

運動調節とその障害・代償の神経機構に関する研究

A study of neural mechanisms of motor control, its disorder and compensation

代表研究者 東京大学医学部教授 本郷利憲
Prof., Faculty of Medicine, Univ. of Tokyo,
Toshinori HONGO

協同研究者 東京大学医学部助教授 佐々木成人
Assoc. Prof., Faculty of Medicine, Univ. of Tokyo,
Shigeto SASAKI

Visually guided movements consist of a series of processes, *i.e.* orienting of the head (head orienting) and eyes to objects in the visual field, selection of an object of interest among them (visual discrimination) and actions on it with forelimbs (forelimb movements). We studied pathways involved in the above movements and processes, their functions, and compensatory processes after their lesions of the pathways in cats.

Head orienting Pathway analyses in anesthetized cats revealed that dorsal neck motoneurons receive di- and poly-synaptic excitation from the superior colliculus (SC). The effects were mediated chiefly by two pathways, one via reticulospinal neurones (RSNs) in the nucleus reticularis pontis caudalis (NRPC) and nucleus reticularis gigantocellularis (NRG) and the other via neurones of Forel's field H (FFH). Each of FFH neurones and RSNs innervated preferentially either head elevator or lateral head flexor motoneurons.

The roles of relay nuclei were assessed from deficits following lesions of the above pathways in trained cats to perform orienting; *i.e.*, cats fixated a center LED on a perimeter and then oriented to a peripheral LED when it was turned on and the center LED turned off simultaneously. Bilateral lesions of FFH by kainic acid injection produced deficits in the vertical orienting but not in the horizontal orienting, whereas a lesion of the NRPC and NRG impaired primarily horizontal orienting. A lesion of the SC caused deficits in both vertical and horizontal orienting.

FFH neurones and NRPC-RSNs fired preferentially in the vertical and horizontal head orienting, respectively. It is concluded that the SC control head movements of all directions by using orthogonal coordinate system, vertical and horizontal.

Visual discrimination The SC, FFH and NRPC and NRG received projections from the cerebral cortex, chiefly from the frontal eye field (FEF). The role of FEF in orienting and visual discrimination was assessed by analyzing deficits following its ablation. In the visual discrimination task, cats were required to stand watching a horizontal window of the front wall through which two plastic models of orange and grape were presented, and to direct the head to and keep fixating the correct object (orange) after discrimination. Following unilateral ablation of FEF, latencies of orienting directing contralateral to the lesion were transiently increased, but otherwise orienting was normal. However, cats could not discriminate objects in the visual field of the lesioned brain, but became able to do so by using the brain of the intact side (compensation). This suggests that the FEF acts as the cortical output after discrimination and sends commands to the SC for execution of orienting.

The geniculate (lateral geniculate body-areas 17-19) and extrageniculate (SC-suprasylvian visual areas) systems constitute two major visual pathways. We analyzed roles of the two pathways in the above visual discrimination. Following ablation of bilateral areas 17-18; cats could perform orienting normally, and could discriminate and direct to the orange from the first postoperative day, although they often overshoot the target. Posterior lateral suprasylvian area (PLLS) among suprasylvian visual areas was found essential in visual discrimination. Following ablation of the left PLLS, cats could orient to the LED in the left visual field (of intact brain)

but fail to direct to the right side (visual neglect) for 1-2 postoperative days. After the recovery from visual neglect, cats could not discriminate objects in the right visual field of lesioned (left) brain. The cats compensated the deficit by using the intact side of the brain, *i.e.* they first directed the head to the object in the left visual field (of the intact right brain) for discrimination and correctly stayed or redirected to the correct target. The results indicate that SC-PLLS-FEF pathways play an essential role in visual discrimination.

Forelimb movements Analyses of interneurone pathways to cat forelimb motoneurons revealed the following results. 1) Segmental distribution of premotor neurones: Motoneurons of biceps and triceps brachii and ulnar hand muscles all received inputs from premotor neurones located in each of C4-T1 segments. The rostrocaudal distribution of excitatory and inhibitory premotor neurones varied with the motoneurone species (muscles) to which they projected. Premotor neurones in the rostral cervical segments received inputs monosynaptically and those in the caudal cervical segments mono- and disynaptically from both afferent and descending fibers. 2) Input patterns of C6-C8 premotor neurones: Analyses of spatially facilitated PSPs in motoneurons showed that C6-C8 premotor neurones mediating skin reflex effects to T1 motoneurons received mono- and disynaptic excitation from pyramidal and rubrospinal tract fibers, and that premotor neurones mediating disynaptic pyramidal and rubrospinal effects received mono- and disynaptic excitation from cutaneous afferents. Input patterns were investigated of C6-C8 premotor and candidate premotor neurones projecting to T1 motor nucleus by directly recording from these neurones. Thus revealed patterns of input convergence and their axonal conduction time well explained the spatially facilitated PSPs of motoneurons. The above results and further studies of premotor neurones showed the presence of multiple premotor pathways which may be used in different aspects of motor functions.

