

〈ニセコ(札幌)カンファレンス〉

随意運動発現における大脳皮質諸領野の関与

東北大学医学部 生理学第二講座 丹 治 順

1. はじめに

本日の演題は、随意運動の発現における大脳皮質の役割という大変広範な題なんですけれども、最近、いわゆる神経科学の発展が非常に著しいわけでありまして、例えば、アメリカで毎年やっております北米神経科学協会の例会なんですけれども、1万2千人ぐらいの人が参加して、その参加者の年齢が年々低下して来まして、若い力が満々と盛り上がっています。

そういう非常に盛んな神経科学の中で、今トピックスになっていますのは、例えば神経細胞の中に何が起きているか、そこでは transmitter は何であって、物質の移動がどうなっているのか、その物質の移動はどのような微細構築において、その神経細胞の一つ一つのどこで、何が起きているのかということですね。つまり分子 level の研究が行われています。最近はそれよりも少し、話が細かくなりまして、そういう分子を造り出している例えば、DNA とか、遺伝子 level に、段々話が下がっています。

もちろん物事の根本的理解というのは、そういうふうに行くべきであるということはもちろん構わないんですけれども、ただ、そういうふうには、神経一つ一つを作る構成要素を段々に詳しく掘り下げて調べるのは、誠に結構であろうし、必要不可欠でございますけれども、そういうことを積み重ねていくと、人間の脳が分かるかということになりますと、それは分からないと思います。

例えば、非常に有名な話なんですけれども、小脳の中にどのような細胞があるのかと一生懸命調べます。そうすると案外単純であることが分かったわけです。細胞の種類

にするとわずか5種類しかないわけです。

あの中におびただしい数の細胞があるんですけども、その中に5種類の細胞しかなくて、どういう細胞と、どういう細胞がどういう transmitter でつながっているのか、それは抑制なのか興奮なのか、全部分かっています。微細構築が全部分かっている circuit も全部分かっているんですけども、それでは小脳は全体として何をやっているかということ今のところ分からないのです。

分からないと言いましても、それはもちろん程度問題でありまして、漠然と、こういうことをやっているというふうには言えますけれども、納得のいく level で、どこまで説明できるかといいますと、非常に不満足でありまして、逆に分からないと言ってしまった方が早いと思います。

つまり、一つ一つの神経の構成要素が、どういう動作原理で働いているか。その全体を system 論的に取り上げるという研究は非常に遅れていると思います。

そういう一つ一つの構成要素をマイクロで追っかけて行くという研究がある一方で、全体をやはり、全体論の中に回帰しなければいけないということが、必然的に起こって来るわけがあります。

やはり、神経科学の中の、非常に重要な一分野であるということには変わらないんですけども、最近幸いなことに、画像診断が、ご存知のとおり非常に発達して来まして、それで、人間の脳ですが、患者さんが生きているうちに、あちこちにいろんな病巣が見つかることが今までと比較にならないほど、分かって来た。そういうことがありますので、全体論的な立場から、もう一回、それを見直してみようという気運が盛り上がっています。

それからもう一つ、今お話がありましたように、PET や SPECT を応用した研究が非常に盛んに行われています。

最近非常に面白いのは、例えばアメリカを中心として、Raichle などの有名な人がたくさん出てきて、色々工夫をするわけです。ただ単純に PET を撮ってながめているのではなく、いろんな条件設定をする。例えば、Reduction Method など、いろんな方法で条件、負荷を工夫するわけです。最初はじっと安静状態にしていって、少しずつ負荷をかけます。何かを見せて、見せた時に何かをさせる。段々その負荷や条件を加えていき、機能的な要素を加えていったときに、各々に対応して脳の何処が使われるようになるかということ細かく情報として取るわけです。そういう工夫が、非常になされてきて、段々と情報が増えて来ているわけです。

一見これは大変牧歌的あるいは、漠然としているという印象を受けるかも知れませんが、非常に大事なことでありまして、そういうことがまず分かりませんと、せっかく細かいことが分かって、それが何をしているか分からないということになります。

ですから、せっかく分かってきた、例えば transmitter の知見とか、neuron level を超えて最近分かってきました、例えば遺伝子 level などの最近の細かい知見が、全体の中でどうしているかということの理解にうまく組み込む必要があるんですけども、そこにつなげるためにやはり、両方をやらなければいけないということになります。

私の今日の話は、そういう全体論的な立場からの話でございまして、運動系に限定させていただきたいと思っております。

で、主として大脳皮質を中心として、我々が運動をする時、どこをどういうふうに使っているのだろうか、我々はそれについてどういうふう考えているのか、その辺をお話したいそうと思っております。

2. 運動は簡単には行えない

運動をうまく行ってその目的を達するのは簡単ではありません。例えばゴルフをする人を思い描いてみてください。上手にボールを打つためには、手や腕の多くの筋肉を精密に調節するのは無論のことですが、それ以外に適正なスタンス・腰の回転・体軸と上体のバランスや首のひねり等、文字通り頭頂からつま先までをくまなく、

正しく使う必要があります。その調節には、平衡感覚や運動感覚（関節・筋肉や皮膚の感覚）、そして視覚を通して入ってくる情報をうまく取り入れ、常に微妙に補正することも必要です。

