地球の扁率に基く震央距離の補正

川　畑　幸　夫

震央距離 Δ は通常地球を球と見做し球面三角法を適用して

$$\cos\Delta=\sin\varphi_1\sin\varphi_2+\cos\varphi_1\cos\varphi_2\cos(l_2-l_1)\cdots\cdots(1)$$

で求められて居る。こゝに φ_1, φ_2 は震央及び觀測所の地理學的緯度 (Geographic Latitude) であり，l_1, l_2 は楕圓體上に於ける經度である。然し乍ら地球は扁平楕圓體であるから (1) によつて計算した Δ は誤差を含むことは無論のこと幾何學的に言つても Δ は地心に於ける角でも無いから甚だ面白くない。近來地震觀測の精度が高まるにつれて，震央距離も出來るだけ精確に求めることを必要とする樣になつたので，それに對する一試案を呈出して大方の御叱正を乞ひたいと思ふ。

此の問題については既に竹花峰夫氏が測候時報第九卷第九號で精しく現在までの諸家の研究を紹介せられた。Gutenberg は扁率を考へに入れるために地理學的緯度 φ を使用する代りに地心緯度 (Geocentric Latitude) を用ふべきことを提唱して居るが，著者は純正測地學の立場より見て地心緯度よりも寧ろ整約緯度 (Reduced Latitude) を用ふべきものであると信ずる。此の方法は既に古く Bessel によつて創められたものであつて，地球上二點の距離は如何程までも精確に、1mm までも割合に簡單に求めることが出來るが今吾々の目的に對して許されるだけ省略することにする。精しくは文獻(5), (6), (7) を參照せられたい。

今地上の一點 P から α なる方位で出發する一つの測地線を考へると之に對しては次の定理が成立する。即ち測地線上の任意の一點の地理學的緯度 φ に對する整約緯度を ψ とすればこの測地線上の凡ての點に對して

$$\cos\psi\sin\alpha=\text{一定}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

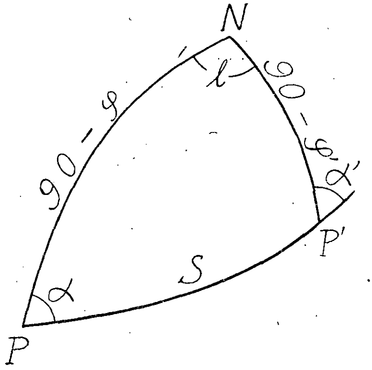
今之を次の形にかく

$$\cos\psi\sin\alpha=\cos\psi'\sin\alpha'\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

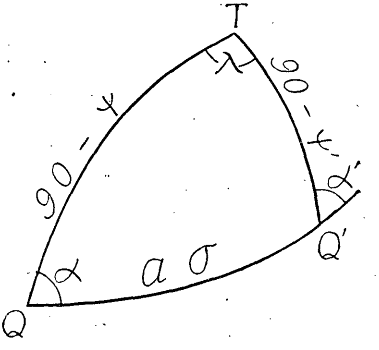
ψ, α は震央に於ける値，ψ', α' は震央と觀測所を結ぶ測地線上の任意の一點

に於ける値とする。楕圓體上に於ける $P\ P'$ の經度差を l, 距離を S とすれば第1圖が得られる。

第 1 圖



第 2 圖



第1圖に對應して補助の球を考へ此の球面上に補助球面三角形を考へる。即ち P, P' に對應する點 Q, Q' では ψ, ψ' なる緯度を有せしめ且つ Q に於て α なる方位をもたしめれば大圓 QQ' は Q 及び Q' に於て楕圓體上に於けると同一の方位 α 及び α' をもつことになる，然るとき $Q\ Q'$ の經度差は楕圓體上の値 l とは當然異つて來て λ となり叉大圓弧長 QQ' も $a\sigma$ となる。但し a は赤道半徑とする。

第1圖と第2圖から

楕圓體上に於て	補助球面上に於て
$ds\cos\alpha = M\,d\varphi$	$a\,d\sigma\cos\alpha = a\,d\psi$
$ds\sin\alpha = N\cos\varphi\,dl$	$a\,d\sigma\sin\alpha = a\cos\psi\,d\lambda$

