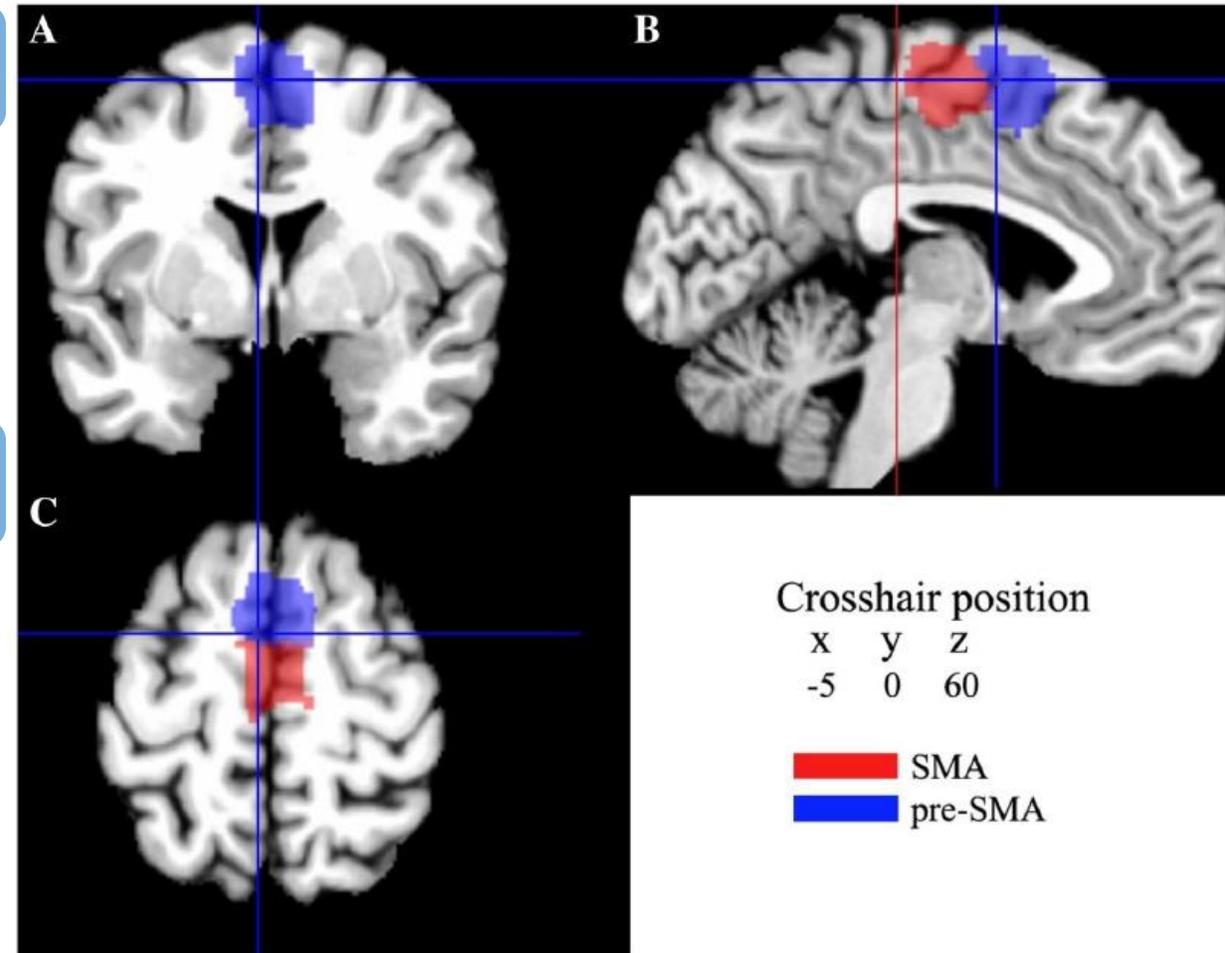
- ✓ SMAはM1の前方に位置し, Brodmann Mapの6野の内側面に相当
- ✓ 1次体性感覚野から密な入力を受け, M1に直接投射している
- ✓ 運動前野と協働しながら主に記憶依存性の運動選択に関与
- ✓ 体部位再現があるが, 訓練によって大幅に変化するといわれる

特徴・役割

- ① 運動プログラム：記憶依存性の運動選択
(皮質網様体路を介した姿勢制御を含む)
- ② Bilateral (両側性) な協調動作と目的別使い分け
- ③ 複数動作の順序制御

障害された場合

- ① 把握反応
- ② 左右の手の協調制御の低下
- ③ 順序動作の制御低下
- ④ 痙縮
- ⑤ 自発性の低下?
- ⑥ 無言性無動症? (両側)

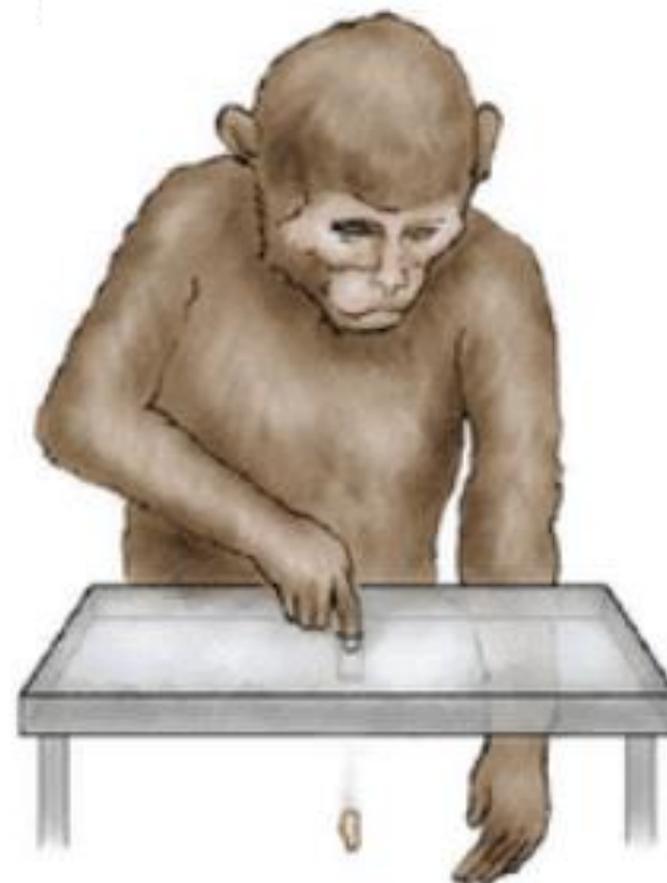


補足運動野 (SMA)

- ✓ 補足運動野の片側性病変は、サルが視覚的なフィードバックを受けても、両手の協調行動を妨害する。
- ✓ 通常、サルは餌の小片を穴から押し出して、もう一方の手で捕まえることができるが、病変の後にはできない。
- ✓ 補足運動野の病変は、両手協調作業のサルのパフォーマンスを妨げる。

