

「伊能忠敬の測量方法をもとに自分で地図を作る」

大阪教育大学附属池田中学校

1年D組 田中 莉穂

◆研究のきっかけ

私たちは日々の生活の中で手軽に地図を使っています。インターネット上の地図は、航空写真やGPS（全地球測位システム）といった技術を利用して作っているそうです。そして、このような技術を用いるまでの地図は、主にヨーロッパから持ち込まれた三角測量という測量方法によって作られていたそうです。

それより前の江戸時代、伊能忠敬によって日本の地図が作られたことは有名です。伊能忠敬は実際に自分の足で歩いて測量し、17年もかけて日本地図を作りました。そして、その地図はかなり精度が高く、実際に大正時代ごろまで約100年もの間、広く使われていたといわれています。

しかし、現代のような測量器具もなかった江戸時代に、伊能忠敬はどのような方法で地図を作成したのでしょうか。伊能忠敬が行った地図の作成方法を私が今まで算数、数学で習ってきたことに置き換え、同じように地図を作ることはできないでしょうか。

そんな疑問から、伊能忠敬の地図の作成方法を調べ、私なりの方法で作成することができないか挑戦してみることにしました。

◆研究方法と内容

- (1) 伊能忠敬の行った測量方法を調べる
- (2) 伊能忠敬の使った測量器具を調べ、現在あるもので代用できる器具を準備する
- (3) それらの器具を使用して実際に測量し、地図を作ってみる

◆研究結果と考察

(1) 伊能忠敬の行った測量方法を調べる

伊能忠敬の測量の基本となったのは「導線法」という測量法で、それまでも田畑を測る時などに一般的な方法として行われていましたが、そもそも正確な計測器具がなかったため、距離が長くなればなるほど誤差が出やすいという欠点がありました。そこで伊能忠敬は「交会法」という測量の特徴を利用し、誤差の修正を行いました。ほかにも海岸線など測量しづらいところでは、「横切り法」という方法を行うことによっても誤差を修正したのでした。

(以下、「導線法」、「交会法」、「横切り法」について簡単にまとめてみます)

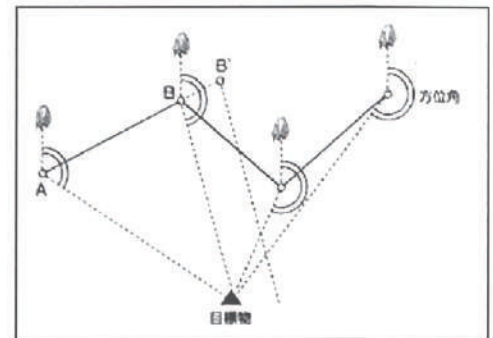
・導線法

測量した地点から次の測量地点の2点に目印となる標識を立て、その間に縄を張って、距離と方角を正しく測り、それを繰り返して数値を記録していく方法。

・交会法

2地点または3地点以上から近くにある目標物（寺院の屋根、大木の梢など）への方位だけを測って記録していき、導線法で出した距離の測定が誤っていないか確認できる方法。たとえば、図1の線ABが正しい距離であるところを誤ってAB'と記録してしまった場合、交会法の記録（点線）から目標物への方位線が一点に集まらない結果となり、誤差があるとわかります。

さらに、交会法で、遠くによくわかる目標物によって、今いる地点を確かめることにもよく使われました。伊能忠敬が最も多く使った目標物は富士山で、その時作成した地図には各地から富士山を測った線が40本も引かれています。



(図1)

・横切り法

岩場の多い岬の先端など測量が難しい場所では、岬の付け根部分に測りやすい測定ルートを設定し、そこを測る方法。これにより、測定誤差が全体に影響しないようにしました。具体的には三陸海岸（リアス式海岸）では、地図上の測線は岬の先端ではなく根元を横切っています。また、四国を測量する際は海岸線だけでなく、四国の真ん中あたりに縦断する線を設定し、測量隊が二手に分かれて両方の地点から測量して、誤差をできるだけ小さいものにしたのです。

