



公開シンポジウム

大型野生動物学と人類学の GPS・生体情報計測研究の 最先端と今後の課題

主催：科学研究費補助金基盤研究(S)

「社会性の起原と進化：人類学と霊長類学の協働に基づく人類進化理論の新開拓」

共催：一般社団法人ニホンザル管理協会

後援：一般社団法人日本霊長類学会(担当：保全福祉委員会)、一般社団法人日本哺乳類学会

協力：一般社団法人日本哺乳類学会哺乳類保護管理専門委員会ニホンザル保護管理検討作業部会



社会性の起原と進化 公開シンポジウム

河合香吏・森光由樹編

「大型野生動物学と人類学の GPS・生体情報 計測研究の最先端と今後の課題」

日 時：2023年11月4日（土）13:00～17:00

会 場：ハイブリッド開催（ラッセホール（神戸市）およびオンライン Zoom）

主 催：科学研究費補助金基盤研究（S）

「社会性の起原と進化：人類学と霊長類学の協働に基づく人類進化理論
の新開拓」

共 催：一般社団法人ニホンザル管理協会

後 援：一般社団法人日本霊長類学会（担当：保全福祉委員会）、一般社団法人
日本哺乳類学会

協 力：一般社団法人日本哺乳類学会哺乳類保護管理専門委員会ニホンザル保
護管理検討作業部会

※本報告書は科学研究費補助金基盤研究（S）『社会性の起原と進化：人類学と霊長類学の協働に基づく人類進化理論の新開拓』（代表 河合香吏、19H05591）の助成を受けたものです。

※本報告書は、当日の Zoom 上の録音・録画の文字起しに基づいています。総合討論において、一部の参加者からの質問に関しては、テキストで受け付けた質問を司会者が代読し、登壇者が答えるという形をとりました。あらかじめご了承ください。（编者）

科学研究費補助金基盤研究(S)

『社会性の起原と進化：人類学と霊長類学の協働に基づく人類進化理論の新開拓』

2023年度 公開シンポジウム

大型野生動物学と人類学の GPS・生体情報計測研究の最先端と今後の課題

I 挨拶	河合 香吏 (東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所)	1
II 趣旨説明	森光 由樹 (兵庫県立大学)	5
III 報告		
第1部 大型野生動物ツキノワグマ・ニホンジカの GPS・生体情報計測研究		
「ツキノワグマにバイオリギング機材を取り付けてみたら」		11
	山崎 晃司 (東京農業大学)	
質疑応答		25
「GPS を用いたニホンジカ研究」		27
	瀧井 暁子 (信州大学)	
質疑応答		40
第2部 霊長類およびヒトの GPS・生体情報計測研究		
「霊長類学 (ニホンザル) GPS・首輪型ウェブカメラを用いた研究と課題」		43
	森光 由樹 (兵庫県立大学)	
質疑応答		58
「人間の行動をハカル：時空間利用から栄養適応へ」		60
	山内 太郎 (北海道大学)	
質疑応答		77
IV 総合討論		81

(森光) それではお時間になりましたので、シンポジウムを始めます。タイトルは皆さんご存じのとおり、「大型野生動物学と人類学の GPS・生体情報計測研究の最先端と今後の課題」ということで進めさせていただきます。私は企画責任者、司会を進行します兵庫県立大学の森光と申します。

そして主催が、科学研究費補助金基盤研究(S)「社会性の起原と進化」が主催しています。共催に一般社団法人ニホンザル管理協会、後援に霊長類学会、担当が保全福祉委員会になります。そして日本哺乳類学会です。協力が日本哺乳類学会哺乳類保護管理専門委員会ニホンザル保護管理検討作業部会ということで、それぞれの団体から共催、後援、協力をいただいています。

本会はハイブリッドの形で実施しますが、大変多くの参加登録がありまして、120人近い方の登録を頂いています。まさにオンラインの時代というか、逆に会場はちょっと寂しい雰囲気がありますが、今回のメニューは大変面白いので、ぜひ皆さんに聴いていただいてオンラインから活発な議論をしていただければと思います。

それでは、主催いただいているプロジェクトのチームリーダーでいらっしゃる河合香吏さん、ご挨拶をお願いできますか。よろしく申し上げます。

I 挨拶

河合 香吏

東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所

こんにちは。東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所の河合です。今日のご参集ありがとうございます。いま会場には十数人がいらして、オンラインの方では、登録者数ですけれども113人ほどがご参集くださっているそうです。みなさま、どうぞよろしくお願いいたします。

本研究の企画・運営は、いまお話しされた森光由樹さんをお願いしました。彼は私が代表をしております。



I 挨拶

まず「社会性の起原と進化：人類学と霊長類学の協働に基づく人類進化理論の新開拓」という科研プロジェクトの分担者でありまして、それで企画担当をお願いしました。森光さんもおっしゃっていましたが、この科研プロジェクトは5年間計画で、2019年から始まっていて、今年が5年目の最終年度です。

ただ、2019年度に始まったといいましても、開始してから3カ月後にはコロナ禍に突入してしまっていて、その後、丸3年間、われわれのプロジェクトの大きな柱であるフィールド調査が全くできず、対面で熟議を重ねるような研究集會も全くできなくなりました。その間はオンラインで研究会を続ける他なかったわけですが、それは決して満足できるものではなかったと私は感じておりましたので、ようやく対面での開催が可能になってうれしく思っています。ですが、先ほど森光さんがおっしゃっていたように、他方で本日の参加者もオンラインが100名超えなのに、会場の対面の参加者は十数人と寂しいです。研究集會の在り方も、コロナ禍で大きく変わってしまったのかもしれないと感じています。

この後すぐに森光さんから趣旨説明があると思いますが、今日のシンポジウムのタイトルは「大型野生動物学と人類学のGPS・生体情報計測研究の最先端と今後の課題」ということになっています。大型野生動物学も人類学も、ともに生物・動物を対象とするフィールドサイエンスです。つまり、実験科学でもないし、理論科学でもないし、文献学でもありません。野外調査を研究の基本にし、基盤を置くフィールド研究です。

野外調査の方法も、フィールドノートとペンと双眼鏡、それからバネばかりや計量カップといったシンプルなものだけあればよい。黎明期、初期の頃はそうだったのですが、その後さまざまな調査機器が導入されるようになりまして、そのうちのひとつとしてGPSがあることは言うまでもありません。GPSはGIS/RSとともに早くから注目され、野外調査に取り入れられてきた機器の一つだと思います。

私自身は生態人類学をやっているのですが、東アフリカ牧畜民の調査を進めるにあたり、GPSを使ったことがあります。家畜の日帰り放牧のルートを追って、その軌跡や移動距離を記録、計測したり、あるいは家畜キャンプ、これも移動するのですが、その移動の経緯を追うなどのために使いました。あるいは彼らはメンタルマップという頭の中に入っている極めて詳細で正確な地図を持っているのですが、その解析（解析自体はGISを使って進めました）というか、現実の位置情報の確認のためにGPSを使ったことがあります。ただ、いずれも場当たりのというか、ちょっと試してみようという程度の利用で

あって、本格的に導入したわけではありません。

なので、今日はGPSの利用をはじめ、他の生体情報計測も含めて、最先端のお話や今後の課題について議論されるということでも楽しみにしています。午後5時までの長丁場となりますが、どうぞよろしくお付き合いいただきますようお願いいたします。以上でご挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。

II 趣旨説明

森光 由樹
兵庫県立大学

河合さん、ありがとうございました。それでは、このシンポジウムの趣旨説明を簡単にお話して、その後、話題提供者に登壇してもらうことにしたいと思います。

2

私の説明よりも、多分参加されている方々のほうが断然詳しいと思います。「野生動物調査におけるGPSの利用」は、過去の文献等をいろいろ調べていくと、GPS自体は1990年代後半から生活の中で活用が始まるのですが、野生動物に使い始めているのが大体2000年代に入ってからということになっています。

GPSを野生動物に取り付けることは、個体の移動や生息地の使用パターンを追跡したり、個体の行動や生息地の利用範囲、行動圏の詳細を分析できるようになってきたというメリットがあります。実際、日本に生息している野生動物は、森林や急峻な斜面に住んでいる動物がほとんどで、一部の霊長類や動物を除いて全く直接観察できないという難しさが研究者の中でありました。それをフォローするようなツールとして、GPSを動物に付けることによって調査ができるようになりました。

また生息地を分析するためにGPSを使用して野生動物の生息地を精密にマッピングすることもできるようになりました。生息地の範囲や境界を特定することができる方法として、多分フロアの方は実際に使われていると思いますが、GIS分析があります。GPSの開発に加えてGISも急速にツールとして開発が進み利用しやすくなりました。したがって、GPSの測位情報をGIS上で解析することによって、さまざまな野生動物の生息の内容に新知見が出てきたというのがあります。恐らくこの後お話しされる登壇者の先生方もそういったGISを使った発表が含まれていると思います。



II 趣旨説明

そして行動生態学の研究ということで、GPS データを分析して動物の活動パターン、巣作り地や巣穴を特定したり、食べている物の行動をある程度、間接的にも分かるようになってきたということが挙げられます。

一方、今度は人類学ですが、私は人類学のほうは全く理解できていないので、恐らくフロアで参加されている人類学の先生方にはちょっと物足りない内容を説明します。この三つが挙げられています。

一つは地理情報の収集です。人類学者は人々の暮らす地域や社会構造を理解するために GPS を使用して地理情報を収集するといわれています。これにより、村落や定住地の位置、移動パターン、交通ルートなどが把握できるといわれています。

2つ目に、GPS を装着したデバイスを調査対象者に持っていただいて、人々の行動パターンや空間利用の傾向を追跡できるということが挙げられます。例えば先住民族や移動民族の研究で、彼らの移動ルートや居住地の変遷を理解するために使用されているといわれています。

三つ目は、GPS データと人類学的な情報を組み合わせることで、特定の文化や社会の背景における人々の地理的な行動、文化的な要因の関係を明らかにすることができるということです。GPS は、ご紹介した内容の他にもさまざまな利用価値があり、実施されている研究者はおられるのだと想像します。

3

次に、デバイス、ツールが発達してきたことについて簡単に説明します。当時は恐らく、哺乳類の研究者が動物の位置情報を収集する方法として、一番最初に使ったツールが地上波の電波発信機を使った研究だと思います。これによってある程度、動物の位置情報が分かるのですが、この後、私の話題提供でもお話ししますが、手法として労力が費やされること、そして精度の高い位置情報をなかなか捉えられないというようなメリット・デメリットがそれぞれありました。

電波発信機による研究が始まってから、人工衛星を使った研究、例えば Argos、そして今日の話題となる GPS が哺乳類の研究で徐々に使われるようになってきました。

次に、RFID といってタグ通信です。これは家畜の行動学を調べるのに広く使われるようで、私もあまり詳しくはないのですが、動物にタグを付けて遠隔で動物の利用場所を調べる方法です。限られた場

野生動物調査におけるGPS利用 Wildlife GPS survey
1. 動物の位置追跡: GPSトラッキング装置を野生動物に取り付けて、その個体の移動や生息地の使用パターンを追跡する。これにより、個体の行動や生息地の利用範囲を理解することができる。
2. 生息地マッピング: GPSを使用して野生動物の生息地を精密にマッピングし、生息地の範囲や境界を特定することができる。
3. 行動生態学の研究: GPSデータを分析して、動物の活動パターン、巣作り地や食物を求める行動などを研究する。

人類学調査におけるGPS利用 Anthropology GPS Survey
1. 地理情報の収集: 人類学者は、人々の暮らす地域や社会構造を理解するためにGPSを使用して地理情報を収集する。これにより、村落や定住地の位置、移動パターン、交通ルートなどを把握できる。
2. GPSを装着したデバイスを調査対象者に持たせることで、人々の移動パターンや空間利用の傾向を追跡する。例えば、先住民族や移動民族の研究で、彼らの移動ルートや居住地の変遷を理解するために使用する。
3. GPSデータと人類学的な情報を組み合わせることで、特定の文化や社会的背景における人々の地理的行動を分析し、文化的な要因との関係を明らかにすることができる。

所、例えば牧場の中で動き回る場所をチェックしたり、餌をどれくらいの量を食べたかとか、タグを用いて情報を収集する方法です。これは畜産学の世界で使われているのではないかと想像します。

あとは、鳥類で用いられる方法に電子光足輪があります。通常の足輪に加えて、夜間に基地局や船などいろいろな所から鳥が飛んでくるのを、足輪から発信する光をたよりにどこからどこへ飛んでいったかとか情報を集計してシステムを用いて解析します。広域に調べられるそうです。

あとは加速度計、音声があります。動物の行動についてどの程度加速しているか、これはヒトも含めてですけれども、どれくらいの速度で歩いているかということも分かるのではないかと思います。それから **Audio** ということ音声拾い上げる仕組みであったり、映像ということで、今回も話題提供が幾つかあると思いますが、動物に実際にカメラを付けて調べるといった手法など、様々な方法が開発され最先端の機器を使って動物の研究が進められています。

4

近年ではバイオロギングという方法があります。センサーを動物に付けて、カメラであったり、体温測定であったり、心拍であったり、いろいろなものを取る仕組みが進んでいます。

実は1990年代に海洋生物でかなり開発が進んでいて、先駆的な最初の開発をどんどん進めていったのがまさにこの海洋生物系の研究者たちです。それがだんだん普及して、大型動物を含めいろいろな動物種に広がっていきました。

5

次に、人類学で使うデバイスの最先端を簡単に紹介します。これも私は不勉強というか専門ではないので、ご紹介するのはインターネットを活用して調べてきた内容です。例えば睡眠解析をするにしても、アルゴリズムやデバイスを使って眠りの解析をして、ヒトを調べるということでやられているそうです。脳波や心電図などさまざまなセンサーをヒトに付けることによって生体信号を解析し、いろいろなことを調べるのに活用されています。これは先進国のヒトに対しての調査手法が主だと思いますが、将来的にはきっといろいろな人々に対して調査が進むのかなと、素人ながら勝手な想像を膨らませています。

Sensor type	Research context examples	Target species examples	Suggested review papers
Wifi	Habitat selection, invasive species migration, resource selection	Monarch butterfly; Fisher, Adelman & Bradford, 2020; Asian hornet: Kennedy et al., 2018	(Fernand, 2002; Mich & Barber, 2002; Habib et al., 2014)
電波発信機			
Arges	Habitat selection, hunting/foraging, migration, resource selection	Pirapetids: Costa et al., 2010; Green turtle: Godley et al., 2002;	(Hieblewhite & Hayden, 2010; Tomkiewicz et al., 2010)
人口調査		Humpback whale: Dalau et al., 2017	
GPS	Habitat selection, hunting/foraging, human-wildlife conflict, migration, resource selection, social interaction	Red foxes: Bischof et al., 2019; Green turtle: Godley et al., 2002; Egyptian vulture: Gianchi-Ripollés, López-López & Usón, 2010; leopard: Raffiq et al., 2019	(Hieblewhite & Hayden, 2010; Tomkiewicz et al., 2010; Hofman et al., 2019)
人口調査			
RFID	Disease transmission, hunting/foraging, human-wildlife conflict, invasive species, resource selection, social interaction	Honeybee: Nunes-Silva et al., 2012; hummingbird: Bandivdekar et al., 2018; Tasmanian devil: Hamede et al., 2009;	(Bonter & Bridge, 2011)
タグ調査			
Light-level geolocators	電子光 Long-distance migration, habitat loss, environmental contaminant risk	Seabirds: González-Seiis et al., 2007; Monzevichi et al., 2012	None specific to animal-borne light-level geolocators
Accelerometer	足輪 Activity budgets, energy expenditure, hunting/foraging, resource selection	Polar bear: Pagano et al., 2020; African wild dog: Isbell et al., 2016; great white shark: Watanabe et al., 2019	(Broun et al., 2013)
加速度計			
Audio	音声 Activity budgets, anthropogenic disturbance, hunting/foraging, resource selection, social interactions	African lion: Wijes et al., 2018; chipmunk: Coudoux et al., 2015; sperm whale: Fais et al., 2010; Eurasian jackdaw: Stovell et al., 2017	None specific to animal-borne audio
音声			
Video	映像 Energy expenditure, hunting/foraging, invasive species, social interaction	Tasmanian devil: Andersen et al., 2020; falcon: Kane & Zaman, 2014; great white shark: Watanabe et al., 2019	None specific to animal-borne video
映像			

II 趣旨説明

あとは、ウェアラブルとワイヤレスでさまざまな生体センサーを計測するというので、まさにヒトの生理情報について、病院に行って調べるのではなく、日常センサーを付けて生活し情報を収集し、収集したビッグデータを用いて解析が行われるシステムがあるそうです。簡単にいうと、今はアップルウォッチなどいろいろなワイヤレスのウェアラブルが実際に使われていますが、恐らくそういうところからの情報も含めて研究がなされていると想像しています。

ということで、非常にさまざまな長い歴史の中で動物を知る、そして人類学も含めてヒトを知ること、機械を使った研究があり、そこからたくさんの研究業績が出ています。今回は話題提供者の先生方に最先端の情報を発表していただけるように、このシンポジウムのスケジュールを組みました。

6

セッション1としては、大型野生動物のツキノワグマ、ニホンジカに焦点を当てて、GPSや生体情報の計測機器を使った研究についてご紹介いただきます。一つ目は東京農大の山崎さんと、「ツキノワグマにバイオリギング機材を取り付けてみたら」ということでお願いしています。もう一つの話題としては、信州大学の瀧井さんに「GPSを用いたニホンジカ研究」ということでご紹介いただく予定になっています。

7

そして次、セッション2は「霊長類およびヒトのGPS・生体情報計測研究」ということで、まず私が霊長類学、といっても私はニホンザルしかやっていないのでニホンザルの話題提供になりますが、「霊長類学(ニホンザル)GPS・首輪型ウェブカメラを用いた研究と課題」についてご紹介します。

そして最後になりますが、北海道大学の山内さんに「人間の行動をハカル：時空間利用から栄養適応へ」というタイトルで、GPSだけではなくてまさに生体情報計測を使ってどのようなことがわかるか、発表いただくことになっています。

最後に総合討論をさせていただいて、17時に終えます。この後、情報交換会がありますので、神戸に参加されている方はぜひ楽しみにさせていただきたいと思います。それでは私からの趣旨説明を終わります。

■プログラムProgramme

13:00

挨拶 河合香吏 (東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所)
Opening remarks : Kaori Kawai (ILCAA)

趣旨説明 森光由樹 (兵庫県立大学)
Introduction : Yoshiki Morimitsu (University of Hyogo)

1) 大型野生動物ツキノワグマ・ニホンジカのGPS・生体情報計測研究 SESSION 1: GPS and bio-logging researches on large-sized wild animals

13:30 「ツキノワグマにバイオリギング機材を取り付けてみたら」
山崎晃司(東京農業大学)
Using bio-logging to Asiatic black bears /Kohji Yamazaki (Tokyo University of Agriculture)

14:10 「GPSを用いたニホンジカ研究」
瀧井暁子(信州大学)
Study on Sika deers using GPS /Akiko Takii (Shinshu University)

休憩 break 10分

■プログラム

2) 霊長類およびヒトのGPS・生体情報計測研究

SESSION 2 GPS and bio-logging Researches on non-human primates and humans

15:00 「霊長類学(ニホンザル)GPS・首輪型ウェブカメラを用いた研究と課題」 森光由樹(兵庫県立大学)

Studies on Japanese macaques using GPS and collar-mounted web cameras and future directions /Yoshiki Morimitsu (University of Hyogo)

15:40 「人間の行動をハカル：時空間利用から栄養適応へ」
山内太郎(北海道大学)

Measuring human behavior: From space-time utilization to nutritional adaptation /Taro Yamauchi (Hokkaido University)

16:20— 17:00 総合討論 General Discussion

18:00～ 情報交換会 Social exchange meeting
(神戸元町駅前: VEGETABLE DINING 農家)

6

7

では早速、時間も迫っていますので、1 番目の話題提供者ということで東京農業大学の山崎さんに、ツキノワグマの GPS やウェブカメラの情報について共有いただければと思います。では山崎さん、よろしくお願ひします。

Ⅲ 報告

第1部 大型野生動物ツキノワグマ・ニホンジカのGPS・生体情報計測研究

「ツキノワグマにバイオリギング機材を取り付けてみたら」

山崎 晃司
東京農業大学

ご紹介いただきました東京農大の山崎と申します。今日は、ツキノワグマにGPS首輪等を付けてみてどんな結果が分かったかというお話をさせていただきます。

1

今はクマに、GPS首輪だけでなく、首輪の中にいろいろな機能が付加されているタイプのものがありますので、そういうものを使って研究しています。これは実際にクマの首の下側にぶら下がったカメラから見た映像になります。先ほど森光さんから、参加者は映像を見ることを期待しているという話だったので、急ぎょ映像を入れてみましたので、ちょっとだけ最初にお見せします。

2 (映像)

これはまさにそういう映像なのですが、街のすぐ近くでオニグルミを食べているツキノワグマの映像です。木の上に登って立っています。こんなものが最近では撮れるようになってきているということで、またおいおいこの話はしていきたいと思っています。



1

Ⅲ 報告

3

今日これからの発表なのですが、基本的には幾つかの研究成果のハイライトの部分だけを紹介するような形にしています。一つの研究について詳しく手法や実際の結果を追いながらの説明ではなくて、基本的には論文化されているものを紹介するという形にしています。

ツキノワグマのような大型動物については、1人だけで研究ができるわけではなくて、たくさんの方たちと共同研究、チームを組んで研究することになります。今日発表する内容についての共同研究者をここに一覧で挙げてあります。実際にはもっとたくさんの方と一緒に研究しているのですが、今回の内容についてはこのような方たち一緒に行いました。いちいち名前を挙げることはしませんが、大学の先生、自治体の研究機関の方、あるいは学生も一部入っています。

4

ツキノワグマへのバイオリギング機材は、最初はGPS首輪から始まっています。先ほど森光さんから、1990年代後半ぐらいからという話がありましたが、私のほうは確か2000年が一番最初ですね。海外でGPS首輪の市販品が販売されたということを知って早速導入したことを覚えています。