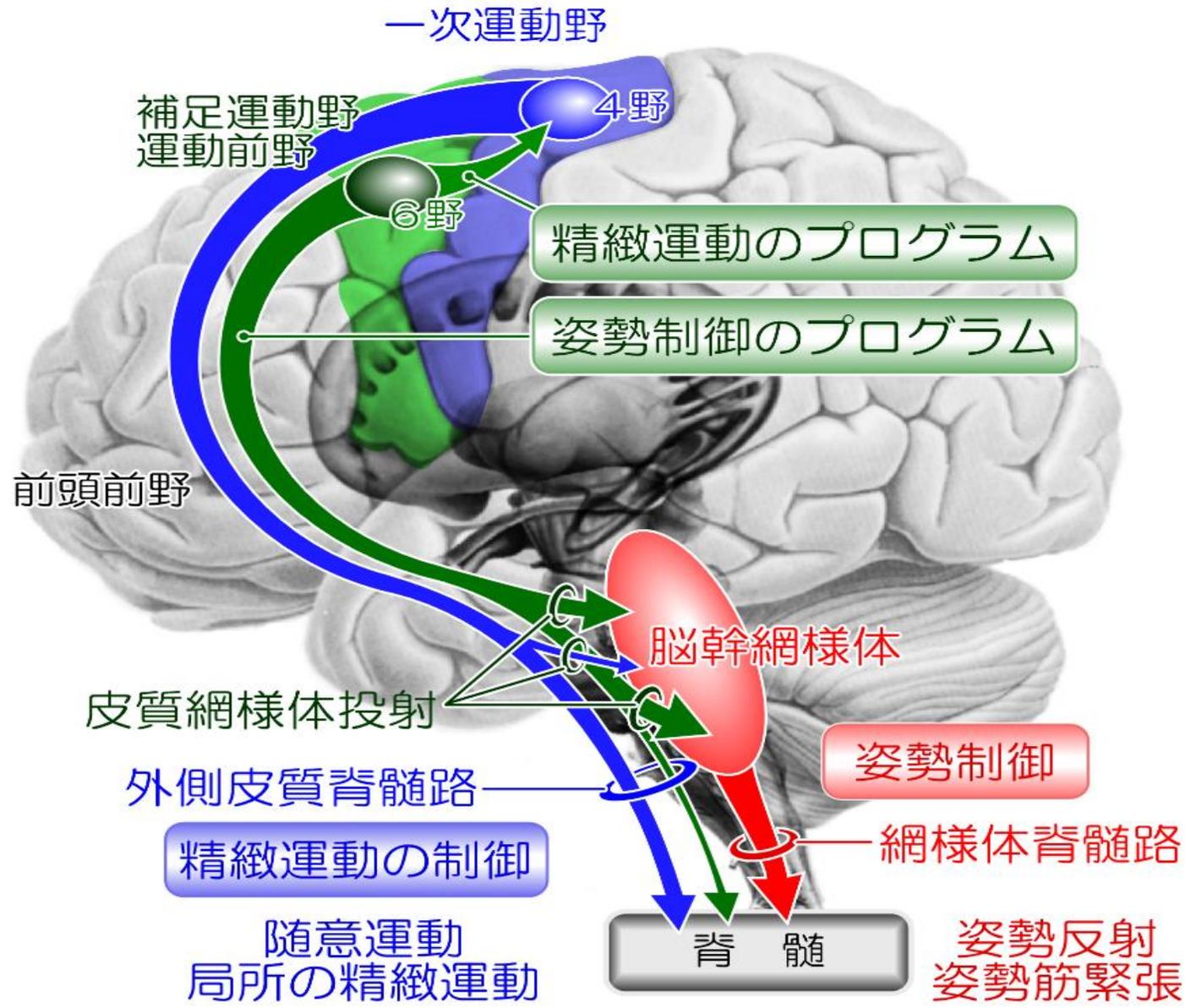


Normal animal



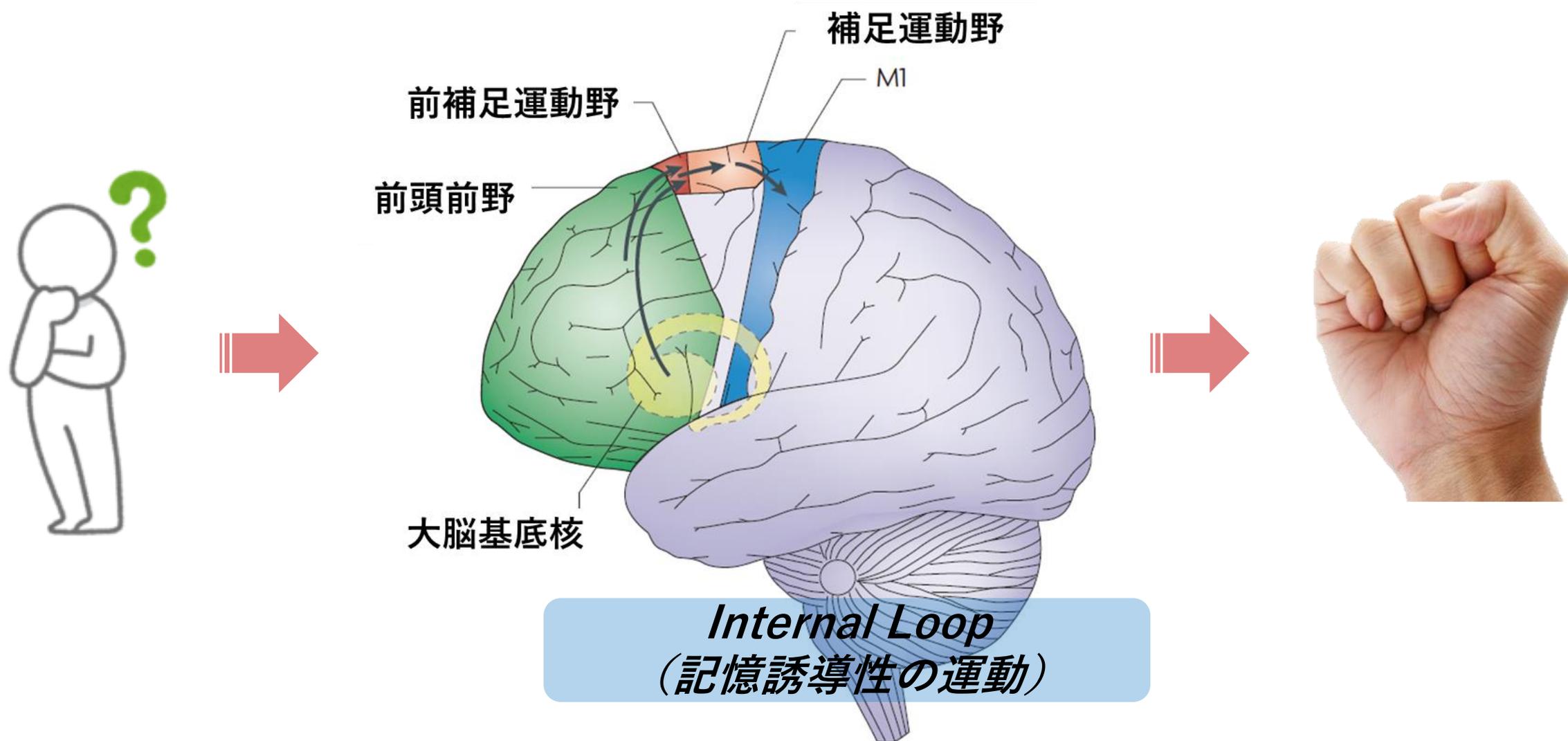
5 months after right SMA lesion

補足運動野と姿勢制御



補足運動野 (SMA)

- ✓ 内的欲求から始まる前頭葉で計画された運動は、前補足運動野(Pre-SMA)⇒補足運動野⇒M1へと投射
- ✓ 一次運動野に到達した後に運動が実行される



運動前野 (Pre Motor Cortex)

- ✓ PMCはM1の前方に位置し、 Brodmann Mapにおいて6野に相当
- ✓ 補足運動野と協働しながら、主に外部誘導性の運動に関与
- ✓ 背側：運動の大きさや方向、空間での軌跡 腹側：特定の物品に対して強く活動する

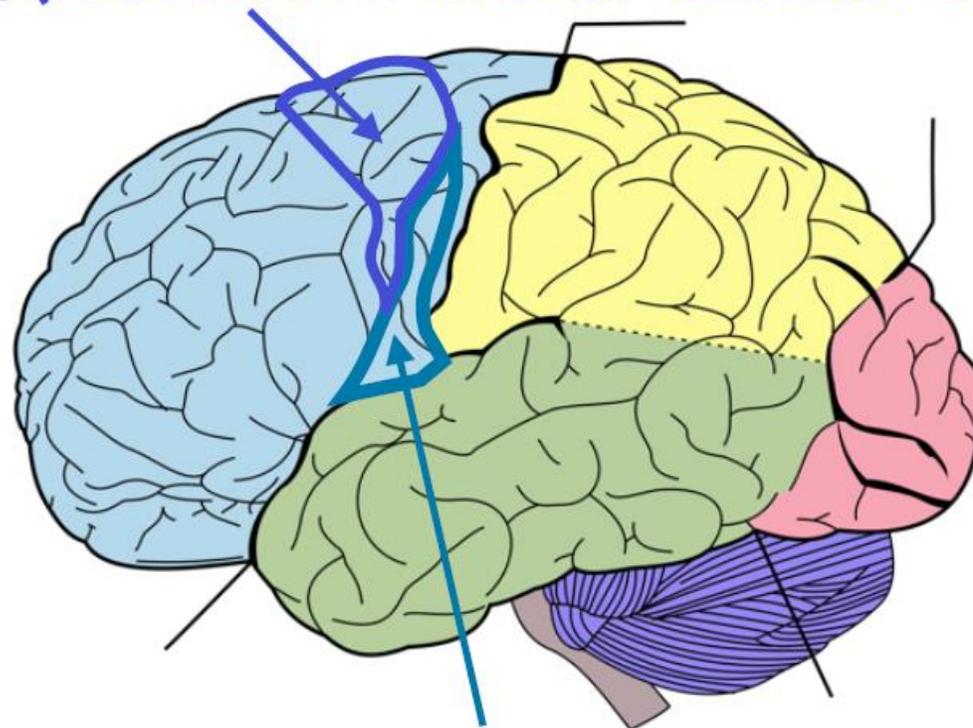
背側運動前野(dorsal Pre-Motor Cortex: dPMC, PMd)

特徴・役割

- ① 運動プログラムを形成
 - 特に感覚情報：視覚・聴覚・体性感覚による動作の誘導

障害された場合

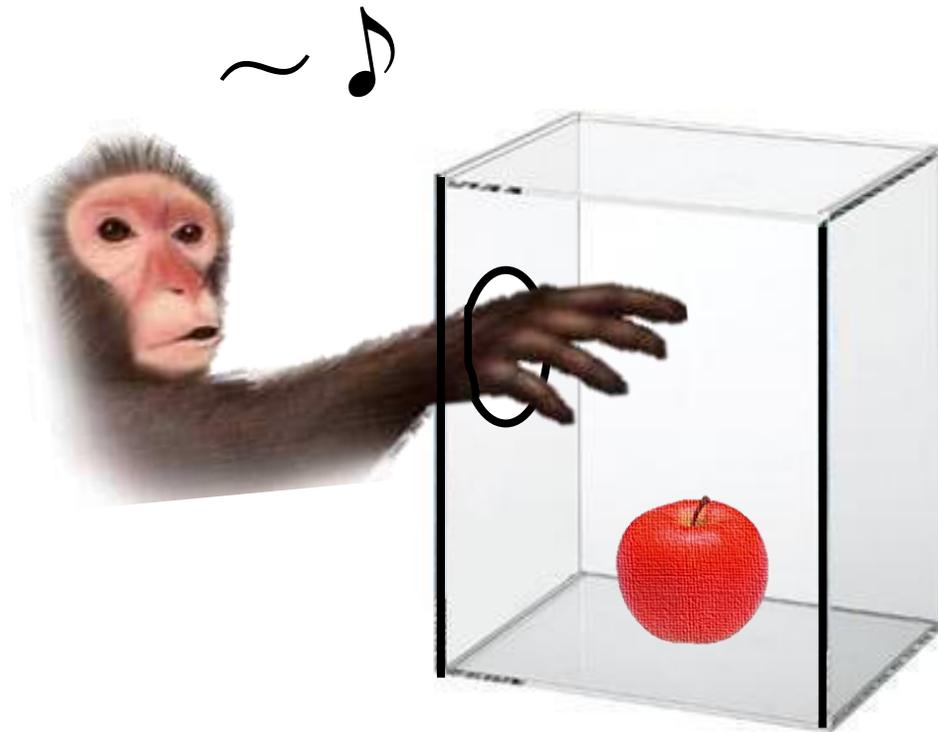
- ① 動作選択のミス
- ② 上肢・手の運動障害
 - dPMC = 肩の運動障害
 - vPMC = 手の操作障害



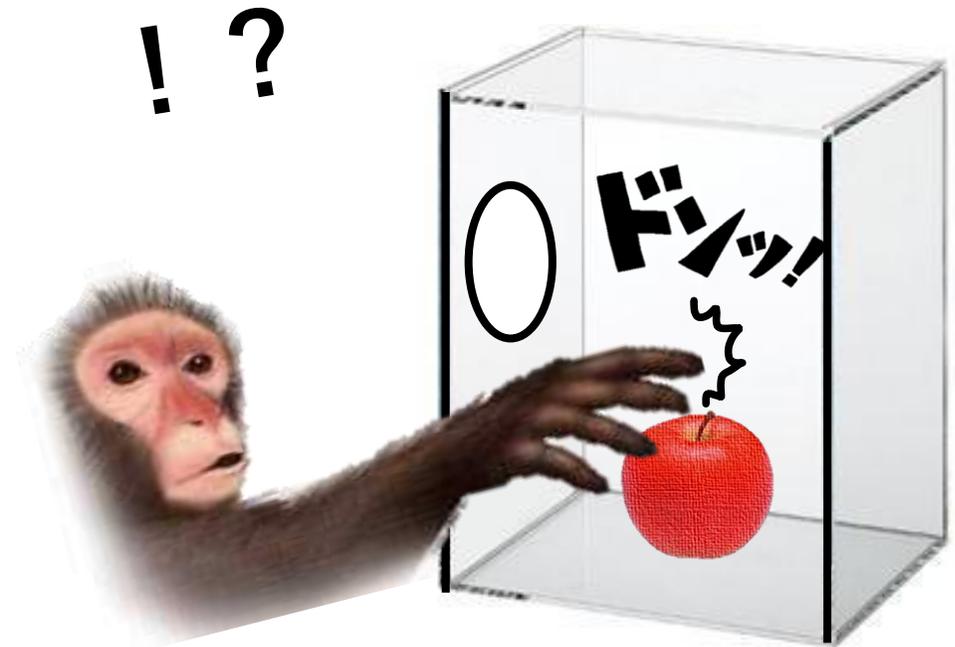
腹側運動前野(ventral Pre-Motor Cortex: vPMC, PMv)

運動前野 (Pre Motor Cortex)

- ✓ PMC損傷前は穴から手を入れてリンゴを取るといった、順序立てた動作が可能である
- ✓ PMC損傷後は、視覚情報を適切に使った運動の構成ができなくなってしまう
- ✓ このことからPMCは運動の構成に関わるとされている