問題はそれにとどまらないのです。目的に沿った運動がうまくできるためには、この場合ボールが目標点に到達するためには、運動の経過中の調節だけで事足りるものではないことに気がきます。運動を行う前に、ボールの現在点から目標までの距離を目測して運動の出力を計算します。風向きや芝生の状態等多くの要素をみてとり、出力の補正をします。次にクラブを振る一連の過程を頭の中でリハーサルし、ボールの走行を想定するでしょう。運動を実行する前に、大事な過程があります。一つは外界の情報を取り入れ、また過去に何回も似たような動作を繰り返し行った時に仕入れた情報、つまり記憶情報を取り出して、それらを総合して運動出力を形成する過程がある筈です。もう一つ大事なことがあります。ボールを打とうとする時に、目前に障害物が現れたり、横から子供が飛び出してきたらどうするか。そのような時には直ちに動作を止めなければなりません。それをスムーズに実現するには、あらかじめ起こり得る事態を想定し、それに対処する構えがなされていなければなりません。

3. 随意運動をうまく行うために

スポーツを例にとらないまでも、私どもが日常行っている動作が上手に、意のままに行われるためには、種々の大事な過程が脳を舞台にして行われていることとなります。そこで随意運動にとって大事な要件はどのようなものであり、脳はその活動によってどのような要求を満たさねばならないかを考えてみます。それは沢山ありますけれども、きょうのお話に関係のありそうなことを挙げてみますと、例えば随意運動はいうまでもなくいろいろなことが出来なければならない、レパートリーが広いということも必要ですけれども、それが多様に発現するということが非常に大切です。きわめて広汎・多様な外界の状況とか、状況の変化、それをきっかけとしてそれに正しく呼応する運動を行わなければなりません。あるいは体内の情報とか、そういうものの変化に対してもです。それから運動開始の契機が自分自身であることもあります。脳内のメモリーによりまして「ああこういう場合にはこうしなければいけない」という、あらかじめ自分の脳の中に定めていた過程があって、それに促されて

運動が発現する、そういう過程もあるでしょう。つまり多様に発現しなければいけないということは脳に対する大きな要求としてあるわけです。

次に周囲の状況の変化に適應することはもちろん大事なことであり、まして、外界は常に移り変わっているわけですから、それにきちっと対応して運動の選択や調節を行っていくこと、これは少なくとも現在のロボットにはなかなか難しい点になりますが、生体はそれを行っているのです。

それからもう一つは、予測と準備ということがありますが、ただ単に外の世界の変化についていくことだけではだめでありまして、むしろ積極的に、起こり得ることをあらかじめ予測しておく。ある状況に於ては、多分こういうことが起こるんだろう、それを初めから計算に入れておきまして、それに対して準備をしておく。そういう過程が行われるからこそ、うまくスムーズに事が運ぶわけでありまして、それが無いことには、しょっちゅう変化する外界の状況にただフォローしているだけでは、上手に思ったとおりに運動は行い得ません。

きょうは多様に発現するというを第一のテーマとして選びました。それからもう一つは、予測と準備ということをもう一つのテーマに選びまして、これを中心にしてお話しをさせていただきたいと思ひます。

4. 運動開始を促す過程と脳の回路

Fig.1は、運動開始を促す過程を図示したものです。外界の情報や体内情報、あるいは一旦脳の中にストアされた記憶情報、こういうものを手がかりにしてさまざまな組み合わせで運動が促されます。

そういう情報はもちろん生のままで使われるわけではありません。本日午前中の講演で解説されましたように、いろいろな連合の過程を経て、ひとまとまりの意味を持った情報として扱われるということになると思ひます。

しかし考えてみますと、この運動の出力をする場合に、この情報が来ても、それをすぐ運動に結びつけるわけにはいかないわけでありまして、そのときには、例えばどのような運動を選択するのか、選択という過程、それから企画という過程ですね。それから例えばその運動を構成するとか、あるいはそのための準備をすとかいう、さまざまな一連の過程がどうしても必要になります。ですから、いわば情報がいろいろ入ってきたとき、それを手がかりにして運動として出力する場合には、ここに一つ

