

# 役には立たない話

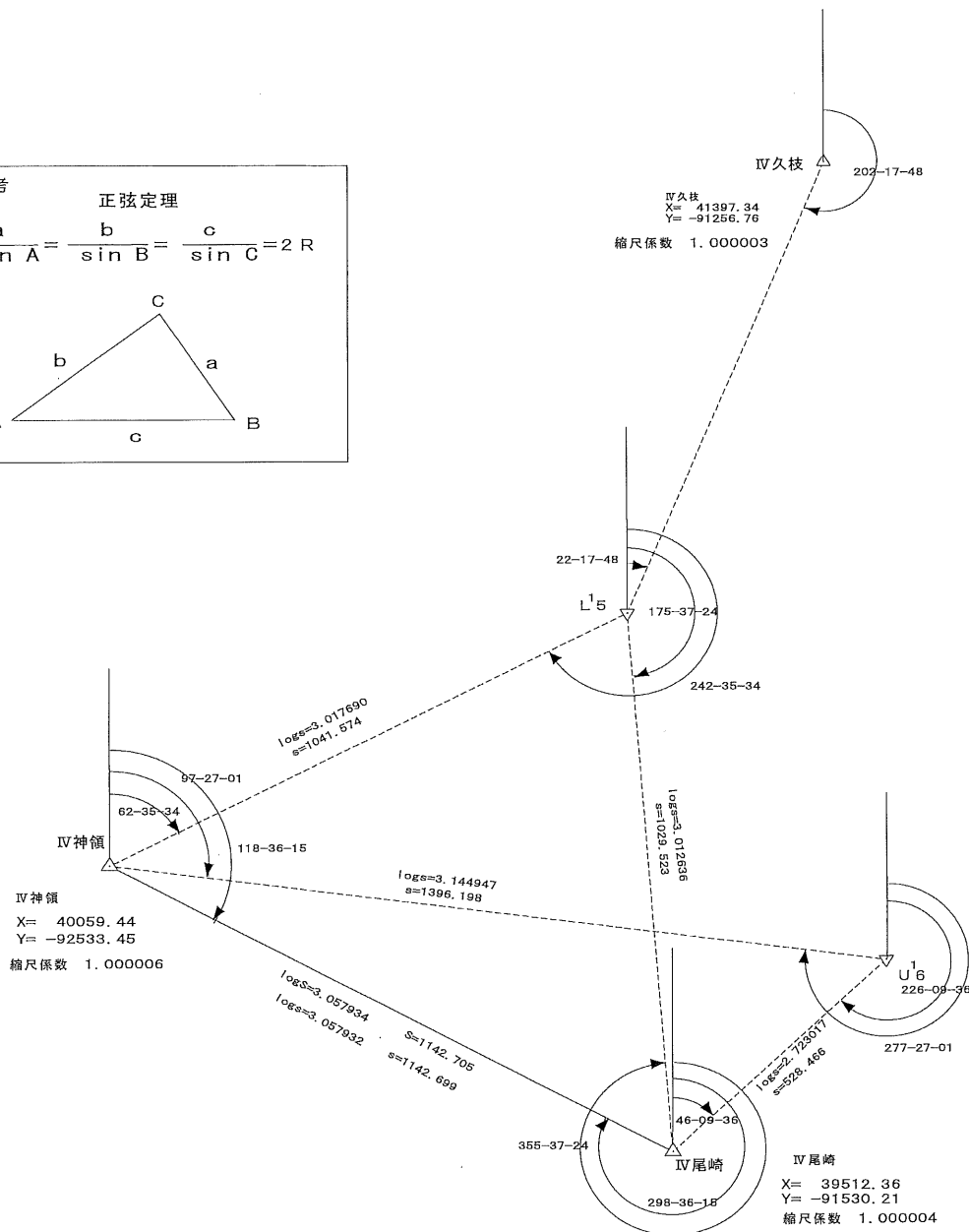
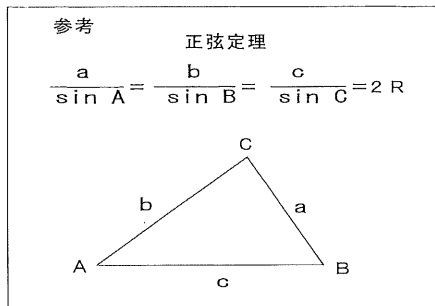
三角測量の説明をするため、当時と同じように対数表を使用して計算してみました。対数計算なんて高校時代に習っただけなので完全に忘れてしまっています。昔の参考書を引っ張り出して計算することにしましたが、間違っているかも知れません。肝心の対数表も手元には無く、インターネットで調べると7桁の対数表は200ページ以上ありました。関数電卓のある時代、全くの無駄な行為ですが、先人の努力を知るため対数の法則や約束事等、訳が分からないまま、とりあえずやってみることにしました。