当時、日本でGPS首輪を使っている方はほとんどいなくて、大体同じぐらいの時期に北海道でシカにGPS首輪が装着されたのが初めてではないかと思います。それまではVHFのビーコンを使ったいわゆるラジオテレメトリでクマの追跡をしていました。それはそれでフィールドに入ってすごく貴重な時間を過ごせますが、ロストしてしまうと1日200km、300kmを車で走って、また山に入って、それでもクマが見つからないという状態が続いたりします。24時間全天候で位置情報を取れるGPSは、そういう意味で非常にうれしいデバイスでした。

ただ、2000年に導入した最初のものはすごく重たかったり、形状がかさばったりして、本当にこれをクマに付けて大丈夫なのだろうかという懸念も正直ありました。さらに、首輪がしょっちゅう壊れるのです。壊れるとアメリカやカナダにそれを送り返して、修理してまたこちらに戻してもらいます。また、当時はGPS首輪が結構重かったので、それを装着できるクマの体重に制限があって、小さいクマには付けられなかったです。やっと大きいクマを捕まえて、麻酔をして、いざ首輪を付けようと思って首輪の初期化をすると、初期化すらできずに結局また首輪を送り返すということも結構ありました。

それから最初の頃は衛星経由でデータをダウンロードすることができませんでしたので、首輪を必ず回収しないとイケないのです。今でも活動量などの重いデータは首輪を回収しなくてはイケないのですが。ところが、首輪の脱落装置がしょっちゅう不調に陥るのです。これはGPS首輪を使った人はみんな味わっている悲しみだと思いますが、ひどいときは、装置が動かなくて半分ぐらい首輪が回収できません。

ここには「ランドクルーザーを捨てている」と書いてありますが、多分もっと高価な高級外車を捨てているのではないかと思います。恐ろしくて計算したことはないですが、首輪1台が日本円にして大体40万~50万円ぐらいで、いろいろなオプションを付けると60万円ぐらいになってしまいます。それがぼろぼろなくなっていくとか、回収できない状態だったので、われわれはこれを有償のフィールドテストだと自嘲気味に言っていました。自分たちでお金を払って、首輪を作っているメーカーのために貢献しているような状況もあったと思います。

ただその後は、先ほど森光さんの話ではArgosという衛星が出てきましたが、イリジウムなど各種衛星を使って首輪に蓄積されたGPSデータを上空に打ち上げて、衛星経由で研究室等に送ることによって首輪のデータの損失をかなり防ぐことができるのと、セミリアルタイムで実際のクマの活動圏を得ることができます。

VHFの首輪からGPSに替えたからといって、現場に入らなくていいということではなく、できれば即時性を持ってその場所に行って、そこでクマが何をしていたかを知りたいわけですから、これも非常に有効な機能改善ということがいえます。ただ、実際にはこの後お話しするような加速度センサーや、それからカメラデータはデータ自体がものすごく重いので、衛星経由で適時回収というのは現状できていません。多分それをやるとあつという間に電池がなくなって、首輪の寿命が相当短くなるのではないかと思います。

GPS首輪と単純に言っていますが、GPSの中にはビルトインでいろいろな機能が入ってきています。例えばこれは古いタイプですが、XYZの3方向で首輪の傾きをカウントするアクティビティセンサーがあります。最近はさらに加速度センサーがあります。メーカーによって違うのですが、一番精度高く取ろうとすると32Hzぐらいまでのデータを取ることができます。それから近接センサーです。ある首輪とある首輪が近づいたときに首輪同士でGPS測位の間隔を変えて二つの首輪の位置関係をすごく綿

Ⅲ 報告

密に計測するものです。さらに、ビデオカムが首輪に組み込まれるようになってきています。

実際、首輪の中には温度計なども入っているのですが、なかなか実際の対象動物の体温を取るところまではいきませんので、最近はロガーを皮下に入れて、例えば心拍や体温を計測するようなものも使い始めています。

5

これは知っている人には懐かしい画像かと思うのですが、首輪の変遷というか歴史です。これが2000年に初めて使った、ただのGPS首輪です。ほとんど付加機能はないのですが、こんなに大きくて重いのです。そしてしょっちゅう壊れます。アメリカに送る送料だけでもばかにならないという首輪でした。

これはまた違うカナダのメーカーですけれども、品質的にはノーマルの機能は安定してきていますが、そこにカメラを付けたものです。今からどれくらい前のものでしょうか。10年はいかないと思いますが、それなりに前です。こんなふうに大きかったのです。このLotekというメーカーの首輪については、最近はこんなふうに非常に小さくなっています。しかもこの首輪についてはトータルで40時間映像を録ることができるようになっていました。ここについている金属の枠は、このメーカーのボディの部分はプラスチックなのですが、ここに他のクマがかじり付くと穴が空いて浸水するということがあって、金属のベゼルを付けていました。

これが今よく使っているもう一つのタイプで、ドイツ製ですけれども、ここにカメラが付いています。これは梱包されている状態なのでよく見えないのですが、この首輪からカメラの部分までが長い意味は、クマの首に下げたときにたてがみが結構長くてレンズが毛で隠れてしまうときがあるためです。それでメーカーといろいろ調整しながらこの高さを長くしたりしています。クマにとってはちょっと迷惑かもしれないのですが、そのようなことをやっています。

6

ただ、首輪自体のハードの不調、あるいは脱落装置の不調に加えて、首輪自体も結構壊れるのです。これは実際にクマの首に付けたカメラから撮ったビデオ映像から静止画を切り出したものですが

も、犬歯がボディに刺さるのです。これは刺さっているところです。そうすると、やっと首輪を回収してバッテリーボックスの下の部分を開けると、ジャブジャブと水が出てくるという状態になります。こんなことも起こります。

7

さてここから、今お話したようなデバイスを使ってこれまでに分かってきたことを、論文化されているものを中心にお話したいと思います。こういうものを使う理由は、まずクマの生態や生理についてもっと知りたいというすごく基本的な欲求が一つあります。もう一つは、そういう結果をクマの管理、ある部分では保護になるかもしれませんが、管理や保護に役立てられる情報として、関係する機関、そういうものが欲しい人に提供したいということがあります。

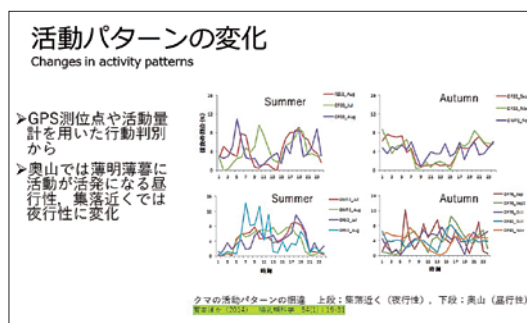
今日はそういったお話はしませんが、クマの出没が今年は大変多くて、自治体で対応されている方は相当疲弊していると思います。そういうことが起こっている機序・メカニズムを解明するため、あるいはそうした事態を解決するための手段としても使えればいいと思っています。

8

まずこれが一つ目です。これから発表する一つ一つの論文については全てこういうふうに文献情報が出ています。DOIが付いているものはそれも付けてあります。ですので、ぜひもっと詳しい内容を知りたい方は、実際の論文に当たってみてください。簡単にウェブからPDFを取れると思います。

これはクマの活動パターンの変化を調べてみた結果で、東京都の奥多摩山地で当時の大学院生と研究した結果です。このときはGPSの測位点情報や活動量計を用いて、状態空間モデルを使って行動の区分、判別をして、その中で行動パターンを出しています。

左側が夏の行動パターン、右側が秋の行動パターンです。上の二つが里山、集落に近い所での行動パターンです。下の方が奥山での行動パターンです。横軸が時刻で、縦軸が活動の割合、ここでは採食、食べ物を食べている割合になります。山の奥にいるときには日の出後から日没後ぐらいまでの間に活動のピークがある、つまり昼行性を示しています。秋になると飽食期に入りますので、夜間も結構諦めずに採食を続けたりするのですが、基本的には昼間に大きな活動のピーク、特に薄明薄暮にあるというこ



8

Ⅲ 報告

とが分かります。

ところが、集落に近づいてくるときはクマもやはり緊張状態に入ると考えられます。特にこの秋のパターンは明確です。日中の採食活動割合がすごく落ちます。そして夜明け前、日没後に活動が活発になり、夜行性のような形に変わります。これがクマの一般的な行動パターンということが、こういう機材をクマに付けることによって初めて分かりました。これが2014年ですから、今から10年ぐらい前の研究結果です。

ただ最近では、日中にも集落付近で堂々と木に登っていたり、パトカーがクラクションやサイレンを鳴らしても逃げないクマが出たりすることが起こっていますので、集落に近い所を利用するクマの中には一日中普通に採食、つまり活動を続けるクマも出てきているかもしれません。

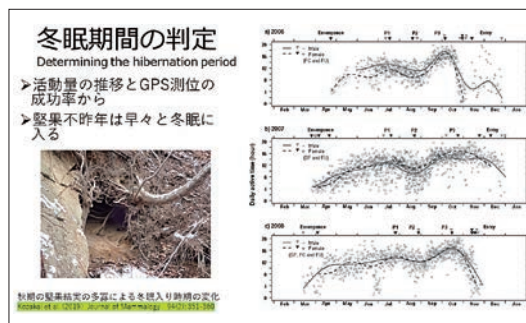
9

それから、これが冬眠期間の判定です。活動量、GPS測位の成功率を使って冬眠期間の判定をしたという論文です。2019年の結果です。ここも書誌情報があるので、必要でしたらぜひ見てみてください。

これは通年でクマの活動量を見ることによって、いつ冬眠穴から出てきたのか、いつ冬眠穴に入ったのが分かります。今日ここで話したいのは、冬眠入りの時期についてなのですが、これは2006～2008年のデータになります。この中でいわゆる秋の飽食期に、大事な食物である堅果類が豊作だったのは2007年だけなのです。2006年、2008年については、ご記憶がある方もいると思いますが、クマの大量出沒が起こって各地で問題になった年です。特に2006年は2000年代で最大のクマの出沒が起こったときです。

これは日光のクマの例を使っていますが、これで見ると堅果の豊作年には冬眠穴に入る時期がずっと後ろにずれていきます。一方、堅果の不作年には11月ぐらいに活動量がすとんと落ちて冬眠に入ってしまう。この二つで1カ月ぐらい違うということです。

最近、テレビなどに登場する方で、「今年は東北では堅果の実りが悪いので、クマは餌を求めていつまでも集落付近をうろつくのではないか」という予報を出している方がいらっしゃいます。けれども、われわれのこの結果から見ると、食べ物がなくなるとは食べ物を探すことにかかるコストと、その結果やっと思つた食べ物から得られるエネルギーを天びんにかけてときに、動き回れば動き回るほど体重



9

が減っていきますので、どこかで諦めて寝てしまうということを示しています。

これが当たっていれば、今年の東北のクマの出没ももうそろそろ終わりになるのではないかと、11月ですから冬眠に入ってしまうのではないかとと思いますが、集落付近にカキやクリがあればそれに執着して冬眠入りが延びる可能性もあるのかなと思います。

10

これは、特に春から夏にかけて社会性昆虫のアリが食物としてどういう価値を持っているのかを調べた結果です。これも論文が出ています。2012年です。このときにはGPS測定点や活動量、あるいはクマの直接観察からいろいろな条件を付けて、クマが日中に草地に出てきて活動しているときにアリを食べていると仮定して、さらに実際にアリの現存量を調べているのですが、単位時間当たりクマがどれくらいのアリをなめ取っているのかを推測をして、クマがその結果得ているエネルギーを推定したものです。

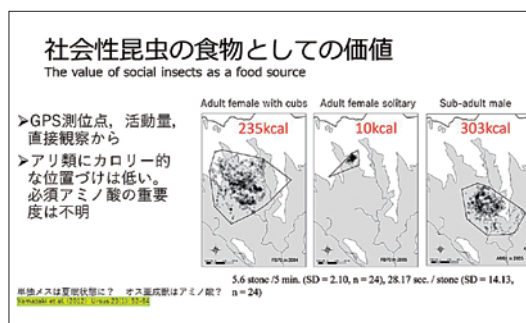
これで見ると、クマの基礎代謝量は体重によって変わり、それは数千キロカロリーになるのですが、恐らくアリから得られるエネルギーはすごく低いです。これはメスの成獣で子どもと一緒にいる場合ですが、300kcalに満たないことが示されます。これは単独のメスですが、夏は動くことを諦めてほとんど寝ている状態です。これは、いわゆる夏眠のような状態に入って体力の消耗を防いでいる状態ではないかと想像されます。

これは成長途中にあるオスの亜成獣ですが、それでも300kcalぐらしかエネルギーを取れていないことが分かりました。

ですので、この後また違う論文を紹介しますが、クマにとって春から夏は非常に厳しい時期だということです。一方で、アリにはたくさんのアミノ酸が含まれていますので、カロリーだけで考えると少ないのですが、もしかすると体の中で作ることができない必須アミノ酸のようなものが貢献している可能性もあると思います。

11 (映像)

せっかくなので、また映像をお見せします。クマが石をひっくり返してアリをなめています。「アリ



10

Ⅲ 報告

なめ」とわれわれは言っていますが、特に女王アリのさなぎが出てくるときに、アリの生活に関するフェノロジーで一番いい、効率良く食べられる時期を使ってアリを食べています。さなぎが見えるので見てください。このあたりの白いのがさなぎです。こんなふうにペロペロなめるのですが、ご覧になっても分かるように、そんなに効率的に食べられるわけではありません。

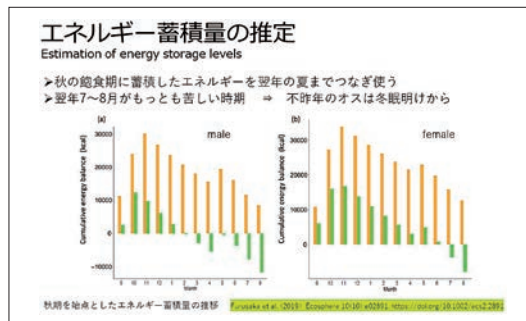
12

では、もう少し今のような季節ごとのクマの行動を見ていきます。これはGPS首輪のいろいろなデータです。実際に食べ物も特定できていますので、時期ごと、食品目ごとのエネルギー量、それをどれくらい時間食べて、どれくらいのエネルギーを体に蓄えているかということと、動くことによって当然エネルギーを消費しますので、出ていくエネルギーの収支を計算して、オスの場合とメスの場合で9月の堅果類の飽食期、hyperphagiaの時期を始点として、そこから体に蓄積されたエネルギーがどう変化していくかを調べた結果です。

これが結構面白くて、左がオス、右がメスの場合です。9月、両方とも堅果を食べ始める時期を始点としています。実際には8月下旬ぐらいからミズナラなどの青い実も食べ始めるのですが、ここでは9月にしています。堅果には年によって豊作・凶作があるのは皆さんご存じだと思いますが、豊作年と凶作年（並作以下の年）でクマが体に取り入れることができるエネルギー、蓄積できるエネルギー量の変化を見ています。

オレンジ色のバーが、秋に豊作だった場合を示しています。グリーンの場合は、秋の堅果の実りが悪かった場合を示しています。これで見えていくと、実はクマというのは秋に蓄えたエネルギーを翌年の飽食期の直前、8月の末まで結構大事に使っていることが想像できます。

一方で、秋にきちんと食物を食べられないと、オスについては冬眠明けでマイナスになってしまいます。メスについては7月や8月に最低になり、マイナスになってしまいます。このモデルでは、個体が死なないうえ、また春に少し食物を食べたときに体脂肪率、エネルギー蓄積量が回復するという形で考えているのでこの図になっていますが、実際には秋にきちんと餌を食べられなかった場合、特にオスは春先にはかなり厳しい状態になってきます。何か代替の食物、例えばシカの死体などカロリー量が多いものを見つけていかなければいけません。あるいは通常の行動圏を外れて、大きな移動をしないと駄目



12

なのかもしれません。こういうことが分かってきています。

春から夏はいろいろな食べ物を食べるのですが、先ほどのアリの例のように、体の状態を大きく改善するようなことは通常なかなかできづらいということが、GPS 首輪を付けて、さらに直接観察をすることで分かってきました。

13 (映像)

これもせっかくなのでビデオです。ミズナラを食べているところです。こんなふうにも木の上に登って、堅果をバリバリ食べます。殻斗はもちろん外すし、外皮も剥いで食べていく個体もいます。丸ごと食べるものもいます。

14

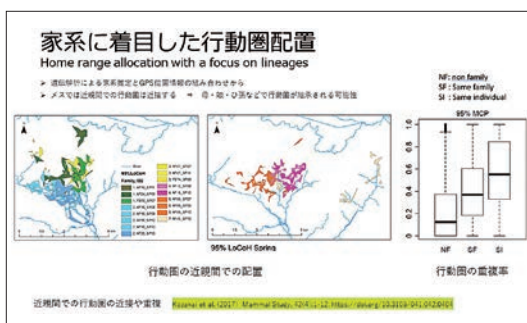
これは GPS の位置情報と遺伝解析の結果です。日光足尾山地での結果ですが、120~130 個体の識別ができています。それは、2003 年から 20 年ぐらいこの場所で調査をしているからなのですが、100 頭以上の個体を識別できていて、その遺伝情報が分かってきています。当然その中で死んでしまっているものもいます。

それを見ていくと、これはメスだけの行動圏ですが、近親であればあるほど隣り合って行動圏が配置されていることが分かってきました。これは従来からいわれていたことをきちんと証明したということになります。お母さん、娘、孫、要するに female の系統は行動圏が重複あるいは隣り合うような形で設置されるということです。

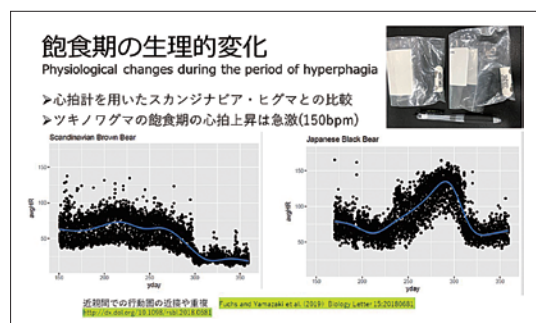
これは行動圏の重複率ですが、特に非近親の場合と近親の個体を比べると、近親の場合には重複率が 0.4 ぐらいで、非近親と比べて非常に高いことが分かります。こういうことも複数の解析を組み合わせることによって分かってきました。これも論文で出ていますので、興味がある方はぜひ読んでみてください。

15

先ほど、9 月以降になると堅果類の飽食期に入るとい話がありましたが、これは GPS 首輪に付い



14



15

Ⅲ 報告

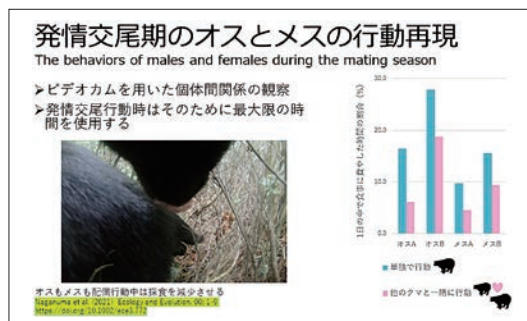
ているビルトインセンサーではなくて、ここにある心拍体温計、これはボールペンですが、これぐらいの大きさのものを皮下に埋め込んで、心拍と体温を測った結果です。これは日光足尾のクマの例です。メスの個体なのですが、このメスと同じぐらいの体重のスカンジナビアのヒグマ、同じぐらいの体重で同じくメス個体を選んで心拍の上下動を比較したものです。

スカンジナビアのヒグマはベリー類のようなものを通年で食べているので、そんなに大きな心拍の上下動がありません。ところがツキノワグマの場合には、ここら辺が夏、8月ぐらいなのですが、8月に落ち込む時期があります。先ほど夏眠のようなことをすると言いましたが、食べ物が一番なくて、蓄積したエネルギーが一番減る時期にはほとんど動かなくなります。ところが9月に入って hyperphagia に入ると一気に心拍数が上がってくるのが分かりました。これはすごいですよね。1分間に100とか150回で1日推移するので、血管が破裂するのではないかと思うのですが、そういう生理機構を持った動物ということが分かってきています。

16

これが発情交尾期のオスとメスの行動を、GPS 首輪に内蔵されたビデオカムから再現したものです。GPS 首輪を付けただけでは、そのクマがどういう行動をしていたかはなかなか分かりません。これから加速度センサーなどを使うと行動の区別がもっと詳細にできる可能性があるのですが、首輪を付けられた個体の行動がもし解析できたとしても、他のクマとの関係性は分からないのです。ところが、ここでビデオを付けることによって、そのクマが他のクマと一緒にいた場合、あるいは一緒にいなかった場合にどういう行動をしていたか、ここではクマが単独でいた場合と他のクマと一緒にいた場合で、1日の中で採食に費やした時間の割合を示しています。ビデオカメラで何を食べていたかという判断はできませんので。

そうすると、これは4個体（オス2個体、メス2個体）についてまとめているのですが、単独で行動しているときの採食に費やした割合に比べて、他の個体と一緒にいるとき、恐らくほとんどはオスとメスの組み合わせになると思うのですが、採食時間の割合が有意に減るという結果が出ています。つまり、6月を中心としてその前後は、クマは食べ物が非常に少ない非常に厳しい時期なのですが、繁殖行動に蓄えたエネルギーを使って次の子孫を残すための工夫をするということになるのだと思います。



16

これは切り出した画像ですが、そのときの映像を次にお見せします。

17 (映像)

こんな映像ばかりなのですが、面白いので見ていてください。これはオスだったと思います。メスと思われる他の個体のところに近づいて行って、ここで脱糞します。こんなふうに、性別はなかなか分からないのですが、他のクマと行動している時間帯を抜き出すことができます。

