

# 桜島に於ける水準測量結果について (第2報) 及び桜島に於ける地盤変動観測について (続報)

吉 川 圭 三

## ON THE RESULT OF THE PRECISE LEVELLING AT SAKURAJIMA (PART 2) AND THE OBSERVATIONS OF THE CRUSTAL DEFORMATIONS AT SAKURAJIMA VOLCANO (CONTINUED REPORT)

by Keizō YOSHIKAWA

### Synopsis

For the study of the crustal movement accompanying with the volcanic activity, various geophysical observations—precise levelling, tidal guage, tiltmeter and extensometer—have been continued in the Sakurajima volcano, at which eruptions have been in the process since making the outburst on the 13th, Oct. 1955.

In this paper, it will be discussed for results of three successive precise levellings carried out during 1958~60, the upheaval movement of Sakurajima made clear by the tidal guage observation, and the forerunning phenomena of the volcanic eruption recorded by tiltmeters.

### 1. 緒 言

1955年10月13日に突然南岳山頂で爆発を起して活動を再開した桜島火山は、5年後の現在依然として活動をつづけており、この間の主な爆発噴火丈でも数百回の多くをかぞえている。

吾々は火山活動に伴う地盤変動を研究する事によつて、噴火の機巧或はその予知に関する手がかりを得るために、佐々憲三教授の指導のもとに、1956年以来桜島火山の地球物理学的な観測をつづけてきた。そしてそれ等の結果の一部は既に報告したが、この論文に於ては、それ以後に判明した結果について報告する。

### 2. 水準測量結果について

桜島に於ける水準測量は、1957年以来毎年1回実施されており、1957~58年の測量結果については既に第1報にて報告したので、ここでは1958~60年の間になされた結果について報告する。

#### 2.1. 水準路線及び測量方法

第1報に於て述べた如く、1956年12月に桜島口にある G.S.I. 2500 号の水準点を起点として、湯之・袴腰・西道を経て高免に至る約 25 km の間に29個の水準点が埋設された。その後高免から黒神を経て桜島口に至る道路が開通したので、1958年11月に更に水準路線を延長して、桜島一周約 37 km の間に総計42個の水準点が埋設された。(Fig. 1 参照)

測量に使用した器械は何時も、Zeiss A 型水準儀と 3 m インパール標尺である。測量は各水準点間の往復測量で、その測量誤差は何れも一等水準測量の許容誤差以内である。

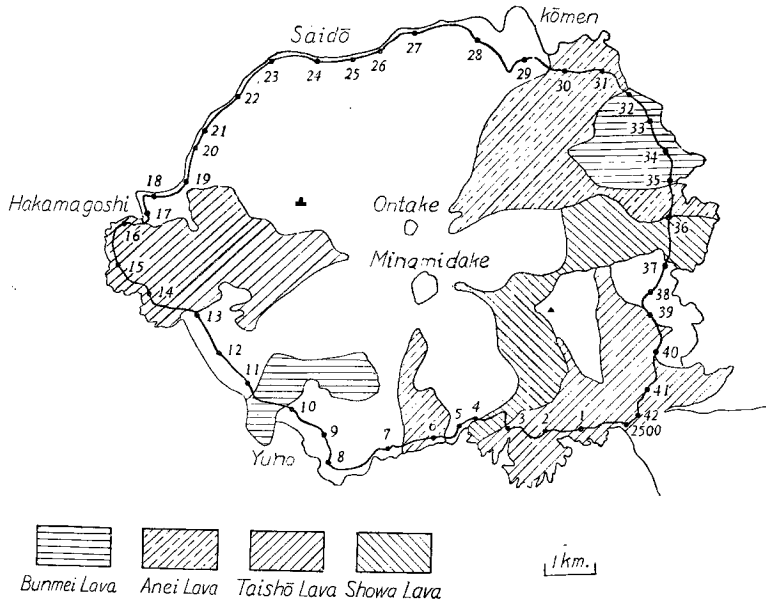


Fig. 1

Table 1 Vertical displacement of each benchmark

| No. of B.M. | 1958~59 | 1959~60 | No. of B.M. | 1958~59 | 1959~60 |
|-------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| 2500        | 0 mm    |         | 22          | - 7.1   | - 1.9   |
| 1           | - 2.2   | - 2.4   | 23          | - 4.1   | + 4.2   |
| 2           | - 7.0   | - 5.2   | 24          | -12.0   | +13.4   |
| 3           | - 6.7   | -10.5   | 25          | —       | +20.6   |
| 4           | - 1.4   | - 4.3   | 26          | - 4.7   | +21.2   |
| 5           | + 0.5   | —       | 27          | —       | +24.0   |
| 6           | + 0.3   | - 1.4   | 28          | - 3.0   | +17.7   |
| 7           | - 2.7   | - 4.9   | 29          | + 4.9   | +13.4   |
| 8           | - 0.5   | -11.5   | 30          |         | +12.5   |
| 9           | - 1.4   | - 9.6   | 31          |         | +15.3   |
| 10          | - 4.6   | - 4.9   | 32          |         | +10.4   |
| 11          | - 7.5   | - 5.0   | 33          |         | + 6.2   |
| 12          | - 9.1   | - 5.4   | 34          |         | —       |
| 13          | -12.6   | - 5.5   | 35          |         | + 0.5   |
| 14          | -15.7   | - 6.4   | 36          |         | -24.8   |
| 15          | -16.1   | - 8.9   | 37          |         | -14.7   |
| 16          | -10.1   | -15.0   | 38          |         | + 5.8   |
| 17          | - 9.9   | —       | 39          |         | + 4.1   |
| 18          | -16.1   | -22.3   | 40          |         | + 2.7   |
| 19          | -10.1   | - 9.8   | 41          |         | - 0.6   |
| 20          | - 9.8   | - 7.8   | 42          |         | - 0.7   |
| 21          | -12.9   | - 1.7   |             |         |         |

2.2. 測量結果について

水準点 2500 号を不動点とみなした場合の、各水準点の各期間に生じた垂直変動量は Table 1 及び Fig. 2 に示されている通りである。之等からわかる如く、1958~59 年には大部分の水準点は沈降を示している。併しその変動量は前期間のものに較べると小さい。1959~60 年には、始めて桜島一周の全水準点の変動量が明かにされた。それによると1957~58 年の時と大勢はよく似ており、桜島の南半部は沈降し、北半部は上昇を示している。又水準点 18 号及び 36 号附近が夫々不連続的な異常沈降を示している事は興味ある問題である。即ち之等の異常変動を示した水準点は何れも大正・昭和の構造線と名付けられている桜島を東西方向に横切っている地質構造線に近接した位置にある。この事柄は桜島の火山活動に伴つて、構造線の附近が特に変動しやすい状態にある事を示しているものと考えられる。

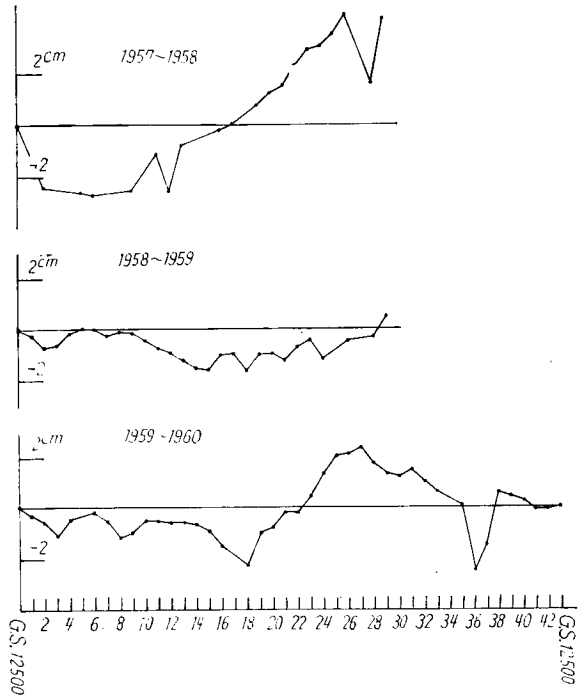


Fig. 2 Vertical displacement of each benchmark during the respective time interval

2.3. 測量結果より求めた桜島の傾斜運動

前回と同様に之等の結果を用いて、桜島自体の傾斜運動を宮部の方法により求めてみた。

Table 2 はある水準点から他の各水準点を見た方向を、北から時計廻りの向きに測定した方位角である。又各期間に生じた各水準点間の傾斜変動量を弧度で表わしたものを Table 3 がである。この両者から方位角と傾斜変動量との関係をしらべてみると、夫々 Fig. 3 (a) (b) (c) に示された様になる。之等の多くの点を満足する様な余弦曲線を求め、桜島自体の傾斜運動をしらべてみると

$$1958\sim 59\text{年 } 1.5 \times 10^{-6} \cos(\theta - 90^\circ)$$

となり、桜島は一つの地塊として、東が上昇する傾斜を示している。併し 1959~60 年には、前に述べた東

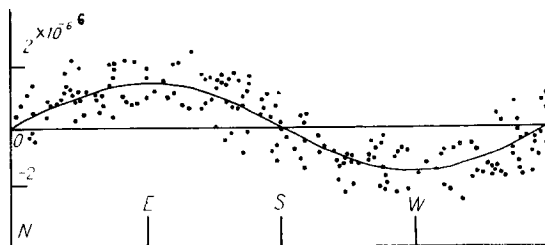


Fig. 3 (a) Sine curve determining the mode of the tilt of Sakurajima block during 1958~1959

西方向の構造線によつて、その南側と北側とで傾斜量を異にしている。

即ち

1959~60年

北側  $8.1 \times 10^{-6} \cos(\theta - 13^\circ)$

南側  $2.0 \times 10^{-6} \cos(\theta - 13^\circ)$

となる。

この様に傾斜の方向は同じで、N13°Eの方向が上昇する傾斜を示すが、その傾斜量を異にした原因の一つとして考えられる事は、Fig. 4に示された如く、N13°Eの方向に桜島が一つの地塊として $\alpha$ なる傾斜をする筈のものが東西方向に走る構造線に沿つて生じた地盤変動のために両断されたのではないかという事である。今この考え方で $\alpha$ を求めてみると

$$\alpha \doteq 5.0 \times 10^{-6} \text{ radian}$$

となる。

之迄に求められた各期間に生じた桜島自体の傾斜運動の様子をベクトルを用いて示すとFig. 5の様になり、桜島自体は大体北方上昇の傾斜運動をつづけつつある事がわかる。

