

口腔内諸構造からの感覚性皮質投射の研究

平 孝清 松本 範雄 鈴木 隆

岩手医科大学歯学部口腔生理学講座* (主任: 鈴木 隆教授)

[受付: 1979年8月29日]

抄録: 口腔内体性感覚の大脳皮質投射野の局在と機能を明らかにするため、ネコの口蓋、歯肉、舌などの表皮および歯牙に電気または機械的刺激を与え、金属ポール電極を大脳皮質体性感覚野S I, S IIを含む冠状回および前シルヴィウス外回上に装着して誘発電位を記録し、その陽性 primary response の振幅を指標に解析を行った。口腔内投射は冠状回上で、十字溝の延長線近傍に存在し、顔面部分(毛、ヒゲ)の投射とオーバーラップしているが、両側性でかつ対側優勢であった。口腔内の部位的刺激効果について比較すると、上顎からの投射は下顎からのそれより優勢で、口唇部に近いほど皮質応答電位は大きく、刺激部位が咽頭方向へ移動するに従い、応答電位は小さくなった。刺激の種類によって投射部位に差があり、機械的刺激に対する投射部位は、同一部位に与えた電気刺激の投射部位よりも2-3 mm吻側に位置していた。これらの結果は、他の研究者の成績と比較され、さらに咀嚼、嚥下の現象に占める生理学的意義について討論された。

はじめに

Adrian (1940)¹⁾ はネコで、触覚刺激による誘発電位の大脳皮質上の分布を調べ、後S状回 (posterior sigmoid gyrus) の正中側に近い部分に下肢からの入力投射し、その外側に上肢、そして冠状回 (coronal gyrus) には耳、顔面の体性感覚が投射することを確かめた。また、これとは別に第二の体性感覚野が前シルヴィウス外回 (anterior ectosylvian gyrus) に存在することを言及した。その後、Woolsey et al.²⁻⁷⁾ も同じ方法によって、ネコ、サル、ウサギ、ラット、ブタなどの動物でも同様に体部位二重再現を確認した。彼らは特に第一体性感覚野 (SI) の前方に口唇および口腔内からの両側性投射部位が存在することを報告している。しかし、口腔内部位から大脳皮質への感覚投射には点对点の対応が存在するかどうかにつ

いては明らかな記載がない。

著者らはネコの口腔内感覚の大脳皮質投射および中枢における情報処理機構を調べることを目的とし、まずその第一段階として、電気刺激、機械的刺激を口腔内諸構造表皮に与えて、皮質誘発電位の分布を求め、感覚投射様式を検討した。その結果、二三の新しい知見を得たので、ここにその成績を報告する。

実験方法

体重2.5-3.7kgの成猫25匹を実験に用いた。動物を ether で導入麻酔し、気管切開と股静脈の cannulization を施したのち、脳定位固定装置に固定した。ネコの体温を保温装置により直腸部分で $38 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に制御し、また手術侵襲部位や固定装置との接触部位はすべて塩酸 lidocaine を塗布して局所麻酔した。左眼窩上壁を含む左前頭部の craniotomy を行い、

A study of somatosensory projection from the oral structures onto the cerebral cortex of the cat
Kosei TAIRA, Norio MATSUMOTO and Takashi A. SUZUKI.

(Department of Oral Physiology, Iwate Medical University School of Dentistry, Morioka 020)

*岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 4 : 195-205, 1979

S状回(sigmoid gyrus), 前冠状回(anterior coronal gyrus) および前シルヴィウス外回部分の硬膜を切除し露出した。また、脳浮腫を防止するため37—38℃に加温したパラフィンオイルを皮質表面に常時滴下した。ether 麻酔から回復したのち、股静脈から gallamine triethiodide を12mg/kg/hの割合で注入してネコを不動化し、かつ人工呼吸管理を行った。

上顎, 下顎の口腔前庭粘膜, 歯肉, および口蓋, 舌, 口唇などの左右対称部の皮下に同心型針電極を刺入し, さらに上下左右の犬歯, 臼歯には長さ1mmの時計用ネジ2個埋め込んで電極とし, これらに持続時間0.1msecの矩形波電気刺激を与えた。また自然刺激として galvanometer を改良した装置を用い, 顔面部位の毛, ヒゲおよび口腔内粘膜上に機械的刺激を与えた(図1)。

ガラスで被覆した直径0.25mmの白金イリジウムボール電極を1列に8本(間隔1mm)並べて電極 holder に装着し, 電極先端を冠状回に接触させた。さらにこの電極列を1mm間隔で平行移動して十字溝(cruciate sulcus)の延長線を中心とした皮質表面(8×7mm)の

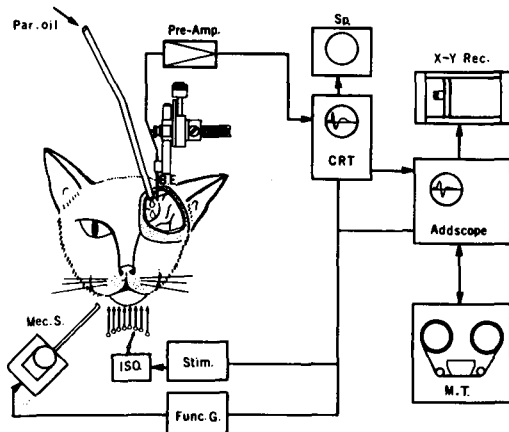


図1 実験装置の模式図

B.E.: 白金イリジウムボール電極列, Pre-Amp.: 前置増幅器, CRT: 陰極線オシロスコープ, Sp.: オディオモニター, X-Y Rec.: XYレコーダー, Addscope: 応答加算装置, M.T.: 磁気テープ記録装置, Stim.: 電気刺激装置, ISO: アイソレーター, Func.G.: 関数発生器, Mec.S.: 機械刺激装置, Par.oil: パラフィンオイル。