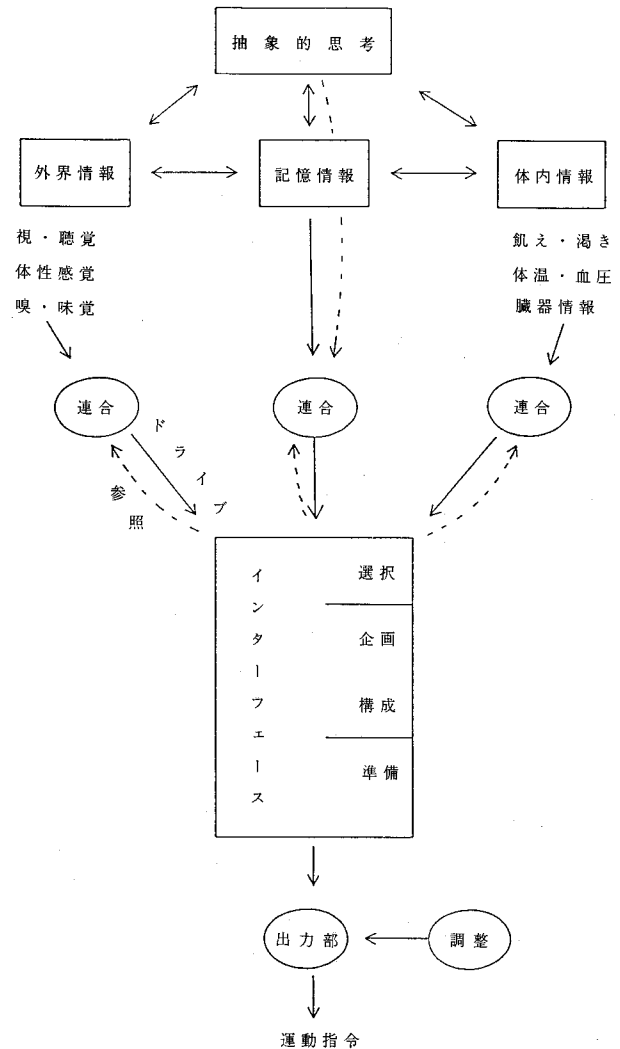


Fig. 1 運動発現の過程

のインターフェース過程と言われられるような過程が必要ではないかということになります。この過程は脳のどこで起こっているのでしょうか、それを考えてみたいと思ひます。

Fig.2は、Fig.1の過程を行うために使われる脳の回路を概略的に示したものです。ここで注目されるのは、補足運動野と運動前野の入出力です。両野は連合野から広汎な入力を受け取り、または大脳基底核と小脳からの入力を、視床経由で受け取っており、その出力は運動野に送られます。大脳運動野は、脊髄や脳幹に著明な線維投射を送り、その神経活動を解析すると、筋肉の活動や運動によって発生する力と強い相関関係がみられることから、運動指令が大脳から出力される部位と考えられています。一方補足運動野は、連合野で統合処理された外界

・体内記憶情報を受けるとともに、運動の組立てや構成に関する情報を、基底核と小脳から受け取っている可能性があります。このような観点からFig.1とFig.2を見ると、補足運動野と運動前野は、運動の選択・企画・構成に参与して、入力情報を運動出力情報に変換する過程すなわちインターフェース過程を行うのにまことにふさわしい位置にあることがみてとれます。

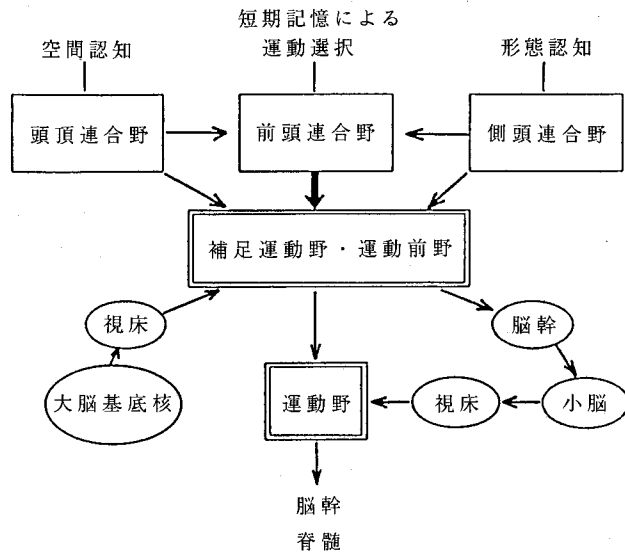


Fig. 2 運動をもたらす脳の回路

5. 運動前野と補足運動野

この両野の機能を端的に示す有名な切除実験があります。運動前野、補足運動野の両方を切除するとどうなるかを調べたものです。サル目の前にプラスチックの透明な板を置いておいて、その下にリングを置きます。通常のサルはその穴から手を通してリングに手を伸ばして取るということはできるわけですね。このくらいことはもうサルは朝飯前にやるわけですが、補足運動野と運動前野の両方を取ってしまいますと、妙なことをやるようになります。麻痺は生じませんから、筋肉の力は落ちませんし、要素的な動作そのものはできるんですけども、リングに向かって直接ぱっと手を伸ばしてしまおうためにプラスチックにぶつかり、いつまでたってもリングを取ることができないのです。いったん遠くに手を伸ばして、そこから手を通してリングを取っていくという芸当ができなくなる。これがモルとカイバースの有名な実験です。