18

これがもう一つのスライドで、ここから結果が出ていないというか、論文化されていないものになるのですが、これは今、私の研究室の大学院生が調べているものです。われわれの一つの疑問は、時々オスが長距離移動をすることの理由です。特に初夏の発情交尾期に。それがどういう目的なのかを調べるために、一つの仮説として、発情交尾行動がすごく高まっているときに動くのではないかという仮説を立てて調べていきました。

クマの1日当たりの移動距離と、それからこれはGPSでセミリアルタイムでクマのいる場所が分かりますので、クマがいる場所を特定してすぐにその場所に行くのです。そこに落ちている糞を拾って、糞の中に含まれる性ホルモンの代謝物の量を測ることで、われわれが立てた仮説が合っているかどうかを検証してみました。今のところ移動距離が短くなる時、つまりメスとオスが同所的に行動して、ずっと小さい範囲を行動しているときに性ホルモン、テストストロンが上がるのではないかという結果が、中間報告なのですが出てきています。

こんなこともいろいろな機材を使うことによってできるようになります。今後、ビデオカムの映像や加速度センサーの値と照合することで、これは月ごとにまとめていますが、もっと詳しい情報が出てくることで、性ホルモンが高まるのはどういうメカニズムなのかというのが分かる可能性があります。

19 (映像)

これもせっかくなので、ビデオをお見せします。変な画面だと思うかもしれないのですが、オスのクマがもう1頭のクマの後ろにいる状態です。耳が見えています。つまり、腰にカメラが付いているわけ

Ⅲ 報告

ではないので分からないのですが、恐らくオスがメスに乗っかって交尾をしているところなのではないかという判断になります。こういうことが分かってくるということです。

20

最後に少しだけ、今やロシアのウクライナ侵攻で私の海外研究プロジェクトの一つはずっと止まったままなのですが、ロシア沿海州で近接センサー、Proximity sensor を使って、ヒグマとツキノワグマの種間関係を調べてきました。また、最近では気候温暖化で日本を通る台風の進路が相当変わっていて、北海道にそのまま上がって行って北海道に大被害を与えた後に、さらにロシアの沿海州に入って、ロシアにも大被害を与えたりしています。そうした影響を調べようとしてやっていた研究についての話題提供です。

ロシアの沿海州は、同じ場所にヒグマ、ツキノワグマ、ここには出てきていませんがアムールトラ、オオカミ、あとはリンクスのような動物が同所的にいます。昔の日本の1万数千年前の氷期のような状態が今でも残っているところです。ヒグマ、ツキノワグマを捕まえて、これは近接センサー付きの首輪ですが、これを付けることによって、ヒグマとツキノワグマが出会ったときに互いにどう反応するかというのを調べるのが目的でした。

ただ、実際17~18頭のヒグマとツキノワグマを捕まえたのですが、なぜか全部オスだったのです。本当はメスとオスの関係やメスとメスの関係を見たかったのですが、全部オスなので、この近接センサーは設定では100mか200mに首輪が接近したときにGPSの測位間隔を分単位に変えるのですが、なかなかそういう機会がなかったので、あまり論文になるような結果にはなっていません。今回は、話題提供でお見せします。

21

こんな感じで、赤がヒグマ、黄色がツキノワグマです。そうすると、こちらから来たツキノワグマとこちらから来たヒグマが擦れ違って行くのですが、このときは多分何も起こっていません。



21

22

このときは互いに、特に干渉せずということでした。

23

このときは、推測でしかないのですが、ヒグマがツキノワグマに追い付いて、ツキノワグマがそこから非常に速いスピードで移動していくという結果になっています。これもどこかで論文化しないとイケないのですが、今はロシアの研究者となかなか連絡が取れない状況なので、どうしようかなというところ です。

24

これは実際の GPS の軌跡です。このスケールは 40km です ので、これはツキノワグマですが、結構大きい範囲で動きます。やはり日本とはスケールが違います。

25

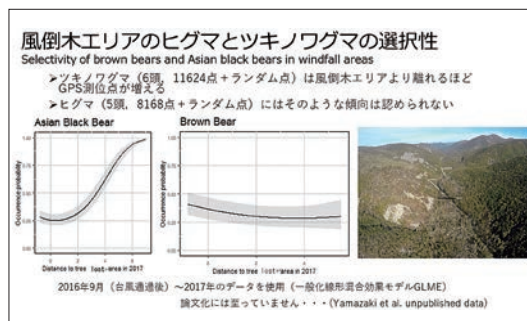
これはヒグマですが、結構大きい範囲を動きます。ヒグマの場合は海沿いまで使います。海岸線まで行きます。

26

先ほどお話ししたように、台風が日本を通り過ぎてロシアに入った結果、このように風倒木がものすごい範囲で発生しました。森のほとんどの木が倒れてしまっています。ものすごい面積です。

ここではツキノワグマとヒグマの GPS 測位点を使って、風倒木によって開放的な環境になった森林がヒグマやツキノワグマにどう作用しているかというのを調べた結果です。これも論文化には至って いないのですが、解析していくと、ツキノワグマの方はこういう開放的な環境、風倒木エリアを避ける傾向があります。それに対してヒグマの方は特にそういう傾向は見られないということが分かりました。

ということで、より森林に適応したツキノワグマにとって、このような開放的な環境ができたという ことは一時的にはマイナスに働く可能性があるということです。ただ、ここにこれから低い、例えばキ



26

Ⅲ 報告

イチゴのようなものが出てくると、ツキノワグマも利用するのかもしれないですけども、短期的には忌避するような場所になった可能性があるということです。できるだけ早く論文にしないといけないと思います。

27

これが最後のスライドです。これからの課題と展望なのですが、まず一つ、今まで簡単にバイオリギング装置を動物に付けてきたという話をしていましたが、実際には体重への配慮、それから付けていい場所やいけない場所、動物福祉の観点からも規制が年々厳しくなっています。ですので、それをクリアできるような機材を作った上で、これはメーカーとの意見のやりとりの中でお金を払いながらやるのですが、それをまたクマに付けていく作業になると思います。

今日は加速度センサーの話は全然しませんでした。実際に深層学習などを使って行動分析を他の大学の先生方と一緒にやっていますので、近い将来、結果が出てくると思います。

あとは、心拍ロガーのようなものをさらに使って、1年間の生活のイベントと関連する生理状態の変化なども見ていければと思っています。他にも論文が幾つも出ていますので、QRコードも付けました。もし興味のある方はご覧になってください。

ということで、すでに40分以上話してしまったかもしれないのですが、私からの発表をこれで終わりにさせていただきたいと思います。どうもご清聴ありがとうございました。

質疑応答

(森光) 山崎さん、ありがとうございました。非常に面白くてあっという間に時間が過ぎてしまった感があります。総合討論でいろいろと重要な議論をしたいということで、時間の関係上、事実確認だけ1～2問受け付けようと思います。フロアの方は挙手、Zoom で入られている方はZoom の機能を使って挙手をお願いします。難しい場合にはチャット欄の記入もお願いします。では山内さん、お願いします。

(山内) 北海道大学の山内と申します。ご発表ありがとうございました。テクニカルな話ですが、私は動物は分からないのですが、Proximity sensor で 100m に近づいたらGPS は自動的に1分単位になるというお話があったと思います。普通はどのくらいのインターバルを取られているのですか。人間だと2秒とかすごく細かいのですが、横に1年間のグラフがあったので、かなり広い感じで取っていると推測したのですが、教えていただけますでしょうか。

(山崎) GPS の測位間隔を短くすればするほど電池があっという間になくなってしまいます。ですので、通常は1時間に1回から2時間に1回で、通年で取れるような形にしています。

(山内) 睡眠時ももちろんずっと取っていますよね。

(山崎) 取っています。ただ、推測される冬眠時期だけは1日1～2回にして、できるだけバッテリーを持たせませす。カメラを付けたときはカメラに映っている映像と対応させたいので、それこそ15分間隔とか30分間隔で取るときもあります。

(山内) どうもありがとうございました。

(山崎) ご質問ありがとうございました。

Ⅲ 報告

(森光) 他にどなたかいますか。Zoomに入られている方も、今のところ何かありましたか。大丈夫ですか。

それでは次の話題、シカのGPS研究について、信州大学の瀧井さんをお願いしようと思います。瀧井さん、お願いします。

「GPS を用いたニホンジカ研究」

瀧井 暁子
信州大学

皆さん、こんにちは。信州大学の瀧井と申します。今日はよろしくお願ひします。私からは「GPS を用いたニホンジカ研究」ということで、これまで私が関わってきた中部山岳域のニホンジカ研究について紹介したいと思います。

2

今日は四つの話題の話をしてします。シカということで、ご存知の方も多いと思うのですが、基本生態をおさらいした後に移動特性や南アルプスの高山帯に上がったシカの生息地選択に関する研究と、未発表の研究なのですが出産期推定について紹介したいと思います。

3

最初に、ニホンジカの生態ということで簡単に説明したいと思います。

4

シカの最大の特徴は、植物食の専門家であるということです。非常に特殊化した消化器官を持っていて、数種類の不嗜好性植物を除いてほぼ全ての植物、根から木の皮まで採食することができます。彼らにとって重要なのは反芻することです。シカ牧場での研究では、1日の反芻時間が報告されているのですが、1日に何回も反芻する必要があります。シカは、そのためにかく乱されない、安全な場所が必要だということになります。そして長い時間をかけてゆっくりと繊維質の多い植物を消化します。

5

シカは草食動物なので、1年間の生活は植物の成長と密接に関係しています。最後のところでもお話



Ⅲ 報告

しするのですが、一般的に出産期は6～7月頃で、交尾期の最盛期は10月頃になります。

これは Mautz さんの 1978 年の論文なのですが、私の学生時代の指導教員の古林先生がよく見せてくれた図です。シカにとっては体脂肪の蓄積が非常に重要であり、植物の成長期に合わせて体脂肪を蓄積します。夏の間は図のように体脂肪を蓄積し、秋にピークを迎えます。一方、冬になると植物が枯死するために、体脂肪の蓄積ができず、こちらの図のように坂道を下るように体脂肪を消費していきます。この消費を加速させるのが、冬食物資源の減少や低温や積雪などの厳しい冬の気候になります。

そして、一番多くのシカが自然死亡するのが春先です。こちらの写真のシカのように骨髓脂肪まで使い果たしてしまうと、餓死してしまいます。

6

シカの特徴のもう一つが、群れる動物であるということです。メスは主に血縁集団で生活しています。一方、オスはメスより不安定な集団ですが、どちらにしても群れて生活しています。また、後ほど紹介しますが、オスの若齢個体は分散するという特徴があります。一部のメスも分散するのですが、オスに偏った分散をしています。

群れサイズは他のシカ類に比べると比較的小さいのです。越冬期に 100 頭位の集団が見られる場合がありますが、こういう大集団は複数の群れの集合と考えられています。

7

先ほど山崎さんの話で加速度センサーの話があったのですが、シカでも加速度センサー、アクティビティセンサーを使った研究はまだそれほど多くありません。私もまだ論文化していませんが、この図はメスジカアクティビティセンサーデータの一例です。横軸が時間、縦軸が日付にです。色が濃いほど活動レベルが高いことを示しています。シカの場合は植物成長期に活動レベルが高く、秋以降は下がります。ヒトの影響や季節・天気などによっても時間帯が変わることが示唆されています。

8

今日の話のメイン、シカの移動特性についてです。「定住」個体とって、夏と冬の行動圏が重複す

る個体の他に、夏と冬の行動圏が重複せず、二つの行動圏の間を往復移動する「季節移動」個体が確認されています。そして日本のような山岳地、特に中部山岳域のように標高差が著しい地域では、季節によっても利用標高が異なります。こういう移動を *altitudinal migration* (標高移動) と呼びます。シカ類ではニホンジカに限らず、定住個体と季節移動個体の両方が同一個体群に存在することも分かっています。この動きとはちょっと違うのですが、亜成獣個体の分散という移動もあります。

9

今日はこういう話がメインではなくて、付け足しのような感じですが、シカ増加による森林生態系への影響が全国的にいられているところですが、これは長野県のシカの分布図の一例なのですが、このように分布域の拡大・高密度化が進んでいて、さまざま影響が出ています。

今まで群れる草食獣が暮らしていなかった高山帯にシカが進出したことによる影響や、高密度化によって下層植生の衰退なども問題になっているところですが。

10

では、いよいよ本題に入りたいと思うのですが、シカの移動パターンです。

11

私が主に関わっているシカの研究の調査地は、長野県とその周辺地域の山岳地域になります。中部山岳地域は、本州中部のシカの分布の中核域と位置付けられます。シカの分布域も拡大しており、これまでシカの分布があまり確認されていなかった北アルプス地域や中央アルプス地域でも高山帯にシカが上がり込んでいることが問題になっているところですが。

12

私たちが行っている GPS を付けている研究は、先ほど山崎さんもおっしゃられたのですが、研究者単独でできることではなくて、泉山さん(泉山茂之教授)という信大におられる先生と一緒にやっています。シカの捕獲は結構難しいのですが、麻酔銃捕獲で泉山さんや望月さん(あかつき動物研究所 望



12

Ⅲ 報告

月敬史氏)の協力を得ながら、多頭数のシカにGPSを付けているという状況です。

13

私たちは、主にこの5地域で調査をしています。今現在は、北アルプス地域で調査を進めています。Nが10以上の地域では、季節移動と定住の両方を確認しているという状況です。

14

こちらの図は、季節移動個体の夏と冬の行動圏を直線で結んだ図になります。5地域の中でも季節移動個体の割合は霧ヶ峰高原で高く、23個体の3分の2が季節移動でした。5地域全体で見ると季節移動個体の割合が79%と結構高いです。一方で、夏も冬も同一地域で暮らす定住個体が一定数いるということも分かっています。

15

移動距離については、平均すると9.4~15.9kmでした。北海道のシカと比べると移動距離は短いのですが、その理由としては北海道ほど多雪地域が広く分布しているわけではなく、少し標高を下がれば急斜面などで雪が少ない場所が結構あるので、そういう所で越冬可能な場所が広くあるからと考えています。

16

これは関東山地の奥秩父という地域で、長野県川上村というレタスの一大産地でGPSを付けたシカの移動経路と季節行動圏を示しています。GPSを付けることで、これまで主流だったVHFの発信器では得られなかったような詳細な移動ルートが急峻な山岳域で把握できました。行きと帰りで同じルートを使う個体もいれば、ピンクの個体のように、ここに瑞牆山という岩山があるのですが、それを迂回するように春と秋の移動ルートが違う個体がいることも分かりました。

17

行動圏サイズについては、去年出版されたニホンジカに関する本¹に他の地域もかなり詳しく出ていますが、今のところ私が関わっているこの地域の中では、オスの方がメスより行動圏が広いなどという一定の傾向は確認していません。しかし、地域によって、使う場所によって行動圏サイズが変わるということも GPS を使ってはっきりと分かってきています。

18

GPS を付けることで季節移動した日や移動して戻ってきた日を正確に把握することができます。こちらは霧ヶ峰高原の例ですが、夏の行動圏で雪が降って植物が利用できなくなると移動を開始する個体がいるといったことも分かりました。南アルプスに関してはまた後ほど話したいと思います。ということで、季節移動の要因は複数のことが考えられているということも GPS を付けて分かっています。

19

分散個体についてちょっと付け足すと、分散というのは、生まれた場所から離れて新たな繁殖場所へ移動する一方向の移動です。

20

シカでは主にオスで確認されているのですが、報告事例は極めて少ないです。私たちが研究する以前は1例ぐらいしかなかったのですが、多頭数に GPS を付けることで幾つか分散の実態が分かるようになってきました。

21

霧ヶ峰はこちらの分散事例になります。これは実は VHF 発信器の個体追跡のデータなのですが、この手法でもざっくりとした分散の移動を把握できました。

¹ Sika Deer: Life History Plasticity and Management, Springer Nature, 2022

Ⅲ 報告

22

霧ヶ峰の事例では、12~23ヶ月齢、2歳になるまでに分散を始めることが分かりました。

23

また、親子にVHF発信器を装着した事例もあります。黄色で示した個体が子（オス）ですが、分散後に新たに定着した場所では、母ジカと同じ定住個体だったということも追跡データで分かりました。

24

GPSでなければ分からなかった長距離分散が、こちらの北アルプ스에서捕獲したオスジカの事例です。北アルプスから中央アルプスに移動した事例で、分散を始めた年齢が11ヶ月齢、1歳になる直前に移動を始めました。それが4ヶ月後に、中央アルプスの木曽地域に移動しました。

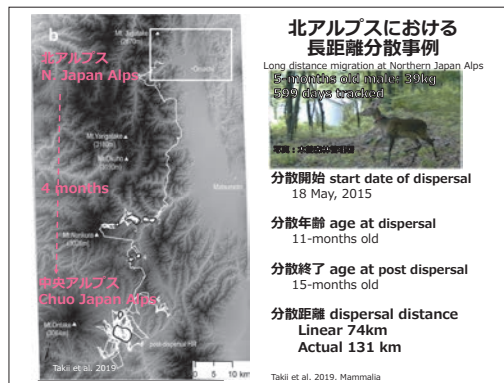
このオスに装着していたGPSは人間が専用機器を使ってGPSデータを回収する必要があるタイプで、追跡途中から電波をロストして追跡を諦めていました。ところが、森林管理署のセンサーカメラに首輪のシカが映っていることを知らせていただき、現場に行ったらまだ電波を発信していて、幸運にもGPSを回収できました。このシカの移動距離が直線距離で74km、実際に歩いた距離にすると131kmという、ニホンジカでは初めての確認した事例になります。ダイナミックな移動をシカがしているということを初めて確認しました。

25

次は、高山シカの生息地選択ということで、南アルプスの事例を紹介したいと思います。こちらの写真は仙丈ヶ岳の直下で反芻しているシカです。南アルプス地域の高山帯には1990年代ごろからシカが入り込んでいる状況です。既に高山帯で植生の劣化が進んでいる地域になります。

26

調査地は、南アルプス国立公園の北部地域になります。



24

27

日本で2番目に高い北岳がある地域になります。標高差がとても大きい地域で、標高勾配とともに植生も変わっていくという地域になっています。

28

そこでの捕獲なのですが、当然高山帯でシカを捕まえるのは不可能に近いので、シカが高山に移動する前の季節に、林道沿いで捕獲をしました。この調査では、やはり人間が専用機器を使ってデータをダウンロードする必要があるタイプのGPS首輪を使用していました。高山に滞在するシカだったので、山を登らないとGPSデータが取れないという、非常にデータ回収に苦勞した場所です。

29

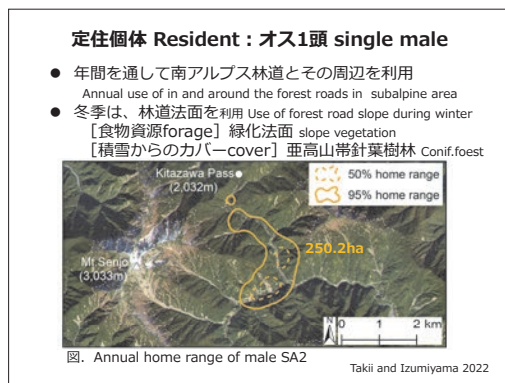
結果的に捕獲されたのはほとんどがオスだったのですが、メスも2頭いて、これらの10頭について1年近くデータを得ることができました。

30

長野県と山梨県の境に標高2,032mの北沢峠があるのですが、10頭のうち1頭はその林道沿いの地域を使っている定住個体でした。この個体は冬の間も林道法面などを使っていて、積雪からのカバー（隠れ場所）となる常緑針葉樹林も使っていました。このように厳しい気象条件を回避できる環境があったので年間を通して比較的標高の高い所にいられたのかなということも分かっています。

31

南アルプスでは9頭が季節移動個体でした。塗りつぶしてある行動圏が夏、塗りつぶしていないのが冬になります。季節行動圏間の平均移動距離は13kmですが、この9頭のうち7頭は夏に高山帯に上がっていました。残りの2頭は夏にどこにいたかという、先ほど示したオスの定住個体のように亜高山帯を主に利用していました。



30

Ⅲ 報告

32

これはそれぞれの季節行動圏の標高を示したグラフです。高山帯に行ったシカの夏の平均利用標高は2,634m、それに対して冬は1,430mと季節による利用標高に大きな違いがありました。世界的に類を見ない、著しい標高移動をしているシカでした。

33

ということで、高山に上がったシカを対象に生息地選択の解析をしました。

34

解析した7頭のオスはどの個体も、この写真を見て分かるように非常に立派な角を持ったオスでした。

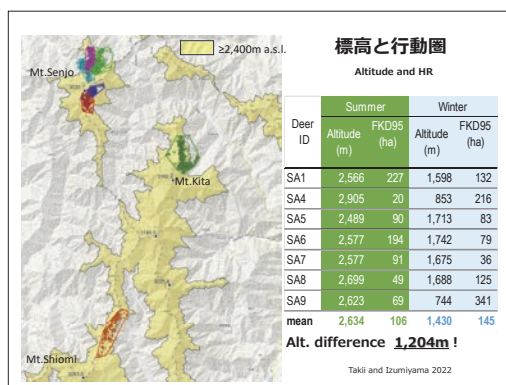
35

この7頭の行動圏をこちらの図に示しました。黄色い部分が標高2,400m以上の地域になります。この7頭は、標高の高い所に夏場ずっといたことが分かります。夏と冬で比較すると、一番大きいSA4というオスは、夏は平均2,905mの主稜線の直下にいましたが、冬になると平均853mという非常に低い地域に滞在し、年間で標高差2,000m以上を移動するという本当に世界的にシカ類ではないようなダイナミックな移動も、GPSを付けることで分かりました。