(2) 伊能忠敬の使った測量器具を調べ、現代のもので代用できる器具を用意する

伊能忠敬の測量隊が使っていた測量器具を調べてみると、大きく分けて3種類に分けられました。

2-1) 方位を測る器具

磁石が常に南北を向く性質を利用して正確な方位を示す「羅針盤」は、江戸時代にも使われていました。伊能忠敬は方位をより正確に測れるよう、器具に改良や工夫を加え、「彎窠羅針（わんからしん）」、「半円方位盤」を使っていました。

- ・彎窠羅針（わんからしん） ※写真 1
杖の先に羅針盤をつけ、方位を測定する器具。杖が傾いても常に水平に保たれるようになっています。



(写真 1)

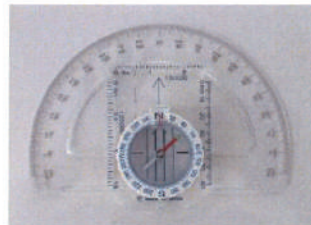
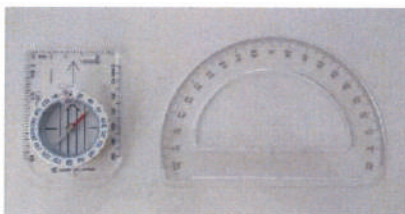
- ・半円方位盤 ※写真 2
半円型になった方位を測定する器具。水平において真ん中の磁石で南北を確かめてから、遠くの山や島の方位を測定しました。半円なのは運びやすくするためで、伊能忠敬が考え出した器具のひとつです。



(写真 2)

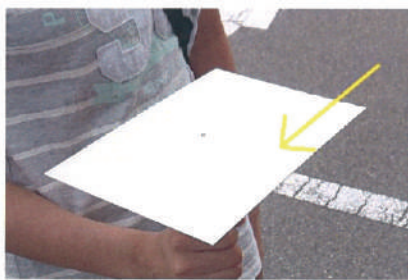
⇒現代のもので代用する

彎窠羅針（わんからしん）を代用するものも考えてみましたが難しかったので、半円方位盤を分度器と方位磁石を組み合わせて作ることにしました。



まず、写真のように穴が開いている分度器を見つけたので、その中心部分と方位磁石の中心が重なるように貼り付けます。

磁石の針が短いため、実際に方位を測るときは針に沿って定規を当てて正確に読むようにしました。



この“半円方位盤”を使いやすくするため、1.1m の棒の上に水平に取り付けた白い板の上に固定しました。さらに、白い板の中心に直線を引き、分度器の中心と角度 90 度の位置がその直線の上に来るようにしました。

2-2) 距離を測る器具

計測点の目印となる標識である「梵天」、距離を測る「間縄（けんなわ）」、「鉄鎖（てっさ）」、「量程車（りょうていしゃ）」があります。

・梵天（ぼんてん） ※写真 3

距離や方位を測るとき、目印になるように使った標識。3～5.4m ほどの竹竿の先に数枚の紙を短冊状に切って取り付けたもの。



(写真 3)

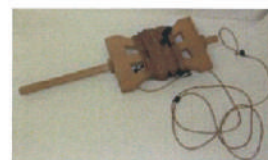
⇒現代のもので代用する

半円方位盤の高さとのバランスを考え、1.5m の棒を用意し、その先に大きな赤い丸を書き込んだ白い板を取り付けました。



・間縄（けんなわ） ※写真 4

距離の測量に使った縄。水を吸うと伸び縮みするのが欠点でした。



(写真 4)

・鉄鎖（てっさ） ※写真 5

約 30cm の鉄線を 60 本つないで、距離を測量するときに使用しました。これも伊能忠敬が考え出した測量器具。



(写真 5)

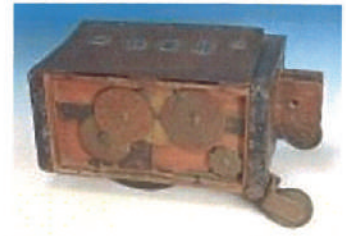
⇒現代のもので代用する

間縄・鉄鎖はともに計測点と計測点の間の距離を測るものなので、50m のメジャーで代用することにしました。



・ 量程車（りょうていしゃ） ※写真 6

箱状のものに小さな車がついていて、ひもで引っ張って距離を測る器具。車輪が回転すると歯車が距離を刻むしかけになっています。平坦な道でしか使えないのが欠点。



(写真 6)

