

TR - H - 136

ヒトおよびチンパンジーの舌筋の比較研究

竹本 浩典

1995. 3. 27

ATR人間情報通信研究所

〒619-02 京都府相楽郡精華町光台2-2 ☎ 0774-95-1011

ATR Human Information Processing Research Laboratories

2-2, Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-02 Japan

Telephone: +81-774-95-1011

Facsimile: +81-774-95-1008

ヒトおよびチンパンジーの舌筋の比較研究

第4研究室

(京都大学理学部自然人類学研究室)

竹本 浩典

要約 化石人類の声道を復元し、発話モデルを構築するための基礎研究の一環として、ヒトおよびチンパンジーの舌筋の比較を行った。舌の内部はヒト、チンパンジーともに正中断面で4層に分けられる。深層から順に、第1の層はオトガイ舌筋のみで構成され、第2の層はオトガイ舌筋と横舌筋が交互に重なり並び、第3の層はオトガイ舌筋と上縦舌筋が直交し、最上の第4の層は舌粘膜が舌粘膜下組織および舌腱膜の上を覆い、かつ舌の最表層をなしている。また、ヒト、チンパンジーともオトガイ舌筋のすぐ外側を垂直舌筋が走っており、これらの2筋はともにその前後を横舌筋に挟まれていることが明らかになった。

緒言

ヒトが進化のどの段階で音声言語を使い始めたのかは非常に興味深く、人類学の最も大きな課題の一つである。そのアプローチには様々な方法があるが、その1つに化石人類の発話器官を復元し、その形態から発声可能な音声をシミュレートすることがある。このようにして化石人類の構音能力を推定すれば、音声言語のハード的な起源を考察することができる。

この方法はLiebermanをはじめ、従来から行われてきており、特にネアンデルタール人の構音能力の推定は有名である(Lieberman, 1971)。しかし、これらの従来の方法では2つの大きな問題点があった。第1は化石人類の声道を復元する方法であり、それは常に経験に基づいただけの、定量化されない客観性に乏しい方法がとられてきた。事実、Liebermanらのとった方法はすぐに比較解剖の立場から批判されている(Falk D, 1975)。第2はその復元した声道に対する音響解析であり、声道形状の変化を考える上で必要とされる舌の変形や喉頭の上下運動、口の開閉などの問題を直接には扱っていなかった。

現在のところ、第1の問題に関しての有効な解決法は見つかってはいない。しかし、最近のコンピューターの発達により、第2の問題に関して1つの解決法が提示された。それは、有限要素法を用いて筋肉の走向などから力学的に舌の変形を扱う方法である。有限要素法は非常に多くのコンピューター資源を必要とするので、今

日のようにコンピューターが発達するまでは簡単に利用できなかった。現在コンピューター上で、その有限要素法を用いて舌の変形を扱うことにより、自然な形で発話器官のモデルが構築されている（平井・本多、1993）。

この手法を化石人類へ応用するためには、舌筋の形態や構造などの基礎となる解剖学的データが不足している。ヒトの舌や声道は、もともとはチンパンジーのような霊長類的な形状が進化したものと考えられることから、ここでは音声言語の起源を求める基礎的研究の一環としてヒトとチンパンジーの舌を解剖し、舌の構造を明らかにする。

材料および方法

解剖に用いた標本は成人男性1名とチンパンジー成獣メス1頭の頭頸部アルコール固定標本である。ヒトの標本はすでに正中断されており、その右側を用いた。チンパンジーも正中断されていたが、舌および喉頭、食道の3者は正中断されずにオートガイ舌筋、オートガイ舌骨筋、莖突舌筋等とともに左側頭頸部に残されていた。そこで舌に関しては、正中断面の観察には正中断した右側を、前頭断の観察には左側を材料としてそれぞれ用いた。観察は実体顕微鏡下で行い、記録には写真撮影とスケッチを併用した。

結果と考察

I. 舌の概形（図-1、2）

舌は口腔底の後部から隆起して内部に複数の筋肉が存在し複雑に交錯している。ヒトの舌の概形は全体としてイチジク型、すなわち舌尖でやや尖るが、その後部では球形を呈して舌根に至る。これに反してチンパンジーでは全体として伏せた舟形で、ヒトの舌と比べて著しく前後に長く偏平である。前後方向にかけて厚み、幅とも変化が少ない。しかし、内部構造についてはヒトとチンパンジーで原則的にほとんど変わらない。ここではまず両者に共通の構造を、筋の走向と形成する層を基準に概観する（図-1～8）。

舌の浅層および最深部には舌根から舌尖に向けて縦走する筋群が存在し、深層にそれらの筋群と直交する方向に走る筋群が存在する。前者については、上縦舌筋、莖突舌筋、下縦舌筋舌、舌骨舌筋がある（図-1、2、4）。後者については、オートガイ舌筋、横舌筋、垂直舌筋がある（図-1、3、5）。各筋についての詳細は後に述べる。

次に、正中断面において見られる層構造と筋の関係について述べる（図-3、5）。

ヒト、チンパンジーともに舌を構成する筋によって舌の深層から順に次の4層に分けられる。第1層はオトガイ舌筋のみで構成され、第2層はおもにオトガイ舌筋、および横舌筋によって構成され、第3層はおもにオトガイ舌筋、および上縦舌筋によって構成され、第4層は最上で、舌腱膜、舌粘膜下組織、舌粘膜によって構成される。ただし、この構造は正中面をはずれると必ずしも成立しない。その理由は、正中面付近ではオトガイ舌筋の密度が高く、正中面から離れるにつれて垂直舌筋の密度が高くなるためである。

