

「運動系」

1. 筋と運動制御

筋の種類

- 骨格筋：骨に付着，関節の屈伸に貢献（横紋筋）
- 心筋：心臓を形作る
- 内臓筋：内臓，血管，皮膚など（平滑筋）

筋の構造と機能（p. 82：図 8. 2）

フィラメント

アクチン（細い線維）とミオシン（太い線維）

筋の収縮（p. 83：図 8. 3）

運動神経の命令により，（ATP のエネルギーを使って）アクチンがミオシンに沿って滑走する

屈筋：収縮すれば関節が屈曲する

伸筋：収縮すれば関節が伸展する

拮抗筋：互いに拮抗的に働く筋

運動制御の流れ（p. 93：図 9. 2）

反射

脊髄・延髄が中枢としてはたらく

刺激に対して意識とは無関係に起こる反応

随意運動

大脳基底核：運動の意思を運動プログラムに変換

小脳：運動プログラムを作成，フィードフォワード制御（予測）

2. 反射

反射の特徴

- 生得的（学習によるものではない）
- 刺激によって起こる
- 一定の様式
- 予測可能
- 意識は直接関与しない
- 不随意的な応答
- 生存に必要な恒常性の維持

反射弓（反射経路）（p. 97：図 9. 6）

- 受容器：感覚刺激を神経インパルスに置き換える
- 求心性ニューロン：神経インパルスを反射中枢へ伝える
- 反射中枢：運動行動を起こす神経インパルスに変換する
- 遠心性ニューロン：反射中枢からの神経インパルスを効果器に伝える
- 効果器：神経インパルスに従って応答運動を起こす

反射中枢による分類

脊髓反射

伸張反射 (p. 98)