⇒現代のもので代用する

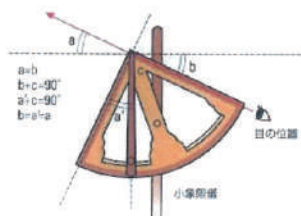
車輪の回転数で距離を測るものを調べてみたところ、車輪の円周と回転数から距離がわかる「ウォーキングメジャー（ロードメジャー）」というものがあることを知りました。これは父の知人が仕事で使うために持っているとのことだったので、お借りすることにしました。



上から目盛りを見たところ

2-3) 角度（緯度）を測る器具

角度（傾斜）や緯度を測るため、「象限儀（しょうげんぎ）」という器具を使用しました。大きさの違うものを用途に応じて使い分け、小さいもの（小象限儀：図 2）は主に土地の傾斜を測るために、大きいもの（中象限儀：写真 7）は北極星などの恒星の高度を測るために使われました。



(図 2)

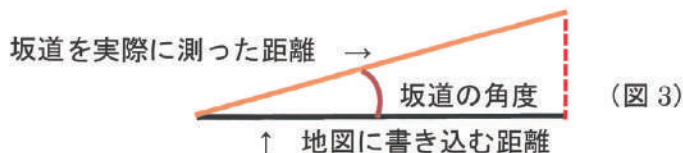


(写真 7)

⇒現代のもので代用する

本来、地図を書くときには、図 3 のように坂道の距離を平面で表すための長さに修正する必要があります。しかし、今回はほぼ平地での測量を予定していたので必

要ないと考え、角度に関する器具は準備しないことにしました。

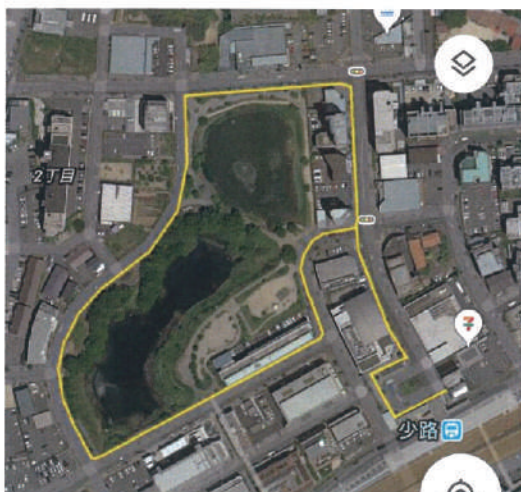


(3) それらの器具を使用して実際に測量し、地図を作ってみる

まず自宅の住宅地で地図を作成することを考えました。が、道路が直線で碁盤の目のような所で、交会法を使って確認する作業もほぼ必要ないということが分かったため、場所を変え、最寄り駅近くの不規則な形をした公園を測量してみることにしました。

☆測量場所：大阪モノレール「少路駅」前～「羽鷹池公園」周辺（黄色い線の所）

右下にある「少路駅」の東端を起点にして、駅前のロータリーを回って道路を北に進み、そこから「羽鷹池公園（はたかいけこうえん）」の周りを計測します。



- ・曲線の道がある
- ・測量する場所の中に目印となる高い建物がある
- ・公園の真ん中を横切ることができる

以上の条件から、3つの測量方法全てを体験できると考えました。また、誤差が発生した場合わかりやすいよう、公園の周りを1周して、異なる2つの計測点が一一致する点を作りました。

☆1回目の計測（導線法で計測）

まずは、導線法で計測を行いました。歩道の中央付近で距離と方位を測りました。また、伊能忠敬のやり方を真似て始点・終点両方から測り、平均値をとることにしました（方位は始点からと終点からでは逆になります。例えば始点で東20度であれば、終点からは西160度ということになります）。道の曲線部分は、なるべくこまめに計測したため、計測地点は全部で32地点、総距離1010.65mとなりました。

