

題名	ダーウィンの志を継いで
Title	In Charles Darwin's Footsteps
著者名	ピーター・レイモンド・グラント バーバラ・ローズマリー・グラント
Author(s)	Peter Raymond Grant Barbara Rosemary Grant
言語 Language	日本語・英語 Japanese, English
書名	稲盛財団：京都賞と助成金
Book title	Inamori Foundation: Kyoto Prize & Inamori Grants
受賞回	25
受賞年度	2009
出版者	財団法人 稲盛財団
Publisher	Inamori Foundation
発行日 Issue Date	9/20/2010
開始ページ Start page	150
終了ページ End page	201
ISBN	978-4-900663-25-5

ダーウィンの志を継いで

ピーター・レイモンド・グラント
バーバラ・ローズマリー・グラント

第一部 ピーター・R・グラント

1. 生い立ち、子どもの頃に影響を受けたもの

妻のローズマリーと私はチャールズ・ダーウィン (Fig. 1) の志を継いで研究をしてきました。しかし、その歩んできた道は大変異なるものでした。まずは、私自身のことについて話したいと思います。

私は1936年10月26日に生まれました。物心ついた頃から「ナチュラリスト」(自然が大好き)でした。最も古い記憶は、マリーゴールドの花の香りを楽しんだり、花に止まった蝶を素手で捕まえたり、といったものですが、子どもの頃のことはあまりよく覚えていません。当時ロンドンに住んでいたほとんどの子どもがそうであったように、先の大戦の間は、私も、サリー州とハンプシャー州の州境にある田舎の学校に疎開していました。戦争が終わって、私はロンドン郊外に戻りましたが、写真は覇気の無い様子を映し出しています (Fig. 2)。実際、このようにつまらない日々であったことを覚えています。野心的な「ナチュラリスト」にとっては、刺激的な環境とは言いがたいものだったのです。

両親が離婚したことで、私は父親と祖母に育てられました。祖母は母親役として、私の成長に欠かせない人であったと思っています。私は幸運にも南クロイドンのホイットギフトという、英国としてはめずらしい通学制の名門パブリックスクールに入学を認められました。授業料は、保険会社で働いていた父の収入で何とか賄えるものでした。父は、ことある毎に私に話し掛け、一生懸命に働くこと、遊ぶ時は思いっきり楽しむこと、そして自分を大事にするだけでなく他人を敬う気持ちを持つことの大切さを教えてくれました。父は、自分のことを「四角い穴の丸い杭」であると考え、私に「丸い穴の丸い杭」になれと励ましてくれました。このことが、私が情熱を注いでいた自然史の勉強とスポーツのうちの一つをとことん追求する要因になったのかもしれませんが。生物学に対する興味は、植物学が専門のセシル・プライム先生、動物学専門のボブ・ジョーンズ先生という二人の生物学の先生の影響もあって深まっていきました。

私は決して勉強ができる生徒ではありませんでしたが、パート・パーソンズという先生と交わした何気ない会話がきっかけとなり、ケンブリッジ大学を受験することになり (Fig. 3)、何とかぎりぎりで合格することができました。私から見れば「神」のような存在である教授や講師が、私たち学部生の意見にも熱心に耳を傾け、自分た

In Charles Darwin's Footsteps

Peter Raymond Grant
Barbara Rosemary Grant

Part I: Peter R. Grant

1. Early days, early influences



Fig. 1



Fig. 2

Rosemary and I have followed in the footsteps of Charles Darwin (Fig. 1). We have taken very different paths to reach those footsteps. I will describe my own.

I was born in London, England, on October 26th 1936. From a very early age I was a naturalist. My earliest memories are of smelling marigold flowers and trying to catch a butterfly on a flower with my hand. But I remember very little of those early days. Like many other children living in the London area I was evacuated during World War II to a school in the countryside, on the Surrey-Hampshire border. At the end of the war I returned to suburban London. The photograph to illustrate it is dull (Fig. 2), but I can remember dull days like this. It was hardly an inspiring environment for an aspiring naturalist!

My parents having been divorced, I was raised by my father and grandmother. My grandmother played the nurturing role of a missing mother that I recognize as crucial to my development. I had the good fortune to be admitted to an excellent public school, Whitgift in South Croydon, whose students lived at home, which is unusual for English public (aka private!) school. The fees were barely within the reach of my father, an insurance clerk. He played a key supporting role in my education by encouraging me in all ways; to work hard, to play hard, to have fun,

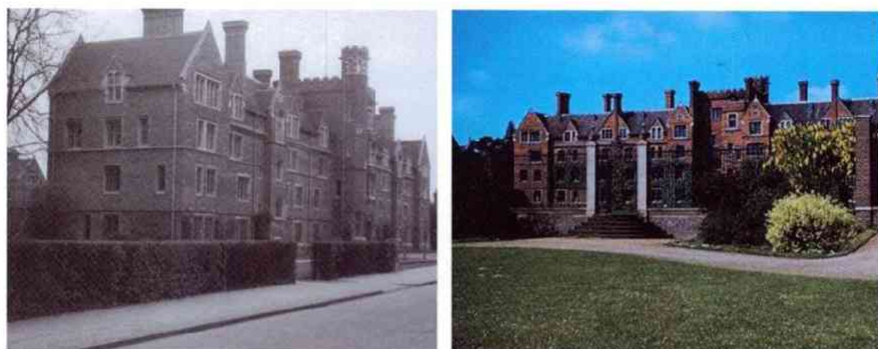


Fig. 3



Fig. 4

ちで考えることの大切さを直接説いてくださったことに非常に驚いたことを今でも覚えています。私は彼らから勇気をもらい、自信を深めることができました。一方、「自然史」に対する私の関心は「生態学」の分野でさらに深まっていったのですが、それと同時に、行動、進化、遺伝など、生物学という学問が持つ別の「顔」にも魅せられていました。こうした一つひとつの「糸」は、私が研究を続ける中で後に一本に束ねられていくのですが、当時は学問的には別個のものとして教えられていたこともあって、つながりはないものに思えました。

大学生生活最後の夏休み、私はケンブリッジ大学とオックスフォード大学の共催による、学部生を対象とした北米での夏のアルバイト支援プログラムを利用して、バンクーバーのダウントウンパーキング公社で働くことになりました。当時は全く意識していなかったのですが、これにより私は現在に至る北米でのキャリアへの第一歩を記

す。彼は自己尊重と他者尊重を重視した。彼は自分を丸い釘（round peg）に四角い穴（square hole）に合わせることを好むというフレーズを好み、私に努力して丸い釘を丸い穴に合わせることを勧めた。これは私の二つの情熱、自然史とスポーツの二つに一つに当たる。二つの生物教師、一人は植物学者（セシル・プライム）と一人は動物学者（ボブ・ジョーンズ）は、私の発達する生物学への関心を一層燃やした。

私は学業的に才能あふれる学生ではなかったが、偶然の会話で別の校長（バート・パーソンズ）と話をした結果、ケンブリッジ大学（Fig. 3）に進学し、試験に合格した。私は当時、神のような講師と教授が undergraduates を人々として扱うことに興味を持ち、私たちに自分自身で考えることを勧めた。これは私にとっての tonic、大きな自信の boost だった。私の自然史への関心は深化し、生態学へと再ラベルされたが、同時に私は進化と遺伝、そして生物学の他の多くの側面、特に行動、進化と遺伝学に魅了された。これらの糸は私のキャリアの後で結びついたが、当時はどうも断片的に感じられた。それは彼らが教えた方法による。

私の最終年の夏の休暇に、私はオックスフォード-ケンブリッジ計画を利用して、北米で夏の就職先を見つける undergraduates を支援するために、バンクーバーの Downtown Parking Corporation で働く機会を得た。私は気づかずに、北米での長期的な職業生活への道に立っていた。北米での生物学的世界の幅は、私の小さな島国英国よりもはるかに大きく、カナダとアメリカ合衆国では。私は一年後に卒業した（Fig. 4）、そしてすぐにブリティッシュコロンビア大学バンクーバー校で大学院生となり、ここで研究と教授を組み合わせるの楽しさを知った。それから私は、大学学者以上の仕事はないと考えるようになった。

2. Launching a career in biology

Rosemary と私はブリティッシュコロンビア大学の動物学部門で出会った（Fig. 5）。実際、私たちはそれぞれ到着後、すぐに会った。私たちは結婚してから一年以上経った。最初から私たちは類似点と相違点をありがたみを持って受け入れた。類似点は科学、芸術と音楽、山歩き、そしてスキーの共有された興味に共通の土壌を提供し、相違点は私たちの共有された興味

していたのです。カナダやアメリカにおける生物の世界を探究する視座は、小さな島国に多くの研究者がひしめくイギリスのそれとは比べ物にならないほど大きなものでした。一年後、大学を卒業（Fig. 4）した私は程なくバンクーバーのプリティッシュコロンビア大学の大学院で研究を開始しました。研究と教育を両立することのすばらしさを知ったのはこの時でした。それ以来、私は大学の研究者ほどすばらしい職業はない、と確信するようになりました。

2. 生物学を志して

妻のローズマリーとはプリティッシュコロンビア大学の動物学科で知り合いました（Fig. 5）。カナダ到着後、程なくして出会ったのですが、お互いにカナダに着いてから初めて会うイギリス人でした。一年強の交際期間を経て、私たちは結婚しました。出会った時からお互いに相手との類似点、相違点を尊重し、それを楽しんでいました。二人ともハイキングとスキーが趣味で、科学や美術、音楽の話をするのにも共通のベースのようなものがありました。また、相違点のおかげで、常に互いに新しい視点を与え合うことができ、それが互いの刺激となってきました。妻と私は、私の大学院修了を待って子どもを作り、その後、できれば妻もフルタイムで生活に戻る、という計画を立てました。そして、この計画に則って私たちはメキシコに出かけ、私の博士論文を書き上げるためにナヤリット沖のトレスマリアス諸島（Fig. 6）で鳥の進化に関する野外調査を始めました。

指導を請うことのできる先生がほとんどいなかったため、研究を始めて間もない頃はかなり苦労しました。その島に生息する鳥と本土側に生息する同系統の鳥に関するデータを収集していたのですが、ある日、自分が何の考えも無く、また科学的に証明すべき疑問も無しに、ただ単に、ある意味機械的にデータを集めていただけだったことに気付いたのです。私には明確で具体的なアイデアや計画はありませんでした。このことを痛感した私は急に恥ずかしくなって、自分のしていることについて真剣に自問自答を繰り返しました。この経験はあまり楽しいものではありませんでしたが、極めて重要なプロセスであったと言えます。前に進む方策を得た私は、それ以来、本当の意味で自分で考えることができるようになりました。

これを境に博士論文のための研究も順調に進んでいったのですが、終わりに近づいた頃、私は再度、人生の大きな分岐点を迎えました。それまでもホイットギフト校



Fig. 5

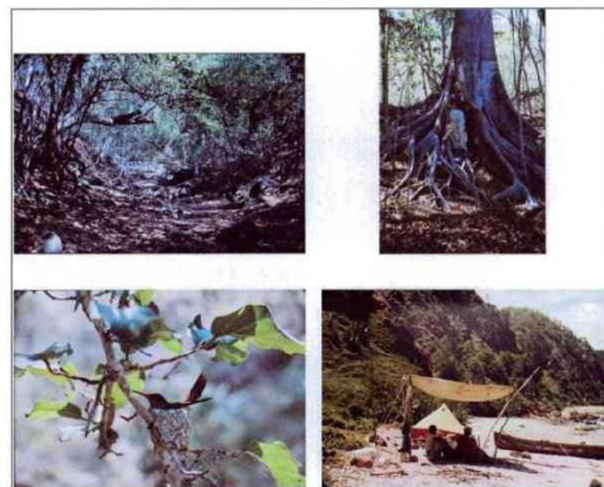


Fig. 6

provided an ever-renewing source of mutual education and stimulation. We planned to have a family as soon as my graduate studies ended, with the possibility of Rosemary returning to full-time study some time later. This plan enabled us to travel to Mexico together where I carried out a field study on the evolution of birds of the Tres Marias islands (Fig. 6) off the coast of Nayarit for a Ph.D. degree.

