

機関番号：33902

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20570228

研究課題名(和文) 霊長類における三叉神経の頭蓋内経路の変異

研究課題名(英文) Variation of the passage of the trigeminal nerve in primate skulls

研究代表者

近藤 信太郎 (KONDO SHINTARO)

愛知学院大学・歯学部・准教授

研究者番号：60186848

研究成果の概要(和文)：霊長類の頭蓋骨における三叉神経の通路となる孔の形態を調査した。正円孔が2分する例が少数認められたが、内頭蓋底における系統的な種間変異は認められなかった。ヒトでは卵円孔は蝶形骨のみによって構成されるが、ニホンザルでは後壁は側頭骨で構成され、翼状突起外側板には外方に向かう孔が開いた。三叉神経が頭蓋骨を出る孔には個体変異と種間変異が大きかった。すなわち、三叉神経の頭蓋での経路は末梢ほど変異が大きいことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：We investigated the passages of the trigeminal nerve in the primate skulls. Although a few samples showed that the foramen rotundum divided into two foramina, the individual and interspecific variations were not observed the passages in the internal cranial base. In humans foramen ovale existed on the great wing of sphenoid bone. In Japanese macaque the anterior wall of the foramen ovale composed of sphenoid bone, but the posterior wall was comprised of temporal bone, and a passage was existed on the lateral lamella of the pterygoid process. The individual and interspecific variations of the trigeminal nerve passages in the primate skulls were noted in more periphery regions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,400,000	1020,000	4,420,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・自然人類学

キーワード：三叉神経, 正円孔, 卵円孔, 眼窩下孔, オトガイ孔, 下顎孔

1. 研究開始当初の背景

霊長類の頭蓋前面には顔面皮膚の知覚を支配する三叉神経の通路となる孔が開いている。眼神経の通路となる眼窩上孔と前頭孔, 上顎神経の通路となる眼窩下孔, 下顎神経の通路となるオトガイ孔である。このうち、眼窩上孔と前頭孔は孔とならず切痕となる個体も多い。眼窩上神経の分岐が早いか遅いかによって孔の数があるとされている(Dodo, 1987)。眼窩下孔とオトガイ孔では複数の神

経孔が出現することがあるとされている。これらを副眼窩下孔, 副オトガイ孔とよばれる。

これらの三叉神経の開孔部となる神経孔の変異はヒトでは頭蓋小変異の形質として集団間の比較に適用されてきた(Dodo & Ishida, 1990など)。一方、ヒト以外の霊長類においてもMouri(1990)がマカク属のサルの頭蓋神経孔を比較して孔の分割数が種間比較に有効であることを示した。ヒトではこれらの神経孔は分割しても2～3個のことが

多いが(上條, 1992), サルでは5個にも及ぶ分割が報告されている(Mouri, 1990)。副オトガイ孔の場合, ヒトでは24.6%(澤ら, 2004)と高率の報告もあるが, 数%~10%代の報告が多い(Hanihara & Ishida, 2001)。一方, マカク属では半数以上に副オトガイ孔が出現している(Mouri, 1990)。以上から, 分割数, 頻度ともにヒト以外の霊長類の方がまさっていることが分かる。オトガイ孔に関しては開口方向にも種間差が認められるとされている(Montagu, 1954)。複数の神経孔の存在は偶発症や術後の不定愁訴の発現に関わっており, 臨床的にも重要視されている。

近年, X線撮影装置の開発が進み, 歯科臨床ではコーンビームを用いたCT装置が製品化されている。歯科用CTは医療用CTに比べて撮影範囲が限定されるが高画質な画像が得られるとされている。このため, 歯科用CT装置によって撮影された三次元画像では従来の医療用CTでは確認できなかった小孔や小管の存在を明らかにすることができ, 骨内の神経走行を詳細に観察することが可能である。

2. 研究の目的

本研究では霊長類の種間比較に有効とされている頭蓋神経孔のなかで三叉神経の経路における個体変異と種間変異を3D-CT画像によって明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1)肉眼観察と三次元CT画像の分析により, 三叉神経が頭蓋腔を出る孔(上眼窩裂, 正円孔, 卵円孔)と頭蓋骨を出る孔(眼窩上孔, 前頭孔, 眼窩下孔, オトガイ孔)および下顎孔の個体変異と種間変異を調査した。

