

## 岩波新書で「脳科学」を読む

龍谷大学 理工学部 教授  
小堀 聡

### テキストについて：

脳科学の教科書 神経編（岩波ジュニア新書）理化学研究所脳科学総合研究センター（編）  
税抜定価：980 円  
理化学研究所脳科学総合研究センターのサイト：  
<http://www.brain.riken.jp/jp/aware/index.html>

### 勉強会の進め方：

この本はジュニア（高校生）向けの入門書とはいうものの、内容的に高度なものも含まれるので、少しずつ読み進め、分からないところは、皆さんから質問していただき、勉強会に集まった人たちに講義形式で補うようにしたい。今年度の第 1 学期（全 4 回）では、前年度の第 2 学期に引き続いて、第 4 章と第 5 章の内容について学習する予定である。

Web サイト <http://milan.elec.ryukoku.ac.jp> ※担当科目の講義ノートなどもあり  
<http://milan.elec.ryukoku.ac.jp/~kobori/resume.html>

↑こちらに勉強会用のページを公開しています

電子メール [kobori@rins.ryukoku.ac.jp](mailto:kobori@rins.ryukoku.ac.jp) ←質問など、どんどん送ってください

### 第 1 学期の日程 第 4 章と第 5 章

| 月   | 日    | 曜日 | 時間          |
|-----|------|----|-------------|
| 4 月 | 21 日 | 木  | 10:00～11:30 |
| 5 月 | 19 日 | 木  | 10:00～11:30 |
| 6 月 | 16 日 | 木  | 10:00～11:30 |
| 7 月 | 14 日 | 木  | 10:00～11:30 |

### テキストについての覚書：

#### 第 4 章 運動のしくみ（入来篤史）

##### 2 運動のコントロール（続き）

##### 一次運動野のはたらき

計画のレベル：運動ニューロンをいつどのような組み合わせで活動させるのかを制御。

体中の筋肉とその動きを一望できるしくみ。

大脳皮質からの運動の指令は一次運動野から脊髄などへ伝わる。

錐体路細胞：軸索を脊髄まで伸ばし、その一部は運動ニューロンと直接シナプス結合。

体部位再現：大脳皮質上に体のおおまかな地図が描かれている。

体の反対側の半身の筋肉が再現されている。

### 刺激する・破壊の影響を見る

一次運動野のニューロンのはたらきを調べる方法：

- 1) 刺激＝その部分のニューロンを刺激する。微小電極を用いる。→機能局在論
- 2) 破壊＝その部分の働きが失われたときの変化を調べる。脳出血や脳梗塞。→単麻痺や片麻痺
- 3) 記録＝ニューロンの活動（インパルス）を記録し、体の動きとの関係を調べる。

### 活動電位を記録する

複雑で器用な運動ができるサルなどを用いる。

錐体路細胞の活動を調べた結果、活動電位は筋肉の活動よりも0.5秒くらい早く始まること、インパルスの頻度は発生する力の大きさに比例することが分かった。

つまり、末梢の筋肉の力の大きさが制御されている。

運動野の錐体路細胞の活動パターンが運動の具体的な計画を反映している。

### 構想のレベル

何のために、どのような運動をしようとするか。

脳の構造が複雑なネットワークを作っている。→一筋縄ではいかない。

脳の部位が損傷されたときの症状から各部位の機能を説明する。

### 小脳の障害と大脳基底核の障害

小脳：運動の時空間的な調節を司っている。

外側部：大脳皮質の連合野と一次運動野の間に入って、運動の計画の調節をする。

中間部：一次運動野と脊髄の間に入って、運動の遂行の調節をする。

大脳基底核：複数の神経細胞の集団の総称。損傷されると不随意運動が起こる。

黒質の障害→パーキンソン病

線条体の障害→ハンチントン舞蹈病

視床下核の障害→バリスム

### 大脳皮質連合野の障害

連合野：末梢との直接の結合が弱く、大脳皮質内部で複雑な神経ネットワークを形成。

人間では非常に発達している。

運動前野：複雑に順序だった運動を組み立てることに関係している。

欲求や情動とも関係しているとされる。

## 3 運動の適応と学習

### 運動の調節と学習・記憶

可塑性：シナプスの伝達効率を変えることで筋肉が収縮する強さを最適な状態にする。

脳神経系は可塑性のメカニズムを用いて新しい運動を学習することができる。

反射の調節と新しい技術の修得を行っている。

### 反射のゲインとは

前庭反射：前庭受容器で感知した傾きにに応じて、どれだけ筋肉を収縮させたら姿勢を正せるか。

反射のゲイン：感覚受容器で検出した変化量と運動効果器の出力量の比。

筋肉の強さ、身長、体重、体型などの自分の体の特徴に合わせて反射のゲインを決める必要がある。

### 小脳による反射のコントロール

前庭反射の場合、小脳の内側部に反射のゲインの調整する機構がある。

反射の回路自体は脊髄にあり、小脳はそのゲインを制御。反射弓にゲイン調整の回路がある。

小脳は脊髄反射の働きを制御し、運動が素早くスムーズに実現できるように、運動ニューロンの興奮性や活動のタイミングを調整している。

## 技術の学習と運動の記憶

新しい種類の運動を行うときの調節に関わる様々な反射の動作の様式を、最適な状態に設定する。  
練習を何回も繰り返して「体で覚える」。

小脳のシナプスの結合の変化の蓄積が運動の記憶となる。

計画のレベルでも調整される。→「生卵をつかむ」という例。

小脳の外側部で、大脳皮質（連合野・運動野）との間でループ回路を形成。

連合野から送られた運動のアイデアが、ループ回路で調整され、運動野で具体的な運動指令となる。

内部モデル：変化したシナプス結合の強さの分布パターンで運動のモデルが作られる。

脳はこのモデルを参照して、具体的な運動プログラムを作る。

練習の繰り返しによって少しずつ効率のよいものに改良される。

運動学習は最適な内部モデルを作ることで進んでいくと考えられている。

## 構想レベルでの運動学習

行為の目的を達成するために、運動をイメージし、運動関連領域の活動に結びつくような形式の情報に変換する。「欲求を満たすためには何を行えばよいか」

学習の目標や方法は千差万別。→シナプスのレベルまでは完全に理解できていない。

fMRI など運動学習の際の脳活動を調べることが可能。

ある運動を学習しているときに脳のどの部分が活動しているかが分かる。

「時系列に従った指運動の学習」の例。

初期段階：運動を監視分析する体性感覚情報や言語的知識による情報に頼りながら、運動イメージを具体的な運動プログラムに変換する。

学習が進行すると：これらの情報は不要になり、自動的に運動できるようになる。

運動している様子を心の中で想像しただけでも運動遂行に関連する領域の活動が変化する。

→イメージトレーニングの有効性。

多様な運動の学習には、さらに多くの部位の脳活動が関わっていると考えられるが、具体的なメカニズムの解明はこれからの課題である。