Initially, in the near absence of a supervisor, I floundered. Then I faced the fact that I had been collecting information about the island birds and their mainland relatives somewhat automatically and without having sharply posed questions that

(名門パブリックスクール) かそれ以外の月並みの学校か、ケンブリッジ大学かロンドン大学か、という運命の分かれ道があったのですが、今回の選択肢はイエール大学でポストドクとして研究を行うか、ブリティッシュコロンビア大学に講師として残るか、というものでした。ブリティッシュコロンビア大学のイアン・マクタガート・カウアン学部長からお誘いを受けていたことや、イエール大学からはその後何ヶ月も連絡がなかったこともあって、一年間イエール大学で新たな可能性に挑戦するという選択肢は次第に遠いものになって行きました。意を決して、私は、震える声でイエール大学に電話を掛け、エブリン・ハッチンソン教授(生態学で最初となる第2回(1986)京都賞基礎科学部門受賞者)に取り次ぎを頼みました。私のその後の運命はこの時の会話で決まりました。教授が提示した年俸は4,000ドルと、ぎりぎり生活していけるレベルでしたが、妻が講師と研究員を掛け持ちすればプラス4,500ドルの収入を期待することができました。もう迷う必要はなく、即座に「はい、お願いします!」と言いました。

私たちはイエール大学での生活を満喫しました(Fig. 7)。イエール大学では所謂「近代的で専門的」な分子生物学者と「古典的で趣味的な」生態学者の対立があり、そこが玉に瑕でしたが、学内には知的な刺激が満ち溢れ、研究を行う環境は申し分なかったです。学問の世界はこれほど広く、あらゆるものを受け入れているというのに、その学問を研究する者の多くが極端に狭い視野しか持ちえていないことに私は今でも理解に苦しみます。

私にとって、ハッチンソン教授(Fig. 8)は、アカデミアの学者に私が期待する理想的な価値観を体現した人物でした。実際にお目にかかってお話をさせていただいたことは数えるほどしかありませんでしたが、その一つひとつが大切な思い出です。教授は自らの経験を引いて、広い視野を持って科学やアートに向き合うことや、一見、何の関連性もないようなトピックにつながりを見出すこと、現在を理解するために過去を深く見詰め直すことの大切さを私に教えて下さいました。また、教授の思考を巡らせることや学問に対する情熱は、周囲の人々すべてに影響を与えました。私は、知的に大胆となること、新たな道を照らし出す可能性があるのであれば創造的な推論を恐れないことなどを教授から学びました。教授は私が研究者として成長する過程で、大きな知的影響を与えてくれた最後の人物です。もちろん、私の成長過程で、その存在や言葉から教えを受けた人物は他にも大勢いますが、ハッチンソン教授からは格別に大きなものをいただいたのです。



Fig. 7



Fig. 8

could be addressed scientifically. My ideas were vague, unformulated, uncrystallized. Staring failure in the face, and feeling ashamed, I thought long and hard about what I was doing. It was a painful experience, but a vital one. I worked out how to proceed. I have been a truly independent thinker ever since.

The rest of the thesis research was straightforward. At the end of it came one of those major junction points in life. Whitgift or an inferior school had been an earlier one, Cambridge or London University was another. This time it was either a post-doctoral fellowship at Yale University or remaining as a lecturer at UBC thanks to the generosity of the head of the Department, Professor Ian McTaggart Cowan. The adventurous prospect of a year at Yale receded towards the horizon as months went by without a word from anyone there. Finally I picked up the phone and in a trembling voice I asked to speak to Professor Evelyn Hutchinson. That conversation sealed my fate. I could be given only \$4,000, barely a survival wage, but Rosemary could earn an additional \$4,500 as a lecturer and research associate. The decision took itself. I said yes; please!

We enjoyed Yale to the full (Fig. 7). It was an intellectually stimulating environment, although the atmosphere was tainted by a schism between the molecular biologists ("the modern and professional ones") and ecologists ("the ancient and amateur ones"). I have never been able to understand why the world of scholarship that should be so broad and encompassing actually harbors many whose outlook is so narrow.



Fig. 9

ポスドクの任期は一年でしたので、着任とほぼ同時に次の職探しを始めなくてはならなかったのですが、この点に関しては、私は恵まれていました。1965年当時は大学で職を得ることは今よりずっと楽でした。私はこれまでのキャリアで三つの大学に勤めましたが、そのいずれもが「生態学者」としてです。最初に「生態学者」となったのはモンリオールのマギル大学でした。私が同大学に助教授として招かれ、家族でカナダに戻る数週間前に、長女のニコラがイエール大学で生まれました。そしてそれから二年もしないうちに、次女のタリアが生まれました。

3. マギル大学とマウスの研究

私は、博士論文の中で、鳥の一生においては食べ物を巡る種と種の競争が大きな要因となっている、という仮説を検証し、それを支持するデータを得ました。鳥での生活では競争相手となる種がほとんどいないか皆無であり、本土なら他の種が食べてしまうであろう食べ物を独占することができるため、そこに生息する種は進化的変化を遂げていました。次に私は、競争仮説の実験による検証を試みました。こうした研究が自然環境下で系統立てて行われたのはそれまでに一度しかありませんでした。しかもそれは、ある種が別の種の上に繁殖するというフジツボの研究で、異なる種同士の競争の一般的なメカニズムを表しているとは言えませんでした。この実験においては、鳥は実験対象として適しているとは言えないため、私は哺乳類に目を向け、ハツカネズミとハタネズミを研究対象として選びました (Fig. 9)。

Evelyn Hutchinson (Fig. 8), Kyoto Prize laureate in 1986, the first year awards were made in ecology, embodied my ideal values of the academic scholar, and my few interactions with him were precious. He encouraged me by his own example to think broadly about science and art, to explore connections between topics that seem to be completely unrelated, to probe deeply into the past in order to understand the present. His love of scholarship and the world of ideas inspired all of us. From him I learned to be intellectually courageous and not to be afraid of creative speculation when it can enlighten. This was the last major intellectual influence on my maturation. I owe many people a debt of gratitude for what they were and what they taught me in those formative years, and to him I owe the greatest debt.

Scarcely had the fellowship year begun when I had to think of a job at the end of it. I was lucky; it was easier to get a University position in 1965 than now. I have had three positions in my career, all as an ecologist, and the first of these was at McGill University in Montreal. Our first daughter Nicola was born at Yale a few weeks before we moved back to Canada and I became an Assistant Professor. Less than two years later our second daughter Thalia was born.

3. McGill and the mouse years

In my thesis I had tested and found support for the idea that competition between species for food was an important factor in the lives of birds. On islands, in the absence or scarcity of competitor species, those present had undergone evolutionary change, taking advantage of foods that, on the mainland, would have been eaten by the competitors. The next step was to test the competition hypothesis experimentally. The only well-designed study that had done in nature was a study of barnacles in which one species grew over the other: hardly a general mechanism of competition! Birds are not good experimental animals for this type of question, so I turned to mammals and chose to work with mice and voles (Fig. 9).

The evidence for competitive interactions at that time was this; grassland and woodland species keep apart in their separate habitats, but when one is missing, on an island for example, the other moves into its habitat. I built enclosures that encompassed both woodland and grassland habitat (Fig. 10), introduced their respective occupants to one enclosure and only one to each of two other enclosures and let the experiment run for a few months (Fig. 11). As expected the species on its own entered the habitat of the missing species, but the two species when

当時、競合的相互作用を示す証拠としては、「草原種と森林種は互いに離れた生息地で別々に暮らしているが、例えば島などの環境において、その一方が存在しない場合、他方が相手の生息地に移動する」というものがありました。私は草原、森林の両方の生息地を含む囲い地を幾つか作り (Fig.10)、両方の「住人」を一つの囲い地に入れ、別の二つの囲い地にそれぞれ一つの種を入れ、数ヶ月間その様子を観察しました (Fig.11)。予想通り、同じ囲い地に他方の種が存在しない場合は、相手の生息地に入り込みましたが、両方の種を入れた囲い地ではいずれの種も本来の生息地の外には出ませんでした。この実験は、種の行動に関する興味深い問題を他にもいくつか導き出しました。とりわけ、一つの個体群における個体数がいかにしてその生息地の環境収容力に調節されるのかという問題については、この系を用いて調査しました。

実際に現在行われている競争の実証に成功した私は、博士論文のテーマである、「過去における競争」へと時間軸を戻しました。当時、このテーマに関しては、証拠も増えつつありましたが、統計的な分析が不足していたことが主な理由で、その内容には厳しい目が向けられていました。こうしたこともあって、私はガラパゴス諸島でダーウィンフィンチを研究することを思い立ったのです。ダーウィン自身も1835年、ガラパゴス諸島に5週間滞在し、進化や種の起源について重要な洞察を得ていますし、同じ島で研究を行い、彼の残した足跡を辿ると考えただけで胸が躍りました。

同時に、デイビッド・ラック博士 (Fig.12) が1947年にダーウィンフィンチに関して著したすばらしい論文のことが私の頭に浮かびました。この論文は、今ではすっかりその名を知られた「ダーウィンフィンチ」という鳥たちの進化において、競争が重要な役割を果たしたと考える数多くの理由を挙げています。ちょうどその頃、妻と私は一部の個体群が他に比べて著しく変化に富んでいるのは何故か、という疑問について議論を交わしていたのですが、そちらのトピックに関しても、ラック博士の著作の中にダーウィンフィンチの同様の例があったことを思い出しました。さらに、こうした疑問よりもさらに魅力的で遥かに重要な疑問もありました。それは「一つの祖先種がいかにして種形成を繰り返し、現在、ガラパゴス諸島に生息する13の種が生まれたか」というものです。この難題に包括的な答えを出すことができれば、数多くの生物がいかにして多様性を獲得するに至ったかを理解するモデルが確立できるということもあって、研究者として大きな魅力を感じました。

このように、私たちには近い将来ガラパゴスに出向いて研究を行う理由はたくさんあったのですが、オーストラリア出身の博士研究員候補、イアン・アボット (Fig.13)

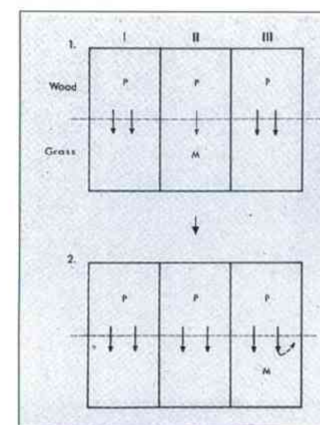


Fig. 10



Fig. 11

together remained in their respective habitats. This work led to some other interesting questions on behavior, and the question of how numbers of a population are adjusted to the carrying capacity of the habitat, which I explored in this system.