(2)材料は京都大学霊長類研究所に保管されているニホンザル, アカゲザル, タイワンザル, ブタオザル, カニクイザル, サバンナモンキー, マントヒヒ, チンパンジー, テナガザルの頭蓋骨標本である。個体数の多いニホンザルにおいて, 年齢変化と性差を検討した。愛知学院大学歯学部保管されているヒトの頭蓋骨標本を比較のために観察を行った。

4. 研究成果

(1)三叉神経が頭蓋腔を出る裂・孔

①上眼窩裂

ヒトとチンパンジーでは横長の裂であるが, サル類ではほぼ円形を呈した。しかし, 個体変異・種間変異は認められなかった。

②正円孔

頭蓋底において正円孔が2分するものが, マントヒヒ, アカゲザル, チンパンジーにおいて各1例認められた。マントヒヒとアカゲザルでは頭蓋底において正円孔は2箇所であったが, 翼口蓋窩に至る前に2つの管が癒

合したが, チンパンジーでは翼口蓋窩まで2本の管となっていた。正円孔の変異が見られた種には系統関係がなく, 系統的な種間変異とは考えられない。

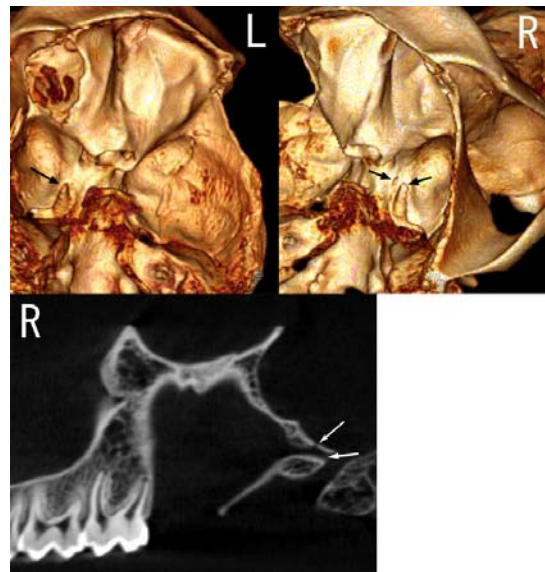


図1 マントヒヒに見られた正円孔の2分を示す。上はCT画像から三次元構築した頭蓋底を示す。下は矢状断画像を示す。右側の正円孔は頭蓋底では2分しているが, 翼口蓋窩に至る前に太い管と癒合した。矢印は正円孔を示している。

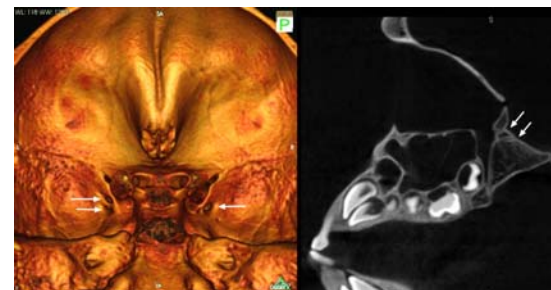


図2 チンパンジーに見られた正円孔2分を示す。左はCT画像から三次元構築した頭蓋底を示す。右は矢状断画像を示す。左側の正円孔は頭蓋底では2分しており, 翼口蓋窩に至るまで2本の管が認められる。矢印は正円孔を示している。

③ヒトと類人猿の卵円孔と棘孔

ヒト(成人)では卵円孔と棘孔は蝶形骨大翼にあり, 頭蓋腔から下方の側頭下窩に達する。個体変異として, 卵円孔と棘孔が癒合するものがあった。チンパンジーはヒトとほとんど同じであった, 棘孔は認められなかった。テナガザルでも卵円孔はチンパンジーと同様に蝶形骨大翼にあって下方の側頭下窩に開口した。しかし, ヒトやチンパンジーと比べて翼状突起外側板の前後径が長く, 卵円孔付近まで延びている。翼状突起外側板には大きな孔が開口していた。