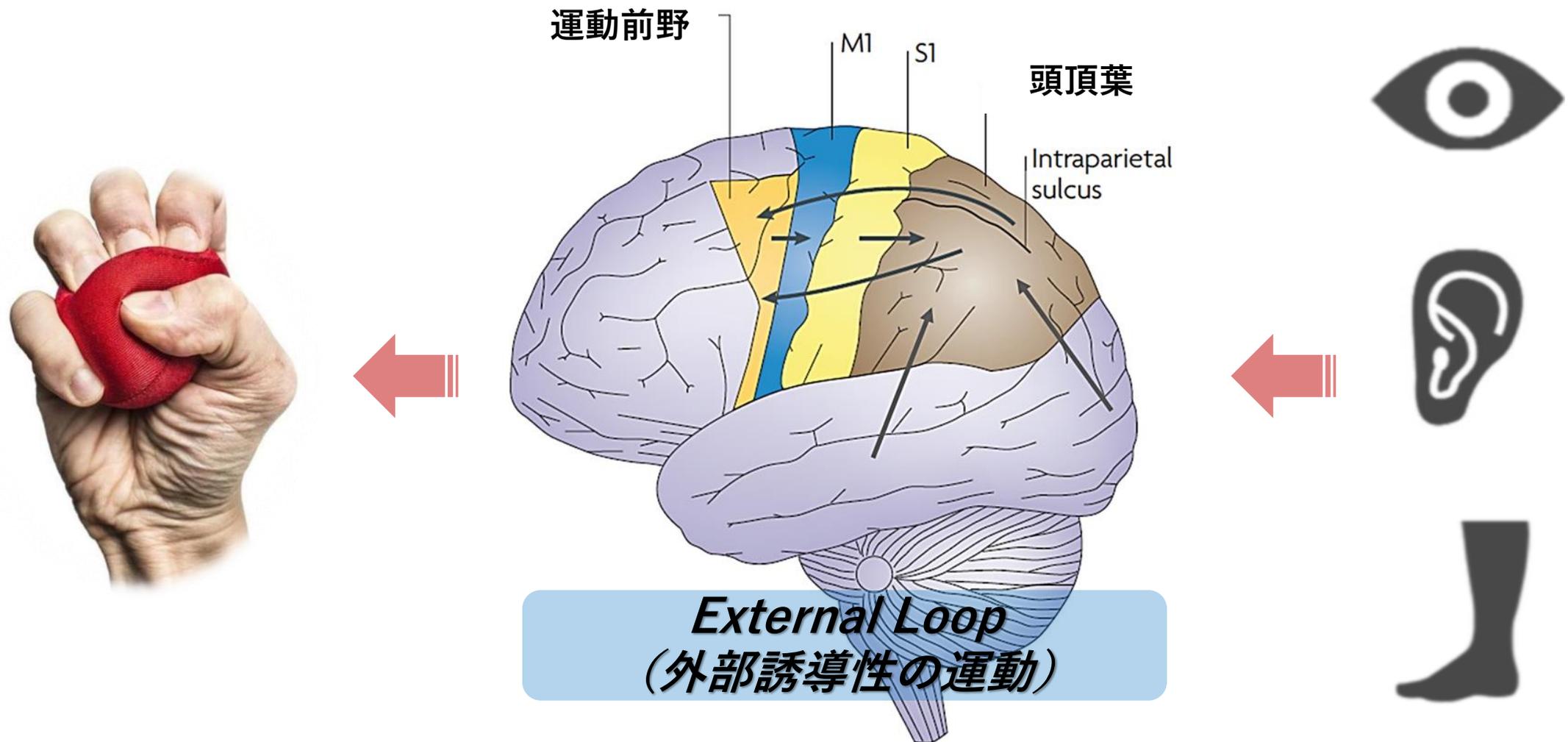
損傷前



損傷後

運動前野 (Pre Motor Cortex)

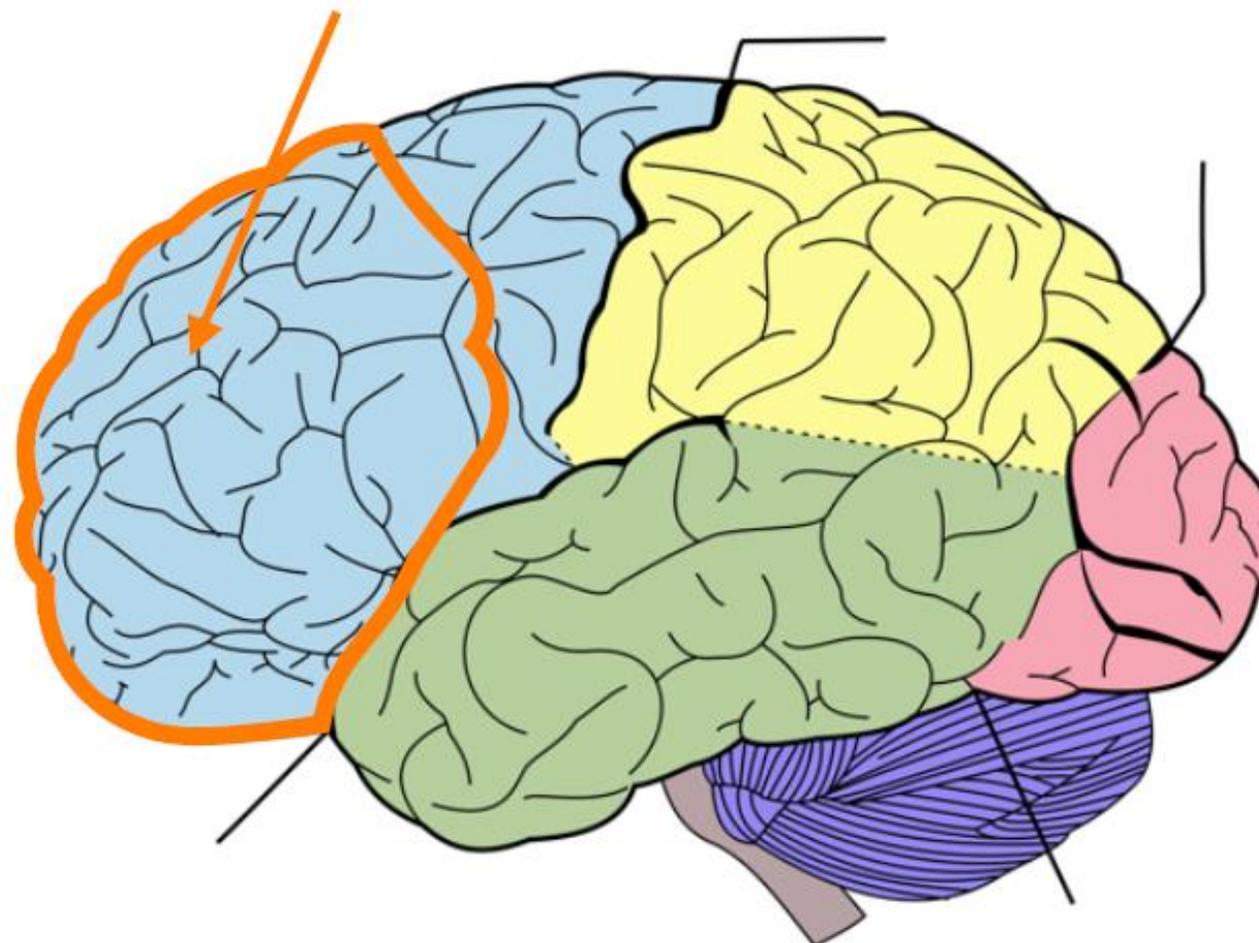
- ✓ PMC(特にPMv)は、頭頂葉で処理/統合された様々な外部からの感覚情報をもとに運動プログラムを生成する
- ✓ 麻痺の身体部位や認知的処理の特徴から、どのような感覚を強調し、どのような手段で感覚を提供するのか?という視点をもつことは重要



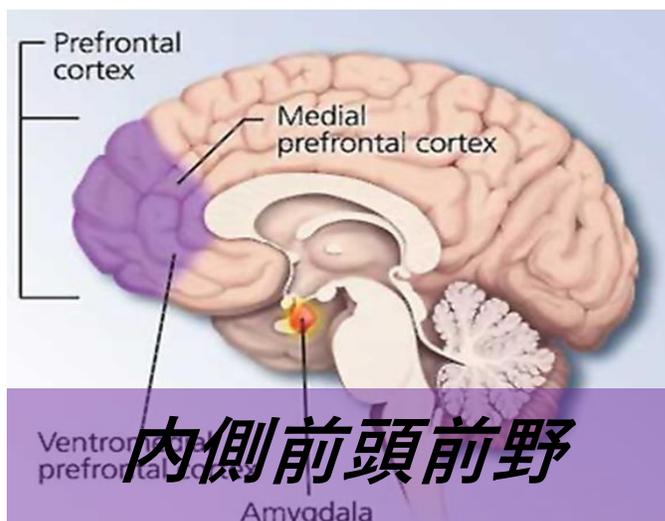
前頭前野 (Pre Frontal Cortex)

- ✓ PFCはSMA・PMCの前方に位置し、ヒトとしての**遂行機能に**関与する
- ✓ また、PFCは大きく ①内側前頭前野②眼窩前頭前野③背外側前頭前野に分類される

前頭前野 (Prefrontal cortex: PFC)