筋を引き伸ばしたとき、その筋を動かす運動ニューロンが興奮して筋を収縮させる

屈曲反射

四肢の皮膚への傷害性刺激により、その肢が屈曲して体幹に引き寄せられる

延髄・橋の関与する反射

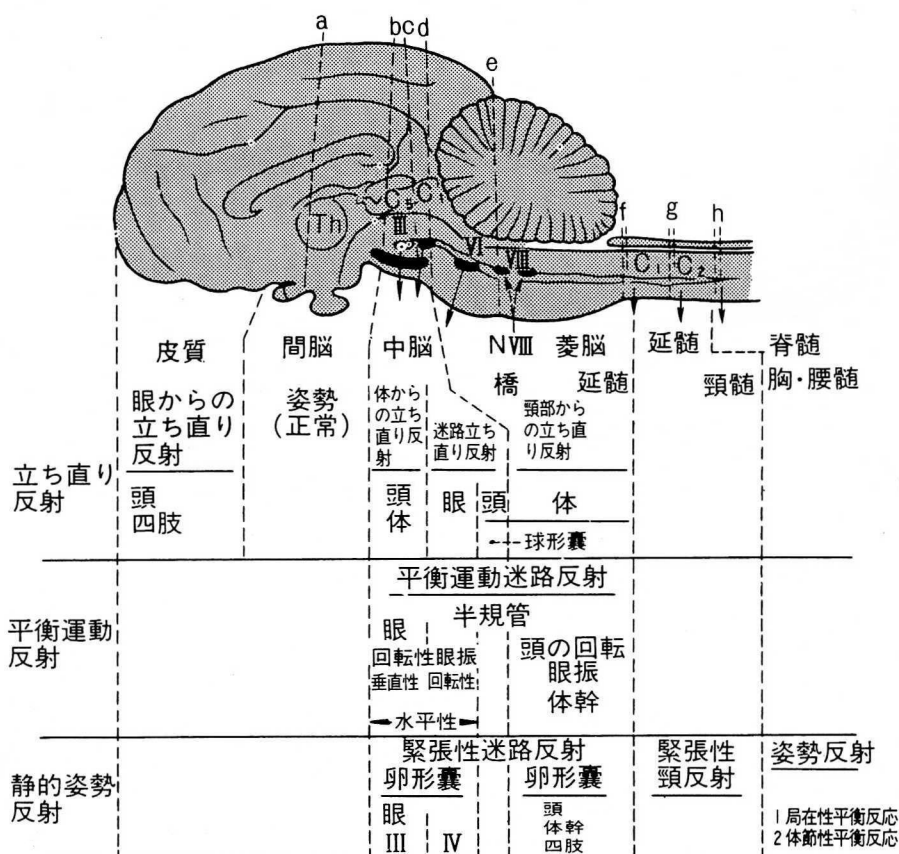
静的姿勢制御の反射

中脳と視床の関与する反射

立ち直り反射

大脳皮質の関与する反射

種々の感覚情報を統合し、複雑な反応をおこす



姿勢制御の反射と中枢神経レベルとの対応 (Monnier, 1970)

3. 随意運動

随意運動の特徴

意思による

精神的刺激への反応

それ自体に目的がある

自覚している

連続的でない (姿勢保持機構と比較して)

中枢神経機構 (p. 101)

大脳連合野

意図する運動が円滑に達せられるような運動パターンの選択

前運動野

多くの筋の協調的活動に関与

運動野 (運動皮質)