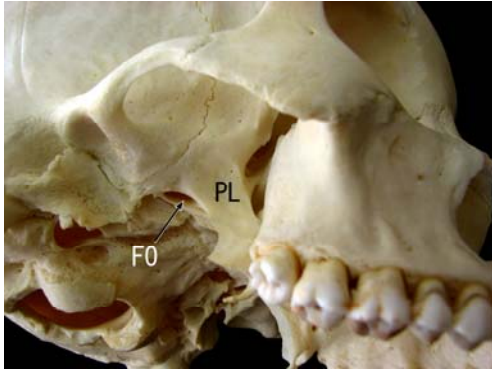


図3 ヒトの卵円孔 (FO) を外側から見た写真 (PLは翼状突起外側板を示す)

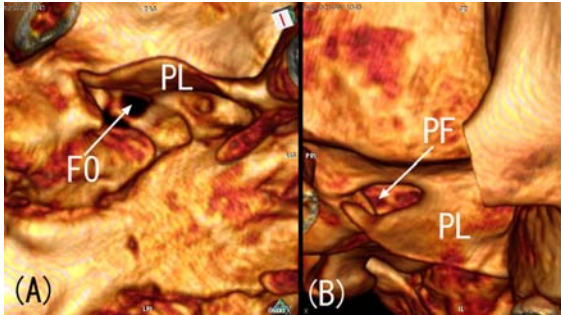


図4 テナガザルの卵円孔 (FO) と Pterygoalar foramen (PF) を示す。(A)は下方から見た図、(B)は側方から見た図。

④ニホンザルの基本的な卵円孔の形態

マカク属ではヒトや類人猿と卵円孔の形態が大きく異なっていた。ニホンザルの第三大臼歯萌出完了後の成獣(オス107, メス119)の観察結果に基づいて基本形態と個体変異を記載する。

内頭蓋底では、前半分は蝶形骨大翼、後半分は側頭骨錐体から成り、棘孔は存在しなかった。ヒト胎児では卵円孔の後壁は側頭骨から成り、ニホンザルの卵円孔はヒトの未熟な形態に相当すると思われる。

外頭蓋底では、卵円孔は蝶形骨翼状突起外側板の後端に位置し、その前方には翼状突起外側板を貫く Pterygoalar foramen (PF) がみられた。PF はヒトの翼棘孔に類似していたが、ニホンザルの PF は卵円孔が側頭下窩に出る前に分岐する点異なる。

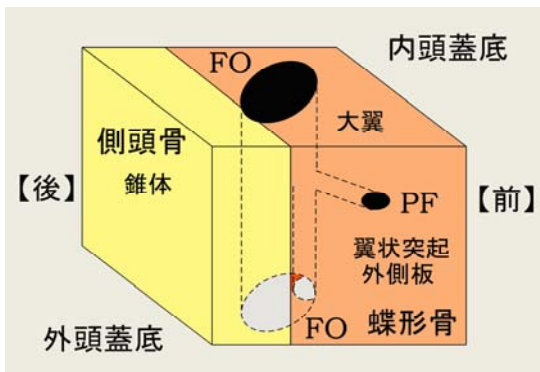


図5 ニホンザルの卵円孔 (FO) を模式的に示した図。

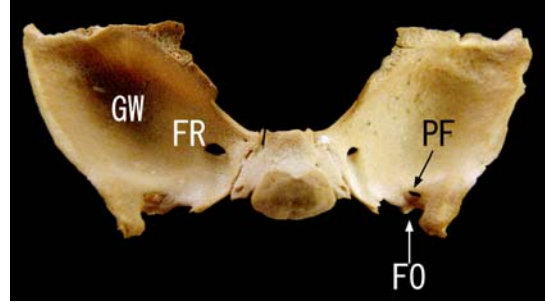


図6 ニホンザル新生仔の蝶形骨を上面から見た写真。卵円孔 (FO) は大翼 (GW) 後端に見られ、PF は頭蓋底を出るとすぐ前方に行く PF と分かれる。FR は正円孔を示す。

