

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2019～2021

課題番号：19KK0189

研究課題名（和文）アマゾン浸水林において水域－陸域連関を駆動する生物間相互作用の解明

研究課題名（英文）Exploration into Biotic Interactions which Drive the Water-land Linkage in Amazonian Flooded Forests

研究代表者

湯本 貴和（Yumoto, Takakazu）

京都大学・霊長類研究所・教授

研究者番号：70192804

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,000,000円

研究成果の概要（和文）：コロナ禍で調査地であるブラジルへの渡航は一度もできなかった。しかし、これまでの蓄積や実験室での研究で以下のようなことがわかった。ノドジロミユビナメモノにデータロガーを装着した結果、体温は気温と共に変化していたが、心拍数は体重から想定される値の1/3程度でエネルギー消費を極端に抑えたままで体温を高く維持したことが示唆された。高水位期に浸水林に侵入するカワスズメ科魚類であるブルーディスカスの粘膜給餌行動における、親子間の栄養循環を実験水槽で調べ、親の粘膜・稚魚の餌であるプランクトン・稚魚の安定同位体解析を行った。また水中での環境DNAから魚種の組成だけではなく、バイオマスを推定する実験を重ねた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アマゾン川流域は、生物多様性の宝庫であると同時に大きな炭素貯蔵量で地球環境に大きな影響を与えている。他の熱帯雨林と比較して、アマゾンに特徴的なのは低水位期と高水位期の水位の差であり、高水位期には水域から生物あるいは非生物が陸域に流入することで、陸域の高い生産性を保っている。この特異的な生態系における生物間相互関係を理解することは、当該地域の生物多様性を保全し、大きな炭素貯蔵量を維持することに直結する。

研究成果の概要（英文）：COVID-19 disaster prevented any travel to the study site in Brazil. However, the previous accumulation and laboratory studies have revealed the following. We analyzed the results of a study of body temperature and heart rate by attaching data loggers to pale-throat sloth. Although body temperature varied with air temperature, heart rate was about 1/3 of the value expected from body weight, suggesting that body temperature was maintained while energy consumption was extremely low. We also experimentally investigated the nutrient cycle between parents and juveniles in the mucous membrane feeding behavior of Blue Discus. Stable isotope analyses of parental mucosa, plankton, and fry were conducted to confirm the trophic cycle pathway of discus mucosa feeding behavior and to quantify the degree of dependence of fry on mucosa. We also conducted a series of experiments to estimate biomass as well as fish species composition based on environmental DNA in the water.

研究分野：生態学

キーワード：アマゾン川 浸水林 水域－陸域インターフェイス 生物間相互作用 熱帯雨林 環境DNA カワスズメ科魚類 霊長類

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19(共通)

1. 研究開始当初の背景

アマゾン熱帯雨林は、地球上の熱帯雨林のおよそ半分の面積を占め、シロウアカリ、ジャガー、アマゾンカワイルカ、アマゾンマナティ、オオカワウソなどを含む絶滅危惧種の宝庫である。同時にアマゾン川水系には淡水魚類は2,500種以上が知られ、世界のナマズ類では40%以上の種がアマゾン川流域に生息している。しかしながら、商業伐採や農地・牧地開発のため、アマゾン川流域の熱帯雨林は1960年代には4,100,000km²だったが、2005年には3,403,000km²まで減少し、この半世紀足らずでおよそ17%が失われたことになる。また十分に管理されていない漁業による魚類や水棲哺乳類の乱獲や混獲も、生物多様性の大きな脅威である。アマゾン熱帯雨林の生物多様性と生態系の解明と保全は、現在、生物多様性科学・生態学に課せられた最大の使命のひとつと言っても過言ではない。

このアマゾン熱帯雨林の最大の特徴は、森と川が強く結びついていることである。10m以上も水位が季節変動するアマゾン川には、長期の冠水に適応した樹種から構成される多様性の低いイガポと呼ばれる浸水林が成立し、森と川とのインターフェイスになっている。この特殊な生態系では、水棲動物も陸棲動物も季節によって大きく生活圏を変化させる。高水位期には水棲動物は森の隅々にまで行動域を拡大し、逆に陸棲動物は孤立した林分の間を泳いで移動することになる。この高水位期に果実を稔らせ、魚による種子散布によって水流に逆行して分布を広げる植物群もある。逆に低水位期には、水棲動物は本流に分布を移し、陸棲動物は陸化した浸水林を生息の場とする。この水棲・陸棲動物の季節的な大移動が毎年、定期的にかかることによって、水域と陸域の物質循環が促進されるとともに、植物の種子散布・定着も活性化し、森林の更新に大きく寄与している。

