

# 初めて自由継続リズムを見た人、ド・メランとその時代

沼田 英治<sup>1</sup>✉, 桃木 暁子<sup>2</sup>

1 京都大学, 2 科学翻訳者

時間生物学分野では、自由継続リズムを初めて観察した例として、1729年のド・メランによる実験結果が引用されてきた。これはオジギソウを暗い条件に移してもその葉が日周期的に上下運動したという内容で、ド・メラン自身はこの結果を生物時計の存在を示すものではなく、植物が昼と夜の条件を感知するしくみをもつことを示すと考えた。しかし、元の報告は古典フランス語で書かれているために、多くの人は直接読むことなく二次的に内容を知っている。本稿では、元の報告を正確に和訳するとともに、その背景となる17~18世紀のフランスの科学をめぐる状況およびド・メランの生涯について概説する。これまで、ド・メランがこの実験結果を軽視しており、報告を他の人に代読させたと言われていたが、今回調べた限りでは、そのような記録はなかった。

## 1. はじめに

生物の体内に時計が存在することの最も強い証拠は、恒常条件下で一定の周期で活動が継続することであり、このリズムのことを自由継続リズムと呼ぶ。今日では自由継続リズムはさまざまな生物で報告されている。その先駆的な例として、1729年のJean-Jacques d'Ortois de Mairan (以下ド・メラン、図1)<sup>1</sup>による実験結果(図2)<sup>2</sup>が、時間生物学分野の代表的な一般書<sup>3</sup>、総説<sup>4</sup>、教科書<sup>5</sup>などで引用されてきた。元の報告は、植物を暗い条件に移してもその葉が日周期的に上下運動したという内容で、「Histoire de l'Académie royale des sciences. Année 1729. Avec les mémoires de mathématique et de physique, pour la même année. Tirés des registres de cette académie.」(1729)に掲載されている。しかし、ド・メラン自身の名前が著者として示されていないなど不明な点も多かった。近年になってBibNum(フランスの公的デジタル図書館で、1950年以前の文献を現在の専門家による解説とともに収蔵している)に、Klarsfeldがフランス語でこの経緯を詳しく紹介しており、それは英文にも訳されている<sup>6</sup>。また、計算システム生物学者のSobelによる本文の英訳もネット上で公開されている<sup>7</sup>。しかし、元の報告は17~18世紀に文語で使われていた古典フランス語で書かれているために、本学会会員で実際にこれを読んだ人はほとんどいないであろう。以前から沼田は、元の報告を正確に知りたいと考えていた。今回フランス語および

フランス文化に詳しい桃木の協力を得て、全文を和訳することができたので、それを紹介したい。

## 2. 17~18世紀のフランスの科学

まず、ド・メランによる実験結果の報告を理解するために、その時代のフランスの科学をめぐる状況について概説したい。

17世紀といえば、ヨーロッパで近代科学が芽生え始める時代で、各地で科学アカデミーが作られるなど、科学研究の環境が大きく変わり始める。フランスでは、ルイ14世の時代にコルベールによって「科学の発展に尽くしこの分野で権力に助言するアカデミー」<sup>8</sup>が創設された。1666年のことである。コルベールに選ばれた学者たち(天文学者、数学者、物理学者、解剖学者、植物学者、動物学者、化学者)で出発したアカデミーは、当初、任意団体だったが、1699年にルイ14世の保護下に置かれ、「王立科学アカデミー Académie royale des sciences」となった。このとき70人の会員と80人の通信員が王によって選ばれた。18世紀には、この科学アカデミーは数回の組織変更を経験しながら、研究と出版物によって科学的活動の発展に大いに貢献した。しかし1793年8月8日、国民公会によってすべてのアカデミーは廃止された。その後、1795年に旧体制下のアカデミー(科学、文学、芸術)が国立機関として再編され、王政復古の時代、1816年には各アカデミーに自治が与えられ、現在の組織の基礎が作られた。