・計測データ

起点:A0 少路駅前東端

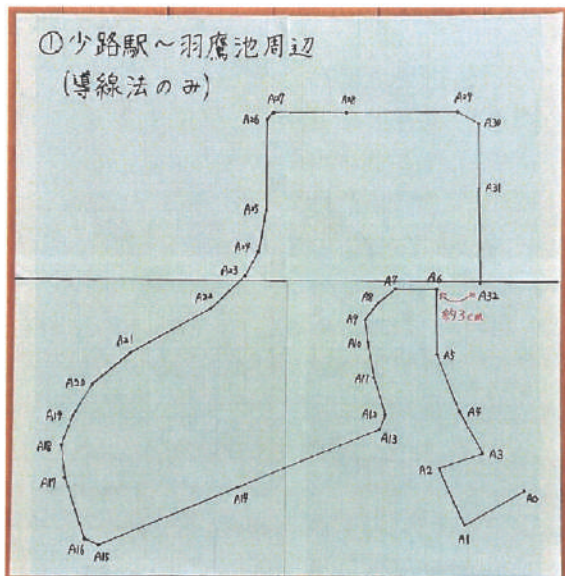
記録地点	A1 少路駅前1	A2 駅前0-列-1	A3 駅前0-列-2	A4 駅前通り1	A5 駅前通り2	A6 駅前通り3	A7 羽鷹池東	A8 羽鷹池東	A9 羽鷹池東	A10 羽鷹池東
距離 往(m)	39.5	34.7	26.4	26.7	35.6	38.5	23.4	13.4	12.3	12.5
距離 復(m)	39.4	34.8	26.6	26.7	35.7	38.5	23.5	13.4	12.3	12.5
方位 始(度)	西120度	西24度	東71度	西30度	西21度	0度	西90度	西130度	西142度	東173度
方位 終(度)	東60度	東155度	西111度	東150度	東160度	180度	東91度	東51度	東40度	西6度

記録地点	A11 羽鷹池東南	A12 羽鷹池東南	A13 羽鷹池東南角	A14 羽鷹池南	A15 羽鷹池南	A16 羽鷹池西南角	A17 羽鷹池西	A18 羽鷹池西	A19 羽鷹池三叉路	A20 羽鷹池西	A21 羽鷹池西
距離 往	21.2	22.6	9.05	88.8	84.8	9	36.2	18.5	18.6	20.8	27.5
距離 復	21.3	22.5	9	88.9	84.8	8.9	36.2	18.5	18.55	20.85	27.6
方位 始	東170度	東164度	西160度	西112度	西112度	西66度	西17度	西7度	東20度	東32度	東50度
方位 終	西10度	西15度	東20度	東68度	東68度	東115度	東165度	東172度	西160度	西145度	西130度

記録地点	A22 羽鷹池西	A23 羽鷹池西	A24 羽鷹池西	A25 羽鷹池西	A26 羽鷹池西	A27 羽鷹池北西角	A28 羽鷹池北	A29 羽鷹池北	A30 羽鷹池北東角	A31 羽鷹池東	A32 羽鷹池東
距離 往(m)	52.3	27.6	16.6	24.6	51.75	5.3	42.2	63.4	14.3	37.1	55
距離 復(m)	52.3	27.7	16.6	24.65	51.8	5.3	42.3	63.4	14.3	37.1	55.1
方位 始(度)	東61度	東46度	東27度	東11度	0度	東46度	東90度	東90度	東121度	東178度	東178度
方位 終(度)	西120度	西133度	西152度	西170度	180度	西135度	西90度	西90度	西58度	西2度	西2度

このデータをもとに地図を書きます。大きく描く方が誤差が減ると考えられたので、A4サイズの方眼紙を4枚貼り合わせ、縮尺800分の1で書くことにしました。

(縮尺800分の1: 10m=1.25cm、1m=1.25mm)



A6地点とA32地点が一致するはず(図の赤ペンで記入した部分)ですが、地図上で3cm、実際の距離にして約24mの誤差が出てしまいました。右側のインターネット上の地図と見比べると、真ん中のくびれの部分が少し狭い気がします。やはり導線法だけでは、誤差が大きいようです。