### 3. 潮位観測結果について

桜島の様に海に面している所の地盤の上昇沈降運動は、潮位の観測を行う事によつても知る事が出来る。併しながら潮位は年変化や大気圧の影響によつて絶えず変化をしているので、之等に対する補正を行つても尚且地盤の変動を論ずる場合には可成りの誤差をまぬがれない。今若し之等の影響が等しいと考えられる様な比較的近接した2ヶ所で観測を行い、この両者の示す潮位の差をとれば、この2ヶ所の相対的な地盤変動をより正確に知る事が出来る。

1958年7月から袴腰港に於て、一日巻ロール型検潮儀を用いて潮位観測が始め

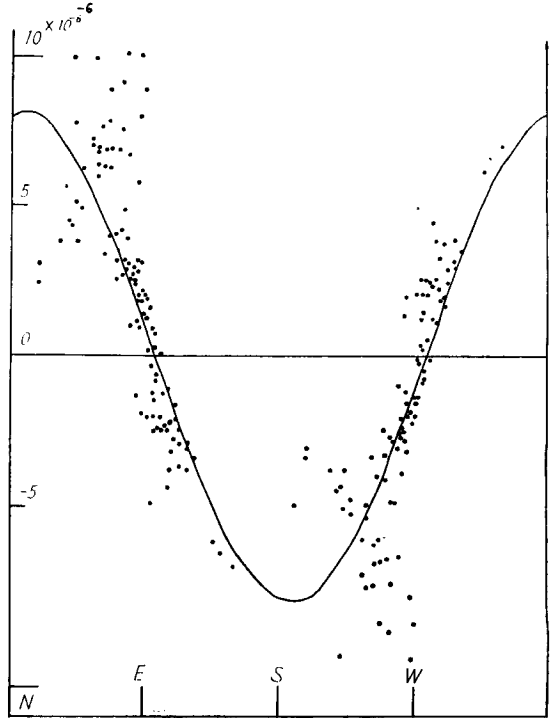


Fig. 3 (b) Sine curve determining the mode of the tilt of the northern Sakurajima block during 1959~1960

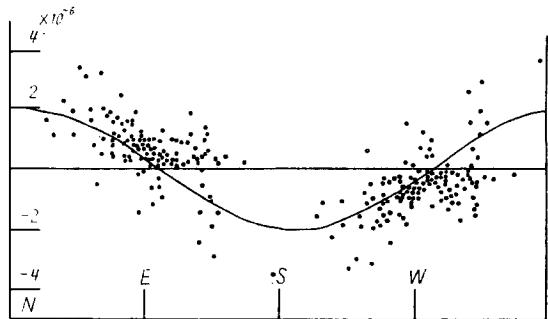


Fig. 3 (c) Sine curve determining of the mode of the tilt of the southern Sakurajima block during 1959~1960

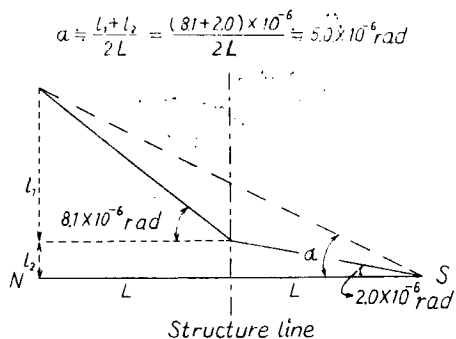


Fig. 4 Speculative diagram of the tilting mode of Sakurajima blocks during 1959~60

られた。幸いにも袴腰港の西方約4 kmの対岸の鹿児島港に於ても、鹿児島地方気象台によつて潮位の観測が行われている。そこでこの2ヶ所の潮位を比較する事によつて、鹿児島港に対する袴腰港の地盤の上昇運動についてしらべてみた。鹿児島港及び袴腰港に於ける潮位の月平均値と、この両者の差が Table 4 に示されており、之から求めた袴腰港の相対的な地盤の上昇の様子が Fig. 6 に示されている。之をみれば明かな如く、袴腰の地盤は最近2年間に鹿児島港より約60 cm程も上昇している。

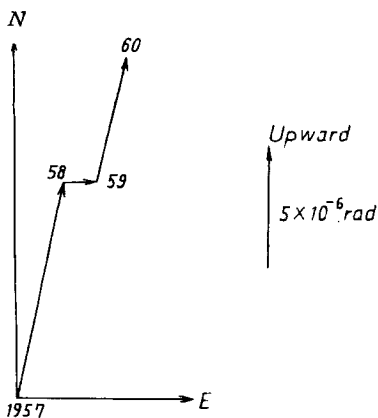


Fig. 5 Vectrically showing mode of the tilt of Sakurajima block during 1957~60

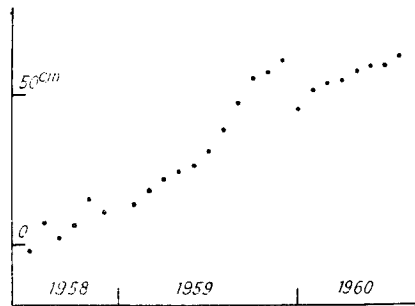


Fig. 6 Relative upheaval movement of Sakurajima obtained by the comparing with sea-levels at Kagoshima and Hakamagoshi

#### 4. 噴火に伴う異常傾斜運動について

袴腰の横穴観測室に於て観測がつづけられている2成分の傾斜計の記録に、噴火の数日前から異常変動が示される事は既に報告した。<sup>2)</sup>

即ち火山の平静な時には、海洋潮汐の影響による傾斜のみを記録するのに対し、活動期になると、海洋潮汐の影響による傾斜と火山活動のための地盤の傾斜とが重なつて、非常に複雑な傾斜記録を示す。そこでこの様な記録から海洋潮汐による影響を取除き、火山活動による傾斜の特徴をつかむために次の様な処理を施した。即ち傾斜計の記録の2時間毎の読取値を夫々  $\theta_0, \theta_2, \theta_4, \dots, \theta_{2(m-1)}, \theta_{2(m+1)}$  とし、之等について24時間毎の移動平均を行い

$$\theta_{12} = \frac{\theta_0 + \theta_2 + \dots + \theta_{22} + \theta_{24}}{13}$$

$$\theta_{14} = \frac{\theta_2 + \theta_4 + \dots + \theta_{24} + \theta_{26}}{13}$$

$$\theta_{2m} = \frac{\theta_{2(m-1)} + \theta_{2(m-3)} + \dots + \theta_{2(m+1)} + \theta_{2(m+3)}}{13}$$

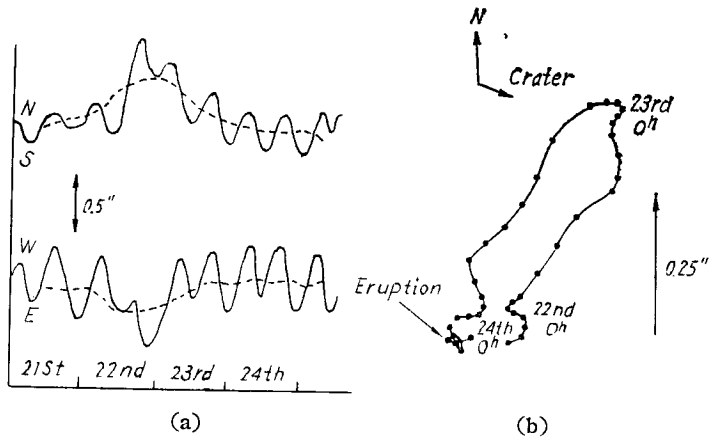


Fig. 7 (a) Abnormal tilt before the eruption on the 24th, Feb. 1959  
 — observed curve      --- corrected curve

Fig. 7 (b) Vectorially showing mode of the abnormal tilt on the 24th, Feb. 1959

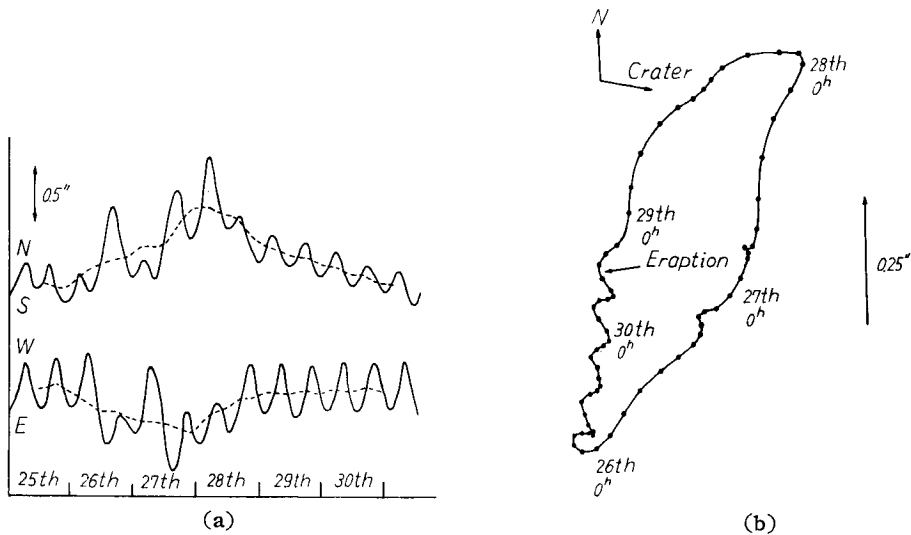


Fig. 8 (a) Abnormal tilt before the eruption on the 29th, March 1960  
 — observed curve      --- corrected curve

Fig. 8 (b) Vectorially showing mode of the abnormal tilt on the 29th, March 1960

なる  $\theta$  を求めると、之等の  $\theta$  の値には殆んど海洋潮汐による影響が含まれなくなっている。今代表的な例として1959年2月24日及び1960年3月29日の噴火前後の傾斜計の記録について上記の様な処理を行つてみると Fig. 7 (a) 及び Fig. 8 (b) に示された様になる。この様にして求められた2成分の傾斜変動をベクトルで示すと夫々 Fig. 7 (b) 及び Fig. 8 (b) の様になる。この図からわかる如く、噴火の数日前から袴腰に於ては東北方向が下り始め、之がもとに復するか或はその途中に於て噴火をしている事がしばしば観測される。現在までの観測結果によると、熔岩を放出する様な比較的大きな噴火の際には、大抵この様な変