⑤ニホンザルにみられた卵円孔の個体変異

卵円孔 (FO) の変異は内頭蓋底には認められず、外頭蓋底に認められた。

(i) FO の開口位置

FO は LP の外側に開口する場合 (103 側, 23%) と内側に開口する場合 (344 側, 77%) があつた。

(ii) FO と PF の癒合と欠如

FO と PF は癒合することがあつた (9 個体, 4%)。通常、FO は下方、PF は外側に開口するが、両者が癒合すると、ともに外方または外下方に開口した。

PF が欠如することがあつた (7 個体, 3%)。この場合、FO は外方または外下方に開口した。

(iii) FO の二分

FO が2つに分かれることがあつた (20 個体, 9%)。前方のものが大きい個体が多かつた。

(iv) 複数の PF

PF は複数存在することがあり (58 個体, 26%)、ときに3~4個存在した (4 個体, 2%)。

(2) 下顎孔

テナガザルで下顎孔が二分する個体が認められた。CT 画像によって、2つの下顎孔は下顎管に入るときに癒合した。このため、下顎管は1本であつた。

(3) 三叉神経が頭蓋骨の前面に出る孔・切痕

個体数が最も多いニホンザルにおける三叉神経が頭蓋骨前面に出る孔、切痕の数を調査し、性差と年齢差を検討した。眼神経の通路はヒトでは外側枝が眼窩上孔 (切痕)、内側枝が前頭切痕 (孔) を出るとされ、このほか滑車上神経の通路 (滑車上切痕) がみられる場合がある。頭蓋標本ではこのいずれの通路であるかを確定することができないため、眼下上縁における切痕あるいは孔の数を観察した。明らかな切痕が見られない個体もあり、このような場合には眼下上縁の通路の数は0としたが、神経そのものが存在しないと考へられない。

表1にニホンザル成獣 (第三大臼歯が萌出したもの) の三叉神経の通路数を示した。眼

窩上縁を除いて、オスがメスより有意に数が多かった。

表1 ニホンザル成獣の三叉神経の頭蓋からの出口数

		N	mean	SD	性差
眼窩上縁	male	222	1.03	0.34	NS
	female	230	1.01	0.39	
眼窩下孔	male	226	3.12	0.84	*
	female	206	2.95	0.86	
オトガイ孔	male	232	1.55	0.75	*
	female	228	1.39	0.70	

Nは側数を示す。

性差はt検定により検出した(NS:有意差なし, *:P<0.05)

表2にニホンザルの各歯齢(乳歯列期, M1萌出完了期, M2萌出完了期, M3萌出完了期)における三叉神経の通路数を示した。眼窩上縁は乳歯列期で多く、眼窩下孔は乳歯列期で少なかった。神経の通路の数には年齢変化がないとの報告があり(Mouri, 1990), この結果は孔の大きさによる観察の容易さの違いによるものとも考えられるが、今後、標本数を増やして再検討を要する。

表2 ニホンザル各歯齢の三叉神経の頭蓋からの出口の数

		N	mean	SD	年齢差
眼窩上縁	乳歯列	72	1.35	1.02	**
	M1萌出完了	156	0.92	0.46	
	M2萌出完了	126	0.98	0.41	
	M3萌出完了	452	1.03	0.36	
眼窩下孔	乳歯列	76	2.58	0.80	**
	M1萌出完了	156	2.96	0.86	
	M2萌出完了	130	3.04	0.85	
	M3萌出完了	432	3.04	0.86	
オトガイ孔	乳歯列	84	1.45	0.70	
	M1萌出完了	152	1.47	0.67	
	M2萌出完了	126	1.51	0.68	
	M3萌出完了	460	1.47	0.73	

Nは側数を示す。

年齢差はTukey-Kramer HSDにより検定した。(**:P<0.01, 乳歯列と他の歯齢との差が有意であった)

表3にマカク属5種とマントヒヒの三叉神経の通路数を示した。眼窩上縁の種間差は大きくないが、眼窩下孔とオトガイ孔では種によって大きな違いが認められた。いずれの種でも眼窩下孔の数が最も多く、眼窩上縁が最も少なかった。この違いは神経の分布域の広がりに関係していると考えられる。

表3 各種サルの三叉神経の頭蓋からの出口数の平均値

	Mff	Mc	Mm	Mfa	Mn	Phh
眼窩上縁	1.03 (452)	1.19 (100)	1.07 (190)	1.19 (216)	1.31 (64)	1.64 (110)
眼窩下孔	3.04 (432)	3.63 (102)	3.15 (182)	2.97 (208)	4.38 (68)	6.93 (106)
オトガイ孔	1.47 (460)	1.52 (96)	1.40 (192)	2.14 (222)	3.06 (66)	5.31 (94)