✉ numata.hideharu.8r@kyoto-u.jp

## OBSERVATION BOTANIQUE.

ON ſçait que la Sensitive eſt *heliotrope*, c'eſt-à-dire que ſes rameaux & ſes feuilles ſe dirigent touſjours vers le côté d'où vient la plus grande lumière, & l'on ſçait de plus qu'à cette propriété qui lui eſt commune avec d'autres Plantes, elle en joint une qui lui eſt plus particulière, elle eſt Sensitive à l'égard du Soleil ou du jour, ſes feuilles & leurs pédicules ſe replient & ſe contractent vers le coucher du Soleil, de la même manière dont cela ſe fait quand on touche la Plante, ou qu'on l'agite. Mais M. de Mairan a obſervé qu'il n'eſt point néceſſaire pour ce phénomène qu'elle ſoit au Soleil ou au grand air, il eſt ſeulement un peu moins marqué lorſqu'on la tient touſjours enfermée dans un lieu obſcur; elle s'épanouit encore très-ſenſiblement pendant le jour, & ſe replie ou ſe reſſerre régulièrement le ſoir pour toute la nuit. L'expérience a été faite ſur la fin de l'Été, & bien répétée. La Sensitive ſent donc le Soleil ſans le voir en aucune manière, & cela paroît avoir rapport à cette malheureuſe délicatelle d'un grand nombre de Malades, qui ſ'aperçoivent dans leurs Lits de la différence du jour & de la nuit.

Il ſeroit curieux d'éprouver ſi d'autres Plantes, dont les feuilles ou les fleurs s'ouvrent le jour, & ſe ferment la nuit, conſerveroient comme la Sensitive cette propriété dans des lieux obſcurs; ſi on pourroit faire par art, par des fourneaux plus ou moins chauds, un jour & une nuit qu'elles ſentiffent; ſi on pourroit renverſer par là l'ordre des phénomènes du vrai jour & de la vraie nuit, &c. Mais les occupations ordinaires de M. Mairan ne lui ont pas permis de pouſſer les expériences juſque-là, & il ſe contente d'une ſimple invitation aux Botanistes & aux Phiſiciens, qui pourront eux-mêmes avoir d'autres choſes à ſuivre. La marche de la véritable Phiſique, qui eſt l'Expérimentale, ne peut être que fort lente.

E ij

図2 オジギソウを暗い条件に移してもその葉が日周期的に上下運動したことというド・メランの実験結果を報告した論文<sup>2</sup>。現在では、初めて自由継続リズムを観察した例と考えられている。

royal des plantes」に変更され<sup>11</sup>、1729年には王のコレクションを収蔵する「博物学陳列室 cabinet d'histoire naturelle」が作られる。そして、『博物誌 Histoire Naturelle, 1749-1788』で有名なビュフォンが管理官になると(1739~1788年)、ビュフォンの知名度と業績によって、植物園は当時の科学研究の一大拠点となった。その頃から19世紀にかけて、博物学のラマルク、比較解剖学のキュヴィエ、化学のラヴォワジエ<sup>12</sup>など、後世に名を残す学者たちがここで研究を行なった。彼らはまた啓蒙思想の体現者でもあった。

その後フランス革命を経て、1793年に「国立自然史博物館 Museum National d'Histoire Naturelle」として再出発することになる。活動の柱は、研究、国民の教育、コレクションの管理で、これらは現在まで変わらない。1794年には、王の動物園の動物などを



図1 ド・メランの肖像画(線画凸版)<sup>1</sup>。Louis Tocquéによって描かれたものを、Pierre-Charles Ingoufが彫版した。

また、17世紀には、いくつかの自然科学専門の研究機関が設立された。その一つが、1667年に科学アカデミーを補完する形で設立された「パリ天文台 Observatoire de Paris」である。航海のための地図を作るのに役立つような機器を備えた天文台<sup>9</sup>で、ここで科学アカデミーの天文学会員は研究を行ない、フランスの測地学、地図学、気象学は大いに発展した。このパリ天文台は、現存世界最古の天文台である。

もう一つは、それに先立つこと32年、1635年にルイ13世によって設立された「王立薬草園 Jardin royal des plantes médicinales」である。これは、医師と薬剤師を育成する目的で作られた植物園である<sup>10</sup>。5年間の工事と播種の後、植物園は一般公開され、解剖学、植物学、化学の講義が開かれ、無料で誰でも聴講できた。大学とは違って、講義はラテン語ではなくフランス語で行われ、好評を博した。ここで行われる観察をもとにした現実的な研究を見て、聖職者を中心とする当時の大学の教授陣は大いに反発したようである。