化が現われているが、この様な変化が現われても噴火を起さない場合もある。之は熔岩の上昇運動が火口に達する迄に止つたためではないかと考えられる。又連続的な噴火をする場合には、数日前から東北方向が下り始める事は変りないが、その後の変化は次の噴火を起す熔岩の上昇運動が重なるために、複雑な記録を示している。Fig. 9はこの様な場合の一例である。

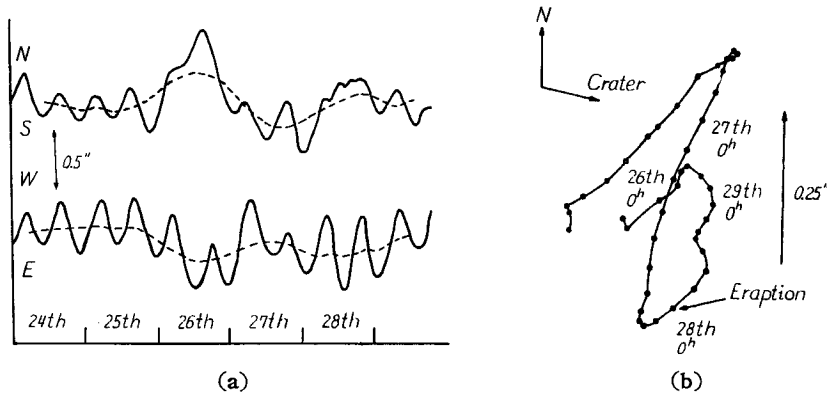


Fig. 9 (a) Abnormal tilt before the eruption on the 28th, Des. 1957

Fig. 9 (b) Vectrically showing mode of the abnormal tilt on the 28th, Des. 1957

熔岩が火口にせりあがる事によつて、地盤の傾斜が生ずるものなら、火口方向に上昇の傾斜を示す筈であるにもかかわらず、何れも東北方向が下る様な傾斜を示すのは何故かの疑問を生ずるが、2に於てのべた如く、構造線が丁度この観測所附近を通つているために、この様な特徴ある傾斜をするのではないかと考えられる。

又この様な前駆異常傾斜運動と共に、前駆異常伸縮が伸縮計による観測に於ても記録されているが、之については又別の機会に報告する事にする。

## 5. 結 び

水準測量の結果から、現在活動をつづけている桜島火山は、1957年以来北方上昇の傾斜運動をつづけており、又火山活動によつて地質構造線附近の地盤が特に変動しやすい事がわたつた。潮位観測の結果によると桜島は鹿児島に比較して1957年7月以来上昇しつつあるが、今後火山活動の推移と共にどの様に変化して行くかは興味ある問題である。又傾斜計の観測から噴火の前駆現象の特徴が明かにされた事は、噴火予知の上に大きな役割を果すものと考えられるので、今後更に個々の噴火についてくわしく検討するつもりである。

本稿を結ぶにあたり、終始御指導を戴いた佐々憲三教授に厚く感謝致します。又観測及び測定に共に従事して下さつた中村俊造君及び鹿児島港の潮位に関する資料を与えて下さつた鹿児島地方气象台に厚く御礼申し上げます。

Table 2 Azimuth in degree measured

| from<br>to | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |
|------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1          | —    | 86° | 87  | 94  | 92  | 86  | 83  | 82  | 88  | 93  | 97  | 101 | 106 | 107 | 109 | 114 | 115 | 118 | 121 | 126 |
| 2          | 266° | —   | 90  | 100 | 99  | 85  | 83  | 83  | 89  | 95  | 101 | 104 | 108 | 110 | 112 | 116 | 119 | 121 | 124 | 128 |
| 3          | 267  | 270 | —   | 112 | 102 | 84  | 81  | 81  | 90  | 97  | 102 | 96  | 101 | 102 | 114 | 120 | 122 | 125 | 129 | 134 |
| 4          | 274  | 280 | 292 | —   | 74  | 63  | 70  | 75  | 85  | 94  | 100 | 106 | 112 | 112 | 114 | 121 | 123 | 126 | 131 | 136 |
| 5          | 272  | 279 | 282 | 254 | —   | 67  | 70  | 75  | 84  | 93  | 100 | 105 | 111 | 112 | 110 | 120 | 123 | 126 | 129 | 134 |
| 6          | 266  | 265 | 264 | 243 | 247 | —   | 78  | 80  | 93  | 103 | 110 | 113 | 120 | 120 | 121 | 127 | 131 | 132 | 137 | 141 |
| 7          | 263  | 263 | 261 | 250 | 250 | 258 | —   | 80  | 104 | 112 | 117 | 120 | 127 | 124 | 125 | 132 | 135 | 138 | 143 | 148 |
| 8          | 262  | 263 | 261 | 255 | 255 | 260 | 260 | —   | 173 | 146 | 137 | 136 | 140 | 135 | 134 | 141 | 144 | 147 | 153 | 158 |
| 9          | 268  | 269 | 270 | 265 | 264 | 273 | 284 | 357 | —   | 128 | 128 | 128 | 135 | 130 | 130 | 138 | 143 | 145 | 151 | 155 |
| 10         | 273  | 275 | 277 | 274 | 273 | 283 | 292 | 326 | 308 | —   | 127 | 129 | 138 | 131 | 131 | 140 | 144 | 148 | 156 | 161 |
| 11         | 277  | 281 | 282 | 280 | 280 | 290 | 297 | 317 | 308 | 307 | —   | 133 | 144 | 133 | 133 | 142 | 150 | 153 | 161 | 166 |
| 12         | 281  | 284 | 276 | 286 | 285 | 293 | 300 | 316 | 308 | 309 | 313 | —   | 158 | 131 | 132 | 147 | 153 | 158 | 170 | 175 |
| 13         | 286  | 288 | 281 | 292 | 291 | 300 | 307 | 320 | 315 | 318 | 324 | 338 | —   | 116 | 122 | 141 | 153 | 158 | 172 | 176 |
| 14         | 287  | 290 | 282 | 292 | 292 | 300 | 304 | 315 | 310 | 311 | 313 | 313 | 296 | —   | 132 | 161 | 175 | 180 | 197 | 197 |
| 15         | 289  | 292 | 294 | 294 | 290 | 301 | 305 | 314 | 310 | 311 | 313 | 312 | 302 | 312 | —   | 194 | 211 | 209 | 222 | 215 |
| 16         | 294  | 296 | 300 | 301 | 300 | 307 | 312 | 321 | 318 | 320 | 322 | 327 | 321 | 341 | 14  | —   | 230 | 225 | 240 | 224 |
| 17         | 295  | 299 | 302 | 303 | 303 | 311 | 315 | 324 | 323 | 324 | 330 | 333 | 333 | 355 | 31  | 50  | —   | 195 | 245 | 222 |
| 18         | 298  | 301 | 305 | 306 | 306 | 312 | 318 | 327 | 325 | 328 | 333 | 338 | 338 | 0   | 29  | 45  | 15  | —   | 251 | 222 |
| 19         | 301  | 304 | 309 | 311 | 309 | 317 | 323 | 333 | 331 | 336 | 341 | 350 | 352 | 17  | 42  | 60  | 65  | 71  | —   | 194 |
| 20         | 306  | 308 | 314 | 316 | 314 | 321 | 328 | 338 | 335 | 341 | 346 | 355 | 356 | 17  | 35  | 44  | 42  | 42  | 14  | —   |
| 21         | 307  | 311 | 316 | 317 | 317 | 324 | 330 | 340 | 338 | 343 | 349 | 356 | 359 | 17  | 34  | 40  | 37  | 37  | 18  | 23  |
| 22         | 314  | 318 | 322 | 325 | 325 | 333 | 338 | 347 | 347 | 351 | 359 | 5   | 11  | 24  | 38  | 42  | 40  | 41  | 32  | 39  |
| 23         | 320  | 323 | 329 | 332 | 331 | 338 | 344 | 353 | 352 | 358 | 4   | 11  | 15  | 27  | 39  | 42  | 41  | 43  | 35  | 41  |
| 24         | 324  | 328 | 334 | 337 | 337 | 345 | 350 | 359 | 0   | 4   | 12  | 19  | 25  | 35  | 46  | 50  | 50  | 51  | 46  | 53  |
| 25         | 328  | 332 | 339 | 343 | 342 | 350 | 356 | 4   | 5   | 11  | 18  | 26  | 30  | 41  | 51  | 54  | 55  | 57  | 53  | 59  |
| 26         | 332  | 338 | 342 | 347 | 348 | 355 | 0   | 8   | 10  | 15  | 23  | 30  | 35  | 43  | 53  | 57  | 57  | 59  | 56  | 62  |
| 27         | 337  | 342 | 348 | 352 | 359 | 359 | 4   | 12  | 13  | 20  | 27  | 33  | 38  | 46  | 54  | 58  | 57  | 59  | 58  | 64  |
| 28         | 345  | 351 | 357 | 2   | 2   | 8   | 13  | 20  | 21  | 27  | 35  | 40  | 46  | 53  | 60  | 64  | 62  | 65  | 65  | 70  |
| 29         | 350  | 356 | 3   | 8   | 8   | 15  | 20  | 26  | 28  | 34  | 41  | 47  | 52  | 58  | 65  | 68  | 69  | 70  | 70  | 74  |
| 30         | 357  | 4   | 10  | 16  | 16  | 21  | 26  | 32  | 34  | 40  | 47  | 52  | 57  | 62  | 69  | 72  | 72  | 74  | 75  | 80  |
| 31         | 3    | 10  | 16  | 21  | 21  | 26  | 30  | 36  | 37  | 43  | 50  | 55  | 59  | 64  | 70  | 73  | 73  | 75  | 76  | 80  |
| 32         | 8    | 15  | 21  | 27  | 27  | 31  | 35  | 40  | 42  | 48  | 55  | 59  | 64  | 68  | 73  | 77  | 77  | 79  | 81  | 85  |
| 33         | 12   | 19  | 25  | 32  | 31  | 35  | 39  | 44  | 46  | 52  | 58  | 62  | 67  | 71  | 77  | 80  | 80  | 82  | 85  | 88  |
| 34         | 16   | 24  | 30  | 37  | 36  | 40  | 43  | 49  | 50  | 56  | 62  | 66  | 71  | 75  | 80  | 84  | 83  | 86  | 88  | 92  |
| 35         | 19   | 27  | 34  | 40  | 40  | 44  | 47  | 51  | 53  | 59  | 66  | 69  | 75  | 78  | 83  | 87  | 87  | 89  | 92  | 96  |
| 36         | 22   | 31  | 38  | 46  | 43  | 48  | 51  | 55  | 58  | 64  | 70  | 74  | 79  | 82  | 87  | 91  | 91  | 94  | 96  | 100 |
| 37         | 26   | 36  | 44  | 52  | 51  | 55  | 57  | 60  | 64  | 69  | 76  | 80  | 85  | 88  | 92  | 96  | 96  | 99  | 102 | 106 |
| 38         | 26   | 37  | 47  | 55  | 55  | 58  | 60  | 63  | 67  | 73  | 79  | 83  | 88  | 90  | 95  | 99  | 99  | 102 | 105 | 110 |
| 39         | 30   | 43  | 52  | 60  | 59  | 62  | 63  | 66  | 70  | 76  | 82  | 86  | 90  | 93  | 97  | 101 | 102 | 104 | 108 | 112 |
| 40         | 43   | 55  | 62  | 70  | 69  | 70  | 70  | 72  | 75  | 81  | 87  | 90  | 95  | 97  | 101 | 105 | 106 | 108 | 112 | 115 |
| 41         | 60   | 70  | 75  | 81  | 86  | 78  | 77  | 78  | 82  | 88  | 92  | 95  | 100 | 102 | 105 | 119 | 110 | 112 | 116 | 120 |