分類から見た機能



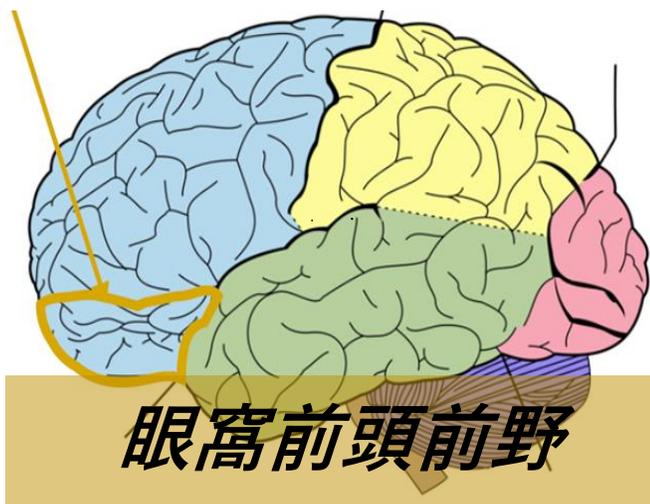
内側前頭前野

- ① 行為のプランニング
- 行動を発現するための動機付け
- ② 大脳辺縁系からの「欲求」に対して対応する
- 未だ不明な点が多い

特徴・役割

- ① 自発的な動作や発語の減少
- ② 社会行動への意欲の低下
- アパシー
- ③ 対人技能の拙劣さ

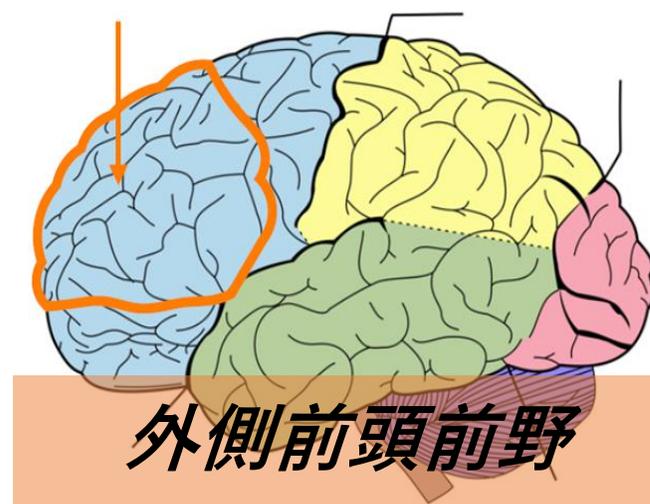
障害された場合



眼窩前頭前野

- ① 刺激に対する価値評価
- ② 報酬予測
- ③ 動機付けや意思決定
- 未だ不明な点が多い

- ① 攻撃的行動
- ② 感情鈍麻
- ③ 意思決定異常
- 社会行動・情動処理など

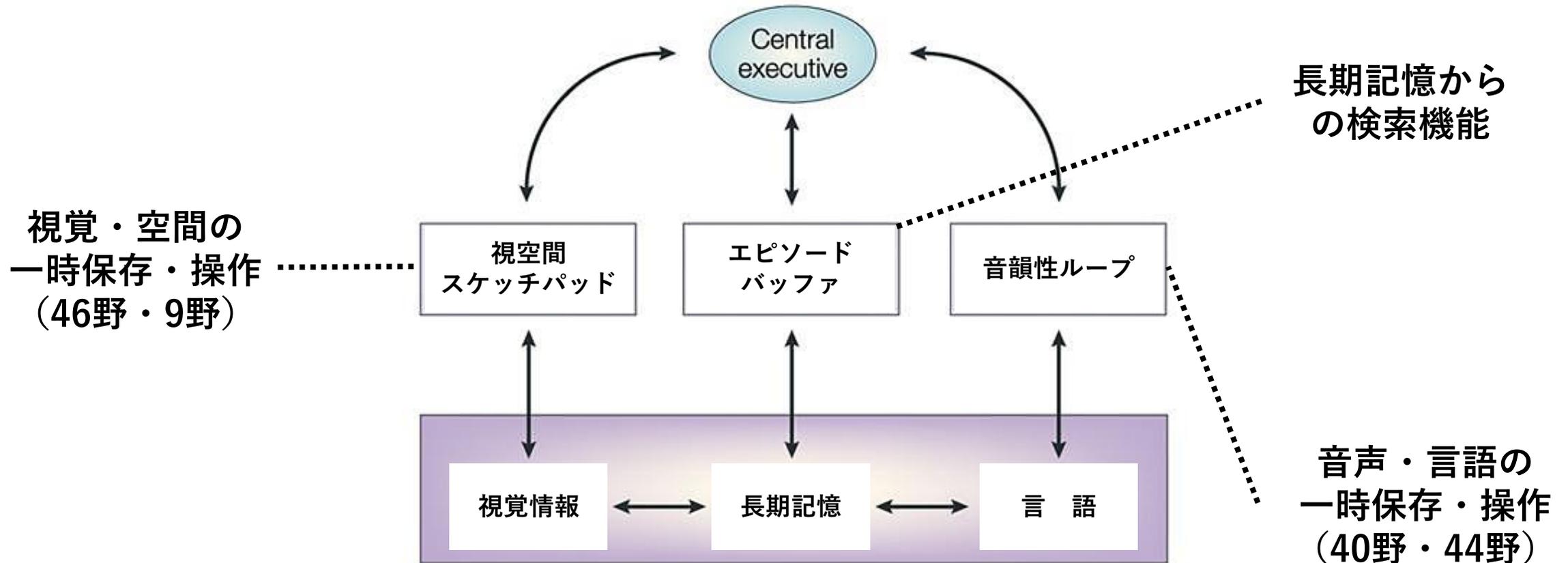


外側前頭前野

- ① 認知情報と内的情報の収集
- 連合野入力と視床からの入力
- ② それら情報の意識上での保持
- ③ 保持した中での統合・監視・操作
- いわゆるworking memory
- ④ 情報の能動的想起や選択
- 能動性の欠如や無関心、保続
- ⑤ Broca野（ミラーニューロンが存在）
- 運動性失語

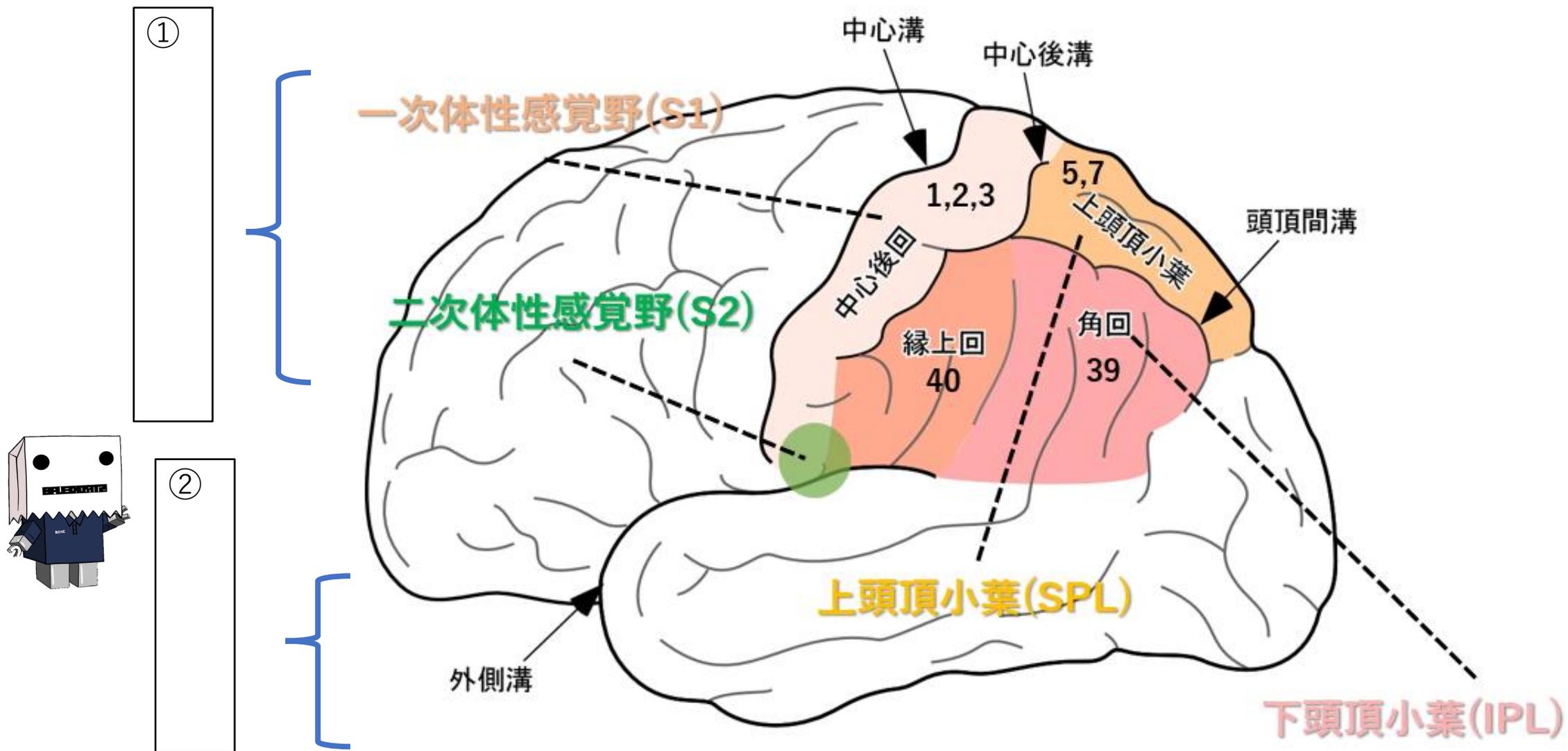
ワーキングメモリ

- ✓ ワーキングメモリとは、言語理解や学習推論のような複雑な認知課題のために必要な情報の一時貯蔵や操作を提供するシステムであり、様々な活動や課題の要求に柔軟に対処できる性質を備えたもの
- ✓ 3つのシステムにより、ある情報を一次的に保持し続け、目的達成のために状況に合わせて取捨選択・再生成する