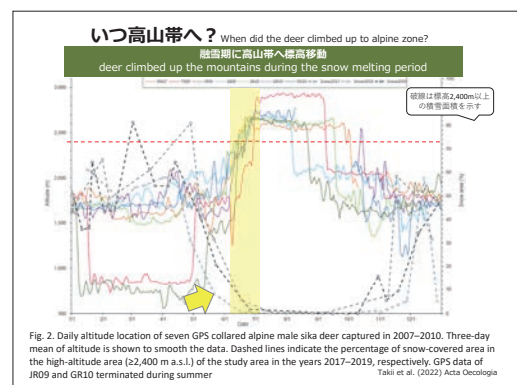
36-37

この図は、個体追跡時と同じ時年ではないのですが、衛星画像から調査地の高標高域の積雪範囲を抽出し、残雪割合と個体ごとの利用標高の変化を示したグラフになります。高標高域では5～7月にかけて融雪が急速に進みます。この時期に高山に上がるシカたちも一気に山を駆け登っていることが見てとれます。やはり融雪期に高山帯に移動していることが分かります。

シカが高山帯に到達する時期は6月初旬から7月初旬ですが、そこから山を下りる時期は個体によって異なり、中には9月下旬まで高山帯に滞在するシカもいました。



35



36-37

38

生息地選択について、詳しい話は省きますが、RSF² モデルという手法を使って行いました。これは、シカが利用した GPS データと利用可能なランダム点における環境を比較し、環境条件への選択性の違いから特定の場所の選択確率を計算するという手法です。

39

解析の際は、植生や地形要因に加えて、融雪期にシカが高山帯に上がっていることを考慮して、融雪パターンも変数に加えました。

40

その結果、高山ジカの生息地選択に与える影響が大きい要因が分かってきました。

41

高山草原（高山帯の草原的な環境）や草丈の高い高茎草本群落、あとはこういう高山草原の直下にあるダケカンバ林に対する選択性がとても高いということが分かりました。一方で、亜高山帯針葉樹林は強く忌避していました。

42

この調査地の 56% という広い面積を占める亜高山帯針葉樹林ですが、シカは実はあまり好んで利用していないことが分かりました。一方で、亜高山帯針葉樹林と隣接するダケカンバ林に強い選択性を示しました。ダケカンバ林の下は結構明るくて、イネ科草本などが生えているのですが、こういう場所がシカにとって隠れ場所にもなるし、採食場所としても機能しているのではないかと。そして高山環境、このような高山草原に強い選択性があると。実は、こういう群落も、隠れ場所になるようなハイマツ群

² Resource Selection Functions (資源選択関数; Manley, B.F.J. et al. 2002. Resource selection by animals: Statistical design and analysis for field studies. Kluwer Academic Publishers)

高山シカの生息地選択に与える影響が大きい要因
Factors influencing habitat selection

- ① 亜高山帯針葉樹林を強く忌避 avoid subalpine evergreen forests : 56% of study area
→ 下層植生の乏しさが低い選択性・高山植生を選択する要因の一つに
- ② ダケカンバ林に強い選択性 Selection for Betula forests
→ 明るい林床; 下層植生豊富・隠れ場所として機能。高山草原に隣接。
- ③ 高山草原と高茎草本群落に強い選択性 Strong selection for alpine veg.
→ ダケカンバ林やハイマツに近い (隠れ場所に近い) close to cover, hight forage pressure
- ④ 日当たり良い尾根の選択性が高く、北向きを忌避
Selection for ridges, avoid northerly slopes
→ 亜高山帯針葉樹林の分布・高山での食物資源量の分布とも関連
- ⑤ 5-7月に融雪する、遅くまで雪のある場所への選択性が高い
Strong selection for May-Julya snow melting area

糞中窒素含有率 high N value : 高標高で高い Kagamiuchi and Takatsuki 2002
成長初期の植物 early growth period : 栄養価高い Wan Soest 1994, Mysterud et al. 2011
→ 良質な食物資源を得るために高山帯へ移動

42

Ⅲ 報告

落やダケカンバ林に隣接していました。

地形的にどういった所をシカが選択していたかという、日当たりの良い尾根を選択し、北向きを忌避していただきました。なぜ北向きを忌避していたのかというのははっきりとは分からないのですが、食物資源量とも関連しているのではないかと考えています。

また、5～7月、遅くまで雪のある場所への選択性が高いことが分かりました。遅くまで雪のある場所は植物の芽吹きが遅いです。シカは、成長初期の植物、つまり窒素含有率が高く、比較的栄養価の高い植物を食べるために高山帯に行ったのではないかと分かりました。

43

RSF モデルを使ってシカの選択確率の高い場所をこちらの図に示しました。高山帯の大部分がピンク色です。つまりシカが利用する可能性が高い場所になっていました。シカは高山では比較的狭い範囲を利用するため、植生へのインパクトが大きいと考えられます。南アルプスでは既にシカによる植生改変が起きてしまっているのですが、今後も高山生態系へのさらなる影響が心配される状況です。

44

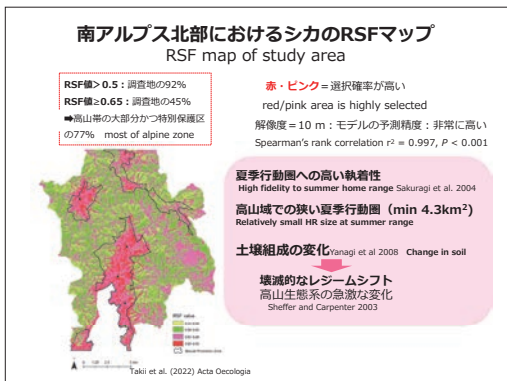
最後の話は、GPS データによる出産期推定です。

45

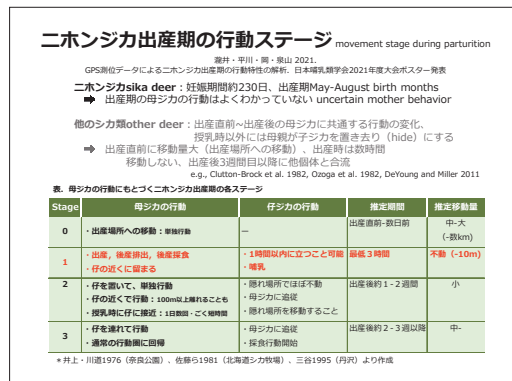
実は、ニホンジカの出産期に関する科学的な知見はほとんどありません。他のシカ類で出産前にメスジカが群れから離れて単独行動をすることや、出産前後でこのように著しく活動量が低下することが報告されています。今回のお話は、2年前に哺乳類学会で発表した内容になります。元森林総合研究所北海道支所の平川浩文さんと一緒に進めているものです。

46

ニホンジカでは断片的なシカの出産期の行動記録がいくつかあります。それらを基に出産期のステージを4つに分けました。出産前に母ジカが単独行動し、出産するときは少なくとも3時間は動かないと



43



46

というのがステージ1です。その後、母ジカは子ジカを置いて単独行動をしますが、広い範囲は動かない、この期間をステージ2にしました。そして出産後約2～3週間すると、仔ジカも草を食べるようになって、行動範囲が広がります。

47

今回は、北アルプス地域の17頭についてお話しします。

48

解析した結果、ニホンジカでも大局的な出産パターン、つまり出産直前に（おそらく群れを離れて）大きく移動するパターンを27例中23例で確認しました。こういう典型的なパターンがここの上に示したグラフになります。一方で、このように明瞭なパターンのない個体も確認しました。2頭についてはセンサーカメラから出産の有無も確認していました。

49

ここでは、出産不動滞在と呼んでいるのですが、仔ジカを出産し、後産を食べ終わるまでの、最低3時間以上あるといわれるステージ1の状態を先ほどの大局的な出産パターンのある23例全てにおいて確認しました。19例では、4時間以上の明確な滞在を確認しました。こういうシカは、出産場所についてもピンポイントで分かっています。例えばこの事例ですと、北アルプスの大町市から富山県の黒部湖を泳いで渡って、人が立ち入らない尾根の標高の高い所で出産していたことが分かりました。

一方、4例についてはこの期間に複数の短い滞在を確認しました。

50

こちらの事例は、実際にシカ出産したことをセンサーカメラで確認したシカになります。急斜面に幾つかのこうした不動滞在があり、どの場所でお産したのかがはっきりしない個体でした。

Ⅲ 報告

51

ニホンジカの場合、出産後に仔ジカを置いて母ジカが単独で行動をすることが分かっていますが、どれぐらいの範囲を移動するのかというのははっきりしていません。仮にこの距離が100m以下として、推定した出産場所から100m以内に滞在していた期間を調べたところ、早くて1日、最大で16日間出産場所近くに滞在していたことが分かりました。最も多かったのは3日間以下で、12例ありました。このようにGPSを使うことで、シカが出産してから出産場所の近くにとどまる期間が意外に短いということも分かってきました。このように短い理由として、より安全な場所へ移動することで仔ジカの死亡リスクを軽減している可能性が考えられます。

一方、先ほど示した黒部湖を渡ったシカは10日以上、12～16日間という結構長い間、出産した場所に滞在していました。そういうシカもいるのです。出産場所の安全性というか、かく乱圧などによってもこの日数は変わる可能性があると思います。

52

出産不動滞在を明らかにすることで、出産日も推定しました。シカの出産日は便宜的に6月1日とすることが多いです。この北アルプス地域では、出産日の中央日が6月7日となり、やはり6月初旬となりました。ただ、出産日は5月下旬から7月下旬まで幅があるということも分かりました。

53

複数年追跡できた個体が8個体いたため、年による出産日の違いも検討しました。ほぼ連続している年なのですが、8日前後、プラスマイナス8.6日ということで、年により2～29日出産日がずれていました。おおむね出産時期が決まっているのではないかと。シカの発情周期（2週間）により、出産日もこうやって大きくずれてくるのかなと考えています。

複数年の出産場所がはっきりしている個体を何頭か確認したのですが、そのうちの2例がこちらの図になります。星印が推定出産場所になります。年による出産場所間の直線距離は平均580m、全く違う所で出産しているわけではないのです。このメスに関しては、林道脇の河畔林で毎年出産していることが分かりました。高齢のメスなのですが、安全な出産場所を分かっていて、毎年同じような場所でお産

しているのではないかと思います。

今日は紹介する時間がなかったのですが、シカ類は夏の行動圏への回帰性が高いことが分かっています。このことも、出産場所をあまり大きく変えないということと関連しているのではないかと考えています。

54

そろそろ時間だと思うのですが、まとめです。今日はこのように移動特性や分散、高山帯への進出、出産期について話したわけですが、それぞれ GPS を使って研究することで、シカが種の存続のためのさまざまな戦略を取っていることが徐々に明らかになっています。論文化しなければいけないデータはたくさんあるのですが、今後も、出産期など、意外とシカについて分かっていない生態もあるので、そういうのを一つ一つ GPS を使って、先ほどの山崎さんの研究はたくさん発表論文があったので、そういうものに近づけられたらいいなと考えています。ということで、以上で発表を終わります。ありがとうございました。

質疑応答

(森光) 瀧井さん、ありがとうございます。先ほどの山崎さんに加えて瀧井さんも非常に膨大な GPS データで、高山帯の非常に難しいシカに対してのいろいろなアプローチ、非常に楽しく聴きました。

それでは質問をフロア、そして Zoom からも受けたいと思います。いかがでしょうか。では、中川さん。

(中川) 京都大学の中川です。サルの場合で有名な先生が明らかにされた高山帯への進出がシカにも起こっているということで興味深く拝聴しました。

サルの場合、群れとして両性群、オスとメスが一緒にいる群れが夏になって上に上がって積雪とともに下りてくるという話なのですが、先ほどのデータを見てみると、あれは全てオスの話ですよ。季節移動していく、上がっていくのはみんなオスの話です。ここで解せないのは、800m まで下りてしまう、それがすごいことなのですが、その間である中標高地域に定住個体がいるわけです。定住個体がいる所もちろん雪が積もるのですが、法面で生きていられるので定住しているという話だったと思います。

結局、こういうことですか。上に上がって、すっ飛ばしてしまうように今日は伝わりましたが、季節的には交尾期がそこですよ。夏は上で、冬になると 800m まで下りるわけですから、その間の中標高地域に定住個体のメスがいて、交尾するものは交尾して、そこで残れるものは残るし、オスも残るのですが、みんなはいられないので、はじかれたシカが下に行くという構図でしょうか。

(瀧井) ありがとうございます。ちょっと端折ってしまったので申し訳なかったのですが、高山帯に上ったシカはオスジカしか確認することができなかったのですが、目視でメスも上がっていることが分かっています。なので、オスに限った行動ではないということです。

オスジカは交尾期になる前にほとんどが低標高域に行くのですが、実は秋の行動圏もあって、冬の行動圏に行く前に交尾場所、亜高山帯域なのですが、そこに 1 カ月近くとどまるような個体は何頭かいました。メスのほうが夏の行動圏から冬の行動圏に出発する時期が遅いので、その地域で季節移動しているメスも高山に行ったオスと交尾している可能性はあるというふうに考えています。

(森光) 他にいかがでしょうか。河合さん、どうぞ。

(河合) 東京外大の河合です。本質に関係ない話なのですが、お話の中で亜高山帯に移動する個体の理由として、隠れることができるとおっしゃいましたが、隠れるというのは何から隠れるのでしょうか。

(瀧井) 南アルプスで定住するシカの話ですね。隠れるというのは、言葉足らずで申し訳なかったのですが、標高 2000m 域だとかなり積雪があるので、シラビソやオオシラビソなど亜高山帯針葉樹林といわれる常緑針葉樹林があると、その下は比較的積雪が少ないということで、積雪から回避できるという意味でした。

(河合) 捕食者はいないですね、と思いました。

(瀧井) そうですね。狩猟圧からの回避で急斜面を使っている地域もあるのですが。

(河合) ありがとうございました。

(森光) 他はよろしいですか。リモートの方ももし何かあればと思いますが、大丈夫でしょうか。タイミングが先ほどずれたのですが、山崎さん、聞こえていますか。

(山崎) 聞こえています。大丈夫です。

(森光) 海外の方からチャットに質問が入っていて、ちょっとタイミングがずれたので、もしあれば教えてほしいのですが、利用できるビデオのファイルは 40 時間だけということですが、ビデオの録画をいつ開始するのか、どのような選択をしていますかということです。

(山崎) 分かりました。研究のデザインによって変わると思うのですが、今われわれがやっているのは、

Ⅲ 報告

30分間隔で日中だけGPSを測位させて、GPS測位のタイミング、つまり30分置きに10～20秒のビデオを録画するというので、1～2カ月ぐらい録画するというやり方です。だから、ビデオで1日全部を網羅することはもちろんできなくて、1日何回か録ったビデオ映像で全体を推測するというやり方です。通訳の方、大丈夫でしたか。

(森光) 通訳が入っていると思いますので大丈夫だと思います。ありがとうございます。他は特によろしいですか。

(スプレイグ) ちょっと技術的な質問ですが、GPSの性能が非常に良くなってきたのであまりないであろうと思うことですが、確認まで。標高差でGPSの測位成功率、あるいは精度の差というのは、まだありますか。それともなくなりましたか。

(瀧井) ありがとうございます。先ほど紹介した、南アルプスの高山帯にいたシカのデータの時代は取得率が80%です。シカは比較的クマなどよりも高いのですが、最近人工衛星の数が増えてきたというのもあって性能もかなり高くなって、GPSのデータ取得割合はシカだとほぼ100%になっています。なので、標高による違いというのもあまりない状況です。

(森光) よろしいですか。それでは、特に他にないようでしたら、瀧井さん、どうもありがとうございました。

10分休憩を取ろうと思います。3分超過していますので、3時5分からまたお集まりください。休憩に入ります。

——休憩——

第2部 霊長類およびヒトのGPS・生体情報計測研究

(森光) それでは、時間になりましたので、午後の発表へと移りたいと思います。今回はセッション2ということで、セッション1の方は大型動物、クマ、そしてシカのGPS、その他センサーに関する発表がありましたが、セッション2では霊長類です。ニホンザル、そしてヒトについてGPSとセンサーを使った研究についての報告します。

では、まず私から、霊長類学、主に今回はニホンザルについて、GPSと首輪型のウェブカメラを用いた研究の課題ということで発表させていただきます。

「霊長類学（ニホンザル） GPS・首輪型ウェブカメラを用いた研究と課題」

森光 由樹
兵庫県立大学

2

まず簡単な自己紹介です。兵庫県立大学において研究と教育に従事しております。主な研究内容については、保全や被害管理に関する研究を主にしています。私は獣医師なので、麻酔を使って動物の保定を行い、GPSや、センサーを動物に装着し収集したデータを用いて保全や管理に役立てています。

霊長類では、ニホンザルの捕獲が非常に多いですが、海外でも、東アジア、東南アジアを中心にマカクを学術捕獲をして調査しています。去年ですと、会場にも来られています中川さんと一緒に、ガーナのパタスモンキーにGPSを付けています。これは、この科研でメインとしてやった仕事でもあります。

今年には日本全国クマ出没の多い年です。クマの研究もやっています。山崎さんに今回いろいろご発表いただきましたが、右下の写真にあるように、近年ツキノワグマの誤捕獲が多発しています。誤捕獲と



ニホンザルGPSとバイオリギング

話題提供の内容 Topics

1. 行動圏の季節性に関する分析 Analysis of seasonality of home range
2. 群れの活動面積の季節変化 Seasonal changes in the active area of troop
3. 首輪型ビデオカメラ映像分析 Animal born video camera analysis
4. オスの移動・分散 Movement and dispersion of males





2

Ⅲ 報告

はシカやイノシシを捕る罠にクマが誤ってかかることです。右の下は放獣業務をしている写真です。本当に今年も錯誤捕獲対応で大忙しでした。

3

具体的に本題に入ります。ニホンザルのGPSの発信機の研究では、会場に来られています、スプレイグさんが代表でやられた報告があります。当時、私も学会発表などいろいろ聴いて、お話はさせていただきますましたが、先ほど質問に上がった、精度の問題がありました。

他に私はこのGPSシステムをどう利用するかについて学会発表したり、竹ノ下さんがGPS精度について論文を書かれていたりします。近年ですと、ニホンザルの被害管理でGPSを用いた研究で海老原さんと清野さんの発表もあります。もちろんその他多数あるのですが、今回は報告の内容を簡単にこの程度でまとめていますが、他にもあります。

今、被害管理というお話をしましたが、この下のボックスに書いてある特定鳥獣管理計画ですね。サルを管理するモニタリングの手法として27府県が実際に管理計画を立てています。計画の中でGPSを用いた自治体が増えています。GPSの研究利用は重要なのですが、管理計画でも利用が進んでいるということになります。これは恐らくニホンザルだけではなくて、例えばクマも利用されています。兵庫県ではクマにGPSを付けていて、研究利用とは他に監視の活用も始まっています。若干補足の情報になりますが、お伝えしておきます。

4-5

海外の霊長類のGPSの利用ということで、これは2020年のprimatesの総説の論文になりますけれども、あらゆる霊長類で使われていたことが示されています。詳細は省きますが、17種の霊長類にGPS研究が紹介されています。GPSを、小型の霊長類から大型なものだとチンパンジーやテナガザルに至るまで付けているというものがあります。

5

大体この写真で示すとおり、GPSは首に付けます。先ほどのクマやシカも首に付けていましたが、

ニホンザル GPS発信機研究 Research on GPS collars for Japanese macaques
Sprague, et. al.,(2004). Primates.

