

面と線の意味論：ゲートと1820年頃の気象  
学のダイアグラム

Hamanaka, Haru / 濱中, 春

---

(出版者 / Publisher)

法政大学社会学部学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

社会志林 / 社会志林

(巻 / Volume)

64

(号 / Number)

3

(開始ページ / Start Page)

41

(終了ページ / End Page)

67

(発行年 / Year)

2017-12

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00021250>

# 面と線の意味論

——ゲーテと1820年頃の気象学のダイアグラム——

濱 中 春

## 1. ゲーテの気象研究におけるグラフ

ヨハン・ヴォルフガング・フォン・ゲーテ（1749-1832）が、詩人であり官僚であると同時に熱心な自然研究者でもあったことはよく知られているが、植物学や鉱物学、色彩学をはじめとして自然科学のさまざまな分野に携わってきたゲーテが、気象学に本格的に取り組み始めたのは、彼の生涯も終盤にさしかかった1815年以降のことになる<sup>1</sup>。この年、カール・アウグスト大公に勧められて読んだイギリスの気象学者ルーク・ハワードの論文「雲の変態について」（1803）によって、ゲーテは雲の形態学に導かれた<sup>2</sup>。また、同時期にザクセン＝ヴァイマル＝アイゼナハ大公国で始まった気象観測事業にも、ゲーテは深く関与することになる。1813年に完成したイエーナ大学付属天文台でもすでに天体だけではなく気象の観測もおこなわれていたが、カール・アウグスト大公の意向で1816年以降、領内各地に気象観測所が設けられ、統一的な方法で気温や気圧、風向などの観測がおこなわれるようになった。1821年までにイエーナ、シェーンドルフ、ヴァイマル、ヴァルトブルク、アイゼナハ、ヴァイダ、イルメナウの7地点、1825年にはフランケンハイムとアルシュテットもくわわり9地点からなる観測網が構築されている。そして、イエーナ大学付属の自然科学研究機関を監督する立場にあったゲーテは、気象観測所の設置や観測者のための指示書の作成に携わっただけではなく、イエーナ天文台に集められた各地の観測データの整理と公表もゲーテの監督下でおこなわれた<sup>3</sup>。

こうして気象学とのかかわりを深めるなかで、ゲーテは、大気現象の根本的な原因は大地の重力または牽引力の増減——その「脈動」あるいは「呼吸」——にあり、それは気圧の変動というかたちで現れるという仮説に傾倒していく。ゲーテ研究では「地球仮説（die tellurische Hypothese）」と呼ばれているこの理論の萌芽は、1780年代後半のイタリア旅行の際に直観的な認識として生まれたとされ、その後、1805年の冬にヴァイマルでおこなった物理学の講義のためのメモや、1813年から17年にかけて原稿を準備した『イタリア紀行』のなかで、徐々に明確に言語化されるよう

<sup>1</sup> ゲーテの気象研究の概要と先行研究については、FA I-25, S. 1019-1034を参照。

<sup>2</sup> Schöne 1970; Sommerhalder 1993, S. 27-90.

<sup>3</sup> Nickel 2004; LA II-2, S. 626-630.

になる。そして、1815年以降、気象学的な考察を発展させたゲーテは、1823年に『自然科学一般』誌に掲載した論考「気圧計の変動の原因について」（「気象学的後記」）で、「地球仮説」をはじめて学術的な形式で公にし、1825年に執筆して没後に公表された「気象学試論」のなかでさらにくわしく論じている<sup>4</sup>。

ゲーテの「地球仮説」は、科学的には完全な誤りである。気圧は気圧計の上に存在する空気の重さがもたらす圧力であり、その時間的な変動は大気の状態の変化によって引き起こされるのであって、地球の引力の問題ではない。また、ゲーテは上記の論文で高度の異なる場所の気圧の変動のしかたに相似性がみられることを仮説の根拠としているが、これは比較的狭い範囲の場所のあいだであれば必然的に生じる現象である。ゲーテが利用した気圧のデータの大半はヨーロッパ中部地域で観測されたものであり、観測地の範囲を広げれば、気圧の変動のしかたの不均一性は簡単に確かめられる。そして実際に当時すでにそのような広範囲の観測データは存在しており、ゲーテにもそれらを確認することは可能であった<sup>5</sup>。

このようにゲーテの理論は当時の気象学の知識でもすでに反証可能なものであり、同時代の気象学者からも顧みられることはなかった。ゲーテ研究においても、ハワードとの関係や雲の形態学にくらべて、気圧にかんする仮説が議論の対象になることは少ない。このような評価は、仮説の科学的な意味を鑑みれば妥当なものといえる。だが、本論ではゲーテの「地球仮説」に、その理論的な内容とは別の側面から光をあててみたい。それは、ゲーテがこの仮説を提示する際に、異なった場所における気圧の変動を表す線グラフを重要な根拠としたことである。ゲーテは論文「気圧計の変動の原因について」や「気象学試論」で、高度の異なる複数の場所の気圧の変動を線で表したグラフを参照しており、それらの線が概ね平行性を示していることから、気圧の変化の要因は、当時有力な説であった月などの天体ではなく、大地の内部に存在すると結論づけているのだ。

雲の形態という目に見える大気現象を通して気象学に導き入れられたゲーテが、気象理論の構築に際してもグラフという視覚的表象を手がかりとしたことは当然ともいえる。17世紀に発明された温度計や気圧計や用いて、18世紀にはヨーロッパ各地で気象観測がおこなわれるようになったが、そこではまず、観測データを表の形式で記録し、整理するという方法がとられた<sup>6</sup>。ザクセン＝ヴァイマル＝アイゼナハ大公国の気象観測網でも、ゲーテの監督下で記録用の表を作成して観測者に配布している<sup>7</sup>。しかし、そのような抽象的なデータの羅列は、具体的な対象の直観的な把握を好むゲーテにとってはなじみにくいものであり、「数字と記号によって表の形で提示される気象学という複合体の全体像を把握したり、それになんらかの方法で関与したりすることは、私の本性

---

<sup>4</sup> Sommerhalder 1993, S. 91-158.

<sup>5</sup> Ficker 1932 u. 1934. Vgl. auch Börnstein 1907, S. 116f.; Weickmann 1943; 小野 1984; Sommerhalder 1993, S. 142f.

<sup>6</sup> ヨーロッパの気象観測の歴史については、Hellmann 1926 u. 1927; Frisinger 1977, S. 99-122; Körber 1987, S. 133-135; Feldmann 1990 を参照。

<sup>7</sup> LA II-2, S. 70, 97, 105.

には不可能だった」と告白している。それにたいして、雲をその形態にもとづいて分類、命名したハワードの研究は、ゲートに「それまで欠けていた導きの糸」をもたらし、それによって彼は「目という感覚でとらえられるものにたいするまなざしを鋭くした」という<sup>8</sup>。そして、グラフもまた「目の人」ゲートの志向性に適した気象学的な対象であったにちがいない。「気圧計の変動の原因について」でゲートは、高度の異なる場所の気圧の変動のしかたが一致していることは、それらと比較した表の数字からもわかるが、「この経験をグラフで感覚的に表してみると、水銀柱の上昇と下降が最高地点から最低地点まで完全に比例していることに驚くだろう」と述べている。「たとえば海面から海拔2000フィートまで、この自然現象は私の目の前にある」<sup>9</sup>。ハワードによる雲の分類と同様に、グラフもまた、その視覚性によって、ゲートにとって「通常的气象観測表の五感を混乱させる迷宮から抜け出す手がかりとなる糸玉の存在を試みに指摘する」<sup>10</sup>手がかりとなったのである。

ただし、グラフの視覚性は、雲という可視的な大気現象のそれとは異なる。気圧というそれ自体では目に見えない現象の変動を線という形象を用いて可視化したグラフは、ダイアグラム的一种とみなすことができる。ダイアグラムを一義的に定義することは難しいが<sup>11</sup>、事象の関係や構造あるいは機能をグラフィックな手段を用いて図式的に表したものをこの名称と呼ぶとすれば、器具や装置を用いて測定した数値を座標平面上で幾何学的な図形に転換したダイアグラムであるグラフは、雲のようなそれ自体で形や色をもった現象とは別種の視覚的イメージに分類される。そして、気象学はグラフの他にも等圧線や等温線などの等値線やそれらを用いた天気図など独自のダイアグラムを発達させてきた。気温、気圧、湿度、風向など不可視の大気現象を把握するために、ダイアグラムは気象学において重要な役割をはたしてきたといえる。

もっとも、気象学におけるダイアグラムの歴史はそれほど古くはない。数値を幾何学的な図形で表す試みは10世紀にも存在し、17世紀にはデカルト座標のようにグラフを作成する条件は整っていたが、西洋の自然科学研究においてグラフが広く使用されるようになるには19世紀まで待たなければならなかった<sup>12</sup>。そのなかで気象学では比較的早くからグラフの使用例は認められるが、それが一般化するのはいよいよ1800年以降のことになる。また、等圧線や等温線が考案されたのも19世紀に入ってからである。このような歴史をふまえると、1820年代にグラフを手がかりとして気

<sup>8</sup> FA I-25, S. 215.

<sup>9</sup> FA I-25, S. 256. 強調は原文による。なお「気象学試論」でも、各観測地の気圧の平均値を重ねて描いたグラフを「目のあたりにすれば」、それらの変動の同一性は「ただちに明白になる [=はっきり目に見える (augenfällig)]」だろう」とされている。FA I-25, S. 277.

<sup>10</sup> FA I-25, S. 261.