頭頂葉-機能的な外観と役割

- ✓ 頭頂葉は、中心溝から頭頂後頭溝の間に位置する
- ✓ 一般的に感覚/身体位置/会話/言語の機能を担う

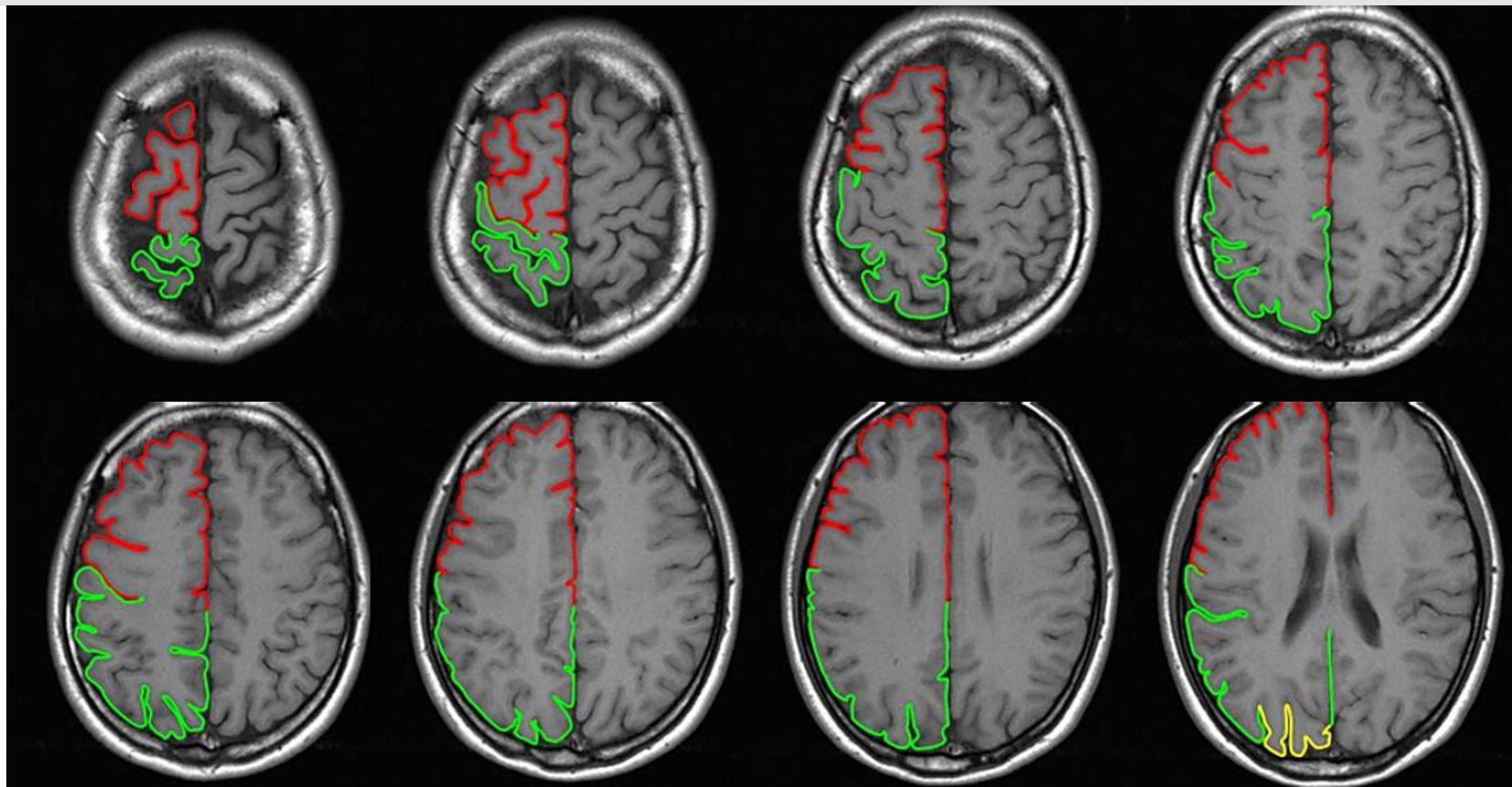


脳画像で確認

赤 = 前頭葉

緑 = 頭頂葉

黄 = 後頭葉

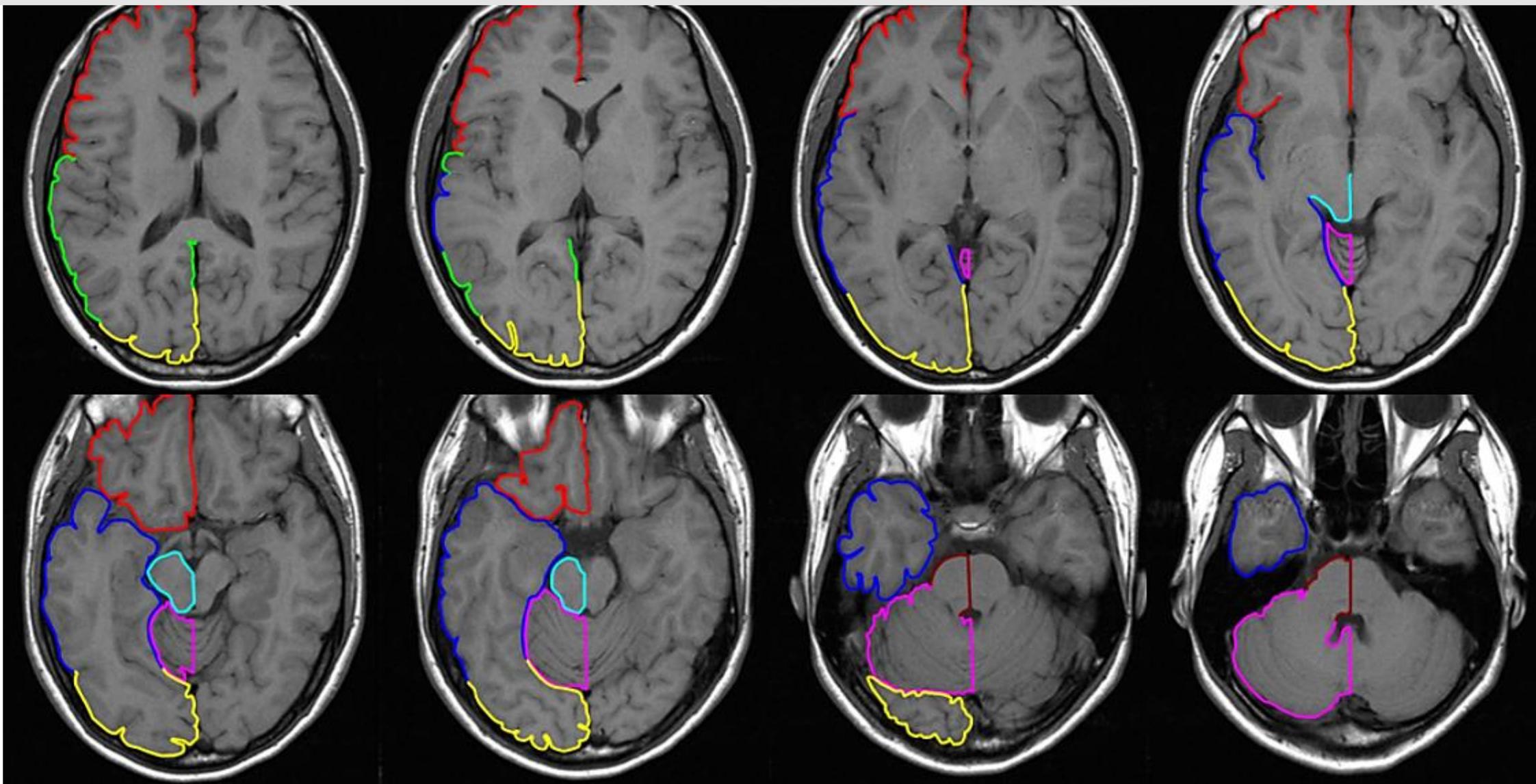


脳画像で確認

赤 = 前頭葉

緑 = 頭頂葉

黄 = 後頭葉



機能的役割



一次体性感覚野：S1

感覚の受容



二次体性感覚野：S2

S1で受容しないその他感覚



上頭頂小葉：SPL

身体図式の生成



下頭頂小葉：IPL

身体所有感の生成

一次体性感覚野 S1/二次体性感覚野 S2

- ✓ S1は中心溝の後方に位置し，Mapは1/2/3 a/3b野にあたり，固有感覚や触覚情報の受容に主に関与する
- ✓ S2はS1の腹側部に位置し，S1で処理された感覚情報の受容，または痛みなどのS1が受容しない感覚も受ける

S1 特徴・役割

- ① 筋骨格からの固有感覚の受容
- ② 皮膚などの触覚情報の受容

障害された場合

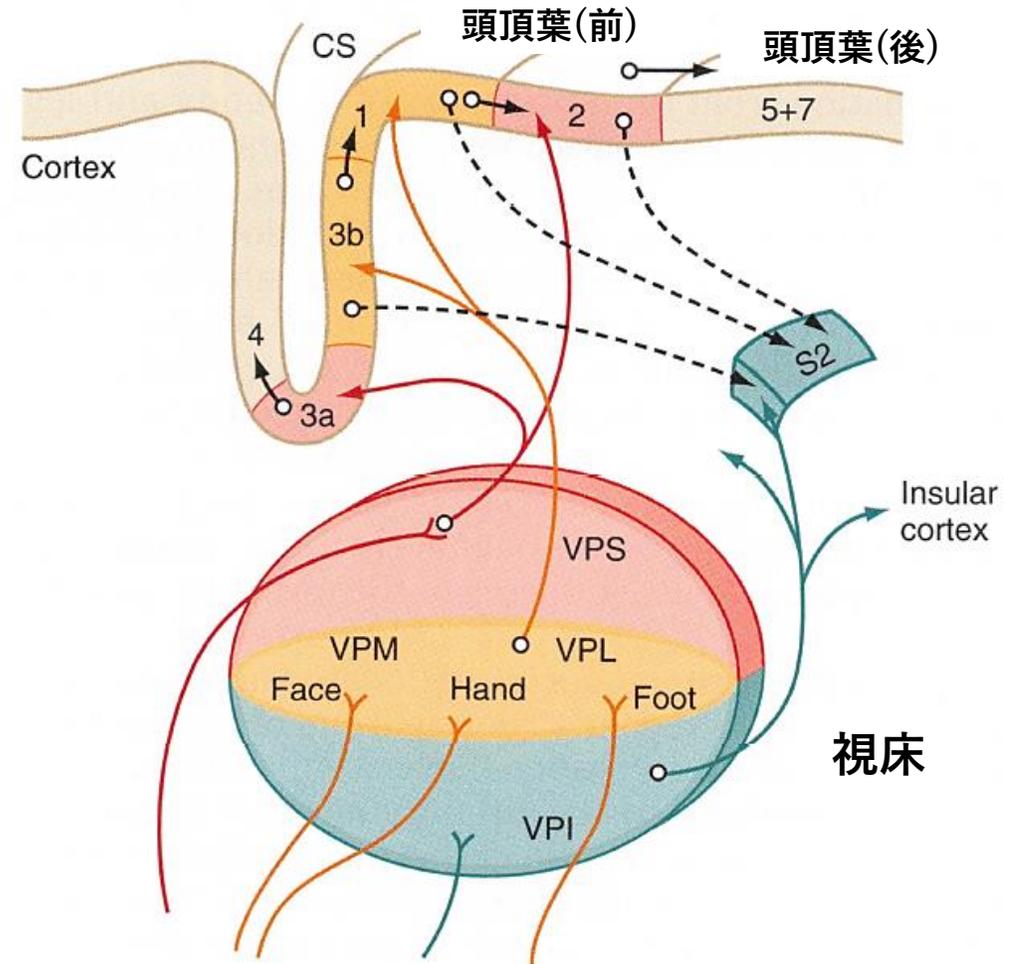
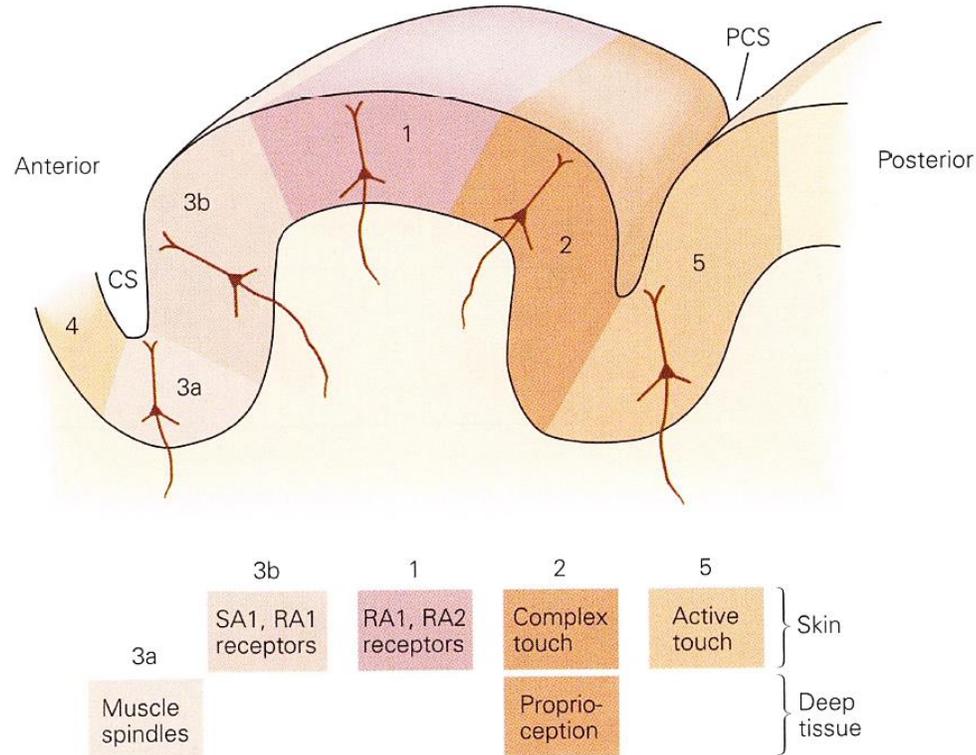
- ① 感覚障害
- ② 感覚性失調
- ③ 肢節運動失行



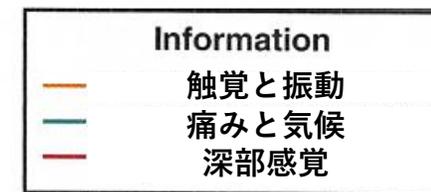
S2 特徴・役割

- ① 両側性の受容野が多数
- ② 複雑な形のものを持持・操作するときPMC・頭頂間溝付近とともに活動
- ③ light Touch・疼痛・内臓感覚にも関与
- ④ 想像だけでも活性化