対側身体部位の筋収縮を起こす機能局在がある

基底核

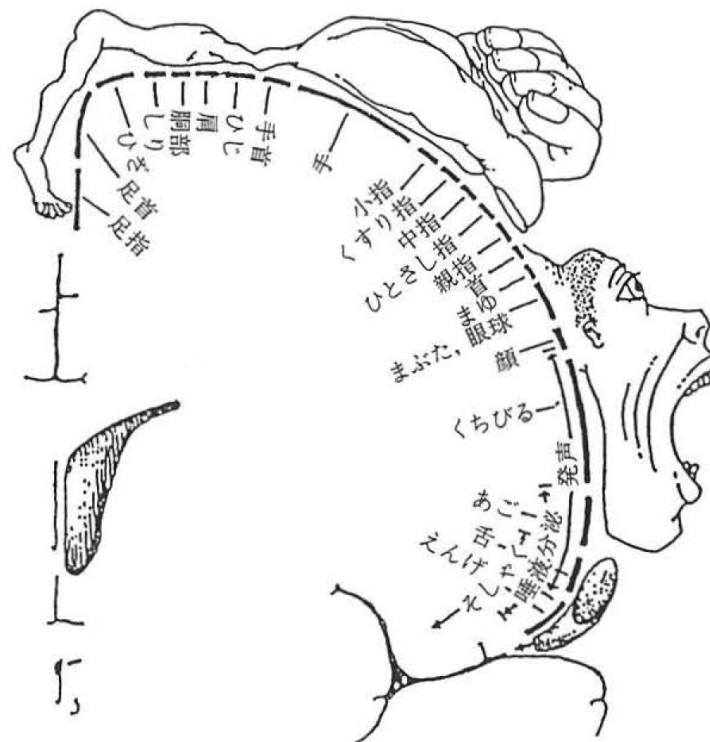
自動的運動, リズム運動, 四肢の共同運動などに関与

運動の意思を運動プログラムに変換

小脳

随意運動の誤差の調整機能→フィードバック制御

運動の計画・プログラミング→フィードフォワード制御



大脳1次運動野の体部位再現マップ。

4. 制御工学的なモデル

運動制御

フィードバック制御 (修正運動): 状態を常に調べて, 誤った方向に動いたときには修正する

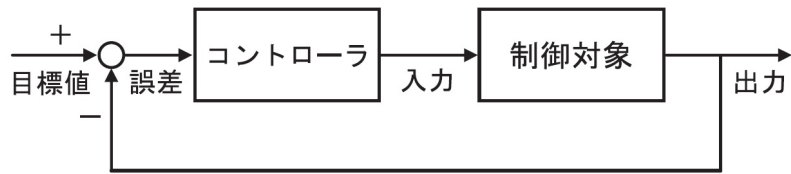
フィードフォワード制御 (弾道運動): 運動途中での修正を行わない

基本的には, フィードバック制御系

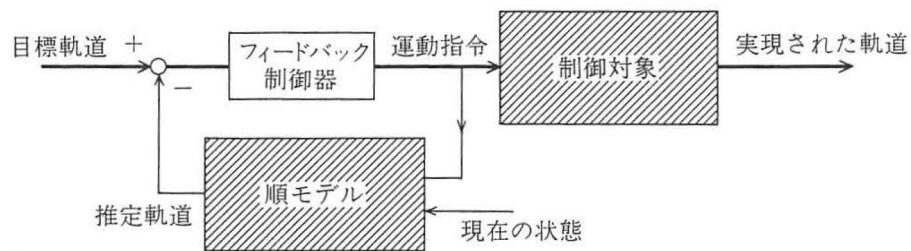
しかし, 時間的にフィードバックの働く余地がない, あるいは, フィードバックを待っている, 制御が間に合わない場合にはフィードフォワード制御が必要. システムの出力を観測することなく, あらかじめ諸条件を考慮して綿密なる計算のもとに制御を行う

運動学習

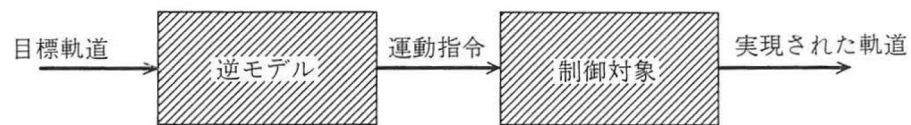
学習により, ぎこちない修正運動から, より正確な弾道運動に移行していく



フィードバック制御（上）と
フィードフォワード制御（下）

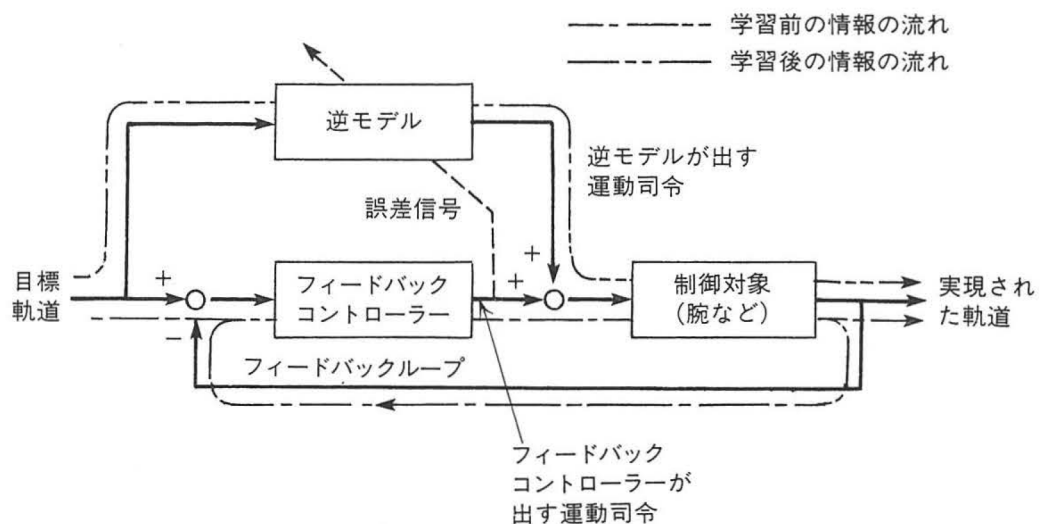


(a)



(b)

(a)順モデルによる内部フィードバック制御。(b)逆モデルによる前向き制御。



フィードバック誤差学習のダイアグラム

参考書

- 中村 隆一 編：リハビリテーション医学講座・第4巻・神経生理学・臨床神経学（医歯薬出版）
 宇都宮 敏男 編：生体の制御情報システム（朝倉書店）
 川人 光男 他：岩波講座・認知科学4・運動（岩波書店）