<sup>11</sup> Vgl. Bauer/Ernst 2010, S. 9; Schmidt-Burkhard 2012, S. 41-47; Schneider/Ernst/Wöpking 2016, S. 9f. ダイアグラムは近年、イメージ研究において関心を集めている対象の一つだが、そのハイブリッドな性格や形態の多様性、使用領域の広さや歴史的な変化などから、統一的な議論が展開されるにはいたっていない。最近のダイアグラム研究については、Bucher 2008 と Krämer 2016 も参照。

<sup>12</sup> グラフの歴史については、Funkhouser 1937, Shields 1937, Tilling 1975, Beniger/Robyn 1978 を参照。

象の理論化を試みたゲーテの研究は、気象学におけるダイアグラムの利用としては早期の事例に属するといえる。そもそもグラフが自然科学にとってまだ新しい視覚的表象であった時期に、ゲーテはどのような経緯で気圧のグラフを作成するにいたったのだろうか。また、ゲーテによるグラフの利用は、同時代の気象学におけるダイアグラムの作成や使用という文脈のなかでどのように位置づけられるのだろうか。

このような関心の下で、本論ではゲーテの「地球仮説」をグラフという観点からとらえ直し、気象学におけるダイアグラムの歴史を背景として、それが視覚的表象を用いた科学研究としてもつ意味について考えてみたい。以下ではまず、ゲーテによるグラフの作成と利用の経緯を日記や書簡などの伝記的な記録を手がかりにあとづけた上で（第2章）、同時代の気象学におけるグラフの使用状況をふまえて、その気象学史上の位置を確認する（第3章）。さらに等値線や天気図なども視野に入れて、ゲーテのグラフをとりまくより広い文脈を把握し（第4章）、それら気象学の初期のダイアグラムについて当時おこなわれた分析の特徴を考察する（第5章）。

## 2. 「さまざまな場所の気圧の比較グラフ」

ゲーテの日記や書簡には、1820年頃から気象観測データのグラフにかんする言及がみられるようになる。最も早い時期のものの一つは1820年10月6日付のカール・アウグスト大公宛の書簡だが、そこではゲーテは大公に、ハレ大学付属天文台の気象学者カール・ルートヴィヒ・ゴットロープ・ヴィンクラーからその著書とともに「気圧計や温度計の示度などのグラフ」が送られてきたことを伝えている。そして、「これについてきわめて興味深いこと」として、イエーナ天文台長ヨハン・フリードリヒ・ポッセルトが、「ハレの気圧計の示度をしめす黒い線の下に、シェンドルフの示度を赤色で描きくわえると、[両者の]一致が目を引きました」と述べている。さらに気温のグラフにも同様の描き足しをしたが、こちらは線が交差する箇所が多かったという<sup>13</sup>。

このエピソードで注目すべきは、ゲーテが気象観測結果のグラフに関心をしめし始めた当初から、その比較をおこなっていることである。その後、ゲーテは1822年頃からポッセルトに各地の気象観測データ、特に気圧のグラフをつくらせて、それらを比較するようになる。たとえばポッセルトは1822年6月20日に、「お求めのウィーン、テンプル、イエーナのグラフ」をゲーテに送り、「気圧計の示度の一致した推移はここでもほとんど例外なくみられます」と述べている<sup>14</sup>。また、翌年1月末にはゲーテはポッセルトに、「グラフ形式の抜き書き集としての図表を何枚かつくって、そこに遠隔地の個々の観測データを、数週間分あるいは数ヶ月分だけでもよいので、描きこんでいただきたい」と伝えている。「それによって、見聞の結果を並べ上げたあげく疲れてしまうよりも、はるかに早く目標に到達できるでしょうし、注意力がよりよく保たれ刺激されるでしょう」<sup>15</sup>。

<sup>13</sup> LA II-2, S. 351f. (6. Oktober 1820. Goethe an Karl August).

<sup>14</sup> LA II-2, S. 407 (20. Juni 1822. Posselt an Goethe).

<sup>15</sup> LA II-2, S. 419 (31. Januar 1823. Goethe an Posselt).

おなじ手紙の冒頭で、ゲーテは「遠く離れた場所の気圧計の変動がしめす規則的で同一の推移は、私の確信するところでは、まもなく気象学全体の基盤とみなされるようになるでしょう」<sup>16</sup>とも述べているが、ゲーテがこのような確信を深めた契機は、前年の末に受けとった一通の郵便物にもあったと思われる。ポッセルトへの書簡からもわかるように、ゲーテはザクセン＝ヴァイマル＝アイゼナハ大公国の観測所だけではなく、国外のさまざまな場所の気象観測データも収集してグラフを作成させており、それらのデータは出版物に公表されたもののほか、観測者から直接、提供される場合もあった。1822年12月に、そのような提供者の一人であるザクセンのデュレンベルクの製塩所長ヨハン・アンドレアス・ビショフからヴァイマルに、彼の地の気象観測データが届けられた。その際にビショフは、「遠く離れた場所の気圧観測データをグラフでまとめたもの」も大気現象を解明する手がかりになるかもしれないという考えから、デュレンベルクの気象観測データとともに、ロンドン、パリ、ジュネーヴ、そしてデュレンベルクの気圧のグラフも同封していた<sup>17</sup>。ゲーテはポッセルトに、ビショフと完全に同意見であることを伝え、彼のグラフは「われわれのグラフがこれまでもたらしたのとおなじ結果をしめしています」と述べている。「つまり、気圧計の動きは上記の場所すべてで、相対的にはありますが、完全におなじように上昇・下降しているのです。これが上記の四つの場所にあてはまるのであれば、この現象が経線上および緯線上のあらゆる場所でのどのような状態をしめすのかを知ることは、きわめて重要です」<sup>18</sup>。

ビショフの指摘がゲーテに強い印象をあたえたことは、この年の『年代記』からもみとられる。そこでもゲーテは、ビショフが「気圧計の比較観測を強く求めてき、それに応じる」と記し、さらに踏みこんで、「総観的なグラフによって、すべてとは言わないまでも非常に多くの気圧計の観測がおのずと平行をしめすことによってみられる同形の推移が、大地に原因があることを発見し、ある範囲内での水銀の上昇と下降をつねに変化する大地の牽引力に帰するきっかけとなる」と述べている<sup>19</sup>。

こうして1822年末にはゲーテの「地球仮説」は気象観測にもとづいた学説として明確な形をとるようになっていた。そして、書簡や日記から確認できるように、その形成の過程でゲーテにくりかえし手がかりをあたえたのは、気圧のグラフとその比較であった。各地の気圧の変動を表したグラフの比較を通して確認されたそれらの平行性から、ゲーテは気圧の上下の原因は大地の内部にあるという確信を強めていったのである。ここからふりかえれば、本章の最初にとりあげたヴィンクラーのグラフをめぐるエピソードは、その原点となる経験であったといえるかもしれない。

ポッセルトが1823年3月末に世を去ると、後任としてイエーナ天文台長の職についたハインリヒ・ルートヴィヒ・フリードリヒ・シュレーンがグラフの作成をひきうけるようになった。ゲーテの書簡や日記からは、シュレーンがすくなくとも1829年まで、ゲーテのために数多くのグラフを

<sup>16</sup> Ebd.

<sup>17</sup> LA II-2, S. 415 (13. Dezember 1822. J. A. Bischof an K. W. Fritsch).

<sup>18</sup> LA II-2, S. 416f. (25. Dezember 1822. Goethe an Posselt).

<sup>19</sup> LA II-2, S. 417f. (Goethe Annalen). Vgl. auch S. 422 (9. April 1823. Goethe an J. A. Bischof).

作成していたことがわかり<sup>20</sup>、それらの一部は現在でもヴァイマルのゲーテ・シラー文書館に残されている<sup>21</sup>。そのなかには「ガラスペーパー」、つまり半透明の紙に描かれているものもあり<sup>22</sup>、ゲーテがシュレーンに「透明な紙」にグラフを描くように指示している場合もあるが<sup>23</sup>、これはおそらく、個々の場所のグラフを重ねてそれらの線の形状を比較しやすくするためであると思われる<sup>24</sup>。

そして、ゲーテが、ヴィンクラーのグラフにシェンドルフのグラフを描き足したり、個々の場所のグラフを描いた紙を重ねて比較したりするという素朴な方法を洗練させてシュレーンにつくらせたのが、一つの座標平面に複数の場所の気圧の変動を線で描きこんだ比較グラフである。ザクセン＝ヴァイマル＝アイゼナハ大公国の気象観測網によって得られたデータは、1822年分から27年分まで毎年、一巻ずつ冊子にまとめてイエーナ天文台から発行された<sup>25</sup>。領内の気象観測事業の成果を公表したいというカール・アウグスト大公の要望を受けて、ゲーテの監督の下でシュレーンが編集したこの気象観測記録集には、各観測所で得られたデータを整理した表と、各月や年の気象の概要を記した文章のほかに、かならずグラフも掲載されている。そして、それらはすべて各地の気圧や気温などを比較したグラフである。

たとえば1822年のデータを収録した気象観測記録集第一巻には、巻末に「1822年12月のさまざまな場所の気圧の比較グラフ」と題したグラフ（図1）が掲載されている。ここでは縦軸が気圧、横軸が日時を表す座標平面に、カールスルーエ、ハレ、イエーナ、ウィーン、ロンドン、ボストン（イギリス）、ヴァルトブルク、イルメナウ、テーブルの9地点における一ヶ月間の気圧が9本の線グラフで描かれている。それらの線は実線や点線、破線などの線種で区別されているほか、線の上からそれぞれ異なる色をつけてより識別しやすくされている。ゲーテはグラフを作成中の1823年3月から4月にかけて、シュレーンや出版社と連絡をとりあっているため<sup>26</sup>、グラフはゲーテの意向にそったものになっていると思われる。そして、このグラフこそが、ゲーテが「地球仮説」を最初に公表した論文でその根拠としたものである。ゲーテはおなじグラフを同年に発表した論文「気圧計の変動の原因について」にも図版として添付し<sup>27</sup>、グラフの線のあいだにみられる平行性を

---

<sup>20</sup> Vgl. LA II-2, Zeugnisse.

<sup>21</sup> LA II-2, S. 108-112 (M 8.6, 8.7, 8.9).

<sup>22</sup> LA II-2, S. 110 (M 8.6, Überlieferung). Vgl. auch LA II-2, S. 442 (14. Oktober 1823. Schrön an Goethe), S. 528 (27. Januar 1826. Schrön an Goethe), S. 535 (7. April 1826. Schrön an Goethe).

<sup>23</sup> LA II-2, S. 507 (7. September 1825. Goethe an Schrön), S. 517 (10. Dezember 1825. Goethe an Schrön), S. 585 (26. Dezember 1828. Goethe an Schrön).

<sup>24</sup> 1823年4月23日付のシュレーン宛の書簡では、ゲーテはジュネーヴとサン・ベルナルの1822年12月の気圧のグラフを、変動の幅が小さく、相互の差もあまりないため、幅の狭い帯状の紙に書くことを勧めている。「そうすればあとで好きなように別の図表につけ加えることができるだろう」というその理由も、グラフの比較を念頭においたものである。LA II-2, S. 423f.

<sup>25</sup> Meteorologische Beobachtungen des Jahres 1822-27.

<sup>26</sup> LA II-2, S. 420-425.

<sup>27</sup> Vgl. FA I-25, S. 262.