但し M, N は夫々子午線及び平行圏方向に於ける曲率半徑である。

邊々割算を行つて

$$\frac{ds}{a\,d\sigma} = \frac{M}{a}\frac{d\varphi}{d\psi},\quad \frac{dl}{d\lambda} = \frac{M}{N}\frac{\cos\psi}{\cos\varphi}\frac{d\varphi}{d\psi}\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

φ と ψ の關係は $\tan\psi = \sqrt{1-e^2}\tan\varphi$ であるから

$$\frac{\cos\varphi}{\cos\psi} = V\sqrt{1-e^2},\quad \frac{d\varphi}{d\psi} = V^2\sqrt{1-e^2}\ \cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

となる。但し V は緯度の函數で

$$V=(1-e^2\cos^2\psi)^{-\frac{1}{2}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

$\dfrac{M}{a}=\dfrac{1}{V^3\sqrt{1-e^2}}$, $\dfrac{M}{N}=\dfrac{1}{V^2}$ であるから (4), (5) より

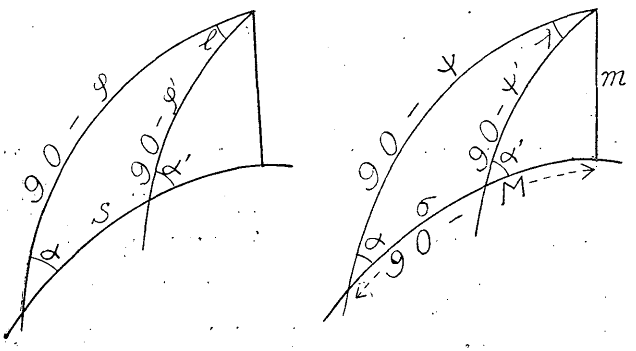
$$ds=a\,d\sigma\frac{1}{V}\cdots\cdots(7)\qquad dl=d\lambda\frac{1}{V}\cdots\cdots\cdots(8)$$

(6) と (7) とから一つの測地線に對し

$$ds=a\,d\sigma\sqrt{1-e^2\cos^2\psi'}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

第　3　圖

橢　圓　體　上　　　　球　面　上



これを積分するために ψ' を σ であらはさねばならぬ。それには第3圖の球面三角形に於て大圓の整約緯度が最も高くなつた點を考へ，その點に於ける整約緯度の餘角を m とすれば

$$\sin m=\cos\psi\sin\alpha,\ \tan M=\frac{\sin\psi}{\cos\psi\cos\alpha}\cdots\cdots(10)$$

$$\cos m=\frac{\sin\psi}{\sin M}=\frac{\cos\psi\cos\alpha}{\cos M}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(11)$$

$$\sin\psi'=\cos m\sin(M+\sigma)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(12)$$

今簡單のために

$$M+\sigma=x\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(13)$$

とおけば，$d\sigma=dx$ であるから

$$\sin^2\psi'=\cos^2 m\sin^2 x,\quad \cos^2\psi'=1-\cos^2 m\sin^2 x\cdots(14)$$

之を(9)に代入し

$$ds=a\sqrt{1-e^2+e^2\cos^2 m\sin^2 x}\,dx\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(15)$$

$\dfrac{e^2}{1-e^2}=e'^2$ とおけば

$$ds=a\sqrt{1-e^2}\sqrt{1+e'^2\cos^2 m\sin^2 x}\,dx \cdots\cdots\cdots\cdots(16)$$

地球の極半經を b とすれば $a\sqrt{1-e^2}=b$ であるから，今 $e'\cos m=k$ とおけば

$$ds=b\sqrt{1+k^2\sin^2 x}\,dx \cdots\cdots\cdots\cdots(17)$$

之を級數に展開し

$$\sin^2 x=\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\cos 2x,\ \sin^4 x=\frac{3}{8}-\frac{1}{2}\cos 2x+\frac{1}{8}\cos 4x,\ \cdots\cdots\cdots\cdots,$$

により積分を實行すれば

$$s=b\int_M^{M+\sigma}\sqrt{1+k^2\sin^2 x}\ dx$$

$$=b\left[\left(1+\frac{k^2}{4}-\frac{3k^4}{64}\right)\sigma-\left(\frac{k^2}{4}-\frac{k^4}{16}\right)\sin\sigma\cos(2M+\sigma)+\frac{k^4}{128}\sin 2\sigma\cos(4M+2\sigma)\right] \quad (18)$$