Field testing a global positioning system (GPS) collar on a Japanese monkey: reliability of automatic GPS positioning in a Japanese forest

森光 由樹 (2004) 霊長類研究 Supplement GPS追跡システムのニホンザルへの適用

竹ノ下 ほか(2005) 霊長類研究 ニホンザルにおけるGPS首輪による測位の成否と誤差に影響する要因

海老原 ほか(2022) 霊長類研究 滋賀県および徳島県・愛媛県のニホンザル (*Macaca fuscata*) 加害群の生息地利用

清野ほか (2022) 霊長類研究 ニホンザル加害群を対象とした計画的な個体群管理の有効性

そのほか多数

特定鳥獣管理計画 (2021) モニタリング調査 28府県環境省ガイドライン (2016)

ニホンザルの被害対策としての活用が増えているほかの獣種でも活用、サル、クマは監視で利用されている



4-5

海外の霊長類のGPS利用

Table 1 Summary of GPS collar deployments on NHPs

From: Review of GPS collar deployments and performance on nonhuman primates

Species	Brand	Model	Collar weight (mg)	Study	Habitat type ^a	
					Type/season	Canopy
<i>Canus carolinensis</i>	Telemetry solutions	Quantum Q200	3.58	Parga (2015)	Semi-empirical mixed forest	Open to moderate
<i>Alouatta palliata</i>	+ Citic Digital Telemetry	Color Ink	2.28 x 0.25	Hack et al. (2016), Springer et al. (2018, 2017)	Dry deciduous forest	Year-round
<i>Ateles geoffroyi</i>	Telemetry solutions	Quantum Q200	1.50 x 0.05	Fine and Link (2013)	Tropical rainforest, year-round	Heavy
<i>Ateles geoffroyi</i>	+ Citic Digital Telemetry	Color Ink	2	Campbell pers. comm.	Lowland tropical forest	Dry season
<i>Ateles palliata</i>	Telemetry solutions	Quantum Q200	2.10 x 0.29	Fine and Link (2013)	Tropical rainforest	Year-round
<i>Capitella nigricollis</i>	Telemetry solutions	Quantum Q200	1.53 x 0.23	Fine and Link (2013)	Tropical rainforest	Year-round
<i>Chlorocebus sabaeus</i>	Telux	Ultra-light	0.5	Dore et al. (2016)	Mixed	Open to heavy
<i>Macaca fascicularis</i>	Telemetry solutions	Quantum Q200	1.61 x 0.23	Kaplan et al. (2017), 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100	Tropical rainforest with dipterocarp	Open to heavy
<i>Macaca fascicularis</i>	Telux	Mico	1.51 x 0.25	Hansen et al. (2013)	Tropical evergreen forest	Open to moderate
<i>Macaca fascicularis</i>	Telux	Planet 120	1.58	Soriano et al. (2016)	Mixed forest, including broadleaf forest	Open to moderate

Review of GPS collar deployments and performance on nonhuman primates
Kerry M. Dore, et al., Primates volume 61, 373–387 (2020)

4-5

右のミドリザルは、腰に付けているものもあって、この辺は動物の倫理上問題があるところもあるようです。どうしても首に付けられない場合には、このように腰に付けていることもあります。

6

実際にGPS発信機を装着するとさまざまな情報が分かってくるわけですが、ニホンザルの場合は基本的に行動圏の中をずっと巡回しながら生きている動物で、これをずっと詳細にポイントを落としながら、群れがどこを良く使っているかということが分かるわけです。

7


今日の主な話題の内容になりますが、行動圏の季節性に関する分析、群れの活動面積の季節変化、首輪型ビデオカメラの映像分析、そしてオスの移動・分散についても、わずかですけれどもデータが取れたので、この辺を話題として共有しようと思います。

8

まず、調査地についてです。基本的に今回お話しする内容は、兵庫県内のものになります。兵庫県北部には、香美町と豊岡市にそれぞれ1群が生息しています。城崎A群にGPSを装着して調査をしています。あと、篠山C群といって、これは明日エクスカッションで見てもらおう一つの群れですけれども、GPS研究対象にしています。そして神河D群ですね。西側にいる群れということで、兵庫県では中央になりますが、この群れを対象にまずはお話しします。

9

前の方々がお話しした内容のおさらいになりますけれども、基本的に電波発信機、ただ電波を出している発信機での手法ですね。車で調査地内を走り回って、電波の強い方、指向性のアンテナを使って、電波の強い方向にサル的位置情報を確認する方法になります。これは私が言うまでもないですけども、まず調査員の労力が非常にかかるというのがあります。そして安価なのですが、バッテリーの消耗から大体2～3年が寿命になります。



<i>Ateles</i> <i>sp.</i>	Telemetry solution	Quantum ZIPP Modules	150 x 051	Kiegers et al. (2015, 1)	Subtropical Mediterranean Dry and wet season	Open-light scrub coverage with extensive cliffs and rocky outcroppings
<i>Azule</i> <i>sp.</i>	4G-Digital Telemetry	Collar 10-light	168 x 024	Blank et al. (2015)	Riparian forest, plantation	Moderate
<i>Azule</i> <i>sp.</i>	Loxik	WiaCv3 3D	181 x 039	Blank et al. (2015)	Riparian forest, plantation	Moderate
<i>Papio cynocephalus</i>	Advanced Telemetry Systems	GT1C9	130 x 044	Makhan et al. (2015)	Semi-arid savannah and Acacia-Arid and dry seasons	Open to moderate
<i>Papio anubis</i>	Advanced Telemetry Systems	GT1C9	228	Prisworth et al. (2017a, 1)	Alto-montane forest, fynbos, mixed forest, agriculture	Open to moderate
<i>Rhagothorax maculosa</i>	Loxik	7000LU	282 x 041	Qi et al. (2019)	Semi-humid temperate cold-moist forest	Moderate
<i>Alouatta palliata</i>	Loxik	WiaCv3	254	Kerguelen et al. (2015)	Lowland mixed forest (B1) season	Heavy
Five species	Loxik	T19C-450S; T19G4580	-	Humbel et al. (2019)	Mixed forest, mixed savannah	Open to moderate

*Depending on age class of animal, use necessary of age classes is best
 †Capacity cover for broadcasted in some open, moderate, and heavy

Review of GPS collar deployments and performance on nonhuman primates
 Kerry M. Dore, et al., *Primates* volume 61, 373–387 (2020)

5

Ⅲ 報告

右側は GPS ですが、過去には GPS を脱落させて、もしくは近くに行ってダウンロードという方法でデータ収集をしていたのですが、近年ですと通信衛星を使って、実際にそのデータを吸い上げて、研究者は自分のパソコンもしくはスマホで情報が取れるという画期的な技術開発が進んでいます。

10

私が使ったのは、サーキットデザインという国内のメーカーになります。これは基本的にダウンロード型です。もう一つは、TELLUS のイリジウム衛星、衛星からの情報収集ができるという、この二つを使っています。測位については2時間置きに、5時からスタートして19時まで基本的にはして、最後21時、サルは基本的には泊まり場とあって、夜間そこで眠ったり、動かないというのがあるので、その確認のための21時を設けています。このようなスケジュールです。ですから、この辺が他の動物とは違って、サルの場合には朝から夕方まで測位するというのが基本的な GPS の情報収集になります。

11

捕獲については、詳細は省きますけれども、この手法で非常に苦勞する点としては捕獲です。もちろん檻を使って誘引するというやり方はあるのですが、なかなかそういうものに誘引されない自然群、俗に言う人の餌に餌付いていない個体というのは麻醉銃で狙うしかなくて、特殊技術が必要となります。経験のある方は分かると思うのですが、発信機が付いていないとサルがどこに出ているかというのは分からないです。左上の写真は、雪の中で麻醉銃でサルを狙っています。新雪になるとサルの足跡が残りますから、それをひたすら追跡して捕るというやり方です。被害を出していない群れ捕獲で用いる方法です。

12

早速結果に入ります。まず、それぞれの3群の行動圏についてです。それぞれ頭数が書いてありますけれども、上に書いてあるのが実際の95%の行動圏、括弧がコアエリアの面積になります。城崎の場合は26.17km²、神河Dは32.52km²、篠山Cは5.77km²ということで、基本的にサルは頭数がどんどん増えていくと行動圏が広がるということが先行研究から分かっているのですが、頭数としてはそん

なに大きくないにもかかわらず、これだけ行動面積が違うということが示されています。

13

次に神河についてですけれども、より詳細に季節別に示したものになります。春の3～5月が19.5km²、夏になると16.1km²、秋は26.5km²、冬は10.6km²ということで、季節によってそれぞれ行動圏の広さが変わることが分かると思います。この中では秋が非常に広がっていて、冬が非常に狭いことが分かっています。

14

次に城崎ですけれども、城崎も春が8.6km²、夏が22.58km²、秋が15.60km²、冬が4.98km²ということで、この群れについては夏のほうが広がっているのですが、いずれにしても共通する部分としては冬に著しく行動圏が縮小するということが分かっています。

15

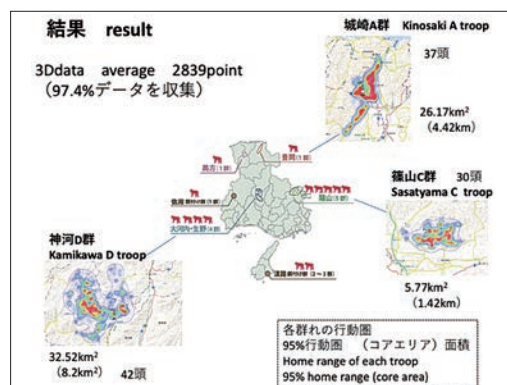
では、非常に行動圏のエリアが狭い篠山C群、明日エクスカッションでお見せする群れですけれども、見てのとおり季節性がほとんどない。5km²前後をずっと活動しているということで、このように季節で行動圏に差がないという群れもあります。

16

先行研究も照らし合わせて考えると、季節で行動圏を拡大・縮小する群というのが神河C・城崎Aである一方、季節性がない群れも兵庫では認められているということで、ここに違いがあります。春、夏、または秋は行動圏が拡大していつているのですけれども、冬は縮小ということになります。

17

利用標高の季節変化ということで、城崎A、神河D、篠山Cの標高をそれぞれ示していますが、城崎A群については秋に若干高い所を移動し、冬は低いところに移動するという特徴です。神河Dにつ



13

Ⅲ 報告

いては、春から夏に標高を一気に上げて、秋に若干下げて、最終的には冬に下がるということがあります。篠山Cはほぼずっと同じ標高エリアを使うということで、それぞれ地域によって若干こういう違いがあるということも分かると思います。

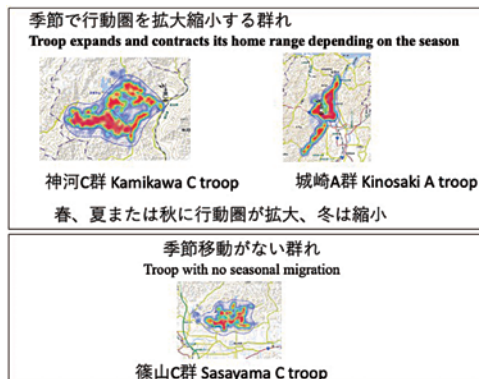
18

先行研究を照らし合わせての考察です。ニホンザルを含む霊長類は、先ほどのクマ、シカも一緒ですけれども、植物のフェロノジーによって食性などを変化させるということがいわれています。そのために、季節間で行動圏であったり、利用する標高を変化させるというのがあります。先ほど瀧井さんが示された、アルプスのシカですが、サルでも泉山さんらが先行で研究されているものがありますが、これはまさに高山帯や亜高山帯に住むサルで、季節によって冬は低標高にいて、春、夏、秋になるとだんだん高標高へ上がっていく。そしてまた、季節が秋から冬になっていく段階でまた下がっていくという季節的往復型というのがあります。

一方で、季節的な拡大・縮小型ということで、これは亜高山、低山帯、俗に言う里山に住むサルなどが比較的多いのですが、ずっとその生息地の中で拡大・縮小を繰り返すということもあります。こういう形でサルも、生息地域やいろいろな採食物の違い、環境によってさまざまな生活様式があるということが分かると思います。

19

季節的に行動圏が拡大・縮小していくわけですが、では群れの広がりはどうなのかということに着目して、GPSを使ってやったデータがあります。ちょっと分かりにくいのですが、サルの群れがその1日でどれくらい広がるのかというモニタリングをしています。若干情報を提供すると、それぞれ調査した頭数があって、A群55頭、B群30頭で調査をしたということになっています。この頭数をなぜ伝えるかというと、先ほど話したとおり、頭数によって広がり方であったり活動面積がだいぶ変わるということが想像できますので、ある程度この辺を参考値として捉えて書いてあります。



18

20

捕獲個体の選別ということで、この調査で結構重要な点というのは、母親、子ども、その姉妹にGPSを付けてもあまり意味のない例ではないかなと考えるわけです。その理由は、サルは母系社会であって、母系を中心に行動していますから、基本的に母系とは遠い個体に付けることによって、可能な限り群れの広がりやサイズの大きさが見られるのではないかと想像してやっています。装着するときに、檻に複数頭のメスが入るわけですが、母系に近い、親族に近い、血族に近い個体と判断しその個体は他には付けないということをやっています。

21

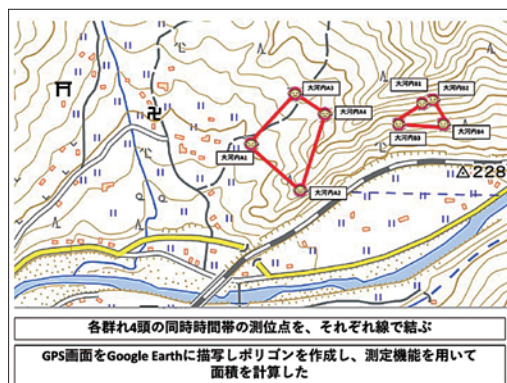
とはいっても、基本的に科学的な根拠は少ないです。そこはやはり心配なわけです。これは後付けデータになります。母系が瞬時にチェックできない状況で、GPSを付けるわけですが、その時に、血液を実際に採取しておいて、親子判定、マイクロサテライトというDNAの場所がありますが、それを調べて、少なくとも同じ母娘ではないということは一応確認する作業はしています。その群れの中では家系が離れたものであるという位置付けで、この研究を進めています。

22

具体的にイメージしにくいと思うので、図を作ってきましたけれども、具体的なイメージとしてはこうなります。それぞれメス4頭、左側の絵のようになると、このとき一斉に同じ時間帯に測位をして、その測位したところで、群れの広がりというのがその日1日どうなのかということをチェックしているわけです。右も一緒ですね。このような各群れそれぞれの測位点を線で結ぶことによって調べるという計画になります。

23

併せて、これだけ広がった・広がらないだけでは面白くないというか、生息地の環境を複合的に、一緒に併せて考える必要があるだろうということで、フェノロジーの調査を現地で行っています。地域全体のサルの採食物フェノロジーを調べるのは非常に労力がかかり大変な作業になりますので、GISを



23

Ⅲ 報告

使ってまず集中利用場所の解析をして、非常によくサルが使っている場所を選定します。基本的には50%コアエリアの固定カーネル法で算出します。これをやることによって、集中利用場所における現地調査に実際に入るわけです。

ニホンザルの採餌物のリスト、これは辻さんがまとめられた資料を使って、サルが利用可能な植物を同定します。かつ、集中利用場所において5本以上確認された利用可能な植物種を、特に資源量の多い利用可能な植物種とし整理をしています。コナラの葉であったり、アベマキの花だったり、カキノキの実が具体的な種になります。

24

少々分かりにくいと思うので、若干図で補足します。それぞれの群れの線で示しているのが95%の行動圏になります。その中でコアエリアを50%捉えて、その中で踏査ルートをランダムに1km設定し、そこで踏査しながら、サルの食べる餌のフェノロジーを調べています。

25

落葉広葉樹林帯なのですけれども、主な採食物ですね。春期が新葉、夏期が花と液果、秋期が堅果ということになります。以下のような流れの中で、新葉、花、液果、堅果、そして「むかご」というものもありますけれども、開き始め、完全開葉、そして葉の硬化だったり、花の散り始めまでなど、このような詳細なデータをずっと週に1回程度、山に入って調べて、サルの採食物と群れの広がりについて考えていました。

26

あと、この群れについて重要視しなければいけない点としては、自然の採食物だけ採食する群れではありません。実を言うと農地にも、毎日ではないですけれども出てくるということがあって、農作物のフェノロジーもある程度情報を押さえておく必要があるということでやっています。基本的にはインタビューを主にメインにしていますが、それでも、実際に調査地に入って農作物のフェノロジー調査をやっています。

27

早速結果になりますけれども、まず群れの広がり面積についてです。群れが2群いますが、4月から徐々に群れのGPSを付けている個体が広がっていくとイメージしてください。5月、6月と広がって行って、夏になるとまた下がってきます。また秋以降になると広がりがあるということになります。最後、冬に向けて下がる。群れの広がりそれぞれの群れで若干違いますけれども、同一の傾向を示していることが分かっています。

28

フェノロジーの調査と合わせると、基本的には29科40属47種を調べているのですが、4月から6月、群れの広がりが多い時期に非常にたくさんのサルが主要採食物が新葉になります。9月から11月は、堅果が増えます。

29

A・Bそれぞれ同じように示して、同じ傾向ということですね。

30-31

先ほどの農作物フェノロジーの調査ですけれども、これもそれぞれサルの大好きなものが植わっていて、実際に被害があるのですが、個体間が狭い時期が俗に言うトマトだったり、カボチャ、サツマイモ、枝豆、スイカなどがある農地に集中します。群れが広がるときは果実ということで、クリであったりカキであったりがだんだん熟してきて、非常に広範囲に広がるということになります。

実際、GIS上で今回お見せはできないのですが、直接観察などの情報から考えられる点では、やはり家庭菜園ですね。夏野菜については家庭菜園、非常に狭いエリアの中でのものを作っていて、そういうことも含めて、農作物の中でもあまり群れの広がりはないというふうに理解しています。反対にカキ・クリというのは、今もどの地域も同じだと思えますけれども、農村地周辺にもたくさん生えていて、それを食べることによって群れが広がり認められるかなということがあります。ですので、自然植生と併せてこのような農作物のフェノロジーも、ある程度サルの広がりということに関しては関与しているの

Ⅲ 報告

かなというふうに考えています。

32

次に、行動圏が最も拡大する時期に採食物は何を食べているかということ、首輪型のビデオカメラを使って映像分析しています。先ほど山崎さんが市販のものでやられていたのですが、私は基本的には自作しています。自作して、サルに合ったものでやっています。市販のものもいつも狙って使いたいという思いが強いのですが、先ほどの山崎さんの課題にも挙げられていたとおり、重量がどうしても大きくなってしまって、動物への負担というのが、通常の動物福祉上だと体重の5%以内の機材を付けなさいということが一般的にルール化されています。それよりも増えてしまうということは非常に良くないということで、その点について非常に慎重に実際に装着しています。

33

機材のポイントということで、私は10日間の撮影にしています。時間的には270分撮影できることになります。どうしても小型カメラはバッテリーの影響をさらに受けるということで、短時間の撮影になっています。先ほどのGPSと一緒に、基本的に活動は昼行性ですので、ずっとビデオを回す必要はなく、朝7時から17時まで、スキッピング法といって、10分たつと30秒をワンカットで撮影します。繰り返して撮影することを試みています。

34 (映像)

実際の映像ですけれども、やはりインターネットの環境が悪く、カクカクして非常に見づらくて申し訳ないのですが、いずれにしてもこのような形で、サルが今、これは草本を食べているのですけれども、ちょっと画像が見づらいですかね。いずれにしてもこういう形で情報収集をしているということになります。

35 (映像)

次はグルーミングです。これは手ですけれども、毛を触っているのが分かると思います。



33

36 (映像)

サルの場合に面白いのは、自分が食べているだけではなくて、今回データに反映していないですけども、やはり社会性の動物なので、映っている相手が何を食べているかということも一応情報収集が取れるというのが、大型動物とは違うサル特有のものなのかなというふうに理解しています。これは種を判定できませんでした。

37 (映像)

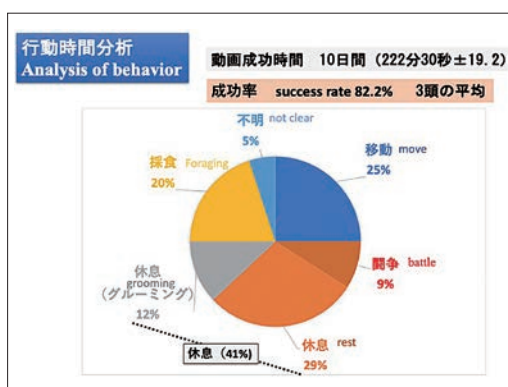
最後はちょっと悲しい映像ですが、柑橘類を食べているということで、ちょっと映像がスムーズでなくて見づらくて申し訳ないのですが、口元のみかんを持っていつている映像がこの後出るはずですが。これがそうなのですけども。そんな形で、このような採食のものについての同定もしたということになります。

38

この分析をしたのがこれになるわけですけども、それぞれ不明、移動、闘争、休息。休息もグルーミングも入っていて、分けてはいますが基本的には全体の41%が休息になっています。採食が20%です。基本的に成功率は82.2%ということで、これは冒頭でお話ししなかったのですが、3頭付けています。3頭の平均値というふうにご理解ください。

39

食べているものですけども、時期は夏の終わりから秋にかけての情報になりますけれども、クズであったり、ヌルデであったり、コナラだったり、クリだったりということでありまして。それぞれ食べている割合があって、これもただ実際に食べたものがこの程度ということで、詳細な分析には至っていませんけれども、いずれにしてもこのようなものを、分布の拡大、群れの拡大があるときに食べていた10日間の主要な食べ物のデータになります。



38

Ⅲ 報告

40

多かったのはクズ、ヌルデ、コナラ、クリです。当然画像が乱れたり、私も植物の専門ではないので、植物の専門家に聞きながらやっています。どうしても種の不明があります。クズ、ヌルデ、コナラ、クリが生息地に多いのかは不明です。毎木調査などはしていないので、あくまでも想像での話になります。

被害の大きい農作物は、黒大豆やカボチャ、ネギでした。今回の採食データからは認められなかった。被害が大きいというのは、先ほどインタビューデータから農家さんとの話で挙がってきたのはこの種だったのですけれども、出なかったということになります。

晩夏から秋にかけて農地周辺（集落）に出没する率はその年によって変動するということが知られています。実際に今年はサルが来て被害が大変だったという話がある一方で、全く秋にサルを見ないということもこの地域であって、この辺がまさに、クマでクローズアップされていますけれども、秋の堅果、山の食べ物に対してサルも当然その影響を受けていることが想像できるかと思います。堅果類を含むサルの採食物の豊凶作との関係を明らかにすることが重要になります。

41

この辺は、体重も併せて補足のデータがあるので紹介します。

42

兵庫県ですと、学術捕獲、生体捕獲のときも体重を測っているし、農業被害で残念ながら捕殺した個体もずっと体重を調べています。あくまでもこれは中央値で、オスとメスの合わせたものになりますが、今のフェノロジー、そして群れの拡大、行動圏の拡大と同じような流れとして、やはり体重もそれに合わせて増えていき、そして夏に落ち込んで、また秋に増えることが分かっています。

43

最後の話題になります。オスの移動・分散についてです。それぞれオスの移動距離を算出する、オスの移動ルートを把握するというので GPS を付けて調べてみました。

44

これは途中の解析報告なので、論文にしていません。結構重要なのが、ただここに動きましたよというだけではつまらないので、景観生態学的に最近やっているコストパス解析というものに合わせて紹介しようと思います。これは動物の移動・分散を阻害する抵抗を解析するという手法で、具体的に土地利用・森林タイプ・地形・気象条件に由来する移動・分散のコストを測ることになります。地理的な距離の二つから、隣接する個体群間の連結性を評価するための解析手法といわれています。

45

詳細を言うと1時間ぐらいになってしまうので、ポイントだけお話ししますが、基本的にこのメッシュで、適合度指数というのがあります。これはGAMという、サルの子の生息地モデルを解析したのになります。赤が強ければ強いほどサルが好適的に移動できるという環境です。反対に青色は駄目で、これをぱっと見てお分かりのとおり、市街地はほぼ全てが青になっていると思います。市街地の中には集落であったり、人がいる所もぼつぼつとスポット的に、空間的に青色がありますが、サルが住みにくいだらうということになります。

46

これは既に江成さんと一緒に共同研究していた内容です。江成さんがやったのは地域個体群のメッシュでのコストパス、要するにサルにとっての好適ということでのパスを描いていたのですが、私はこれに今回のオスの移動ルートをオーバーレイして、検証してみました。

47

同じような群れですね。全ての群れで、オスにそれぞれ9、7、11、2、5ということで、それぞれGPSを付けています。重要な点としては、オス亜成獣に付けるということで、それに付けています。