II.各舌筋の構造およびその機能

1.オトガイ舌筋

図-3、5に見るように舌内で最も大きな筋であり、ヒト、チンパンジーとも下顎骨のオトガイ棘とその周辺から起こって、後上方に扇形に広がりつつ舌背に達する。その拡がりには舌根から舌尖付近まで届くが、舌尖に達しない。層別に見ると、第1層では筋線維が集まり薄い板状を呈し、重なり合って全体として扇状をなす。第2層ではやはり板状を呈する横舌筋とほぼ交互に重なり並ぶ構造である。また、第2層では筋線維が次第に左右に放散を始める。第3層では上縦舌筋と交差する。第2、第3層の正中面からやや離れたところで垂直舌筋と平行して舌の表面に対し垂直に走り舌腱膜につく(図-1、7、8)。なお、ヒトでは一部の筋線維束が舌骨体前面の固い結合組織にまで達しているのが観察されたが、チンパンジーでは明瞭ではなかった。この筋の機能は前部では舌背の正中面付近を窪ませ、後部では舌根部を前方に引くと推定される。また、前部で片側のみを収縮させると舌をその側片方へ傾けると推定される。

2.舌骨舌筋

図-2、4に見るようにこの筋は、ヒト、チンパンジーともに舌骨体、小角、大角の上面から発して、オトガイ舌筋の外側、茎突舌筋の内側を通り、舌の上面に放散している。茎突舌筋と交差する部分では、茎突舌筋の筋線維束が舌骨舌筋の筋線維束の間をぬけて舌の内部へと入り込む。この構造はヒトではかなり規則正しく繰り返されるがチンパンジーではそうでない。また、チンパンジーでは舌骨舌筋の一部が茎突舌筋とともに舌尖へ縦走するが、ヒトではそのようなことはない。この筋が収縮すると、ヒトでは舌後部の側縁を下方に引き下げるため舌全体を後下方に引くが、チンパンジーでは舌の屈曲が小さく、全体として縦走しているために舌をほぼ後方に引くと推定される。この筋が片側だけ収縮すれば舌を外側に向けると推定される。

3.茎突舌筋

この筋はヒトでは側頭骨の莖状突起から起り、舌骨舌筋の外側で舌の側縁に沿って縦走し、舌の下面にまわり込みながら舌尖に至る（図・2）。チンパンジーではヒトの莖状突起に相当する部分から起り、舌骨舌筋の外側で舌の側縁に沿って縦走し舌の下面にまわり込みながら舌尖に至る（図・4）。ヒト、チンパンジーとも、舌骨舌筋と交差した後縦走する部分はほぼ水平に走るが、この部分を本研究では莖突舌筋の舌部と呼び、それ以外の部分を舌外部と呼ぶことにする。ヒトの場合、莖状突起がかなり下方に伸長しているため、莖突舌筋の舌部と舌外部のなす角度はチンパンジーに比べて小さい。ヒト、チンパンジーともに莖突舌筋は舌骨舌筋の筋線維束の間から舌内に筋線維束を送り込みつつ走るが、その筋線維束は横舌筋と平行でオトガイ舌筋の間に挟まれるようにして横走し正中面に至る（図・6）。しかし、ヒト、チンパンジーとも標本がすでに正中断されていたので、その正確な停止部位は現在のところ未確認である。この筋の機能は舌部では舌体の前後長を縮め、舌外部では舌体を水平かやや後上方に引くと推定される。

この筋が片側のみ収縮すると舌尖を外側に曲げると推定される。

4. 口蓋舌筋

成書によればヒトのこの筋は、「口蓋舌弓の中にあつて横舌筋のつづきをなし、舌の側縁からでて口蓋舌弓のなかを上内側に走って軟口蓋に至り、反対側の同じ筋と結合する」とあるが、使用したヒトの標本は正中断されており、反対側の筋との結合は未確認である。また、筋線維が少なく小さいために、横舌筋の続きをなしていることも未確認である。その他の部分に関しては成書のとおりである。チンパンジー標本ではこの筋は舌の側縁で切断されており、かつ正中断されていたのでその口蓋舌弓部と軟口蓋部の筋の走り方は未確認である。チンパンジーでは、この筋の相対的な大きさはヒトと比べて大きい。舌の側縁からは莖突舌筋と平行して前下方に向い、一部の筋線維束は縦走して舌尖に至る（図・4）。その他の筋線維束は舌側縁部の中央で舌内に入ることが確認されたが、横舌筋との連続は現在のところ未確認である。この筋が収縮すると口峽を狭めると推定される。

5. 横舌筋

成書によればヒトのこの筋は、「舌中隔から起り、舌内を横走し舌の側縁部に至る」とあるが、ヒト、チンパンジーとも標本が正中断されているので起始部は未確認である。図・3、5のように舌根から舌尖までほぼまんべんなく存在し、その筋線維束は薄い板状をなし、オトガイ舌筋と第2層で交差する。図・6、7、8に示すように舌の斜め前方から斜め後方に向けて走り、オトガイ舌筋と垂直舌筋を間に挟んでいる。この筋肉の存在する第2層は、その上下の第1層および第3層との境界に発達した結合組織を作り、はっきりと区分されている。この筋が

収縮すると舌の左右幅が縮まると推定される。

6. 垂直舌筋

図-7、8に示すようにこの筋は、ヒト、チンパンジーともに舌の下面から起り、はじめは上方やや内側に走り、舌深動脈の上方でオトガイ舌筋と並び、ともに舌の上面に対して垂直に走り舌腱膜につく。舌の下面付近ではそれほど明瞭ではないが、上面に近づくとつれその筋線維束は薄い板状となり、舌深動脈より上方ではオトガイ舌筋とともに前後を横舌筋に挟まれ、舌尖から舌根まで重なり並ぶ。この筋の収縮は舌の上下径を狭めると推定される。