それぞれの領野の受容感覚

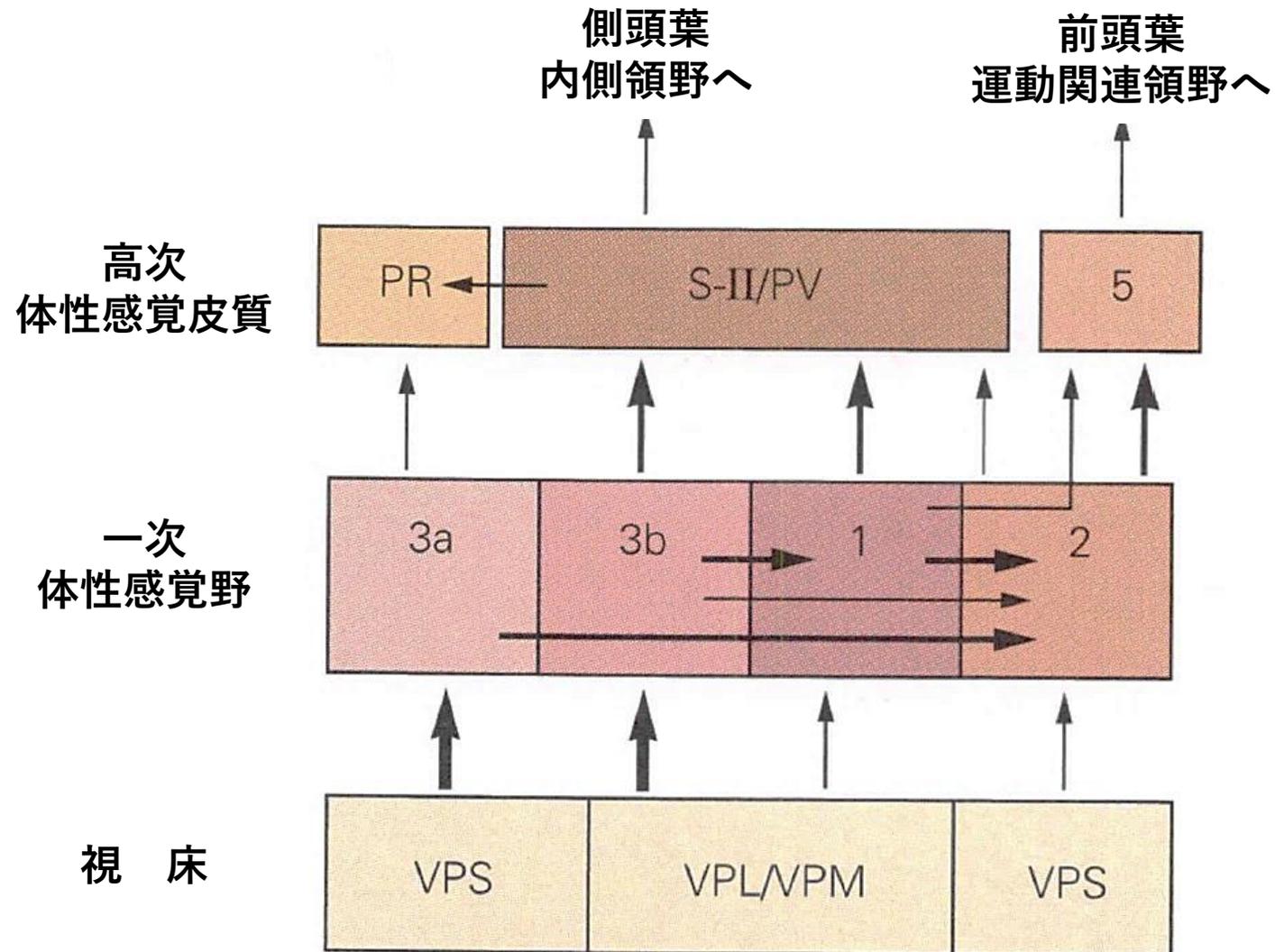
**皮質活性の条件**

- ✓ 3a野：筋紡錘，その他の深部感覚
- ✓ 3b野：触覚
- ✓ 1野：触覚(徐々に広範囲になる)
- ✓ 2野：皮膚および関節
- ✓ 5野：手の能動的な動き (Active Touch)

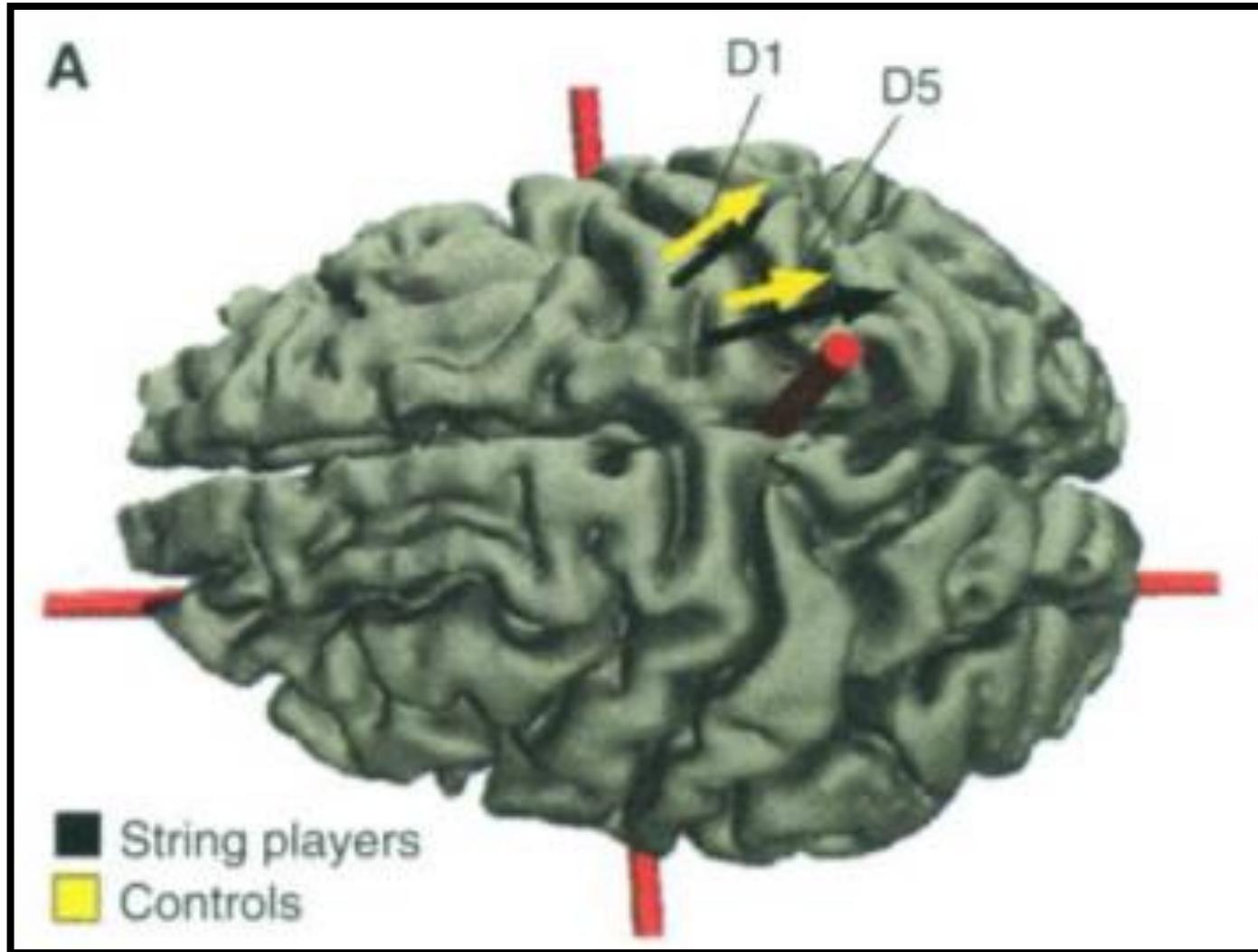


体性感覚の階層性

- ✓ S1には視床⇒体性感覚野間の結合と、さらに皮質間との解剖学的結合に階層性(順番)をもっている
- ✓ S1に入力された感覚情報の高次処理(具体化)のために、S2・5野などの他領野に伝達される
- ✓ 3a・3b・1野の協調的な皮質活性化により強調された感覚は、5野へ投射される感覚情報も明瞭なものとなり得る



弦楽器演奏者は小指を盛んに使用するため小指の体性感覚野が広い



D 1 : 母指 体性感覚野は同じ

非演奏者

弦演奏者

D 5 : 小指 弦演奏者の方が長い

非演奏者

弦演奏者

上頭頂小葉・下頭頂小葉 (SPL・IPL)

- ✓ 上頭頂小葉(SPL)はS1の後方に位置し、 Brodmann Mapの5・7野に相当する
- ✓ 下頭頂小葉(IPL)はS1の後方、 SPLの腹側部に位置し、 Mapの39・40野を含み、 39野は角回、 40野は縁上回にあたる

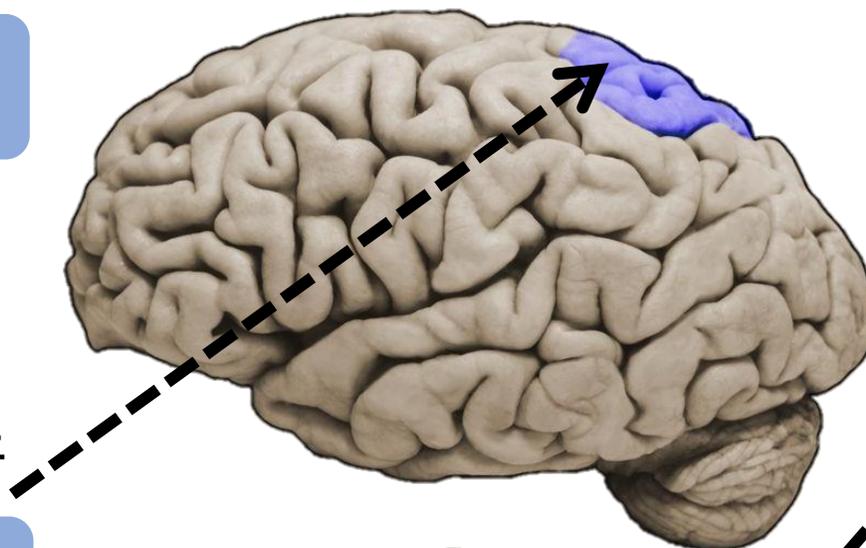
特徴・役割

- ① **Active Touch**への関与
- ② **身体図式の形成**
 - 関節組み合わせニューロン
 - 皮膚・関節組み合わせニューロン
- ③ **視覚性Working Memory**への関与

障害された場合

- ① リーチ動作障害
- ② 視覚性ワーキングメモリ不全

etc.



特徴・役割

- ① **身体所有感の生成**
 - Bimodal neuron(視覚と体性感覚)
 - Multi-modal neuron
- ② 縁上回：Working Memory /音韻性ループ
- ③ 角回：他者視点取得/共感

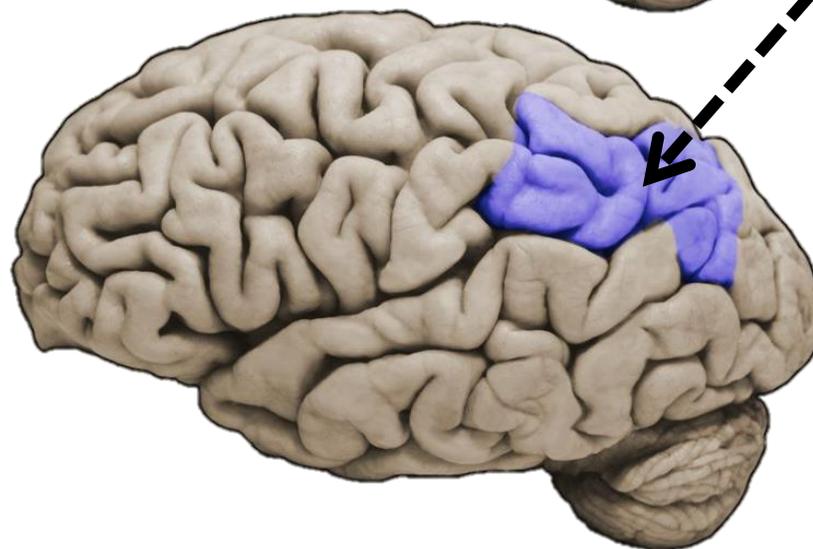
障害された場合

縁上回：

- ① 音韻性ワーキングメモリ不全
- ② 短期記憶障害
- ③ 触覚失認 (両側)