## 第1章 対数表を使う

最初にやる計算は2つの四等三角点の距離です。、双方の座標が解っているので、座標を利用して関数電卓で計算すれば簡単です。

しかし、三角測量をやっていた時代には電卓なんかなくて対数表を使用して計算していました。

下図から四等三角点神領の座標(40059.44 - 92533.45)と四等三角点尾崎の座標(39512.36 - 91530.21)により距離Sを関数電卓で計算すると



$$\text{距離 } S = \sqrt{(40059.44 - 39512.36)^2 + (-92533.45 - (-91530.21))^2}$$

$$S = 1142.710385$$

と簡単に計算出来ますが

対数計算で距離 S を求めようとする

$$\text{距離 } S = \sqrt{(40059.44 - 39512.36)^2 + (-92533.45 - (-91530.21))^2}$$

の中の引き算部分は簡単に計算できますので、それぞれ計算して

$$(40059.44 - 39512.36) = 547.08$$

$$(-92533.45 - (-91530.21)) = -1003.24$$

となります。

ここで  $547.08^2$  を計算しますが  $547.08 \times 547.08$  を計算することになり、対数計算を使用して答えを導くことにします。

$X = 547.08^2$  とすれば  $\log X = \text{Log} 547.08^2 = 2 \times \text{Log} 547.08 = 2 \times \text{Log} 5.4708 \times 10^2$  となるので 5.4708 の対数表を見てみます。

常用対数表 [1.0000](90)

5.4500~5.5000

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.450	7363965	7364045	7364124	7364204	7364284	7364363	7364443	7364523	7364602	7364682
5.451	7364762	7364841	7364921	7365001	7365080	7365160	7365240	7365319	7365399	7365479
5.452	7365558	7365638	7365718	7365797	7365877	7365957	7366036	7366116	7366196	7366275
5.453	7366355	7366435	7366514	7366594	7366674	7366753	7366833	7366912	7366992	7367072
5.454	7367151	7367231	7367311	7367390	7367470	7367549	7367629	7367709	7367788	7367868
5.455	7367948	7368027	7368107	7368186	7368266	7368346	7368425	7368505	7368584	7368664
5.456	7368744	7368823	7368903	7368982	7369062	7369142	7369221	7369301	7369380	7369460
5.457	7369540	7369619	7369699	7369778	7369858	7369937	7370017	7370097	7370176	7370256
5.458	7370335	7370415	7370494	7370574	7370654	7370733	7370813	7370892	7370972	7371051
5.459	7371131	7371210	7371290	7371370	7371449	7371529	7371608	7371688	7371767	7371847
5.460	7371926	7372006	7372086	7372165	7372245	7372324	7372404	7372483	7372563	7372642
5.461	7372722	7372801	7372881	7372960	7373040	7373119	7373199	7373278	7373358	7373437
5.462	7373517	7373596	7373676	7373755	7373835	7373914	7373994	7374074	7374153	7374233
5.463	7374312	7374392	7374471	7374550	7374630	7374709	7374789	7374868	7374948	7375027
5.464	7375107	7375186	7375266	7375345	7375425	7375504	7375584	7375663	7375743	7375822
5.465	7375902	7375981	7376061	7376140	7376220	7376299	7376378	7376458	7376537	7376617
5.466	7376696	7376776	7376855	7376935	7377014	7377094	7377173	7377252	7377332	7377411
5.467	7377491	7377570	7377650	7377729	7377808	7377888	7377967	7378047	7378126	7378206
5.468	7378285	7378364	7378444	7378523	7378603	7378682	7378762	7378841	7378920	7379000
5.469	7379079	7379159	7379238	7379317	7379397	7379476	7379556	7379635	7379714	7379794
5.470	7379873	7379953	7380032	7380111	7380191	7380270	7380350	7380429	7380508	7380588
5.471	7380667	7380747	7380826	7380905	7380985	7381064	7381143	7381223	7381302	7381382
5.472	7381461	7381540	7381620	7381699	7381778	7381858	7381937	7382016	7382096	7382175
5.473	7382254	7382334	7382413	7382493	7382572	7382651	7382731	7382810	7382889	7382969

ここで真数は7380508 となります。

$\log 547.08$  は  $\log 5.4708 \times 10^2 = \log 5.4708 + \log 10^2$  ですから  $0.7380508 + 2 = 2.7380508$  となりま

す。

したがって

$$\log X = 2 \times \log 547.08$$

$$\log X = 2 \times 2.7380508 = 5.4761016$$

今度は 4761016 について、逆に表の中の真数から探していきます。

常用対数表 [1.000](40)

2.9500~3.0000

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.950	4698220	4698367	4698515	4698662	4698809	4698956	4699103	4699251	4699398	4699545
2.951	4699692	4699839	4699986	4700134	4700281	4700428	4700575	4700722	4700869	4701016
2.952	4701164	4701311	4701458	4701605	4701752	4701899	4702046	4702193	4702340	4702487
2.953	4702634	4702782	4702929	4703076	4703223	4703370	4703517	4703664	4703811	4703958
2.954	4704105	4704252	4704399	4704546	4704693	4704840	4704987	4705134	4705281	4705428
2.955	4705575	4705722	4705869	4706016	4706163	4706310	4706457	4706604	4706750	4706897
2.991	4758164	4758309	4758455	4758600	4758745	4758890	4759035	4759180	4759326	4759471
2.992	4759616	4759761	4759906	4760051	4760196	4760342	4760487	4760632	4760777	4760922
2.993	4761067	4761212	4761357	4761502	4761648	4761793	4761938	4762083	4762228	4762373
2.994	4762518	4762663	4762808	4762953	4763098	4763243	4763388	4763533	4763678	4763823
2.995	4763968	4764113	4764258	4764403	4764548	4764693	4764838	4764983	4765128	4765273
2.996	4765418	4765563	4765708	4765853	4765998	4766143	4766288	4766433	4766578	4766723
2.997	4766867	4767012	4767157	4767302	4767447	4767592	4767737	4767882	4768027	4768171
2.998	4768316	4768461	4768606	4768751	4768896	4769041	4769185	4769330	4769475	4769620
2.999	4769765	4769909	4770054	4770199	4770344	4770489	4770633	4770778	4770923	4771068
3.000	4771213	4771357	4771502	4771647	4771792	4771936	4772081	4772226	4772371	4772515