またイガポの周辺の低湿地には、カンピナラーナ (campinarana) と呼ばれる熱帯ポドソル土壌の貧弱な植生がある。カンピナラーナには、地衣類が地表を覆うタイプの植生や、雲霧林のように着生のブロメリア (Bromeliaceae) やランが多いタイプ、地上にもブロメリアが埋め尽くすタイプなど、過去の攪乱と無機環境に対応したいくつかのタイプが存在する。とくに大型の菌根菌子実体や菌従属栄養植物の発生がみられることから、栄養分に乏しいカンピナラーナの一次生産において植物-菌類相互作用が重要であると考えられる。しかし、アマゾン川流域の浸水林や低湿地は、川の支流沿いに分布するため、陸上からのアクセスが悪く、迷路のように大小の水系が入り組んでいるためにボートによる移動も困難極まる。また透明度の低い河川環境も、水棲動物研究の大きな妨げとなっている。そのため、これまでは長期滞在して研究することが困難であり、環境の長期モニタリングや水域と陸域をつなぐ生物間相互作用の研究は、ほとんどなされてこなかった。また、低湿地で個々の植生タイプを分化させる無機的环境要因の分析はなされておらず、多くの菌根菌や菌従属栄養植物は記載すらされていない。したがってアマゾン熱帯雨林が減少していくなか、長期にわたるモニタリングを通じて、水域と陸域をつなぐ生物間相互作用を解明し、保全に役立てることは急務である。

2. 研究の目的

本国際共同研究では、ブラジル・アマゾン我代表する国立アマゾン研究所を主とした共同研究機関として、アマゾン川流域の稀有な生態系である浸水林の生物多様性保全に資する先端的な共同研究をおこなう。国立アマゾン研究所における研究蓄積は膨大であるが、具体的な保全計画の策定に必要とされる、入り組んだ水系で構成される保全の地理的ユニットの特定や、鍵

となる生物間相互作用とその要の役割を果たす動植物の特定には、従来の博物学的な手法に加えて、日本が誇る最先端の技術による国際共同研究が求められている。とくにアマゾン川の主たる支流と森林内に毛細血管のように入り込んだ小水系のネットワークの生物多様性と生態系における役割はほとんど解明されていない。本研究計画では、定点である調査基地を中心に水棲動物と陸棲動物の季節的な移動をドローンやビデオトラップ、バイオロギングを使って広域把握をおこなうとともに、小水系における水棲動物と陸棲動物の季節的な移動を環境 DNA で用いて明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

COVID-19 感染症拡大のため、研究期間のうちに一度もブラジルに渡航ができなかった。またブラジル側もマナウス市でのロックダウン状態が長く続いたため、研究活動がほぼ全面的にストップした。そのため、当初の計画を大幅に縮小して、以下のことを実践した。

(1) 浸水林と周辺植生の解析

アマゾン川の浸水林では、イガポの周辺の低湿地にもカンピナラーナと呼ばれる熱帯ポドソル土壌の貧弱な植生がある。このカンピナラーナの植生タイプを規定する過去の攪乱と無機環境を解明するために、広域の植生図の作成を作成した。現地の植生調査によって、非浸水林 (terra firme)、イガポ、カンピナラーナの植物組成を調査し、衛星情報(Global View)によって、広域 (100km × 100km) の植生図を完成させた。

(2) 陸棲哺乳類の行動研究

本国際共同研究では、おもにカメラトラップとバイオロギングを使って、定点である調査基地を中心として、陸棲哺乳類の行動の調査をおこなった。とくに、樹上性のナマケモノ 3 個体に GPS と心拍計のセンサー付きロガーを装着して、その生理的な特性を示した。

(3) 環境 DNA による水棲哺乳類の検出

浸水林の小水域において、高水位期と低水位期における魚類相の変化を環境 DNA によって検出するための予備実験をおこなった。

(4) シクリッド類の繁殖生態研究

ディスカス *Symphysodon aequifasciatus* に代表される粘膜給餌は、アマゾン川産カワスズメ科魚類に集中している。この魚類における給餌行動の種間比較および種間の「子預け行動」など種間相互作用に着目して、飼育個体で繁殖生態の観察・実験をおこなった。

4. 研究結果

(1) 浸水林と周辺植生の解析

調査地付近の測量と衛星写真、既存データを用いて、等高線、小河川の流路、地質、土壌などの基礎情報をマップ化した。その結果、カンピナラーナはおそらく侵食等で変化して取り残された過去の河川流路の跡であろうことが推察された (図 1 は、結果の一部)。