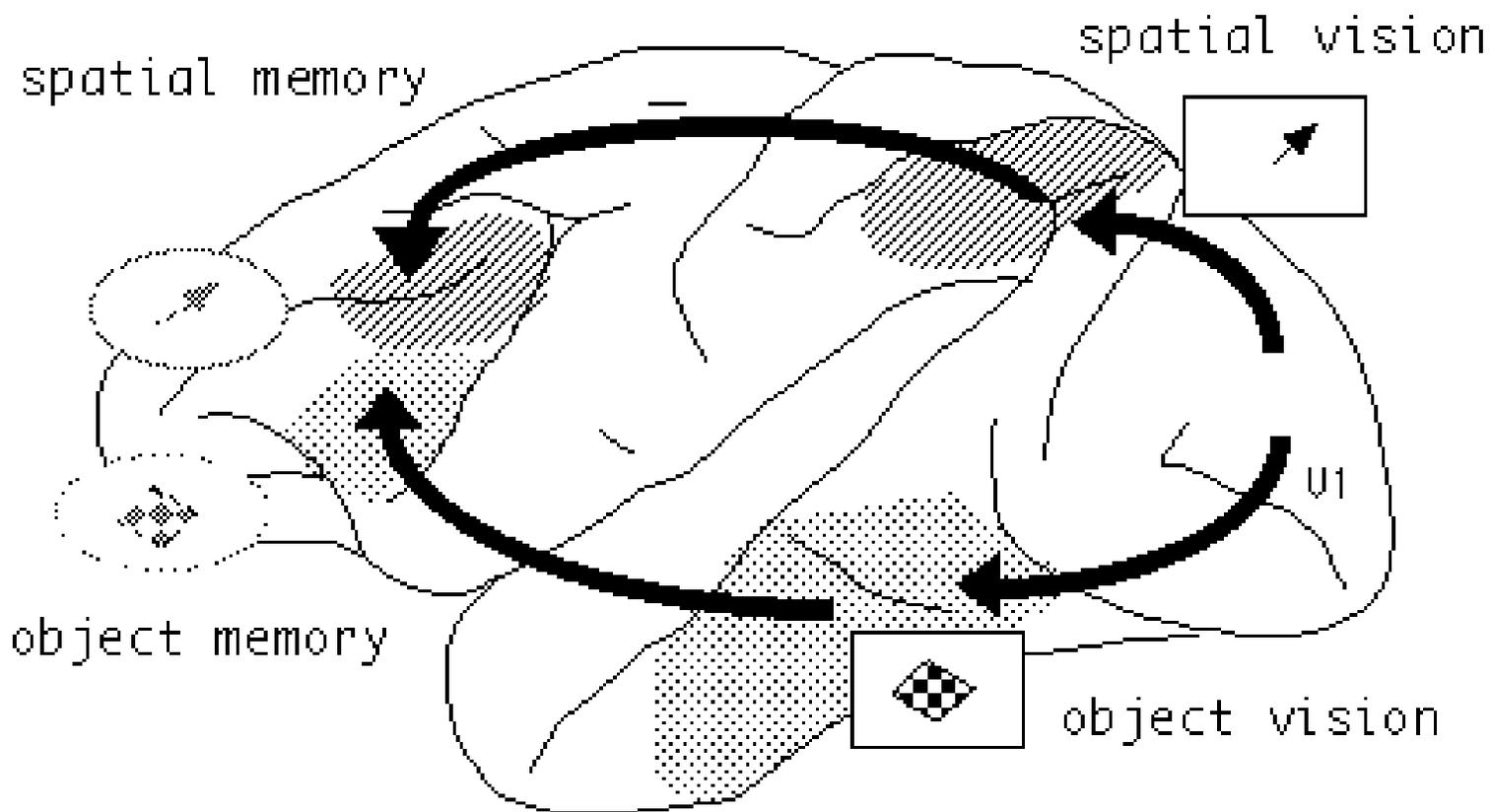
角 回：

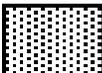
- ① 他者視点取得の困難さ
- ② ゲルストマン症候群(優位半球)



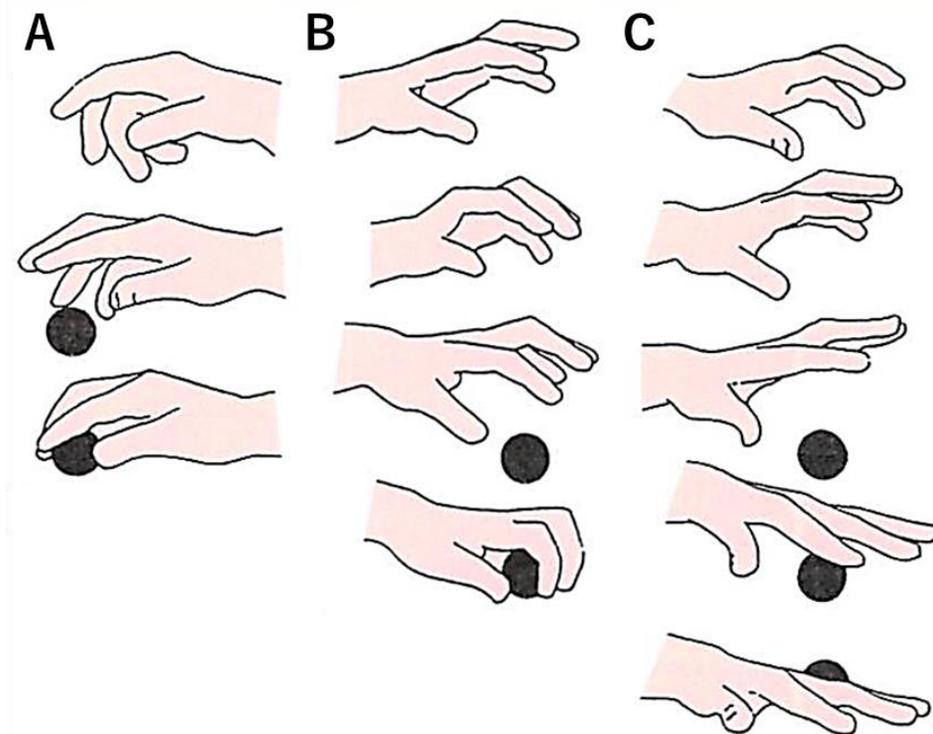
視覚性ワーキングメモリ

- ✓ 後頭葉からの視覚情報は、頭頂葉を經由して背外側前頭前野に投射され、視空間情報の一次保存に貢献する
- ✓ 頭頂葉に障害を受けた場合、視空間スケッチパッドを利用した動作遂行が障害される可能性がある



 location (where)
  object (what)

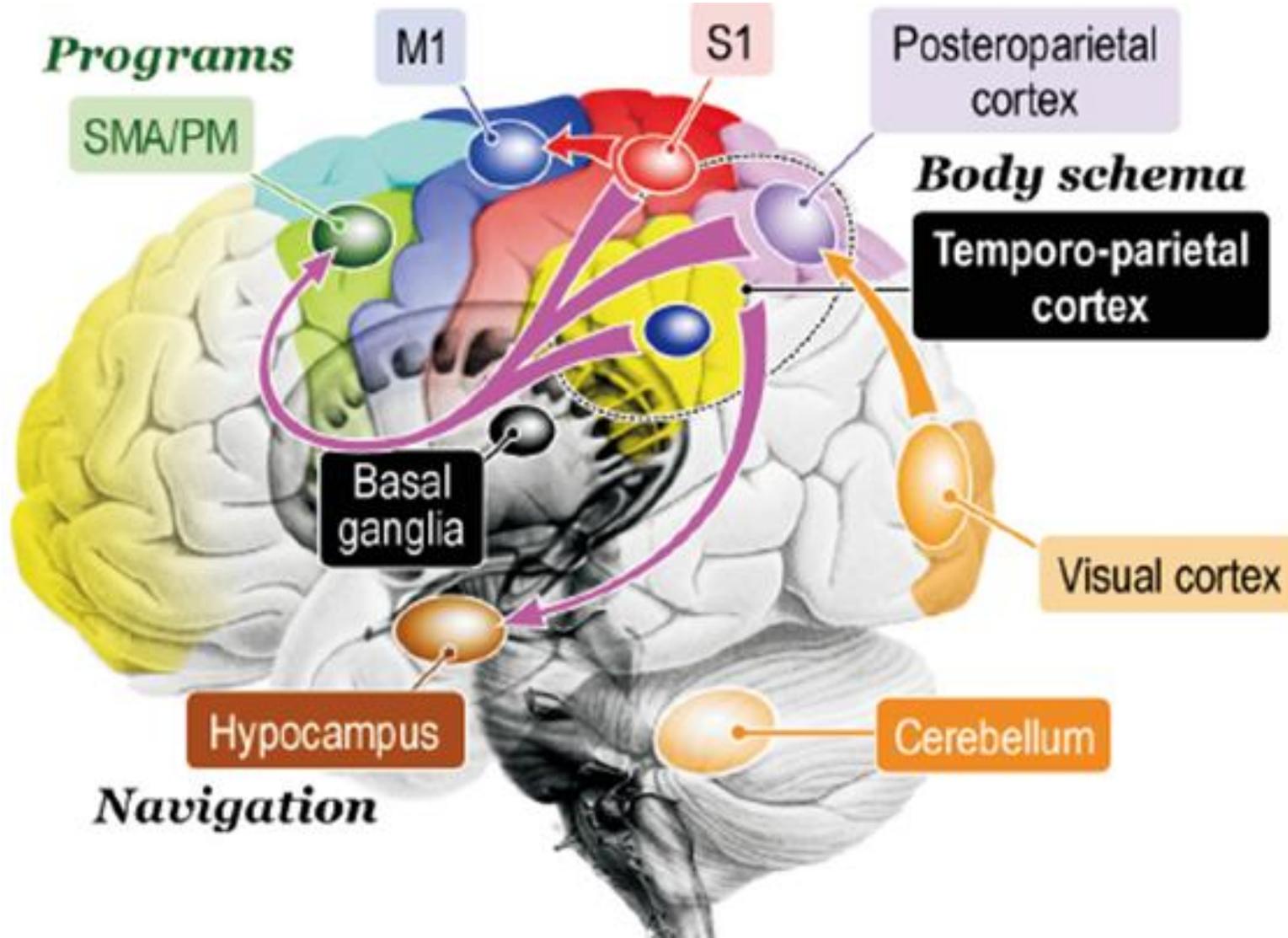
頭頂葉障害患者のGrasping



- A : 視覚Feedbackのある非麻痺側の手
- B : 視覚Feedbackのある麻痺側の手
- C : 視覚Feedbackのない麻痺側の手

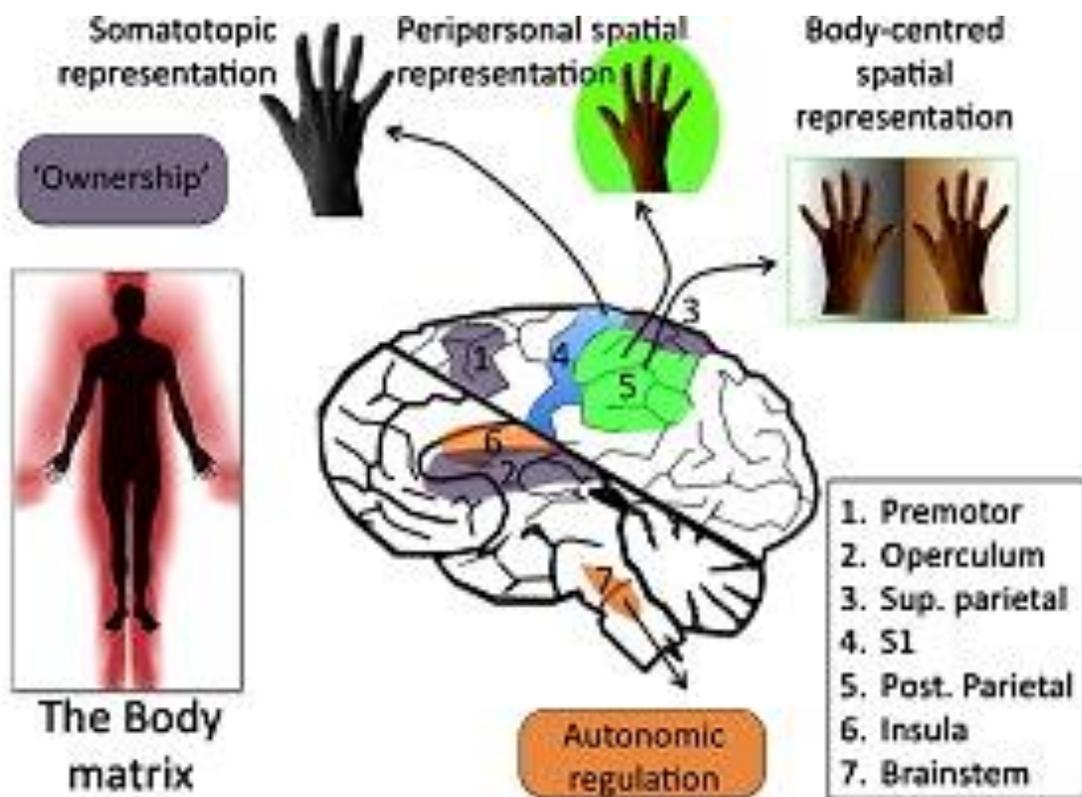
身体図式と運動の生成

- ✓ 運動プログラムは補足運動野/運動前野にて計画されるが、これらは頭頂葉の身体図式の情報を基に生成される。
- ✓ プログラミングされ実行された運動の情報は、再び頭頂葉に伝達(遠心性コピー)される。