となる。各項の大きさを調べるために測地線が地球を一周する場合卽ち $\sigma=2\pi$ に對して計算して見ると最大の場合で $\dfrac{k^2}{4}\sigma$ の項は $\overset{\text{km}}{0.45}$, $\dfrac{k^2}{4}\sin\sigma\cos(2M+\sigma)$ の項は $\overset{\text{km}}{0{\cdot}07}$ で k^4 のかゝる項は 1 粍に達しない，それ故に現在の地震觀測の精度に對して吾々は充分な正確度をもつて

$$s=b\sigma \cdots\cdots\cdots\cdots(19)$$

とおくことが出來る。卽ち補助球面三角形上で σ だけ計算すればよいことになる。

σ を計算するには第一に地理學的緯度を整約緯度に直さねばならぬ。之は豫め表になつてゐるから問題にならぬ（第1表）第二には經度差 l を補正して球面上の値 λ に直さねばならぬ。

今第 2 圖の大圓弧 QQ' 上の任意の一點に於ける方位を A とし此の點に於て T と微小球面三角形を作り，それに Sine-Law を適用すれば

$$d\lambda\cos\psi=d\sigma\sin A \cdots\cdots\cdots\cdots(20)$$

となる。然るに一方第 3 圖の球面三角形に同様 Sine-Law を適用すれば

$$\sin A=\frac{\sin m}{\cos\psi} \cdots\cdots\cdots\cdots(21)$$

であるから結局

$$d\lambda=\frac{\sin m}{\cos^2\psi}d\sigma \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(22)$$

となる。(6)と(8)とから

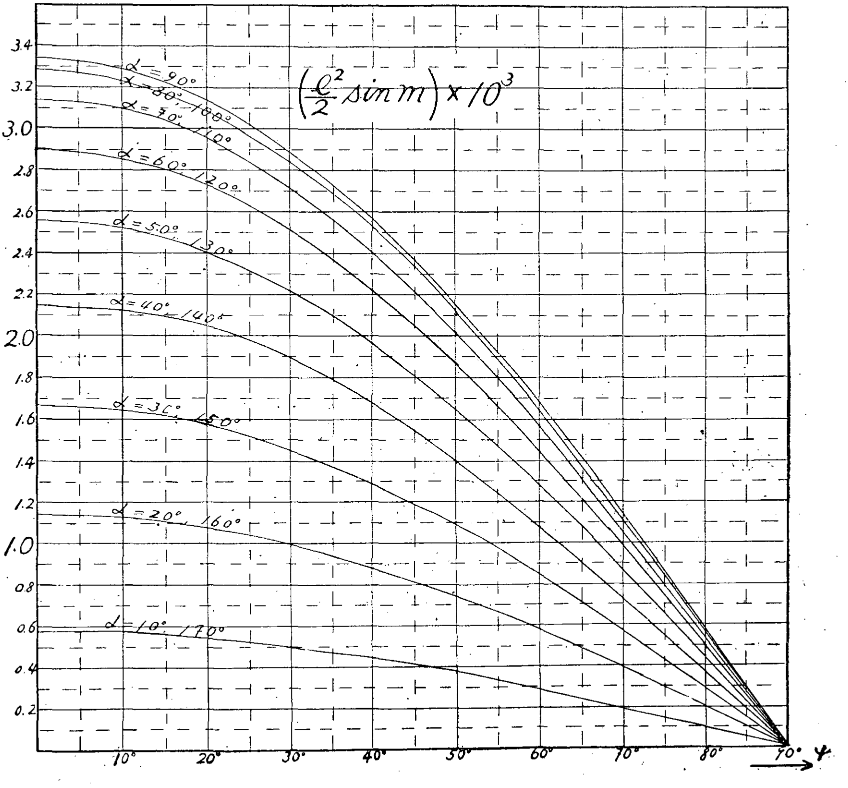
$$dl=\frac{d\lambda}{V}=\left(1-\frac{e^2}{2}\cos^2\psi-\frac{e^4}{8}\cos^4\psi-\cdots\cdots\right)d\lambda$$
$$=d\lambda-\frac{e^2}{2}\cos^2\psi\left(1+\frac{e^2}{4}\cos^2\psi+\cdots\cdots\right)d\lambda$$