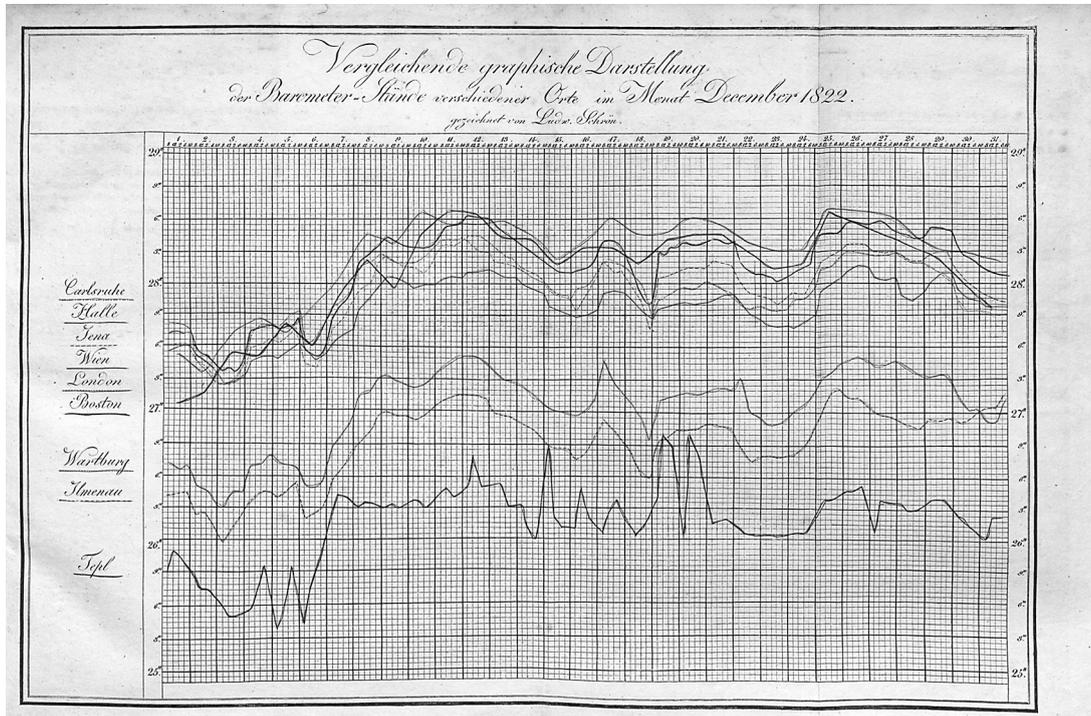


図1 「1822年12月のさまざまな場所の気圧の比較グラフ」

「地球仮説」の根拠としているのだ。

1822年のグラフは、イエーナ、ヴァルトブルク、イルメナウの三箇所以外は国外の観測データであり、しかも特定の一ヶ月の気圧の変動だけが記載されているという変則的なものだが、ザクセン＝ヴァイマル＝アイゼナハ大公国の気象観測記録集には、第二巻以降は領内の観測所の一年間を通しての観測結果を比較するグラフが掲載されるようになる。その内容も、毎月の平均気圧と平均気温だけではなく、各月における晴れや曇り、霧、雨、雪などさまざまな天候の日数までが線グラフでしめされ（風向については独特の円形のグラフがつけられている）、1826年と27年には各地の5日ごとの平均気温の線グラフも追加されているように、グラフ化される要素が増えている。そして、ゲーテは「気象学試論」では、「地球仮説」の根拠として、シュレーンが作成した1823年のイエーナ、ヴァイマル、シェーンドルフ、ヴァルトブルク、イルメナウの毎月の平均気圧のグラフを参照するように指示しているが<sup>28</sup>、これは同年の観測記録集に掲載されているグラフ（図2）を指すと考えられる。

こうしてゲーテは気象研究において、一貫してグラフを比較するという作業を続け、それにもとづいてくりかえし「地球仮説」を確認していた。領内を中心とした気象観測データをグラフ化して公表する作業と並行して、ゲーテはできるだけ広い範囲から気圧のデータを収集する努力も続けて

<sup>28</sup> FA I-25, S. 277.



を集約して整理する場合も表の形をとることがほとんどであった。しかし、なかには少数だが観測データがグラフで公表された例も存在する。最初期のものの一つとしては、1685年にロンドンの王立協会の機関誌『哲学紀要』に、オックスフォード大学の自然研究者ロバート・プロットが、1684年のオックスフォードの気象観測記録を気圧の線グラフとともに発表している<sup>30</sup>。また、1724年にはオランダの自然研究者ニコラウス・クルキウスによるライデン、デルフト、レインスブルフの1723年の気象観測結果が、やはり気圧のグラフを添えて掲載されている<sup>31</sup>。クルキウスのグラフに似たフォーマットのグラフは、1729年に刊行されたペトルス・ファン・ミュッセンブルークの著書『実験物理学・幾何学論考』にもみられる<sup>32</sup>。1728年のユトレヒトの気圧を提示したミュッセンブルークのグラフは、その後、気象学の文献のなかでグラフのモデルとしてたびたびとりあげられており<sup>33</sup>、気象学におけるグラフの普及に影響をおよぼしたと考えられる。また、長期間にわたって定期的にグラフが発表された例としては、プロイセン王立科学アカデミーの機関誌に1769年から1786年まで、数学者のニコラ・ド・ベグランがベルリンの気象観測データとともに毎月の気圧のグラフを掲載したものがあ<sup>34</sup>。

このようなグラフの実践と並行して、18世紀後半には気象学の研究書や概説書、物理学事典などで、グラフのつくり方も解説されるようになる。ヨハン・ザムエル・トラウゴット・ゲーラーの『物理学事典』では、第一巻(1787)の「気圧計」の項目で、観測結果の記録方法として表とともにグラフも紹介されているが、その際には例として上記のミュッセンブルークのほか、フランケンの聖職者・自然研究者ヨハン・フリードリヒ・ルツのグラフもあげられている<sup>35</sup>。そして、後者は気圧計にかんする著書(1784)のなかで、この器具を用いた気象観測データをグラフで表示する方法をくわしく解説している。ここでは、気圧計の示度を表す横線と観測日時を表す縦線を引き、この格子の上に各日時に観測された気圧を点で記入して、それらを線で結ぶという手順が図版をそえて丁寧に説明されているほか、平均気温のグラフのつくり方もやはり図版とともにしめされており、初心者にもわかりやすいグラフ作成方法の手引きとなっている<sup>36</sup>。同時に、このような指南の存在は、グラフが当時、まだ新しい表象形式であったことを物語りもいる。

こうして18世紀末までには、気象観測データをグラフで表す方法は、実践例はまだそれほど多くないとはいえ、ある程度認知されているようになっていたと考えられる。そして、19世紀に入ると気象学の文献にグラフが掲載されることは一般的になっていくが、同時にグラフの機能にも変

<sup>30</sup> Plot 1685.

<sup>31</sup> Cruquius 1724.

<sup>32</sup> Musschenbroek 1729.

<sup>33</sup> Felbiger 1773, Vorrede; Voigt 1781, S. 7; Luz 1784, S. 334; Gehler 1787-96, Bd. 1, S. 267; Knogler 1803, S. 182; Gehler 1825-45, Bd. 1, S. 910; Kastner 1823-30, Bd. 2, 2. Abt., S. 348f.

<sup>34</sup> Béguelin 1771. その後1786年分までグラフが掲載されている。

<sup>35</sup> Gehler 1787-96, Bd. 1, S. 267.

<sup>36</sup> Luz 1784, S. 334-336.

化が生じる。18世紀の気象学では、グラフはまず第一に、観測結果を感覚的に把握し、概観しやすいかたちで提示する手段とみなされていた。ルツはミュッセンブルークのグラフを「うまく感覚に入りこんでくる方法」<sup>37</sup>と呼び、ゲーラーの物理学事典では、「一つの場所で続けられた観測結果を、すぐに概観できるようにきれいに整理して記録する」最善の方法としてグラフをあげ、「気圧計の〔示度の〕推移がこれ以上に明瞭で概観に適したかたちで表されることはない」<sup>38</sup>としている。実際に、最初にあげたような定期刊行物や書物のなかに掲載されているグラフも、もっぱらデータの提示という目的で使われている。言いかえれば、そこではグラフが掲載されているだけで、それについての分析や説明はみられない。

それにたいして19世紀に入ると、気象学のグラフには、観測データを感覚的、包括的に提示するだけではなく、その比較・分析を通して大気現象についてなんらかの法則や説明を見いだす手段としての役割もあたえられるようになる。たとえばインゴルシュタット大学の数学教授ガブリエル・クノグラーは、気象学の教科書（1803）のなかで、観測結果を表に記録したものでは、「温度計など複数の器具の〔示度の〕推移の比較や、同一の器具の異なった年や異なった場所における推移の比較に際して必要な全体の概観」はできないのにたいして、それは「これらの器具の〔示度の〕推移をミュッセンブルーク氏にならって曲線で表示すれば」可能になるとしている<sup>39</sup>。また、ヴュルツブルク大学の数学教授ヨハン・シェーンは入門書『気象学の基礎』（1818）のなかで、グラフは気温の上昇と下降の「法則と規則」を表よりも感覚的にとらえることができるようにする手段とみなしている<sup>40</sup>。同様に、当時ブレスラウ大学で数学教授として教鞭をとっていたハインリヒ・ヴィルヘルム・ブランドスも、『気象学論考』（1820）で、グラフの利点として、「個々の場所における気温の増加や減少が一樣か一樣でないかを簡単に概観できるだけではなく、さまざまな場所の気温の推移における一致にも簡単に気づくことができる」と述べている<sup>41</sup>。「一連の年の気温線（Wärmelinie）の図は、現象の全体的な推移を一目で見わたすことができるため、たんなる記述よりはるかに確実な比較がしやすい」<sup>42</sup>。

そして実際に、シェーンとブランドスは、複数の場所の気温や気圧のグラフの比較を通して、大気現象になんらかの法則を見いだしたり説明をあたえることを試みている。シェーンの『気象学の基礎』には、ヨーロッパ各地の年間の平均気温、気圧、湿度の変動を示す線グラフが多数、掲載されており、それらの比較にもとづいて、大気現象と緯度や経度、北方と南方といった地理的な条件との相関関係が分析されている。シェーンは、気温については32地点、気圧は11地点、湿度は5地点をとりあげて、それぞれの地点について一つずつグラフを作成している。

---

<sup>37</sup> Luz 1784, S. 334.

<sup>38</sup> Gehler 1787-96, Bd. 1, S. 267.

<sup>39</sup> Knogler 1803, S. 182.

<sup>40</sup> Schön 1818, S. 65.

<sup>41</sup> Brandes 1820, S. 5.

<sup>42</sup> Brandes 1820, S. 283.