4761016 について探すと、表には 4760922 と 4761067 しかありません。2.9930 と 2.9929 の間になります。ここで 4761067 と 4760922 の差は 145 です、一方 4760922 と 4761016 との差は 94 です。

按分した 94/145 を 2.9929 の 5 桁目以降に加えれば良いと思いますが、

ここでも割り算が必要となります。ここでも対数表を使用すると

$$\log X = \log(94/145) = \log 94 - \log 145$$

なので、それぞれ対数表から

$\log 94$  は 1.9731279 を  $\log 145$  は 2.1613680 であることがわかります。

常用対数表 [1.00](1)

1.00~5.50

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	0000000	0043214	0086002	0128372	0170333	0211893	0253059	0293838	0334238	0374265
1.1	0413927	0453230	0492180	0530784	0569049	0606978	0644580	0681859	0718820	0755470
1.2	0791812	0827854	0863598	0899051	0934217	0969100	1003705	1038037	1072100	1105897
1.3	1139434	1172713	1205739	1238516	1271048	1303338	1335389	1367206	1398791	1430148
1.4	1461280	1492191	1522883	1553360	1583625	1613680	1643529	1673173	1702617	1731863
1.5	1760913	1789769	1818436	1846914	1875207	1903317	1931246	1958997	1986571	2013971
9.1	9590414	9595184	9599948	9604708	9609462	9614211	9618955	9623693	9628427	9633155
9.2	9637878	9642596	9647309	9652017	9656720	9661417	9666110	9670797	9675480	9680157
9.3	9684829	9689497	9694159	9698816	9703469	9708116	9712758	9717396	9722028	9726656
9.4	9731279	9735896	9740509	9745117	9749720	9754318	9758911	9763500	9768083	9772662
9.5	9777236	9781805	9786369	9790929	9795484	9800034	9804579	9809119	9813655	9818186
9.6	9822712	9827234	9831751	9836263	9840770	9845273	9849771	9854265	9858754	9863238

$$\log X = 1.9731279 - 2.1613680 = -0.1882401$$

となり、 $-0.1882401$  は  $1 - 0.1882401 = 0.8117599$  ですので

常用対数表 [1.000](11)

6.000~6.500

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.00	7781513	7782236	7782960	7783683	7784407	7785130	7785853	7786576	7787299	7788022
6.01	7788745	7789467	7790190	7790912	7791634	7792356	7793078	7793800	7794522	7795243
6.02	7795965	7796686	7797408	7798129	7798850	7799571	7800291	7801012	7801732	7802453
6.03	7803173	7803893	7804613	7805333	7806053	7806773	7807492	7808212	7808931	7809650
6.04	7810369	7811088	7811807	7812526	7813245	7813963	7814681	7815400	7816118	7816836
6.05	7817554	7818272	7818989	7819707	7820424	7821141	7821859	7822576	7823293	7824010
6.41	8068580	8069258	8069935	8070612	8071290	8071967	8072644	8073320	8073997	8074674
6.42	8075350	8076027	8076703	8077379	8078055	8078731	8079407	8080083	8080759	8081434
6.43	8082110	8082785	8083460	8084136	8084811	8085486	8086160	8086835	8087510	8088184
6.44	8088859	8089533	8090207	8090881	8091555	8092229	8092903	8093577	8094250	8094924
6.45	8095597	8096270	8096944	8097617	8098290	8098962	8099635	8100308	8100980	8101653
6.46	8102325	8102997	8103670	8104342	8105013	8105685	8106357	8107029	8107700	8108372
6.47	8109043	8109714	8110385	8111056	8111727	8112398	8113068	8113739	8114409	8115080
6.48	8115750	8116420	8117090	8117760	8118430	8119100	8119769	8120439	8121108	8121778
6.49	8122447	8123116	8123785	8124454	8125123	8125792	8126460	8127129	8127797	8128465
6.50	8129134	8129802	8130470	8131138	8131805	8132473	8133141	8133808	8134475	8135143

対数表から 6.482 から 6.483 の間という事になりますがここでは按分までは必要ないと思うので一番近い 6.483 を使用します。

$$2.9929 + 0.00006483 = 2.99296483$$

ここで  $5.4761016$  ですので整数部の 5 は  $\times 10^5$  ということなので、やっとなら  $547.08^2 = 299296.483$  を計算することができました。

関数電卓を叩けば 1 分もたたずに  $299296.5264$  を計算出来ます。

計算過程での対数について、関数電卓で確認すると若干相違しています。私の計算過程が誤っているかもしれませんが、最終的に相違が生じましたがお許しいたいてこのまま計算を続けます。

同様に  $1003.24^2$  についても対数表を使用して対数計算により求めることにします。

$$\log X = 2 \times \text{Log} 1003.24$$

$$\log X = 2 \times 3.0014048 = 6.0028096$$

$$X = 1006490.002$$

$$\text{そして、} 299296.483 + 1006490.002 = 1305786.485$$

ここで対数計算によりこの値の平方根を求めます。

$$\log X = \log 1305786.485^{1/2}$$

常用対数表 [1.0000](7)