7. 上縦舌筋

この筋は、図-1、2、4、7、8のように舌根部から舌尖まで存在し、舌の上面および側面を縦走する。成書によればヒトのこの筋は、「舌腱膜から起こってつぎつぎ舌腱膜に停止し、その距離は深層のものほど長くなる」とあるが、ヒト、チンパンジーとも確認できなかった。この筋肉は正中面付近で最も筋線維の密度が高い。ヒトでは第3層においてオトガイ舌筋よりもこの筋の方が密度が高いが、チンパンジーでは逆にオトガイ舌筋のほうが密度が高い。この筋が収縮すると舌を巻き上げたり左右に曲げたりすると推定される。

8. 下縦舌筋

この筋は、ヒト、チンパンジーとも舌の下面において舌根部から舌尖まで存在し、茎突舌筋の内側でオトガイ舌筋の外側を縦走している（図-2、4）。この筋の両側が収縮すると舌の前後長が縮み、片側のみの場合、舌体を左もしくは右に屈曲させ舌尖が外側に向くと推定される。

オトガイ舌骨筋について

この筋は上方でオトガイ舌筋、下方で顎舌骨筋とに挟まれる。起始は下顎骨のオトガイ棘およびその周辺であり、後方に走り舌骨体の前面に付着する。チンパンジーでは相対的なサイズは著しく大きい、逆にヒトではそのサイズは小さい。この筋が収縮すると舌骨を前方に引き、舌が全体として前方に引かれると推定される。

舌の正中面の第4層について

第4層は下層から舌腱膜、舌粘膜下組織、舌粘膜で構成される。ヒトでは舌根部でやや厚くなる程度であるがチンパンジーではその部位と周辺で著しく厚い（図-3、5）。

謝辞

最後に、ヒトとチンパンジー標本の観察許可および解剖の指導をしていただいた関西医科大学の葉山杉夫助教授と、MRI画像の使用を快諾し、その画像処理および発話器官のシミュレーションなどの指導をしていただいた本多清志博士をはじめ、第4研究室の皆様にご心より感謝いたします。

文献

Lieberman P, and E. S Clelin ; On the Speech of Neanderthal man.

Linguistic Inquiry, 2 : 203-222, 1971

Falk D ; Comparative anatomy of the larynx in man and chimpanzee.