Having demonstrated competition in the present I turned back to the question of competition in the past, the subject of my thesis research. The growing body of evidence for it was under critical scrutiny mainly for reasons of shortcomings in statistical analyses, and this led me to Galápagos and Darwin's finches. Darwin gained important insight into evolution and the origin of species in his five-week visit to the archipelago in 1835, and the prospect of doing research on the islands, following in Darwin's footsteps, was very exciting.

I recalled that David Lack (Fig. 12) had written a superb monograph on Darwin's finches in 1947. It supplied many reasons for thinking that competition had been important in the evolution of these famous birds. At the same time Rosemary and I had discussed the question of why some populations are unusually



Fig. 12



Fig. 13

からの手紙によって状況は急転直下の方向へと導かれることになりました。その手紙で彼は、私たち夫婦が当時アイデアを温めていた競争に関する研究計画を提案してきたのです。研究資金を得るため、私たちはアメリカ自然史博物館に必要な資金の半分を、大学院に残りの半分の提供を依頼しました。総額は4,000ドルで、イアンとその妻リネットが4ヶ月間、私が、それよりもかなり短くなりますが、5週間の野外調査を行うための資金となるはずでした。ところが、ここでまた研究者としての私のキャリアが大きな転換点を迎えることになったのです。アメリカ自然史博物館が丁重に私たちの依頼を断ってきたのです。私はウォルター・ヒッツフェルド学部長に電話をかけて状況を説明した上で、学部に出発を要請していた金額——全体の半分の2,000ド

variable, and once again I recalled from David Lack's book that some of the Darwin's finch populations were among them. And finally there was the fascinating, much larger question, of how 13 species had arisen in the archipelago by repeated speciation from a single ancestral species. A comprehensive answer to this challenging question could serve as a model for understanding the generation of biological diversity in a wide range of organisms, and that was an exciting prospect.

Thus we had plenty of reasons for research in the Galápagos some time in the future, but a letter from Ian Abbott (Fig. 13), a prospective post-doctoral fellow from Australia, precipitated matters, because in it he proposed to do the type of study on competition that was beginning to form in our own minds. To get the funds for it we applied to the American Museum of Natural History for half of our needs and the Faculty of Graduate Studies and Research for the other half: \$4,000 in total for field expenses in a four-month field season for Ian and his wife Lynette, and five weeks for me! And here we encountered another critical juncture in our professional life, when the American Museum politely turned down our request. I explained to our Dean, Walter Hirschfeld, the circumstances, and that we could probably accomplish most tasks with the half (\$2,000) I had applied for from the Faculty. "You don't understand", he replied, "that is not the way we work. We will either give you all of the money, if we like the proposal, or nothing, if we don't. I will let you know in a week." And down went the telephone. The good news? total funding? came through next week, and by the same route. We will be forever grateful to him and his committee for their vote of confidence. What we would have done if the news had been bad I don't know. Given up? Maybe. Surprisingly, in retrospect, I did not know of the National Geographic Society as a source of funds.

This was the most important turning point of our professional career, and I write this 37 years later, after completing as many field seasons of research in the Galápagos.

4. In Darwin's footsteps on Galápagos

Several of our colleagues in Universities around the world have conducted long-term studies of organisms in one place. I don't believe any of them had the length of their study in mind when they began. Certainly Rosemary and I did not. A four-month field season became a study of finches under contrasting conditions in one year: wet season of abundance vs dry season of scarcity. This in turn grew

ル——で大抵の研究は済ませることができただろう、と説明しました。ところが学部長は、「君は分かっていないようだが、研究というものはそういう風に進めるものではない。我々は君たちの提案を気に入れば必要な資金を全額提供するし、気に入らなければ1セントも出さない。一週間程で結果を伝える」とだけ私に言って、電話を切ってしまいました。次の週、「全額提供」の知らせが学部長から届きました。信任票を投じてくれたことに対し、私たちは彼と大学の委員会のメンバーに一生感謝することでしょう。もしも答えが逆だったら私たちはどういった行動を取ったか、今となっては分かりません。ひょっとしたらそこで諦めてしまったかもしれません。今から思えばいささか驚いてしまいますが、当時私はその資金の出所がナショナルジオグラフィック協会であることを知りませんでした。

これが研究者としての私のキャリアで最大の「事件」でした。今から37年前の出来事ですが、それ以降、私はガラパゴス諸島で37回の野外調査を行ってきました。

4. ダーウィンの足跡を辿ってガラパゴスへ

長期間一箇所に留まって生物の研究を行ったことのある研究者は、世界中の大学を探せば数名はいるとは思いますが、研究を始める時点で、いついつまでにそれが終了するか、はっきりと分かっている者はいないと思います。もちろん、ローズマリーと私もそうでした。もともとは4ヶ月間の予定だったのですが、一年間かけて、餌が豊富な雨季、餌が少ない乾季、という対照的な条件でフィンチ類の研究を行うことになってしまいました。その後、この研究が、年によって対照的な条件に曝されるフィンチ類の研究へと発展していったのです。当初は異なる摂食状態のもとでの生存ということに焦点を置きましたが、後に繁殖期のパフォーマンスとその成否へと移行し、パターン分析は時系列で見た個体群形成過程の詳細な調査に取って代わりました。研究を開始した時点では、こうしたことは少しも考えていませんでした。そもそも、短期間の資金が得られるかさえ覚束なかったのに、先のことを考えようなどとは思いませんでした。

ガラパゴスでの研究に関してもう一つお話ししておきたいことがあります。最初の年に向こうに行って、家族でのキャンプ生活に特に危険がないことがはっきり分かった時点で、私たちは二人の娘を呼び寄せました。このスタイルは娘が大学に入学するまで毎年続きました。日常的に子どもたちとふれあい、そして時にはその助力を得る

into a study of finches experiencing contrasting conditions in different years. An initial focus on survival under different feeding conditions then shifted to performance and success during breeding seasons, and an analysis of patterns gave way to a detailed study of population processes through time. None of this was in our minds at the beginning. For one thing, we did not dare to think in the long term when funding was unknown in the short term.

I should add that in the first year, after it became clear that camping with a family held no special perils, our two daughters accompanied us in the field, and this continued every year until they became University undergraduates. Their wonderful combination of companionship and help has made the research experience so much richer in both tangible and intangible ways than it would have been if they had not been with us.

We studied the different communities of ground finch species on several islands in the first few years, and analyzed the pattern of variation among them. The communities differed from island to island, in composition and in the characteristics of the beaks the species use to exploit food. These facts in combination with a quantitative knowledge of the food supply enabled us to set up tests of the competition hypothesis in several ways. The results from across the archipelago showed a strong signature of the effects of competition, especially under stressful drought conditions. This is interesting in its own right, but is also valuable in revealing how two species interact when they come together for the first time on an island during the speciation process, after a single species splits into two, initially on two islands.

5. The Michigan years

We thought we would retire in Montreal. There was no need to leave except that Rosemary wanted to further her career and the prospects for doing so seemed dim. Even so she was able to continue doing research. Thus when the opportunity came for me to apply for a position at the University of Michigan with extra prospects for Rosemary we were tempted, and in fact one year later (1978), after a sabbatical leave, we moved to Ann Arbor in Michigan.

We then concentrated on the finches on two islands. The first island was Daphne Major (Figs. 14 and 15), one of the first we ever visited in the archipelago. When we returned to this island at the end of 1973 we discovered almost all of our

ことによって、私たちの研究生生活は、目に見える部分はもちろんのこと、目に見えない部分でも一層充実し、かけがえのないものとなりました。

最初の数年間、私たちは複数の島で地上フィンチ種の異なる群集について研究し、それらの間に見られる変異のパターンを分析しました。群集は、その構成や食べ物を採る時に使うくちばしの特徴など、島ごとに違いを見せていました。こうした事実と食物供給に関する定量的知識を組み合わせることによって、我々は競争仮説を検証するための様々な試験を設計することができました。ガラパゴス諸島全般で得られた結果は、競争による影響、特にストレスの高まる干ばつ時における影響を明確に示していました。この事実はそれだけでも興味深いのですが、さらに、元々は一つの種であったものが、別々の島で二つに分かれ、それらが種形成のプロセスにおいてある島で初めて出会った時にどのような交わりを見せるか、という疑問点の解明においても大変貴重なものです。

5. ミシガン大学時代

私たちはモントリオールで定年を迎えるものと考えていました。妻にはもっとキャリアを伸ばしたいという願望があったものの、ここではその見込みが低いという以外にモントリオールを離れる理由などなかったのです。また、他に移らなくても妻は研究を続けることはできたでしょう。そんな中、私だけでなく妻もミシガン大学に来ないか、という話に私たちは心を動かされ、そのオファーを受けることにしました。一年間の研究休暇が明けた1978年、私たちはミシガン州アナーバーに引っ越ししました。

それから、私たちは二つの島でフィンチ類の研究に没頭しました。研究の対象として最初に選んだ島は、ガラパゴス諸島で私たちが最も早く訪れた島の一つである大ダフネ島 (Fig. 14, 15) でした。1973年末にこの島を再び訪れた時、識別ができるようにと私たちが一羽ずつ足環で目印を付けておいた鳥のほとんどすべてが生きていることを確認しました。一方、大ダフネ島よりも大きな島の他の地点では、生存の割合はかなり低くなっていました。これは恐らく彼らが元々いた地域を飛び出し、隣接する地域に散らばってしまったためであると考えられます。この発見に私たちの胸は躍りました。それからというもの、毎年その島を訪れては、大学院生の助けを借りて、より多くの鳥に足環を付けました (Fig. 16)。1976年、私たちの研究は新たな段階に



Fig. 14



Fig. 15

birds, individually banded and hence identifiable, were still alive, whereas at other sites on larger islands the fraction of local survivors was much lower, probably because birds had dispersed out of the area to neighboring areas. This was an exciting discovery. Therefore we returned every year and with graduate student help banded more birds each year (Fig. 16). In 1976 we embarked on a new phase of research and banded many nestlings. One of the most significant findings of all our research came the following year. Almost no rain fell, and 85% of the population of medium ground finches died of starvation.

At this point I will interrupt the narrative with a short video. It lasts for about five minutes and shows how we did the work; arriving at the island, catching birds in mist nets, measuring and banding them, and observing them. We explain all this to Bill Kurtis. His Company made the film. The video is in four pieces, each separated by a black screen for three seconds.