18世紀になると、研究の主軸は治療法から博物学へと移行する。1718年には名称が「王立植物園 Jardin

収容する動物園「ラ・メナジュリ La Ménagerie」が設立され、19世紀になると、鉱物学・地質学展示館や動物学展示館などが次々に建設され、現在の形に近づいた。

### 3. ド・メランの生涯

次に、パリの王立科学アカデミー（以下、科学アカデミー）の後輩、Grandjean de Fouchy による追悼の辞<sup>13</sup>を参考に、ド・メランの生涯をたどってみよう。

ド・メラン（1678～1771）は、地中海に面したベジエの町出身で、16歳からトゥールーズの大学で勉強した。その後1698年にパリに行き、そこで出会った学識者たちとの交流から数学や物理学に興味をもち、科学研究の道に足を踏み入れた。1702年にパリから故郷に帰り、1人で研究に没頭した。そして、1714年にボルドーの王立科学アカデミーからの誘いで気圧計の変動に関する論文を提出すると賞を受賞し、その後1715年、1716年と3年連続で賞を取った。同じ年にド・メランはパリの科学アカデミーにも3本の論文を送っていた。「アリストテレスの輪」に関する論文と博物学の論文だった。そして、パリに拠点を移そうと赴いた。パリの科学アカデミーは、これらの論文とボルドーでの受賞を評価し、ド・メランを獲得したいと考えた。そして、1718年に空席になった幾何学準会員のポストにド・メランが就くことになった。翌年には、やはり空席になった年金会員のポストを受け継いだ。それからド・メランは科学アカデミーの会議に定期的に通い、しばしば講義を行うようになった。

研究の分野は、物理学、天文学、幾何学、博物学など、多岐にわたった。物理学では、暑さと寒さの原因、物体の反射などさまざまなテーマに取り組み、論文を残した。天文学では、北極オーロラの研究が有名である。これは、1726年10月19日にフランス各地で観察されたオーロラの謎を解明するために科学アカデミーの依頼で取り組んだもので、4年間の研究成果を1731年に概論として出版した。ド・メランの理論は、当時の大部分の物理学者に支持された。船舶の積量測定の方法に関する研究は、1721年に海軍國務会議から科学アカデミーに相談があったもので、ド・メランは、学問知識がない人でもだいたい正確に測定できる簡便な方法を考え出した。博物学的研究はいくつかあり、その一つが本稿の主題の植物の観察である<sup>2</sup>。また、音楽にも詳しく、1737年には音の伝搬に関する論文を書いた。

このような業績を見るだけでも、ド・メランが多才で有能な学者だったことがわかるが、実際、Grandjean de Fouchyによれば、ド・メランは洞察力と計画力に優れた研究者で、完璧な言葉遣いの明快な文章を書いたそうである。そして、多才さ、穏やかな性格、公平さ、慎重さから、科学アカデミーで重用された。科学アカデミーでは、1740年から3年間書記官を務め、1743年に退役会員となるが、1746年に年金会員に復帰した。1743年からアカデミー・フランセーズの会員にもなった。1723年には、故郷のベジエに王立科学アカデミーを設立した。ロンドンのロイヤル・ソサエティ、エジンバラのロイヤル・ソサエティ、スウェーデンの王立科学アカデミー、ロシアの科学アカデミーなどの会員でもあった。晩年も集会には欠かさず足を運び、論文の手直しを行うなど活動的だったが、1770年の暮れに風邪にかかり、それがもとで翌年2月に亡くなった。

### 4. 誰が報告したのか

それでは本題に戻ろう。前述のようにド・メランの実験結果の報告には、著者名は記載されていない。Wardは、ド・メランはこの結果を些末だとして発表するに値しないと考えたが、同じアカデミー会員のJean Marchant（1650頃～1738、以下、マルシャン）が報告すべき重要な成果だと強く主張して自ら報告したと、あたかも両者の間で交わされた会話を聞いてきたかのごとく書いている<sup>3</sup>。田澤も、この記述をそのまま引用している<sup>14</sup>。しかし、私たちは、そのような記述をどこにも発見することはできなかった。マルシャンは植物学者で、やはり植物学者で科学アカデミーの創設メンバーであり王立薬草園の「植物栽培管理者」<sup>11</sup>だった父の跡を継いで、1678年に科学アカデミーの植物学会員となり、王立薬草園の同じポストに就き、そこで多数の外国の植物や希少な植物を栽培し記述した。Wardは、マルシャンの専門分野が植物学であったことに加えて、ド・メランの実験結果の報告の次のページにマルシャンが別の文献を読んだと書かれていたことから想像を膨らませて上記のような記述をしたのであろう。Klarsfeldも、同様の理由でおそらくマルシャンが報告したものと推定している<sup>6</sup>。しかし、次のページの記述は、「マルシャンが以下の記述を読んだ」として、*Althoea*（タチアオイ）、*Mitella*（チャルメルソウ）、*Sanicula*（ウマノミツバ）に関する3件の文献のタイトルが書かれているもので、マルシャンを前のページの著者に拡張するには無理が