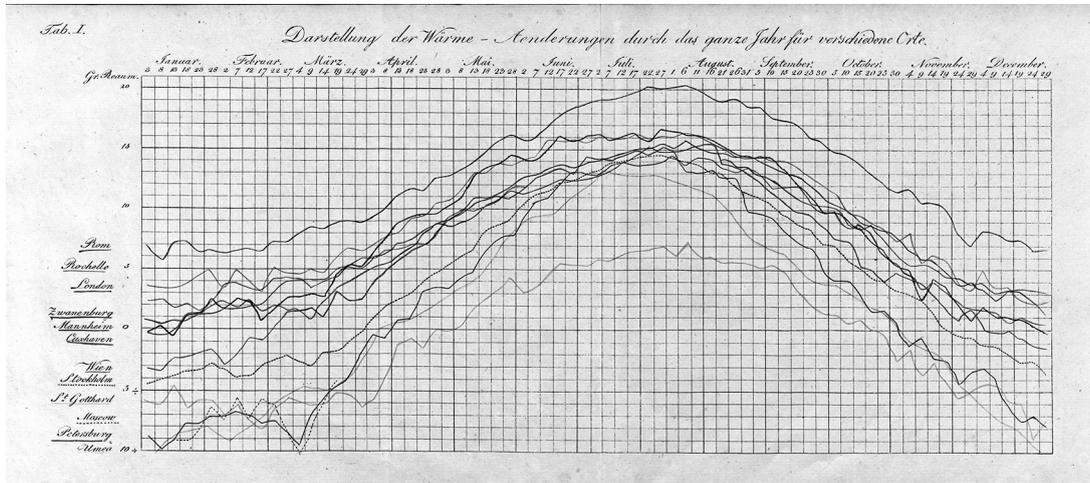


図3 ヨーロッパの12地点における年間の気温のグラフ（ブランデス，1820年）

シェーンの著書の二年後に『気象学論考』を刊行したブランデスは、そこに収録した論考「年間の気温の変化のしかたについての研究」で、シェーンの仕事の価値を認めながらも、彼のグラフがヶ月ごとの平均気温にもとづいていることについては時間的な幅が大きすぎるとし<sup>43</sup>、ヨーロッパの全12地点の5日ごとの平均気温を算出して一年間の気温の変動を表す線グラフ（図3）を作成している。それによってブランデスのグラフでは、気温の変動がより詳細に把握されているだけでなく、一枚のグラフのなかに12地点の気温の変動を表す線がすべて描きこまれた比較グラフであることも、各地点について別々にグラフを作成したシェーンのものとは異なっている。ブランデスはさらに、4地点についての6年分のデータにもとづいて算出した5日ごとの平均気温の比較グラフも作成している。また、おなじ著書のなかの「1783年の気象の記録」という論考では、12地点（途中から11地点）の1783年の毎日の気温の比較グラフと、補足として1788年12月から89年1月にかけての11地点の毎日の気温の比較グラフも掲載されている。

その他、シェーンやブランデスの著書と同時期に出版されたハワードの『ロンドンの気候』（1818-20）にも、第二巻には数多くの線グラフが掲載されており、そのなかにはやはり一つの座標平面に、異なった場所の気温や、最高気圧と最低気圧など、複数のグラフを描きこんで比較できるようにしたものが多くふくまれている<sup>44</sup>。

このように、1820年頃の気象学では、観測結果をグラフで表示するという方法自体は定着しており、そこから一歩進んで、グラフの比較、あるいは比較グラフの作成によって大気現象のしくみや原因を探究する試みが始まっていた。科学史家 L. ティリングは、気象観測データのグラフによる本格的な分析は1830年代までみられないとしているが<sup>45</sup>、そうであるとすれば、1820年前後に始

<sup>43</sup> Brandes 1820, S. 3f.

<sup>44</sup> Howard 1818-20, Vol. 2.

<sup>45</sup> Tilling 1975, S. 197.

まったグラフの比較は、その最初の段階とみなすことができるだろう。そして、このようにグラフが観測データの提示手段から分析手段へとその機能を拡張しつつあった時期に気象研究を始めたゲーテが、当初からもっぱらグラフの比較に関心を向けており、主要な研究方法として比較グラフを作成したことは、彼の研究が同時代の気象学におけるグラフの利用のしかたにそくしたものであることを意味している。

そのことを裏づけるように、シェーン、ブランデス、ゲーテのあいだにはグラフのスタイルの継承と発展の関係を見いだすことができる。先に述べたように、シェーンは多数の地点の気圧や気温、湿度の変動を個別にグラフにして比較したのにたいして、ブランデスは、対象を気温に限定するかわりに、複数の地点の観測結果を一つの座標平面上に描きこむことによって比較を容易にした。そして、ブランデスが経済的な理由から気圧のグラフをつくることは断念したのにたいして<sup>46</sup>、ゲーテはブランデスと同様の形式を用いて気圧の比較グラフを作成したのである。さらに、ゲーテの下でシュレーンは気温や湿度などさまざまな観測結果も同様の比較グラフにしている。

また実際に、ゲーテのグラフがブランデスのグラフをモデルとしてつくられた可能性もある。ブランデスのグラフは、一つの座標平面に描きこんだ複数の地点のグラフを線の種類と色によって区別している点や、細かな基盤の目状の座標、線の形の複雑さにおいて、ゲーテの「1822年12月のさまざまな場所の気圧の比較グラフ」とよく似ている。ゲーテはブランデスの『気象学論考』を、カール・アウグスト大公の勧めで1820年4月27日に保養先のカールスバートで入手し、すぐに読んでいる<sup>47</sup>。ブランデスの著書には雲の形成にかんする論考もふくまれており、ゲーテがまず第一に興味をひかれたのはその部分だったようだが<sup>48</sup>、同書に図版として収録されているグラフも当然目にしてはいたはずである<sup>49</sup>。そして第2章でみたように、ゲーテはブランデスの著書を読んだ後ほどなく、異なる場所の気圧のグラフの比較を始めているのだ。

その他に、ハワードのグラフもゲーテは知っていたはずである。ゲーテはハワードの『ロンドンの気候』を1822年3月7日に著者からの献本として受けとっている<sup>50</sup>。そして、ポッセルトに書評を書かせて1823年に『自然科学一般』誌第二巻第一号に掲載しているが、ゲーテの論文「気圧計

---

<sup>46</sup> Brandes 1820, S. 31.

<sup>47</sup> LA II-2, S. 339. 1820年の『年代記』では、ブランデスの『気象学論考』に影響をうけたと記している。LA II-2, S. 359 (Goethe Annalen).

<sup>48</sup> ゲーテはまずこの章から読み始めたと5月7日にカール・アウグスト大公に報告している。LA II-2, S. 341 (7. Mai 1820. Goethe an Karl August). また、同年に発表した論考「ハワードによる雲の形態」のなかでもこの書物を高く評価している。FA I-25, S. 216. ゲーテとブランデスの関係については Dann 1965 を参照。

<sup>49</sup> シュレーンは1826年にブランデスの『気象学論考』のグラフに言及している。LA II-2, S. 135 (M8.25). また、1826年と27年の気象観測記録集で追加された5日ごとの気温のグラフは、ブランデスのグラフとおなじ原理でつくられている。

<sup>50</sup> LA II-2, S. 401 (22. Februar 1822. Hüttner an Goethe).

の変動の原因について」はおなじ号でこの書評の直後に掲載されているのである<sup>51</sup>。

このように、ゲーテが「地球仮説」の根拠とした比較グラフは、同時代の気象学における最新のグラフの形態であり、その作成にあたってゲーテが先行研究から直接にヒントを得た可能性も高い。1820年頃にシェーンやブランデス、ハワード、そしてゲーテが観測データを比較するためにつくったグラフは、気象学においてグラフがデータの提示機能にくわえて分析機能をも担い始めた最初期の産物であった。このような時期に、当初からもっぱらグラフの比較に関心を向けていたゲーテが、多くの比較グラフにもとづいて打ち出した「地球仮説」は、科学的には成立しないが、方法にかんしては、同時代の気象学者たちの研究とともに、グラフを気象観測データの分析手段として用いた最初期の気象研究の一つとしてのアクチュアリティをそなえていたのである。

#### 4. 等値線と天気図

こうして大気現象の分析のためにグラフを比較するという試みがおこなわれるようになったのと同時期に、気象学ではグラフとは別種のダイアグラムも誕生していた。その一つは、アレクサンダー・フォン・フンボルトが考案した等温線である<sup>52</sup>。フンボルトは1799年から1804年にかけておこなった南米での調査探検旅行にもとづいて植物地理学の研究を進めるなかで、地球上の気温の分布を把握することの重要性を認識し、その効果的な手段として、各地の年間の平均気温を地図上にプロットして同一の値の地点を線で結ぶという方法を考案して、1817年にフランスのアルクイユ協会の『物理学・化学論集』に論文「等温線と地球上の熱の分布について」を発表した。等温線自体はすでに1701年にエドマンド・ハレーが地磁気の偏角の分布図において使用しており、フンボルトはそれを気温に応用したことになる。しかし、フンボルトが「グラフィックな手段の使用は、農耕や住民の社会的な状態にとってきわめて重要な現象に多くの光を投げかけるだろう」とし、「われわれが地形図のかわりに、地理的な緯度と経度と高度の座標を書いた表しか持っていないとしたら、諸大陸とそれらの形成やそれらの表面の不均一な状態がもたらす多数の注目すべき状況は永遠に未知のままにとどまるだろう<sup>53</sup>と述べているように、グラフと同様に等温線による観測データの視覚化も、表という形式では不可能な認識をもたらす手段とみなされ、その後、気象学では観測地の数や範囲を広げたより正確な等温図がつけられるようになる<sup>54</sup>。

しかし、それらの1830年代以降の等温図にくらべると、フンボルトが作成した最初の等温図（図

<sup>51</sup> LA I-8, S. 320f. このため、同誌の目次ではゲーテの論文は「気象学的後記」と呼ばれている。なお、ポッセルトの書評でもハワードが多用しているグラフの利点が指摘されている。

<sup>52</sup> Vgl. Meinardus 1899; Schneider 2012; Robinson/Walls 1967; Körber 1959a, S. 299-315; Körber 1987, S. 170-173.

<sup>53</sup> Humboldt 2008, Bd. 6, S. 44f.

<sup>54</sup> Vgl. Meinardus 1899.