Am. J. Phys. Anthrop., 43: 123-132, 1975

平井・本多、日本音響学会講演論文集 3-P-27 1993

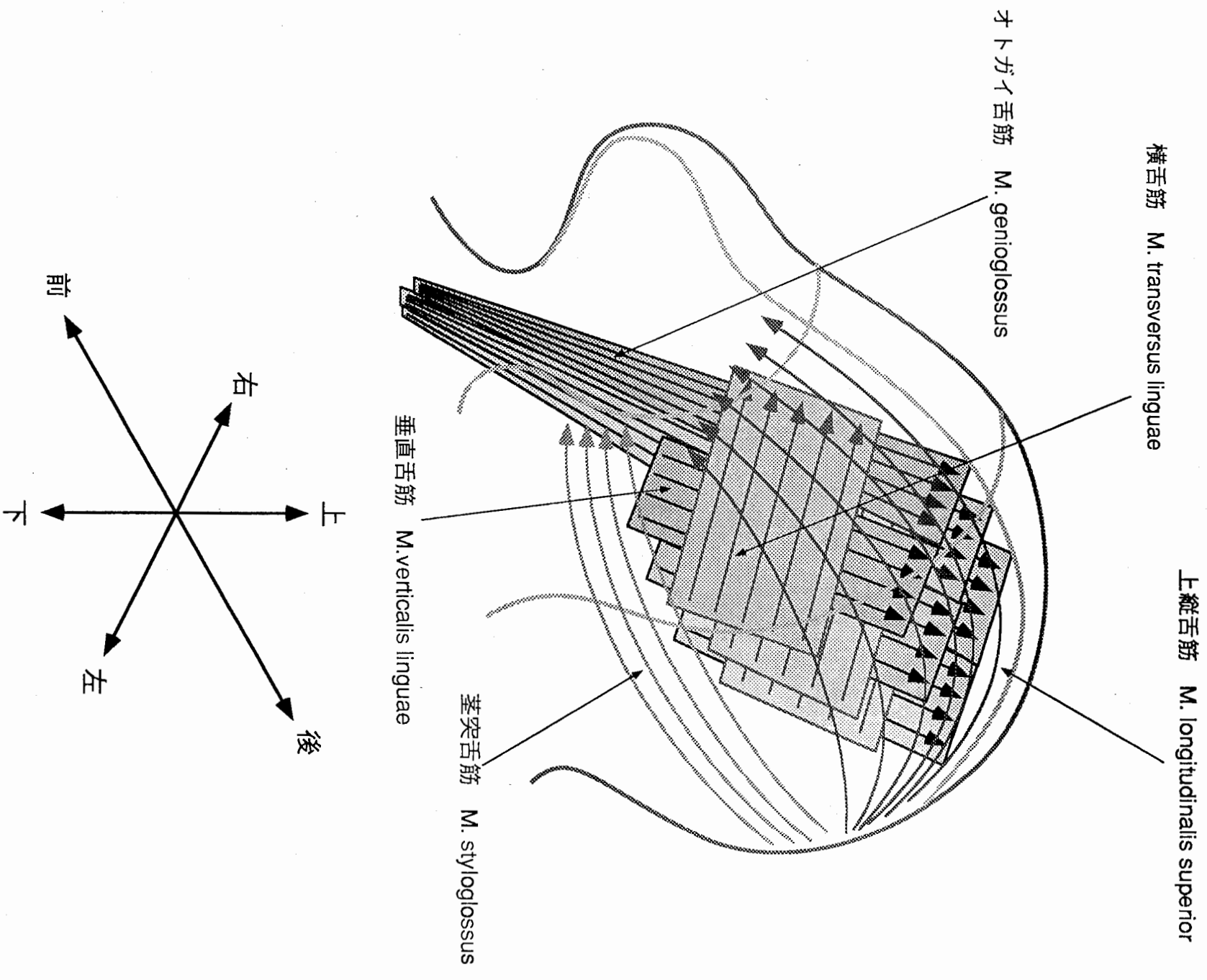


図-1 ヒトおよびチンパンジーの舌の筋系の構造-模式図

注：舌の概形はヒトのものを用いた。

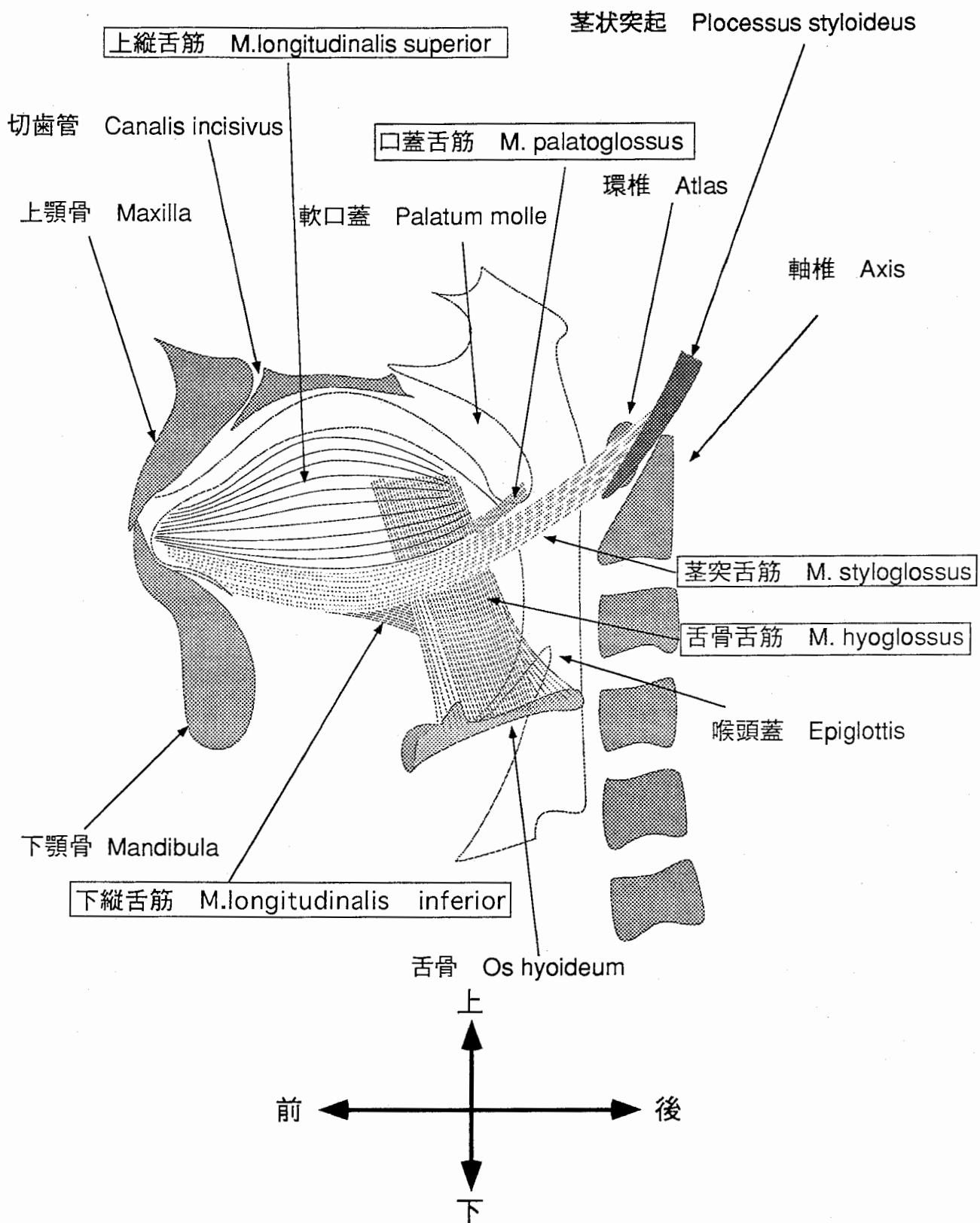