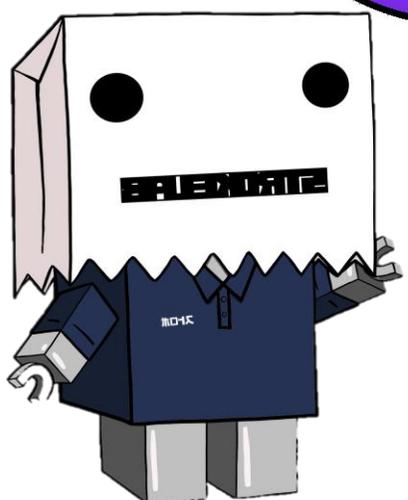
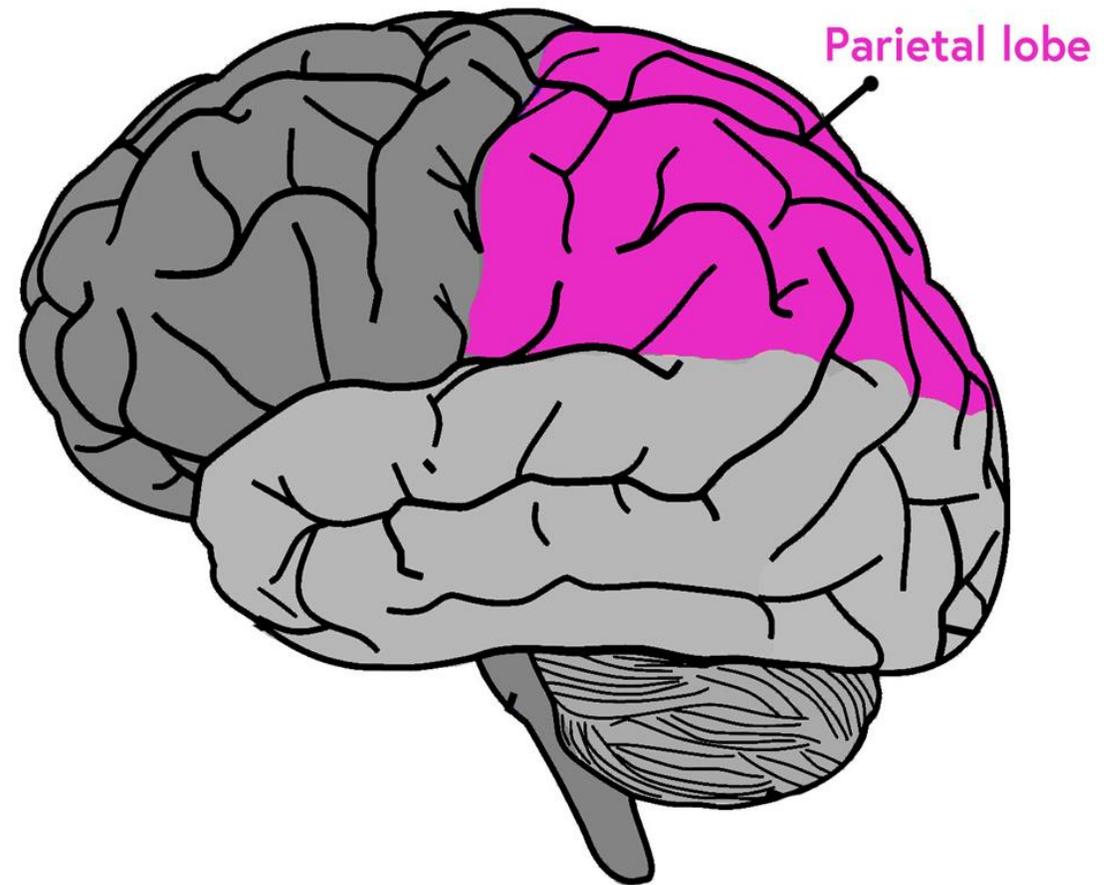
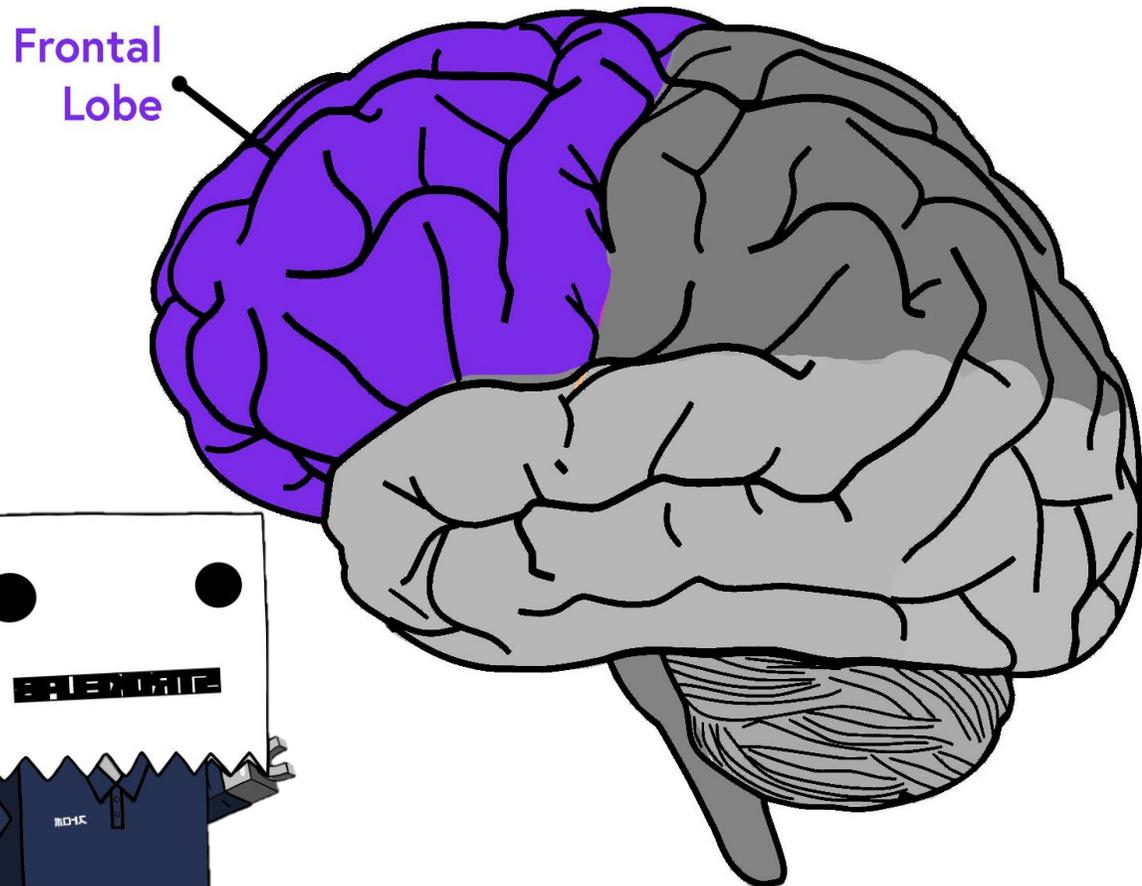
身体所有感

- ✓ 身体所有感とは「この体は私の体！」という自己身体に関する意識のことを指す
- ✓ 身体所有感の基盤は、**視覚や触覚などの異種感覚の統合**により起こることが示されており、IPLに存在する多種感覚に応答する**Bimodal/Multimodal Neuronの関与が重要**とされている



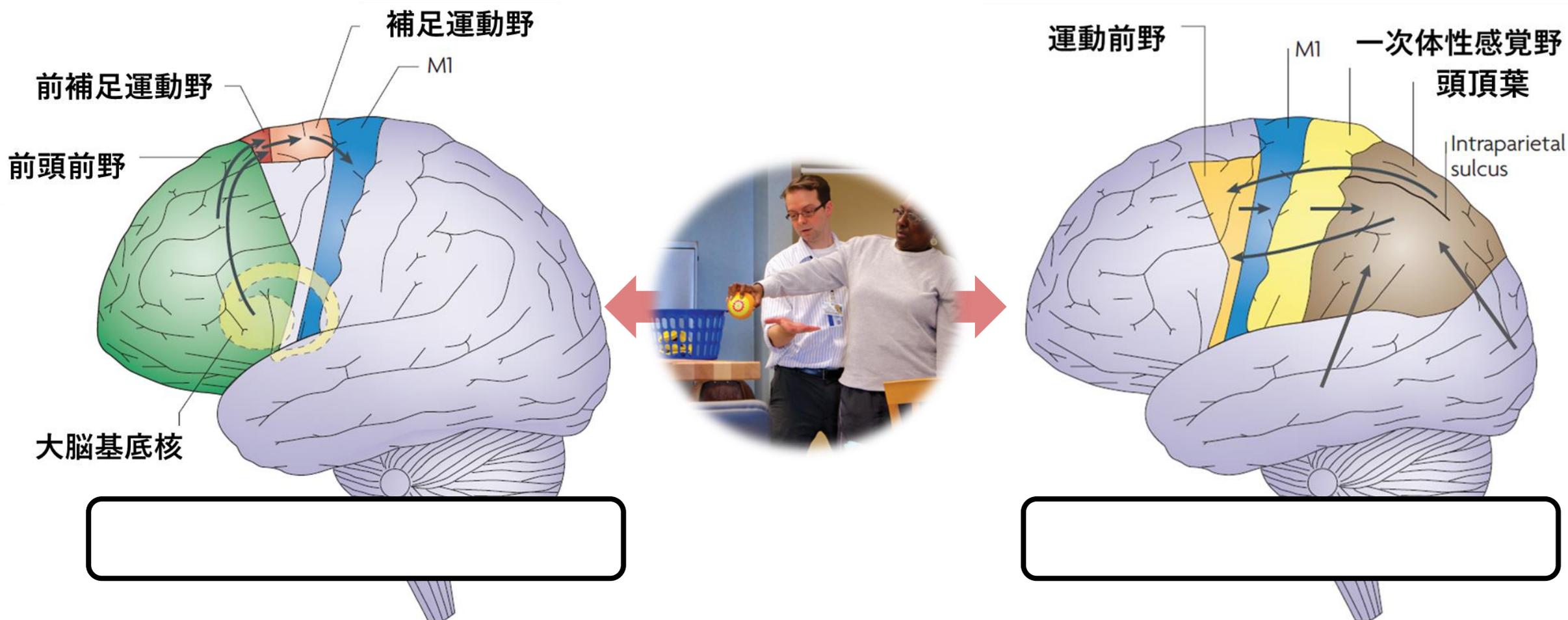
臨床的には？

✓ どう臨床的に捉えるのか？



一次運動野に至るまでのプロセスを考える

- ✓ 運動障害に対して介入する際、それはどこの障害から生じる運動障害なのか、果たしてそれは運動麻痺なのか等を考慮し、どこの領域を意識して介入するべきかを考える必要がある。



- 内的欲求から始まる前頭葉で計画された運動は、前補足運動野(Pre-SMA)⇒補足運動野⇒MIへと投射

- 諸感覚情報に基づく頭頂葉で計画される運動は、腹側運動前野(PMv)⇒MIへと投射