

特集 ● 伊能図の魅力

## 伊能忠敬の時代の測量術

菱山剛秀

### 江戸時代以前の測量方法

測量の仕方は目的や求める精度によって異なる。距離や面積だけが知りた  
い場合は、長さの測定が基本になるが、  
地図を作成する場合は、測った各地点  
をつないで、その関係を図面に描くた  
め、長さや方角を測る必要がある。

日本では、奈良時代から地方のよう  
すを把握するための国郡図や、領地管  
理のための荘園図などの地図が作成  
されていた。また、戦国の世を統一し  
た豊臣秀吉は、地域ごとの生産力を把  
握するために、全国的な検地を行い、  
徳川幕府も当初から諸侯に検地や国郡  
図の作成を命じている。

これらのことから、江戸時代以前か  
ら地図作成のための測量技術が存在し  
たことは推測されるが、その方法を記  
述したものは現存していない。

### 江戸時代の測量術

江戸時代初期の和算書には、口に唾  
えた紐の先の定規や四角い板の辺を使  
って三角形の相似関係から2点間の距  
離を間接的に求める測量方法が紹介さ  
れているが、これらの方法が江戸時代  
以前からの地図作成技術かどうかは定  
かでない。

測量術が体系的にまとめられたのは、  
紅毛流と呼ばれた西洋の技術が取り入  
れられた以降になる。紅毛流の伝来は

17世紀半ばころとされているが、広く  
普及したのは、徳川吉宗の時代で、キ  
リシタン禁書の令が緩和され、中国を  
經由して西洋の曆算書が輸入されるよ  
うになった18世紀以降である。

このころ刊行された紅毛流の測量書  
には、木製の視準儀に磁石（磁針）  
を設置した規矩元器という器具を用い  
て方位を測る盤針術や、八線表などと  
呼ばれた三角関数表を用いて三角形の  
辺の長さを計算する算勘術が紹介され  
ている。また、江戸時代初期の和算書  
に見られた紐つきの定規は、コンパス  
（両脚器）に変わり、渾発術として、  
四角い板は水平に据えられ、板上の定  
規を使って複数の地点から目標を見通  
し、交会法によって目標の位置を求め  
る量盤術として紹介されている。

初期の紅毛流の測量書には、測量器  
具の使い方をおもに解説したものが多  
いが、忠敬が江戸に出て曆学を学ぶこ  
ろには、これらの個々の測量術のほか、  
導線法や交会法を組み合わせた広域の

地図づくりの技術が確立しつづつあった。また、このころになると西洋から新しい測量器具も伝わり、杖の先に磁石をとりつけた忠敬愛用の小方位盤もコンパス、羅經杖としてすでに知られていた。

### 伊能忠敬の測量方法

伊能忠敬の測量方法は、忠敬の没後、忠敬に従って全国測量を手伝った弟子の渡辺慎(旧名尾形敬介)が書き残した「量地伝習録」により知ることができる。

#### (1) 測量方法

「量地伝習録」の分間の項には、街道、海浜などの線、あるいは田畑、沼池、島嶼などの形を測量する場合の手順について次のように記述している。「まず基準となる杭を打ち、そこから間縄を使って形に沿って次の点まで距離を測り、そこにまた杭を打ち、目印の梵天を立てる。その後で、小方位盤を2つ使って順逆に次の点の方位を測

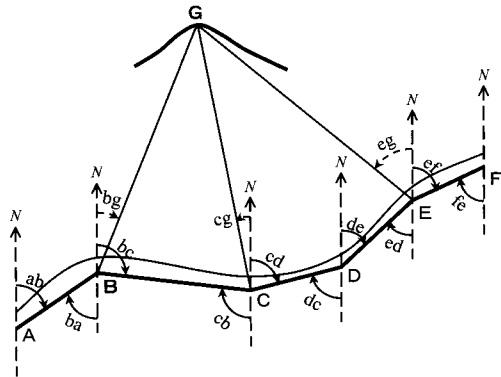


図1 磁針による導線法と交会法

り、野帳に記録する」

同時期に刊行された紅毛流測量術の「清水流規矩術町見」の「国図枢要」と比較すると、測量の考え方に大きな違いはないが、測量方法や、測量結果の点検に細心の注意が払われ、より実践的になっている。

例えば、「国図枢要」では、距離の測定は渾発術による間接的な方法を主

にしているが、忠敬は測量の精度を確保するため、間縄を用いて直接測ることとしている。また、方位についても「国図枢要」では、片方向しか測っていないが、忠敬は両方の点で相互に測って誤差を確認することとしている。

(図1)

また、導線法では距離と角度の測定が主となるため、使用する間縄や方位盤などの測量器具についても独自の工夫を行っている。

#### (2) 距離を測る道具

当時の測量では、量(りょう) 距尺(きょしゃく)やコンパスといった間接的に長い距離を効率的に測定する器具のほかに、比較的短い距離を直接測る間縄と呼ばれる麻縄でつくられたロープや間棹(けんざう)という長い棒が使われていた。「量地伝習録」には間棹に関する記述はないが、間縄については、距離の測定精度を確保するため、一般的に使われていた麻縄ではなく、鉄鎖(てつさ) (図2)のほか、藤(とう)や鯨(くじら)の

また、このころには、車輪の回転数を利用して距離を測る輪竿、間車、杖車なども考えられており、これらの器具には車輪の回転を数える工夫がされていた。なかでも忠敬の測量用に開発された「量程車」は、これらのなかで構造が最も複雑なものといえよう。しかし、こうした器具は、砂浜や凸凹道では正確な値を得ることがむずかしく、平坦な道以外では使用できなかったようだ。