格子点から誘発電位を記録した(図2)。導出電位は前置増幅器を通して oscilloscope で観察し, さらに応答加算装置(日本光電ATC-250)によって20回加算して磁気テープ記録装置(ティアックR-410)に記録した。実験終了後, X-Y recorder によって波形を再生出力した。

実験成績

大脳皮質の誘発電位の波形は比較的不安定であり, 各被験動物の個体差, 体温, 呼吸管理, 電極直下の脳浮腫状態によって著しい相異が見られる。心電図, 脳波を指標に体温, 呼吸の管理を充分行なった結果, 大脳皮質の露出後7時間以内の観察では, 誘発電位の再現性が良いことを確認した。

I 応答波形とその分布

口腔内部位の電気または機械的刺激によって大脳皮質表面で得られる誘発電位の一般的波形を図3に示す。一般に, 短い潜時で発生する陽性-陰性 primary response (P) と, それに続く長い潜時の secondary response (S) から成っている。特に表面陽性電位は刺激部位か

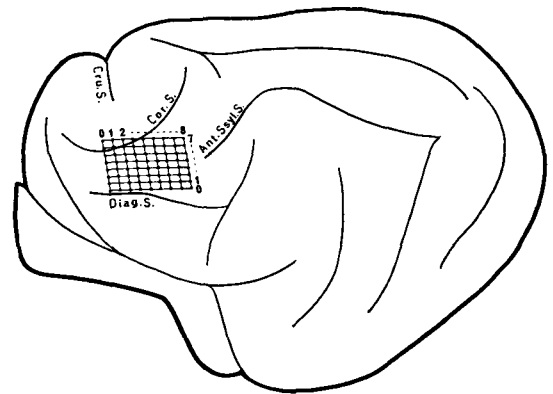


図2 大脳左半球と記録電極の設定位置

冠状回と前シルヴィウス外回にまたがる大脳皮質表面(8×7mm)で誘発電位が記録された。格子の黒丸は電極装着点を表わす。Cru.S.: cruciate sulcus (十字溝), Cor.S.: coronal sulcus (冠状回), Ant.Ssyl.S.: anterior suprasylvian sulcus (前シルヴィウス上溝), Diag.S.: diagonal sulcus (対角溝)。

らの求心性インパルスが皮質の錐体細胞膜の脱分極を起こし、これが電流の吸込み口となり、その結果生じるものであると考えられているので、本論文ではこれを考慮し、振幅 (図3, h)

が100 μ V以上の陽性 primary response (P) を解析の対象とした。

次いで Woolsey et al.⁶⁾ の所見や著者らの実験初期における口腔内投射の予備的検索によって、記録電極列の設置領域は、およそ図2のように、冠状回上8 \times 7mmの範囲であれば充分であることが確かめられた。図4は対側軟口蓋の電気刺激 (図左上の黒丸が刺激点) で得られた誘発電位の波形をそのまま皮質表面の各記録電極設置点 (格子点) 上に画いたものである。陽性 primary response (P) の振幅は冠状溝と対角溝 (diagonal sulcus) とで囲まれた冠状回上の特定部で大きく、その投射焦点は secondary response (S) に比べて明瞭であるといえる。口腔内の刺激部位が変わることによって、この primary response (P) の投射焦点の位置もわずかながら移動するが、その分布は始めに設定した格子点 (8 \times 7mm) の範囲を越えることはないと思われた。

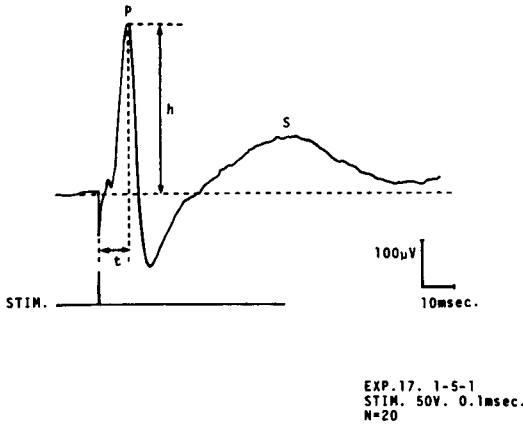


図3 応答電位波形の代表例
P : primary response, S : secondary response.
応答電位の陽性 primary response の振幅 (h) について解析した。STIM. : 刺激の時間 (電圧50V 持続時間0.1msec)。Cal : 100 μ V, 10msec.