図-2 ヒトの舌の筋肉-浅層

切歯管 Canalis incisivus

オトガイ舌筋 M. genioglossus

上顎骨 Maxilla

軟口蓋 Palatum molle

横舌筋 M. transversus linguae

上縦舌筋 M. longitudinalis superior

環椎 Atlas

軸椎 Axis

喉頭蓋 Epiglottis

舌骨 Os hyoideum

顎舌骨筋 M. mylohyoideus

オトガイ舌骨筋 M. geniohyoideus

下顎骨 Mandibula

茎突舌筋 M. styloglossus

上

前

後

下

注：横舌筋だけは、この紙面と垂直方に走行している。

図-3 ヒトの舌の筋肉-深層

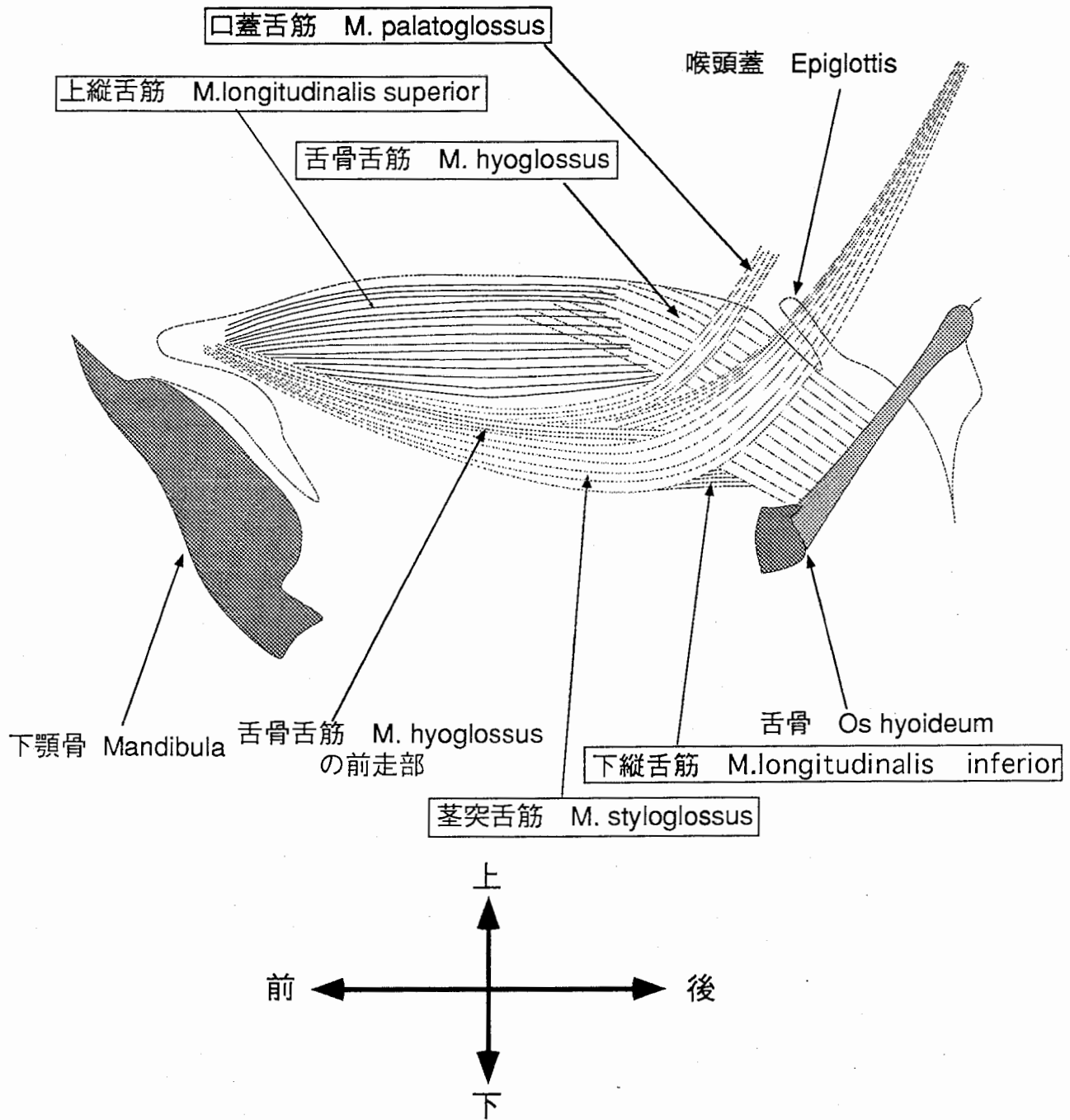
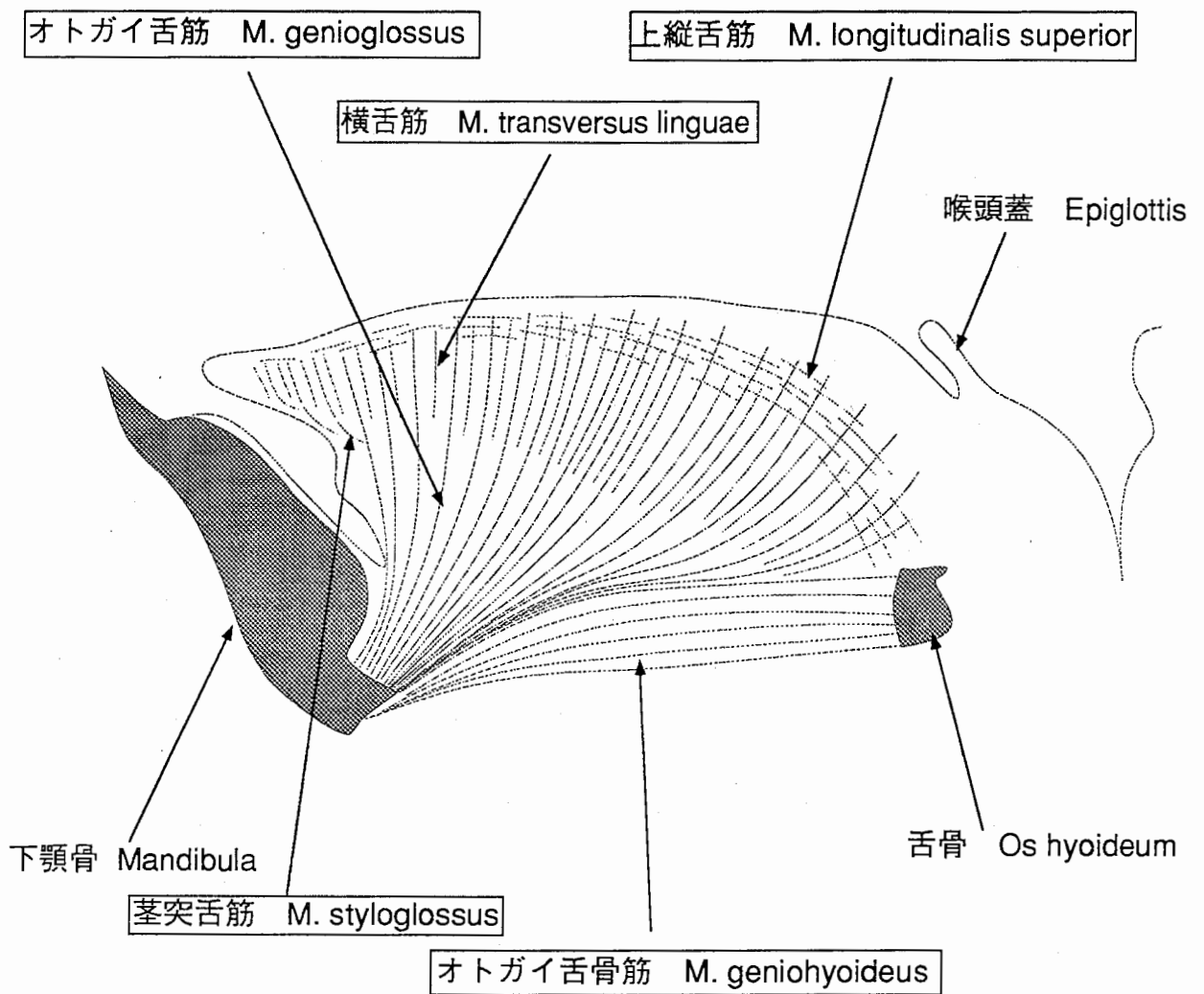