48

結果は、美方生まれのサルはこのように動いていって、他の地域個体群に接近しているものもあり

Ⅲ 報告

ます。

49

城崎ですね。

50

篠山。

51

大河内・生野。

52

船越山。

53

これは他の発信機を調査で付けていたものが運良くその地域で見つかって、その直線距離を調べたというデータもあります。

54

これが全ての情報を捉えたものになります。

55

この結果をまとめると、3年間で個体群に接近したのが34頭中22頭いたということになります。5頭は接近なしで、残念ながら死亡したというのが7頭あります。距離的な直線としては最大で102.3km、最小で3.7kmということで、平均値を取ると24.5kmがこの地域の平均的な移動距離になると思います。先行研究で小金澤さんが、発信機を4頭を付けて出しているのが7.7kmという情報がありますが、

これと比べるとだいぶ移動していることが分かると思います。

56

この解析を先ほど言ったコストパス解析と照合すると、このような結果になっていて、若干外れたりしていますけれども、おおむね地域個体群間での解析とオスの移動の解析は同じ傾向があることを示せたと思います。

57

それぞれ黄色で示しているのが市街地なのですが、そこは少なくとも忌避していると思う反面、市街地に出ているのも、実を言うと数頭ですけれどもいるのです。この辺が今お話があるアーバンアニマル、市街地動物というふうに捉えるというか、その辺は心配なデータでもあります。

58

時間も押しているので、さっさと行きますけれども、今回示したオスの移動については注意すべき点があります。それは調査地域は、非常に群れ数が少ないのです。群れが少ないが故に、一生懸命群れを探してオスが動き回ったという結果としてこのような長距離移動があったのかなというふうにも考えることができます。これは他の地域も含めて整理する必要があるというのが1点あります。

59

あと、今回データを省きましたが、5月、6月に全部群れから出ます。他の時期ではなくて、34頭付けた中で、春先から初夏にかけて出るということで、この理由はいま一つ考えがまとまっていません。コストパス解析と同じようなオスの動きも見えたということになりますが、今後の作業の課題としては、遺伝的な多様性、遺伝子流動も含めて、最終的にはもう少し整理する必要があると思っています。

60

超過しましたが、私は以上になります。ご清聴ありがとうございました。

質疑応答

(森光) ということで、質問を受けようと思います。フロアの方、そしてウェブでつながれている方、何かあればお願いします。中川さん。

(中川) 京大、中川です。質問ではなくてコメントなのですが、実は趣旨説明についてのコメントではあるのですが、趣旨説明にコメントするのもそんなに時間がなかったので、ここでちょっと絡めて話します。趣旨説明で話されたGPSの歴史のところで抜けているのが、いわゆる自然群、屋久島や金華山でGPSを人が持って、それで例えば今日やられていた個体間の距離や移動を研究した時代があります。それが2000年ぐらいですね。2000年ぐらいから始まったわけですがけれども、その後ももちろんGPS首輪に移っていくわけです。そういうのがあるということが趣旨説明へのコメントです。

その研究によると、今日の群れの広がりのお話で、大体一致しているのですが、やはり夏場はちょっと違うのです。金華山でも屋久島でも夏場はすごく広がる、個体間距離が長くなる。ただ、もちろん申し上げておかないといけないのは、彼らがやっていたのはせいぜい2頭なのです。群れの中の2頭間の距離で、もちろん森光さんも考慮されていたような、同じ家系ではないものに付けているわけですが、その広がりが夏場はむしろすごく広がるということですね。今日の話ですと、冬場と同じように夏場は割とコンパクトになるというところが違いで、自然群で広がる理由は、夏場は昆虫食が増えるのです。つまり、食物の分散というのと絡んでいて、あるいは金華山の場合はノイチゴぐらいが今日挙げられた液果としてはあるわけですが、そんなに大量にあるわけではないので、こちらのほうとこちらのほうとでかなり分散してあるので、そういうことが理由でどうしても分散的になってしまうという解釈がされているわけです。

そこで神河の場合農作物のほうはある程度分かり、スイカなどで距離が短くなるのは分かるのですが、自然の食べ物の分散で多分説明はできるのです。そのイメージが付かないというか、そこが一致しないところだなというふうなコメントでした。

(森光) ありがとうございます。私もその辺は、中川さんが紹介してくれた学会発表の要旨を読んで、ちょっと違うなというのはあるのです。なので、この辺は手法の問題なのか、それとも島しょ性のサルと地域性の違いなのかというのは、もう少し丹念にしっかりと考えを膨らませて、ちゃんと考察しなければいけないなと思っています。ありがとうございます。

他、チャットには入っていますかね。恐らく時間がなくてなかなか皆さん書き込みが大変な部分もあると思いますので、コメント、質問等も総合討論で拾いながら議論を膨らませようと思います。他になれば取りあえず私の発表を終えて、次の山内さんのご発表へとつなげようと思います。では、山内さん、よろしくお願ひします。

人間の行動をハカル：時空間利用から栄養適応へ

山内 太郎
北海道大学

北海道大学の山内です。今日は、「人間の行動をハカル」という題でお話しします。「ハカル」と片仮名で書いたのは、身長や体重を「はかる」は測定の測ですよ。食事調査などで食べ物の重さを「はかる」は重量の量ですし、時間を「はかる」は時計の計など、「ハカル」にはさまざまな漢字が当てはまるからです。

人間の行動は別の表現をしますと、時間や空間をどのように利用しているかということになります。今日は時空間利用、そして栄養適応、聞き慣れないかもしれませんが、そちらへの展開についても考えてみたいと思います。約30分間、お付き合いのほどよろしくお願いします。

2

話の前に、簡単に自己紹介させていただきます。専門は「人類生態学、ヒューマン・エコロジー (Human Ecology)」という学問分野ですが、マイナーな分野ですので、恐らく皆さん聞いたことがないかと思います。職場（医学部）では、「国際保健学、グローバル・ヘルス (Global Health)」と称しています。

研究テーマは「人類進化と環境適応の視座から健康を考える」ということで、30年ほど途上国の小集団を対象としてフィールドワークを行い、栄養や健康、そして近年は排泄や、あるいは排泄物の安全な処理・処分（サニテーション）についての実践活動なども行っています。スライドの上の写真が30年前のニューギニア高地です。下の写真が昨年のカメルーンになります。

フィールド調査地は、大学院生時代のパプアニューギニアを皮切りにどんどん増えていきました。近年はアフリカ諸国が中心となっています。今日はカメルーンの事例についてお話ししたいと思います。時間があればパプアニューギニアについてもご紹介したいと考えています。



3

本日の発表構成です。初めに、人を対象としたGPS研究について簡単なレビューを行います。趣旨説明で既に森光さんにやっていただいたので、駆け足でいきたいと思います。人類学分野におけるGPS研究についても触れます。

そして2番目は、行動をハカル方法論についてまとめてみます。三つに分類しました。非観察、これは質問紙あるいはインタビューによる方法、そして機器を用いた方法、このカテゴリーにGPSも含まれます。そして最後は観察法です。シンプルな方法ですが、なかなか奥が深いです。事例としまして、カメルーン熱帯雨林に暮らすピグミー系狩猟採集民の子どもの行動のフィールド調査について紹介します。

続いて、人類生態学、健康科学（ヘルス・サイエンス）への応用として行動、すなわち時空間利用から身体活動量を評価すること。さらに食事調査を加味することによって、栄養生態あるいは栄養適応へと展開します。事例として、時間があれば、パプアニューギニア高地農村部の人々と都市スラムへの移住者の両者の比較調査の話をしたいと思います。

最後にまとめて代えて、GPS研究の将来展望、人類進化とナビゲーション能力について考えてみます。

4

GPSは、人間を対象とするさまざまな研究領域で活用されています。その主要な領域の概要です。

5

まずは、モビリティ研究です。GPSを用いて、個人や集団の移動パターンや空間利用を調査し、都市計画、交通政策、環境への影響などを分析する研究が行われています。都市の交通の流れ、通勤者の移動パターン、観光客の動向などが追跡されています。

GPSを用いた観光客の行動、これは多摩動物園です。左の図は、時間地理学という分野があるのですが、そこで用いられている時空間パスや行動パスといわるものです。一つの線が1人の観光客の活動パスを表しています。後ほどまた説明します。右の図は、観光客の行動によって公園を31のゾーンに

発表構成

1. 人を対象としたGPS研究
2. 行動をハカル方法
 - 2-1. 非観察（質問紙）法
 - 2-2. 機器を用いた方法
 - 2-3. 観察法
 事例1 狩猟採集民の子どもの行動変容
3. 人類生態学、健康科学への応用
 - 3-1. 時空間利用から身体活動量へ
 - 3-2. さらなる展開：栄養適応
 事例2 ニューギニア高地vs.都市スラム
4. まとめ：人類進化とナビゲーション能力

3 発表構成

人間を対象としたGPS研究

- モビリティ研究
 - 移動パターンと都市計画、交通政策への影響
- 健康とフィットネス
 - 運動トラッキングと疾病モデリング
- 地理情報システム（GIS）
 - 空間データベース、環境モニタリング
- スポーツとエンターテインメント
 - パフォーマンス追跡、ゲーム

4 人間を対象としたGPS研究

Ⅲ 報告

分けたものです。

6

2番目は、健康とフィットネス。GPSは運動トラッキングや位置情報を活用して、健康管理にも役立ちます。ランナーやサイクリスト、あるいは歩行者が自分のルートを追跡したり、歩いた距離を記録したりすることができます。またGPSデータは疾病の伝播モデリングにも使用されています。

そして、GIS（地理情報システム）とGPSを統合することによって、位置情報を基にした地図、空間データベース、環境モニタリングなどを行うことができます。都市計画、自然災害の管理、農業や土地利用計画などに適用されています。

またこれも面白いですが、スポーツやエンターテインメントです。GPSはスポーツの分野でプレーヤーのパフォーマンスを追跡したり、視聴者にリアルタイムのデータを提供したりして活用されています。また「ジオキャッシング」、聞いたことがないかもしれませんが、宝探しゲームのようなものです。あるいは、位置ベースのゲームなどエンターテインメント分野でもGPSは利用されています。

7

人類学の分野においても簡単に見てみましょう。文化人類学は、土地の象徴性や文化的意味、土地利用パターン。生態人類学、環境人類学では、人間と自然環境との相互作用、土地利用や資源管理、あるいは生業活動、狩猟や漁労、農業といった活動にGPS研究が役立っています。社会人類学では、社会的なネットワークや人間の相互作用、相互関係を研究したりします。交流パターン、社会的つながりですね。後ほど企業の研究事例について紹介したいと思います。最後に、考古学です。遺跡調査、文化遺産の位置情報、分布や規模など、そして文化遺産の保存などに役立てられています。

8

ということで、駆け足でレビューを終えて、次の話題に進みたいと思います。行動をハカル方法について、先ほど述べたように3つのカテゴリーに整理してみました。

9

まず、「非観察法」です。こちらは自記式の質問紙 (Questionnaire)、あるいはインタビューによる行動調査です。対象者への要求度が高いため、先進国や途上国の都市部などで個人や集団を対象として行います。この表のように、起床や朝食、通勤、仕事といった活動単位で、その開始時刻や終了時刻、あるいは費やした時間などを聞き取りします。

10

活動単位ではなくて時間単位の質問紙やインタビュー調査も行われています。これは有名な NHK 国民生活時間調査というもので、1960 年から 5 年ごとに実施されています。調査対象は 10 歳以上で約 8000 人、住民基本台帳から無作為抽出された日本人の平均的なサンプルと考えられています。縦軸がちょっと小さくて見えませんが、「その他」を含む 29 種類の活動項目があらかじめ設けられており、横軸が時間軸となっています。午前 0 時から翌日の午前 0 時まで 24 時間、15 分単位のマス目となっています。

11

先ほど「あとで振り返ります」と言いましたが、こちらが時間地理学で用いられている活動パス図 (時空間パス図) です。平面に地図があって、縦軸が下から上の方向で時間軸となっています。時間地理学では、個人の生活を仕事、買い物、余暇といった断片化された活動、あるいは単位時間というのではなくて、一連の繋がり = パスとして考えます。したがって、どの場所、どの時間帯に滞在していたかということとは分かるのですが、実際に何をしていたかということとは分かりません。

12

続いて、「機器を用いた測定」です。テレメトリー、これまでの発表でもありましたけれども、遠隔監視、遠隔測定です。野生動物の体に発信機を装着して、電波を受信して動物の移動を追跡するといった技術です。今日のテーマである GPS も「機器を用いた測定」のカテゴリーに入ります。対象者がいつ、どこにいるかというのは分かるわけですが、そこで何をしていたかということは GPS のデータ (位

Ⅲ 報告

置と時刻) だけでは分かりません。

13

対象者の実際の活動内容を知るためには、先ほど森光さんの発表にありましたが、小型の機器（アクションカメラなど）を装着して動画を連続撮影する方法があります。あるいは反対に定点にビデオカメラを設置して、非常にゆっくりした微速度で撮影して静止画を撮る方法があります。下の写真にあるような、車のテールランプの軌跡や星の軌跡などの画像がおなじみです。

14

「機器を用いた測定」の最後は、ウェアラブルセンサーです。対象者の手首に装着する腕時計型の加速度計などが知られていますけれども、こちらは名刺型で、首からぶら下げるものになっています。この名刺型の端末に加速度計が内蔵されており、身体の動きを捉えます。また赤外線を送受信装置によって、冒頭のクマの発表でもありますが、プロキシミティ、つまり端末同士が2-3m以内で向き合うと、相手の端末をタイムスタンプとともに記録します。よって、誰と誰が顔を合わせて話をしたかというデータも収集できます。

これまでは、このようなリアルな人間関係については、質問紙で尋ねたり、あるいは仲の良い人や、過去数日間に会った相手などをインタビューで答えてもらったりしました。あるいは、バーチャルな人間関係としてSNSのフォロー／フォロワーの関係ですとか電子メールのやりとりの記録から把握していました。しかし、このような名刺型のウェアラブル端末を用いると、リアルな人間関係をリアルタイムで正確に描き出すことができるので、面白いです。先ほどの発表でGPSでもそれができるということでした。リアルタイムで人間関係を可視化することは今後注目されると思います。

15

最後のカテゴリーは「観察法」です。こちらは主に途上国やいわゆる伝統社会といった、対象者が自分で自分の行動を記録するのが困難な場合に行われます。調査者が被調査者の行動を観察します。いくつか方法を紹介します。

まず、一番シンプルな定点観測法です。ある場所に出入りするのを観察し、出入りの時刻を記録します。具体的には、調査者は丘の上など見晴らしが良い所に椅子を置き、座りながら人々が森に入ったり出たりを待っています。誰が何時何分に森へ入ったのか、いつ戻ってきたのかを記録します。また戻ってきた際に、森での活動内容を聞いたり、何か獲物を仕留めた場合は、獲物の種類と重量を測定したりします。人々が森に入った後は出てくるまでずっと暇ですが、いつ誰が戻ってくるかわからないので観察地点を離れられません。活動内容の季節差、性や年代による違いを分析したり、獲得食料の重量から各種栄養素の栄養価計算をしたりします。森に入っていた時間（≒労働時間）もわかるので、単位時間当たりの獲物の重量（kg）。また、重量（kg）をカロリー（kcal）に換算すれば、単位時間当たりの獲得カロリーを算出することができます。

16

次は、個体追跡法です。これはその名のとおり、対象者を追跡しながら行動の変化を分単位で記録します。自分も若い頃、世界の様々なフィールドで実施しました。対象者の後を追いつつ、「立ち上がった」とか、「歩いた」、「止まった」、「座った」など、分単位でフィールドノートに時刻と行動を記録していきます。後ほど事例をお話できるとおもいますが、心拍数計や加速度計、またはGPSを装着してもらった対象者について個体追跡を行うと、時空間利用のデータと1分ごとの消費カロリーのデータが全部そろるので、様々な分析ができます。

個体追跡のデータを表にまとめます。これは時系列の素データですが、これから活動内容別に費やされた時間（分）をまとめます。そして、各活動に相当する単位時間あたりエネルギー消費量（エネルギーコスト kcal/分）について、文献値を探します。膨大な研究蓄積があり、ほとんどすべての人間の活動のエネルギー消費量は報告されているのですが、狩猟採集民の森での活動は先行研究がほとんどありません。そのような場合はフィールドで間接熱量測定法と呼ばれる呼気ガスを採取、分析してエネルギー消費量を実測します。要因加算法といいますが、活動の種類ごとに1分単位でエネルギーコストと時間を掛け合わせて、1日24時間=1440分を足し合わせますと、1日当たりの消費カロリー、すなわち1日総エネルギー消費量を算出することができます。

Ⅲ 報告

17

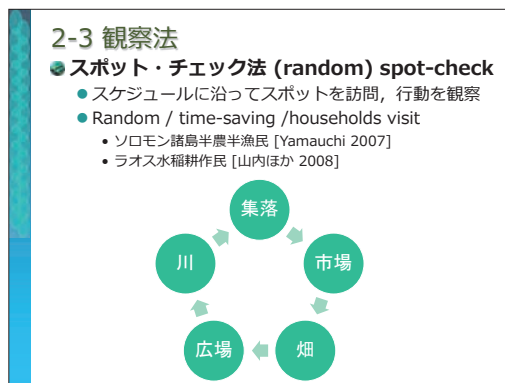
次の観察法は、スポット・チェック法です。文字通り、「スポットをチェックする」という方法です。あらかじめ設定したスポットを、あらかじめ決められたスケジュールに沿って訪問して、スポットで対象者がどのような行動、活動をしているのか観察します。スケジュールの決め方にいくつかバリエーションがあります。1日の時間帯を区切ってランダムに巡回スケジュールを決めるもの、あるいは時間を節約するために、休まず朝から晩まで巡回する方法などです。また、スポットの決め方は、基本的には対象者の日常生活行動を観察して、よく行く場所、すなわち集落、市場、畑など、対象者がよく行く場所をスポットに設定するのですが、対象者の世帯をスポットとして循環する方法もあります。

18

ランダムに巡回スケジュールを決めた場合の例です。1時間に1周する設定です。カバーする対象者が少なく、巡回時間に無理がなければ、1時間に1ラウンドではなく短時間間隔（例、30分）でもいいです。初日は何時と何時に巡回する、2日目は何時と何時に巡回する、というように、ランダムにスポットを巡回して行動観察します。このようにランダムにスポットを巡回するスケジュールを組むと、十分なデータを得るためには時間がかかります。一方、調査期間を節約するために、ランダムではなく、毎日、朝から晩まで巡回観察するというタイムセービング（時間短縮）法があります。スポットを一回りして観察が終わってベースに戻ると休むまもなく次のラウンドが始まる、という過酷な方法ですが、短期間で必要な観察データ数を得ることができます。

19

世帯をスポットとして巡回する方法です。家の周りに畑があって長い時間労働しているとか、1日の主な活動が家の周囲にある場合に有効です。あるいは、対象集団がどのようなライフスタイルであり、いつどこに行くのかよくわからない調査初期の段階で、取りあえず世帯を巡回して人々に行動について聞き取りをするのは有益です。このようにして対象者の日常生活を把握できた後、スポットを決定してスポットを巡回して観察を行います。



17 スポットチェック法

20

観察法について各方法の長所と短所をまとめます。「定点観察法」は、椅子に座って対象者が居住地に戻ってくるのをずっと待っているので調査効率は良いとはいえません。また、観察できない時間の行動については聞き取りに依存するため、データの精度は低くなります。

「個体追跡法」は、対象者の行動を精緻に捉えることができる方法ですが、ひたすら後を追ひ、行動を観察、記録するため非常に疲れます。調査者の負担が重いです。基本的に1人1日しか追跡できませんので、調査効率が悪いです。あと、熟達していると忍者のように追跡できるのですが、熟達していないと対象者の行動を妨げてしまいます。笑い話ですけれども、対象者の行動として「日本人の調査者と話す」というデータが取れてしまうわけです。それは困ります。

「スポット・チェック法」は調査効率が良い、統計的な方法ですが、データ解析は個人ベースではなくて集団ベースとなります。男性集団、女性集団で平均値を出して性差を比べるというような分析をします。また、繰り返しになりますが、適切なスポットを設定するというのが、対象者のライフスタイルを熟知していないと難しいです。

21

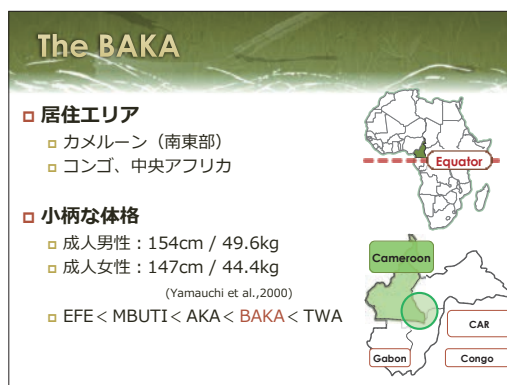
それでは事例を紹介します。狩猟採集民の子どもの行動変容についてお話しします。

22

対象集団は、ピグミー系狩猟採集民です。中央アフリカの熱帯雨林に暮らしていて、世界で最も小さい体格を持つ集団といわれています。MBUTI、AKA、EFE、TWA、BAKAといくつか言語集団が存在していますが、私たちが対象としているのはBAKAと呼ばれる集団です。1996年に初めてフィールド調査を行ってから、早くも30年近く経とうとしています。

23

BAKAの人たちはカメルーンを中心にコンゴや中央アフリカに広がっています。我々の先行研究では、彼らの体格は、男性154cm、女性147cm、体重は50kg、44kgと、ピグミー系狩猟採集民の中で



23 The Baka

Ⅲ 報告

は真ん中より少し大きいです。とはいっても、やはり小柄です。

24

元々は森で移動生活を行っていたのですが、1950年代頃から政府による定住化政策が始まり、現在は幹線道路沿いに集落をつくって、(半)定住化しています。集落に暮らしている時間のほうが長いのですが、ふとしたときに森へ行ってキャンプ生活を行います。森に入る期間は1日、数日、数週間、数カ月…とバラバラです。日本から定住集落を訪れると誰もいないということもあります。でも、「日本人がやってきた」という噂を聞きつけて、数日以内には村に帰って来てくれます。噂話のネットワーク伝達のスピードには驚かされます。