☆2回目の計測（導線法で計測、交会法と横切り法で誤差を修正する）

今回は歩道の中央ではなく車道側の端に沿って、再度、導線法で計測しました。計測点は全部で33地点、総距離1013.18mとなりました。

誤差が生まれやすいと思われる池の西側にある曲線の道では、A6地点近くに建つマンション屋上の看板を目標物として交会法の測定を行いました。また南西のカーブでは電柱を目標物とした交会法の測定を行いました。さらに、公園の真ん中のくびれの部分では、ほぼ直線で横切ることのできる道があったので、そこで横切り法の測定も行いました。

・計測データ

起点:A0 少路駅前東端

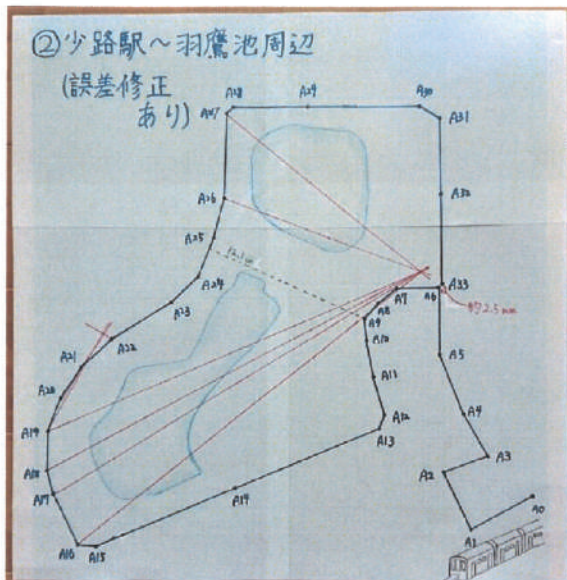
記録地点	A1 少路駅前1	A2 駅前0-列-1	A3 駅前0-列-2	A4 駅前通り1	A5 駅前通り2	A6 駅前通り3	A7 羽鷹池東	A8 羽鷹池東	A9 羽鷹池東	A10 羽鷹池東
距離 往(m)	39.5	34.7	26.4	26.7	35.6	38.5	23.4	13.4	12.3	12.5
距離 復(m)	39.4	34.8	26.6	26.7	35.7	38.5	23.5	13.4	12.3	12.5
方位 始(度)	西120度	西24度	東71度	西30度	西21度	0度	西90度	西130度	西142度	東173度
方位 終(度)	東60度	東155度	西111度	東150度	東160度	180度	東91度	東51度	東40度	西6度
交会法方位										

A11 羽鷹池東南	A12 羽鷹池東南	A13 羽鷹池東南角	A14 羽鷹池南	A15 羽鷹池南	A16 羽鷹池西南角	A17 羽鷹池西	A18 羽鷹池西	A19 羽鷹池三叉路	A20 羽鷹池西	A21 羽鷹池西
21.2	22.6	9.05	88.8	84.8	9.6	32.45	15.9	23.3	20.8	22
21.3	22.5	9	88.9	84.8	9.62	32.4	15.7	23.2	20.6	21.9
東170度	東164度	西160度	西112度	西112度	西86度	西22度	西15度	東4度	東25度	東42度
西10度	西15度	東20度	東68度	東68度	東93度	東150度	東164度	西176度	西155度	西138度
					東52.5度	東59.5度	東63.0度	ビル東68度	東33度	東32度
					ビル	ビル	ビル	電柱東30度	電柱	電柱

A22 羽鷹池西	A23 羽鷹池西	A24 羽鷹池西	A25 羽鷹池西	A26 羽鷹池西	A27 羽鷹池西	A28 羽鷹池北西角	A29 羽鷹池北	A30 羽鷹池北	A31 羽鷹池北東角	A32 羽鷹池東	A33 羽鷹池東
24.4	39.2	20.6	25	24.8	48.7	4.95	42.2	63.4	14.3	37.1	55
24.3	39.3	20.65	25	24.75	48.7	4.95	42.3	63.4	14.3	37.1	55.1
東50度	東55度	東47度	東28度	東17度	東2度	東46度	東90度	東90度	東121度	東178度	東178度
西130度	西125度	西133度	西152度	西163度	西178度	西135度	西90度	西90度	西58度	西2度	西2度
東60度				東110.5度	東130度						
電柱				ビル	ビル						