(2) データロガーによるナマケモノの低代謝の実証

野生のノドジロミユピナマケモノにデータロガーを装着し、体温や心拍数を調査した。体温は気温と共に変化していたが、99% のデータで体温が気温よりも高く維持されていた。体温上昇と心拍数の増加は一致しておらず、産熱によらない受動的な体温調節が行われていたと考えられる。また、心拍数は体重から想定される値の 1/3 程度で、本種がエネルギー消費を極端に抑えたままで体温を高く維持していたことが示唆された。

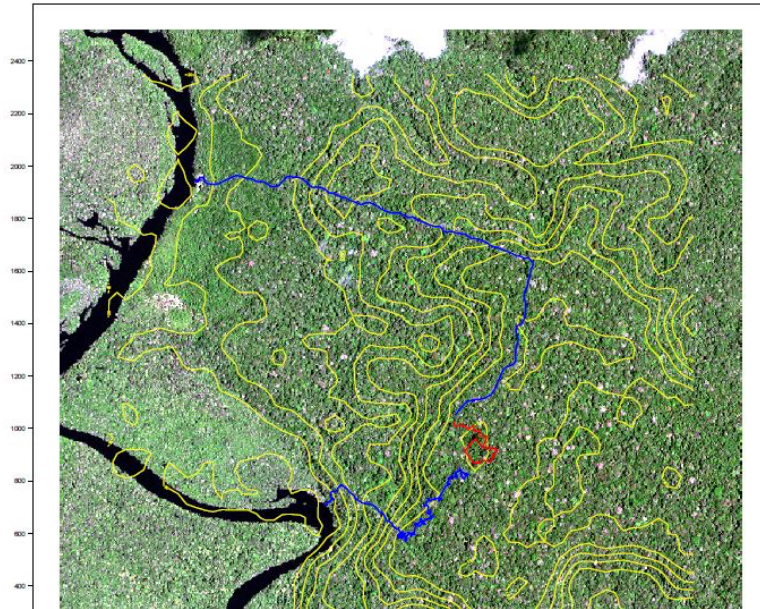


図 1. 調査地域の等高線とカンピナラーナ（白く映っている場所）

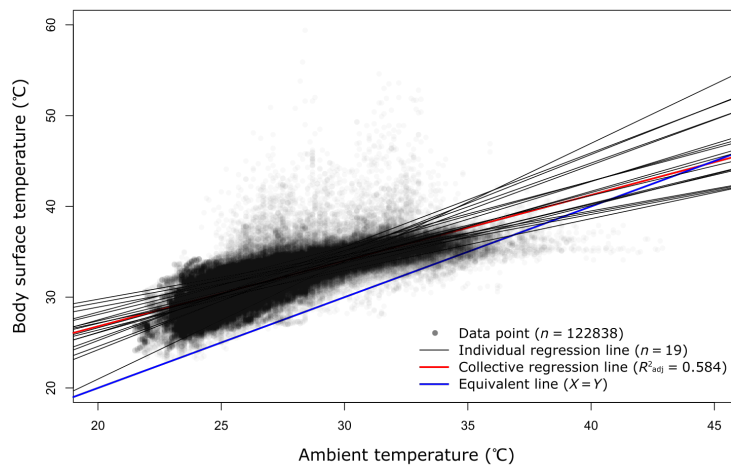


図 2. 外気温とノジロミュビナマケモノの体温の関係

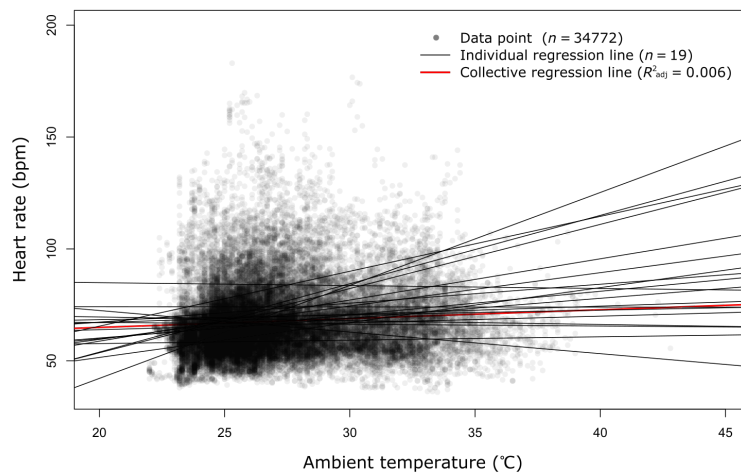


図 3. 外気温とノジロミュビナマケモノの心拍数の関係

(3) ディスカスの粘膜給餌行動の予備研究

親魚が稚魚に給餌を行うカワスズメ科魚類であるディスカス *Symphysodon aequifasciatus* の粘膜給餌行動における、親子間の栄養循環を実験室水槽で研究した。親の粘膜・稚魚の餌であるプランクトン・稚魚の安定同位体解析をおこない、ディスカスが粘膜給餌行動を行う際の栄養循環経路の確認や稚魚の粘膜依存度について定量化を試みた。しかしながら、飼育実験がうまくいかず、必要なサンプル数がまだじゅうぶんに揃わなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Borghezan E D A, Pires T H D S, Ikeda T, Zuanon J, Kohshima S	4. 巻 8
2. 論文標題 A review on fish sensory systems and Amazon water types with implications to biodiversity.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 589760
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fevo.2020.589760	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 湯本貴和	4. 巻 86（11）
2. 論文標題 ポストコロナの世界 いまこそグリーン・リカバリーへ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 農業と経済	6. 最初と最後の頁 4-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 湯本貴和	4. 巻 935
2. 論文標題 コロナ危機は生態系からの警告である	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 世界	6. 最初と最後の頁 105-114
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 佐藤駿	4. 巻 42
2. 論文標題 子育てを伴う魚類の粘膜給餌の機能とその進化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 海洋と生物	6. 最初と最後の頁 92-102
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yamanaka H
2. 発表標題 Current movement in and around environmental DNA analysis in Japan
3. 学会等名 3rd Environmental DNA Technical Exchange Workshop (St. Petersburg) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Take M, Spironello W R, Barnett A A, Yumoto T
2. 発表標題 Seed-eating primate still have advantage in forest fragment? Comparison with a non-seed-eating primate