今問題にしています運動前野と補足運動野の位置を

Fig.3に示します。両方ともブロードマンの分類では6野となっていますが、それぞれ外側と内側に分かれ、補足運動野の大部分は大脳の内側に入りこんでいます。

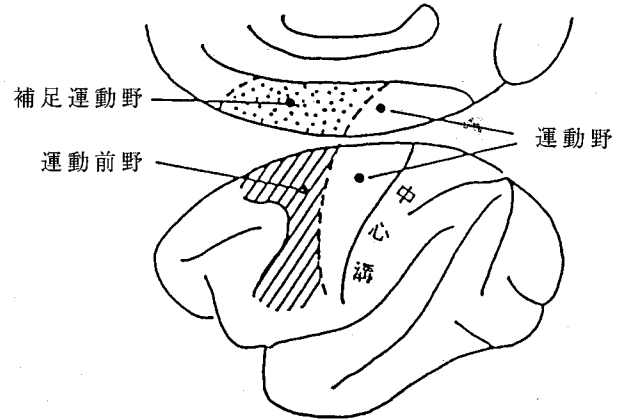


Fig. 3 サルの脳の運動前野・補足運動野と一次運動野の位置

6. 機能を知るための実験

これら2つの領野は、高次運動野と呼ばれていますが、それらの存在意義は何なのか、そしてその2領野のはたらしにはどのような差があるのか、それを是非とも知りたいわけです。むろんその機能は多様で、興味深い内容をもつと思われそうですが、まず手始めに、ある観点からスポットをあてて探ってみることにします。最初のお話は、運動開始の多様性にかかわる両野の役割に関するものです。

それについては、興味深い仮説があります。この仮説によりますと、外界情報、例えば視覚とか聴覚とか、そういった現に与えられている情報に誘導されて、運動を開始し行うときには運動前野を主として使う。それに対して、いったん脳の中に蓄えられた情報を情報源にして、運動を行う場合には、この補足運動野のほうが主役として使われる、こういう仮説であります。

この仮説は突然出てきたわけではなく、いろいろな事実から推測されているのです。例えばヒトで補足運動野が失われてしまうと、少なくともその直後には何もやれなくなります。麻痺があるわけでもないのに、何も言わなくなるし、何もしなくなるという無動状態になるということがあります。ところが何かの拍子に、何の気なしに妙な動作をしたりするとか、あるいは人が言ったことをオウム返しに復唱するとか、そういったことはできたりするのです。一方運動前野に関しては、ヒトの臨

床報告は明らかではありませんが、霊長類を使った切除実験があります。このところを切除したあとで、視覚系からいろいろな情報を与えて、それにもとづいて行うことが必要な運動課題を出してやります。運動前野を切除するとこれができなくなります。これはパッシングハムの実験ですけれども、補足運動野を取ってもそういうことは起こりなかったのです。そういうようなことがありますので、ある一つの動作をするのでも、情報源が何なのか問題となります。それが外界情報をもとにするのか、それともいったん脳に蓄えられた内的情報をもとにするのか、脳の使い方がちがうのではないかという仮説といえます。

7. 仮説の検証

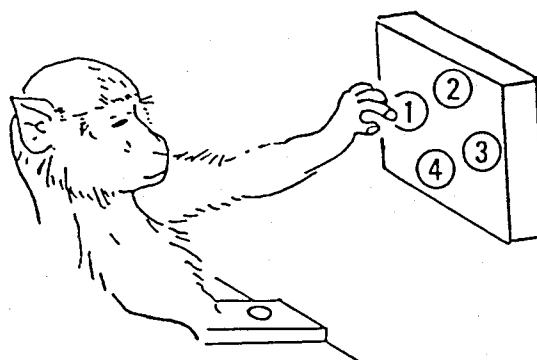
以上の仮説を検証するための実験をこれから説明いたします。霊長類を使い、実際に運動を行わせます。一連の動作を、ある時は視覚誘導性に、次には内的情報を手がかりにして行わせるのです。そしてその経過中に、脳のどの部位の神経細胞が、どのように活動するかを調べて、比較検討するという手順になります。

実際どうやるかといいますと、Fig.4のように、サル目の前の押しボタンを光らせるわけです。電気がついたボタンをいろいろな順番で押すわけでありませけれども、これは視覚情報によって誘導された一連の動作といえます。

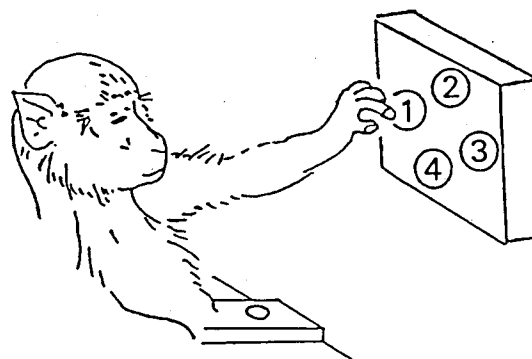
次に同じ動作なのですが、今度はその動作の手順を教えてやります。「こうやりなさい」と、例えば「1・4・2」というように押しなさい」というようにあらかじめ教えておきまして、その通りにやらせるわけです。その場合は順序に関する情報は目の前には無いので、あらかじめ覚えて、いったん脳の中に取り込まれた情報をもとにして動作を行うことになります。

実際にそれを実現するときは、Fig.4の下段のように最初ランダムに光をつけます。例えば、1・3・2だとか、2・4・1・というふうにして、それをフォローさせる。そういう光一視覚誘導性の動作をやらせるわけです。

それから移行過程がありまして、そうやっているうちにだんだんいつも同じ順番で光をつけるようにします。例えばいつも1・3・4としてその順番を覚えさせます。そのうちだんだん電気を暗くしていきまして、そしてついには光はなくなります。「はい、やってごらん」というスタート信号のあとは、記憶した順番で押さな