ある。

ド・メランの実験結果が掲載されている「*Histoire de l'Académie royale des sciences ... avec les mémoires de mathématique et de physique ... tirés des registres de cette académie*」は、科学アカデミーが 1699 年から 1786 年に出版した定期刊行物である。1729 年の号の原本<sup>15</sup>の目次を見ると、*Histoire*（歴史）と *Mémoires*（論文集）の 2 部に分かれており、前者はおそらく編集者がその年の研究動向を分野ごとに解説したもので、著者名は示されていない。それに対して、後者には著者名が明示された研究者による論文が掲載されている。そして、*Histoire* は、一般物理学、解剖学、化学、植物学、幾何学、天文学、力学という 7 つのセクションに分けられており、ド・メランの実験結果は植物学のセクションに掲載されている。つまり、これは論文ではなく解説記事である。上記の原本<sup>15</sup>の書誌情報を見ると、ド・メランはこの号の執筆者・編集者 4 人のうちの 1 人であり、4 人にマルシャンは含まれていない。したがって、ド・メラン本人が *Histoire* に書いたと考えるのが妥当である。

## 5. 報告の全文訳

### 植物の観察

オジギソウ<sup>脚注1</sup>は向日性、つまり、その小枝と葉がいつも最大の光が来る側の方へ向くことが知られており、さらに、他の植物とも共通のこの特性に加えて、オジギソウにより特徴的な一つの特性があり、オジギソウは太陽または日（昼間）に対して感受性があり、その葉と小花柄は太陽が沈む頃に折りたたまれ収縮することが知られている。人がこの植物に触った時、または揺らした時にそうなるのと同じようにである。しかし、ド・メラン氏が観察したところでは、この現象にとってオジギソウが日向にまたは屋外にあることは全く必要ではなく、オジギソウを暗い場所にいつも閉じ込めておくとこの現象は少しはっきりしなくなるだけで、この植物は日中に相変わらず非常にはっきりと開き、夕刻にきまって折りたたまれ、あるいは

閉じて、夜の間中その状態である。実験は夏の終わり頃に行われ、繰り返された。オジギソウはしたがって太陽をいかなる方法でも見ることなく太陽を感じる。そしてそれは大勢の病人たちのあの不幸な繊細さと関係があるように見える。彼らは寝床の中で昼と夜の違いに気がつく。

葉あるいは花が昼に開き夜に閉じるような他の植物がオジギソウのようにこの特性を暗い場所で保つかどうか試してみるのはおもしろいだろう。もし人工的に、炉の温度を上げたり下げたりして、それらの植物を感じる 1 日（昼）と 1 夜を作ることができるなら、もしそれによって本当の昼と本当の夜の現象の順序を逆にすることができるなら。しかし、メラン氏は通常の仕事があるためこれまでこれらの実験を行うことができず、植物学者と自然学者<sup>脚注2</sup>に誘いをかけるだけで満足しているが、植物学者や自然学者も他にすべきことがあるかもしれない。真の自然学<sup>脚注2</sup>、すなわち実験的なものの歩みは、きわめてゆっくりとしか進めることができない。

## 6. おわりに

結論として、現在私たちが自由継続リズムと呼んでいるものをド・メランが初めて報告したことが確認された。当時、生物時計の存在は知られていなかったので、植物が外界から未知の刺激を受容して昼と夜の違いを知っているとド・メランが考えたのは無理もない。そして、彼はこの現象をさらに追及する実験のアイデアも提案しており、決してこの結果を軽視していたわけではない。今回、私たちは元の論文を読み、さらに背景となるその時代、その国の科学を知ることによって、ド・メランの行った実験への理解が深まった。これまでに言われていたようにド・メランが実験結果を他の人に代読させたのではなさそうなこともわかった。このド・メランの発見は、その後多くの生物学者の興味を喚起し、生物が時計をもっているという事実が確立されていく足掛かりとなった。