1.3000~1.3500

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.300	1139434	1139768	1140102	1140436	1140770	1141104	1141437	1141771	1142105	1142439
1.301	1142773	1143107	1143441	1143774	1144108	1144442	1144775	1145109	1145443	1145776
1.302	1146110	1146443	1146777	1147110	1147444	1147777	1148111	1148444	1148777	1149111
1.303	1149444	1149777	1150111	1150444	1150777	1151110	1151444	1151777	1152110	1152443
1.304	1152776	1153109	1153442	1153775	1154108	1154441	1154774	1155107	1155439	1155772
1.305	1156105	1156438	1156771	1157103	1157436	1157769	1158101	1158434	1158767	1159099
1.306	1159432	1159764	1160097	1160429	1160762	1161094	1161427	1161759	1162091	1162424
1.307	1162756	1163088	1163420	1163753	1164085	1164417	1164749	1165081	1165413	1165745
1.308	1166077	1166409	1166741	1167073	1167405	1167737	1168069	1168401	1168733	1169065
1.309	1169396	1169728	1170060	1170392	1170723	1171055	1171387	1171718	1172050	1172381
1.310	1172713	1173044	1173376	1173707	1174039	1174370	1174702	1175033	1175364	1175696

対数表から 1.305786485 の真数を探しますが、桁数も丁度数字がありません。(ここから説明のため小数点を無視します) 13057 と 10358 の間の真数ということになります。そこで 13057 と 13058 の差は 333 あります。そして 1305786485 と 1305700000 との差は 86485 であり  $333 \times (86485 / 100000)$  で真数を求める事にします。 $\log(333 \times 0.86485) = \log 333 + \log 0.86485$  ですから対数表で

$$\log 333 = 2.5224442$$

$$\log 0.86485 = -1 + 0.9369408 = -0.0630592$$

$$\log(333 \times 0.86485) = 2.5224442 - 0.0630592 = 2.459385$$

対数表から 459385 の真数を探すと 2.8799 と 2.8800 の間になりますが、ここでは小数 2 位まで求めれば良く、小数第 3 位を四捨五入すればいずれも 2.880 になります。  $\times 10^2$  ですから

288.00 を得る事が出来ます。

$$\text{したがって } 1158434 + 288 = 1158722$$

$$\begin{aligned} \log X &= 1/2 \times \log 1305786.558 \\ &= 1/2 \times 6.1158722 \\ &= 3.0579361 \end{aligned}$$

ここで対数表から真数をさがすと

対応する真数は 0579360 と 0579398 になり 1.14271 と 1.14272 の間になります。0579360 と 0579361 との差は 1 です、0579360 と 0579398 との差は 38 となるので 1/38 の値を 1.14270 の末尾に加えることにします。

$$\begin{aligned} \log 1/38 &= \log 1 - \log 38 \quad \text{ですから 38 の真数を探して} \\ &= 1 - 0.5797386 = 0.4202614 \quad \text{となり} \\ &0.26318 \end{aligned}$$

$$X = 1142.71026 \text{ となりました。}$$

やっと神領と尾崎の2点間の距離  $S=1142.710\text{m}$  が計算できました。

若干、図の計算  $1142.705$  と相違していますが、私が自己流で端数の計算を行ったことで相違したものであると思います。

### 縮尺補正

ここから縮尺補正の計算を行います。神領の縮尺係数  $1.000006$  尾崎の縮尺係数  $1.000004$  ですので平均した縮尺係数は  $1.000005$  なので、この数値を使用します。