1. 視覚情報で誘導された動作
2. 脳内情報にもとづいた動作



1. ランダムな光点灯
2. 移行期
3. 一定の順序

Fig. 4 サルに用いた実験のようす。

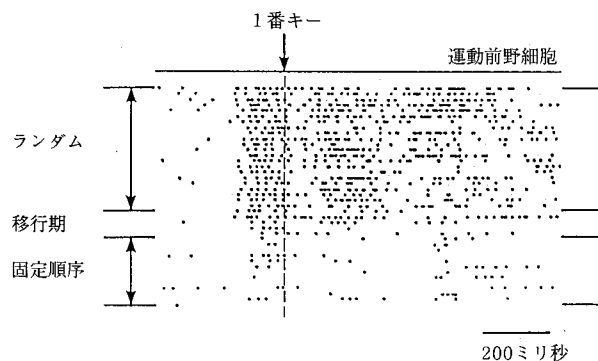


Fig. 5 運動前野の細胞活動の例

ればならなくなります。Fig.5は、このような課題を行っているサルの前運動野の細胞活動を表示したものです。点のひとつひとつは細胞の発火時点を示します。課題の一回の試行を横一列に示し、時間の経過は左から右へ、そして課題の進行は上から下へと示していきます。図の下向き矢印は、最初のキーを押した時点を示します。図の上半分は、ランダムなキー押しの経過に伴う活動を示しています。サルは1番目キー、2番目キー、3番目キーと、こういうふうに通電がついたとおりに押しているわけです。そのときはこの前運動野細胞は明らかに活動しているのがわかります。ところが、それが移行期になりますとだんだん活動が減ってまいりまして、一定のパターンで、つまり手順を覚えてやり始めますと、だんだん活動がなくなって、最後にははっきりしなくなります。ですからこういう細胞の活動は、外界情報を頼りにして、視覚情報誘導性に動作をしているときに、この細胞は使われていることを示します。そしてこのタイプの細胞が多数見つかったので、前運動野はこのような場合に盛んに活動することが証明されたわけです。

次に補足運動野の細胞活動の例をみます。Fig.6は補足運動野の細胞であります。図の上半分でわかりますように、光をつけて、それを手がかりに3つのキーを押しているときには、その活動は変化しないのです。

ところが移行期を経まして、パターンが定まってくると、このように少しずつ活動が高まってくるので、記憶した手順で動作をしているときには、結構にぎやかに活動するようになります。

こういう細胞が多数見つかるということは、補足運動野における活動が、いったん覚えた手順で動作をするときに使われていることになります。もちろん、すべての細胞がこうかという、そうではありません。補足運動野の細胞でも、視覚誘導性運動に活動する例ももちろんありますけれども、しかし全体として見ますと、補足運動野には、Fig.6のようなパターンで活動する細胞が非常に多いのです。前運動野ではその逆ということになります。

結局この実験によりまして、さきほどから問題にしております仮説は基本的に正しいと言えます。目前に情報源があり、それを手がかりにして動作をする場合には前運動野が重要な役割をもつことになります。

感覚情報は、頭頂連合野、あるいは小脳を経由して前運動野に入ると考えられます。これに対して、メモリー

情報（内的情報）を頼りに運動するときには、帯状回とか、あるいは前頭前野、それに加えて基底核の入力が非常に強く入ってくると言われております。補足運動野の活動が高まってくるわけでありまして。

このような調べ方、すなわち具体的な状況設定を行って、脳の多数部位の細胞活動を解析しますと、脳の使われ方と、その時に必要な情報のフローが少しずつ解ってくると思われます。

それからこの実験をしていて、大変興味深い活動が補足運動野の細胞に見つかりました。それをFig.7に示します。この細胞は、図上段の1、2、3、という順番、すなわち上、下、右とボタンを押したときには、発火がものすごくたくさんあります。その活動は運動にかなり先行して出現しています。ところが別な順番で押すと、もう全然発火がなくなります。一番最初、少なくとも最初押すボタンはいつもこの一番上ですから、ここまでは同じことをやっているはずなんですけれども、しかしこの順番によって発火があったり全然なかったり、活動のようすは全くちがいます。ですから、キー押しの手順が