なお、忠敬の距離の測量方法について、しばしば歩測が取り上げられるが、量地伝習録にも記述がなく、略測に用いたことは考えられるが、鉄鎖の伸縮を気にする忠敬が正式の測量に歩測を多用したとは考え難い。

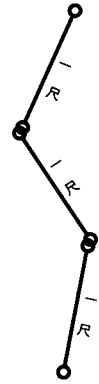


図2 鉄鎖

また、このころには、車輪の回転数を利用して距離を測る輪竿、間車、杖車なども考えられており、これらの器具には車輪の回転を数える工夫がされていた。なかでも忠敬の測量用に開発された「量程車」は、これらのなかで構造が最も複雑なものといえよう。しかし、こうした器具は、砂浜や凸凹道では正確な値を得ることがむずかしく、平坦な道以外では使用できなかったようだ。

また、このころには、車輪の回転数を利用して距離を測る輪竿、間車、杖車なども考えられており、これらの器具には車輪の回転を数える工夫がされていた。なかでも忠敬の測量用に開発された「量程車」は、これらのなかで構造が最も複雑なものといえよう。しかし、こうした器具は、砂浜や凸凹道では正確な値を得ることがむずかしく、平坦な道以外では使用できなかったようだ。

(3) 方位を測る道具

磁石を使った導線法では、距離よりも方位の測定誤差のほうが図の歪みに与える影響が大きい。そのため、忠敬も方位を測る磁針について細心の注意を払っていた。

当時、方位を測る道具には、規矩元器や杖石と呼ばれる杖の先に磁石をつけた器具があつたが、忠敬は小型ながら精密な真鍮製の方位盤を特別に作製させこれを用いている。この方位盤は、磁針を常に水平に保つよう、自由に回転する2軸の環からなる穹窿に取りつけている。また、磁針を支える支持との摩擦を最小限にするため、磁針の軸受部分に水晶を使用したり、方位盤の目盛りを詳細に読み取れるよう細く長い磁針を使用している。さらに、航海に使われていた羅針盤を応用して、測定結果の誤読を防ぎ、測量が効率的に行えるように、方位盤の目盛りを逆にし、目標の方位を磁石の針で直接読

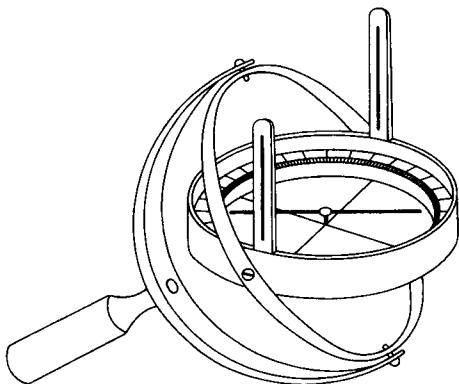


図3 小方位盤

み取れるようにしている。(図3)

この小方位盤は、杖の先端に取りつけて使用したことから、杖先羅針とも呼ばれ、一般的には三脚の台に杖を差し込んで固定して使用したが、杖をそのまま地面に突き刺すなどして一脚で使用することもあつたようだ。

忠敬の測量に不可欠だったこの小方位盤は、扱いやすさもあつて江戸時代末期には、かなり普及したようである。

## (4) 傾斜を測る道具

坂道の距離を測った場合、斜距離を水平距離に補正する必要がある。国図概要では、規矩元器に棒を垂直に立て、これを見通して傾斜の度合いを求める方法が紹介されている。しかし、忠敬は補正のための傾斜角を象限儀で測り、八線表から三角関数に相当する値を用いて斜距離を水平距離に換算する方法を採っている。象限儀はもともと天体観測用の道具であるが、小型の象限儀は、山の高さを求めるための高低角や坂道の補正をするための傾斜角の測定に利用されていた。

## (5) 測量による誤差の最小化

測量には誤差がつきものだが、「量地伝習録」の分間の後半には、誤差を防ぎ、あるいは最小にする測量の工夫がいくつか記述されている。

その1つは、導線法で方位と距離を測っていき、最後に最初の杭に戻る一般に「廻り検地」と呼ばれた方法であ

る。測量に誤りや誤差がなければ、最初と最後の点が一致するはずである。次にあげられているのが、「横切り」という方法で、海辺の出崎などで正確な測量ができない場合、出崎の途中を横切り向こう岸まで測量しておき、元へ戻って出崎を回り、あらかじめ測っておいた杭につなぐ方法である。こう

することで、導線法の欠点を補い全体の精度を下げずに済むことになる。また、大きめの方位盤を使って目標となる遠くの山や塔などの方角を測る「自然の町見」も、導線法による誤差の累積を補正し、地図の骨格が崩れないようにするための工夫である。

そのほか、「量地伝習録」「町見」の項の最後には、地図全体の歪みを補正するため、また、遠くの山が見通せなくなったり離島の位置を求める方法として、天文測量が紹介されている。

## (6) 地図を描く

忠敬の地図作りでは、現地で野帳に

記録した距離と方位により、その日のうちに下図が描かれた。伊能図の測量原図にあたる下図は大図の縮尺（3万6千分の1）で作成されている。

下図の描き方は、現地で行った測量を紙の上で器具を換えて行うと考えればよい。現地の方位盤は分度器に、間縄はものさしになる。

この時点で、遠くの山や塔などの方位も描き込まれ、現地では確認できなかった測量の誤りも見つけ出されることになる。ここで発見された測量の誤りは、慎重に検討され下図を描くなかで修正された。

また、各地で観測しておいた遠くの山や天文測量の値は、大図を縮小しつなぎ合せて、中図を作成する際に、地図全体の歪みの補正に役立った。

## 伊能忠敬の測量の特徴

伊能忠敬が行った導線法による測量は、現在では一般にトラス測量と呼ばれ、測量器具も角度と距離が同時