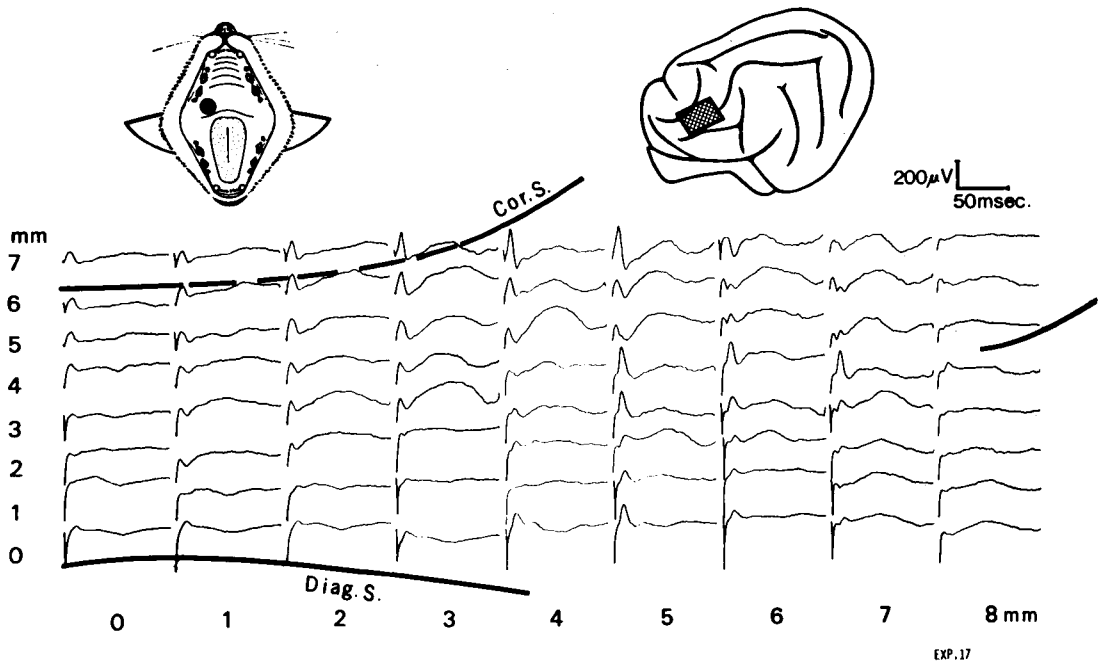


図4 電極設定部位 (図2) で得られた応答電位の分布
皮質表面の記録電極装着点で得られた応答電位をそれぞれ対応する部位にプロットしたものである。図左上のネコ口腔内の黒丸は刺激点を表わし、図の縦横の数字は電極間距離を示す (単位mm)。Cor. S. : 冠状溝, Diag. S. : 対角溝。電気刺激 : 電圧50V, 持続時間0.1msec.

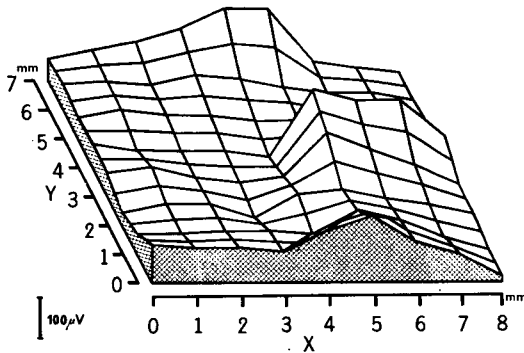


図5 誘発電位の3次元表示(3次元応答図)
 図4の誘発電位の陽性 primary response
 の振幅を計測して同一皮質表面上にプロット
 した図。X軸, Y軸はそれぞれ, 冠状回の吻
 側-尾側方向, 正中-外側方向を示す(単位
 mm)。投射の焦点が2箇所あることに注意。
 電気刺激: 電圧50V, 持続時間0.1msec.

II 応答電位の3次元表示

この投射焦点の部位的把握を容易にするため, 誘発電位の3次元表示が試みられた。図5は図4の陽性 primary response (P)の振幅(図3, h)を各誘発電位について計測し, これを高さの表示として記録格子の上にプロットしたものである。Y軸が対角溝-冠状溝間の距離を表わし, X軸が冠状回上の吻側-尾側方向の距離を表わしている。XY平面の点を座標表示によってP(X, Y)と表わすことにすると, 対側軟口蓋刺激に対して, P(5, 4)の部分で大きな応答が得られることがわかる。このように, 図を3次元表示することによって応答の分布および焦点が視覚的に把握しやすくなり, 従って刺激部位を系統的に変えながらこれに対応する個々の3次元表示を作図すれば, 刺激点と投射焦点の対応の変化の比較が容易になる。

a) 刺激点と皮質投射部位の対応

9匹のネコにつき, 口腔内各部位(上顎, 下顎の左右口腔前庭粘膜, 左右軟口蓋, 舌根, 舌尖部)の電気刺激に対する誘発電位を記録し, 約4000個のデータを素材として3次元表示を行った。その代表例を図6A, Bに示す。両図において, ネコの口腔スケッチは刺激点(黒丸)を, その周辺の3次元表示図(応答図)はネコ

の左側冠状回上の固定された格子(図2)で計測した投射焦点を表わしている。従って図6の(A-a), (A-c), (B-a)は記録部位に対して対側部の刺激で得られた応答図(対側性応答)を表わし, (A-b), (A-d), (B-b)は同側性応答図を表わすことになる。図6の上顎口腔前庭粘膜刺激に対する対側性応答図(A-a)はP(6, 5)に極大値を持ち, 同側性応答図(A-b)ではP(6, 4)に極大値を持っている。そして(A-a)の極大値は(A-b)の極大値より大きい。またP(2, 2)には対側, 同側刺激にかかわらず垂焦点のあることが窺われる。この事実は, 上顎口腔前庭粘膜からは対側性支配が優勢ではあるが, 対側, 同側とも投射焦点の位置に本質的相異がなく, SI領域でありながら両側性投射が行われていることを示す。このような両側性投射は下顎(A-c), (A-d), 軟口蓋(B-a), (B-b)でも同様に確認される。次に上顎と下顎の犬歯部口腔前庭粘膜からの投射を比較すると, まず対側投射において上顎投射でみられていた(A-a)のP(6, 5)の極大値は下顎投射(A-b)ではほとんど消失しており, わずかにP(2, 3)に垂焦点が残るのみである。しかも垂焦点の極大振幅は $100\mu\text{V}$ を越えることはない。この関係は同側投射(A-b), (A-d)についても言い得ることであって, 対側, 同側とも上顎投射は下顎投射に比べて圧倒的に優勢であった。この事実は興味のある所見であって, その生理学的意義については考察の部で記述する。