counter-clockwise from N

| 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 127 | 134 | 140 | 144 | 148 | 152 | 157 | 165 | 170 | 177 | 183 | 188 | 192 | 196 | 199 | 202 | 206 | 206 | 210 | 223 | 240 |
| 131 | 138 | 143 | 148 | 152 | 158 | 162 | 171 | 176 | 184 | 190 | 195 | 199 | 204 | 207 | 211 | 216 | 217 | 223 | 235 | 250 |
| 136 | 142 | 149 | 154 | 159 | 162 | 168 | 177 | 183 | 190 | 196 | 201 | 205 | 210 | 214 | 218 | 224 | 227 | 232 | 242 | 255 |
| 137 | 145 | 152 | 157 | 163 | 167 | 172 | 182 | 188 | 196 | 201 | 207 | 212 | 217 | 220 | 226 | 232 | 235 | 240 | 250 | 261 |
| 137 | 145 | 151 | 157 | 162 | 168 | 179 | 182 | 188 | 196 | 201 | 207 | 211 | 216 | 220 | 223 | 231 | 235 | 239 | 249 | 266 |
| 144 | 153 | 158 | 165 | 170 | 175 | 179 | 188 | 195 | 201 | 206 | 211 | 215 | 220 | 224 | 228 | 235 | 238 | 242 | 250 | 258 |
| 150 | 158 | 164 | 170 | 176 | 180 | 184 | 193 | 200 | 206 | 210 | 215 | 219 | 223 | 227 | 231 | 237 | 240 | 243 | 250 | 257 |
| 160 | 167 | 173 | 179 | 184 | 188 | 192 | 200 | 206 | 212 | 216 | 220 | 224 | 229 | 231 | 235 | 240 | 243 | 246 | 252 | 258 |
| 158 | 167 | 172 | 180 | 185 | 190 | 193 | 201 | 208 | 214 | 217 | 222 | 226 | 230 | 233 | 238 | 244 | 247 | 250 | 255 | 262 |
| 163 | 171 | 178 | 184 | 191 | 195 | 200 | 207 | 214 | 220 | 223 | 228 | 232 | 236 | 239 | 244 | 249 | 253 | 256 | 261 | 268 |
| 169 | 179 | 184 | 192 | 198 | 203 | 207 | 215 | 221 | 227 | 230 | 235 | 238 | 242 | 246 | 250 | 256 | 259 | 262 | 267 | 272 |
| 176 | 185 | 191 | 199 | 206 | 210 | 213 | 220 | 227 | 232 | 235 | 239 | 242 | 246 | 249 | 254 | 260 | 263 | 266 | 270 | 275 |
| 179 | 191 | 195 | 205 | 210 | 215 | 218 | 226 | 232 | 237 | 239 | 244 | 247 | 251 | 255 | 259 | 265 | 268 | 270 | 275 | 280 |
| 197 | 204 | 207 | 215 | 221 | 223 | 226 | 233 | 238 | 242 | 244 | 248 | 251 | 255 | 258 | 262 | 268 | 270 | 273 | 277 | 282 |
| 214 | 218 | 219 | 226 | 231 | 233 | 234 | 240 | 245 | 249 | 250 | 253 | 257 | 260 | 263 | 267 | 272 | 275 | 277 | 281 | 285 |
| 220 | 222 | 222 | 230 | 234 | 237 | 238 | 244 | 248 | 252 | 253 | 257 | 260 | 264 | 267 | 271 | 276 | 279 | 281 | 285 | 289 |
| 217 | 220 | 221 | 230 | 235 | 237 | 237 | 242 | 249 | 252 | 253 | 257 | 260 | 263 | 267 | 271 | 276 | 279 | 282 | 286 | 290 |
| 217 | 221 | 223 | 231 | 237 | 239 | 239 | 245 | 250 | 254 | 255 | 259 | 262 | 266 | 269 | 274 | 279 | 282 | 284 | 288 | 292 |
| 198 | 212 | 215 | 226 | 233 | 236 | 238 | 245 | 250 | 255 | 256 | 261 | 265 | 268 | 272 | 274 | 282 | 285 | 288 | 292 | 296 |
| 203 | 219 | 221 | 233 | 239 | 242 | 244 | 250 | 254 | 260 | 260 | 265 | 268 | 272 | 276 | 280 | 286 | 290 | 292 | 295 | 300 |
| —   | 225 | 225 | 238 | 244 | 246 | 246 | 252 | 258 | 262 | 262 | 267 | 270 | 274 | 277 | 282 | 287 | 291 | 293 | 297 | 301 |
| 45  | —   | 225 | 247 | 254 | 254 | 252 | 257 | 264 | 267 | 267 | 272 | 275 | 279 | 282 | 288 | 293 | 297 | 300 | 303 | 307 |
| 45  | 45  | —   | 267 | 269 | 263 | 260 | 265 | 271 | 273 | 272 | 276 | 280 | 284 | 288 | 293 | 299 | 303 | 305 | 309 | 312 |
| 58  | 67  | 87  | —   | 271 | 261 | 256 | 263 | 271 | 274 | 272 | 277 | 281 | 285 | 289 | 295 | 301 | 306 | 308 | 311 | 315 |
| 64  | 74  | 89  | 91  | —   | 254 | 250 | 262 | 272 | 275 | 274 | 279 | 283 | 288 | 292 | 298 | 305 | 310 | 311 | 315 | 320 |
| 66  | 74  | 83  | 81  | 74  | —   | 241 | 263 | 277 | 277 | 275 | 281 | 286 | 300 | 298 | 301 | 309 | 314 | 316 | 319 | 323 |
| 66  | 72  | 80  | 76  | 70  | 61  | —   | 271 | 282 | 284 | 279 | 286 | 290 | 294 | 299 | 305 | 313 | 318 | 320 | 323 | 326 |
| 72  | 77  | 85  | 83  | 82  | 83  | 91  | —   | 296 | 292 | 284 | 292 | 298 | 302 | 308 | 315 | 323 | 328 | 330 | 332 | 335 |
| 78  | 84  | 91  | 91  | 92  | 97  | 102 | 116 | —   | 286 | 276 | 289 | 297 | 303 | 310 | 318 | 327 | 333 | 334 | 336 | 340 |
| 82  | 87  | 93  | 94  | 95  | 97  | 104 | 112 | 106 | —   | 262 | 290 | 301 | 310 | 316 | 326 | 335 | 341 | 343 | 344 | 347 |
| 82  | 87  | 92  | 92  | 94  | 95  | 99  | 104 | 96  | 82  | —   | 315 | 320 | 324 | 330 | 338 | 345 | 351 | 351 | 351 | 354 |
| 87  | 92  | 96  | 97  | 99  | 101 | 106 | 112 | 109 | 110 | 135 | —   | 328 | 328 | 336 | 344 | 351 | 356 | 356 | 355 | 357 |
| 90  | 95  | 100 | 101 | 103 | 106 | 110 | 118 | 117 | 121 | 140 | 148 | —   | 334 | 342 | 350 | 356 | 2   | 2   | 0   | 1   |
| 94  | 99  | 104 | 105 | 108 | 120 | 114 | 122 | 123 | 130 | 144 | 148 | 154 | —   | 354 | 0   | 4   | 9   | 8   | 4   | 6   |
| 97  | 102 | 108 | 109 | 112 | 118 | 119 | 128 | 130 | 136 | 150 | 156 | 162 | 174 | —   | 3   | 6   | 12  | 10  | 6   | 7   |
| 102 | 108 | 113 | 115 | 118 | 121 | 125 | 135 | 138 | 146 | 158 | 164 | 170 | 180 | 183 | —   | 10  | 18  | 15  | 8   | 9   |
| 107 | 113 | 119 | 121 | 125 | 129 | 133 | 143 | 147 | 155 | 165 | 171 | 176 | 184 | 186 | 190 | —   | 40  | 20  | 7   | 8   |
| 111 | 117 | 123 | 126 | 130 | 134 | 138 | 148 | 153 | 161 | 171 | 176 | 182 | 189 | 192 | 198 | 220 | —   | 0   | 354 | 0   |
| 113 | 120 | 125 | 128 | 133 | 136 | 140 | 150 | 154 | 163 | 171 | 176 | 182 | 188 | 190 | 195 | 200 | 180 | —   | 350 | 0   |
| 117 | 123 | 129 | 131 | 135 | 139 | 143 | 152 | 156 | 164 | 171 | 175 | 180 | 184 | 186 | 188 | 187 | 174 | 170 | —   | 10  |
| 121 | 127 | 132 | 135 | 140 | 143 | 146 | 155 | 160 | 167 | 174 | 177 | 181 | 186 | 187 | 189 | 188 | 180 | 180 | 190 | —   |