したがって 補正後の距離  $s = 1142.710 / 1.000005$  なので

$$\log s = \log(1142.710 / 1.000005)$$

$$\log s = \log 1142.710 - \log 1.000005$$

となりますので、

$$\log 1142.710 = 3.0579361$$

$$\log 1.000005 = 0.0000022$$

$$\log s = 3.0579361 - 0.0000022 = 3.0579339$$

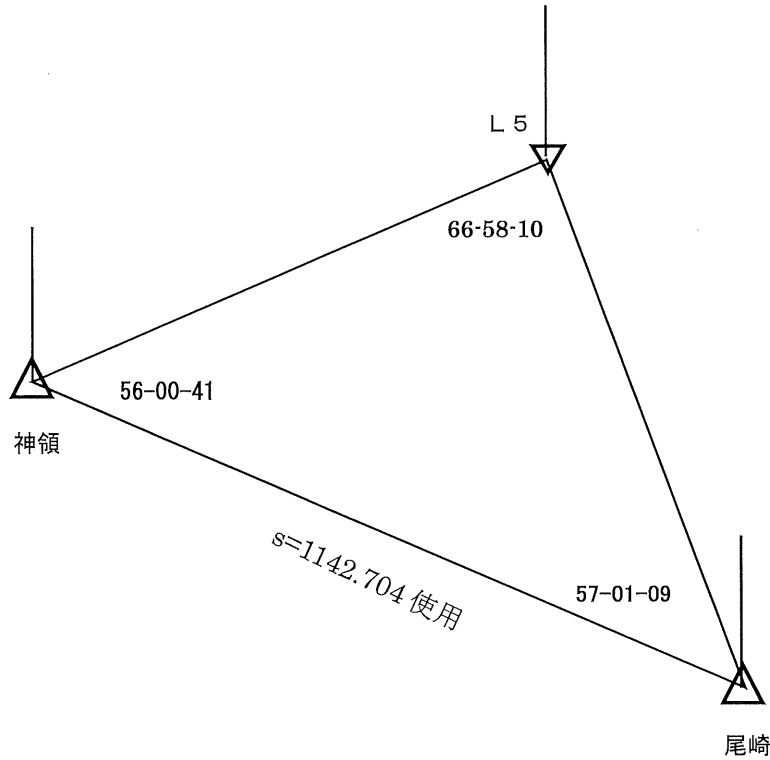
$3.0579339$  の真数は  $1142.704$

$$s = 1142.704$$

正弦定理を使う

今度は計算された縮尺補正後の距離  $s$  を使用して正弦定理により計算を行うこととなりますが、今度は三角関数が待ち受けています。

(図 1) から各点の内角を抽出しました。内角の和が  $180^\circ$  であることを確認できたので



正弦定理を利用して四等三角点神領から図根三角点 L 5 までの距離を求めることにします。正弦定理は (図 1) に表示しているように

$$a / \sin A = b / \sin B = c / \sin C = 2R$$

です。

四等三角点神領から図根三角点 L 5 の距離を計算するためには

$$a = (b \times \sin A) / \sin B$$

$$a = (1142.704 \times \sin(57^\circ 01' 09'')) / \sin(66^\circ 58' 10'')$$

これを関数電卓で一気に計算すれば

$$= 1041.577916 \quad \text{となりますが}$$

対数で計算すれば

$$\begin{aligned} \log a &= \log((1142.704 \times \sin(57^\circ 01' 09'')) / \sin(66^\circ 58' 10'')) \\ &= \log 1142.704 + \log \sin(57^\circ 01' 09'') - \log \sin(66^\circ 58' 10'') \end{aligned}$$