To disclose neural mechanisms of motor control, cats were trained to reach and take a piece of food from within a tube (35 mm diameter) with one forelimb, while supporting the body with the other forelimb. Trajectories and other properties of reaching and food taking movements were analyzed with a position sensor system and video cameras, and responses of the foot of the supporting limb to perturbation given to the foot plate were investigated with a pressure sensor system. These forelimb movements were first characterized in normal cats, and then effects of deafferentation of the foot skin were studied. After deafferentation, all these movements became disordered. Thus, finger flexion and hand supination which normally occurred synchronously with contact to the food, became absent or delayed, and cats became unable to take food. Reaching showed a slight dysmetria initially which, however, became more marked when the foot hit the tube or the wall nearby. When supporting the body, active phasic responses of digits to perturbation became decreased. It is suggested from these results that skin sensory signals from the foot play important roles in the control of forelimb movements, acting not only as exteroceptive but also as proprioceptive signals.

To elucidate the role of the cerebellum in forelimb movements, reaching and food-taking movements were compared before and after lesion of the interpositus and dentate nuclei with kainic acid. After lesion of the two nuclei, the paw did not reach the tube directly but hit the wall below (3 cats) or above (1 cat) the tube, moved along the wall and entered the tube (dysmetria). Trajectories and velocity profiles of the shoulder, elbow and wrist indicated that the reaching movements usually consisted of two or more discontinuous phases, which may characterize "decomposition". In the tube the paw overshot the food and raked it out without grasping. Dysmetria and discontinuous trajectories improved gradually over months. The compensation was achieved mainly by movements of the body. The integral of the jerk normalized by the distance and duration of reaching (jerk index) was found useful to quantify the degree of decomposition. Localized injection of muscimol into the interpositus nucleus also affected reaching and food taking movements.

研究目的

外界の視覚情報を手がかりとして対象に働きかける Visually guided movement は、我々の日常の行動で最も頻繁に生起する基本的な運動である。この運動の典型は、a) 生体が外界の対象物を目で捕らえてそれに指向し（指向運動）、b) それは何であるかを識別、判断し、c) 生体と対象との位置関係を計算してそれに的確に手足を到達させ（目標到達運動）、d) その上で対象物に手で操作を加える（操作運動）、という一連の過程から成る。我々は今までこれらの過程に関係すると考えられるいくつかの神経回路の解析を行ってきた。本研究では、第一に Visually guided movement のそれぞれの運動を司る神経回路全体を神経生理学的、神経解剖学的手法により明らかにする、第二に行動実験により同定した各神経回路の活動と運動との対応関係を調べてその機能を明らかにする、第三に Visually guided movement の各過程を司る神経回路に実験的に障害を加えたとき、行動面でいかなる機能が脱落し、いかなる機能が残るか、またどのような機能代償がいかなる神経機序によってなされるかを各過程について明らかにする、以上を目的とする。障害時の機能異常と代償に関する本研究の成果は、老化を含む脳障害時の運動、感覚、代償機能の解明に寄与するものと期待される。

研究経過

我々は Visually guided movement の中枢過程を視覚識別と頸および前肢運動の実行の過程に分けて、これらに関する経路を解析し、さらにそれら各経路の機能と破壊後代償過程を調べた。研究は以下の項目について行った。研究の年度はカッコ内に示す。

- 1) 頸運動の中枢機構
 - a) 指向運動の神経回路の解析（主に第1年度）
 - b) 破壊実験による機能の解析（主に第2年度）
 - c) 運動時の神経活動の解析（主に第3年度）
- 2) 視覚識別過程の解析
 - a) 経路の解析（主に第2年度）