踏み出し、多くの雛鳥にも足環を付けることを始めました。そしてその翌年、私たちの研究の中でも最大級の発見がなされたのです。雨がほとんど降らなかったため、ガラパゴスフィンチの個体群の85%が飢え死にしてしまったのです。

ここで短いビデオを見ていただきましょう。5分ほどのビデオで、どのような作業をしたのかをお見せします。島に到着し、かすみ網で鳥を捕獲し、個体を測定し、識別の足環をつけ、鳥の観察をしました。私たちはビル・カーティス（米国のテレビジャーナリスト・プロデューサー）にすべてを説明し、彼の会社がフィルムを制作しました。ビデオは4つの部分で構成され、3秒間の真っ黒な画面で区切られています。

1977年の干ばつに話を戻しましょう。鳥たちは偶然に生き延びたのではありませんでした。大きな個体、特にくちばしの大きな鳥の生存率の方が、小さな個体よりも高かったのです（Fig.17）。その結果、1977年の干ばつ年には、くちばしの大きさの平均値は増大しました。くちばしの大きなフィンチ類は、小さくて柔らかい種子が食べ尽くされてしまった後でも、決して豊富に存在するというわけではありませんが、比較的入手が容易な、大きくて固い種子を砕くことができるという優位性を持っていました。つまり、自然淘汰が起こっていたのです。さらに、雨も降って植物が育った1978年に生まれた、干ばつを生き延びた個体の子孫は、その親と同じく、大きな体を持っていました。さらに、くちばしの大きさも遺伝していました。私たちは、その個体群が自然淘汰に呼応して顕著な進化的変化を遂げたことを発見したのです。

1978年、私たちはヘノベサという別の島（Fig.18）で地上フィンチに関する並行かつ綿密な研究を開始しました。ヘノベサ島は大ダフネ島以上に周りから離れているので、他の島からさまよってきたフィンチ類が住み着いてしまう確率は低くなります。私たちはこの島で11年間研究を続けました（Fig.19～21）。群集のフィンチ類の構成や植物環境における違いがありますが、この研究は大ダフネ島での私たちの研究結果、特に進化的変化に関する結果を支持する、価値あるものとなりました。

6. プリンストン大学での24年間

そのままアナーバーで研究人生を全うするものと考えていた私たちですが、モンリオールの時と同様に、より大きな可能性と自由を求めて大学を移ることにしました。ここで私が言う「自由」とは、鳥たちの繁殖期にあたる新年度の最初の数ヶ月



Fig. 16

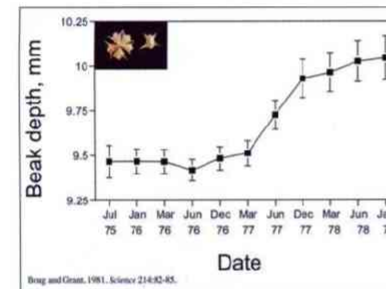


Fig. 17



Fig. 18

To return to the drought of 1977, birds did not survive at random: large birds, especially those with large beaks, survived at a higher rate than birds with small beaks (Fig. 17). As a result the average beak size of the population increased throughout the drought year of 1977. Birds with large beaks had an advantage in being able to crack the large and hard seeds that remained in relative, though not absolute, abundance after most of the small and soft seeds had been depleted by the finches. Natural selection had occurred. Moreover the offspring of the survivors, produced in 1978, when the rains resumed and plants grew, were large, like their parents. Beak size, we discovered, was inherited, and as a result the population had undergone a remarkable evolutionary change in response to natural selection.

In 1978 we began a parallel, in-depth, study of ground finches on another island, Genovesa (Fig. 18). It is more isolated than Daphne Major and therefore less subject to immigration of wandering finches from other islands. We continued this



Fig. 19



Fig. 20



Fig. 21

間、ガラパゴスに居て研究を行う自由です。ただし、その代償として、年度末の数ヶ月は通常の倍の量の授業をこなさなければなりません。一方、この頃までに妻のローズマリーも博士号を取得し、大学教員としての仕事は一通りこなすことができるようになっていました。

私たちの研究プログラムのバックボーンとなっていたのは、その当時も大ダフネ島で継続して行っていたフィンチ類の研究でした。大ダフネ島での実績は、生態学的及び進化的プロセスに関する重要な洞察を与えてくれました。その初期の発見に、淘汰の方向は逆にも振れる、というものがあります。すなわち、くちばしの大きな鳥はある条件の元では最も生存の確率が高いが、異なる条件下では、くちばしの小さな鳥の生存の確率の方が高くなる、といった具合です。フィンチ類の適応度における大きな決定因子に、天候とそれによる食物の供給への影響があります。干ばつは、周期的に東太平洋の広い範囲に強い雨を降らせるエルニーニョ・南方振動と数年単位で交互にやってくる。1983年、過去400年で最大級の事象が発生しました。通常は1、2ヶ月

study for 11 years (Figs. 19–21). It provided a very valuable support for our findings on Daphne Major, especially with regard to evolutionary change, despite differences in the composition of the finch community and in the plant environment.

6. Two dozen years at Princeton

We thought we would retire in Ann Arbor and yet once again, as in Montreal, we took an opportunity to move to another University with better prospects and greater freedom. In this case the freedom was to be in Galápagos during the breeding season in the first few months of the year, as a result of teaching twice the usual amount in the last few months of the year. And Rosemary, now equipped with a Ph.D. degree, was able to assume all of the normal functions of a University faculty member.

The backbone of the research program has been our continuing study of finches on Daphne Major Island. This has yielded substantial insights into ecological and evolutionary processes. An early discovery was that selection oscillates in direction; large-beaked birds survive best under some conditions and small-beaked birds survive best under others. A major determinant of the fitness of finches is the weather and how it affects the food supply. Droughts alternate with years of the El Nino–Southern Oscillation phenomenon, which periodically bring heavy and extensive rains to the eastern Pacific. The strongest El Nino event of the last 400 years occurred in 1983, when it rained for eight months instead of the usual one or two months, transforming the vegetation into a community of small-seed producing plants (Fig. 22). Two years later there was another drought (La Nina), and under the altered conditions in food supply small-beaked members of the medium ground finch population survived better than the rest.

In the same extraordinary year of 1983 Daphne Major Island was colonized by another species, the large ground finch (Fig. 23). This turned out to be a highly significant event after a long delay, because by the time another serious drought affected Daphne Major in 2003–04, comparable in magnitude to the one in 1977, there were more than 300 large ground finches on the island. The population of medium ground finches crashed: 90% died of starvation. This was partly caused by the large ground finch species. Medium ground finches with the largest beaks were outcompeted by the larger species, they died at a high rate, and the survival advantage shifted strongly to the small-beaked members of the medium ground finch population (Fig. 24). Evolution by natural selection had occurred again.

なのですが、この年は、8ヶ月もの間、雨が降り続き、小さな種子を作る植物の群生へと鳥の植生は変化してしまいました (Fig. 22)。それから2年経って、今度は干ばつ (ラニーニャ現象) が発生したのですが、食物供給の環境が変わってしまっていたため、くちばしの小さなガラパゴスフィンチの個体群が、他の個体群より生き延びたのです。

この異常気象に見舞われた1983年、大ダフネ島は、オオガラパゴスフィンチという種の移住と定着を許してしまいました (Fig. 23)。この事象が持つ大きな意味が明らかになったのは、その後随分経ってからのことでした。2003年から2004年にかけて1977年の干ばつに匹敵する深刻な干ばつが大ダフネ島を襲ったのですが、この島に生息するオオガラパゴスフィンチの個体数はこの時までには300を越えていました。この干ばつでガラパゴスフィンチの個体群は壊滅的な打撃を受け、90%の個体が餓死してしまいました。その原因の一つはオオガラパゴスフィンチでした。ガラパゴスフィンチのくちばしの大きな個体がオオガラパゴスフィンチとの競争に敗れ、その多くが死に絶えてしまったのです。これにより生存上の優位性は激変し、今度はガラパゴスフィンチの個体群のうち、くちばしの小さな個体が優位性を獲得したのです (Fig. 24)。自然淘汰による進化が再び発生したのです。

7. 研究者としての心構え

結論として、37年間に及ぶガラパゴスでの研究は、この驚くべき諸島で繰り広げられる、進化という長尺のドラマを垣間見るという千載一遇のチャンスを私たちに与えてくれました。私たちが研究に駆り立ててきたのは自然界に対する好奇心であり、私たちの発見がこういった形で誰の実用に供することになるのか、というようなことは一切考えていませんでした。研究を進めるにあたって、私たちはいくつかの決め事をしました。それは、「単純さを追い求めるがそれを盲信しないこと、独自に想像力を膨らませる一方で物事を懐疑的に見ることも忘れないこと、もしも私たちの解釈や考えが間違っているのなら、どうすればそのことを自覚することができるのかを自問すること、問題解決は常に複数の角度から検討すること、必要なら専門家の協力を仰ぐこと、などです。



Fig. 22

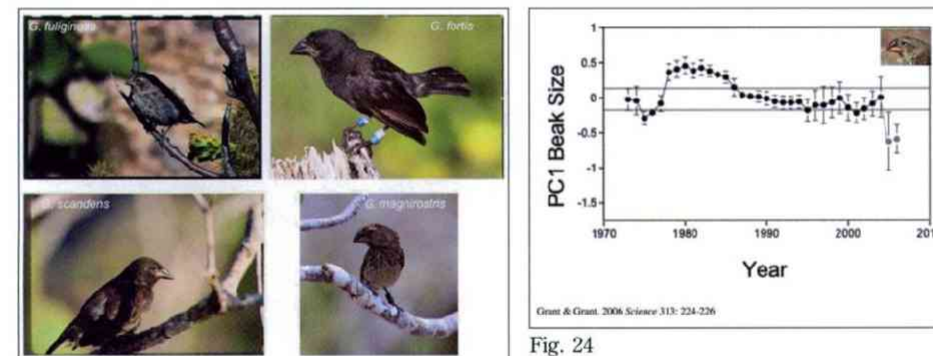


Fig. 23

Fig. 24

7. Philosophy

To conclude, 37 years of research on the Galápagos has given us a privileged glimpse of the very long-term evolutionary drama that has been played out in an amazing archipelago. Our research has been driven by curiosity about the natural world without any thought as to how our discoveries could be of practical use to anyone. The guiding philosophy has been to seek simplicity, but to distrust it; to be

8. 長かった研究生生活を振り返って—運に恵まれたキャリア

長い時間をかけて自然を研究すれば、多くの実りが得られます。短期間では不可能な、あるいは難しい発見や洞察を得ることができるからです。研究を続けていると、1983年のエルニーニョ現象のような、珍しいけれども重要な出来事、予期しないことが、十中八九起こります。適切な系を選ぶことにより、長期研究の価値は、足し算ではなく掛け算式に増幅させることが可能です。新しい発見は、以前の発見が助けとなるのです。

「幸運はそれを受け入れる準備ができている者に訪れる」とよく言われますが、幸運の女神は、一つのことをやり続ける過程で、適時適所に居合わせた者にも微笑みかけてくれます。私たち夫婦は、研究の拠点を何度も移しつつ、常に魅力的な環境で研究を行う、という幸運に一度ならず恵まれてきました。また、お互いにいい時代に生まれ、すばらしい家族と健康に恵まれる、という個人的な運もありました。さらに、カナダ及びアメリカ政府からの研究資金の継続的な提供、あるいは多くの有能かつ献身的なアシスタントの存在という、社会的な運にも恵まれました。そして、こうした「いただいたものすべて」に対するお返しとして、私たちは新しい発見が得られるたびに、それを外に向けて逐一発信しています。私たちの研究結果が自然界、そしてその中での人類の位置づけに対する理解を深める一助になれば幸いです。稲盛財団の皆様におかれましては、私たちの研究を評価いただいたことに対して、心より御礼申し上げます。

creatively imaginative yet skeptical; to ask how would we know our interpretations and ideas are wrong if indeed they are wrong; to seek a solution to a problem from several angles and not just one; and to collaborate with others when in need of expert help.

8. Luck, long-term studies, and a long career

Long-term studies of nature are valuable because they yield discoveries and insights that are impossible or unlikely to be obtained in the short term. As the study proceeds rare but important events, the unexpected, are more likely to happen, like the El Nino event of 1983. In a well-chosen system the value of long-term studies is multiplicative, not additive: new discoveries benefit from previous ones.

Luck comes to the prepared mind, it is said, and it also comes to those who persist and are in the right place at the right time. We have had that luck, several times over, through being privileged to work in a fascinating, fluctuating, environment. We have had the personal luck of being born at a propitious time, having a wonderful family, good health, and each other. We have had social luck as well, in continuous funding from Canadian and American governments, and in the many able and dedicated assistants who have worked closely with us. In return for all we have received, we enthusiastically communicate all we have discovered. We hope our findings contribute to a greater understanding of nature and the place of humankind in it. To the Inamori Foundation we express our profound and deeply felt thanks for the recognition the research has been given.