であるから之に(22)を代入すれば

$$d\lambda=dl+\frac{e^2}{2}\sin m\left(1+\frac{e^2}{4}\cos^2\psi+\cdots\cdots\right)d\sigma$$

右邊第二項は補正項であるから１に對して$\frac{e^2}{4}\cos^2\psi$ を省略することが出來る。$\sigma=2\pi$ 卽ち地球を一周し且つ最も條件の悪い場合ですらこの省略のために起る經度差の誤差は $7''$ にすぎない。故に

第　4　圖



第　1　表

整約緯度 (Reduced Latitude) ψ を得るために地理學的緯度 (Geographic Latitude) φ より代數的に減ずべき量(文獻(7)並に文獻(6)附表 p. 59 による)

φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$
0° 0′	0′ 0″	30°20′	5′ 1″	35°40′	5′27″	41° 0′	5′42″	46°20′	5′45″	51°40′	5′36″
1 0	0 12	30	2	50	28	10	42	30	45	50	36
2 0	0 24	40	3	36 0	28	20	42	40	45	52 0	5 35
3 0	0 36	50	4	10	29	30	43	50	45	10	35
4 0	0 48	31 0	5 5	20	29	40	43	47 0	5 45	20	34
5 0	1 0	10	6	30	30	50	43	10	44	30	34
6 0	1 12	20	7	40	31	42 0	5 43	20	44	40	33
7 0	1 23	30	7	50	31	10	44	30	44	50	33
8 0	1 35	40	8	37 0	5 32	20	44	40	44	53 0	5 32
9 0	1 47	50	9	10	32	30	44	50	44	10	32
10 0	1 58	32 0	5 10	20	33	40	44	48 0	5 43	20	31
11 0	2 9	10	11	30	33	50	44	10	43	30	30
12 0	2 20	20	12	40	34	43 0	5 44	20	43	40	30
13 0	2 31	30	13	50	34	10	45	30	43	50	29
14 0	2 42	40	14	38 0	5 35	20	45	40	43	54 0	29
15 0	2 52	50	14	10	35	30	45	50	42	10	28
16 0	3 3	33 0	5 15	20	36	40	45	49 0	5 42	20	27
17 0	3 13	10	16	30	36	50	45	10	42	30	27
18 0	3 23	20	17	40	37	44 0	5 45	20	41	40	26
19 0	3 32	30	18	50	37	10	45	30	41	50	25
20 0	3 42	40	18	39 0	5 38	20	45	40	41	55 0	5 25
21 0	3 51	50	19	10	38	30	45	50	41	10	24
22 0	4 0	34 0	5 20	20	38	40	45	50 0	5 40	20	23
23 0	4 8	10	21	30	39	50	45	10	40	30	23
24 0	4 16	20	21	40	39	45 0	5 45	20	39	40	22
25 0	4 24	30	22	50	40	10	45	30	39	50	21
26 0	4 32	40	23	40 0	5 40	20	45	40	39	56 0	5 20
27 0	4 39	50	24	10	40	30	45	50	38	10	20
28 0	4 46	35 0	5 24	20	41	40	45	51 0	5 38	20	19
29 0	4 53	10	25	30	41	50	45	10	37	30	18
30 0	4 59	20	26	40	41	46 0	5 45	20	37	40	17
10	5 0	30	26	50	42	10	45	30	37	50	16

φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$	φ	$\varphi-\psi$
57° 0′	5′16″	59°10′	5′ 4″	61°20′	4′51″	63°30′	4′36″	66° 0′	3′51″	82° 0′	1′35″
10	15	20	3	30	50	40	35	70 0	3 42	83 0	1 24
20	14	30	2	40	49	50	34	71 0	3 33	84 0	1 12
30	13	40	1	50	48	64 0	4 32	72 0	3 23	85 0	1 0
40	12	50	0	62 0	4 47	10	31	73 0	3 13	86 0	0 48
50	11	60 0	4 59	10	45	20	30	74 0	3 3	87 0	0 36
58 0	5 11	10	58	20	44	30	29	75 0	2 53	88 0	0 24
10	10	20	57	30	43	40	4 27	76 0	2 42	89 0	0 12
20	9	30	56	40	42	50	4 26	77 0	2 32	90 0	0 0
30	8	40	55	50	41	65 0	4 25	78 0	2 21		
40	7	50	54	63 0	4 40	66 0	4 17	79 0	2 10		
50	6	61 0	4 53	10	38	67 0	4 9	80 0	1 58		
59 0	5 5	10	52	20	37	68 0	4 0	81 0	1 47		

$$\lambda=l+\frac{e^2}{2}\sigma\sin m \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(23)$$