- b) 経路の機能の解析（主に第2,3年度）
- 3) 前肢運動の中枢機構
 - a) 経路の解析（主に第1,2年度）
 - b) 行動実験による機能の解析（主に第3年度）

当初予定したヒトの実験は協同研究者の移動により行えなかった。

研究成果

1. 頸運動の中枢機構

a) 指向運動の神経回路の解析

指向運動の中枢である上丘から頸筋運動ニューロンまでの経路を調べた。頸筋運動ニューロンは上丘から興奮性入力を受ける。この興奮入力的大部分は二つの経路により仲介されることが明らかになった。一つは上丘から橋・延髄網様体、nucleus reticularis pontis caudalis (NRPC), nucleus reticularis gigantocellularis (NRG) の網様体脊髄路細胞 (RSN) を介して頸筋運動ニューロンにいたる経路、他は上丘から Forel 野ニューロンを介して直接および延髄網様体、NRG の RSN を経て頸筋運動ニューロンに至る経路である。

b) 破壊実験による機能の解析

これら中継核の機能を知るために、水平に7個、垂直に4個のLEDが配列されているペリメーターの前に立たせ、中央のLEDが点灯するとこれを正視するように、ネコを訓練した。1~4秒後にこのLEDが消え、周辺部のLEDが点灯する。ネコがこれに正確に頭を向け、正視すると、LEDの下に開けた小さな穴から報酬として小さな肉片が与えられる。頭の位置は、頭蓋の2点に取り付けた赤外線発光ダイオードの位置を検出する position sensor system を用いて計測した。

このように訓練したネコの橋・延髄網様体にカイニン酸を一側性に微量注入し、注入側網様体のニューロンの細胞体のみを破壊した。ほとんどの場合ネコは破壊と反対側には正常に頭、眼球を向けることができたが、破壊と同側には全く頭を動かすことができなくなった。この障害は水平方向の運動のみで、垂直方向の頭の運動は正常であった。Forel 野を両側性にカイニン酸で破壊すると、垂直方向の指向運動は完全に障害されるが、水平

方向の運動は障害されなかった。以上の結果から、頸の運動は複雑な多関節運動であるが、大きく垂直運動と水平運動の二成分に分かれ、前者は Forel 野、後者は橋・延髄網様体により制御されていることが分かった。

上丘の一侧を破壊すると破壊と対側に向かう指向運動が完全に障害され、上丘が頸の指向運動の中枢であることを実験的に確かめた。

c) 運動時の神経活動の解析

指向運動中に、NRPC の RSN および Forel 野のニューロンから単一神経活動を記録して指向運動における各中継核の役割を調べた。NRPC のニューロンは指向運動に 20-120 ms 先行して高頻度発射を開始した。発射の頻度は同側の水平方向に向かう運動の際に最も高く、斜め上、斜め下方向では若干低く、上・下方向や対側に向かう運動では、ほとんど発射しなかった。発射時のスパイク数は水平方向への頸の角運動速度と正の相関を示した。また記録位置を微小電流で連発刺激すると、刺激と同側に向かう水平性の頸の運動が誘発された。これらの結果は NRPC が頸の水平性の運動を制御することを裏付けている。これに対して、FFH ではこれまでに指向運動に先行して高頻度発射する 2 種類のニューロンが記録された。一つは真上ないし斜め上方向、他は真下ないし斜め下方向への運動の際に最も強く発射した。発射時のスパイク数は垂直方向の運動の角速度と正の相関を示した。FFH を一側性に微小電流で連発刺激すると、同側の斜め上に向かう頸の運動が誘発され、両側を同時刺激すると真上に向かう運動が誘発された。これらの結果は両側の FFH の活動が組み合わせられて頸の運動の垂直成分が作られることを示唆した。

2. 視覚識別過程の解析

a) 経路の解析

1) 大脳出力路:

HRP を NRPC, NRG に注入すると、大脳皮質の前頭眼野、運動野の体幹と頸領域、ectosylvian sulcus の領域の細胞が逆行性に標識された。前頭眼野からの経路は主に橋網様体 (NRPC) の、運動野の体幹—頸領域からの経路は延髄網様体

(NRG) の網様体脊髄路細胞 (RSN) を介することが分かった。また上丘に HRP を注入すると大脳皮質の前頭眼野、運動野の体幹—頸領域、ectosylvian sulcus の領域の細胞が逆行性に標識された。このことから大脳から頭を動かす指令はこれらの部位から上丘、脳幹網様体に出力されることが示唆された。