第二部 B・ローズマリー・グラント

1. 私の生い立ち

私は1936年10月8日に生まれ、北西イングランドの山岳地帯として知られる湖水地方にある、アーンサイドという何もない小さな村で育ちました (Fig. 25, 26)。一日に二度、轟音を発して入り江を上る潮津波で有名なこの海沿いの村には、石炭紀石灰岩から成る化石の豊富な崖が立ち並んでいます。崖の背後には木々に覆われた溪谷と背の高い草が生い茂る丘原が広がり、希少種の蝶や植物が生息しています。

私を含め、1936年に生まれた子どもであれば、ドイツの爆撃機の独特の音に怯えながら防空壕に避難したことなどが幼い頃の第二次世界大戦の記憶として残っています。アーンサイド高架橋は、バロウ造船所への重要なルート上にあったことから、常に潜在的な標的となっていました。私も、両親 (Fig. 27) が真剣にラジオを聞いていたことや、父がイングランドに逃げてきたユダヤ人を助けたこと、そしてなぜ戦争になっているのかを知らずに、ことある毎にヒトラーについて尋ねていたことを覚えています。

しかし、同時に、家の近くの道路には、ドイツ人の捕虜がいて水道管の敷設作業にあたっていました。庭木戸につかまって揺られながら、弟と二人で彼らを見ていたのですが、ある時、勇気を出して道路を渡り、彼らと話をしました。その中の一人が彼の子どもの写真を見せてくれました。ちょうど私たち姉弟とそれぞれ同じ年頃の女の子と男の子でした。彼が子どもたちにもう一度会いたいと言っていたのを覚えています。そして私にプレスレットを作ってくれました。この時、私は、彼らにも私たち姉弟のような子どもがいて、私の両親と何ら変わらない善良な人間で、やむを得ない事情があって戦っているだけなのだと知りました。私にとってドイツ軍の空襲を恐れる一方でドイツ人捕虜とのふれあいに和むという、相反する感情に折り合いをつけることは、最初は簡単なことではありませんでした。

この記憶は私が6歳か7歳の時のものですが (Fig. 28)、その体験は鮮烈で、私は文化や民族的な背景が違って、お互いに意思を沟通交流することによって、相手を深く理解、尊敬することが可能であり、また、知恵を得ることもできる、と信じる基盤になりました。戦争のようなとても解決が不可能であると思えるような問題を前にしても、自由闊達な意見交換は大きな実りをもたらすだけでなく、私たちをイマジ

Part II: B. Rosemary Grant

1. How I grew up



Fig. 25



Fig. 26

I was born on October 8th 1936 and grew up in Arnside, a small, sleepy, coastal village, in the mountainous Lake District of North-West England (Figs. 25 and 26). Famous for its tidal bore, which roars up the estuary twice a day, it has carboniferous limestone cliffs rich with fossils. Behind these cliffs are wooded valleys and high cropped-grass fells where as a child I could find rare species of butterflies and plants.

Any child born in 1936 like myself has early memories of the Second World War, knows the unique throb of German bomber planes, and has felt the terror

ネーション溢れる、独創的な解決法に導いてくれるのです。

2. 両親のこと

母は陽気で温かく、思いやりに満ちた人でした (Fig. 27 右)。声が綺麗で、クラシック音楽を愛し、植物を慈しみ、ジャンルにこだわらない読書家でした。毎日のように私を散歩に連れ出し、化石を探し、私に植物や鳥の名前を教えながら、身近な所に生息する様々な生き物に私の目を向けてくれました。父 (Fig. 27 左) は開業医で、我が家には診療室と処置室がありました。当時は使い捨ての医療器具などなく、母は器具の滅菌や手術用タオルの煮沸に追われる一方で、怖がる患者をなだめたり、予約を整理したりしていました。また、大きな家 (Fig. 25) の手入れも母の仕事でした。戦中戦後の食糧確保のために、庭に野菜や果物の木を植え、鶏や豚を飼っていましたが、そちらの世話もありました。加えて弟と私の二人、さらに一番下の弟が生まれてからは三人の元気な子どもの面倒も見なければなりませんでした。私も大きくなるにつれて母の仕事を手伝うようになり、朝の手術前の器具の滅菌を行い、その後は家畜に餌をやっていました (必ずこの順番で)。

そんな母とは対照的に、父は厳格な人でした。ギリシャ語とラテン語で古典を学んだ父は、文学と詩に造詣が深い教養人でした。医者としても診断に優れ、判断が難しい症例についてロンドンの病院からもよく問合せがありました。また、工学技術にも明るく、世界最初の使い捨て注射器や、様々な手術器具の設計を手がけました。この注射器は今もロンドンのウェルカム博物館で見ることができます。父に関して最も鮮明に覚えているのは、時間を忘れて交わした、食事中的会話です。他に印象に残っているのは、口を酸っぱくして私たちに自分で考えることの大切さを説いていたこと、そして診断を下す時のアプローチです。また、問題解決にあたっては、結論を急がず、例外を理解することの重要性を忘れないということを父から教わりました (「例外を尊重しなさい」というのが決まり文句でした)。ほんの稀に寛いだ姿を見せる時、父は決まってお気に入りの音楽をかけ、私たちに音楽に合わせて即興で物語を作らせたり、芝居をさせました。私は大抵動物をテーマに選び、ダンスもたくさん取り入れました。兄のジョンが作るストーリーは、車や世界中を飛び回る飛行機というのがお決まりでした。8歳年下の弟のアンドリューは、この時はまだ赤ん坊でした。アンドリューも医者になったのですが、残念ながら今年の8月に亡くなりました。



Fig. 27



Fig. 28

when running for shelter. Arnside viaduct was a potential target because it was on a crucial route to Barrow shipyard. I remember my parents (Fig. 27) listening to the radio, and my father helping Jewish families who had escaped to England. I remember not understanding why there was a war and asking incessantly about Hitler.

But, at the same time on the road outside our house there were German prisoners of war installing a water main. Swinging on our garden gate my brother and I watched them and then dared to cross the road to talk to them. One showed me photographs of his children, a girl of my age, a boy of my brother's age. I remember him saying that he hoped to see them again. He later made me a bracelet. I realized they were nice people like my parents with children like my brother and myself, and were in that situation because they were forced to fight. This dichotomy, being fearful of German bombs on the one hand and appreciating German friendship on the other, was initially very bewildering.

I was six or seven years old when this event occurred (Fig. 28). But even at that age, the experience was vivid and laid the foundation of my belief that communication between people from different cultural and ethnic backgrounds brings a tremendous depth of understanding, respect and wisdom. The rewards of an interchange of ideas are immense and lead to imaginative and ingenious solutions to otherwise seemingly unsolvable problems like war.

その他に、私が幼少期に影響を受けた全く異なる二人の人物がいます。一人は両親の庭師をしていたジェレミア・スウィンドルハーストさんです。彼は老齢で、博識な人でした。植物の人工交配をしたり、哲学や科学の本を読み漁っていました。学校へは行かず、独学で読み書きを覚え、知識欲と忍耐強さのみから得られる深い知恵を持っていました。二人目はクローフォード先生といって地理の先生です。先生の教室は、学校の最上階にあって屋根裏部屋のような教室で、化石、岩石から地図、ヤマアラシの棘まで、あらゆるものがあって、興味の尽きない場所でした。私はそこで何時間も過ごしました。先生は私にチベット、南極大陸、サハラ砂漠などの珍しい場所に関する本を貸して下さいました。私が音楽が好きで、生物学や遠い土地に興味を持っているのを知って、学校を出て、コンサートに行ったり、スコットランド地理学協会やエジンバラ大学での講演を聞けるように計らっても下さいました。

3. 初めて生物学者を志した頃

私は「生物学者」という言葉を知る以前から、同じ種の中や異なる種同士でどうしてそんなに違いがあるのかを不思議に感じ、生物の多様性についてもっと知りたいと思っていました。両親は、すべての生き物の先祖は繋がっていて、私が崖や庭で見つけた化石の一部は既に絶滅してしまった植物や動物が化石になったものであると説明し、生物学に対する私の情熱、そして好奇心を後押ししてくれました。その後、私がもう少し大きくなってから、父は私にダーウィンの『種の起源』を勧めてくれました。

ティーンエイジャーとなった私は、遺伝学を勉強すれば生物の多様性を理解するための基本的なアプローチが得られるものと考え、大学で遺伝学を勉強することを強く望んでいました。エジンバラ大学を選んだのは、世界でも最先端の遺伝学科があったからです。

4. 人生の分かれ道

私が通っていた寄宿学校の校長先生は女性だったのですが、彼女は私に大学への進学を諦めるよう諭しました。曰く、「男の子が二人もいるご家庭のお嬢さんは大学など行く必要はありません」と。私は両親の力を借りて校長先生を説き伏せ、なんとか入試を受ける許可を貰ったのですが、おたふく風邪とその合併症で肺炎を患ってしま

2. My Parents

My mother was a vivacious and warmly loving person (Fig. 27 right). She had a wonderful voice, loved classical music, loved plants, and read widely. On our daily walks we searched for fossils, she taught me the names of plants and birds and introduced me to the diversity of living things around us. My Father (Fig. 27 left), who was a physician, had his surgery and office in a wing of the house. These were the days before disposable medical equipment, and much of my Mother's day was spent sterilizing instruments, boiling surgical towels, calming frightened patients, and arranging appointments. This was on top of maintaining a large house (Fig. 25), and garden with vegetables and fruit trees, hens and pigs, our means of providing food during and after the war, plus keeping control of two and later three very lively children (Fig. 28). As I grew older I took over many of these tasks, including sterilizing all the instruments before morning surgery, then feeding the animals (definitely in that order).

In sharp contrast to my Mother, my Father was austere. He had received a classical education in Greek and Latin, and had a deep knowledge of literature and poetry. He was a physician, who was so gifted in diagnosis that hospitals in London would occasionally contact him for help if they had a particularly difficult case. In addition he had a passion for engineering and designed the first disposable syringe, now in the Wellcome Museum in London, as well as some other pieces of surgical equipment. My vivid memories of him are the long discussions we had at meal times. Other memories are his ferocious insistence that we must think independently, and his approach to diagnosis. He taught me the logic of how to analyze a problem: not to reach conclusions too early, and the value of understanding exceptions ("Value your exceptions" was a phrase he often used). There were rare and wonderful moments when he would relax, put on a recording of one of his favorite pieces of music, and get us to tell or act out our made-up stories to music. Mine were usually about animals and involved lots of dancing. My brother John's stories were always about cars and planes travelling across the world. My brother, Andrew, who became a physician, and who unfortunately died last August, was eight years younger than myself and just a baby at this time.