Table 3 (a) Gradient in  $10^{-6}$  (1958~1959)

|    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | —     | - 5.0 | - 2.8 | + 0.4 | + 1.1 | + 0.7 | - 0.1 | + 0.3 | + 0.1 | - 0.4 | - 0.8 | - 0.9 | - 1.3 |
| 2  | + 5.0 | —     | + 0.4 | + 4.7 | + 5.0 | + 3.1 | + 1.4 | + 1.5 | + 1.3 | + 0.5 | - 0.1 | - 0.3 | - 0.8 |
| 3  | + 2.8 | - 0.4 | —     | + 9.0 | + 9.0 | + 4.0 | + 1.7 | + 1.7 | + 1.4 | + 0.4 | + 0.1 | - 0.4 | - 0.9 |
| 4  | - 0.4 | - 4.7 | - 9.6 | —     | + 6.3 | + 1.3 | - 0.7 | + 0.3 | 0     | - 0.8 | - 1.3 | - 1.4 | - 1.9 |
| 5  | - 1.1 | - 5.0 | - 9.0 | - 6.3 | —     | - 0.2 | - 1.9 | - 0.3 | - 0.6 | - 1.3 | - 1.8 | - 1.8 | - 2.3 |
| 6  | - 0.7 | - 3.1 | - 4.0 | - 1.3 | + 0.2 | —     | - 5.0 | - 0.4 | - 0.9 | - 1.7 | - 2.2 | - 2.1 | - 2.6 |
| 7  | + 0.1 | - 1.4 | - 1.7 | + 0.7 | + 1.9 | + 5.0 | —     | + 1.8 | + 1.0 | - 0.8 | - 1.5 | - 1.6 | - 2.2 |
| 8  | - 0.3 | - 1.5 | - 1.7 | - 0.3 | + 0.3 | + 0.4 | - 1.8 | —     | - 1.4 | - 2.5 | - 2.9 | - 2.7 | - 3.1 |
| 9  | - 0.1 | - 1.3 | - 1.4 | 0     | + 0.6 | + 0.9 | - 1.0 | + 1.4 | —     | - 2.9 | - 3.3 | - 2.9 | - 3.3 |
| 10 | + 0.4 | - 0.5 | - 0.4 | + 0.8 | + 1.3 | + 1.7 | + 0.8 | + 2.5 | + 2.9 | —     | - 3.9 | - 2.8 | - 3.4 |
| 11 | + 0.8 | + 0.1 | - 0.1 | + 1.3 | + 1.8 | + 2.2 | + 1.5 | + 2.9 | + 3.3 | + 3.9 | —     | - 1.9 | - 3.2 |
| 12 | + 0.9 | + 0.3 | + 0.4 | + 1.4 | + 1.8 | + 2.1 | + 1.6 | + 2.7 | + 2.9 | + 2.8 | + 1.9 | —     | - 4.4 |
| 13 | + 1.3 | + 0.8 | + 0.9 | + 1.9 | + 2.3 | + 2.6 | + 2.2 | + 3.1 | + 3.3 | + 3.4 | + 3.2 | + 4.4 | —     |
| 14 | + 1.5 | + 1.1 | + 1.2 | + 2.1 | + 2.4 | + 2.6 | + 2.3 | + 3.1 | + 3.3 | + 3.4 | + 3.3 | + 4.0 | + 3.1 |
| 15 | + 1.4 | + 1.0 | + 1.1 | + 1.9 | + 2.2 | + 2.3 | + 2.1 | + 2.7 | + 2.7 | + 2.7 | + 2.5 | + 2.7 | + 1.8 |
| 16 | + 0.8 | + 0.4 | + 0.4 | + 1.1 | + 1.4 | + 1.5 | + 1.1 | + 1.6 | + 1.6 | + 1.3 | + 0.8 | + 0.5 | - 0.8 |
| 17 | + 0.8 | + 0.3 | + 0.4 | + 1.1 | + 1.3 | + 1.4 | + 1.1 | + 1.5 | + 1.5 | + 1.1 | + 0.6 | + 0.2 | - 1.1 |
| 18 | + 1.4 | + 1.0 | + 1.1 | + 1.9 | + 2.1 | + 2.3 | + 2.0 | + 2.4 | + 2.5 | + 2.4 | + 2.1 | + 2.1 | - 1.3 |
| 19 | + 0.8 | + 0.4 | + 0.4 | + 1.2 | + 1.4 | + 1.5 | + 1.1 | + 1.5 | + 1.5 | + 1.2 | + 0.5 | + 0.1 | - 1.2 |
| 20 | + 0.8 | + 0.3 | + 0.4 | + 1.1 | + 1.3 | + 1.4 | + 1.0 | + 1.4 | + 1.4 | + 1.0 | + 0.5 | + 0.2 | - 0.9 |
| 21 | + 1.1 | + 0.7 | + 0.7 | + 1.4 | + 1.7 | + 1.8 | + 1.4 | + 1.7 | + 1.8 | + 1.5 | + 1.1 | + 0.9 | + 0.1 |
| 22 | + 0.5 | 0     | 0     | + 0.7 | + 0.8 | + 1.0 | + 0.6 | + 0.9 | + 0.8 | + 0.4 | - 0.1 | - 0.4 | - 1.2 |
| 23 | + 0.2 | - 0.3 | - 0.3 | + 0.3 | + 0.6 | + 0.6 | + 0.2 | + 0.5 | + 0.4 | - 0.1 | - 0.5 | - 0.8 | - 1.6 |
| 24 | + 1.1 | + 0.6 | + 0.6 | + 1.4 | + 1.6 | + 1.6 | + 1.2 | + 1.4 | + 1.4 | + 1.1 | + 0.7 | + 0.5 | - 0.1 |
| 26 | + 0.3 | - 0.3 | - 0.3 | + 0.4 | + 0.7 | + 0.6 | + 0.3 | + 0.5 | + 0.4 | 0     | - 0.4 | - 0.7 | - 1.3 |
| 28 | + 0.1 | - 0.5 | - 0.5 | + 0.2 | + 0.5 | + 0.4 | 0     | + 0.3 | + 0.2 | - 0.2 | - 0.5 | - 0.7 | - 1.2 |
| 29 | - 1.0 | - 1.0 | - 1.6 | - 0.9 | - 0.6 | - 0.6 | - 0.9 | - 0.6 | - 0.8 | - 1.2 | - 1.5 | - 1.7 | - 2.2 |

| 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 26    | 28    | 29    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| - 1.5 | - 1.4 | - 0.8 | - 0.8 | - 1.4 | - 0.8 | - 0.8 | - 1.1 | - 0.5 | - 0.2 | - 1.1 | - 0.3 | - 0.1 | + 1.0 |
| - 1.1 | - 1.0 | - 0.4 | - 0.3 | - 1.0 | - 0.4 | - 0.3 | - 0.7 | 0     | + 0.3 | - 0.6 | + 0.3 | + 0.5 | + 1.6 |
| - 1.2 | - 1.1 | - 0.4 | - 0.4 | - 1.1 | - 0.4 | - 0.4 | - 0.7 | 0     | + 0.3 | - 0.6 | + 0.3 | + 0.5 | + 1.6 |
| - 2.1 | - 1.9 | - 1.1 | - 1.1 | - 1.9 | - 1.2 | - 1.1 | - 1.4 | - 0.7 | - 0.3 | - 1.4 | - 0.4 | - 0.2 | + 0.9 |
| - 2.4 | - 2.3 | - 1.4 | - 1.3 | - 2.1 | - 1.4 | - 1.3 | - 1.7 | - 0.8 | - 0.6 | - 1.6 | - 0.7 | - 0.5 | + 0.6 |
| - 2.6 | - 2.3 | - 1.5 | - 1.4 | - 2.3 | - 1.5 | - 1.4 | - 1.8 | - 1.0 | - 0.6 | - 1.6 | - 0.6 | - 0.4 | + 0.6 |
| - 2.3 | - 2.1 | - 1.1 | - 1.1 | - 2.0 | - 1.1 | - 1.0 | - 1.4 | - 0.6 | - 0.2 | - 1.2 | - 0.3 | 0     | + 0.9 |
| - 3.1 | - 2.7 | - 1.6 | - 1.5 | - 2.4 | - 1.5 | - 1.4 | - 1.7 | - 0.9 | - 0.5 | - 1.4 | - 0.5 | - 0.3 | + 0.6 |
| - 3.3 | - 2.7 | - 1.6 | - 1.5 | - 2.5 | - 1.5 | - 1.4 | - 1.8 | - 0.8 | - 0.4 | - 1.4 | - 0.4 | - 0.2 | + 0.8 |
| - 3.4 | - 2.7 | - 1.3 | - 1.1 | - 2.4 | - 1.2 | - 1.0 | - 1.5 | - 0.4 | + 0.1 | - 1.1 | 0     | + 0.2 | + 1.2 |
| - 3.3 | - 2.5 | - 0.8 | - 0.6 | - 2.1 | - 0.5 | - 0.5 | - 1.1 | + 0.1 | + 0.5 | - 0.7 | + 0.4 | + 0.5 | + 1.5 |
| - 4.0 | - 2.7 | - 0.5 | - 0.2 | - 2.1 | - 0.1 | - 0.2 | - 0.9 | + 0.4 | + 0.8 | - 0.5 | + 0.7 | + 0.7 | + 1.7 |
| - 3.1 | - 1.8 | + 0.8 | + 1.1 | - 1.3 | + 1.2 | + 0.9 | - 0.1 | + 1.2 | + 1.6 | + 0.1 | + 1.3 | + 1.2 | + 2.2 |
| —     | + 0.4 | + 3.1 | + 3.1 | - 0.2 | + 2.7 | + 2.0 | + 0.9 | + 1.9 | + 2.2 | + 0.6 | + 1.7 | + 1.5 | + 2.4 |
| + 0.4 | —     | + 6.1 | + 4.6 | 0     | + 3.2 | + 2.4 | + 1.1 | + 2.1 | + 2.4 | + 0.7 | + 1.7 | + 1.6 | + 2.4 |
| - 3.1 | - 6.1 | —     | + 1.4 | - 7.3 | + 0.7 | + 0.4 | - 1.0 | + 1.0 | + 1.5 | - 0.3 | + 1.0 | + 1.0 | + 1.8 |
| - 3.1 | - 4.6 | - 1.4 | —     | -24.8 | + 0.4 | + 0.1 | - 1.7 | + 1.0 | + 1.5 | - 0.5 | + 0.9 | + 0.9 | + 1.9 |
| + 0.2 | 0     | + 7.3 | +24.8 | —     | +10.0 | + 5.7 | + 2.1 | + 3.3 | + 3.4 | + 0.9 | + 2.2 | + 1.8 | + 2.7 |
| - 2.7 | - 3.2 | - 0.7 | - 0.4 | -10.0 | —     | - 0.3 | - 2.9 | + 1.1 | + 1.8 | - 0.6 | + 1.1 | + 1.0 | + 2.0 |
| - 2.0 | - 2.4 | - 0.4 | - 0.1 | - 5.7 | + 0.3 | —     | - 6.7 | + 1.6 | + 2.3 | - 0.7 | + 1.2 | + 1.1 | + 2.2 |
| - 0.9 | - 1.1 | + 1.0 | + 1.7 | - 2.1 | + 2.9 | + 6.7 | —     | + 4.7 | + 4.3 | + 0.3 | + 2.1 | + 1.7 | + 2.7 |
| - 1.9 | - 2.1 | - 1.0 | - 1.0 | - 3.3 | + 1.1 | - 1.6 | - 4.7 | —     | + 2.0 | - 3.1 | + 0.8 | + 0.9 | + 2.2 |
| - 2.2 | - 2.4 | - 1.5 | - 1.5 | - 3.4 | - 1.8 | - 2.3 | - 4.3 | - 2.0 | —     | - 8.2 | - 0.2 | + 0.3 | + 1.8 |
| - 0.6 | - 0.7 | + 0.3 | + 0.5 | - 0.9 | + 0.6 | + 0.7 | - 0.3 | + 3.1 | + 8.2 | —     | + 0.6 | + 2.3 | + 4.2 |
| - 1.7 | - 1.7 | - 1.0 | - 0.9 | - 2.2 | - 1.1 | - 1.2 | - 2.1 | - 0.8 | + 0.2 | - 0.6 | —     | + 0.9 | + 3.4 |
| - 1.5 | - 1.6 | - 1.0 | - 0.9 | - 1.8 | - 1.0 | - 1.1 | - 1.7 | - 0.9 | - 0.3 | - 2.8 | - 0.9 | —     | + 7.5 |
| - 2.4 | - 2.4 | - 1.8 | - 1.9 | - 2.7 | - 2.0 | - 2.2 | - 2.7 | - 2.2 | - 1.8 | - 4.2 | - 3.4 | - 7.5 | —     |