図-4 チンパンジーの舌の筋肉-浅層



注：横舌筋だけは、この紙面と垂直方向に走行している。

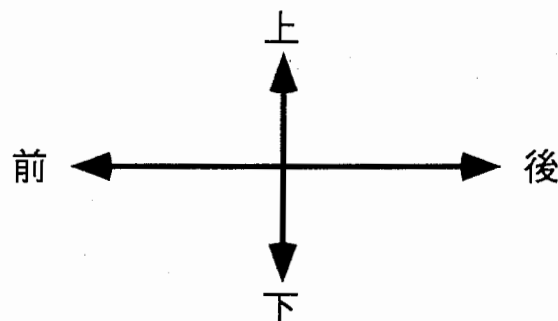
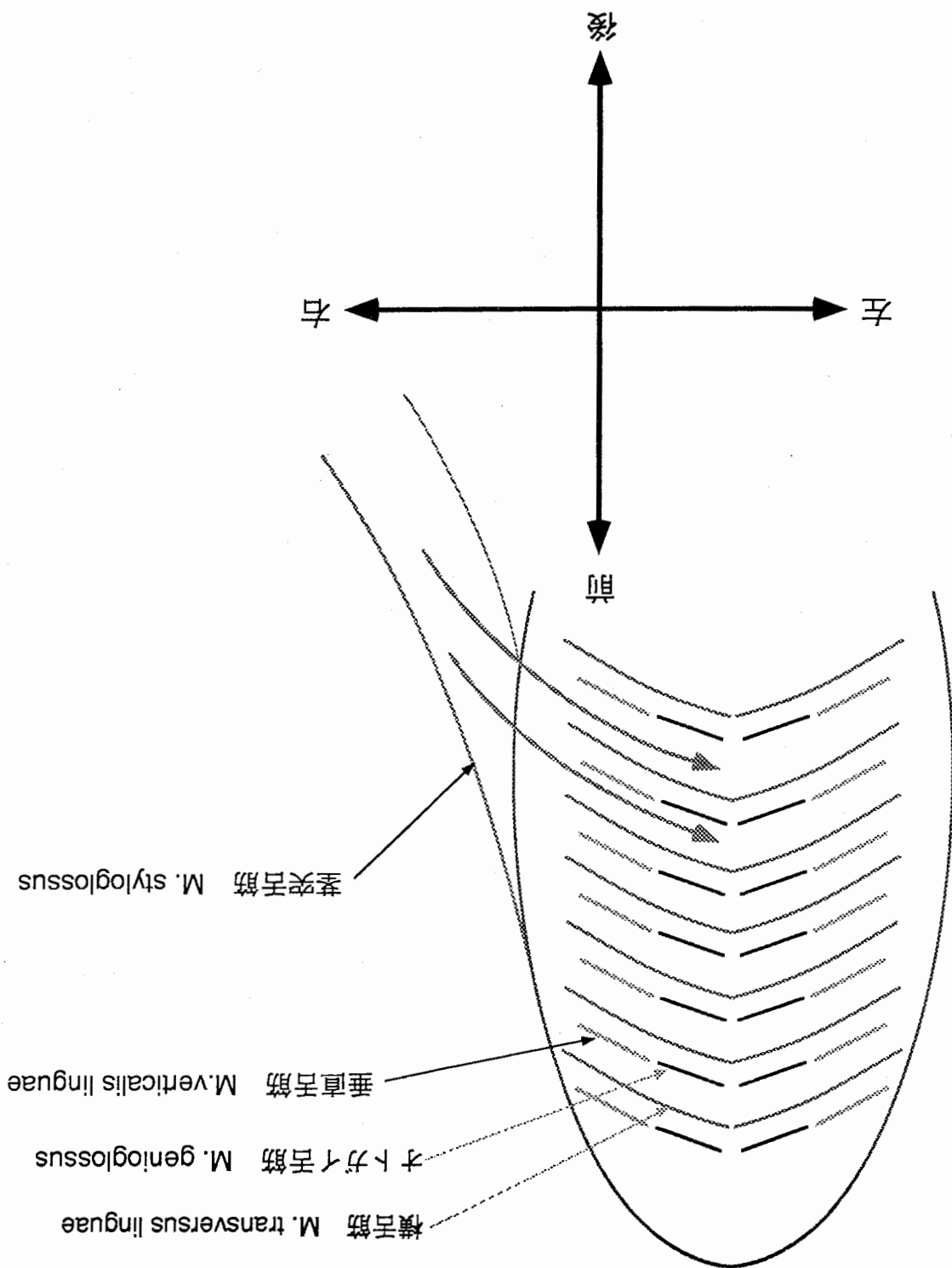
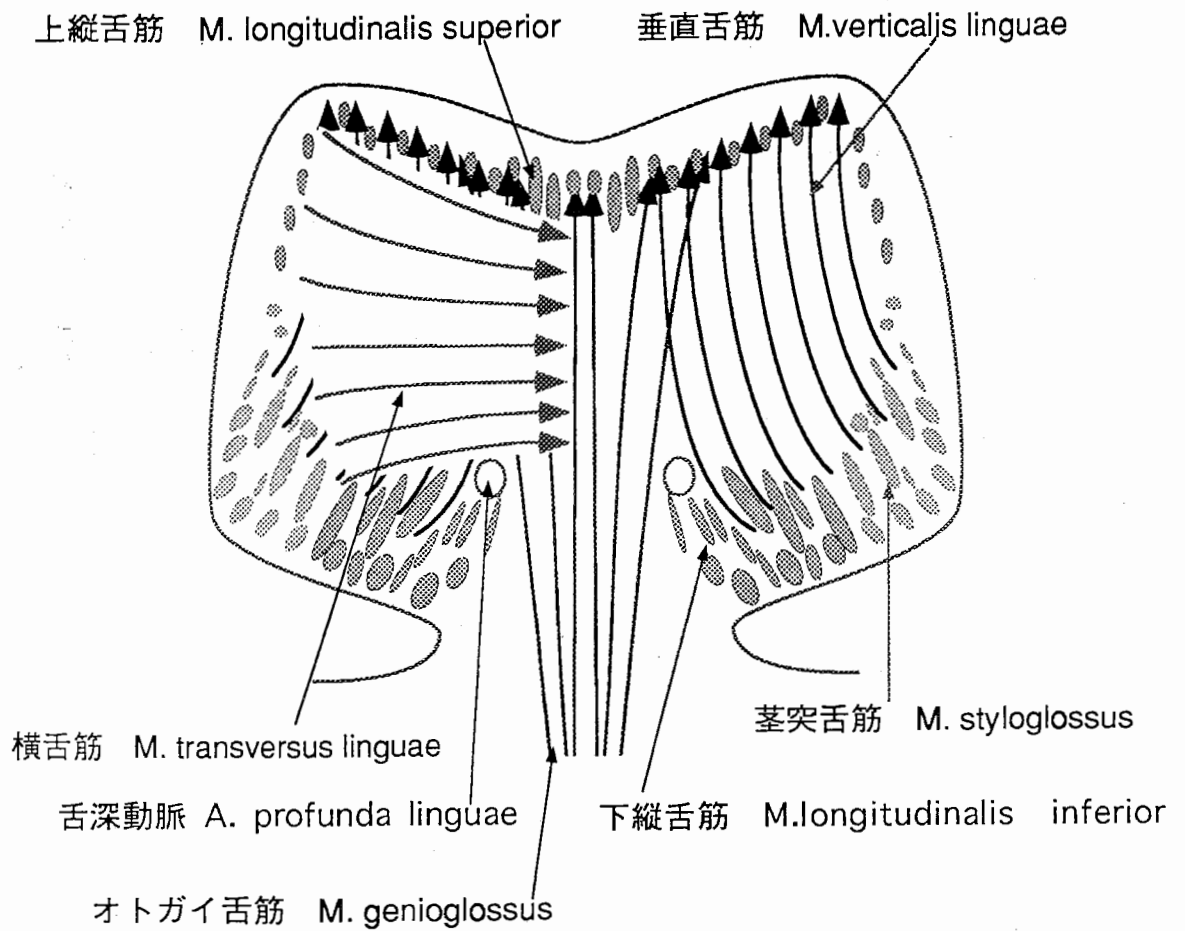