2) 視覚入力経路:

これについてはすでに外側膝状体 (LGB) を介して 17~19 野および suprasylvian sulcus の内側溝 (AMLS, PMLS) に投射する膝状体系と、LGB を介さないで suprasylvian sulcus の外側溝 (ALLS, PLLS 等) に投射する非膝状体系の二つに大別されることが分かっている。この二つの系が、視野に現れた LED に単純に指向する運動 (単純指向運動) と視野に現れた二つの物体を識別し、そのどちらかを選択して指向する運動 (識別指向運動) のそれぞれにどのように関与するかを調べた。

b) 経路の機能の解析

これらの経路の機能を調べるために、以下のような視覚識別課題を開発して調べた。

ネコの前方のパネル上に 2 つの識別物 (プラスチック製のオレンジとブドウ) を同時に提示し、ネコに両者を識別しオレンジを選択して正視させる運動課題を課し、テストした。識別運動は大きく 6 つの型に分けられた。オレンジ (これを選択させる) とブドウが視野に現れるとネコは最初どちらかに向く。右にオレンジが出た場合、最初に右に向いてオレンジを識別し、そのまま見続ける (Type R)、左のブドウを見たのち向きを変えて右オレンジを見る (Type 1R)、最初に右オレンジ次に左ブドウを見て、最後に右オレンジを見る (Type r1R)、の 3 タイプに分けられた。左にオレンジがでた場合はこれと鏡像関係の Type L, rL, lrL の 3 タイプであった。

1) 前頭眼野の破壊の効果と機能:

一側の前頭眼野を吸引除去すると、障害側の視野にある物体識別ができなくなった。このためネコは、非障害側の脳の視野に対象物を入れて識別した後、正しい方向に頭を向ける、という運動方

式にプログラムを変えて障害を補償した。一方単純指向運動は破壊と反対に向かう場合の潜時がやや延長したが、運動軌跡は正常であった。潜時の延長も約1週間で回復した。これらの結果から前頭眼野は単純な指向運動より視覚識別に関与し、識別結果を脳幹へ送る大脳の最終出力路であることが示唆された。

2) 膝状体系 17~18 野破壊の効果:

破壊後、ネコは頭を左右に迅速に向けることができ、潜時も変わらなかった。このことより17~18野は単純指向運動に関与しないことが明らかになった。識別指向運動では失敗率は破壊前後でほとんど変わらず、識別は可能であった。しかし詳しく運動軌跡を解析すると変化が見られた。まず、一回で識別する Type L, R の割合が減少し、Type lR, rR の割合が増加した。また一回で識別した Type R の軌跡を見ると、対象を行き過ぎて (overshoot) 再び戻っていた。これは対象を良く見るための補償行動と考えた。Type rL の場合も少し overshoot の傾向が見られ、判断して対側のオレンジに向かうまでの時間がやや延長したが、何れにしても17~18野がなくても識別は可能であった。

3) 非膝状体系 PLLS 破壊の効果:

予備実験で非膝状体系皮質のいろいろの部位に局所麻酔剤を注入して調べた結果、PLLSが視覚識別に強く関係することが分かった。左 PLLS 破壊後1日では、破壊と対側に向かう単純指向運動はほとんど出来なくなった (visual neglect) が、破壊と同側への運動は障害されなかった。この visual neglect は破壊後4日でほぼ完全に回復した。

識別指向運動は破壊前では大部分の試行で Type L または R、即ち頭を1回振るのみで識別したが、破壊後1日では大部分の試行で左のみを向き、右を無視した。これは単純な無視ではなく、左がブドウであってもそれを識別できず注視し続けた。この障害は4日以内に成功率100%までに回復した。しかし破壊前と違い、右オレンジに対して一度左を見てから、頭を右に向ける type 1R に変化した。これは対象を正常脳の視野に入

れて識別するように strategy を変えて障害を補償しているものと考えた。

以上から、我々が用いた識別の課題では17~18野はあまり働いておらず、主に非膝状体系の PLLS が重要な役割を果たしていることが分かった。

視覚識別の経路について、我々の結果とすでに明らかにされている結果を総合してまとめると、上丘を経由して PLLS に到達した視覚情報は、PLLS から前頭眼野に至る経路の間で識別され、正しい対象に指向させる運動指令として、前頭眼野から主に上丘に出力されると考えられる。