Table 3 (b) Gradient  $10^{-6}$  (1959~1960)

| from<br>to | 1     | 2     | 3     | 4     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1          | —     | + 3.9 | + 5.5 | + 1.0 | - 0.2 | + 0.8 | + 1.6 | + 1.3 | + 0.5 | + 0.5 | + 0.5 | + 0.5 |
| 2          | - 3.9 | —     | + 7.2 | - 0.3 | - 1.5 | + 0.6 | + 1.6 | + 1.2 | + 0.1 | + 0.1 | + 0.2 | + 0.2 |
| 3          | - 5.5 | - 7.2 | —     | - 8.7 | - 6.1 | - 2.2 | + 0.4 | - 0.1 | - 1.2 | - 0.9 | - 0.7 | - 0.6 |
| 4          | + 1.0 | + 0.3 | + 8.7 | —     | - 3.0 | + 0.5 | + 2.5 | + 1.9 | + 0.3 | + 0.3 | + 0.3 | + 0.3 |
| 6          | + 0.2 | + 1.5 | + 6.1 | + 3.0 | —     | + 4.0 | + 4.8 | + 4.0 | + 1.3 | + 1.1 | + 1.0 | + 0.9 |
| 7          | - 0.8 | - 0.6 | + 2.2 | - 0.5 | - 4.0 | —     | + 5.4 | + 3.8 | + 0.1 | + 0.1 | + 0.2 | + 0.2 |
| 8          | - 1.6 | - 1.6 | - 0.4 | - 2.5 | - 4.8 | - 5.4 | —     | - 3.6 | - 5.4 | - 2.9 | - 1.9 | - 1.5 |
| 9          | - 1.3 | - 1.2 | + 0.1 | - 1.9 | - 4.0 | - 3.8 | + 3.6 | —     | - 5.5 | - 2.5 | - 1.5 | - 1.1 |
| 10         | - 0.5 | - 0.1 | + 1.2 | - 0.3 | - 1.3 | - 0.1 | + 5.4 | + 5.5 | —     | + 0.2 | + 0.4 | + 0.3 |
| 11         | - 0.5 | - 0.1 | + 0.9 | - 0.3 | - 1.1 | - 0.1 | + 2.9 | + 2.5 | - 0.2 | —     | + 0.6 | + 0.4 |
| 12         | - 0.5 | - 0.2 | + 0.7 | - 0.3 | - 1.0 | - 0.2 | + 1.9 | + 1.5 | - 0.4 | - 0.6 | —     | + 0.3 |
| 13         | - 0.5 | - 0.2 | + 0.6 | - 0.3 | - 0.9 | - 0.2 | + 1.5 | + 1.1 | - 0.3 | - 0.4 | - 0.3 | —     |
| 14         | - 0.6 | - 0.3 | + 0.4 | - 0.4 | - 0.9 | - 0.4 | + 1.0 | + 0.6 | - 0.5 | - 0.6 | - 0.7 | - 0.9 |
| 15         | - 0.8 | - 0.5 | + 0.1 | - 0.7 | - 1.2 | - 0.7 | + 0.4 | 0     | - 1.0 | - 1.2 | - 1.4 | - 1.8 |
| 16         | - 1.4 | - 1.2 | - 0.7 | - 2.3 | - 2.0 | - 1.6 | - 0.7 | - 1.0 | - 2.1 | - 2.6 | - 3.1 | - 4.1 |
| 18         | - 2.2 | - 2.1 | - 1.6 | - 2.5 | - 3.0 | - 2.7 | - 1.8 | - 2.3 | - 3.6 | - 4.3 | - 5.1 | - 6.7 |
| 19         | - 1.0 | - 0.7 | - 0.1 | - 0.9 | - 1.4 | - 0.9 | + 0.1 | - 1.9 | - 1.2 | - 1.2 | - 1.5 | - 1.9 |
| 20         | - 0.8 | - 0.5 | + 0.1 | - 0.7 | - 1.0 | - 0.6 | + 0.4 | + 0.1 | - 0.7 | - 0.7 | - 0.8 | - 0.9 |
| 21         | - 0.6 | - 0.3 | + 0.3 | - 0.4 | - 0.8 | - 0.4 | + 0.6 | + 0.3 | - 0.4 | - 0.4 | - 0.4 | - 0.4 |
| 22         | - 0.2 | + 0.2 | + 0.8 | + 0.1 | + 0.3 | + 0.2 | + 1.1 | + 0.9 | + 0.3 | + 0.3 | + 0.5 | + 0.6 |
| 23         | + 0.5 | + 0.8 | + 1.5 | + 0.8 | + 0.5 | + 1.0 | + 1.8 | + 1.7 | + 1.1 | + 1.1 | + 1.4 | + 1.7 |
| 24         | + 1.5 | + 1.9 | + 2.7 | + 2.0 | + 1.7 | + 2.1 | + 2.9 | + 2.9 | + 2.4 | + 2.6 | + 2.9 | + 3.2 |
| 25         | + 2.4 | + 2.9 | + 3.7 | + 3.1 | + 2.6 | + 3.1 | + 3.8 | + 3.8 | + 3.4 | + 3.6 | + 3.9 | + 4.2 |
| 26         | + 2.5 | + 3.0 | + 3.8 | + 3.1 | + 2.7 | + 3.1 | + 3.8 | + 3.8 | + 3.3 | + 3.5 | + 3.7 | + 4.0 |
| 27         | + 2.8 | + 3.3 | + 4.0 | + 3.4 | + 2.9 | + 3.3 | + 3.9 | + 3.9 | + 3.4 | + 3.6 | + 3.7 | + 4.0 |
| 28         | + 2.2 | + 2.6 | + 3.3 | + 2.6 | + 2.1 | + 2.5 | + 3.0 | + 3.0 | + 2.5 | + 2.5 | + 2.7 | + 2.8 |
| 29         | + 1.9 | + 2.3 | + 3.1 | + 2.3 | + 1.8 | + 2.1 | + 2.7 | + 2.6 | + 2.1 | + 2.1 | + 2.2 | + 2.2 |
| 30         | + 1.7 | + 2.1 | + 2.9 | + 2.0 | + 1.5 | + 1.9 | + 2.4 | + 2.3 | + 1.8 | + 1.8 | + 1.8 | + 1.9 |
| 31         | + 2.1 | + 2.5 | + 3.3 | + 2.3 | + 1.8 | + 2.1 | + 2.6 | + 2.5 | + 2.0 | + 1.9 | + 2.0 | + 2.0 |
| 32         | + 1.5 | + 1.9 | + 2.6 | + 1.7 | + 1.2 | + 1.5 | + 2.1 | + 2.0 | + 1.4 | + 1.4 | + 1.4 | + 1.5 |
| 33         | + 0.9 | + 1.3 | + 2.1 | + 1.1 | + 0.7 | + 1.0 | + 1.6 | + 1.5 | + 1.0 | + 1.0 | + 1.0 | + 1.0 |
| 35         | - 0.1 | + 0.5 | + 1.4 | + 0.3 | + 0.1 | + 0.4 | + 1.1 | + 0.9 | + 0.3 | + 0.3 | + 0.4 | + 0.4 |
| 36         | - 5.7 | - 4.7 | - 3.3 | - 4.3 | - 4.2 | - 3.1 | - 1.9 | - 2.2 | - 2.8 | - 2.5 | - 2.3 | - 2.3 |
| 37         | - 4.4 | - 3.2 | - 3.7 | - 2.8 | - 2.9 | - 1.9 | - 0.8 | - 1.0 | - 1.6 | - 1.4 | - 1.3 | - 1.2 |
| 38         | + 1.6 | + 2.3 | + 3.4 | + 1.6 | + 0.8 | + 1.3 | + 2.0 | + 1.8 | + 1.1 | + 1.0 | + 1.0 | + 1.0 |
| 39         | + 1.1 | + 1.9 | + 3.1 | + 1.3 | + 0.5 | + 1.0 | + 1.8 | + 1.6 | + 0.9 | + 0.8 | + 0.8 | + 0.8 |
| 40         | + 1.1 | + 2.0 | + 3.2 | + 1.2 | + 0.4 | + 1.0 | + 1.8 | + 1.5 | + 0.8 | + 0.7 | + 0.7 | + 0.7 |
| 41         | - 0.6 | + 0.9 | + 3.5 | + 0.3 | + 0.3 | + 0.4 | + 1.3 | + 1.1 | + 0.3 | + 0.3 | + 0.3 | + 0.4 |