25

定住集落の様子です。家は、近隣の農耕民の家を模していますが、農耕民に比べて精度が低く、雑な作りの土壁の家です。

26

森では「モンゴル」と呼ばれる半球型、半ドーム状の家を作ってキャンプ生活を行っています。骨組みとなる木、壁や天井となる大きな葉っぱを集めて、大体数時間から半日ぐらいあれば作ってしまいます。

27

では、調査結果について紹介します。定住集落における子どもたちの日常行動です。年齢上昇にともなって日々の行動がどう変わるのでしょうか。男女で違いはあるのでしょうか。

28

子どもが成長すると体格は大きくなり、体力も向上します。よって活動範囲は拡大すると思われます。また、活動範囲(≒移動距離)だけではなく、行動パターン(≒行く場所や滞在時間)も変わってくるこ

とが考えられます。

余談ですが、思春期に成長スパートが起きて急激に体が大きくなるという現象は、ホモサピエンスに特有と考えられています。そこで思春期に着目し、思春期の前後で子どもの行動を比較して行動変容について考察しました。現代社会の子どもの集団では、なかなかこういうデータを取ることができません。自転車に乗ったり、電車やバスに乗ったりしてしまうと、体格や体力が向上したから移動距離が増えるとか、増えないとかという議論はできません。基本的に移動手段は徒歩しかないという社会や集団は貴重です。

29

加速度モニタリングと GPS トラッキングを行って、子どもの行動を評価しました。「子どもたちに加速度計と GPS ロガーを装着して…」と発表すると、「そんな子どもに機械をつけて行動を調べるなんて…、人権は…」などのご批判を受けることもあります。写真を見てもらうと一目瞭然ですが、子どもたちは我先に「やりたい、やりたい」と機械を奪い合いになります。日本から持ち込む機械は限られた数しかなく、何度か繰り返して使うのですが、子どもたちは非常に楽しんで調査に協力してもらっています。GPS トラッキングは、44 人、3 日連続行ったのですが、1 名 1 日分の欠損があったのでデータ数は 131 となります。一方、加速度モニタリングは、69 人の 3 日間で、2 名欠損があったのでデータ数は 205 でした。加速度計には歩数計が内蔵されていて、1 日の歩数も計測しました。

30


GPS トラッキングの結果をお見せします。まず 14 歳の少女です。Day 1、Day 2、Day 3 とトラッキングの線の色を変えています。居住集落を出て森へ行ったり、別の集落に行ったりしているのが分かります。1 日の総移動距離と居住集落を中心として一番遠くに行った場所までを半径として円を描いた活動半径を算出しました。

次は 12 歳の男の子です。かなり森の奥の方まで行っています。この子も他の村まで足を延ばしているのが分かります。これは、7 歳の少女です。そして、次は 3 歳の男の子です。面白いですね。3 歳です自力ではあまり歩いていないのがデータからもわかります。家から 100m、50m ぐらいの範囲に

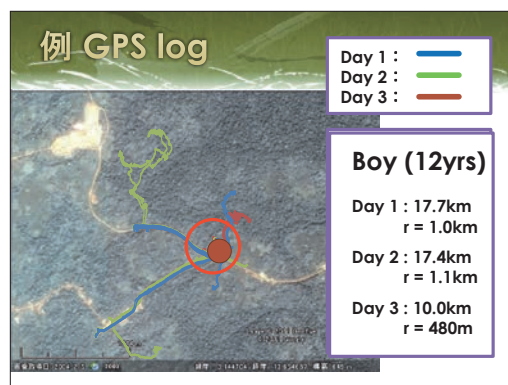
方法

加速度モニタリング + GPS トラッキング

- 時空間利用
 - GPS 位置データ
N = 44*3 days (131)
 - 場所、滞在時間 (分)
- 身体活動量
 - 加速度データ (2分単位)
N = 69人*3日 (205)
 - 1日総歩数



29 方法 加速度モニタリング+GPSトラッキング



30 GPS log (Boy 12yrs)

Ⅲ 報告

線が集中しています。おそらく、養育者が付き添って歩かせたり、抱っこされたりして移動しているのではないかと思われます。

31

子どもの年齢を横軸に、縦に総移動距離をとって散布図を描きました。予想通り、年齢が上がるにつれて移動距離が増えていきました。予想外というか、面白かったのは、思春期です。思春期に入ると、これまで年齢とともに移動距離が増えていたのが、突然散らばります。とくに男子で顕著です。ものすごく移動距離が増える者、あまり増えない者、逆に移動距離が減る者とバラバラです。横断データなので、もちろん、同じ子どもの縦断データではないのですけれども、きれいな直線関係 ($r=0.7\sim 0.8$) で増加してきたのが散らばるといえるのは、思春期に入ると行動（移動距離）に個性が出てくるといえるのではないかと思っています。一方、女子では、思春期に入っても男子ほど顕著なばらつきは認められませんでした。

32

次に活動パターンです。ここでは、それぞれのスポットにおける滞在時間を活動パターンと考えています。男女（Boy、Girl）、思春期前後（Younger、Older）の4群で比較します。ちなみに思春期の開始の同定は、別の研究で0歳から20歳までのBAKAの子どもたちの身長を測りまくって、数学的に成長曲線を構築しました（Hagino et al. 2013）。さらに、成長曲線から成長速度曲線を求めて、思春期成長スパークの立ち上がりの年齢をグラフから判定しました。

4群を比較してみると、男子の思春期前後で森に行く時間が1時間から3時間に増加したり、他の村に行くのが0.05時間から1.85時間に増加したりと、大きな変化がみられました。対して少女の場合は、思春期前後であまり違いませんでした。例外的に水場へ行く時間、すなわち「水汲み」が思春期後に長くなっていました。

33

これは余談ですが、歩数は身体活動量を推定する良い指標です。世界の基準を見てみると、年齢や性

別で異なっていますが、子どもの推奨歩数は1日あたりおよそ1万～1万3000歩となっています。では、狩猟採集民の子どもはどのくらい歩いていたのかということなのですが、驚きました。平均で1日、2万5000歩も歩いていました。推奨値の2倍も歩いているということになります。子どもの1日の歩数の国際基準を見直さなければならぬのではと思います。しかし、この年代の子どもたちは通常は学校に行っています。学校では授業があるので座っていなければならない、数時間も歩けないですね。よって、1日2万5000歩という歩数は現実的には難しいのではないかと思います。しかし、狩猟採集民の子どものデータは子どもの健康を考える上で非常に大きな意味を持っていると思います。

34

まとめますと、思春期前後で子どもの行動は変わりました。移動距離は年齢とともに増加し、思春期に入ると男子はばらついたが、女子はあまり変わらなかった。同様に、行動パターン（場所ごとの滞在時間）についても思春期前後で男子は大きく変わり、女子はあまり変わらなかったことがわかりました。

35

最後の話題です。人類生態学、あるいはヘルスサイエンスへの応用です。まず「人類生態学（Human Ecology）」とは簡単に一言でいえば、人の環境への適応を研究する学問です。英語ではヒューマンアダプタビリティ（Human Adaptability）という言葉があります。一方、「生態人類学」という人類と生態を逆転した分野があります。英語ではエコロジカルアンソロポロジー（Ecological Anthropology）となります。人類生態学（Human Ecology）と生態人類学（Ecological Anthropology）、フィールド調査でやることはほとんど変わりません。どちらも、人間がどうやって生きているか、人のライフスタイル、生き様を見ているわけです。強いて言えば、人類生態学は人類の生態学ということで、適応（Adaptation）により関心があり、生態人類学は生態学的な人類学ということで、進化（Evolution）により関心があるのではないかと、両分野ともに専門と称している自分は考えています。

36

故・鈴木継美先生です。東大人類生態学教室の3代前の教授です。1980年代の初頭に「人間の健康

小括

成長にともなう活動変容

- 移動距離は年齢とともに増加
- 男子は思春期になると拡散（ばらつき）

成長にともなう行動パタンの性差

- 男子：年齢にともない、活動の場所は変化
 - 居住村を出て森へ行く
 - 他村を訪ねる（農耕民の村）
- 女子：活動場所はあまり変わらなかった

34 小括

Ⅲ 報告

は生態学的な条件が保全されることが必要だ」と喝破されました。現代では、至極当たり前に聞こえますが、当時は画期的だったのではないかと推察します。

37

人類生態学そして栄養適応に関する私の研究フレームワークを紹介します。1. 生活環境や食物資源、2. 人口構造（人口静態、人口動態）、そして 3. ライフスタイルや健康・栄養です。私は、このトライアングルのフレームワークで人間の生態を捉えています。

38

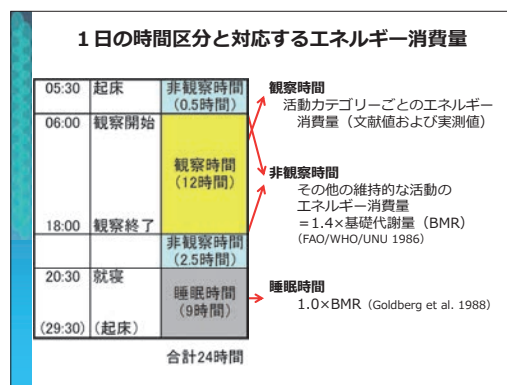
さらに、「3. ライフスタイル、健康・栄養」に着目して、これをまたトライアングルに分けて考えます。栄養摂取、すなわちエネルギーといわゆる3大栄養素、その他の微量栄養素の摂取量。そして今日のテーマである生活活動時間、時空間利用とエネルギー消費量。このインプット（栄養）とアウトプット（身体活動）のバランスが、体格や体組成といった栄養状態、また子どもの成長状況に反映されます。

39

1日の身体活動量は1日の総エネルギー消費量として評価します。先ほどお話ししましたが、「要因加算法」といって、活動別に費やされた時間（分）を全部測って、それぞれの活動に対応するエネルギーコストを掛け合わせて、1日24時間、1440分足し合わせると1日総エネルギー消費量が求まります。

40

これは対象者の1日の活動を示した図です。5時半に起床するのですが、初めの30分は観察していません。この間は我々調査者にとって起床、身支度、朝食、トイレなどの準備時間です。そして、6時から18時の12時間は、対象者と行動をともにして（追跡して）行動を観察したり、摂取した食事を秤量したりします。そして、18時以降の寝る前の時間も、観察はしません。外は暗くなっているので、夕食を食べたり、団らんしたりする時間なので、文献値（維持的活動のエネルギー消費量、基礎代謝量×1.4）を外挿します。この時間帯は歩き回ったり激しい運動をしたりすることはないので、文献値の



40 1日の時間区分と対応するエネルギー消費量

外挿で問題ありません。最後に睡眠時間ですが、厳密には異なるのですが、基礎代謝量（推定値、実測値）を睡眠時の代謝量とみなして外挿します。このように24時間を足し合わせて1日総エネルギー消費量（kcal/日）を算出します。

41

パプアニューギニア（PNG）の事例です。時間がないので、駆け足で参ります。

42

PNG 高地農村です。ニューギニア島の中央には4000m級の山々が連なる山脈があるのですが、私の調査地はTariという所で、標高2000mぐらいの所です。主食のサツマイモ栽培とブタの飼育をしています。男性は戦士であり、戦うことが仕事です。農業やブタの飼育といった生業活動はもっぱら女性の仕事です。

43

Tari 盆地に暮らす若者（多くは男性）が何とかしてお金を集めてチケットを買い、飛行機に乗って首都ポートモレスビーにやってきました。「ワントーク」と呼ばれる同じ言語集団の商店などを営んでいる者を噂で聞きつけて、勝手に押しかけて不法滞在するわけです。

セトルメントと呼ばれる都市の不法居住区には母村のように畑はなく、食べ物はお金がないと買えません。村からの移住者は教育をほとんど受けておらず、英語もしゃべれないので、定職に就くのは難しいです。マーケット（市場）で自家製のパンを売ったり、箱買いしたタバコを1本ずつ小分けして売ったりなど、物を売って小銭を稼ぐのが生業となっています。高地の村で自給自足的な暮らしをしていた人が、タイムマシンに乗って何千年かタイムトラベルして都市スラムに暮らしているという感じですか。

44

ということで、遺伝的に近縁にもかかわらずライフスタイルが全く異なる農村と都市の集団の比較研究を行いました。結果を簡単にまとめると、都市集団は農村集団に比べて、体重が重く、興味深いこと

Ⅲ 報告

に身長も高かった。また体重と身長から算出する体格指標 BMI（ボディ・マス・インデックス）も高かったということがわかりました。

45

BMIが高いといのは、一般的には栄養状態が良いと解釈することもできますが、この場合は、都市対象者には肥満化傾向がみられたということです。実際に農村集団と比べて男女ともに過体重の者の割合が増えていました。

46

都市集団には肥満化傾向がみられたということは、言い換えれば筋肉量が農村集団よりも相対的に低かったということです。そのため基礎代謝量は都市集団が低くなったと考えられます。外気温（高地農村は気温が低く、沿岸部の都市は気温が高い）の影響もあります。1日の時間利用を見てみましょう。個体追跡調査で一人ひとり調べたデータを集団としてまとめて比較します。项目的に活動時間を比べると、都市の男性で睡眠時間が減ったり、休んでいる時間が減ったり、歩いている時間が増えることが分かります。また移動時間（Traveling）は増えるのだけれども、実際に歩いている時間が減ります。これは都市では公共交通機関（乗合バス）が発達していて頻繁に利用していたためです。また、男性は農村では基本的にほとんど労働しないのですが、都市ではマーケットで物を売って小銭を得ています。よって、都市の男性の労働時間が増えています。一方、女性は核家族で子育てと家事に追われ、休息している時間が減りました。また、男性同様、歩いている時間も減っていました。

47

とくに着目したいのは、都市では歩いている時間が減るということです。見事に半減していました。村では男性は2時間ぐらい歩いていたのが都市では1時間、都市の女性の歩行時間は30分にまで減っていました。当然、健康への影響が懸念されます。

48

身体活動レベル（1日総エネルギー消費量を基礎代謝量で割った指標）と体重の関係をみてみると、男女とも農村に比べて都市集団は、身体活動が減り、体重が増えていました。

49

食事と栄養の結果です。食事内容は農村と都市で大きく異なるのですが、面白いことに摂取カロリーは変わりませんでした。ところが、たんぱく質の摂取量は増えました。村では主食のサツマイモに過度に依存した食生活で、肉類はほとんど食べません。都市でたんぱく質摂取量が増えたのは良いことといえますが、同時に脂質の摂取量も激増しており、健康影響が心配されます。

50

自給自足的な農村、そして現金経済に依存した都市、ライフスタイルの大きな変化によって、身体活動量は低下し、たんぱく質摂取量は増えたものの、脂質摂取量も急増していました。この結果によって慢性病が増加しています。グローバルサウスのパプアニューギニアにおいても都市部ではグローバルノースと同様の健康問題が顕在化しています。

51

これまでの話をまとめますと、人々の行動は、時間利用・空間利用とも言い換えられ、また身体活動量、エネルギー消費量としても評価できます。食事調査からエネルギーおよび各種栄養素の摂取量、体格・体組成、子どもの成長状況と合わせて、先ほど示した栄養適応（Nutritional Adaptation）のフレームワークを構成することでヘルスサイエンスに展開できるという話でした。

52

時間がないので、さらに駆け足で参ります。GPS研究の将来展望としては、精度が向上していくでしょうから、屋内でもGPS測定ができるようになるのではないかと思います。医療やヘルスケア分野における応用も非常に重要になってきます。Apple Watchのようなウェアラブルデバイスにも組み込ま

GPS研究の将来展望

- **精度の向上**
センチメートル単位の高精度
- **室内位置情報システム**
屋内での位置特定
- **ヘルスケアとウェアラブルデバイス**
健康管理への統合
- **環境モニタリング**
環境保護と気象観測
- **プライバシーと倫理**
データセキュリティとプライバシー保護
- **学際的アプローチ**
新たな洞察、解決策の期待

52 GPS研究の将来展望

Ⅲ 報告

れると想定されます。また、環境モニタリングにおける応用も重要です。ちょっと次元が違う話ですが、GPSデータのプライバシーの問題、データセキュリティや倫理についてもGPS研究の発展にもなっていて大きな問題になってくるでしょう。今日はGPS研究について隣接分野の多彩な発表があり、とても興味深く聞かせていただきました。今後、学際的なGPS研究に期待したいです。

53

最後に余談的な話になりますが、人類進化とナビゲーションという視点です。人は進化によって遠くに行かなくてはならなくなったという話を少しします。空間認識などが養われて、星座を利用したり、道や場所に名前が付けられたり、関連する歌や物語ができたりしながら、ナビゲーションの技術が進歩したと考えられています。しかし、ナビゲーション技術が進化すると、逆にわれわれが進化によって獲得してきた人間のナビゲーション能力が衰えてしまうのではないかと危惧されるわけです。

54

技術によって人間の認知的負担が軽減するのは、良いことといえるのですが、認知マップを作る必要がなくなってくると、自分の位置が分からなくなるということにもなりかねません。ナビゲーション技術に頼ることによって、地図を読んだり、道を尋ねたりして、目的地を発見するということがなくなりますので、探検的な楽しみもなくなります。私も今日、会場に来るまでにスマートフォンアプリのGoogle Mapのお世話になりましたけれども、もうGoogle Mapがないと不安になります。依存状態になっています。

結論としては、GPSの利便性と人間が進化で獲得したナビゲーション能力を調和させていこう、というありきたり話になってしまいました。これで私の話を終わりたいと思います。

55

ご清聴ありがとうございました。

GPSの利用とナビゲーション能力

- 認知的負担の軽減
- 認知マップの形成の必要性の低下
自己位置認識、地理的認識の必要性の低下
- 探検の楽しみの喪失
地図を読み、道を尋ね、場所を発見
→探検的な要素(楽しみ)の減少
- 依存心理
GPSに対する依存心理、自信喪失、不安感
- バランスを保つ
GPSの利便性とナビゲーション能力の調和

54 GPSの利用とナビゲーション能力

質疑応答

(森光) 山内さん、ありがとうございます。本当に、ずっと私は野生動物ばかりのGPSですから、こういう形でいろいろとまた新しい知見を得られていることに改めて驚きました。それでは質問を受けたいと思いますが、いかがでしょうか。では、中川さん。

(中川) 京大の中川ですけれども、私も昔、サルで似たようなと言うと失礼ですけれども、行動観察からサルの栄養摂取のようなところ、推定の推定ですけれども、やった過去があるのですが、それでちょっと誤解があるとあれなので確認させていただきたいのですが、ヒトの場合にはそれぞれの行動ベースで、どれぐらいのエネルギーを消費したかというデータが、サルではほとんどないのでそこがラフなのですけれども、ヒトの場合にはあるので、それを外挿するという方法が山内さんはメインですよ。ただもう一方で、今日も幾つか出てきましたけれども、GPS そのものではないですけれども、生体計測機器で酸素消費量であったり、あるいは心拍でエネルギーを消費量が上がるのか、酸素消費量などで、それから消費エネルギー量を推定するという事も可能ですよね。そのあたりがうまく整合的なのかどうかということをご存じでしたら教えていただきたいと思います。

(山内) ありがとうございます。今日、1日総エネルギー消費量の方法論で紹介したのは要因加算法というもので、活動ごとのエネルギー消費量の文献値を実際の行動記録に外挿して行って時間と掛け合わせて足していく方法です。

精度が高い方法としては、小型の機器を使うのですが、心拍数や重力加速度を経時的にモニタリングする方法があります。心拍数モニタリング法は強度を変えた基準的な運動(踏み台昇降、トレッドミル、エルゴサイクルなど)を実施して、心拍数と酸素消費量(エネルギー消費量)の関係式を個人ごとにつくり、別途モニターした心拍データを式に代入して1日総エネルギー消費量を計算します。関係式をどのように構築するかという方法もいろいろあって、直線で回帰したり、曲線で回帰したり様々です。心拍数からエネルギー消費量を推定する精度を上げていく試みがなされています。おっしゃる通り、要因

Ⅲ 報告

加算法で文献値を外挿する場合、観察した活動のエネルギー消費量が文献値とどれだけ同じなのか、はなはだ心もとないです。ただ、先行文献によれば、1分単位で評価しているので、1日=24時間=1440分を足し合わせると、あるいは1440のデータを平均すると過大評価と過小評価が相殺されて、精度が高い方法論による値とあまり変わらないという報告もあります。また、要因加算法は全般的に過小評価するという報告もあります。可能ならば一人1日ではなく、一人について連続3日くらい測定するとよいですが、なかなか難しいです。

要因加算法の問題点としては、たとえば学生実習で「今日午前中9時から12時までクラブ活動（テニス部）でした。」という場合、学生さんは「テニスの試合」のエネルギーコストを文献から探して外挿するわけです。とんでもなく過大評価となってしまいます。「あなたは3時間、テニスの試合をずっとやっていたんですか？」と尋ねると、「いえ、違います」と答えます。クラブ活動の3時間の中には、ミーティングがあり、準備体操したり、あるいは休憩しておしゃべりしたり、といった時間が全部入っているわけです。個人的に個体追跡を好んでやってきたのは、対象者の細かい行動が自分の目で手に取るように分かるから（すっきりする）ですね。インタビューや質問紙だと、短時間例えば15分ごとに切って行動を聞いたとしてもなかなか怪しいという感じはします。

(森光) ありがとうございます。他、何か質問等あるでしょうか。どうぞ。

(片山) お話ありがとうございます。大阪大の片山と申します。青年期にばらついてくるというデータをお示しいただいていたと思うのですが。

(山内) 私の発表では「思春期」と呼びました。

(片山) 思春期、すみません。その要因というのは何があるとお考えでしょうか。

(山内) 思春期は人の一生において大変興味深い時期です。思春期に入ると成長スパートといって、男子ならば1年で10cmくらい身長が伸びます。身体は急激に成長するのですが、心はどうでしょうか。