この式に於けるσは補正項に入つて居るから近似値で充分であつて，震央と觀測所の距離を例へば地圖上或は地球儀上で簡單に測つて充分である。又$\sin m$は(10)によつて計算すればよい。此の場合に震央の整約緯度ψは第1表によれば問題なく得られる，その他に吾々は$\sin\alpha$を求めなければならぬ。これも何れ補正項の因子であるから地圖上で推定して用ひれば充分である。參考のために$\frac{e^2}{2}\sin m$をグラフにして示せば第4圖の如くなる。αが180°～360°の場合は此の圖に負號をつけて用ふればよい。σは弧度法で測るから地圖上或は地球儀上で其の概略値が得られた場合計算尺で弧度に換算して用ふればよい。

以上の手段を要約すれば

(i) 震央が定まつた場合先づ第1表で其の整約緯度を求める。

(ii) 震央と觀測所の距離の概略値を地圖或は地球儀で求め之を計算尺或は豫め作製した表で弧度に換算する。

(iii) 次に同樣震央から觀測所に向ふ方位の概略値を圖上或は地球儀上で求める。

(iv) (10)式或は第4圖によつて經度差への補正を求めλを算出する。

第 2 表

No.	觀測所	ψ	λ	$\sin\psi$	$\cos\psi$	No.	觀測所	ψ	λ	$\sin\psi$	$\cos\psi$
1	網走	43°55.'2	144°17'	0.69365	0.72032	35	伊吹山	35°19.'6	136°24'	0.57824	0.81587
2	相川	37 56.4	138 14	0.61484	6.78866	36	飯田	35 25.5	137 50	0.57964	0.81489
3	會津	37 28.5	140 7	0.60842	0.79362	37	石垣島	24 15.7	124 10	0.41090	0.91168
4	秋田	39 37.3	140 6	0.63771	0.77028	38	石卷	38 20.4	141 19	0.62033	0.78435
5	安別	49 53.3	142 9	0.75479	0.64429	39	伊東	34 52.6	139 6	0.57181	0.82038
6	青森	40 43.3	140 47	0.65238	0.75790	40	嚴原	34 6.7	129 17	0.56080	0.82794
7	阿里山	23 26.8	120 48	0.39790	0.91743	41	鹿兒島	31 28.8	130 33	0.52220	0.85282
8	旭川	43 41.2	142 22	0.69072	0.72313	42	龜山	34 45.6	136 28	0.57014	0.82156
9	足尾	36 33.5	139 27	0.59565	0.80325	43	金澤	36 26.5	136 39	0.59400	0.80445
10	大連	38 48.4	121 38	0.62671	0.77928	44	花蓮港	23 53.7	121 37	0.40506	0.91424
11	元山	39 5.4	127 26	0.63053	0.77616	45	勝浦	35 3.6	140 19	0.57443	0.81855
12	岐阜	35 18.6	136 46	0.57800	0.81602	46	京城	37 28.4	126 58	0.60839	0.79364
13	羽幌	44 17.2	141 42	0.69825	0.71587	47	神戸	34 35.6	135 11	0.56774	0.82320
14	函館	41 41.3	140 43	0.66507	0.74678	48	甲府	35 32.5	138 34	0.58130	0.81369
15	箱根	35 5.6	139 1	0.57491	0.81822	49	江陵	37 39.4	128 54	0.61093	0.79168
16	濱田	34 48.6	132 4	0.57086	0.82105	50	恒春	21 56.0	120 45	0.37353	0.92762
17	濱松	34 37.6	137 43	0.56823	0.82287	51	高知	33 27.7	133 32	0.55138	0.83426
18	漢口	30 29.9	114 17	0.50751	0.86164	52	熊谷	36 3.5	139 23	0.58861	0.80842
19	八丈島	33 0.7	139 50	0.54481	0.83856	53	熊本	32 43.7	130 42	0.54065	0.84124
20	八戸	40 25.8	141 31	0.64852	0.76120	54	釧路	42 53.3	144 24	0.68057	0.73267
21	平壤	38 56.4	125 45	0.62849	0.77780	55	京都	34 55.6	135 44	0.57252	0.81988
22	彦根	35 10.6	136 15	0.57610	0.81740	56	前橋	36 18.5	139 4	0.59212	0.80584
23	廣島	34 16.7	132 26	0.56321	0.82631	57	眞岡	46 57.3	142 3	0.73082	0.68257
24	澎湖	23 27.7	119 33	0.39840	0.91733	58	松本	36 9.5	137 59	0.59002	0.80739
25	奉天	41 41.3	123 24	0.66507	0.74678	59	松山	33 44.7	132 45	0.55550	0.83152
26	本斗	46 34.3	141 52	0.72623	0.68745	60	水澤	39 2.4	141 8	0.62987	0.77671
27	新京	43 49.2	125 18	0.69239	0.72152	61	三島	35 1.6	138 57	0.57396	0.81888
28	福井	35 57.5	136 16	0.58719	0.80945	62	水戸	36 17.5	140 28	0.59190	0.80602
29	福岡	33 29.7	130 25	0.55187	0.83393	63	宮津	35 26.5	135 12	0.57987	0.81470
30	福岡(支)	33 29.7	130 23	0.55188	0.83393	64	宮古	39 32.3	141 59	0.63659	0.77120
31	福島	37 39.4	140 28	0.61093	0.79168	65	宮崎	31 49.8	131 26	0.52740	0.84963
32	船津	35 24.6	138 46	0.57942	0.81503	66	木浦	34 41.6	126 23	0.56919	0.82222
33	釜山	35 0.6	129 2	0.57372	0.81903	67	盛岡	39 36.3	141 10	0.63749	0.77046
34	伏木	36 41.5	137 3	0.59750	0.80186	68	室蘭	42 14.3	140 58	0.67222	0.74035