| 14    | 15    | 16    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| + 0.6 | + 0.8 | + 1.4 | + 2.2 | + 1.0 | + 0.8 | + 0.6 | + 0.2 | - 0.5 | - 1.5 | - 2.4 | - 2.5 | - 2.8 |
| + 0.3 | + 0.5 | + 1.2 | + 2.1 | + 0.7 | + 0.5 | + 0.3 | - 0.2 | - 0.8 | - 1.9 | - 2.9 | - 3.0 | - 3.3 |
| - 0.4 | - 0.1 | + 0.7 | + 1.6 | + 0.1 | - 0.1 | - 0.3 | - 0.8 | - 1.5 | - 2.7 | - 3.7 | - 3.8 | - 4.0 |
| + 0.4 | + 0.7 | + 2.3 | + 2.5 | + 0.9 | + 0.7 | + 0.4 | - 0.1 | - 0.8 | - 2.0 | - 3.1 | - 3.1 | - 3.4 |
| + 0.9 | + 1.2 | + 2.0 | + 3.0 | + 1.4 | + 1.0 | + 0.8 | - 0.3 | - 0.5 | - 1.7 | - 2.6 | - 2.7 | - 2.9 |
| + 0.4 | + 0.7 | + 1.6 | + 2.7 | + 0.9 | + 0.6 | + 0.4 | - 0.2 | - 1.0 | - 2.1 | - 3.1 | - 3.1 | - 3.3 |
| - 1.0 | - 0.4 | + 0.7 | + 1.8 | - 0.1 | - 0.4 | - 0.6 | - 1.1 | - 1.8 | - 2.9 | - 3.8 | - 3.8 | - 3.9 |
| - 0.6 | 0     | + 1.0 | + 2.3 | + 1.9 | - 0.1 | - 0.3 | - 0.9 | - 1.7 | - 2.9 | - 3.8 | - 3.8 | - 3.9 |
| + 0.5 | + 1.0 | + 2.1 | + 3.6 | + 1.2 | + 0.7 | + 0.4 | - 0.3 | - 1.1 | - 2.4 | - 3.4 | - 3.3 | - 3.4 |
| + 0.6 | + 1.2 | + 2.6 | + 4.3 | + 1.2 | + 0.7 | + 0.4 | - 0.3 | - 1.1 | - 2.6 | - 3.6 | - 3.5 | - 3.6 |
| + 0.7 | + 1.4 | + 3.1 | + 5.1 | + 1.5 | + 0.8 | + 0.4 | - 0.5 | - 1.4 | - 2.9 | - 3.9 | - 3.7 | - 3.7 |
| + 0.9 | + 1.8 | + 4.1 | + 6.7 | + 1.9 | + 0.9 | + 0.4 | - 0.6 | - 1.7 | - 3.2 | - 4.2 | - 4.0 | - 4.0 |
| —     | + 2.9 | + 5.7 | + 8.2 | + 1.7 | + 0.6 | + 0.2 | - 0.9 | - 1.9 | - 3.3 | - 4.2 | - 4.0 | - 4.0 |
| - 2.9 | —     | + 6.9 | + 7.4 | + 0.6 | - 0.2 | - 0.7 | - 1.5 | - 2.4 | - 3.8 | - 4.5 | - 4.3 | - 4.2 |
| - 5.7 | - 6.9 | —     | +10.7 | - 3.5 | - 3.2 | - 3.6 | - 3.8 | - 4.3 | - 5.5 | - 6.1 | - 5.8 | - 5.6 |
| - 8.2 | - 7.4 | -10.7 | —     | -17.7 | -10.2 | - 9.9 | - 7.7 | - 7.2 | - 8.2 | - 8.6 | - 8.0 | - 7.4 |
| - 1.7 | - 0.6 | + 3.5 | +17.7 | —     | - 2.4 | - 3.1 | - 3.8 | - 4.5 | - 6.3 | - 7.1 | - 6.4 | - 6.0 |
| - 0.6 | + 0.2 | + 3.2 | +10.2 | + 2.4 | —     | - 5.0 | - 4.4 | - 5.1 | - 7.3 | - 7.7 | - 6.9 | - 6.3 |
| - 0.2 | + 0.7 | + 3.6 | + 9.9 | + 3.1 | + 5.0 | —     | - 3.8 | - 4.9 | - 6.9 | - 7.8 | - 6.9 | - 6.3 |
| + 0.9 | + 1.5 | + 3.8 | + 7.7 | + 3.8 | + 4.4 | + 3.8 | —     | -10.0 | - 8.9 | - 9.2 | - 7.6 | - 6.9 |
| + 1.9 | + 2.4 | + 4.3 | + 7.2 | + 4.5 | + 5.1 | + 4.9 | +10.0 | —     | -10.1 | -10.1 | - 8.0 | - 6.7 |
| + 3.3 | + 3.8 | + 5.5 | + 8.2 | + 6.3 | + 7.3 | + 6.9 | + 8.9 | +10.1 | —     | - 8.9 | - 5.8 | - 4.9 |
| + 4.2 | + 4.5 | + 6.1 | + 8.6 | + 7.1 | + 7.7 | + 7.8 | + 9.2 | +10.1 | + 8.9 | —     | - 1.0 | - 2.5 |
| + 4.0 | + 4.3 | + 5.8 | + 8.0 | + 6.4 | + 6.9 | + 6.9 | + 7.6 | + 8.0 | + 5.8 | + 1.0 | —     | - 3.4 |
| + 4.0 | + 4.2 | + 5.6 | + 7.4 | + 6.0 | + 6.3 | + 6.3 | + 6.9 | + 6.7 | + 4.9 | + 2.5 | + 3.4 | —     |
| + 2.8 | + 3.0 | + 4.0 | + 5.4 | + 4.0 | + 4.1 | + 4.0 | + 3.9 | + 3.2 | + 1.2 | - 1.3 | - 1.9 | - 4.9 |
| + 2.2 | + 2.4 | + 3.3 | + 4.6 | + 3.2 | + 3.2 | + 3.1 | + 2.8 | + 2.0 | + 0.1 | - 2.0 | - 2.5 | - 4.4 |
| + 1.8 | + 2.1 | + 2.8 | + 4.0 | + 2.7 | + 2.6 | + 2.4 | + 2.1 | + 1.3 | - 0.3 | - 2.0 | - 2.5 | - 3.8 |
| + 2.0 | + 2.2 | + 2.9 | + 3.9 | + 2.7 | + 2.7 | + 2.5 | + 2.2 | + 1.6 | + 0.2 | - 1.2 | - 1.4 | - 2.4 |
| + 1.5 | + 1.6 | + 2.3 | + 3.2 | + 2.1 | + 2.0 | + 1.8 | + 1.4 | + 0.8 | - 0.6 | - 2.0 | - 2.3 | - 3.2 |
| + 1.0 | + 1.2 | + 1.8 | + 3.7 | + 1.6 | + 0.4 | + 1.4 | + 0.9 | + 0.1 | - 1.2 | - 2.5 | - 2.8 | - 3.7 |
| + 0.5 | + 0.7 | + 1.3 | + 2.1 | + 0.9 | + 0.7 | + 0.6 | + 0.1 | - 0.6 | - 1.9 | - 3.1 | - 3.4 | - 4.1 |
| - 2.0 | - 1.6 | - 1.1 | - 0.5 | - 3.6 | - 1.9 | - 2.1 | - 2.7 | - 3.6 | - 5.1 | - 6.6 | - 7.1 | - 8.0 |
| - 1.0 | - 0.7 | - 0.2 | + 0.6 | - 0.7 | - 0.9 | - 1.0 | - 1.6 | - 2.3 | - 3.7 | - 4.9 | - 5.3 | - 5.9 |
| + 1.0 | + 1.2 | + 1.8 | + 2.6 | + 1.5 | + 1.3 | + 1.1 | + 0.7 | 0     | - 1.1 | - 2.1 | - 2.3 | - 2.8 |
| + 0.8 | + 1.0 | + 1.6 | + 2.4 | + 1.2 | + 1.1 | + 0.9 | + 0.5 | - 0.2 | - 1.3 | - 2.3 | - 2.5 | - 2.9 |
| + 0.8 | + 0.9 | + 1.5 | + 2.3 | + 1.2 | + 1.0 | + 0.8 | + 0.4 | - 0.2 | - 1.3 | - 2.2 | - 2.3 | - 2.7 |
| + 0.4 | + 0.6 | + 1.2 | + 1.9 | + 0.8 | + 0.6 | + 0.5 | + 0.1 | - 0.5 | - 1.6 | - 2.5 | - 2.6 | - 2.9 |