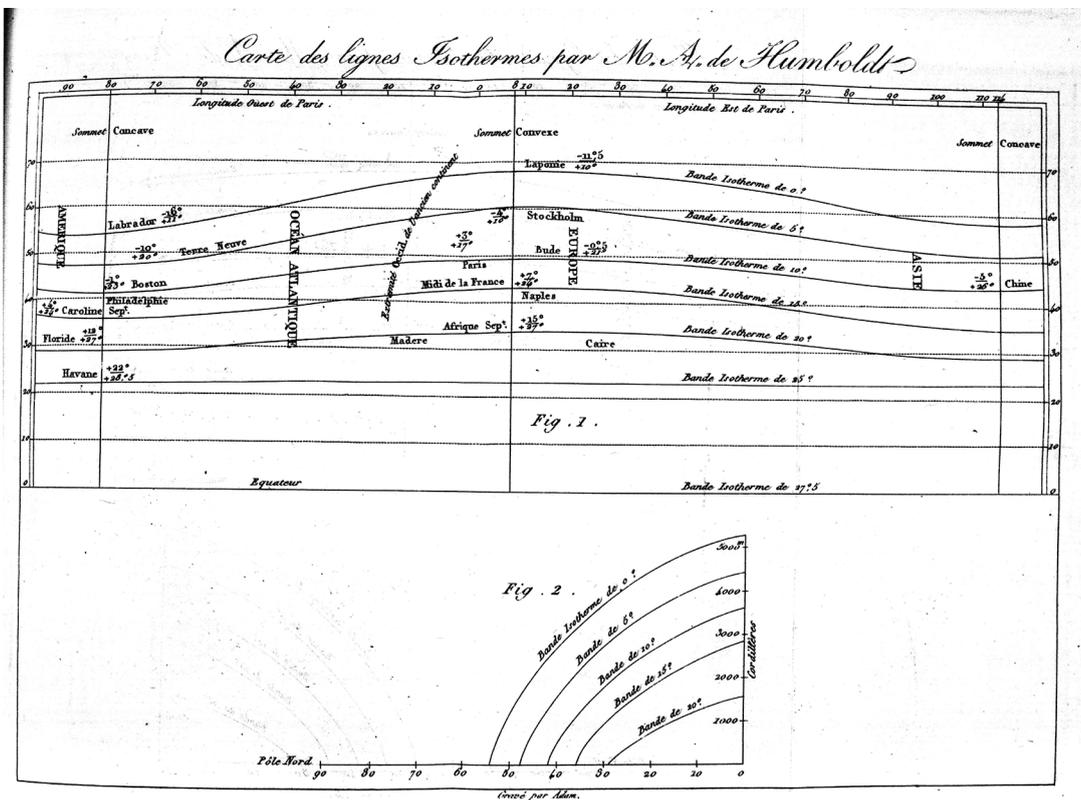


図4 フンボルトの等温図 (1817年)

4)<sup>55</sup>は非常に抽象的な印象をあたえる。この図には北半球でヨーロッパを中心としてアメリカ東海岸から中国までの範囲の等温線が描かれているが、具体的な地形を表す図像が一切描かれていないため、一見しただけでは地図にはみえない。地理的な位置の手がかりとなるのは、赤道を0度として10度毎に引かれた緯線と、パリを基準とした経度の目盛り、そして文字で書きこまれた地名だけである。地名の横にはその場所の夏と冬の平均気温が記されている。そして、それらの上に摂氏0度から25度まで5度間隔の等温線が描かれている。等温線は図の中央部で盛り上がったなめらかな曲線として描かれており、緯度が下がるほど湾曲はゆるやかになり直線に近づく。フンボルトの等温図のこのような抽象性や様式性については、彼が全58地点のデータしか用いておらず、平均気温が同じ地点を線で結ぶ際にはそれらの間隔を補完してなめらかな線をつないでいることや、等温線の引き方には北半球の気候を七つの平行なゾーンにわけるとの古典的な理論との共通性がみられること、また、曲線の形状には美的な理想化がみられ、自然の法則性というフンボルトの理念が投影されていることなどが指摘されている<sup>56</sup>。

<sup>55</sup> この図の出版事情については Körber 1959b を参照。

<sup>56</sup> Dettelbach 1999, S. 486f.; Schneider 2012, bes. S. 179-185.

だが、新たに考案されたダイアグラムが具体性を欠くのはフンボルトの場合だけではない。気象観測データを地図を用いて視覚化するという方法は、フンボルトと同時期にブランデスも発想していた<sup>57</sup>。フンボルトがフランスで等温線にかんする論文を発表したのとおなじ1817年に、ドイツでは『物理学年報』に前年12月1日付のブランデスからの書簡が掲載された。そのなかでブランデスは、気象状況を地図に記載するというアイデアを披露している。

ヨーロッパの地図に年間365日すべてについて気象状況に応じて絵を描くことができれば、たとえば7月にドイツとフランス全体を覆っていた大きな雨雲の端がどこにあったのが判明するでしょう。また、この雨雲の端がしだいに北へ移動したのか、あるいは突然複数の緯度と経度にわたって新たな雷雨をうみだして国々全体を覆ったのかがわかるでしょう。

このように天候に応じて絵が描かれた地図をばかげたものと思う人もいるかもしれませんが、私は一度このアイデアを実行に移すことを考えるべきだと思います。すくなくとも、365枚のヨーロッパ地図に青空や薄い雲や濃い雲、雨の絵が描かれ、各観測地に風向をしめす小さな矢印といくつかの慎重に選ばれた気温が表示されたものがあれば、読者にとっては気象「観測記録」の表よりもおもしろく、また有益だろうということはたしかです<sup>58</sup>。

これは科学史上、最初の天気図についての言及とみなされているものである。フンボルトと同様にブランデスも、気象観測データを表の形式で記録することにたいする地図化の意義を指摘している。ただし、『物理学年報』ではブランデスの書簡に図版は添えられておらず、彼が実際にこのような天気図を作成したかどうかは確認できない。

その後、ブランデスは1819年3月23日に、『物理学年報』の編集者ギルベルト宛にふたたび書簡を送り、「1783年の気象の記録」という仕事について報告している。前章でふれたように、これは翌1820年に『気象学論考』に収録して出版されることになるものだが、書簡ではブランデスはこの仕事を通した発見として、特に低い気圧には中心があり、その周囲では中心から離れるにつれて徐々に平均気圧との差が小さくなることを指摘している。そして、1783年3月6日を例として、各地の観測値と平均気圧との差をあげているのだが、その際に興味深いのは、ブランデスが平均気圧との差がおなじ値となる地点を線で結んで記述していることである。「パリの北側を通過して、ゲッティンゲンへ行く線は、平均より14リーニエ低い地点すべてを通ります」。「ラ・ロシェルからミュンヘンへ向かい、ベルリンを通過してコペンハーゲンの近くを通りすぎる線は、平均値より11リーニエ低い地点を通ります」。そして、こうして気圧の偏差の分布を把握することによって、その中心を確認したブランデスは、「イングランド、スコットランド、アイルランド、そしてアイスランドやアブレス諸島にいたるまでの同時刻におこなわれた複数の観測結果を集め、あの中心をと

<sup>57</sup> Vgl. Hänsel/Börngen 1996, S. 396-400; Körber 1987, S. 174f.

<sup>58</sup> Brandes 1817, S. 113.

りまく円 [・・・] を完全に把握すること」の重要性を指摘する。それは、この中心に嵐の原因があると考えられるからである。「あの低い気圧は暴風に伴われており、暴風の原因はかなりの程度、この盆地に飛びこんでいく空気のかたまりに帰せられます」<sup>59</sup>。さらに、3月12日にはスイスでも気圧が低かったが、「ここではおなじように低い気圧が生じた線はかなり完全にまくくスイスをとり囲んでいることがしめされました」という。「このときイタリアでは南東の暴風が吹き荒れており、同時にフランスでは強い北西風、ドイツでは北風、オーフェンでは東風が吹いていましたが、それは空気があらゆる方向からこの空気の少ない地域へ飛びこんでいったようにみえます」<sup>60</sup>。

ここには、気圧の偏差が等しい地点を線で結ぶというアイデアによって新たな認識が獲得される様子が明確にみてとれる。これらの線は等圧線の一種といえ、フンボルトが等温線を考案してほどなく、ブランデスは等圧線を発想していたことになる<sup>61</sup>。ただし、『物理学年報』にも、「1783年の気象の記録」を収録した『気象学論考』にも、気圧の分布を示す図は掲載されていない。上の引用からわかるように、ブランデスの記述は非常に視覚的であり、実際に地図に等圧線を描いた上で記述がおこなわれた可能性を強く示唆している。しかし、それはあくまでも推測の域を出ず、ブランデスはそのような地図を公表していない。現在、気象学史の文献に掲載されているのは、ブランデスの記述にもとづいて19世紀末に作成された、1783年3月6日の気圧の偏差の分布図(図5)である。

その後、ブランデスは1826年にプレスラウ大学を離れてライプツィヒ大学に物理学教授として着任するに際して、『気圧の観測における突然の変化にかんする物理学論考』を発表するが、この著書にはようやく気圧の分布を表した図(図6)が掲載されている<sup>62</sup>。ただしそれは、現在、天気図や等圧図という名称によって想像されるものとはかけはなれた図である。ここでは1821年12月24日から26日にかけての嵐に際して観測された各地の気圧の平均値との差が、観測時刻の異なる四枚の図で示されているのだが、どの図にも具体的な地形を表す要素はなく、経線と緯線だけが格子状に引かれており、そのなかに観測地点の地名と数値が書きこまれている。数値がおなじ地点を結ぶ線も描かれていないため、フンボルトの等温図以上に抽象的な図である。

このように1820年前後には、気象観測データを地図上で表示するという発想や、特に等値線を用いてデータの空間的な分布を把握するという方法がうまれていた。そして、等温線や等圧線は1830年代以降、気象学や気候学に不可欠なダイアグラムとして定着し、その形式を洗練されていく。そこからふりかえると、それらの原点にあたるフンボルトとブランデスの実践は、非常に控えめ、あるいは不自由なものであったように思われる。地理的な具体性に乏しく、様式化されたフンボル

---

<sup>59</sup> Brandes 1819, S. 423f.

<sup>60</sup> Brandes 1819, S. 424f.

<sup>61</sup> ブランデスは『気象学論考』の「年間の気温の変化のしかたについての研究」の末尾でフンボルトの等温線に言及している。Brandes 1820, S. 25.

<sup>62</sup> Brandes 1826.