では, 口腔内諸構造前方(口唇側)と後方(咽頭側)からの投射には相異があるであろうか。上顎前方の口腔前庭粘膜刺激に対する応答図(A-a), (A-b)と上顎後方の軟口蓋刺激に対する応答図(B-a), (B-b)を比べると前者のP(6, 5)付近で見られた極大値は後者ではほとんど見られない。つまり, 口唇側の投射は咽頭側のそれに比べて明瞭で, 口唇に近い構造ほど強い投射が行われている可能性が予想される。そこで, これを投射優位側

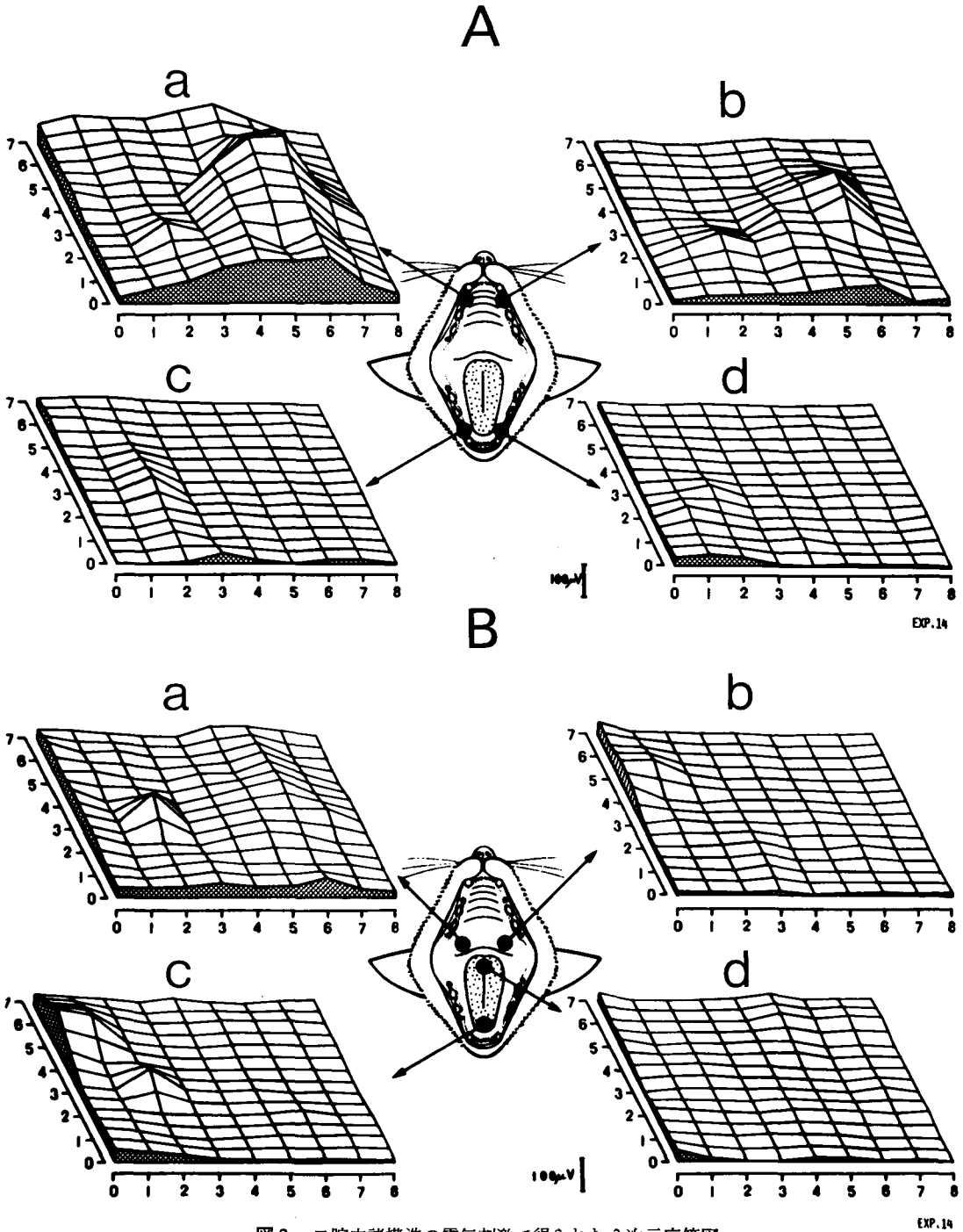


図6 口腔内諸構造の電気刺激で得られた3次元応答図

刺激部位の相異による投射焦点の変化を表わしている。図の中央はネコの口腔内の刺激点（黒丸）を表わし、その周辺は各刺激に対する応答電位の振幅の3次元表示を示す。縦軸、横軸の表示は図5と同じ。A-a : 上顎対側口腔前庭粘膜刺激、A-b : 上顎同側刺激、A-c : 下顎対側刺激、A-d : 下顎同側刺激、B-a : 対側軟口蓋刺激、B-b : 同側軟口蓋刺激、B-c : 舌尖部刺激、B-d : 舌根部刺激。電気刺激 : 電圧50V, 持続時間 0.1msec.