| 28    | 29    | 30     | 31     | 32     | 33     | 35     | 36     | 37     | 38     | 39     | 40     | 41    |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| - 2.2 | - 1.9 | - 1.7  | - 2.1  | - 1.5  | - 0.9  | + 0.1  | + 5.7  | + 4.4  | - 1.6  | - 1.1  | - 1.1  | + 0.6 |
| - 2.6 | - 2.3 | - 2.1  | - 2.5  | - 1.9  | - 1.3  | - 0.5  | + 4.7  | + 3.2  | - 2.3  | - 1.9  | - 2.0  | - 0.9 |
| - 3.3 | - 3.1 | - 2.9  | - 3.3  | - 2.6  | - 2.1  | - 1.4  | + 3.3  | + 3.7  | - 3.4  | - 3.1  | - 3.2  | - 3.5 |
| - 2.6 | - 2.8 | - 2.0  | - 2.3  | - 1.7  | - 1.1  | - 0.3  | + 4.3  | + 2.8  | - 1.6  | - 1.3  | - 1.2  | - 0.3 |
| - 2.1 | - 1.8 | - 1.5  | - 1.8  | - 1.2  | - 0.7  | - 0.1  | + 4.2  | + 2.9  | - 0.8  | - 0.5  | - 0.4  | - 0.3 |
| - 2.5 | - 2.1 | - 1.9  | - 2.1  | - 1.5  | - 1.0  | - 0.4  | + 3.1  | + 1.9  | - 1.3  | - 1.0  | - 1.0  | - 0.4 |
| - 3.0 | - 2.7 | - 2.4  | - 2.6  | - 2.1  | - 1.6  | - 1.1  | + 1.9  | + 0.8  | - 2.0  | - 1.8  | - 1.8  | - 1.3 |
| - 3.0 | - 2.6 | - 2.3  | - 2.5  | - 2.0  | - 1.5  | - 0.9  | + 2.2  | + 1.0  | - 1.8  | - 1.6  | - 1.5  | - 1.1 |
| - 2.5 | - 2.1 | - 1.8  | - 2.0  | - 1.4  | - 1.0  | - 0.3  | + 2.8  | + 1.6  | - 1.0  | - 0.9  | - 0.8  | - 0.3 |
| - 2.5 | - 2.1 | - 1.8  | - 1.9  | - 1.4  | - 1.0  | - 0.3  | + 2.5  | + 1.4  | - 1.0  | - 0.8  | - 0.7  | - 0.3 |
| - 2.7 | - 2.2 | - 1.8  | - 2.0  | - 1.4  | - 1.0  | - 0.4  | + 2.3  | + 1.3  | - 1.0  | - 0.8  | - 0.7  | - 0.3 |
| - 2.8 | - 2.2 | - 1.9  | - 2.0  | - 1.5  | - 1.0  | - 0.4  | + 2.3  | + 1.2  | - 1.0  | - 0.8  | - 0.7  | - 0.4 |
| - 2.8 | - 2.2 | - 1.8  | - 2.0  | - 1.5  | - 1.0  | - 0.5  | + 2.0  | + 1.0  | - 1.0  | - 0.8  | - 0.8  | - 0.4 |
| - 3.0 | - 2.4 | - 2.1  | - 2.2  | - 1.6  | - 1.2  | - 0.7  | + 1.6  | + 0.7  | - 1.2  | - 1.0  | - 0.9  | - 0.6 |
| - 4.0 | - 3.3 | - 2.8  | - 2.9  | - 2.3  | - 1.8  | - 1.3  | + 1.1  | + 0.2  | - 1.8  | - 1.6  | - 1.5  | - 1.2 |
| - 5.4 | - 4.6 | - 4.0  | - 3.9  | - 3.2  | - 3.7  | - 2.1  | + 0.5  | - 0.6  | - 2.6  | - 2.4  | - 2.3  | - 1.9 |
| - 4.0 | - 3.2 | - 2.7  | - 2.7  | - 2.1  | - 1.6  | - 0.9  | + 3.6  | + 0.7  | - 1.5  | - 1.2  | - 1.2  | - 0.8 |
| - 4.1 | - 3.2 | - 2.6  | - 2.7  | - 2.0  | - 1.4  | - 0.7  | + 1.9  | + 0.9  | - 1.3  | - 1.1  | - 1.0  | - 0.6 |
| - 4.0 | - 3.1 | - 2.4  | - 2.5  | - 1.8  | - 1.4  | - 0.6  | + 2.1  | + 1.0  | - 1.1  | - 0.9  | - 0.8  | - 0.5 |
| - 3.9 | - 2.8 | - 2.1  | - 2.2  | - 1.4  | - 0.9  | - 0.1  | + 2.7  | + 1.6  | - 0.7  | - 0.5  | - 0.4  | - 0.1 |
| - 3.2 | - 2.0 | - 1.3  | - 1.6  | - 0.8  | - 0.1  | + 0.6  | + 3.6  | - 2.3  | 0      | + 0.2  | + 0.2  | + 0.5 |
| - 1.2 | - 0.1 | + 0.3  | - 0.2  | + 0.6  | + 1.2  | + 1.9  | + 5.1  | + 3.7  | + 1.1  | + 1.3  | + 1.3  | + 1.6 |
| + 1.3 | + 2.0 | + 2.0  | + 1.2  | + 2.0  | + 2.5  | + 3.1  | + 6.6  | + 4.9  | + 2.1  | + 2.3  | + 2.2  | + 2.5 |
| + 1.9 | + 2.5 | + 2.5  | + 1.4  | + 2.3  | + 2.8  | + 3.4  | + 7.1  | + 5.3  | + 2.3  | + 2.5  | + 2.3  | + 2.6 |
| + 4.9 | + 4.4 | + 3.8  | + 2.4  | + 3.2  | + 3.7  | + 4.1  | + 8.0  | + 5.9  | + 2.8  | + 2.9  | + 2.7  | + 2.9 |
| —     | + 3.8 | + 2.8  | + 1.1  | + 2.4  | + 3.1  | + 3.8  | + 8.3  | + 5.9  | + 2.1  | + 2.2  | - 2.1  | - 2.4 |
| - 3.8 | —     | + 2.2  | - 0.5  | + 1.9  | + 2.9  | + 3.8  | + 9.3  | + 6.0  | + 1.8  | + 2.0  | + 1.8  | + 2.2 |
| - 2.8 | - 2.2 | —      | - 3.9  | + 1.6  | + 3.4  | + 4.1  | + 10.8 | + 6.5  | + 1.6  | + 1.8  | + 1.6  | + 2.0 |
| - 1.1 | + 0.5 | + 3.9  | —      | + 6.2  | + 6.6  | + 5.8  | + 12.3 | + 7.4  | + 2.2  | + 2.4  | + 2.2  | + 2.4 |
| - 2.4 | - 1.9 | - 1.6  | - 6.2  | —      | + 7.0  | + 5.6  | + 14.2 | + 7.5  | + 1.3  | + 1.6  | + 1.5  | + 1.9 |
| - 3.1 | - 2.9 | - 3.4  | - 6.6  | - 7.0  | —      | + 8.4  | + 16.5 | + 7.4  | + 0.3  | + 0.7  | + 0.7  | + 1.2 |
| - 3.8 | - 3.8 | - 4.1  | - 5.8  | - 5.6  | - 8.4  | —      | + 31.8 | + 9.1  | - 2.1  | - 1.2  | - 0.8  | - 0.2 |
| - 8.3 | - 9.3 | - 10.8 | - 12.3 | - 14.2 | - 16.5 | - 31.8 | —      | - 10.0 | - 20.3 | - 14.3 | - 10.8 | - 7.3 |
| - 5.9 | - 6.0 | - 6.5  | - 7.4  | - 7.5  | - 7.4  | - 9.1  | + 10.0 | —      | - 29.1 | - 18.6 | - 10.6 | - 6.6 |
| - 2.1 | - 1.8 | - 1.6  | - 2.2  | - 1.3  | - 0.3  | + 2.1  | + 20.3 | + 29.1 | —      | + 4.5  | + 1.9  | + 3.0 |
| - 2.2 | - 2.0 | - 1.8  | - 2.4  | - 1.6  | - 0.7  | + 1.2  | + 14.3 | + 18.6 | - 4.5  | —      | + 0.7  | + 2.6 |
| - 2.1 | - 1.8 | - 1.6  | - 2.2  | - 1.5  | - 0.7  | + 0.8  | + 10.8 | + 10.6 | - 1.9  | - 0.7  | —      | + 4.2 |
| - 2.4 | - 2.2 | - 2.0  | - 2.4  | - 1.9  | - 1.2  | - 0.2  | + 7.3  | + 6.6  | - 3.0  | - 2.6  | - 4.2  | —     |

Table 4 Monthly mean values of the sea-hight in Kagoshima and Hakamagoshi, and difference of both values

| Month     | Kagoshima | Hakamagoshi | difference |
|-----------|-----------|-------------|------------|
| 1958 Jul. | 209.0 cm  | 209.2 cm    | - 0.2 cm   |
| Aug.      | 210.8     | 203.2(?)    | + 7.6(?)   |
| Sept.     | 223.5     | 220.6(?)    | + 2.9      |
| Oct.      | 211.8     | 204.8       | + 7.0      |
| Nov.      | 205.9     | 190.3       | +15.6      |
| Des.      | 193.7     | 182.5       | +11.2      |
| 1959 Jan. | 186.5     | —           | —          |
| Feb.      | 187.4     | 173.4(?)    | +14.0(?)   |
| Mar.      | 186.1     | 167.5       | +18.6      |
| Apr.      | 194.6     | 172.4       | +22.2      |
| May.      | 201.6     | 177.0       | +24.6      |
| Jun.      | 215.9     | 189.3       | +26.6      |
| Jul.      | 219.7     | 188.5       | +31.2      |
| Aug.      | 219.7     | 181.6       | +38.1      |
| Sept.     | 221.8     | 174.4       | +47.4      |
| Oct.      | 223.3     | 168.0       | +55.3      |
| Nov.      | 205.7     | 148.4       | +57.3      |
| Des.      | 198.2     | 136.8       | +61.4      |
| 1960 Jan. | 190.9     | 145.9       | +45.0      |
| Feb.      | 188.1     | 136.9       | +51.2      |
| Mar.      | 195.0     | 141.3       | +53.7      |
| Apr.      | 192.8     | 138.2       | +54.6      |
| May.      | 200.6     | 142.8       | +57.8      |
| Jun.      | 211.2     | 151.7       | +59.5      |
| Jul.      | 206.5     | 146.7       | +59.8      |
| Aug.      | 225.5     | 162.7       | +62.8      |

## 参 考 文 献

- 1) 吉川圭三：京都大学防災研究所年報，第2号，昭33， pp. 140-144.
- 2) 吉川圭三：京都大学防災研究所年報，第1号，昭32， pp. 106-111.