図-5 チンパンジーの舌の筋肉-深層

図-6 トおよびチンパジ-の舌を上面から見た図





右 ← → 左

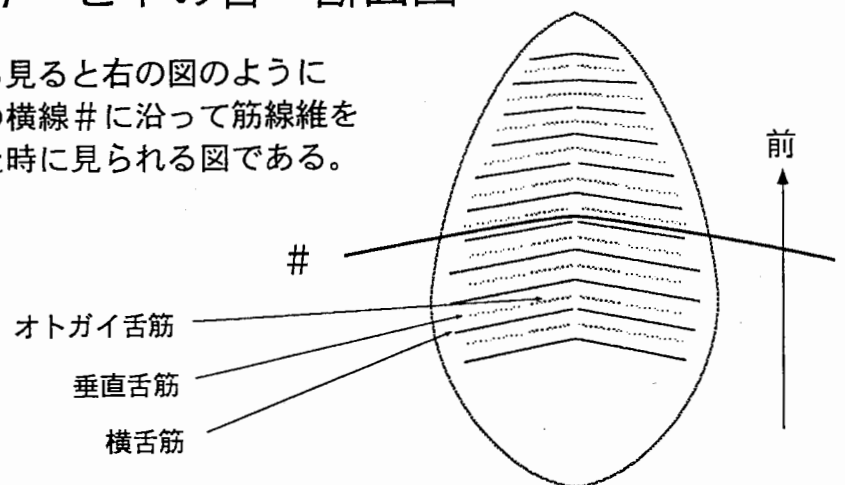
注：紙面手前が前方（舌尖の方向）

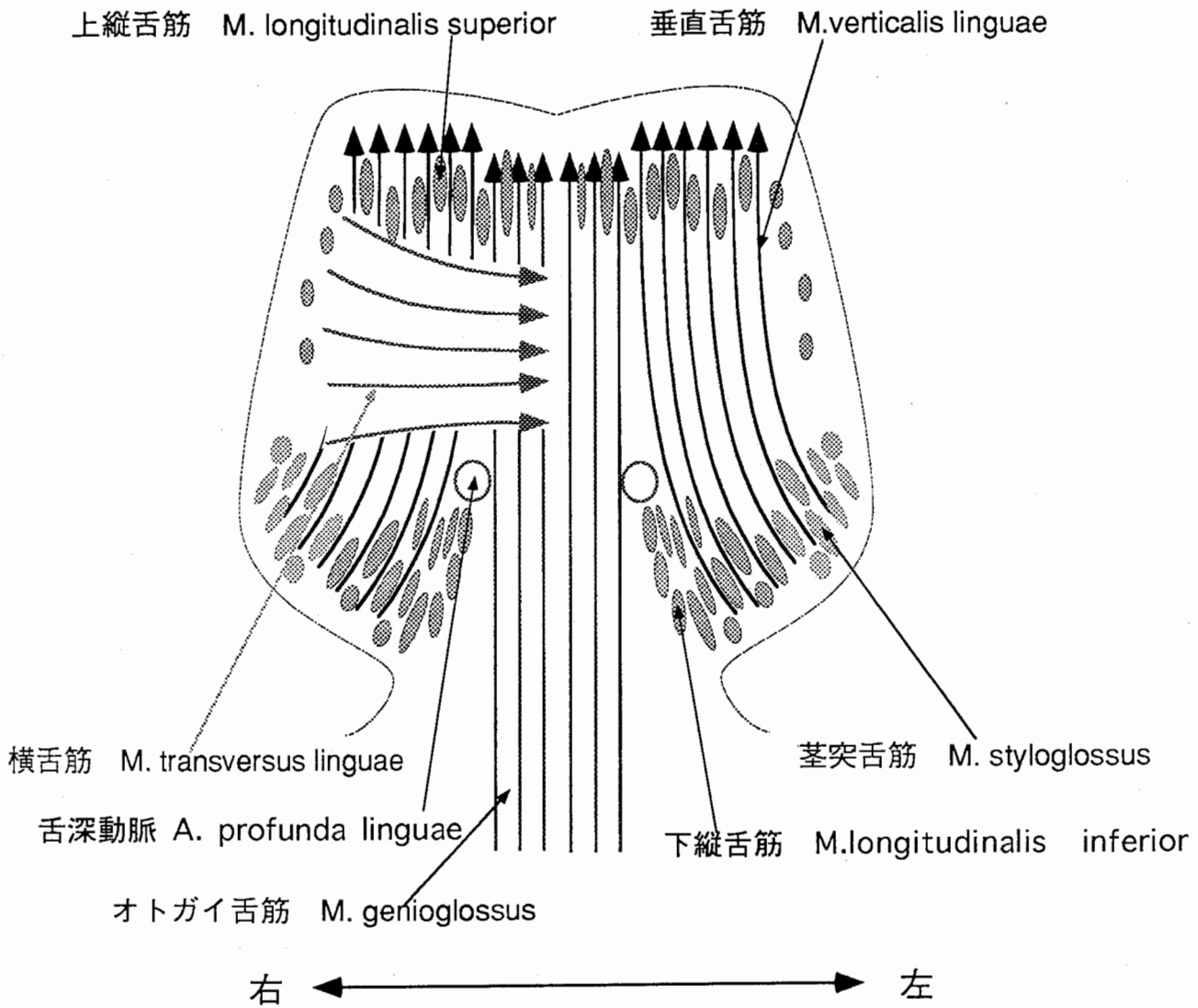
注：上縦舌筋、下縦舌筋、茎突舌筋は紙面に垂直な方向に走向している。

注：左側の横舌筋は取り除いた状態。

図-7 ヒトの舌 断面図

舌の水平断面を上から見ると右の図のようになる。上の図は右図の横線#に沿って筋線維を深層まで分けて行った時に見られる図である。





注：紙面手前が前方（舌尖の方向）

注：上縦舌筋、下縦舌筋、茎突舌筋は紙面に垂直な方向に走向している。

注：左側の横舌筋は取り除いた状態。

図-8 チンパンジーの舌 断面図

舌の水平断面を上から見ると右の図のようになる。上の図は右図の横線#に沿って筋線維を深層まで分けて行った時に見られる図である。