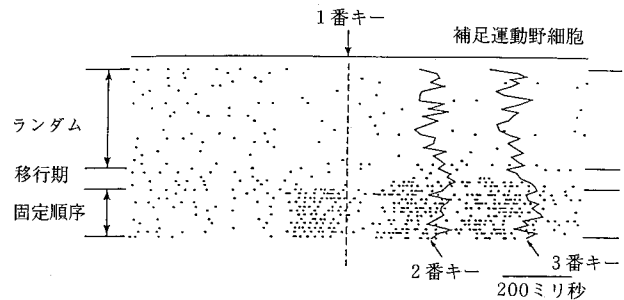


Fig. 6 補足運動野の細胞活動例

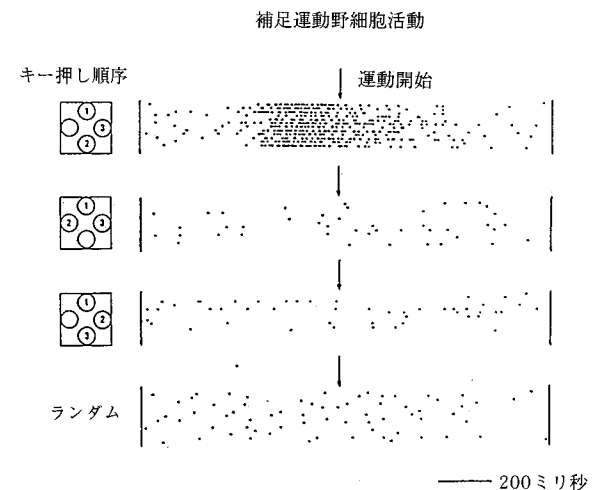


Fig. 7 特定の順序でキー押しをしたときにのみ活動する補足運動野細胞

あらかじめ設定されていて、そのなかの特定のひとつをメモリーから読み出して、運動の出力へと結びつけるときに、このようなタイプの補足運動野細胞を使っていると考えることもできます。

8. 運動の企画過程

運動の企画過程という言葉はいろいろな意味で使われ、多様な内容をもちますが、これからお話ししたいのは、そのなかで「起こり得る事象の予測とそれに対する運動の備え」という過程についてです。これは生体にとって基本的に重要な過程です。生ずる可能性の高い事象をあらかじめ想定し、それに対処する運動を先手をうって準備しておき、それを機に応じて出力することが出来ることによって効率の良い動作がスムーズに行えるのです。このような企画過程が脳の中で生ずるとすれば、それはどこで生ずるのでしょうか。その少なくとも一部は補足運動野と運動前野で生ずると思われれます。そのように考えさせるヒントは、これまでに多くの学問分野で得られています。そこで残りの時間で、補足運動野を舞台にして、運動の企画過程が実際にどのように生ずるのかを示す実験を御紹介しようと思えます。

9. 企画過程と補足運動野の活動

AとBという2つの外界情報が予測されるとします。そして、行うべき運動は2種類ありまして、XあるいはYという運動をします。まず第1の企画過程として、もしAが起こったら直ちにXをやり、Bが起こったらYをやることとし、A—X、B—Yという、組み合わせを考えます。

第二の設定として、AならYを、BならXを行う、逆の組み合わせを企画します。AとかBとかという事象はランダムに起こりますから、それに対する反応を適切に、迅速に行うためには、こういう企画過程はどうしても必要だろうと思われれます。実験を行うときには、事象A、Bとしては、実際には感覚信号を使います。例えばAとして1000ヘルツのトーン刺激を使います。「ピー」という音ですけれども、それを使いまして、それから事象Bとしましては手に振動刺激を、ブルブルと震わせるような、そういう体性感覚振動刺激を与えます。次に2つの出力一動作を用意します。一つはキー押し運動とします。それからもう一つは、別のことをやらせてもいいんですけども、これは問題を単純化するためには無動としま

す。何もしないでそのままずっと一定の姿勢を保っているという、無動という一つの動作を考えます。ですからここで2つの動作になるわけですね。そしてこの2つの感覚信号と、それから2つの動作を組み合わせるわけです。第一の企画は、ピッと音が鳴ったらキーを押し、ブルブルと震えがきたら何もしないとあらかじめ決めておくということです。第二の企画はその逆になります。そのどちらを選択するかを決めるためには指示が要ります。人間なら言葉で言えばわかるんですけども、この場合はサルの実験ですから、指示信号ということを使うわけです。

このような実験設定のもとに、補足運動野の細胞活動を調べます。Fig.8にその細胞活動の典型的な例を示します。図の矢印の時点で指示信号が入ります。その指示信号の意味は、もし手に振動刺激が入りましたら、直ぐにキーを押さない、もし信号が1000ヘルツのピッと音だったとしますと、それに対しては動作をしない、そういうことです。それを意味する指示信号が出されると、細胞活動は図のように明らかに増えています。逆の組合せを意味する指示信号が出されたときは、そのような活動は全くありません。興味深いことに、このようなタイプの細胞は、キー押し運動をするときには活動しま

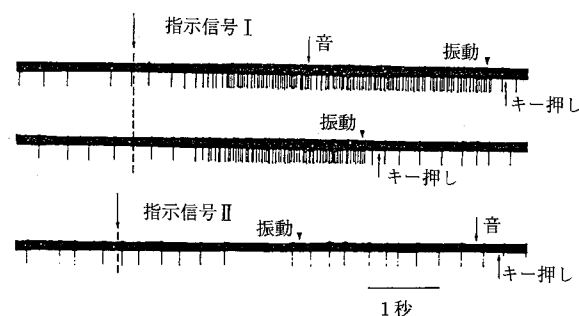


Fig. 8 運動の企画過程に伴う補足運動野細胞の活動

せん。また、振動や音の信号にも反応せず、もっぱら指示信号に対応する活動を示すのです。このような細胞の出力の行き先については、それを確定するのは技術的に大変難かしいのです。しかし、生理学的手法でそれに成功した例では、運動野に向かって細胞の出力が送られることがわかりました。