Two other very different people influenced me in my early years. The first was my parent's gardener, Jeremiah Swindlehurst. He was an old, wise man who experimented with genetic crosses of plants, and was an avid reader of philosophy

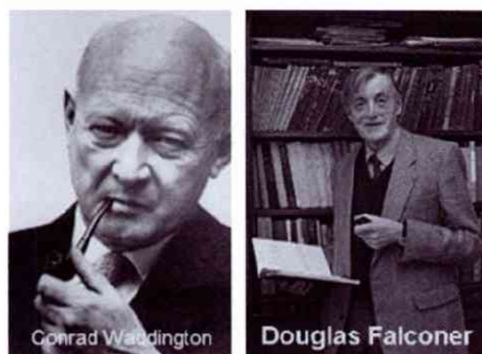


Fig. 29

い、試験を受けることができませんでした。校長先生は、私のベッドの端に立ち、これを「神の思し召し」と断じたのです。私は学校を辞めました。これにくじけるどころか、かえって進学の意を固くした私は、仕事をしながら通信講座で勉強し、次の年には入試を受けることができました。

5. 研究者として影響を受けた人々

エジンバラ大学に入ただけでも幸運でしたのに、3年生の時に、私は遺伝学の学位が取れるクラスの受講を許されました。コンラッド・H・ワディントン教授 (Fig. 29 左) が指導されていたこの小さなクラスには、国内外から学生が集まっていました。

母からは自然を愛する気持ちを、父にはそれを学ぶ方法を教えてもらいましたが、コンラッド・ワディントン先生、ダグラス・ファルコナー先生 (Fig. 29 右)、シャーロット・アワバック先生といった恩師との出会いが、私に科学者としての道を歩むことを決心させてくれました。クラスはグループディスカッションを中心に進められていたのですが、私も自分の限界を越えて考えることを強いられました。答えが見つかっていない問題が与えられ、討論の中で掘り下げられていきました。その当時の学科全体としての知識の幅、そして深みは今考えても驚嘆に値します。エジンバラで過ごした数年は、多くの刺激と知的興奮があり、人生で最もやりがいを感じた時期でもありました。それからというもの、私は、学生たちに自分が味わった感動、そして好奇心からスタートした研究のすばらしさを伝えていきたいという思いを抱いています。

and science. Having never been to school, he had taught himself to read and write and had acquired a deep wisdom that comes only through a passion for knowledge and perseverance. The second person was a geography teacher, Miss Crawford. Her classroom, an attic-like room at the top of the school, was a constant source of fascination being crammed with all manner of things from fossils and rocks, to maps and porcupine quills. I spent hours there. She lent me books about such exotic places as Tibet, Antarctica and the Sahara. Knowing my love of music, interest in biology and far off places she arranged for me to get out of school to go to concerts, and hear talks at the Scottish Geography Society and Edinburgh University.

3. When did I first decide to be a biologist?

Even before I knew the word biologist I wanted to understand more about the diversity of organisms, why there was such variety between and within species. My parents, who explained that all living things were related by ancestry, and that some of the fossils I had found on the cliffs and in our garden were remains of plants and animals that were now extinct, encouraged this passion and curiosity in biology. When I was a little older my Father suggested I should read Darwin's "Origin of Species."

In my teens I thought that genetics would provide a fundamental approach to understanding the variety of organisms, and I was desperate to study genetics at Edinburgh University. I chose Edinburgh because I believed it was the foremost Department of Genetics in the world.

4. A crossroads in my life

My head mistress at the boarding school I attended dissuaded me from going to University, saying: "Young ladies with two brothers should not go to University." Having persuaded her, through help from my parents, to at least allow me to take the University entrance examinations, I contracted mumps with the complication of pancreatitis and missed the exam. The headmistress, stood at the end of my bed and declared this was "God's will!" I left school, determined rather than deterred, took a job, followed a correspondence course and successfully applied to University the following year.

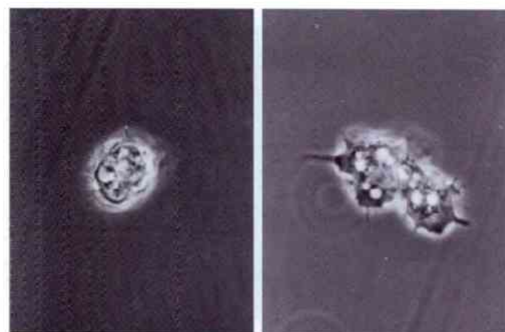


Fig. 30

6. 研究の第一歩

私の初めての研究は、土壌アメーバに関する卒業研究でした。土中に住むアメーバは種類も多く、見た目もほとんど違いはないのですが、「土壌アメーバ」と呼ばれる種は病原性があると考えられていました。当時、土の中に生息するアメーバで、どの種類が危険でどれがそうでないかを判定する技術の開発が懸案となっていました。私は、遺伝学の知識を生かし、細胞表面のタンパク質の違いに目を付け、ケイ・アダムス教授の指導のもとで哺乳類の組織から病原性のアメーバを採取し、それに対する抗体を作りました。この抗体を含んだ血清をスライド・ガラスの上の土壌アメーバに垂らしてみたところ、劇的な変化が見られたのです。表面タンパク質に抗体が付着した危険なアメーバがひとかたまりになっていく一方で、他のアメーバは何ら普段と変わることなく運動と分裂を繰り返していました (Fig. 30)。この小さな成功体験に気を良くした私は、さらに大きなテーマに取り組みました。「生物の個体群が、別の種となるに至る分岐プロセス」です。博士論文を念頭に置いてこの問題について研究するには、形成された時代が明らかになっているアイスランドの湖に陸封されたイワナ属の魚が最適な系であろうと私は考えたのですが、実はこの研究のコンセプトは、後にガラパゴス諸島で夫と一緒にやることになるダーウィンフィンチの研究プロジェクトのそれと驚くほど似ていたのです。

5. People who influenced my work

My good fortune in entering Edinburgh University was enhanced when I was accepted into the genetics diploma course in my third year. This course consisting of a very small group of national and international students was inspired and led by Professor C.H. Waddington (Fig. 29 left).

My Mother gave me the love of Nature, my Father showed me how to study it, but it was Conrad Waddington, Douglas Falconer (Fig. 29 right) and Charlotte Auerbach who inspired me to be a scientist. Classes were taught as group discussions. I was stretched to my limit and beyond. Questions were asked with no known answers, and explored in depth. The collective breadth and depth of knowledge in the department was extraordinary. This period was one of the most challenging, stimulating, and inspiring times of my life. My hope is that I have been able to pass on some of this excitement and love of curiosity-driven research to my own students.

6. Introduction to research

My first project was an undergraduate thesis on soil amoebae. Among many identical looking amoebae living in the soil, one was thought to be pathogenic. The challenge was to develop a technique to tell which ones in the soil were dangerous and which ones were benign. My genetics training had introduced me to the possible importance of cell surface protein differences, and under the supervision of Professor Kay Adams I made antibodies to the pathogenic one that had been collected from mammalian tissue (Fig. 30). I then dropped serum containing these antibodies onto slides with soil amoebae. It worked! The dangerous amoebae clumped up with antibodies clinging to their surface proteins and the benign ones were unaffected and continued to move and divide. Spurred on by this small success I asked the bigger question: how do populations of organisms diverge to the point of becoming different species? I thought that fish (char) that had been land-locked in Icelandic lakes of known ages would be a perfect system in which to study this question for a Ph.D. project: a project remarkably similar in conception to the one on Darwin's finches that Peter and I were to do years later in the Galápagos.

7. 夫、ピーターとの出会い

この博士論文のための研究の着手に先立って、私は、講師のお誘いを受けたカナダのプリティッシュコロンビア大学 (Fig. 5) で1年間、発生学の講義を担当することになっていました。当初の計画では、教員としての経験を積みながらお金を稼ぎ、刺激に満ち溢れた見知らぬ世界を覗いてからエジンバラに戻る、というものでした。夫のピーターと出会ったのは大学があるバンクーバーでした (Fig.31)。

彼と知り合い、お互いに関心を抱いていることや研究者としての目標までそっくりなことに気づき、胸が躍ったことを覚えています。例えば一つの問題に対して、ピーターは生態学者として、私は遺伝学者としてアプローチを試みますが、そこから生み出される相乗効果は感動すら覚えるものでした。知り合ってから1年後、私たちは結婚しました。私の博士号取得は子育てで予定よりも遅くなりましたが、何らかの形で研究には関わるようにしていました。

当時は今のように託児施設が整っていなかったこともあって、幼子2人 (Fig.32、33) を抱えた私は、彼女たちが学校に行くようになるまで母親業に専念しました。しかし毎週月曜だけはベビーシッターを雇い、家事のことは忘れて図書館で最新の研究論文を読み漁っていました。おかげで、フルタイムで大学に戻るようになった時も恵まれたポストを貰うことができました。

その後、アナーバーに移ったのをきっかけに、私はフルタイムの研究職に復帰し、博士号の取得を目指してガラパゴス諸島のヘノベサ島でオオサボテンフィンチに関する研究に取り組みました (Fig.18、34~36)。この時に指導を仰いだのはスウェーデンのウプサラ大学の Stafan・ウルフストランド教授でした。先生にはかけがえのないご指導をいただき、私の個人的な興味にも柔軟にご対応下さる一方で、時には非常に刺激的な質問を投げかけて下さいました。この研究で得られたデータと、当時ダフネ島において同時進行で行っていた研究のデータを比較することにより、より多くの発見が得られました。

私たちは、二人の娘 (Fig.14、37) をフィールド研究に連れて行きました。今は内科医であるニコラは、マネシツグミの調査をし、その成果は二つの博士論文と一つの修士論文の基礎となりました。生物学者でサイエンス・イラストレーター兼作家となったタリアは、ハトの調査をしました (Fig.38)。二人の調査・研究の結果は科学雑誌に掲載されました。



Fig. 31



Fig. 32



Fig. 33

7. Meeting Peter

Before carrying out this Ph.D. research I decided to take a year off to work as a lecturer in Embryology at the University of British Columbia in Canada (Fig. 5). My idea was to get teaching experience, earn some money and see a new and exciting part of the world and then return to Edinburgh. In Vancouver I met Peter (Fig. 31). It was thrilling to find we had similar interests and similar goals. Peter approached the same questions from an ecologist's viewpoint, while I approached them from a geneticist's point of view, and the synergism was electrifying. We were married one year later. My plans for a Ph.D. were delayed through childrearing, but I never ceased to do research at some level.

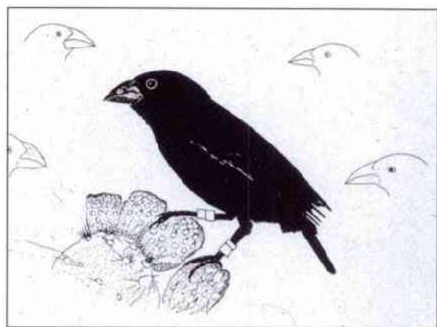


Fig. 34



Fig. 35



Fig. 36



Fig. 37

プリンストン大学に移ってからは、研究と講義の両方をフルタイムで行えるようになりました (Fig. 35, 36)。このように、私は研究者として独り立ちするまでに高校でつまづき、その後——もちろんそれ自体は楽しい経験でしたが——育児でその歩みを中断することを余儀なくされましたが、夫の大きな支えのおかげで、博士号を取得しただけでなく、フルタイムの研究職・教職にも復帰することができました。



Fig. 38

With two small children (Figs. 32 and 33) and in those days a lack of good daycare facilities, I stayed at home until they went to school. One day a week, on Mondays, I had a babysitter, and instead of spending that day catching up on household chores I spent it in the library catching up on research articles. This put me in a good position when I finally was able to return to full-time research.

When we moved to Ann Arbor I returned to research full-time and worked on my Ph.D. project on the Large Cactus Finch on Genovesa Island in the Galápagos (Figs. 18, and 34–36). Staffan Ulfstrand at the University of Uppsala in Sweden was my supervisor. He was invaluable, allowing me flexibility in pursuing my own research interests, but at the same time immensely stimulating with his provocative questions. This study paralleled the one on Daphne with illuminating differences.