の考慮を必要としない舌の正中線上で観察すると、舌尖部刺激に対する応答図 (B-c) は舌根部刺激に対するそれ (B-d) に比べ P (1, 6) 付近にかなりの投射が存在する。しかし、舌根部応答図 (B-d) では、これが痕跡的にしか認められない。以上の事実は、上述の「口唇側に近い構造ほど強い投射が行なわれている」という予想を支持する所見と思われる。しかし著者らの知る限り、この所見は他に記載がないので重要なことと云えよう。

このような所見は①口腔諸構造の各部位からの投射密度の相異によるものか、あるいは②口腔内後方(咽頭側)からの投射は記録部位(格子点)以外の皮質に収斂していることによるのかをさらに精査する目的で次の実験を3匹のネコについて行った。

b) 皮質投射の強弱の吟味

口腔内からの感覚投射は両側性ではあるが、対側優勢であることはすでに述べた。そこで、対側(右側)の歯肉一口蓋移行部の粘膜または犬歯、臼歯の歯髄を選び、刺激点を犬歯部より臼歯部をへて軟口蓋へ移動しながら冠状回上の投射焦点位置と、その場で得られた誘発電位の極大値を求めた。図7 A, Bはその結果をまとめたもので、口腔スケッチは刺激点(黒丸印)を示し、大脳皮質前頭葉の黒丸は各刺激部位に対応した焦点位置を、右側のヒストグラムは陽性 primary response(P)の振幅を表わしている。図7 Aを見ると、対側犬歯に近い口蓋前外側部の電気刺激に対しては冠状溝より約3mm外側の前冠状回で180 μ Vの応答振幅が得られ、刺激が前臼歯に近い硬口蓋後外側部に移ると、投射焦点が外側にずれるとともに応答振幅は約120 μ Vに減少することがわかる。さらに、前臼歯と後臼歯に近い軟口蓋部の刺激では、投射焦点は内側に移り、その振幅は約71 μ Vへと減少した。これは口唇側より咽頭側に移動するに従い、感覚性投射の密度が低下するためと考えられる。

一方、図7 Bでは、歯髄の電気刺激に対する投射の強弱は図7 Aの成績と著しく異なる。つ

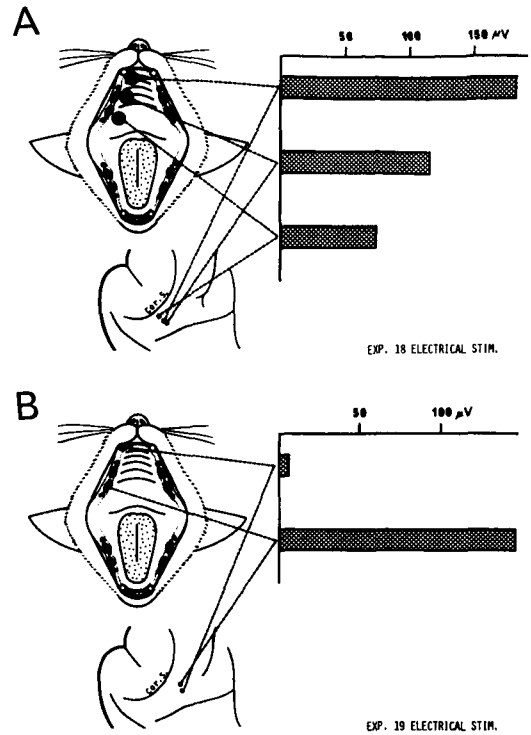


図7 口蓋部および歯髄刺激の部位差による応答振幅の変化

A : 口蓋部刺激に対する応答の最大振幅,
B : 歯髄刺激に対する最大振幅。A B いづれでも図左上はネコの口腔内の刺激点(黒丸印)を示し、図左下は各刺激に対して最大振幅の応答が記録された大脳皮質表面の部位(黒丸)を示す。図右は応答電位の最大振幅を表わす。
電気刺激 : 電圧50V, 持続時間0.1msec.

まり、一定の刺激電圧に対する応答は口唇側に近い犬歯歯髄刺激では約5 μ Vと小さいのに対し、咽頭側に近い前臼歯歯髄刺激では約150 μ Vと30倍の電位が観察された。これは口腔前庭粘膜、口蓋、舌などで見られた口腔内前方投射の優位性は、歯髄では成立していないことを意味する。

III 口腔内感覚投射の等電位図

a) 電気刺激による等電位図

図7において、口蓋粘膜や歯髄刺激のいずれにかかわらず、その投射焦点は少しばかり移動している。口唇側刺激では冠状回の外側に、咽頭側刺激では、わずかにその内側に投射してい

るかに思われる。このような投射焦点の規則的移動は Woolsey et al.⁶⁾により体表の触覚で報告された同型復原的投射が、口腔内諸構造でも見られるのではないかという疑問を提起する。このような、口腔内の部位的関係が大脳皮質上の投射部位間でいかに保たれているかを調べるためには、前述の3次元表示よりも皮質上の応答等電位図を求める方が適当と思われる。そこで、この方法により、口蓋内前後左右対称な4点の電気刺激に対する応答領域を求めた。

図8のネコの口腔スケッチは刺激点(黒丸1-4)を表わし、図中央の閉曲線は各刺激点に対して冠状回で得られた陽性 primary response(P)の振幅(図3, h)の $300\mu\text{V}$ 等電位線を表わしている。これによると、応答は十字溝の延長線(図左上, 点線)より尾側で冠状溝の外側約3mmの部位に存在する。いま、口腔内部位1(右側犬歯部), 2(左側犬歯部), 3(右側後臼歯部)および4(左側後臼歯部)の刺激に対する皮質上の等電位線で囲まれた領域をそれぞれ“対側前方応答野〔1〕”, “同側前方応答野〔2〕”, “対側後方応答野〔3〕”および