に置き換わります。

$$\log 1142.704 = 3.0579339 \quad \text{は先ほどの計算で解りますが}$$

三角関数の対数計算は全く解りません

関数電卓では

$$\log \sin(57^\circ 01' 09'') = -0.076314285$$

$$\log \sin(66-58-10) = -0.036072301$$

となり

$$\log a = 3.017691916$$

$$a = 1041.578282$$

と導けますが、これでは今回の目的を果たせていないので無い知恵を絞りながら考えてみます。

三角関数の対数表については、指方正広著「測量実務」に資料の掲載がありましたので、この表を使用して計算してみます。

### 三角関数の対数表 ④

27°

~

35°

~

○′	L. Sin	d.	L. Tan	d.c.	L. Cot	L. Cos	d.	○′	P. P.			
									28	27	26	
27 0	9,6570	25	9,7072	31	0,2928	9,9499	7	60	10″	0,5	0,4	0,4
10	6595	25	7103	31	2897	9492	7	50	20	0,9	0,9	0,9
20	6620	24	7134	31	2866	9486	6	40	30	1,4	1,4	1,3
30	6644	24	7165	31	2835	9479	7	30	40	1,9	1,8	1,7
40	6668	24	7196	31	2804	9473	6	20	50	2,3	2,2	2,2
50	6692	24	7226	30	2774	9466	7	10	1′	2,8	2,7	2,6
		24		31			7		2	5,6	5,4	5,2
		24		31			7		3	8,4	8,1	7,8
28 0	9,6716	24	9,7257	30	0,2743	9,9459	6	62 0	4	11,2	10,8	10,4
10	6740	24	7287	30	2713	9453	7	50	5	14,0	13,5	13,0
20	6763	23	7317	30	2683	9446	7	40	6	16,8	16,2	15,6
30	6787	24	7348	31	2652	9439	7	30	7	19,6	18,9	18,2
40	6810	23	7378	30	2622	9432	7	20	8	22,4	21,6	20,8
50	6833	23	7408	30	2592	9425	7	10	9	25,2	24,3	23,4
		23		30			7					
29 0	9,6856	22	9,7438	29	0,2562	9,9418	7	61 0	10″	0,4	0,4	0,4
10	6878	22	7467	29	2533	9411	7	50	20	0,8	0,8	0,8
20	6901	23	7497	30	2503	9404	7	40	30	1,2	1,2	1,2
30	6923	22	7497	29	2503	9404	7	30	40	1,7	1,6	1,5
40	6946	23	7526	30	2474	9397	7	20	50	2,1	2,0	1,9
50	6968	22	7556	29	2444	9390	7	10	1′	2,5	2,4	2,3
		22		29			7		2	5,0	4,8	4,6
		22		29			8		3	7,5	7,2	6,9
		22		29			8		4	10,0	9,6	9,2
30 0	9,6990	22	9,7614	30	0,2386	9,9375	7	60 0	5	12,5	12,0	11,5
10	7012	22	7644	29	2356	9368	7	50	6	15,0	14,4	13,8
20	7033	21	7673	28	2327	9361	7	40	7	17,5	16,8	16,1
30	7055	22	7701	28	2299	9353	8	30	8	20,0	19,2	18,4
40	7076	21	7730	29	2270	9346	7	20	9	22,5	21,6	20,7
50	7097	21	7759	29	2241	9338	8	10				
		21		29			8		10″	0,4	0,4	0,3
		21		28			7		20	0,7	0,7	0,7
31 0	9,7118	21	9,7788	28	0,2212	9,9331	8	59 0	30	1,1	1,0	1,0
10	7139	21	7816	29	2184	9323	8	50	40	1,5	1,4	1,3
20	7160	21	7845	28	2155	9315	8	40	50	1,8	1,8	1,7
30	7181	21	7873	28	2127	9308	7	30	1′	2,2	2,1	2,0
40	7201	20	7902	29	2098	9300	8	20	2	4,4	4,2	4,0
50	7222	21	7930	28	2070	9292	8	10	3	6,6	6,3	6,0
		20		28			8		4	8,8	8,4	8,0
		20		28			8		5	11,0	10,5	10,0
		20		28			8		6	13,2	12,6	12,0
32 0	9,7242	20	9,7958	28	0,2042	9,9284	8	58 0	7	15,4	14,7	14,0
10	7262	20	7986	28	2014	9276	8	50	8	17,6	16,8	16,0
20	7282	20	8014	28	1986	9268	8	40	9	19,8	18,9	18,0
30	7302	20	8042	28	1958	9260	8	30				
40	7322	20	8070	28	1930	9252	8	20	10″	0,3	0,3	0,3
50	7342	20	8097	27	1903	9244	8	10	20	0,6	0,6	0,6
		19		28			8		30	1,0	0,9	0,8
33 0	9,7361	19	9,8125	28	0,1875	9,9236	8	57 0	40	1,3	1,2	1,1
10	7380	19	8153	27	1847	9228	9	50	50	1,6	1,5	1,4
20	7400	20	8180	27	1820	9219	8	40	1′	1,9	1,8	1,7
30	7419	19	8208	28	1792	9211	8	30	2	3,8	3,6	3,4
40	7438	19	8235	27	1765	9203	8	20	3	5,7	5,4	5,1
50	7457	19	8263	28	1737	9194	9	10	4	7,6	7,2	6,8
		19		27			9		5	9,5	9,0	8,5
		18		27			8		6	11,4	10,8	10,2
		18		27			8		7	13,3	12,6	11,9
		18		27			8		8	15,2	14,4	13,6
34 0	9,7476	18	9,8290	27	0,1710	9,9186	9	56 0	9	17,1	16,2	15,3
10	7494	19	8317	27	1683	9177	8	50				
20	7513	18	8344	27	1656	9169	9	40				
30	7531	18	8371	27	1629	9160	9	30				
40	7550	19	8398	27	1602	9151	9	20				
50	7568	18	8425	27	1575	9142	9	10				
		18		27			8					
35 0	9,7586	18	9,8452	27	0,1548	9,9134	9	55 0				
10	7604	18	8479	27	1521	9125	9	50				
20	7622	18	8506	27	1494	9116	9	40				
30	7640	18	8533	27	1467	9107	9	30				
40	7657	17	8559	26	1441	9098	9	20				
50	7675	18	8586	27	1414	9089	9	10				
60	9,7692	17	9,8613	27	0,1387	9,9080	9	54 0				

54°

62°



この表は三角関数の性格を良く理解しないと利用することは困難と思われま。また説明が一切ないので間違った解釈をするかもしれませんが、大切な資料ですので何とか努力したいと思います。

ここでは

$\log \sin(57^{\circ}01'09'')$  を三角関数の対数表を使用して計算してみます。

下表の三角関数の対数表には  $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$  の記載しかないようです。  $57^{\circ}$  なので  $45^{\circ}$  を超えています。

三角関数の性格である  $\sin\theta = \cos(90^{\circ} - \theta)$  を使用して計算するようです。

$\sin(57^{\circ}01'09'')$  は  $\cos(90^{\circ} - 57^{\circ}01'09'')$  =  $\cos(32^{\circ}58'51'')$  となります

そこで、この表の  $\log \cos(32^{\circ}58'51'')$  を探しても  $\log \cos(32^{\circ}50')$  の表示しかなく真数は 9244 です。  $33^{\circ}00'$  の真数は 9236 となるのでその差は 8 であることから、残りの  $8'51''$  について  $8 \times (8 \times 60 + 51) / 600 = 8 \times (531 / 600)$  の按分計算で 7.08 を差し引いて (sin の場合は加算・cos の場合差し引き) して 923692 を得ることが出来ます。

表を良く見ると、差の 8 については計算をしなくても表中に記載があり、更に P.P. の欄がありました。 PP 欄についてどのような使用方法なのか、いろいろやってみると表中の差に応じた欄を参考にすれば良いようで P.P. 欄の差 8 についてみると、8' であれば 6.4 を使用し、残り 51'' については  $0.8 \times 51 / 60 = 0.68$  で、  $6.4 + 0.68$  を使用すれば良いことがわかりました。 cos でするので 9244 から 7.08 を差し引き 923692 になりました。

次に  $\sin(66^{\circ}58'10'')$  =  $\cos(23^{\circ}01'50'')$  から  $\log \cos(23^{\circ}01'50'')$  の真数を求めます。