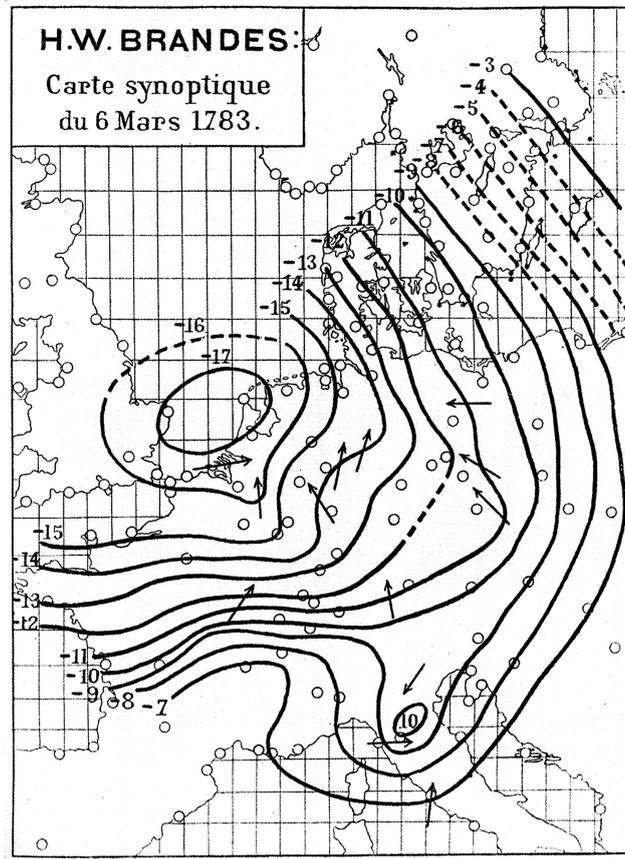


図5 ブランデスの記述にもとづく等圧図

トの等温図や、当初は記述されるだけで図示されず、ようやく図像化されても、そのことがほとんど意味をなさないほど抽象度の高いブランデスの等圧図は、新しいダイアグラムがうみだされる際に発想を具体化することの困難や制約を示唆しているのかもしれない。

しかし、このように図像としての表現可能性を制限されているフンボルトやブランデスの図は、そのことによって逆に、等値図というダイアグラムを構成する基本的な要素を端的に浮かび上がらせている。フンボルトの等温図でその抽象性や様式性によって強調されているもの、あるいはブランデスの気圧の記述においてキーワードとなり、その図でまず第一に目に飛びこんでくるもの——それは二次元の座標平面と、そこに描かれた、あるいは描かれることになる等値線という線である。フンボルトの図では地形の輪郭線が省略されているからこそ、緯度と経度から構成される座標平面と、そこに描かれた等温線が前景化されている。ブランデスのテキストには気圧の偏差が等しい地点を結ぶ「線」という言葉がくりかえし登場し、またその図では緯線と経線が格子状に引かれていることによって、フンボルトの図以上に座標が強調されている。つまり、等値図は、面と線からなるダイアグラムなのである。

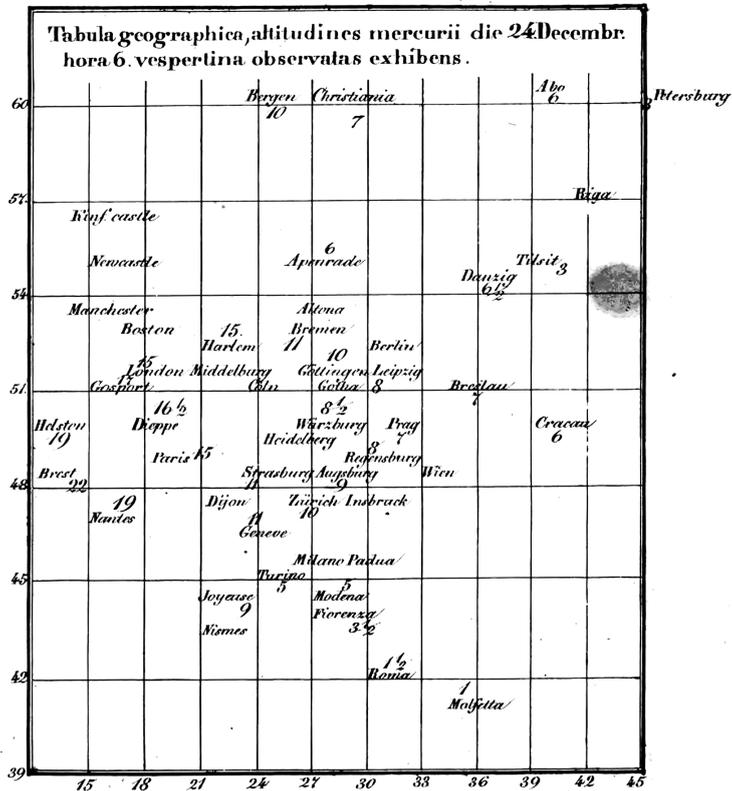


図6 ブランデスの等圧図 (1826年)

そしてこの点で、1820年頃に生まれた等温図や等圧図は、同時期に気象学で用いられるようになったもう一種類のダイアグラム、比較グラフと重なりあう。いうまでもなく線グラフもまた二次元の座標平面と、そこに描かれた線から構成されるダイアグラムであり、最初期の等温図や等圧図は、その抽象性によって、同時代の気温や気圧の比較グラフと似かよった外観をしめしている。両者はいずれも、座標平面に描かれた複数の線の形状や相互関係によって、大気現象におけるそれ自体では目に見えないなんらかのパターンを可視化するダイアグラムであり、図像としては同一の構造をもつのである<sup>63</sup>。

<sup>63</sup> 等温図や等圧図のような主題地図は、地理学的な地図と統計グラフの中間的な位置にあるという D. ヘッドリクの指摘も参照。ヘッドリック 2011, 146頁。また、G. ニッケルは、フンボルトとゲーテの気象研究の共通点として、前者にとっては等温図、後者にとってはグラフといういずれも視覚的な表象が重要な意味をもつことを指摘している。Nickel 2003, S. 105. しかし、本論でみてきたように、これらのダイアグラムはゲーテとフンボルトという個人の資質のみに還元されるものではなく、当時の気象学で同時期に複数の場所で成立した同時代的な産物である。

## 5. 面と線の意味論

こうして1820年頃の気象学では、比較グラフと等値図という、いずれも面と線を構成要素とする二種類のダイアグラムが成立した。ただしグラフは「所与の現象の時間にもなう変化」をしめすのにたいして、等値図は「空間にわたる現象の変化」を提示するものであることによって<sup>64</sup>、両者において面と線にあたえられた意味は異なる。グラフの座標平面は、縦軸を気温や気圧、横軸を日付や時刻とする抽象的な面であり、その線は時間の経過にもなう気温や気圧の変化を示す時間的な形象である。それにたいして、等値図には経過する時間は存在しない。緯度と経度という変数からなるその座標平面は、地理的な空間を二次元に還元したものであり、そこに描かれた等値線は、ある一時点での気温や気圧、あるいは長期にわたって観測された値の平均値の空間的な分布を提示する形象である。

グラフと等値図を構成する面と線の意味は、ゲーテやフンボルトによるダイアグラムの分析においても確認することができる。ゲーテは気圧の比較グラフを分析する際に、グラフの線の形状を、上昇と下降をくりかえしながら前進する運動として記述している。論文「気圧計の変動の原因について」には、第2章で述べたように、1822年12月の各地の気圧の変動をしめした比較グラフ（図1）が図版としてそえられているが、ゲーテによれば、たとえばボストンとロンドンのグラフでは、「気圧計が一番低いところから、ゆっくりと、しかし継続して、一番高いところまで上がっていき、直線的な上昇と下降をつねに維持している」という特徴がみられる。「変化は通常、直角かそれに近い鋭角または鈍角で起こり、移行的な揺らぎなしに上下に動かされる。そして、この進み方（Gang）に、二つの場所の線は、予想どおり、並行している」<sup>65</sup>。また、「気象学試論」では、ゲーテは1823年の気象観測記録集に掲載されている気圧の比較グラフ（図2左上）について、それらを見れば「そのような動き（Bewegung） [= 気圧の変化] の同一性はただちに明白になるだろう」と述べているだけでなく、「動きの線（Bewegungslinie）」という言葉も用いている<sup>66</sup>。このような運動の表象としてのグラフの線の記述は、それが時間的な形象であることに対応したものである。

一方、フンボルトが等値図で注目しているのは、線の全体的な形状や複数の線の相互関係と、それらの地理的な分布である。フンボルトは等温線が平行ではないこと、つまり緯度が低い地帯ほど等温線は赤道と平行に近づき、緯度が高いほど湾曲が大きくなることや、線の傾斜の度合い、つまり緯度の上昇にもなう気温の低下は、ヨーロッパより北アメリカの東部のほうが急速であることを指摘している。このとき、等温図の座標平面は緯度と経度から構成される地理的な空間の表象という具体的な意味をもち、そこに描かれた等温線は空間的な形象としてとらえられている。

しかし、フンボルトやブランデスによる等値図の分析では、その構成要素である線が本来とは異

<sup>64</sup> ヘッドリク 2011, 146頁。

<sup>65</sup> FA I-25, S. 263.

<sup>66</sup> FA I-25, S. 277.

なる意味も帯びさせられている。前章でもみたように、ブランドスは「1783年の気象の記録」で、気圧の平均値からの偏差が等しい地点を結んだ線を詳細に記述している。注目すべきは、ブランドスがそこでこの一種の等圧線を、ゲーテと同様に前進運動として記述していることである。たとえば1783年3月6日の気圧と平均気圧との差が14リーニエの地点を結ぶ線は、「サン・マロの港から運河にそってまっすぐ東へ進み、パリを通り過ぎた後、すこし曲がってトロワの北側を通してアルザスへ向かう。しかし、ここで突然、北を向いて、マインツとデュッセルドルフに近づいていき、その後ふたたび西を向いてゲッティンゲンの方へ進む」。また、気圧の偏差13リーニエの線は「パリとトロワの西側を進み、その後シュトラスブルクの南側を通して、マンハイムとヴェルツブルクの間へ向かう」<sup>67</sup>。このようにしてブランドスは、気圧の偏差が17リーニエから7リーニエまでの地点を結ぶ線の形を一本ずつ運動として記述していく。本来、等圧線は同一時点における気圧の空間的な分布を表すものであるにもかかわらず、ブランドスのテキストではそれは時間的な変化をともなった形象として記述されているのだ。

ここには、カンディンスキーが絵画の構成要素の分析において線に認めた運動性と時間性の表出がみてとられる。線は「動く点の軌跡」であり、「点の最高の自己完結した静止状態を否定」することによって「運動から生まれる」<sup>68</sup>。「時間の要素は点においてはほとんど完全に排除されている」<sup>69</sup>のたいして、それは「一般に線においては点の場合よりもはるかに大きな規模で認められる」<sup>70</sup>。——線は、等値線のように一つの空間のなかで同時に全体として存在することが可能だが、しかし、つねに何らかの方向をもつことによって、運動性を内在させ、それによって時間的な性質を帯びることになるのである<sup>71</sup>。とりわけ、一本一本の等圧線をその線形の形状にそって丁寧に記述しているブランドスのテキストでは、線の方向性と時間性はテキストという媒体の線条性によってより強調されることになる。

フンボルトの場合は、等温線に時間性や運動性を帯びさせることはできるかぎり避けられている。フンボルトもその論文のなかで等温線を記述しているが、その際にはブランドスのように線を一本ずつその形にそって記述することはなく、特徴的な湾曲をしめしている箇所を部分的にとりあげるだけである。そして、このような断片的な記述によって、テキストの線条性は抑制され、等温線のもつ空間的な形象としての性格が強調されることになる。とはいえ、フンボルトのテキストでも等温線という主語にたいして「通る」「近づく」「盛り上がる」「沈む」「走る」といった運動を意味する動詞が用いられているように、線に内在する運動性は完全には排除されていない。ここでもやはり、線は「空間的なもののなかに具現された時間」<sup>72</sup>としての性質を垣間みせているのである。

---

<sup>67</sup> Brandes 1820, S. 99.