3. 前肢の運動の中核機構

a) 経路の解析

1) 脊髄下行路作用を中継する脊髄ニューロン経路:

新たに開発した後索切断・髄節分離法により、皮質脊髄路および赤核脊髄路の効果を前肢運動ニューロンに伝える脊髄 premotor ニューロンの髄節分布を麻酔ネコで検索し、それらは調べた C4-T1 のすべての髄節に存在することを明らかにした。下行路線維はこのうち吻側髄節の premotor ニューロンに対しては単シナプス性、尾側髄節の premotor ニューロンに対しては、単、二および多シナプス性に結合していた。これら介在ニューロン群が前肢の多数の筋をどのように支配するのか、伸屈筋間および近遠位筋間の premotor ニューロン機構の異同に注目して更に詳細に調べた。

C4-T1 各髄節後索刺激で運動ニューロンに誘発されるシナプス電位を解析して、上腕二頭筋 (屈筋)、上腕三頭筋 (伸筋)、指筋運動ニューロンへの premotor ニューロン経路を解析した。その結果、①上記三種の運動ニューロンはいずれも C4-T1 のどの髄節からも premotor ニューロンの投射を受けること、②上記運動核に投射する興奮性 premotor ニューロンと抑制性 premotor ニューロンはそれぞれの運動核に特有の髄節分布パターンを示すこと、③遠位筋 (尺骨神経支配筋) 運動ニューロンと近位筋 (上腕二頭筋、上腕三頭筋) 運動ニューロンを比べると、後者の方が興奮

および抑制 premotor ニューロンの髄節局在様式が複雑であることが明らかにされた。

2) 皮膚反射経路の解析:

指の運動ニューロンはC8-T2に存在し、これに強い反射作用を及ぼす pad の皮膚求心性線維はC6-C8の後根から脊髄に入る。T1の指の運動核にHRPを局所投与して逆行性に標識されるニューロンは主にC3-C8に分布した。これらのことは、皮膚反射を中継する介在ニューロンは運動核より吻側に存在し、その軸索が下行して運動ニューロンに至ることを示す。側索の単一線維から軸索内記録を行い、皮膚刺激に短潜時で応じる線維をHRPで細胞内染色して、その側枝が運動核に終止することを実際に確かめた。以上から、皮膚反射経路の premotor ニューロンは側索を下行して運動ニューロンに結合すると結論された。

次にC6-C8のV-VII層で皮膚刺激により短潜時で興奮する介在ニューロンの細胞外記録を行い、premotor ニューロンの同定を試みた。まずその軸索投射を逆行性興奮の閾値の mapping により調べ、運動核に投射する介在ニューロンがRexed V-VII層に存在することを明らかにした。次に介在ニューロンが実際に運動ニューロンと機能結合することを spike triggered averaging 法により調べた。その結果、20個の介在ニューロンでそれらが運動ニューロンに単シナプス性にESPSまたはIPSPを誘発することを確認し、それらが皮膚反射経路の最終の介在ニューロンであることを証明した。そのうち9個は興奮性、11個は抑制性 premotor ニューロンであった。そのほとんどはRexed V-VI層に存在した。

3) 頸膨大部 (C6-C8) premotor ニューロンの機能構成:

前肢支配 premotor ニューロンの大多数はC6-C8に在ることがわかったので、その premotor ニューロン候補多数から直接記録し、脳からの下行路および一次求心性線維の入力の収束パターンを解析した。その結果、下行路および末梢感覚入力信号を運動ニューロンに伝える premotor ニューロン経路は多数存在することが明らかにされ、運動の性質に応じてそれらが多様な組合せで

駆動されることが示唆された。

b) 行動実験による機能の解析

ネコを、前肢を伸ばして筒に手を差し入れ (reaching), 餌を掴み取って口に運び (food taking), 食べるように訓練した。

1) 運動時の足底圧力分布の解析:

target reaching, food taking の運動中に対側支持足でどのように体重を支持するかを調べるため、高感度感圧導電ゴムの触覚画像システムにより、前肢足底の圧力分布の経時変化を空間分解能 1 mm, 時間分解能 17 ms で解析するシステムを開発した。この圧センサーを付けたステージにネコを立たせ、パルスモーターでステージの動きを定量的にコントロールし、定量的な動揺を加えたときの手掌面の圧力分布応答を定量解析した。ステージ静止時には荷重はほとんど中手パッド (metacarpal pad, MP) で支えられており、MP が支える荷重と他の4個の指パッド (digital pad, DP) が支える荷重との比 (DP/MP) は 0.2 であった。ステージの傾きを急速に 10-20 度 (100-200 度/秒) 変化させると、指で支える荷重が増加し、DP/MP は 0.5-1.5 になった。皮膚神経を切断すると、静止時の DP/MP は約 1 に増加し、傾きの変化に対する調節応答 (DP/MP の変化) は減少した。これらの結果から皮膚入力足底圧力分布の調節に重要な役割を果たすことが明らかになった。