三角関数の対数表 ③ 18° ~ 26°

○'	L. Sin	d.	L. Tan	d.c.	L. Cot	L. Cos	d.	
18 0	9,4900	39	9,5118	43	0,4882	9,9782	4	60
10	4939	38	5161	42	4839	9778	4	50
20	4977	38	5203	42	4797	9774	4	40
30	5015	37	5245	42	4755	9770	5	30
40	5052	38	5287	42	4713	9765	4	20
50	5090	36	5329	41	4671	9761	4	10
19 0	9,5126	37	9,5370	41	0,4630	9,9757	5	71 0
10	5163	36	5411	40	4589	9752	4	50
20	5199	36	5451	40	4549	9748	4	40
30	5235	35	5491	40	4509	9743	5	30
40	5270	35	5531	40	4469	9739	4	20
50	5306	36	5571	40	4429	9734	5	10
20 0	9,5341	35	9,5611	40	0,4389	9,9730	4	70 0
10	5375	34	5650	39	4350	9725	5	50
20	5409	34	5689	39	4311	9721	4	40
30	5443	34	5727	38	4273	9716	5	30
40	5477	34	5766	39	4234	9711	5	20
50	5510	33	5804	38	4196	9706	5	10
21 0	9,5543	33	9,5842	38	0,4158	9,9702	4	69 0
10	5576	33	5879	37	4121	9697	5	50
20	5609	33	5917	38	4083	9692	5	40
30	5641	32	5954	37	4046	9687	5	30
40	5673	32	5991	37	4009	9682	5	20
50	5704	31	6028	37	3972	9677	5	10
22 0	9,5736	32	9,6064	36	0,3936	9,9672	5	68 0
10	5767	31	6100	36	3900	9667	5	50
20	5798	31	6136	36	3864	9661	6	40
30	5828	30	6172	36	3828	9656	6	30
40	5859	31	6208	36	3792	9651	5	20
50	5889	30	6243	35	3757	9646	5	10
23 0	9,5919	30	9,6279	36	0,3721	9,9640	6	67 0
10	5948	29	6314	35	3686	9635	5	50
20	5978	30	6348	34	3652	9629	6	40
30	6007	29	6383	35	3617	9624	5	30
40	6036	29	6417	34	3583	9618	6	20
50	6065	29	6452	35	3548	9613	5	10
24 0	9,6093	28	9,6486	34	0,3514	9,9607	6	66 0
10	6121	28	6520	34	3480	9602	5	50

$\log \cos(23^\circ 00')$  の真数は 9640 ですか残りの  $1'50''$  については計算が出来ていません。  
 差 5 の P.P.欄から  $1'$  は 0.5  $50''$  は  $0.5 \times 50/60 = 0.416$  となり、 $\cos$  なので 9640 から 0.916 を差し引くと真数は 9639084 となります。

$$\begin{aligned}
 &= \log 1142.704 + \log \sin(57^\circ 01' 09'') - \log \sin(66^\circ 58' 10'') \\
 &= 3.0579339 + (0.923692 - 1) - (0.9639084 - 1) \\
 &= 3.0579339 + (-0.076308) - (-0.0360916) \\
 \log a &= 3.0177175 \\
 a &= 1041.6396 \text{ となります}
 \end{aligned}$$

ここで、先ほどの関数電卓の値や、図で表示された値(地籍調査の値)とも少し相違がでてしまいました。この表は非常に良く出来た表ですが、真数について 5 桁目を四捨五入して 4 桁で表示されているようです。本来であれば 5 桁目以降も数字があり、少し相違がでたのだと思います。

少し回り道になりますが、三角関数の対数表を使用せず、三角関数の真数からの対数を計算してみます。いろいろ調べていると 10 分単位の三角関数の真数表がありましたので、それで計算してみます。

先ほどと同様にして

$$\sin(57^\circ 01' 09'') = \cos(32^\circ 58' 51'')$$

$$\sin(66^\circ 58' 10'') = \cos(23^\circ 01' 50'') \quad \text{で三角関数表から真数を探します}$$

deg (角度°)		sinθの真数	cosθの真数	tanθの真数	cotθの真数		
22°	00'	.3746	.9272	.4040	2.4751	68°	00'
	10	.3773	.9261	.4074	2.4545		50
	20	.3800	.9250	.4108	2.4342		40
	30	.3827	.9239	.4142	2.4142		30
	40	.3854	.9228	.4176	2.3945		20
	50	.3881	.9216	.4210	2.3750		10
23°	00'	.3907	.9205	.4245	2.3559	67°	00'
	10	.3934	.9194	.4279	2.3369		50
	20	.3961	.9182	.4314	2.3183		40
	30	.3987	.9171	.4348	2.2998		30
	40	.4014	.9159	.4383	2.2817		20
	50	.4041	.9147	.4417	2.2637		10
32°	00'	.5299	.8480	.6249	1.6003	58°	00'
	10	.5324	.8465	.6289	1.5900		50
	20	.5348	.8450	.6330	1.5798		40
	30	.5373	.8434	.6371	1.5697		30
	40	.5398	.8418	.6412	1.5597		20
	50	.5422	.8403	.6453	1.5497		10
33°	00'	.5446	.8387	.6494	1.5399	57°	00'
	10	.5471	.8371	.6536	1.5301		50
	20	.5495	.8355	.6577	1.5204		40
	30	.5519	.8339	.6619	1.5108		30
	40	.5544	.8323	.6661	1.5013		20
	50	.5568	.8307	.6703	1.4919		10
		cosθの真数	sinθの真数	cotθの真数	tanθの真数		deg (角度°)

本来であれば、三角関数の真数表を全部掲載すればよいのですが、ここでは必要部分だけを抜粋して  
います。(MISUMI-VONA【ミスミ】のホームページより掲載)