<sup>68</sup> Kandinsky o. J., S. 57.

<sup>69</sup> Kandinsky o. J., S. 32. 強調は原文による。

<sup>70</sup> Kandinsky o. J., S. 106.

<sup>71</sup> Krämer 2016, S. 104.

<sup>72</sup> Ebd.

そして、ダイアグラムを構成する要素の意味の転換は、ゲーテの場合にもみられる。1822年12月の気圧のグラフでは、9地点の一月間の気圧の変動が9本の線グラフでしめされており、ゲーテは、それらを観測地点の高度に応じて三つに分類して、それぞれの線の形状を分析している。まず高度が相対的に低い場所としてロンドン、ボストン、カールスルーエ、ハレ、イエーナ、ウィーンの6地点がとりあげられ、次に高度が比較的高い場所としてヴァルトブルクとイルメナウ、そして最後に最も高地に位置するテープルのグラフの特徴が考察される。そして、これらの分析からゲーテは次のような結論、すなわち「地球仮説」を導き出している。「ボストンからロンドンまで、そこからカールスルーエをへてウィーンへ、さらにボヘミアをへてテューリンゲンへと、気圧計の上昇と下降はつねに類似している。したがって、これは外的な原因によるということはありません、内的な原因に帰せられなければならない。[・・・]地球の重力の脈動、呼吸は自然によって定められた範囲のうちにあるが、上昇と下降においては完全に同一である。ただ、最も高度の低い場所では作用がより落ち着いて安定して起こり、高所では急激で活発に起こるだけである」<sup>73</sup>。

このように観測地点の高度という観点からグラフの分析をおこなうことによって、本来、時間と気圧の変数からなる抽象的な座標平面に、地理的・空間的な意味がもたらされる。ゲーテのグラフでは、高度が低いボストンからウィーンまでの線が座標平面の上部の領域に、ヴァルトブルクとイルメナウの線が中ほどに、そして最も高いテープルの線が下部に描かれおり、ゲーテはこの順にグラフを分析していく。気圧と高度は反比例するため、高度の高い地点の気圧を示す線ほど座標平面の下部に位置することによって、座標平面におけるグラフの線の位置と観測地点の実際の高度との関係は逆転しているが、いずれにせよ、ここでは縦軸が気圧だけではなく高度の座標軸でもあることになる。ゲーテの分析はグラフの座標平面に高度という空間的な変数を持ちこんでいるのだ。そしてその結果、グラフの座標平面は抽象的な面でありながら、同時に空間的な意味を帯びることになる。

ゲーテは「気象学試論」でも1823年の気圧の比較グラフについて、「五つの上下に重なりあった場所」の平均気圧の平行性を指摘しているが<sup>74</sup>、この言葉はグラフの平面における位置関係と、地理的・空間的な位置関係とが重ねあわせられていることを明確にしめしている。このグラフでは5本の線が座標平面上で平行に、つまり「上下に重なりあって」描かれており、同時に、それぞれの線に対応した5地点も地理的な高度にかんして——グラフとは逆の順で——「上下に重なりあって」いるのだ。

ふたたびカンディンスキーを引けば、絵画平面はつねに上下と左右の方向をそなえたものとしてとらえられる。面を構成する「二本の水平線の位置は上と下」であり、「二本の垂直線の位置は右と左」なのだ<sup>75</sup>。そして、このような面の方向性は、ダイアグラムにおいては特に重要な意味をも

<sup>73</sup> FA I-25, S. 263.

<sup>74</sup> FA I-25, S. 291.

<sup>75</sup> Kandinsky o. J., S. 131. 強調は原文による。

つ。哲学・メディア論研究者の S. クレーマーが指摘するように、ダイアグラムを描き、また利用するためには、それが描かれる平面がなんらかの方向づけをされていることが「必要不可欠な条件」となる。罫線、矢印、羅針図などの手段で方向を規定されることによってはじめて、平面はダイアグラムの構成要素として有意義なものとなる。「表現空間はフォーマット化、つまり方向づけられていなければならない」のだ<sup>76</sup>。ゲートのグラフでは、縦軸には気圧計の示度が上にいくほど大きな数値で書かれていることによって、上下の方向が規定されている。しかし、ゲートの分析は、このような平面上の上下の関係が、地理的な高低の関係としても読みとられうる可能性をしめしている。もちろん、何度もくりかえすように、ゲートのグラフでは、座標平面の上下と地理的な高低の関係は逆転しているわけだが、しかし、ここでは縦方向のベクトルは、高低の度合いを表す指標として規定されている。だからこそ、ゲートは比較グラフの縦軸に、気圧の高度と同時に観測地の高度の座標軸としての意味を重ねたのである。

## 6. おわりに

1820年頃、ゲートや同時代の気象学者たちは、比較グラフや等値図という新たなダイアグラムを用いて大気現象を分析することを試み始めた。その後の気象学の歴史をふまえれば、それらのダイアグラムは、気温や気圧のようにそれ自体では目に見えない気象現象のパターンや法則性を視覚化することによって、気象にかんする知識の拡大と深化に貢献することになったといえる。しかし、前章でみたように、気象学の初期のダイアグラムは、その分析に際して時にそれを構成する要素の意味の揺らぎを経験していた。ブランデスやフンボルトの等値線が帯びることになった時間性や、ゲートの比較グラフの座標平面から読みとられた空間性は、それらに本来あたえられたものとは異なる属性であり、このような解釈はそれぞれのダイアグラムに想定された分析のしかたからは逸脱している。この点で、ゲートの「地球仮説」はその内容の科学的な正当性にかんしてだけでなく、ダイアグラムの分析としても「失敗例」であったといわざるをえない。

しかし、1820年頃の気象学におけるダイアグラムの分析は、まさにその意味の揺らぎを通して、図像に固有の意味生成のあり方を浮かび上がらせている。ゲートやフンボルト、ブランデスによるグラフや等値図の分析においては、線の運動性や時間性、面の方向性という、ダイアグラムを構成する要素が図像としてそなえている独自の意味生成のメカニズムが作用していた。雲のようにそれ自体が色や形をもった視覚的な形象とは異なり、不可視の大気現象を数値という抽象的な要素に置き換えた上で、それらの関係を図像化したグラフや等値図のようなダイアグラムは、図像に固有の論理によって新たな意味がうみ出される可能性をはらんでいるのだ。イメージは独自の意味産出の論理をもち、それは「呈示」というかたちをとって、知覚のなかで実現されると指摘したのは美術史学者の G. ベームだが、幾何学的・抽象的な形態をもつダイアグラムもまた、このような「イメ

---

<sup>76</sup> Krämer 2016, S. 71-73, hier S. 72.

ージの論理」をそなえた図像なのである<sup>77</sup>。

現代のダイアグラム論では、ダイアグラムは、言語と図像の性質をかねそなえており、それによってそのいずれでもないハイブリッドな第三の形式として位置づけられることが多い<sup>78</sup>。しかし、本論でみたように、気象学の初期のダイアグラムの分析においては、時にその図像としての側面が前景化していた。ダイアグラムをその構成要素にあたえられた本来的な意味にそくして読み解く場合、ダイアグラムは一種の言語記号としてとらえられていることになる。それにたいして、19世紀初頭の気象学では、比較グラフや等値図という新たなダイアグラムは、見る者にまず言語よりも図像としての意味作用を強く経験させたのである。このように、ダイアグラムにおける言語性と図像性の関係は、受容の場面において歴史的に変化しうるものであり、その実態をそれぞれの事例において確認する必要があるだろう。そして、本論でとりあげたような歴史的なダイアグラムとそれをめぐる同時代の取り組みのもつ意義の一つは、それらを通してこの表象形式の原理を再考する契機が見いだされるという点にあるといえる。

#### 参考文献

##### 1) 一次文献

- Béguelin, Nicolas de (1771): Extrait des observations météorologiques faites à Berlin par ordre de l'Académie dans les années 1768 et 1769. In: Histoire de l'Académie Royale des Sciences et des Belles-Lettres de Berlin, 1769, S. 128-164.
- Brandes, Heinrich Wilhelm (1817): Aus einem Schreiben des Professor Brandes, meteorologischen Inhalts. In: Annalen der Physik, Bd. 55, S. 112-114.
- (1819): Einige Resultate aus der Witterungs-Geschichte des Jahres 1783, und Bitte um Nachrichten aus jener Zeit; aus einem Schreiben des Professor Brandes an Gilbert. In: Annalen der Physik, Bd. 61, S. 421-426.
- (1820): Beiträge zur Witterungslehre. Leipzig: Johann Ambrosius Barth.
- (1826): Dissertatio physica de repentinis variationibus in pressione atmosphaerae observatis. Leipzig: Staritz
- Cruquius, Nicolaus (1724): Observationes accurate captae, anno xvii = xxiii Lugduni Batavorum, Delphis Bataviae & in pago Rhenoburgo. In: Philosophical Transactions, Vol. 33, S. 4-7.
- Felbiger, Johann Ignaz von (1773): Anleitung, jede Art der Witterung genau zu beobachten, in Karten zu verzeichnen, zu vergleichen, und daraus, besonders für die Landwirthschaft, nützliche Folgen zu ziehen. Sagan: Johann Christoph Lauhen.
- Gehler, Johann Samuel Traugott (1787-96): Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der

<sup>77</sup> 「イメージの論理」については Boehm 2007, S. 34-53, 208 を参照。

<sup>78</sup> Bogen/Thürlemann 2003; Bauer/Ernst 2010, S. 28-31; Schmidt-Burkhardt 2012, S. 24.

- vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre. 6 Bde. Leipzig: Schwickert.
- (1825-45): Physikalisches Wörterbuch. Neu bearbeitet von Brandes, Gmelin, Horner, Muncke, Pfaff. 21 Bde. Leipzig: E. B. Schwickert.
- Goethe, Johann Wolfgang (1985-99): Sämtliche Werke, Briefe, Tagebücher und Gespräche. 40 Bde. Frankfurt a. M.: Deutscher Klassiker. (FA)
- (1947-2004): Die Schriften zur Naturwissenschaft. Leopoldina-Ausgabe. 20 Bde. Weimar: Hermann Böhlau Nachfolger. (LA)
- Howard, Luke (1818-20): The Climate of London. 2 vols. London: W. Phillips u. a.
- Humboldt, Alexander von (2008): Werke. Darmstädter Ausgabe. 7 Bde. in 10. Tl.Bdn. Hg. von Hanno Beck. 2., durchgesehene Aufl. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Kastner, Karl Wilhelm Gottlob (1823-30): Handbuch der Meteorologie. 2 Bde. Erlangen: J. J. Palm u. Ernst Enke.
- Knogler, Gabriel (1803): Die Meteorologie zum Gebrauche bey seinen Vorlesungen. Landshut: Franz Hagen.
- Luz, Johann Friedrich (1784): Vollständige und auf Erfahrung gegründete Beschreibung von allen sowohl bisher bekannten als auch einigen neuen Barometern. Nürnberg-Leipzig: Christ. Weigel u. Adam Gottl. Schneider.
- Meteorologische Beobachtungen des Jahres 1822-27, aufgezeichnet in dem Anstalten für Witterungskunde im Großherzogtum Sachsen-Weimar-Eisenach, mitgeteilt von Großherzoglicher Sternwarte zu Jena (1823-28).
- Musschenbroek, Petrus van: Ephemerides meteorologicae ultrajectinae anni MDCCXXXVIII. In: Ders.: Physicae experimentales, et geometricae [...] dissertations. Leiden: Samuelem Luchtmans, S. 673-685.
- Plot, Robert (1685): A Letter from Dr. Robert Plot of Oxford, to Dr. Martin Lister F. of the R. S. concerning the use which may be made of the following History of the Weather, made by him at Oxford throughout the year 1684. In: Philosophical Transactions, Vol. 15, S. 930-943.
- Schön, Johann (1818): Die Witterungskunde in ihrer Grundlage. Würzburg: Bonitas/Berlin: Dümmler.
- Voigt, Johann Heinrich (1781): Etwas von des Herrn Hofrath Gatterers meteorologischen Grundjahre. In: Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, 1. Bd., 2, St., S. 1-11.

## 2) 二次文献

- Bauer, Mattias/Ernst, Christoph (2010): Diagrammatik. Einführung in ein kultur- und medienwissenschaftlicher Forschungsfeld. Bielefeld: transcript.
- Beniger, James R./Robyn, Doroth L. (1978): Quantitative Graphics in Statistics. A Brief History. In: The American Statistician 32, S. 1-11.
- Boehm, Gottfried (2007): Wie Bilder Sinn erzeugen. Die Macht des Zeigens. Berlin: Berlin University Press.
- Börnstein, Richard (1907): Goethes Meteorologie. In: Deutsche Revue 32, S. 106-119.

- Bogen, Steffen/Thürlemann, Felix (2003): Jenseits der Opposition von Text und Bild. Überlegungen zu einer Theorie des Diagramms und des Diagrammatischen. In: Patschovsky, Alexander (Hg.): Die Bildwelt der Diagramme von Fiore. Ostfildern: Jan Thorbecke, S. 1-22.
- Bucher, Sebastian (2008): Das Diagramm in den Bildwissenschaften. Strömungen der bildwissenschaftlichen Diagrammforschung. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- Dann, Georg Edmund (1965): Rudolph Brandes, Wilhelm Brandes und Heinrich Wilhelm Brandes als Meteorologen und ihre Beziehung zu Goethe. In: Deutsche Apotheker-Zeitung 105, S. 1657-1664.
- Dettelbach, Michael (1999): The Face of Nature: Precise Measurement, Mapping, and Sensibility in the Work of Alexander von Humboldt. In: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences 30, S. 473-504.
- Feldman, Theodore S. (1990): Late Enlightenment Meteorology. In: Frängsmyr, Tore/Heilbron, J. L./Rider, Robin (Hg.): The Quantifying Spirit in the 18th Century. Berkeley u. a.: University of California Press, S. 143-177.
- Ficker, Heinrich von (1932): Goethe und die Meteorologie. In: Forschungen und Fortschritte 8, S. 95f.  
- (1934): Bemerkungen über Goethes „Versuch einer Witterungslehre“. In: Die Naturwissenschaften 22, S. 81-84.
- Frisinger, H. Howard (1977): The History of Meteorology: to 1800. New York: Science History Publications.
- Funkhouser, Howard Gray (1937): Historical Development of the Graphical Representation of Statistical Data. In: Osiris 3, S. 269-404.
- Hänsel, Christian/Börngen, Michael (1996): Von Heinrich Wilhelm Brandes bis Vilhelm Bjerknes – entwicklungsbestimmende Leipziger Beiträge zur Wetter- und Klimakunde. In: Haase, Günter/Eichler, Ernst (Hg.): Wege und Fortschritte der Wissenschaft. Beiträge von Mitgliedern des Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig zum 150. Jahrestag ihrer Gründung. Berlin: Akademie Verlag, S. 395-417.
- Hellmann, Gustav (1926): Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in Deutschland von den ersten Anfängen bis zur Einrichtung staatlicher Beobachtungsnetze. Abhandlungen der preußischen Akademie der Wissenschaften, Jg. 1926, Physikalisch-mathematische Klasse, Nr. 1.  
- (1927): Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen bis zum Ende des XVIII. Jahrhunderts. Abhandlungen der preußischen Akademie der Wissenschaften, Jg. 1927, Physikalisch-mathematische Klasse, Nr. 1.
- Kandinsky, Wassily (o. J.): Punkt und Linie zu Fläche. Beitrag zur Analyse der malerischen Elemente. 10. Aufl. Bern: Benteli.
- Körper, Hans-Günter (1959a): Über Alexander von Humboldts Arbeiten zur Meteorologie und Klimatologie. In: Alexander von Humboldt. Gedenkschrift zur 100. Wiederkehr seines Todestages. Hg. von der Alexander von Humboldt-Kommission der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin: Akademie-Verlag, S. 289-335.

- (1959b): Bemerkungen über die Erstveröffentlichung der schematischen Jahresisothermenkarte Alexander von Humboldts. In: Forschungen und Fortschritte, 33. Jg., H. 12, S. 355-358.
- (1987): Vom Wetteraberglauben zur Wetterforschung. Innsbruck: Pinguin/Frankfurt a. M.: Umschau.
- Krämer, Sybille (2016): Figuration, Anschauung, Erkenntnis. Grundlinien einer Diagrammatologie. Berlin: Suhrkamp.
- Meinardus, Wilhelm (1899): Die Entwicklung der Karten der Jahres-Isothermen von Alexander von Humboldt bis auf Heinrich Wilhelm Dove. In: Wissenschaftliche Beiträge zum Gedächtniss der hundertjährigen Wiederkehr des Antritts von Alexander von Humboldt's Reise nach Amerika am 5. Juni 1799. Berlin: W. H. Köhl, S. 3-32.
- Nickel, Gisela (2003): Goethe und Humboldt als Wetterkundler – wechselseitige Anregung oder Nichtbeachtung? In: Jahn, Ilse/Kleinert, Andreas (Hg.): Das Allgemeine und das Einzelne – Johann Wolfgang von Goethe und Alexander von Humboldt im Gespräch. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, S. 97-113.
- (2004): Das meteorologische Meßnetz des Großherzogtums Sachsen-Weimar-Eisenach. In: Acta Historica Leopoldina 39, S. 161-168.
- Robinson, Arthur H./Walls, Helen M. (1967): Humboldt's Map of Isothermal Lines: A Milestone in Thematic Cartography. In: Cartographic Journal 4, S. 119-122.
- Schmidt-Burkhard, Astrit (2012): Die Kunst der Diagrammatik. Perspektiven eines neuen bildwissenschaftlichen Paradigmas. Bielefeld: transcript.
- Schneider, Birgit (2012): Linien als Reisepfad der Erkenntnis. Alexander von Humboldts Isothermenkarte des Klimas. In: Günzel, Stephan/Nowak, Lars (Hg.): Karten Wissen. Territoriale Räume zwischen Bild und Diagramm. Wiesbaden: Reichert, S. 175-199.
- Schneider, Birgit/Ernst, Christoph/Wöpking, Jan (Hg.) (2016): Diagrammatik-Reader. Grundlegende Texte aus Theorie und Geschichte. Berlin/Boston: De Gruyter.
- Schöne, Albrecht (1970): Über Goethes Wolkenlehre. In: Borck, Karl Heinz/Henss, Rudolf (Hg.): Der Berliner Germanistentag 1968. Heidelberg: Carl Winter, S. 24-41.
- Shields, Margaret C. (1937): The Early History of Graphics in Physical Literature. In: American Physics Teacher 5, S. 68-71.
- Sommerhalder, Mark (1993): „Pulsschlag der Erde!“ Die Meteorologie in Goethes Naturwissenschaft und Dichtung. Bern u. a.: Peter Lang.
- Tilling, Laura (1975): Early Experimental Graphs. In: The British Journal for the History of Science 8, S. 193-213.
- Wasielewski, Waldemar Leopold von (1910): Goethes meteorologische Studien. Leipzig: Insel.
- Weickmann, Ludwig (1943): Witterungslehre zu Goethes Zeit und heute. Leipzig: Goethe-Gesellschaft.
- 小野健一 (1984) 「「気象学の試み」について」『モルフォロギア』6, 20-25頁
- ヘッドリク, ダニエル・R. (2011) 『情報時代の到来』塚原東吾・隠岐さや香訳, 法政大学出版局

図版出典

- 図 1 Meteorologische Beobachtungen des Jahres 1822.
- 図 2 Meteorologische Beobachtungen des Jahres 1823.
- 図 3 Brandes 1820.
- 図 4 Alexander von Humboldt: Das graphische Gesamtwerk. Hg. von Oliver Lubrich. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2014, S. 732.
- 図 5 Körber 1987, S. 174.
- 図 6 Brandes 1826.

※本研究は JSPS 科研費 JP26370397 の助成を受けたものである。