3. 学会等名 The 14th International Symposium on Primatology and Wildlife Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武真祈子, Wilson R. Spironello, Adrian A. Barnett, 湯本貴和
2. 発表標題 二種の新世界ザルにおける給餌と森林内資源利用の季節変化
3. 学会等名 第36回日本霊長類学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武真祈子, Wilson R. Spironello, Adrian A. Barnett, 湯本貴和
2. 発表標題 Food transfer in Golden-faced saki, a seed-eating primate: An explanation of juveniles' begging behavior
3. 学会等名 日本生態学会第68回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroki Yamanaka
2. 発表標題 Current movement in and around environmental DNA analysis in Japan.
3. 学会等名 3rd Environmental DNA Technical Exchange Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平川 浩文, 村松 大輔, Marcelo Gordo, 瀧井 暁子, 泉山 茂之
2. 発表標題 GAP法: 外れ値除外のために開発した新手法の原理と野生動物GPSデータへの適用
3. 学会等名 第69回 日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Makiko Take, Bitencourt A, Saunier E, Jesus R, Roderiques AM, Koolen HHF, Barnett AA, Spironello WR, Yumoto T
2. 発表標題 Pulp and seed choice by "seed predators", golden-faced saki. A comparison with "non-seed-predators", common squirrel monkeys.
3. 学会等名 The 28th International Primatological Society Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武真祈子, Spironello WR, Barnett AA, 湯本貴和
2. 発表標題 種子食者キンガオサキと非種子食者コモンリスザルの果実利用
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武真祈子, Aparecida Bitencourt, Euziane Saunier, Rogerio Jesus, Aline M. Rodorigues, Hector HF. Koolen, Wilson R. Spironello, Adrian A. Barnett, 湯本貴和
2. 発表標題 『種子食者』と『昆虫食者』は異なる基準で果肉を選択する
3. 学会等名 第36回日本霊長類学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 敷田麻実, 湯本貴和, 森重昌之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 213
3. 書名 はじめて学ぶ生物文化多様性	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 駿 (Sato Shun) (30845821)	総合研究大学院大学・先導科学研究科・日本学術振興会特別 研究員 (PD) (12702)	
研究分担者	幸島 司郎 (Kohshima Shiro) (60183802)	京都大学・野生動物研究センター・名誉教授 (14301)	
研究分担者	山中 裕樹 (Yamanaka Hiroki) (60455227)	龍谷大学・先端理工学部・准教授 (34316)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	村松 大輔 (Muramatsu Daisuke) (80635417)	奈良教育大学・自然環境教育センター・特任准教授 (14601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関