Mff:ニホンザル, Mc:タイワンザル, Mm:アカゲザル

Mn:フタオザル, Mfa:カニクイザル, Phh:マントヒヒ

()は側数を示す。

(4)オトガイ孔の位置, 数に影響を与えると考えられる下顎体部の形態

タイワンザルにおいて下顎骨外側に骨隆起が認められるものがあつた。このような

個体では骨隆起はオトガイ孔より後方にあり, 骨隆起上にオトガイ孔が見られることはなかった。タイワンザルにおける骨隆起の出現頻度は, 第三大臼歯萌出完了後の成獣では触診で確認できるものと肉眼的に確認できるものを合わせると34.5%(29個体)であつた。この隆起はCT画像により緻密骨で構成されていることが確認された。

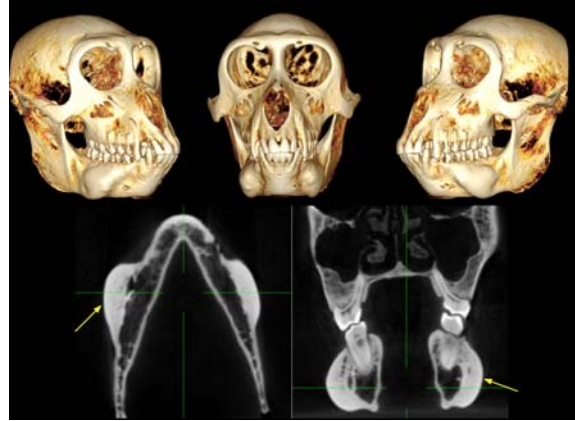


図7 タイワンザルに見られた下顎骨外側面の骨隆起。下は水平断・前頭断のCT画像を示す。

マントヒヒの第三大臼歯萌出完了後の成獣では下顎骨中央部には凹みが認められる(下顎窩mandibular fossa; Hylander, 1979)。下顎窩が見られる個体では下顎窩の中央部にオトガイ孔は見られず, この窩の前下方に集中して認められた。



図8 マントヒヒの側貌。下顎体の中央部に下顎窩が認められる。オトガイ孔は下顎窩の前縁に1つ見られるが, 他は窩より前方に集中している。

以上のように, オトガイ孔の位置, 数に影響を与えると考えられる下顎体部の形態には下顎骨の隆起と窩があるが, いずれの場合もこれらの構造を避ける位置にオトガイ孔が存在した。もともとオトガイ孔がこれらの構造のない位置にあつたのか, それともこうした構造が現れたことによって位置に変化が生じたのかは今後, 検証されなければならない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

- ① Naitoh M, Nakahara K, Suenaga Y, Gotoh K, Kondo S, Arijii E: Variations of the bony canal in the mandibular ramus using cone-beam computed tomography. *Oral Radiol*, 26:36-40, 2010. 査読有
- ② Naitoh M, Suenaga Y, Gotoh K, Ito M, Kondo S, Arijii E: Observation of maxillary sinus septa and bony bridges using dry skulls between Hellman's dental age of IA and IIC. *Okajimas Folia Anat Jan*, 87: 41-47, 2010. 査読有
- ③ Naitoh M, Nakahara K, Suenaga Y, Gotoh K, Kondo S, Arijii E: Comparison between cone-beam and multislice computed tomography depicting mandibular neurovascular canal structures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 109:e25-31, 2010. 査読有
- ④ Kondo S, Naitoh M, Futagami C, Hanamura H, Goto K, Arijii E, Takai M: Observation of lateral mandibular protuberance in Taiwan macaque (*Macaca cyclopis*) using computed tomography imaging. In *Comparative Dental Morphology*, Koppe T, Meyer G Alt KW (Eds.), *Front Oral Biol* .13, Basel, Karger, 60-64, 2009. 査読有
- ⑤ Naitoh M, Hiraiwa Y, Aimiya H, Gotoh K, Arijii E: Accessory mental foramen assessment using cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 107:289-294, 2009. 査読有
- ⑥ Naitoh M, Hiraiwa Y, Aimiya H, Arijii E: Observation of bifid mandibular canal using cone-beam computed tomography. *Int J Oral and Maxillofac Implants*, 24:155-159, 2009. 査読有
- ⑦ Naitoh M, Suenaga Y, Kondo S, Gotoh K, Arijii E: Assessment of maxillary sinus septa using cone-beam computed tomography: Ethiological consideration. *Clin Impl Dent Relate Res*, 11: e52-e58, 2009. 査読有
- ⑧ Naitoh M, Nakahara K, Hiraiwa Y, Aimiya H, Gotoh K., Arijii E: Observation of buccal foramen in mandibular body using cone-beam computed tomography. *Okajimas Folia Anat Jpn*, 85: 25-29, 2009. 査読有