Our two daughters (Figs. 14 and 37) accompanied us in the field. Nicola, who is now a physician, studied the mockingbird (Fig. 38) and her work laid the foundation for two Ph.D. theses and a master's thesis. Thalia, who is now a biologist, scientific illustrator and writer, studied the dove (Fig. 38). Both projects were published in scientific journals.

8. 研究について

生物の個体群はどのように分岐して異なった種になるのでしょうか。この問題は、私がアイスランドで博士論文の構想を練っていた時から考え続けてきたことであり、ピーターと一緒にしてからもう考えてきたことでした。私たちは、その研究に最も適していると考えられる場所で研究する機会を得ることができました。ガラパゴス諸島 (Fig. 15、18、36) です。これらの島々の多くは、ほとんど自然のままであり、何らかの変化があれば、それは自然のものであり、人的なものではないといえるからです。さらに、フィンチの個体群は体の大きさやくちばしの形状が著しく多様でした。おそらく、最も重要なことは、ガラパゴス諸島が赤道をまたがって位置するために、極端な気候の年々振動 (Fig. 22) の影響を受けやすいことです。干ばつが大雨の年と年との間に起こり、時間軸での自然淘汰の強さを測ることが可能となります。

私たちは、ダーウィンの考えに沿って、種形成のプロセスを、移住と定着、分岐、そして最後に——ここが大切なのですが——異種交配に対する障壁の形成という、三段階のプロセスであると考えました。定着後に起こる遺伝的变化については、理論を記した論文がたくさん存在するのですが、移住と定着は、適切な場所で適切なタイミングでしか起こらないため、私たちが目にすることは稀です。しかし、幸運なことに、私たちは一度ならず二度までも、その適切な場所と適切なタイミングに居合わせたのです。最初は1983年に、大きなくちばしを持つオオガラパゴスフィンチ (Fig. 23) が大ダフネ島に移住と定着をした時です。私たちは、その時に起こった遺伝的变化及び外からやってきた移住種が先住個体群に与える影響について観察することができました。いくつかの理論はその正しさが証明されましたが、興味深く、示唆を与えてくれるような例外もありました。

二番目のステップである分岐に関しては、気候変動が自然淘汰というプロセスを介して、個体群のくちばしの形や体の大きさの遺伝的及び形態的变化にどういった影響を与えるかを調べるために記録を取りました。30年にわたる観察の結果、私たちは、環境変化による自然淘汰によって、くちばしの分岐が起こることを証明しました。私たちは、なぜ進化が起こるかということだけでなく、どのようにして起こるかを証明したのです。最近、クリフ・タビン博士とアルハト・アブザノフ博士との共同研究によって、それらの変化を引き起こすいくつかの遺伝的シグナル分子を発見しました。それは、20年前にはただ夢見るに過ぎなかった発見です。

After moving to Princeton University, I was able to do both full time research and teaching. Thus I entered a fully professional career through false starts (at high school) that did not put me off, with a hiatus (childrearing), which I enjoyed, and a husband (Peter) who gave me immense support when the time came to get a Ph.D. and return to full-time research and teaching.

8. Research

How do populations of organisms diverge to the point of becoming different species? This was the question I had asked when contemplating research in Iceland, and the question Peter and I had pondered together. Now we had the opportunity to study this in the most suitable place we could think of, the Galápagos Archipelago (Figs. 15, 18, and 36); suitable, because many islands are in near pristine condition, so that any changes we observed would be due to natural causes and not to interference by humans. Furthermore the populations of finches were extremely variable in body size and beak shape. Perhaps most importantly the Galápagos Archipelago sits astride the equator and as such is subject to extreme inter-annual oscillations in climate (Fig. 22). Droughts are interspersed between years of heavy rainfall, allowing us to measure the strength of natural selection through time.

We looked at the process of speciation as Darwin did. That is as a three-step process: colonization, divergence and the final and crucial step of the formation of a barrier to interbreeding. Much theoretical work has been written about the genetic changes that can occur at a founding event but colonization has rarely been witnessed because it involves being in the right place at the right time. We were lucky to be in the right place at the right time not once but twice. The first was when this large beaked bird *Geospiza magnirostris* (Fig. 23) colonized the island of Daphne in 1983. We were able to measure the genetic changes that occurred and the effect an introduced colonizer had on the resident populations. Some theories were correct, but there were interesting and illuminating exceptions.

For the second step we documented the degree to which climatic perturbations resulted in genetic and morphological changes in beak shape and body size in a population through the process of natural selection. Over a thirty-year period we were able to show that divergence in beak occurs through the tracking of environmental change by natural selection. We were able to document not only why evolution occurred but also how it occurred. In recent years in collaboration with

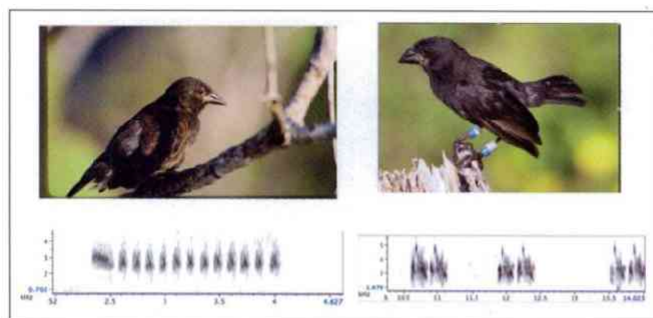


Fig. 39

三番目のステップである異種交配に対する障壁の形成を解明するためには、問題を行動的、遺伝的、生態的観点から見なければなりません (Fig. 39~42)。そこから分かったことは、障壁は、環境の変化、親から子に伝えられる鳥のさえずりのような後天的形質、そして鳥のくちばしや体のサイズや形に関する遺伝的要因という三つの要素の動的相互作用を経て形成されるということです。このように、相互作用の原因と結果に対する理解を深めることによって、ある環境条件下で淘汰が働く変異を増やす、偶発的な遺伝子移入という重要な要因が示されました。遺伝子移入のタイミングが最も重要です。新しいあるいは変化する環境下でタイミングが適切であれば、変化への道は急速に開けますし、それは、バクテリアから霊長類まで多様な生物個体群の進化的分岐の初期段階において一般的な現象だと思われます。

9. 研究者としての心構え

これまで私は、生物及びその集団への理解を深めると同時に自分の興味の幅を広げ、様々なジャンルの本を読むことが自分の研究のプラスになる、ということを知りました。このことを心掛けていれば、様々な分野のコンセプトを一つにまとめ、細かなところまで理解が進んだ系を用いてそれを検討することにより、新たな洞察を得ることができます。系の力学と機能を理解しようとするのが大切で、広く受け入れられているような理論が正しいかどうかを証明して満足してはだめです。私は次のようなことを習慣にしてきました。答えを導き出すために必要なツールをマスターすることを躊躇しない。そして、いたずらに結論を急がない。また、私の父が言ってい

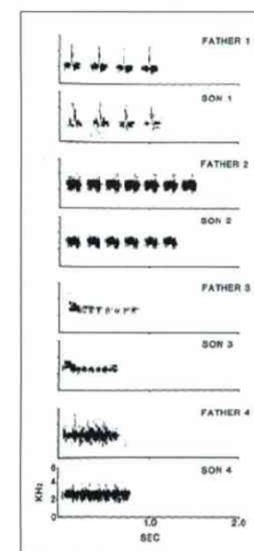


Fig. 40

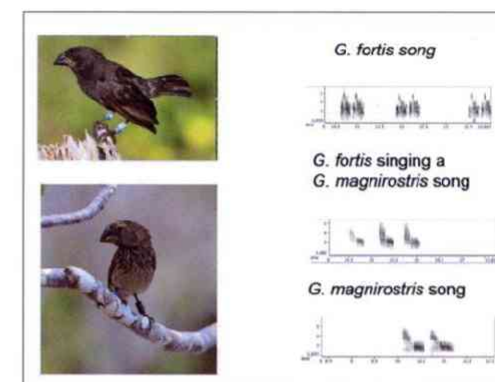


Fig. 41



Fig. 42

Cliff Tabin and Arkhat Abzhonov some genetic signaling molecules underlying these changes have been found, a finding we only dreamed about twenty years ago.

To unravel the third step, the formation of a barrier to interbreeding required looking at the problem from a behavioral, genetical and ecological perspective (Figs. 39-42). It turned out the barrier was a product of a dynamic interaction between changes in the environment, a learned character, song, that is culturally transmitted, and genetic factors responsible for beak and body size and shape. Understanding the causes and consequences of these interactions revealed an important factor, episodic

たように「例外を尊重する」ことも大事で、私たちも、「例外を尊重する」ことで、さらに疑問を追究し、知識を得たことが幾度となくありました。

異なる文化的背景を持つ人々の間で交わされるコミュニケーションがしばしば独創的な問題解決を導き出すように、研究においても科学者同士で協力することが問題解決の近道となります。様々な角度から問題にアプローチすれば、その効果は相乗的に現われます。概して、発見というものは、多くの人間による共同作業の結果として得られます。このように、個々の動きを一つに纏め上げることによって、私たちは全体として知識と理解の幅を広げることができるのです。

10. 最後に

これまでに私は、多くの人から刺激を受けましたが、やはり夫のピーターから貰ったものがその中でも一番大きいと思います。私たちは好奇心にかきたてられて研究に取り組み、研究者として生活する中で様々な驚き、楽しみ、感動を味わってきましたが、そうした経験を学生や外に向かって発信することによって、「学問への献身、並びに我々人類がすべからず備え持つ精神性を高揚することによって、この世界はより良く、平和で、人間味溢れる場所になりうるし、またそうなっていく」という稲盛博士のすばらしい世界的なビジョンに微力ながら貢献できれば幸いです。

introgression of genes, which under certain environmental conditions enhances the variation on which selection can act. Timing of introgression is of the essence. At the right time in new or changing environments it allows a rapid route to change, and appears to be a general phenomenon in the early stages of evolutionary divergence of populations of many diverse organisms from bacteria to primates.

9. Research Philosophy

I have found that it helped to know an organism or assemblage of organisms in depth, and at the same time to remain broadly interested and widely read. In this way new insights can be triggered when concepts from different disciplines are combined and explored in a thoroughly understood system. It is important to try to understand the dynamics and functioning of a system and not be content to merely demonstrate whether a favored theory is correct or not. I have been guided by the following rules. Don't be afraid to master the appropriate tools to answer a question. Don't jump to conclusions too quickly. As my Father said "value your exceptions," which in our case really did lead to further questions and further knowledge, not once but many times.

Just as communication between people from different cultural backgrounds leads to ingenious solutions to problems so do collaborations between scientists in research. A diversity of approaches works synergistically. Most discoveries are the work of many people, and by fostering these individualistic roles that are then combined we can extend our knowledge and understanding.

10. Finale

Many people have inspired me through the course of my life, but no one more than Peter. My greatest wish is that we have transmitted, and will continue to transmit, some of our own sense of wonder, joy, and excitement in curiosity-driven research and in life to our students and to others. In this way we hope we can contribute to Dr. Inamori's wonderful global vision: that through dedication to scholarship and through enhancing our spirituality, which we all possess, the world can and will be made a better, peaceful and more humane place.