<sup>脚注1</sup> 原語は *la Sensitive*。リンネによる二名法が提唱されるよりも前であるから、種名は推定するしかないが、おそらくオジギソウ *Mimosa pudica* Linnaeus であろう。

<sup>脚注2</sup> 原語は *Phisicien* と (*la*) *Phisique* で、*physicien*、*physique* の古い綴りである。フランス語の *la physique*（女性名詞）はラテン語の *physica* を語源としてもともと「医学、自然の科学」を言い、古い用法では「自然の事由の科学」を意味した。*physicien* は、もともと医者の意味で、古い用法では「自然の要素を研究し記述し説明する人」を意味した。*la physique* は 18 世紀になると、現在の「物理学」の意味でも使われるようになるが、初期のフランス科学アカデミーに関する資料等から、ここでは前者の意味で使われていると考えられる。日本語では「自然学」と訳されている。

## 参考文献

1. Welcome Collection.  
<https://wellcomecollection.org/works/n4rf47sk/items>
2. Anonymous. Observation botanique. *Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année 1729, Avec les mémoires de mathématique et de physique, pour la même année. Tirés des registres de cette académie.* p. 35. (Paris 1729).  
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3527h/f43.item.r=observation%20botanique>
3. Ward, R.R. The living clocks. (Alfred A. Knopf, 1971). 日本語訳 長野敬、中村美子 生物時計の謎 いかにして生物は時を知るか? (講談社 1974).
4. Pittendrigh, C.S. Temporal organization: reflections of a Darwinian clock-watcher. *Annu. Rev. Physiol.* **55**, 17-54. (1993).
5. DeCoursey, P.J. Overview of biological timing from unicells to humans. In: Chronobiology: biological timekeeping. (eds Dunlap, J.C., Loros, J.J. & DeCoursey, P.J.), 3-24 (Sinauer Associates, 2004).
6. Klarsfeld, A. Aux aurores de la chronobiologie. BibNum (2013)  
<http://www.bibnum.education.fr/sites/default/files/122-mairan-analyse-v2.pdf>  
English translation by H. Tomlinson. At the dawn of chronobiology. BibNum (2015)  
<http://www.bibnum.education.fr/sites/default/files/122-mairan-analysis.pdf>
7. Sobel, J. Botanical Observation.  
<https://jonathansobel1.net/2019/03/14/botanical-observation/> (2019)
8. Histoire de l'Académie des sciences.  
<https://www.academie-sciences.fr/fr/Histoire-de-l-Academie-des-sciences/histoire-de-l-academie-des-sciences.html>
9. Observatoire de Paris.  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Observatoire\\_de\\_Paris](https://fr.wikipedia.org/wiki/Observatoire_de_Paris)
10. Histoire du Jardin des Plantes.  
<https://www.jardindesplantesdeparis.fr/fr/aller-plus-loin/histoire/lhistoire-jardin-plantes-3777>
11. Jardin royal des plantes médicinales.  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Jardin\\_royal\\_des\\_plantes\\_m%C3%A9dicinales#Intendants](https://fr.wikipedia.org/wiki/Jardin_royal_des_plantes_m%C3%A9dicinales#Intendants)
12. Le Muséum : Berceau de la Chimie  
<https://www.mnhn.fr/fr/le-museum-berceau-de-la-chimie>
13. Grandjean de Fouchy, J.P. Eloge de M. de Mairan. *Histoire de l'Académie royale des sciences. Année 1771, Avec les mémoires de mathématique et de physique, pour la même année. Tirés des registres de cette académie.* 84-104 (Paris 1771)  
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k35697/f96.item>
14. 田澤仁. マメから生まれた生物時計 エルヴィン・ビュニングの物語, 学会出版センター (2009)
15. *Histoire de l'Académie royale des sciences. Année 1729, Avec les mémoires de mathématique et de physique, pour la même année. Tirés des registres de cette académie.* (Paris 1729)  
<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3527h/f1.item> (目次は <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3527h/f3.item> から、書誌情報は EN SAVOIR PLUS から参照可能)