2) 皮膚神経切断の効果の解析:

ネコが前肢を伸ばして筒に手を差し入れ (reaching), 餌を掴み取り口に運ぶ (food taking) 運動に皮膚感覚入力果たす役割を探るため、皮膚神経を切断して切断前後の前肢の運動を比較解析した。手掌と手背の皮膚を除神経すると、food taking が障害され、餌を掴みとれなくなった。餌との接触に同期した指の屈曲、内転と手の回内が起こらず、これらの運動のトリガーとして皮膚入力重要と考えられた。reaching にも異常が生じた。reaching の運動軌跡を赤外線 LED を用いた position sensor system を用いて詳しい定量解析を行った。除神経の翌日、最初は指の関節の伸展が遅延し、正常時より若干ずれて筒の入口に

到達したが、筒内に手を差し入れることはできなかった。しかし手は餌を行き過ぎた。これらの運動異常は手が物に接触する前に起こっており、皮膚受容器が自らの筋活動に対して反応し、proprioceptor の一種として運動調節に寄与することを示唆した。一方、試行を繰り返すうちに手が筒に当たると軌跡が一層上にずれてゆく現象が観察された。これは残っている筋感覚信号のみによって運動の補正が行われたためと解釈された。

3) 小脳破壊の効果:

上記の課題運動における小脳の機能を明らかにするため、小脳の出力部である小脳核に薬物を局所投与し、運動に対する効果を調べた。カニン酸で中位核、齒状核の細胞を選択的に局所破壊すると、reaching 運動に phasic な要素的運動への decomposition と dysmetria が起こり、手を筒内に入れられなくなった。また GABA アゴニストである muscimol を中位核または齒状核に別々に局所注入したところ、中位核注入の方が効果が著明であった。以上から小脳が障害されると、より単純な要素的プログラムによって運動が実行されるように変化すること、ネコでは中位核がとくに重要であることが示唆された。

今後の課題と発展

指向運動の中核機能についてはその経路の解析、各経路の機能の解析は順調にほぼ計画どおり進展し、複雑な多関節運動である頸の運動が水平、垂直方向の直交座標系の運動に分解され制御されることを明らかにすることができた。しかし上丘に inputs する網膜の 2 次元視覚情報がどのようにして 3 次元の頸運動に変換されるかの問題が残った。この課題は現在指向運動中に上丘の単一神経活動を記録して解析を進めているところである。

視覚識別の神経機構の解析はその入力系と出力系については順調に進行し、視覚識別に関与する経路の大要とその機能的役割を推定できた。今後、同定した各経路の神経細胞から視覚識別中に活動を記録し、視覚識別の神経機構について更に詳しく解析する予定である。また識別後の出力系への変換の機構も明らかにする予定である。

肢運動の神経機構についても解析が順調に進み、肢運動に関与する多数の脊髄介在ニューロン系の回路を明らかにすることができた。今後、運動中に脊髄ニューロンから活動を記録する実験と破壊実験を組み合わせ、個々の回路の機能を明らかにしていく予定である。皮膚神経切断により種々の肢の運動障害が起こることを明らかにしたが、今後これらの諸症状がどの神経回路に対する入力遮断によるかを明らかにする予定である。皮膚神経切断による到達位置異常、その回復、代償に小脳が関与していると考えて、小脳核破壊の実験を行い、肢運動における小脳核の役割の一端を明らかにすることができた。今後は小脳と下オリブ核のニューロンから活動を記録して、小脳の運動制御、代償の機構を明らかにしていく予定である。

高い時間-空間解像度で手掌面の圧力分布を解析することが可能となった。今後、物を掴み取る時の手掌の圧力分布を計測する方法を開発し、手の運動制御について詳しく解析していく予定である。