“同側後方応答野〔4〕”と呼ぶことにする。これらの応答野の局在を比較すると、対側前方応答野〔1〕は2個所に分離しているのに対し、他の応答野〔2〕, 〔3〕および〔4〕はそれぞれ1個所に局在し、互いに重なり合っている。そして対側後方応答野〔3〕は対側前方応答野〔1〕に含まれ、同側後方応答野〔4〕は同側前方応答野〔2〕に同心的に含まれている。このことは、口蓋の同一側どうしの応答野中心の距離〔1〕-〔3〕, 〔2〕-〔4〕は左右対称部位の応答野中心の距離〔1〕-〔2〕, 〔3〕-〔4〕よりも短かく、さらに刺激点1, 2, 3および4に対応する応答野の中心〔1〕, 〔2〕, 〔3〕および〔4〕を結ぶ線は決して四角形でない。この事実は、口腔内諸構造からの皮質投射には同型復原が認め難いことを意味する。

b) 刺激の modality と等電位図

本実験では操作の容易な電気刺激が多く用いられた。しかし、電気刺激では特定の感覚受容器だけを選択的に刺激することは困難で、幾種類もの受容器が興奮している可能性がある。従って、ただ一種類だけの受容器を選択できる適

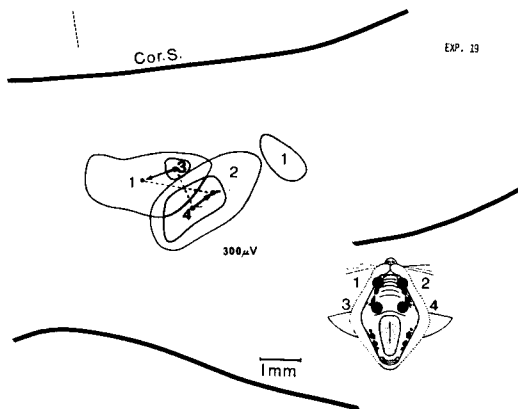


図8 口蓋の電気刺激で得られた等電位図

図右下の口腔内刺激点(黒丸)に対する応答電位の等電位線($300\mu\text{V}$)を皮質表面上に表わしている。上顎対側犬歯部の硬口蓋部に対応する等電位図は2個所に分散しているが、その他の等電位図は重なり合っていることに注意。1. 対側硬口蓋, 2. 同側硬口蓋, 3. 対側軟口蓋, 4. 同側軟口蓋。Cor.S.: 冠状回, 電気刺激: 電圧50V, 持続時間0.1msec.

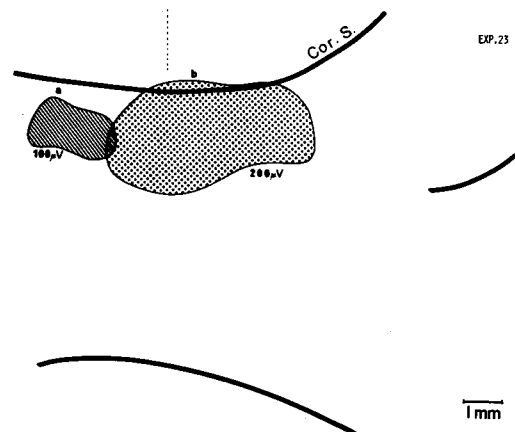


図9 刺激の modality と皮質投射

a: 口蓋前方の機械的刺激(圧30g, 持続時間20msec)に対する応答等電位図(振幅 $100\mu\text{V}$), b: 口蓋同一部位の電気刺激(電圧50V, 持続時間0.1msec)に対する等電位図(振幅 $200\mu\text{V}$)。aはbの吻側に位することに注意。Cor.S.: 冠状溝。

当刺激に対応する応答野は、電気刺激のそれと異なる可能性がある。そこでこれを比較するため、口腔内表皮に機械的刺激を与えて誘発電位を記録したのち、直ちに同一部位に電気刺激を与えて、それぞれの刺激に対する応答野を求めた。図9のaは硬口蓋前外側部に約30gの圧で持続時間20msecの機械的刺激を与えたとき発生する陽性 primary response (P)の振幅100 μ Vの等電位線で囲まれた領域を表わし、同図bは同一の口蓋部位の電気刺激に対する応答の振幅200 μ Vの等電位線で囲まれた領域を表わす。すでに述べたように、電気刺激に対する両側性応答野は前シルヴィウス上溝 (anterior suprasylvian sulcus)の延長線で、十字溝の延長線よりやや尾側の冠状回上に存在する。しかし、機械的刺激に対する両側性応答野は、わずかにこれと重複するが、明らかにこれより吻側に位置していた。さらに同図a付近は硬口蓋だけでなく、口唇内側、軟口蓋などの機械的刺激に対して両側性に応答することが確認された。

このように、口腔内同一部位に与える刺激の

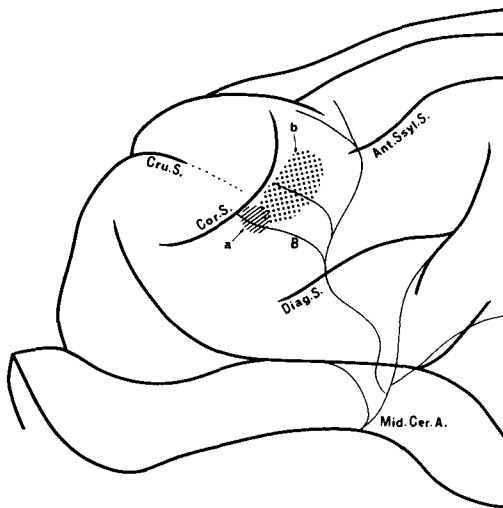


図10 口腔内からの皮質投射部位と血管走行

a : 口腔内の機械的刺激に対する応答野,
b : 口腔内の電気刺激に対する応答野。B : 中大脳動脈の冠状回上の分枝。血管Bが領域aの中を通過している。Mid.Cer.A. : 中大脳動脈, Cru.S. : 十字溝, Cor.S. : 冠状溝, Ant.Ssyl.S. : 前シルヴィウス上溝, Diag.S. : 対角溝。