横切り計測	公園中央くびれ部分 A24地点からA25地点への3分の2 ~ A19地点への直線距離 =	95.9
-------	--	------

計測データをもとに再び同じサイズの地図を書きました。伊能忠敬の地図には、山や湖の風景も書いてあったので、今度は池なども書き込みました。



- 先ほど大きくズレた A6 地点と A32 地点のズレは、今回の計測で地図上 2.5mm、実際は約 2m となり、私としてはほぼ正確な地図ができたと思います。右の地図と見比べても、かなり近いものになっていると思います。
- 交会法により、西側の曲線の誤差が修正されました。道に沿って計測していたためか、実際より距離が長めに出ていたようです。地図中の赤い直線が交会法で計測した線で、目標物（マンション、電柱）に向かって 1 点に集まるので誤差を見つけやすいということがよくわかりました。
- 西側の電柱を目標物とした交会法では、距離が近かったせいか隣りあった計測地点での角度がほとんど変わらず、効果が薄いと感じました。交会法を行う場合は、ある程度離れたものを目標物にする方が良いと思います。
- 横切り法の計測値（地図内、A24 と 25 の間と A9 を結ぶ緑色の点線 12.1cm）が地図上の長さとはほぼ一致したことから、誤差修正が正確だったこともわかりました。
- 今回、作成した地図と通常の地図とを合わせようとする、少し右に回転させることが必要でした。調べてみると、方位磁石の指す北と正確な地図上の北が少しズレているのが原因で、これを“偏角”と呼ぶそうです。ちなみに大阪では西へ約 6 度 50 分（1 分は 1/60 度）、東京では約 7 度ズレているそうです。

◆研究の感想

- 約 1km の測量でしたが、父に協力してもらいながら 8 時間もかかりました。さらに後から再確認をしに行ったりで、数時間費やしました。伊能忠敬の測量隊は人数が多かったとはいえ、1 時間で 1km 強を測量していたというのは驚きです。

- 導線法だけの測量でもおおまかな地図ができることは分かりましたが、交会法・横切り法を使うことによって、より正確な地図に近づいていくことがわかりました。
- 方位を測ることは細かく神経を使う作業でとても大変でした。伊能忠敬は方位の計測をとくに丁寧に行ったそうです。これを雑にやると正確な地図が描けないこともよくわかりました。
- 伊能忠敬は天文暦学も学び、緯度 1 度分の距離計測を行い、正確な距離を出していたことが知られています。私もいつか天体観測を取り入れ、緯度 1 度分の計測を行い、地球の大きさを計算してみたいです。

※測量風景



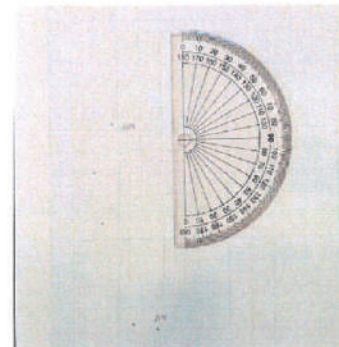
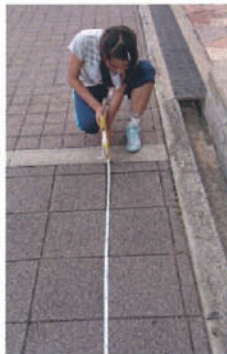
↑計測点に狙いを定め、方位盤で方位を測っている



↑交会法の目標物となったビルの屋上



↑ウォーキングメジャー、メジャーでの距離計測



↑方位を分度器で測り地図に記入しているところ

※引用

図 1: 「伊能忠敬の測量隊」(渡辺一郎編著 小学館発行 142P)

図 2: 「伊能忠敬の全国測量」(渡辺一郎編著 伊能忠敬研究会発行 21P)

写真 1,2,6,7: 千葉県香取市 伊能忠敬記念館所蔵

写真 3,4,5: 国土地理院 HP より

6P 以降の航空写真 1 枚・地図 2 枚: Google マップ