発表論文リスト

本郷利憲

- 1) Goto, T., Hongo T. and Kitazawa S. (1989): Effect of lesioning of the cerebellar nuclei on forelimb movements in the cats. *Jpn. J. Physiol.*, 39, Suppl: 132.
- 2) Hongo T., Kitazawa S., Ohki Y. and Xi M. (1989): Functional identification of last-order interneurons of skin reflex pathways in the cat forelimb segments. *Brain Research*, 505, 167-170.
- 3) Hongo T., Kitazawa S., Ohki Y., Sasaki M. and Xi M. (1989): A physiological and morphological study of premotor interneurons in the cutaneous reflex pathways in cats. *Brain Research*, 505, 163-166.
- 4) Hongo T., Kitazawa S., Ohki Y. and Xi M. (1989): Subtypes of interneurons mediating acting skin reflex in cat forelimb. *Neuroscience Research, Suppl.*, 9, S87.
- 5) Goto T., Hongo T. and Xi M. (1989): Segmental localization and connection patterns of excitatory and inhibitory interneurons projecting to forelimb motoneurons in cats. *Neuroscience Research, Suppl.*, 11, S62.
- 6) 本郷利憲 (1989): 運動機能. I. 筋と運動ニューロ

ン, II. 脊髄, III. 脳幹, 標準生理学第2版 (本郷利憲, 廣重力, 豊田順一, 熊田衛編) pp. 255-294, 医学書院.

- 7) Hongo T. (1990): Organization of reflexes from skin afferents and their pathways. First Asahikawa International Symposium on Brainstem Control of Posture and Movements. *Somatosensory and Motor Research* 7, 252-253.
 - 8) Hongo T., Kudo N., Oguni E, and Yoshida K. (1990): Spatial patterns of reflex evoked by pressure stimulation of the foot pads in cats. *J. Physiol* (London) 420, 471-487.
 - 9) Hongo T., Kitazawa S., Ohki Y. and Xi M. (1991): Subgroups of C6-C8 interneurone mediating reflex and descending effects to T1 motoneurons in the cat. *Jpn J. Physiol* 41, Suppl S224.
 - 10) Kitazawa S., Urushihara Y. and Hongo T. (1991): Forelimb skin deafferentation impaired limb movements in the cat. *Neuroscience Research, Suppl* 16, S104.
- 佐々木成人
- 1) Itouji T. and Sasaki S. (1989): Effects of a lesion of the superior colliculus on orienting movements of the head in the cat. *Neurosci Res Suppl.* 9, S88.
 - 2) Iwamoto Y., Sasaki S. and Suzuki I. (1990): Input-output organization of reticulospinal neurones, with special reference to connexions with dorsal neck motoneurons in the cat. *Exp. Brain Res.* 80, 260-276.
 - 3) Iwamoto Y. and sasaki S. (1990): Mono-synaptic excitatory connexions of reticulospinal neurones in the nucleus reticularis pontis caudalis with dorsal neck motoneurons. *Exp. Brain Res.* 80, 277-289.
 - 4) Isa T., Naito K. and Sasaki S. (1991): Organization of the corticoreticular projections in the cat. *Neurosci. Res. Suppl* 16, S117.
 - 5) Sasaki S. (1991): Neural pathways and their roles in the control of orienting and visual discrimination in cats. 41, Suppl. 35.
 - 6) Isa T. and Sasaki S. (1991): Differential cortical control of pontine and medullary reticulospinal neurones in the cat. Abstract of 3rd IBRO Congress, pp. 63.18, Montréal, Canada.
 - 7) Sasaki S. (1992): Reticulospinal control of head movements in the cat. In: The Head-Neck Sensory Motor System (eds Berthoz A, Vidal PP & Graf W) pp. 311-317, Oxford University Press.
 - 8) Isa T, Itouji T. and Sasaki S. (1992): Control of vertical head movement via Forel's field H. In: The Head-Neck Sensory Motor System (eds Berthoz A, Vidal PP & Graf W) pp. 345-350, Oxford University Press.
 - 9) Isa T. and Sasaki S. (1992): Descending projections of Forel's field H neurones to the brain stem and the upper cervical cord in the cat. *Exp. Brain Res.* 88, 563-579.
 - 10) Isa T. and Sasaki S. (1992): Mono- and di-synaptic pathways from Forel's field H to dorsal neck motoneurons in the cat. *Exp. Brain Res* 88, 580-593.