No.	觀測所	ψ	λ	sin ψ	cos ψ	No.	觀測所	ψ	λ	sin ψ	cos ψ
69	室戶	33° 9.′7	134° 11′	0.54700	0.83712	104	春照	35° 17.′6	136° 23′	0.57776	0.81620
70	長野	36 34.5	138 12	0.59588	0.80308	105	多度津	34 11.7	133 46	0.56201	0.82712
71	長崎	32 38.7	129 52	0.53943	0.84202	106	臺北	24 57.6	121 31	0.41199	0.90658
72	名古屋	35 4.6	136 58	0.57467	0.81838	107	臺中	24 5.7	120 41	0.40825	0.91298
73	那覇	26 7.5	127 39	0.44033	0.89784	108	高田	37 0.5	138 15	0.60193	0.79855
74	名瀨	28 18.2	129 30	0.47414	0.88046	109	高山	36 3.5	137 15	0.58361	0.80842
75	根室	43 14.3	145 35	0.68503	0.72850	110	天津	39 3.4	117 9	0.63009	0.77653
76	新潟	37 50.4	139 3	0.61346	0.78973	111	芝罘	37 28.4	121 30	0.60839	0.79363
77	沼津	35 0.6	138 51	0.57372	0.81905	112	青島	35 58.5	120 19	0.58744	0.80928
78	帶廣	42 49.3	143 12	0.67972	0.73347	113	父島	27 0.3	142 11	0.45407	0.89096
79	追分	36 14.5	138 33	0.59119	0.80653	114	德島	33 58.7	134 35	0.55888	0.82924
80	岡山	34 34.6	133 56	0.56750	0.82338	115	東京	35 35.5	139 46	0.58201	0.81318
81	御前崎	34 30.6	138 13	0.56655	0.82402	116	富江	32 31.7	128 46	0.53772	0.84312
82	小名濱	36 50.5	140 54	0.59961	0.80030	117	富崎	34 49.6	139 50	0.57110	0.82088
83	大分	33 8.7	131 37	0.54676	0.83728	118	富山	36 35.5	137 12	0.59611	0.80290
84	大泊	46 33.3	142 46	0.72603	0.68765	119	豐岡	35 26.6	134 49	0.57990	0.81469
85	落合	47 14.3	142 47	0.73418	0.67895	120	津	34 38.6	136 31	0.56846	0.82272
86	Palau	7 18.5	134 29	0.12721	0.99188	121	筑波山	36 7.5	140 6	0.58955	0.80774
87	旅順	38 40.4	121 16	0.62510	0.78077	122	銚子	35 38.5	140 51	0.58271	0.81268
88	佐賀	33 9.7	130 18	0.54700	0.83712	123	中江鎮	41 41.3	126 53	0.66507	0.74678
89	濟州	33 25.7	126 32	0.55090	0.83456	124	溫泉岳	32 38.7	130 15	0.53944	0.84203
90	濟南	36 34.5	116 58	0.59587	0.80306	125	浦河	42 3.3	142 47	0.66983	0.74249
91	境	35 27.5	133 14	0.58011	0.81456	126	宇都宮	36 27.5	139 52	0.59424	0.80429
92	札幌	42 58.3	141 21	0.68163	0.73170	127	和歌山	34 8.7	135 10	0.56128	0.82762
93	仙臺	38 10.4	140 54	0.61804	0.78614	128	輪島	37 17.5	136 54	0.60587	0.79556
94	四平街	43 5.3	124 20	0.68313	0.73030	129	八木	34 25.6	135 48	0.56535	0.82486
95	上海	31 9.9	121 30	0.51750	0.85563	130	山形	38 9.4	140 21	0.61781	0.78632
96	敷香	49 8.3	143 7	0.75630	0.65426	131	橫濱	35 20.6	139 39	0.57847	0.81570
97	淸水	32 41.7	132 58	0.54017	0.84155	132	橫須賀	35 13.6	139 39	0.57681	0.81688
98	下關	33 51.7	130 56	0.55719	0.83038	133	雄基	42 14.3	130 24	0.67222	0.74035
99	新義州	40 0.3	124 23	0.64285	0.76598	134	全州	35 43.5	127 9	0.58390	0.81182
100	潮岬	33 21.7	135 46	0.54993	0.83523	135	仁川	37 23.5	126 38	0.60726	0.79451
101	洲本	34 15.7	134 53	0.56297	0.82648	136	城津	40 34.3	129 12	0.65040	0.75960
102	壽都	42 42.3	140 13	0.67822	0.73485	137	營口	40 34.3	122 14	0.65040	0.75960
103	紗那	45 8.2	147 53	0.70879	0.70542	138	大邱	35 46.5	128 36	0.58460	0.81133
						139	臺東	22 40.9	121 9	0.38561	0.92268
						140	臺南	22 55.9	120 13	0.38963	0.92096
						141	柿岡	36 8.5	140 11	0.58978	0.80756