図キャプション

- Fig. 1 チャールズ・ダーウィン。ジョージ・リッチモンドによるポートレート (1839年頃)
- Fig. 2 ピーターの生家 (1150A London Road, Norbury, London SW 16, England) からの眺め (1958年8月1日)。野心的なナチュラリストにとっては、さえない環境
- Fig. 3 ケンブリッジ大学のセルウィン・カレッジ (1958~1960)。正面と裏から見たところ
- Fig. 4 ピーター、学士号取得 (優等賞)。(1960年6月25日)
- Fig. 5 プリティッシュコロンビア大学 (バンクーバー) の生物・薬理学棟 (1959年8月11日)
- Fig. 6 マグラダのマリア (メキシコ、トレスマリアス諸島)。1963年6月の植生 (上2枚)。シナモンハミングバードとその巣 (左下、1962年4月)。ビーチでのキャンプ (右下、1961年8月4日)
- Fig. 7 イェール大学コネチカットホール (コネチカット州ニューヘーヴン、1965年6月)
- Fig. 8 ピーターの恩師、エブリン・ハッチンソン (第2回京都賞受賞者)
- Fig. 9 ニコラとハタネズミ。モントリオール近郊にて (1967年5月8日)
- Fig. 10 ハタネズミの種間の競争に関する実験的研究の囲い地。モントリオール近郊セント・アン・ベルヴューのマギル大学モーガン植物園にて (1967年5月5日)
- Fig. 11 ハタネズミとハツカネズミの実験計画
- Fig. 12 ダーウィンフィンチ研究の先人、デイビッド・ラック
- Fig. 13 サンタクルス島のボレロ湾で種子を収集するイアン&リネット・アボット夫妻 (1973年5月4日)
- Fig. 14 大ダフネ島に向かうローズマリーとタリア (1991年頃)
- Fig. 15 海から見た大ダフネ島 (左)。一年で最も色づく季節の大ダフネ島 (右) (1993年3月)
- Fig. 16 大ダフネ島で博士論文のための研究を行った大学院生二人：左はトルトゥーガ島でのピーター・ボーク (1975年7月26日)。右は小ダフネ島で坂を降りてくるトレバー・プライス (1979年6月21日)
- Fig. 17 1977年の干ばつの際に起こった自然淘汰。くちばしの大きなガラパゴスフィンチの生存率がくちばしの小さな個体を上回る。大きく、固い果実 (オオバナハマビシ、左) を割って食べることができたため
- Fig. 18 ヘノベサ島 (1978年)
- Fig. 19 ヘノベサ島でキャンプ (1991年2月)
- Fig. 20 ヘノベサ島のピーター (1987年2月)

Figure Legends

- Fig. 1 Charles Darwin. From a portrait by George Richmond, in about 1839.
- Fig. 2 View from Peter's home, 1150A London Road, Norbury, London SW 16, England, 1 August 1958. Not an inspiring environment for an aspiring naturalist!
- Fig. 3 Selwyn College, Cambridge, 1958-60, front and back.
- Fig. 4 P. R. Grant B.A. (Hons), 25 June 1960.
- Fig. 5 Biology and Pharmacology Building, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 11 August 1959.
- Fig. 6 Maria Magdalena, Tres Marias islands, Mexico. The upper two pictures show the vegetation in June 1963. Lower left shows a Cinnamon Hummingbird on its nest, April 1962. Lower right shows the beach camp, 4 August 1961.
- Fig. 7 Connecticut Hall, Yale University, New Haven, CT, USA, June 1965.
- Fig. 8 G. Evelyn Hutchinson (Kyoto laureate 1986), Peter's mentor.
- Fig. 9 Nicola with a vole (*Microtus pennsylvanicus*), near Montreal, Canada, 8 May 1967.
- Fig. 10 Enclosures for experimental work on competition between species of voles at the Morgan Arboretum of McGill University, Ste Anne de Bellevue, near Montreal, Canada, 5 May 1967.
- Fig. 11 The design of the experiment with voles (*M. Microtus pennsylvanicus*) and mice (*P. Peromyscus maniculatus*).
- Fig. 12 David Lack, an influential predecessor in Darwin's finch research.
- Fig. 13 Ian and Lynette Abbott sampling seeds behind Borrero Bay, Santa Cruz Island, 4 May 1973.
- Fig. 14 Approaching Daphne Major Island. Rosemary and Thalia. About 1991.
- Fig. 15 Daphne Major Island from the sea (left) and at its most colorful (right) in March 1993.
- Fig. 16 Two of the graduate students who conducted Ph.D. research on Daphne Major Island. Peter Boag (left) on Tortuga Island, 26 July 1975, and Trevor Price (right), coming down from an ascent of Daphne Minor Island, 21 June 1979.

- Fig. 21 ヘノベサ島での野外研究用の食料と装備品。サンタクルス島の船積みドックにて (1991年2月)。植物 (種) や動物 (主に蜘蛛や昆虫) を持ち込まないよう、上げ下ろし前後に食料と装備品を念入りに洗浄する
- Fig. 22 1983年に発生した特大のエルニーニョが大ダフネ島の植生 (下) に与えた影響。通常の乾季 (左上) と通常の雨季 (右上) の様子を比較すれば一目瞭然
- Fig. 23 大ダフネ島に生息する四種類のダーウィンフィンチ。コガラパゴスフィンチ (左上)、ガラパゴスフィンチ (右上)、サボテンフィンチ (左下)、オオガラパゴスフィンチ (右下)
- Fig. 24 2004~2005年に起こった自然淘汰。1977年 (図17) の時とは違い、ガラパゴスフィンチの小さな個体の生存率はくちばしの大きな個体より高くなる。くちばしの大きな個体がハマビシの種子を巡ってオオガラパゴスフィンチとの争いに敗れたため (図23参照)
- Fig. 25 「オーチャード・クローズ」—アーンサイドのローズマリーの実家 (イングランド、ウェストモアランド<現在のカンブリア>)
- Fig. 26 ローズマリーが子ども時代を過ごしたアーンサイドの村
- Fig. 27 ローズマリーの両親。アーンサイドにて (1952年頃)
- Fig. 28 8歳のローズマリー。兄のジョン (6歳)、弟のアンドリュー (6ヶ月) と
- Fig. 29 ローズマリーの恩師、エジンバラ大学の遺伝子学教授C・H・ワディントンとD・ファルコナー
- Fig. 30 細胞表面タンパク質に対する抗体に反応を示す土壌アメーバ (左) と反応を示さないアメーバ (右)
- Fig. 31 ブリティッシュコロンビア大学時代のローズマリー (1964年)
- Fig. 32 ニコラとタリア。カナダにて (1970年)
- Fig. 33 家族揃ってアイスランドにて (1969年9月)
- Fig. 34 ローズマリーが博士論文のテーマに選んだヘノベサ島のオオサボテンフィンチ。横から見た写真から分かるように、くちばしの形態がバリエーションに富んでいる
- Fig. 35 ウプサラ大学で教壇に立つローズマリー (1985年)
- Fig. 36 ガラパゴス諸島のイサベラ島で溶岩を横切るピーターとローズマリー (1995年)
- Fig. 37 サンタクルス島のノースショアを離れるローズマリー、ピーター、ニコラ、ジェイミー・スミス (1973年12月)
- Fig. 38 上: サンタクルス島のチャールズ・ダーウィン研究ステーションでトカゲの体重を量るニコラとタリア (1973年11月29日)。左下: ヘノベサ島のニコラとマネシツグミ (1982年7月19日)。右下: ヘノベサ島のタリアとハト (1979年7月)
- Fig. 39 種間のさえずりの違い

- Fig. 17 Natural selection in 1977. Large-beaked medium ground finches survived better than small-beaked members of the population during a drought because they were able to crack open the large and hard fruits of *Tribulus cistoides* (to left).
- Fig. 18 Genovesa Island, 1978.
- Fig. 19 Camp on Genovesa Island, February 1991.
- Fig. 20 Peter on Genovesa Island, February 1987.
- Fig. 21 Supplies for a field season on Genovesa Island at a loading dock on Santa Cruz Island, February 1991. All food and equipment had to be thoroughly cleaned before loading on a boat and again immediately after arriving at an island to prevent introduction of plants (seeds) and animals (mainly spiders and insects).
- Fig. 22 The effect of the extraordinary El Nino event in 1983 on the vegetation of Daphne Major Island (below) can be seen by comparing the appearance in a normal dry season (upper left) and a normal wet season (upper right).
- Fig. 23 The four species of Darwin's finches on Daphne Major Island. Small ground finch (*G. fuliginosa*) upper left, medium ground finch population (*G. fortis*) upper right, cactus finch (*Geospiza scandens*) lower left and large ground finch (*Geospiza magnirostris*) lower right.
- Fig. 24 Natural selection in 2004–2005. In contrast to 1977 (Fig. 17) small members of the medium ground finch population (*Geospiza fortis*) survived better than large-beaked members who were outcompeted for *Tribulus* seeds by the large ground finch (*Geospiza magnirostris*) (see Fig. 23).
- Fig. 25 “Orchard Close”, Rosemary's home in Arnside, Westmorland (Cumbria), England.
- Fig. 26 The village of Arnside in Westmorland (Cumbria), England, where Rosemary spent her childhood.
- Fig. 27 Rosemary's parents in Arnside, about 1952.
- Fig. 28 Rosemary at age 8, with brothers John (6) and Andrew (6 months).
- Fig. 29 C. H. Waddington, and D. Falconer, geneticists at Edinburgh University; Rosemary's mentors.

- Fig. 40 ヘノベサ島のオオサボテンフィンチのさえずりを録音した超音波ソノグラムで、父から息子へさえずりの特徴が忠実に伝えられる様子を伺い知ることができる
- Fig. 41 他の種から学んださえずり
- Fig. 42 DNA解析を行うためにフィンチから微量の血液を取るローズマリー。フィンチの体重を量るピーター（ダフネ島にて、1999年）

- Fig. 30 Soil amoebae reacting (left) or not reacting (right) to an antibody to cell surface proteins.
- Fig. 31 Peter (1961) and Rosemary (1964) at the University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Fig. 32 Young children: Nicola and Thalia, Canada, 1970.
- Fig. 33 Family in Iceland, September 1969.
- Fig. 34 The Large Cactus Finch on Genovesa Island, Galápagos, was the subject of Rosemary's Ph.D. thesis research. It is unusually variable in beak morphology as indicated by the profiles.
- Fig. 35 Rosemary teaching, Uppsala, 1985.
- Fig. 36 Peter and Rosemary crossing lava, Isabela Island, the Galápagos, 1995.
- Fig. 37 Rosemary, Peter, Nicola and Jamie Smith leaving the north shore of Santa Cruz Island, Galapagos, December 1973.
- Fig. 38 Top. Nicola and Thalia weighing a lizard at the Charles Darwin Research Station, Santa Cruz Island, Galápagos, 29 November 1973. Lower left. Nicola with mockingbird on Genovesa Island, Galápagos, 19 July 1982. Lower right. Thalia with dove on Genovesa Island, Galápagos, July 1979.
- Fig. 39 Song differences between species.
- Fig. 40 The faithful transmission of song features from father to son is illustrated here with sonograms of tape-recorded songs of the large cactus finch, *Geospiza conirostris*, on Genovesa Island.
- Fig. 41 Song learned from another species.
- Fig. 42 Rosemary taking a small drop of blood from a finch for later DNA analysis, and Peter weighing a finch, Daphne, 1999.

稲盛財団 2009——第25回京都賞と助成金

発行 2010年9月20日

制作 財団法人 稲盛財団

〒600-8411 京都市下京区烏丸通四条下ル水銀屋町620番地

Phone: 075-353-7272 Fax: 075-353-7270

E-mail admin@inamori-for.jp URL <http://www.inamori-for.jp/>

ISBN4-900663-25-5 C0000