種 (modality) によって、投射部位に相異をきたすことは、応答野の決定に当って細心の注意を必要とすることであろう。また、口腔内応答野を検索したり応答野の局在部位を表示する場合、冠状回は吻側一尾側方向に広いため、回や溝の他に投射部位を定める何らかの指標が必要となる。著者らが20匹を越える被験動物について血管走行を観察したところ、前冠状回に存在する中大脳動脈の分枝 (図10, B)の走行が各個体で割合規則的であることが確認された。しかも、そのBの走行は口腔内部位の機械的刺激に対する応答野aときわめて近いが、あるいは応答野中を横断することがわかった。従って、脳溝および回と合わせて皮質上を走行する動脈の位置が応答野の所在の決定に有用であると考えられる。

考 察

誘発電位法によって体性感覚の大脳皮質投射を調べる場合、刺激点を固定して皮質上の記録電極を移動する方法と、記録電極を固定して刺激点を移動する方法の二つがある (Woolsey⁵⁾)。しかし、どちらも体表面と皮質間の投射の対応を調べる場合は能率の悪い方法であると思われる。本実験では末梢側の複数固定点を刺激し、皮質上に8本の記録電極を1列に並べ、これを一定の間隔で移動し、応答を記録する方法を用いた。これにより計測時間が短縮され、比較的広範囲な皮質面で再現性のよいデータの収集が可能になった。

1 投射部位と両側性支配

Adrian¹⁾⁸⁻⁹⁾によって発見された大脳皮質に対する体性感覚の二重投射の問題は Woolsey et al.²⁻⁷⁾の系統的仕事によって確認され、これらの投射領域は第一体性感覚野SIおよび第二体性感覚野SIIと名づけられた。上・下肢、体幹、顔面の皮膚感覚 (触覚)は、SI, SII上で同型復原的に投射し、SIとSIIの区別は支配側の相異と潜時の長短によりなされている。一般に、SIは対側性支配であるのに対し、SIIは両側性支配で、しかもネコでは、その潜時は前者が後

者より長いと言われている。Woolsey et al.⁶⁾ のネコの成績によると、顔面領域は前シルヴィウス上溝の延長線上に投射し、しかも SI, SII は互いに口唇を接するように直角に隣接している。そのうえ、口腔内からの投射は両側性に SI の吻側部へ投射しているという。実際に、この投射の皮質面での地理的条件と、SI には例外的な両側性支配は、顔面、口腔領域 (oro-facial area) の皮質投射の区分を曖昧にし、口腔感覚の投射の研究を困難にしている一因と思われる。著者らはここに着目し、口腔内諸構造から大脳皮質へおよぶ投射様式を詳らかにしようとした。

まず、3次元応答図法を用いて、口腔前庭粘膜、口蓋、舌からの投射焦点を検索したところ、その局在は前シルヴィウス上溝と十字溝の延長線の交わる冠状回上の一部にあった。しかも、投射特性は対側優勢ではあるが、両側性支配が行われていることが確かめられた。

2 投射密度の変化とその生理学的意義

次いで著者らは、上顎、下顎の口腔内対向位置の電気刺激に対する3次元応答図の比較から、上顎の投射焦点は下顎のそれに比べて著明であることを発見した(図6)。また口蓋、舌などの感覚投射の部位的強弱の変化については、それぞれ得られた3次元応答図の投射焦点の分布や、誘発電位の振幅の極大値の計測吟味によって、口唇側からの投射密度は高く、咽頭側に行くに従ってその密度は減少することが立証された(図7)。これらの事実は極めて興味のある所見であって、口腔内感覚投射は上顎優勢で、しかも口唇側に近い部位の感覚は咽頭側のそれに比べて鋭敏で、より機能的であることを示唆する。いま、摂食、咀嚼、嚥下という一連の基本的行動を勘案すると、食物の咬断、粉碎および異物除去は主に前歯部で行われ、食物が臼磨されて軟質の食塊が形成されると反射的に嚥下運動が始まるという生理学的現象にとって上記の口腔感覚特性は好都合に思われる。河村¹⁰⁾も「口唇、前部歯肉、切歯や犬歯など口の

一般に感覚が鋭敏で、口の中にとり入れた物質の中から必要なもの、不必要なものを選択し、有害物が咽頭部に到着する前にできるだけ発見し、これを取り除くのに都合よく働いている」という見解を述べている。

3 口腔内同型復原の問題

図8のごとく、口蓋内の4点を選び、それに対応する等電位図を求めたところ、刺激部位の位置関係と相似的な4つの皮質投射焦点を検出することは不成功であった。これは同型復原的投射が行われていないことを示唆するかもしれない。そもそも、同型復原の問題は触覚刺激に対する投射について行われてきた(Werner et al.¹¹⁾)。従って刺激の種が変われば投射様式も変化することが考えられる。すなわち、口蓋内4点に与えた電気刺激は、その部位に局在した外受容器にとって必ずしも適当刺激とは言えないので、同型復原が見られなかったと考えることもできる。そこで、同一部位に機械的刺激(適当刺激)と電気刺激を与えて等電位図が求められた。図9のごとく、各投射部位は違うものであった。Oscarsson et al.¹²⁾ はネコの対側前肢の cutaneous fiber と、group I fiber を刺激し、筋からの投射は大脳皮質の後S状回の dimple 近傍に存在するが、皮膚からの投射部位はこれの前後に存在することを確認した。また Mountcastle et al.¹³⁾ はサルの体性感覚領域(SI)の3, 1, 2野において、3野のニューロンは触覚の投射を受けるが、2野のニューロンは関節などの深部から投射を受けると述べている。これらは、同一部位でも刺激の種によって皮質投射部位に差が生じることを示している所見といえよう。とすれば、前冠状回で見られた機械刺激に応答する領域を触覚刺激を用いて精査することにより、口腔内の同型復原的投射が見出される可能性がまだ残っていることになる。このことについては、他日、別の論文で報告したい。