$\cos(32^\circ 58' 51'')$ は三角関数の表から  $\cos$  の  $32^\circ 50'$ の真数 8403 と  $33^\circ 00'$ の真数 8387 がありますが丁  
度の数字では無いので端数の  $8' 51''$ については按分計算により求めてみます。

$$8403 - 8387 = 16 \quad 8' 51'' = 8 \times 60 + 51 = 531 \quad \text{となりますので } 16 \times (531/600) \quad \text{を求めると}$$

$$\log X = \log 16 + \log 531 - \log 600 = 1.204120 + 2.7250945 - 2.7781513 = 1.1510632$$

$$X = 14.16 \quad \text{となるので}$$

$$8403 - 14.16 = 8388.4$$

そこで

$$\text{Log } \cos(32^\circ 58' 51'') = \log 0.83884 \quad \text{真数は } (0.9236791 - 1) = -0.0763209$$

$\cos(23^\circ 01' 50'')$  三角関数の表から  $\cos$  の  $23^\circ 00'$ と  $23^\circ 10'$ の真数 9205 と 9194 がありますが  
先ほどと同様に端数の  $1' 50''$ については按分計算により求めてみます。

$$9205 - 9194 = 11 \quad 1' 50'' = 1 \times 60 + 50 = 110 \quad \text{となりますので } 11 \times (110/600) \quad \text{を求めます}$$

$$\log X = \log 11 + \log 110 - \log 600 = 1.0413927 + 2.0413927 - 2.7781513 = 0.3046341$$

$$X = 2.017 \quad \text{となり}$$

$$9205 - 2.017 = 9202.983$$

そこで

$$\text{Log } \cos(32^\circ 58' 51'') = \log 0.9202983 \quad \text{となり真数は } (0.9639286 - 1) = -0.0360714$$

ここで

$$\begin{aligned} \log a &= \log((1142.704 \times \sin(57^\circ 01' 09'')) / \sin(66^\circ 58' 10'')) \\ &= \log 1142.704 + \log \sin(57^\circ 01' 09'') - \log \sin(66^\circ 58' 10'') \end{aligned}$$

に置き換わるので

$$= 3.0579339 + (-0.0763209) - (-0.0360714)$$

$$\log a = 3.0176844$$

したがって距離は 1041.5602 となります

ここで使用した三角関数の真数表は 4 桁でしたが桁数の多い表を使用すれば答えは関数電卓で計算  
した答えと一致するものと思われます。

距離については 1041.560 を使用することにします。

## 座標を計算する

同様にして、図根三角点 L 5 の座標を計算することにします。

四等三角点神領の座標は(40059.44 - 92533.45)は既知で、神領から L 5 への方向角  $62^\circ 35' 34''$ が解っ  
ており、距離  $S = 1041.560$  も計算されました。

$$L 5 \text{ の } X \text{ 座標は } 40059.44 + 1041.560 \times \cos 62^\circ 35' 34''$$

Y座標は  $-92533.45 + 1041.560 \times \sin 62^\circ 35' 34''$  で計算することが出来ます

X座標から まず  $1041.560 \times \cos 62^\circ 35' 34''$  を計算しましょう。

$$\text{Log}X = \log 1041.560 + \log \cos 62^\circ 35' 34'' \text{ となります}$$

対数表を使用して  $\log 1041.560$  の真数は 3.0176844

$\cos 62^\circ 35' 34''$  は角度が  $45^\circ$  を越えていますので  $\cos 62^\circ 35' 34'' = \sin(90^\circ - 62^\circ 35' 34'') = \sin 27^\circ 24' 26''$

三角関数の真数表から  $\sin 27^\circ 20''$  で真数 4592  $\sin 27^\circ 30''$  の真数 4617 で差は 25、端数の  $4' 26''$  は  $(4 \times 60 + 26) / 600$  となり、差にこの分を按分  $25 \times 266 / 600 = 11.08$  して、 $4592 + 11.08 = 4603.08$

$\text{Log} 0.460308$  の真数は 0.66304858 -1

$$\text{Log}X = 3.0176844 - 0.33695142 = 2.68073298$$

$$X = 479.44$$

$$40059.44 + 479.44 = 405388.88$$

Y座標は  $-92533.45 + 1041.560 \times \sin 62^\circ 35' 34''$

まず  $1041.560 \times \cos 62^\circ 35' 34''$  を計算しましょう。

$$\text{Log}X = \log 1041.560 + \log \cos 62^\circ 35' 34'' \text{ となります}$$

$45^\circ$  を越えていますので  $\sin 62^\circ 35' 34'' = \cos(90^\circ - 62^\circ 35' 34'') = \cos 27^\circ 24' 26''$

三角関数の真数表から  $\cos 27^\circ 20''$  で真数 8884  $\cos 27^\circ 30''$  の真数 8870 で差は 14、端数の  $4' 26''$  は  $(4 \times 60 + 26) / 600$  となり、差にこの分を按分  $14 \times 266 / 600 = 6.20$  して、 $8884 - 6.20 = 8877.8$

$\text{Log} 0.88778$  の真数は 0.9483054 -1

$$\text{Log}Y = 3.0176844 - 0.0516946 = 2.9659898$$

$$Y = 924.68$$

$$-92533.45 + 924.68 = -91608.77$$

40538.88

-91608.78