補足運動野には、別のタイプのおもしろい活動を示す細胞が見つかりました。その典型的な例がFig.9に示されています。この種の細胞では、やはり指示信号に応じ

た反応を示すのですが、その活動は、キー押し応答をしてはいけない、つまりそれに対してはあたかも無動を要求した感覚信号の出現を予測するかのように高まっています。

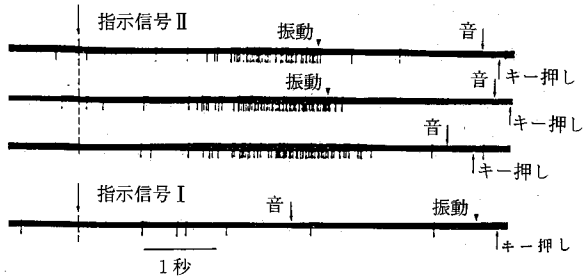


Fig. 9 運動トリガーを抑制する過程で活動する補足運動野細胞

Fig.9の場合は、応答してはいけない信号である、手に対する振動信号が入ってくる時点、これに向かってざあっと発火が出てきます。こういう活動が出てきまして、その時期が終わりますとその活動が消退します。キーを押すという運動が行われているときには、この細胞の活動はないのです。もちろんこれは信号-応答の組合せに対して選択性を持っていて、逆のやり方の指示には全然反応しないわけです。

以上の2種類のタイプの細胞活動は、補足運動野では

見つかっています。ところが、運動野には見つからないのです。ですからこのような特徴的な細胞があるということが、二次運動野の存在意義の一つをあらわしていると私どもは解釈するわけであります。

以上の実験で扱いましたテーマは、随意運動にとって大切な予測と準備ということです。それを行わざるを得ないような具体的局面を設定して脳のどの場所のニューロン活動がどのように使われているかを答えとしてひき出すことに成功したことになります。もちろん、これはある一つの局面を設定して、そういう答えが出たということですから、これはごく限定された問題の答えを得たにすぎないことにはなりますけれども、しかし脳の機能の一断面を、再現性のある形で客観的に示したことになると思います。運動意志の発現機構という大きな問題に比べますと、得られた答えは未だ微々たるものではありますが、こういう研究を上手に組み合わせて行きますと、脳のどういう場所をどんなふうにするのかを考える材料が増えていきます。それを辛抱よく続けていくことによりまして、運動発現に関わる脳の機能の全体像が少しずつ浮かび上がってくるのではないかと、私どもは考えているわけであります。

質疑応答

(安村先生)

短い時間でしたけれども、現在随意運動のメカニズムがどういう方法でどこまで分かってきたかということについて、非常に分かりやすくご説明いただきました。実際臨床の場では、自然の破壊実験のようなもので、最近はかなり細かく MRIなどで病巣も確認できるようになりましたけれども、やはり先生がおっしゃいましたように、補足運動野などに限局した病巣は非常に少ないんですね。

それであるべく、その小さな病巣を目ざとく見つけて、その臨床症状を克明に捕えようと努力しているわけですが、補足運動野に比較的限局したと思われる症例で、先生のスライドにもございましたけれども、非常に興味のある運動障害が実際に観察されることがあります。たいていは、前大脳動脈の分枝梗塞ですけども、あまりしゃべらなくなって、その病巣の反対側の自発運動が少なくなるんですね。

かと言って失語と違いまして時には話すこともある。それも右半球と左半球どちらでも対等に出ますので、その点もやはり失語と違う所で、mutism というか…。こんな大胆なことを言ってどうかと思うんですけども、いわゆる発語という一種の随意運動の運動面の障害なのかもしれません。言葉の initiation の障害かもしれません。

それから、一見麻痺に見える運動の現象もですね、時には顔をぱりぱりかいたり、自分で点滴を調節したりしますので、やはり、アキネジアと言うか随意運動の initiation の障害なのか分かりません。

その時期を過ぎますと、ちゃんと動かすようになり筋力も元に戻るんですけども、反対側の把握反射が見られたり、それから非常に運動が拙劣になるんですね。

それは古典的神経症候学で言う所の肢節運動失行に非常に似てると言いますか、症候学的に区別のつかないような所見が見られます。

それから、そのような時期に、時に、スライドにありました通り、過剰な運動と言いますか、運動の抑制の障害と言いますか、同じ動作をし続ける徴候、それから意図に反して逆の運動をしてしまう alien hand sign、あるいは道具の強迫的使用と報告されている動作が観察されるのです。回復は比較的好い傾向があります。そうい

う症例は非常に少ないんですけども、一定の経過があるように思います。

それで一つ、かねてから一度先生にお伺いしたいと思っておりましたが、一側の補足運動野が障害されて、色々な運動の拙劣さだとか、そういう症状が出るわけですけども、その場合、反対側の補足運動野はどういう役割をしている可能性があるかということなんですね。

恐らく両側の補足運動野は、他の関連皮質と線維連絡がありますと同時に、白質によって、交連線維によって連絡しているんですけども、非常に大ざっぱなことかもしれませんけれども、抑制的なコントロールが主なのかあるいは協調的なのか、例えば一側の補足運動野の障害に加えて更に反対側の補足運動野に障害が加わった場合、その運動はどういうふうになるんだろうかということについて、漠然とした興味があったものですから。

(丹治先生)