心の成長というのを考えて、それはリニアに成長していくと仮定すると、思春期は体と心の成長において大きなギャップが生じる時期といえます。このギャップに個人差があり、とくに男子で行動のバラツキを生じているのだと考えています。

(片山) ありがとうございました。

(森光) では、河合さん。

(河合) 河合です。今の質問に続いてなのですけれども、思春期のスパートで、例えば個性があるとしても、移動距離や活動の範囲が広がる。その後はどうなるのですか。ライフヒストリーということ踏まえて、その後の生涯にわたって男性の場合どうなってゆくのかということに関し、ちょっと補足いただきたいのですが。

(山内) ありがとうございます。このような移動距離や活動半径のデータを大人まで連続的にとっていません。大人は大人で別にデータをとっています。大人の場合、活動は日によって大きく変わります。たとえば今日のピグミー系狩猟採集民では、ヤマイモを掘りに山に入った日の移動距離は長く、翌日はイモの残りがあるので山に入らないため移動距離は短い。このように日によってバラバラです。平均してみると一定になります。つまり、成人になって身長が成長が終わると移動距離も平均すると一定になっていくのではないかと推察しています。

(河合) ありがとうございます。

(森光) 他、よろしいでしょうか。リモートの方もよろしいでしょうかね。それでは、山内さん、ありがとうございました。

IV 総合討論

(森光) そうしたら、残りはだいぶわずかになりましたが、総合討論に入っていきたいと思います。

非常に皆さんのデータがすご過ぎて頭がついていけないと言われているのですが、ちょっと私も乗り遅れている部分があって、適切な司会ができるかどうか不安な部分はあるのですが、総合討論について進めようと思います。

今回のこのシンポジウムの一番の目的は、野生動物とヒトでそれぞれ GPS やセンサーを使った研究の内容をまずは共有しようということからスタートしています。その中で同じ内容を含むものもあれば、反対に学ぶこと、もしくは学んで自分の研究や将来の調査に役立てようというのが一つの狙いがあります。

今日、話を聴いていて、全体的にこれは私のイントロのところでも話した同じ内容なのですが、一つはここに示している、もちろん直接観察法というのは非常に優れていて、今後もきっと続けられていく手法なのだと思います。ただ、やはり限界がある。私が冒頭で話した、野生動物で、しかも森林性の傾斜の強い所だととても人が入っていけないということで、これをどうやって動物を調べようということで始まったのが電波発信機、非常に初期の発信機であり、そして今、GPS というものを使っています。さらには、いろいろなセンサーが GPS を含めて開発されて、内蔵して、続いているということで、いろいろな多角的な部分で情報が取れているのかなと思います。

一方で、人類学のほうも、お話を聴いていて、私たちよりもさらに上を行っているというか、やはり内容的には生理学的な代謝研究であったり、野生動物では考えもつかないような部分の内容も含んでのご発表だったと思います。それをデバイスを使っていろいろやるのですが、これはどの学問も共通している部分ですが、結局生データを拾ってきて、それは何らかの形で解析しないことには見えてこない部分があって、これは私が今さら言うわけでもないのですが、パソコンなりソフトなりプログラムも含めて、いろいろなモデルがどんどん開発された中で、より GPS や、バイアスを使って取ってきた



IV 総合討論

生のデータがより分かりやすい形で解析が進んで、ディスカッションしやすくなったなということをおっしゃるわけですね。

フロアの方、そしてリモートにつながっている方も含めてお聞きしたいところですが、この内容について何か、現段階も進んでいますけれども、今後どういう形で共有していくとか、技術を進展させていけばいいのかというのがあります。一番下に書いた「今後の将来の展望」ということで、このような機材が欲しいとか、皆さんそれぞれ質問や質疑も含めて、例えばこの機材を軽量化するとか、深層学習、AIを使うとか、電池蓄電量と消耗の関係で、本当だったらリアルタイムですっと続けて撮りたいというデータがあると思います。やはり課題があるわけですが、さらに夢を語るというか、このような直接観察とはまた違った意味で、こういったものがあればいいなというのがあれば、まずはここを共有したいというのがあります。フロアのほう、そしてリモートでつながっている方で何か思うところがあればお聞きしたいと思います、いかがでしょうか。

ということで、私の方で先走って言ってしまいましたが、あえて機材をこうやって生体で装着するに当たり、苦労点をそれぞれ演者の方が言うておられました、あえてもう一回ここで、ボックスで書いていることを、今日話題提供していただいた方に改めて聞きたいと思います。

クマの方で山崎さん、装着するに当たってのご苦労が何かあればお話しいただけますか。

(山崎) お話の中でも触れましたけれども、結局、森光さんも言っていたように、体重の5%以内という重量的な制限ですね。われわれは3%でやっていますけれども。あとは、データを結局また回収しないといけないのです。GPSのような軽いデータは、今は衛星経由で取れますけれども、それ以外は首輪自体、ロガーを回収しないといけないので、そういうことの問題が一番苦労するところですね。あとは、こういう発表をしたときに、今日のこの会場の方はそんなにクレームを付けませんけれども、動物にそもそもそういう機材を付けることは何ということだという方もいます。発表するときには参加される方の顔を見て、触れるところと触れないところがあったりもします。森光さんもよく分かっていると思いますけれども。

(森光) ありがとうございます。似たところもあると思いますけれども、瀧井さん、いかがでしょうか。

(瀧井) ニホンジカの場合、クマと違って檻で捕獲して、首輪装着というのが、いろいろなタイプの罠などがあるのですが、やはりストレスに弱い動物なので、どうしても安全に捕獲するのだと麻酔銃捕獲になって、やれる人材も限られています。射程距離が30m以内というような制限もある中で、なかなか個体を選別して捕獲することが難しいというところがあります。

先ほど話した南アルプスの事例でも、本当はもっとメスも捕まえたかったけれども、目の前に出てきた個体を外すわけにいかないで、そういうのがたまたまオスに偏っていたとか、泉山さんというスペシャリストがあつての多頭数の追跡になるので、なかなかそういう優れた人材はそうたくさんいないのかなという、その辺もちょっと苦労する。もちろん首輪も、アクティビティデータは回収しないといけないのですが、シカの場合はクマほどは回収に苦労していないという状況ですね。

(森光) ありがとうございます。では、山内さん。

(山内) ありがとうございます。皆さまの発表を聴いてすごく衝撃的だったのは、捕獲が大変だということでした。人類学は捕獲しないので、そこが非常に大きな違いで、それは大変なのだろうなと思いつながら聴いていました。ただ逆に、やはり意思がありますので、嫌だと言われたらできないので、違った大変さといいますか、もちろん倫理の話もあります。それもしっかりしなければいけませんし、そういう意味でヘルスサイエンスという落としどころというのはなかなか理解も得られやすいですし、子どもの身体活動が非常に落ちていると。そういうところを調査して明らかにするとか、そういう形を取ったりしていますが、やはり人間関係を10年、20年やって、装着を許してもらうということなのですが、それでも特に心拍数ベルトですね。胸ベルトなのですが、あれはじかに肌の上に付けるのですが、熱帯で暑いので、かゆくなってしまったりして、私がどんなにお願いしても3日連続が限度で、本当は1週間付けていただきたかったのですが、そういった苦労はあったりもします。以上です。

(森光) ありがとうございます。私も倫理面というか、霊長類はさらに、見かけというのは変ですが、もちろん他の動物も全て体重当たりパーセントで、できるだけ負担を軽くしてあげようという思いがありますが、サルも含めて、その辺の倫理というのが、一応論文で負担はないだろうということは



IV 総合討論

ありますが、この辺は5%でももっと、より負担がかかっているのかということは、関係する専門家とちゃんと協議して考える必要はあるのかなという思いがあります。

チャットの方にコメントが入っているので、紹介させていただきます。「野生動物では空間の解像度、データ件数の解像度を向上させるには、装着数を増やす以外に、人類学からのデータ改正の方法などで補完できるものなのでしょうか」という、非常に考えたことがないような難しい内容がありますが、この辺はまた順番で、山崎さんは何かお考えがありますか。

(山崎) 完全には質問の意図が理解できない部分がありますけれども、山内先生の発表を伺っていて、例えばハートレート処理の仕方などもまだまだ解析の余地があるという気がしました。これから人類学のようなアプローチの論文も読んでみようと思いました。そうすることによって、サンプルを増やすということではないのですが、より深い、今までにない視点の解析ができるのかなという気はしています。ですので、今日のシンポジウムは自分にとっても勉強になったかなと思います。

(森光) ありがとうございます。瀧井さんは、このあたりは。かなり難しい課題だと思いますけれども。

(瀧井) シカの場合は恐らく、心拍などを測った研究はほとんどないのかなと。あまり見たことがないのですが、今日のお話を聞いて、異なる分野、山崎さんと一緒ですけれども、いろいろな分野からの情報収集が必要かなと。シカの場合は、数を付けないと分からないという部分があって、個体差も多くてすごくバリエーションも多いので、どうしても数を付けるということで、生理学的な心拍を調べるとか、ホルモンなどにまだなかなか手が回っていない状況もあります。

(森光) ありがとうございます。ニホンザルも同じような状況でして、先ほどの課題にも挙がりましたが、まず数を増やすというか、私は群れに3、4頭付けてやりましたけれども、それでもかなり大変な作業で、まず頭数を付けるということが野生動物の場合には難しい。一方で、人類学の場合には、話が繰り返しになりますが、インフォームドコンセント、要するに相手の合意を頂ければデータ数としてはどんどん増えるということで、この辺がいろいろと今回伺っていた一つの違いであり、課題でもあ



ります。

ただ、コメントにも頂いたとおり、いろいろとデータ数をうまく整理する手法がどんどん解析技術として上がってきて、その辺は逆に言うと、健康を主にメインにした人類学というのがきつとより進まれた研究というか、成果になると思いますので、その辺は我々はぜひ学びたいというか、使いたいという思いがあります。山内さん、何かもし補足するコメントがあれば、お願いします。

(山内) ありがとうございます。私は逆の立場といいますか、見方なのですけれども、例えば体温ですとか、心拍もかな、皮下に埋めるというのがあって、ドキッとして、そんなことはできないな思ったり、あとは年間を通じて、冬眠などがあるせいでしょうか、体脂肪が増えたり減ったりするという。人間はそういう、もっと短いサーキュレーションというか、周期が短いですので、大体1日で食事調査をしても、でも1日では無理ですけれどもね。1週間ちゃんと食事調査をやって、フィジカルアクティビティをやれば、平均すれば大体いいところに落ち着くというのが人間で、そのくらいのかなと。野生動物の場合ももっと長い。何か月という周期になっているのかなという発見が非常にあって。

あと、活動センサーの結果の表も、タペストリーのように色でやられている方が、あるいはメッシュでやられている方が、人類学のほうでは全部カロリーに落として、数値で行くとか、その辺がいろいろ違う。あとは、モデルを使いますよね。そういうのもすごく勉強になって、50%のコアのところをやるとか、95%とか、そういった形で統計やモデルを援用して、ポピュレーション、集団を見ていくというのは、人類学ではあまりやられていないというので、非常に刺激的でした。ありがとうございます。

(森光) ありがとうございます。それぞれの難しさ、動物、ヒトをより知ろうということでもいろいろ解析をする中で課題も見えてきて、逆に言うとそこがいい感じで共有できた内容なのかなと思います。この辺に関して、フロアやウェブで参加されている方で何かここは言っておきたいとか、逆にこういう思いがあるというのはありますか。

(中川) 中川ですけれども、ここにご発表いただいた方はもちろんこういうGPSなり生体情報計測で研究されているので、こういった類いのものに対して前向きに捉えておられるわけですけれども、私の

IV 総合討論

ように古い人間は行動観察が、至上主義とは言いませんけれども、特にサルの場合には行動観察で片付くというか、それでいけている部分が相当あるので余計に思うわけです。そのときに、GPSが導入されたときに、やはり疑うわけです。「本当に正しいの？」と。だから、皆さんのような研究が、精度がどれぐらい高いのかというところをまず確認するというところの研究が進んで、冒頭にあったように、今は精度が相当高い。それで、成功率がすごく高いということで、GPSそのものは私は今は信じていますが、その他の生体情報計測については私もちょっとよく分からないところがあって、特にこれは昔から出ていますけれども、加速度計や今日の活動量計測ですか、山崎さんのところに主に出てきたところですけども、これで例えば、山崎さんのところで論文紹介として出てきた、採食の季節変動の紹介がありましたけれども、ここがどれぐらい正確なのかというのが、そもそも何を測っているのか、加速度を測っているのは分かるのですけれども、それでなぜ採食が分かるのかというところが分からないので、そこはどのようなメカニズムで採食が分かるのかというところをまずは教えていただきたいのですけれども。

(森光) 加速度センサーは、山崎さんがやられていたと思うのですけれども、この辺は何かありますか。

(山崎) 加速度センサーの結果は今日は出していないのですけれども、私もフィールドに入って動物を見る重要性は、古い時代の人間なので十分認識しています。今の加速度センサーの値の判別についても、現地に入って教師データを取るとか、最近ではビデオカメラですね。首輪に付いているカメラの行動からそれを教師データにするという形で、その正答率を見ていくというアプローチでやることになると思います。ですので、手にした生のデータだけで行動の類型というのは基本的にできないと思います。これでお答えになっていますか。

(中川) そういう直接観察で何とか裏を取ることが必要だと思ったので、そこはやられている、あるいはやろうとされているということを知って安心しました。やはり森光さんのぶれぶれのデータで大体分かる。だから、できないところでベストを尽くすということもすごく大切なことだと思うのですけれども、やはりそこにはちょっと怪しい部分もあるということ踏まえ、かつ少なくともサルの場合

には行動観察ができる動物なので、それとの整合性をちゃんと取る、こういう加速度のときはこういう行動であるという裏を取ることが必ず必要になってくると思ったので伺いました。山崎さんのお答えで納得できました。ありがとうございます。

(森光) ありがとうございます。瀧井さんも加速度をやっていましたっけ。やっていなかったっけ。やっていないよね。分かりました。

Zoom のほうでは特にこれに関して何かご意見というか、何か言っておこうということは、大丈夫でしょうか。時間が徐々になくなってきている中で、今回いろいろな話を聴いていく中でいろいろと疑問が出たり、それぞれ演者に対して思うというか、聞きたいということがきつとあるだろうということで、想定することをまとめたものがあります。

ということで、この辺をまず山崎さんに聞きたいのですけれども、機材の回収については先ほどお話がありましたね。次の二つ目の冬眠穴で測位というのは、なくなるかどうかというのは、この辺は成功率として悪くならないかどうかという、ちょっと個別な内容を含んでいますが、いかがですか。

(山崎) 冬眠穴の形状によると思うのですが、深い穴に入ってしまうと測位自体ができないのです。衛星が捕捉できなくなるので。先ほどそれもお話ししましたが、冬眠期間中は電池の消費を抑えるためにも、GPS 測位を1日1回とか2回に落としているのです。けれども、クマの場合には数カ月で電池がなくなることはないので、冬眠明けにまた測位を開始して、位置情報をロストすることは基本的にありません。機械が壊れなければという感じになると思います。

(森光) ありがとうございます。もう1点、クマは本来、昼行性なのかどうなのかということと、ヒトとの軋轢。ちょっと議題がずれるのですが、毎日のようにクマの出没がニュースで出ているので、ここはあえて脱線して聞くのですが、この辺、何かお考えがあれば教えてもらえますか。

(山崎) これも発表の中で一部触れましたけれども、本来は薄明薄暮に活動のピークがある、昼行性でいいと思います。ただ、人家に近づくときなどは夜行性になるということなのですから、最近

IV 総合討論

はニュースを見ている、いろいろな各地の研究者に聞いても、日中に堂々と出てくるクマがいます。日中にいろいろなことをしても、人に何かされないという成功体験が増える中で、人を恐れないという言い方はおかしいかもしれないのですが、気にしないクマが増えていると。その結果、軋轢が増えているということは一つの説明としていえるのかなとは思っています。

今年の出没の要因も、そういうものが一つの要因にはなっていると思います。つまり、人を恐れないクマの増加も、一翼を担っていると思いますけれども、この部分は各地で状況が違うと思いますし、本州全部をひとくくりにして論じるのはあまり良くないかなとは思っています。GPSとあまり関係ない話ですけれども。

(森光) そうですね。ただ、クマの研究者もたくさん主張されていて、ここはちょっとということをあえて脱線して振りましたが、失礼しました。

他に、瀧井さんについてもいろいろと聞きたいことがあるのですが、時間の関係で全部はやりませんが、この1点、出没要因と、結構重要なのがこのGISの解析の情報不足というのは今後どうクリアしていくかという点、いかがでしょうか。

(瀧井) シカの場合、どうしても上層植生よりも下層植生の方が効いてきて、特にササのあるなしというのが越冬地の選択性にも強く影響してくるのです。奥秩父の事例だと自分でコアエリアを歩いたりして、ササの有無を確認しているのですが、広域的なササの分布の情報がなかなか得にくいというか、もう不可能に近いのかなと思っているのです。やはり常緑針葉樹林の下だと、たとえ落葉してもササの有無はちょっと、また別の違う分野でできるのかもしれないのですが、竹林などの分布はかなり把握されているようなのですが、ササの情報の不足というのは昔から。あと、下層植生の繁茂具合とか、そういうのはどうしても現地調査しないといけないのですが、広域的なデータというのはなかなか得づらいところがあります。

(森光) ありがとうございます。他にもたくさん聞きたいことがあるのですが、ここは飛ばして、山内さんの方ですね。どれが聞きたいかな。一番上の、個体追跡法で対象となる行動を調査する場合、調査

者の存在が対象者の行動に与える影響というのはどうですかということで、お願いします。

(山内) ありがとうございます。これは一番気を付けなければいけないというか、非常にシビアな問題で、やはり数日間連続で取ると。初めの1日ぐらいは、普段と違うよそ行きの食べ物を食べたり、よそ行きの行動をしたりすることもあるかと思うのですが、慣れてしまうと忘れてしまったり、本当は私が後ろから追っていることも忘れるぐらいにならないといけないと思っていますので、日数が必要ですね。それから、熟練すると忍者のようになれるということがあります。以上です。

(森光) ありがとうございます。時間がだいぶ迫ってきてあれなのですけれども、今度は私に自問自答というかですね。被害管理ですね。冒頭で、特定鳥獣保護管理計画、行政が付けるということで始まっています。これを具体的にどう使用するかということが今後重要で、付けっ放しで、ただここにいましたというだけでなく、やはり地域に密着した形としてGPSを付けて、それを被害地の方々にちゃんと情報提供できるような、まだリアルタイムでは完成していませんけれども、少なくともそういう地域で困った人に対しての情報提供ですね。そういったところをしていけばいいと思います。

あと、サルの近年の出没要因は、先ほどクマやシカも若干触れられていましたけれども、やはり食べ物との関係が多いということと、ハナレザルが結構いろいろな地域で悪さをしています。これははっきり原因は分からないのです。ただ、いろいろなGPSをオスに付けていて、その出没要因はもう少し細かく見る必要があるかなというのがあります。ただ、何となく季節性が見えていることがあって、交尾期の直前であったり、そういうところで何らかの動物側、サル側の情報要因があるかなという思いがあります。

チャットにまた入れていただいでいて、ありがとうございます。これはコメントということですが、簡単に読み上げます。「サンプル数を増やして一般化するのも重要かと思いますが、各個体の行動や生理的な情報が大量に詳細に収集できるようになったので、個体差をより深く分析して、各個体のさまざまな行動の要因を分析していくことが面白いと思います。山崎さんがおっしゃるように、現時点で収集できているデータを多様な視点から深く分析するのがありがたい」ということで、クマだけではなくてシカもそうですし、サルも、俗に言う種として捉えるのではなくて、個体としてしっかり捉えることが

IV 総合討論

重要かと思います。逆に言うと、直接観察をしていた霊長類学は非常にそこは先を進んでやっていたのではないかと思いますし、人類学も逆に言うと個体レベルでも多分やられていたと思うのですが、この辺は、もし間違っている解釈があれば、補足を頂きたいのですけれども、合っていますかね。ありがとうございます。

ということで、17時を超過しました。取りまとめのない司会進行役で申し訳ありませんが、少なくとも冒頭でお話したとおり、それぞれの動物種と人間で用いられてきた道具を使った情報収集がどこまで進んでいるかということ共有することが目的でした。それは十分達成できたかなと思います。

恐らく視聴された方も、かなり早くしゃべってしまい聞きづらかったところもあったかもしれませんが、基本的にはいろいろ知識を持って終えることができるのではないかと思います。ということで、私のほうからは終了させていただいて、このシンポジウムを閉じようと思います。それでは皆さんありがとうございますということで、拍手で終えようと思います。

ありがとうございます。では、これでシンポジウムを終わらせていただきます。ありがとうございます。

科学研究費補助金基盤研究 (S)
『社会性の起原と進化：人類学と霊長類学の協働に基づく人類進化理論の新開拓』

2023 年度 公開シンポジウム
大型野生動物学と人類学の GPS・生体情報計測研究の最先端と今後の課題

共催 一般社団法人ニホンザル管理協会
後援 一般社団法人日本霊長類学会 (担当：保全福祉委員会)
一般社団法人日本哺乳類学会
協力 一般社団法人日本哺乳類学会哺乳類保護管理専門委員会ニホンザル保護管理検討
作業部会

編 集：河合香吏・森光由樹
編 集 補 佐：川添達朗・谷口晴香
発 行：東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所
〒183-8534 東京都府中市朝日町 3-11-1
印刷・製本：株式会社ワードオン
〒335-0004 埼玉県蕨市中央 7-56-3
表紙デザイン：株式会社ワードオン
表 紙 写 真：(表) 森光由樹、山内太郎
(裏) 森光由樹
発行年月日：2024 年 3 月 15 日
ISBN：978-4-86337-501-7
©2024 Individual Contributors



この作品はクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンスの
元に提供されています。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>