(v) 球面上に於て緯度 ψ_1, ψ_2, 經度差 λ なる球面三角形を解く，即ち

$\cos\sigma = \sin\psi_1 \sin\psi_2 + \cos\psi_1 \cos\psi_2 \cos\lambda$

(vi) $s = b\sigma$ によつて距離を算出する。

以上の手段で求めた二點間の距離は地球を一周する場合でも誤差は 0.5km を超えない。

參考のために本邦各測候所の $\sin\psi$, $\cos\psi$ をも求めておいた(第2表)。

以上述べたところは必ずしも其の全部が著者の創案に基くものでは無く主として文獻 (6)によつたものであることを御斷りしておく。

文　　獻

(1) 和達清夫. 測候時報第三卷第十九號（昭和七年）
(2) B. Gutenberg; Gerlands Beitr. z Geophys. Bd. 40 (1933).
(3) K. E. Bullen; M. N. R. A. S. Geophys. Suppl. Vol. 4. (1937).
(4) Jeffreys; M. N. R. A. S., Geophys. Suppl., Vol. 3. (1935).
(5) F. R. Helmert; Theorien der Höheren Geodäsie, Bd. 1, Kap. 5.
(6) Jordan-Eggert; Handbuch der Vermessungskunde, Bd. 3 § 84.
(7) Albrecht; Formeln und Hilfstafeln für Geographische Ortsbestimmungen, p. 134.