解剖学的には、補足運動野からは下へ向かって下りる接続が多いですね。一番多いのは、橋核に行く線維ですけども、あれは両側性なんですね。脊髄に下りるのは、非常に少ないんですけども、これは反対側が多いのです。それで、私どもが実験をやっている気が付きますのは、動作が単純なほど反対側の色彩が強いのです。ですから、非常に単純な動作をやりますと、その反対側の例えば右手をやりますと、反対側の補足運動野だけが、活動するんですね。ですから複雑になればなる程、両側が使われるんですね。それで、その両側を使う意味なんですけども、それは右と左との協調を保っているという、そういう色彩もありますが、運動によっていろいろ違って来るんですね。

ですから、簡単には言えないわけでして、どういう動作の時に何を情報として使う動作をやらせた時に、何が出来なくなるかとか、そういうふうに疑問を限定して頂くと非常に答えやすいんですね。一般論としてはあまり言えないんですけど、左右が協調的であることは確かです。

(先生)

今の質問とちょっと似てるかも分かりませんが、私たち前から疑問に思っているんですが、例えば運動野の前後に大きな病巣がある。そういう患者さんでも、ほとんど麻痺は起こらない、あるいは何ら神経障害は起こらないことがあります。

そういう場合に、運動野とか、補足運動野とかの機能

は、周りへ移行しているのか、あるいは反対側が代償しているのか。もう一点ですね。脳梗塞でも出血でもいいですけども、皮質が破壊される時に突然、麻痺が出ますけども、そういうタイプというのは、例えば1年ぐらいで麻痺の方もいろんな運動も非常によくなって来ます。

一旦壊されたのが1、2年たった後で、その機能をどこがどう肩代りしているのか。リハビリテーションをすることによって、徐々に機能改善しますが、生き残った細胞がより多くの機能をするようになってきているのか、あるいはリハビリテーションによって、別個の細胞が、その機能を代償するのか、そこら辺の所をお聞かせ願いたいと思います。

(丹治先生)

大変面白いところでありまして、私どももそれに関係する実験をやってるんです。

それで、今まで案外、この種の問題をまともに扱った報告は少ないですね。例えば、運動野を取りますね。そうすると麻痺が起こる。それは、出力分野が無いんだから当然だと、そういう単純な理解なんですけども、本当にそうなんだろうかと疑ってみる必要があります。例えば、運動野をきれいに取りましてね。白質まで行かないで、皮質だけをきれいに取って、しかも、血行障害とかそういうことは、なるべく周りに及ばないようにします。そして、ちゃんと術後 care をします。

それから、もう一つ大事なものは、その時に一度に壊さないで、少しずつ壊していくことです。それから、機能を最大に引き出すような、そういう、リハビリと言ってしまったら単純なんですけども、そういう機能訓練を最大限にやります。

そういうことをやりますと、案外回復がいいんじゃないかと思うんです。それで私ども今やっていますのは、運動野なんです。猿ですけども、全部壊すのです。

非常に精密に map を書いておいて、それに則って、きちんと正確に壊してしまうんです。指から手首に至る領域を全部壊してしまうのです。

それでも大体2週間ぐらいで元に戻ってしまいます。proximal だけでなく、distal の上肢動作も回復するわけです。おかしいなと思い、今度は、その周囲組織をしらみつぶしに調べてみたのです。

そうしますと、まず分かりますことは、その時に distal の領域を壊しますと、その周囲に4野の上腕支配領域がありますね。例えばこの肩とか、その活動がまず

あがるんですね。

それからもう一つは、いわゆる運動前野が多種類あるのです。運動前野があり、補足運動野があり、それから帯状回の一部、あるのです。そういう所の活動が上がって来て、それで対処してるらしいのです。そういう代償機能が非常に機能的には重要だと思います。

先ほどから、ずっと典型的な例をお見せしましたけれども、ああいうふうに、いわゆる運動前野らしい機能とか、補足運動野らしい機能を示す活動の他に、普段から運動野と非常に似ている細胞活動が少数ながらあるのです。で、lesion を作る前に、すでにそういう活動が、それはパーセンテージは少ないのですが、普段からあることは、そこに potential がかなり残っているということの意味するのだと思います。それが傷害後に非常に高まるのだと思うのです。それが、数量的に増えていることの証拠を一つつかまえようと思って、今実験をやってるのです。

それから後半のご質問は…。

(先生)

例えば、8割やられますね。そうすると残っている2割が代行しているのか、あるいはその周りの組織が機能を代償するのかということですか。

(丹治先生)

その可能性は非常にあると思うんです。

普段記録していますと、さぼってる細胞が多いんですね。

それで、確かに細胞はあるんですけども、非常にいろんなことをやらせてみても、全然発火に参加しないのです。それが強い力を出そうとか、あるいは多様に条件を変えましても、例えば、運動野にあっても、普段は活動に全然参加しないのが沢山あるんですね。

それから感覚野でもそうなんです。感覚野に細胞は確かにあるんですけども、どういう刺激の仕方をしてても普段は全然発火しないものがあるのです。

だからそういう予備力が随分あるんだと思います。ただ、あとから言われた可能性は全部否定はできないので、その可能性もあると思うんです。それで、それについての実験を一つ一つ組み上げて、調べると面白いと思います。