〔学会発表〕(計9件)

- ① 近藤信太郎: 旧世界ザル下顎骨の外側面にみられる骨隆起. 平成22年度京都大学

霊長類研究所共同利用研究会「CTを用いた霊長類研究の新展開」(犬山). 2011年3月8日.

- ② 中原季乃, 内藤宗孝, 末永祐敬, 後藤賢一, 近藤信太郎, 有地榮一郎: CT画像における副オトガイ孔の分析. NPO 法人日本歯科放射線学会第49回九州地方会・第53回関西地方会・第30回合同地方会(北九州), 2010年12月11日.
- ③ 内藤宗孝, 中原季乃, 吉田和史, 後藤賢一, 有地榮一郎: CBCTは, MSCTと比較して, 下顎骨の脈管神経束管の描出に優れるか? NPO 法人日本歯科放射線学会第210回関東地方会(東京), 2010年1月6日.
- ④ 近藤信太郎, 内藤宗孝, 花村 肇: ニホンザルの下顎神経が頭蓋腔を出る経路の変異. 第51回歯科基礎医学会学術大会(新潟), 2009年9月11日.
- ⑤ 内藤宗孝, 近藤信太郎: 歯科用CBCT画像による副オトガイ孔の描出. 第51回歯科基礎医学会学術大会(新潟), 2009年9月11日.
- ⑥ 近藤信太郎, 内藤宗孝, 後藤賢一, 有地榮一郎: ニホンザルにおける卵円孔の個体変異. NPO 法人 日本放射線学会第50回記念学術大会(大阪), 2009年5月29日.
- ⑦ 近藤信太郎, 内藤宗孝, 二神千春, 花村 肇, 後藤賢一, 有地榮一郎, 高井正成: CT画像を用いたマカク属の下顎骨外側面にみられる骨隆起の観察. 第62回日本人類学会大会・セッション「霊長類歯牙・骨格構造のCT解析」(名古屋), 2008年11月1日.
- ⑧ Kondo S, Naitoh M, Futagami C, Hanamura H, Goto K, Arijii E, Takai M: Observation of external protuberance of the mandible in Taiwan macaque (*Macaca cyclopis*) using computed tomography imaging. 14th International Symposium on Dental Morphology, August 28, 2008, Greifswald (Germany).
- ⑨ 近藤信太郎, 内藤宗孝, 後藤賢一, 有地榮一郎: ニホンザル下顎骨の外側面にみられる隆起. 日本歯科放射線学会 第49回学術大会(名古屋), 2008年5月18日.

〔図書〕(計1件)

内藤宗孝: 術前画像診断 とくにCT. 口腔外科ハンドマニュアル'10別冊 Quintessence (分担). クインテッセンス(東京), 2010.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

近藤 信太郎 (KONDO SHINTARO)
愛知学院大学・歯学部・准教授
研究者番号：60186848

(2) 研究分担者

花村 肇 (HANAMURA HAJIME)
愛知学院大学・歯学部・教授
研究者番号：60064854
内藤 宗孝 (NAITOH MUNETAKA)
愛知学院大学・歯学部・准教授
研究者番号：20167539

(3) 連携研究者

高井 正成 (TAKAI MASANARU)
京都大学・霊長類研究所・教授
研究者番号：90252535
西村 剛 (NISHIMURA TAKESHI)
京都大学・霊長類研究所・准教授
研究者番号：80452308