結 論

ネコの口腔内諸構造(口腔前庭粘膜、口蓋、

舌など)に電気刺激を与え、左側前頭葉冠状回の格子点72点で誘発電位を記録し、3次元応答図および等電位図などを求め、それぞれの刺激に対応する大脳皮質投射の特性を調査した。

1. 口腔領域からの投射は冠状回の一部に限局し、その投射焦点は十字溝および前シルヴィウス上溝両者の延長線が交差する点よりやや尾側に位置していた。
2. この部位は第一体性感覚野 (SI) でありながら、両側性投射をなし、しかも対側優勢支配が見られた。
3. 上顎、下顎、の口腔内対向部位からの投射を比較すると、上顎側からの投射は、より著明で、主投射焦点と亜投射焦点の2つが観察された。
4. 口蓋、舌などの前方(口唇側)と後方(咽頭側)からの投射密度を比較すると、前方か

らの投射が著明で、口唇側の体性感覚は咽頭側のそれより鋭敏であることを示した。

5. 口蓋の前後、左右4点の粘膜下電気刺激に対応する皮質上の等電位図は殆んど重複するので、口腔内構造の同型復原は認め難いものと想定された。
6. しかも、口腔内同一部位からの冠状回に投射する領域は、用いる刺激の種によって異なることが見出された。因に機械的刺激で得られる投射焦点は、電気刺激で得られるそれよりもやや吻側に位置していた。
7. この事実は機械的刺激または適当刺激を用いて投射焦点を精査すれば、同型復原を検出できる可能性を示唆するものと思われた。

謝辞；実験並びデータ整理に協力して頂いた浦田静子嬢に感謝する。

Abstract : The evoked cortical potentials (EP), elicited by electrical stimulation of the oral structures, such as palate, gingiva, tongue and tooth pulps, were recorded in somatosensory areas SI and SII. Then, the height of the positive primary responses were measured and topographical changes of excitability in the cortices were manifested with three dimensional pictures, or contour lines, of a given voltage in amplitude of the EP. It was found that the foci projecting from the oral cavity were located on the circumscribed region of the anterior coronal gyrus and overlapped partially on the "facial projection area", which was reported by Woolsey et al. The foci were innervated bilaterally in a manner of contralateral dominance. The density of projection from the maxilla was found to be higher at the foci than that from the mandible. When the stimulus sites were moved in rostrapharyngeal direction of the palate, amplitude of the EP obtained by stimulation of the rostral mucus membrane were larger than that obtained by stimulation of the pharyngeal one. This finding indicated that the projection from the palate showed a rostral dominance. It was, however, difficult to recognize the homologous representation of the oral cavity on the surface of the coronal gyrus. The projection area obtained by mechanical stimuli which were applied to the medial part of the palate was situated rostrally 2-3 mm apart from the areas obtained by electrical stimulation at the same place. These results, mentioned above, were compared with other authors' findings and briefly discussed.

文 献

- 1) Adrian, E.D. : Double representation of the feet in the sensory cortex of the cat. *J. Physiol.* 98 : 16-18, 1940.
- 2) Woolsey, C.N. : "Second" somatic receiving areas in the cerebral cortex of cat, dog and monkey. *Fed. Proc.* 2 : 55-56, 1943.
- 3) Woolsey, C.N. and Wang, G.H. : Somatic sensory areas I and II of the cerebral cortex

of the rabbit. *Fed. Proc.* 4 : 79, 1945.

- 4) Woolsey, C.N. and Fairman, D. : Contralateral, ipsilateral and bilateral representation of cutaneous receptors in somatic areas I and II of the cerebral cortex of pig, sheep, and other mammals. *Surgery* 19 : 684-704, 1946.
- 5) Woolsey, C.N. : Patterns of sensory representation in the cerebral cortex. *Fed. Proc.* 6 : 437-441, 1947.

- 6) Woolsey, C.N. : Organization of somatic sensory and motor areas of the cerebral cortex. : in *Biological and biochemical bases of behavior*. Univ. of Wisconsin Press., Madison, pp63-81, 1958.
- 7) Woolsey, C.N. : Cortical localization as defined by evoked potential and electrical stimulation studies. : in *Cerebral localization and organization*, Univ. of Wisconsin Press. pp17-32, 1964.
- 8) Adrian, E.D. : Afferent discharges to the cerebral cortex from peripheral sense organs. *J. Physiol.* 100 : 159-191, 1941.
- 9) Adrian, E.D. : Afferent areas in the brain of ungulates. *Brain* 66 : 89-103, 1943.
- 10) 河村洋二郎 : 口腔生理学, 第1版, 永末書店, 京都, 89-121ページ, 1966.
- 11) Werner, G. and Whitsel, B.L. : Topology of the body representation in somatosensory area I of primates. *J. Neurophysiol.* 31 : 856-869, 1968.
- 12) Oscarsson, O. and Rosen, I. : Short-latency projections to the cat's cerebral cortex from skin and muscle afferents in the contralateral forelimb. *J. Physiol.* 182 : 164-184, 1966.
- 13) Mountcastle, V.B. and Darian-Smith, I. : Neural mechanisms in somethesis : in *Medical physiology*, 12th ed., Mosby Co., St Louis, pp1372-1423, 1968.