

日食時における空中電気要素の変化について

河 村 謙・近 藤 五 郎

Atmospheric electric elements on eclipsed day

By

M. KAWAMURA & G. KONDO

Abstract

During the solar eclipse of April 19, 1958, the potential gradient and the conductivity were measured at Kanoya Magnetic Observatory. In this paper, the results of above observation are described, together with the variations of atmospheric electric elements at Kakioka Magnetic Observatory. According to the results it seems that the potential gradient decrease and conductivity increase at the eclipse time.

§ 1. 緒 言

日食時における空中電気要素の変化については、Table 1に示すように、これまでに、Jones and Giesecke [1], Sucksdorff [2]及びKoenigsfeld [3]等の観測がある。また国内でも、女満別と豊原 (1936) 及び礼文島 (1948) において観測が行われた。

Huancayo においては、電位傾度、正負伝導度及び凝結核密度の観測が行われ、その結果が平常の変化と比較された：電位傾度は日食時に明白に減少し、且かなり変動的になり、他方正負伝導度は互に平行して増加している。また凝結核数は日食中、多少の変動はあつたが除々に減少し、終了直前に急激な増加を示した。Jones and Giesecke は日食によつて地面への熱の供給が減り、地表附近に夜間に類似した安定した気層ができるため、地表面における伝導度の増加、従つて電位傾度の減少が起きると考えた。O. H. Gish [4] は此の観測結果と1918年にKansas州Lakinにおいて行われた観測結果 (Bauer, Fisk and Mauchly, 1919, [5]) とを比較し、その変化の類似性から、Jones and Giesecke の解釈を支持し、それらが安定気層の出来やすい条件にあつた (早朝と夕刻) ため、その影響が明瞭に現われたのであろうといつている。Kokkola においては、快晴で極めて良い観測条件に恵まれたが、風速は4~6m/sec でかなり強かつた。電位傾度は日食開始2時間前から直線的に減少を始め、食甚に極小を示した後、復円まで僅かに増加し、その後は略一定で異常に低い値を続けた。Sucksdorff

Table 1. Observations of Atmospheric Electric Elements during the Solar Eclipse

Place	Toyohara (Japan)	Memambetsu (Japan)	Huancayo (Peru)	Kokkola (Finland)	Rebun Island (Japan)	Libenge (Belgian Congo)	Kakioka (Japan)	Kanoya (Japan)
Date of Eclipse	June 19, 1936		Jan. 25, 1944	June 9, 1945	May 9, 1948	Feb. 25, 1952	Apr. 19, 1958	
Magnitude of Eclipse			88%	100%	100%	98%	87%	93%
Ist Phase of Eclipse			08h 04m	14h 55m	10h 25m		11h 33m	11h 03m
Greatest Eclipse			09h 18m	16h03m~ 16h04m	11h 51m		13h 21m	12h 52m
Last Phase of Eclipse			10h 44m	17h 09m	13h 18m		14h 53m	14h 43m
Observed Element	Potential Gradient	Space Charge	Potential Gradient	Potential Gradient	Potential Gradient	Potential Gradient	Potential Gradient	Potential Gradient
	Pos. Conductivity		Pos. Conductivity		Pos. Conductivity		Pos. & Neg. Conductivity	Pos. Conductivity
	Neg. Conductivity		Neg. Conductivity		Neg. Conductivity.		Pos. & Neg. Small Ion	
							Space Charge Air Earth Current	

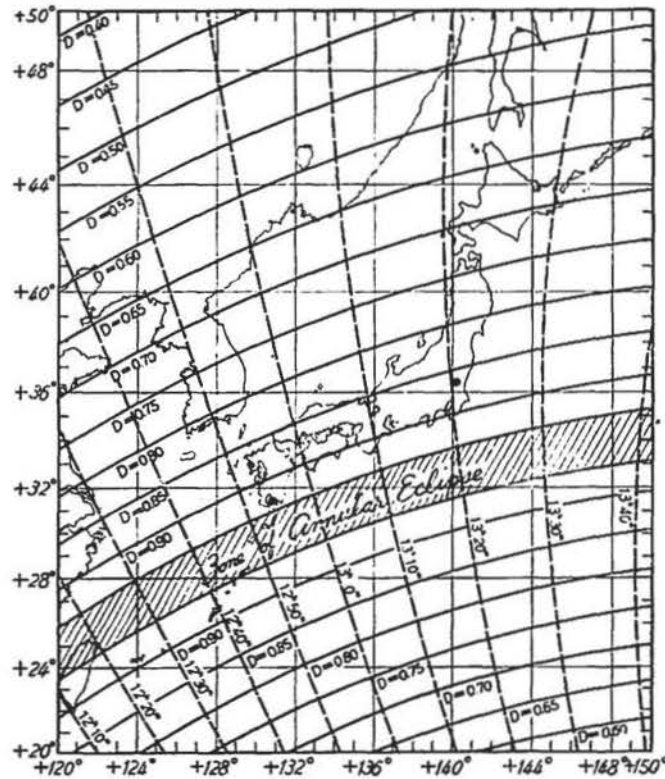


Fig. 1. Eclipse of the Sun for Japan, April 1958. (J. C. S. T.)
 — Loci of the Points where the Maximum Magnitude of the Eclipse (D) are the same.
 - - - - Loci of the Points where the Maximum Magnitude of the Eclipse occurs simultaneously.
 • Locations of Memambetsu, Kakioka and Kanoya (from upper to below)

は平常時の変化が日没の2時間前頃から減少を始めることに注目し、日食時にも同じ効果が現われたのであろうと推論した。Libengeにおいても快晴で好条件に恵まれた。電位傾度は日食の前後で非常に滑らかで規則的であつたが、開始と共に急激に減少を始め、20~30分後に負の極値が現われ、且変動的になつた。その後次第に増加して食甚には殆んど平常値に戻り、再び減少を始めて一層強い負極値に達し、終了前30分に急速に平常値に復している。Koenigsfeldも矢張り、此の変化を太陽輻射による地面の加熱状態の変化に結びつけている。1936年の女満別及び豊原における観測は共に気象条件が悪かつたが、女満別での空間電荷密度の観測は食甚附近で空間電荷の急増を示し、また豊原では日食中に電位傾度が稍増加し、伝導度は幾分減少した。このことは前記の各観測結果に異なる。更に1948年の礼文島における観測も同様に電位傾度の増加と伝導度の減少を示した。

§ 2. 測定装置

柿岡においては、過去30年以上に亘り、2組の装置（静穏時用及び擾乱時用）により、

夫々ベンドルフ自記電位計を用いて、電位傾度の打点式連続自記測定が行われている〔6〕。空間電荷は金網籠法により、ストリング電位計を用いて、光学的に自記される〔7〕。また、小イオン数密度はエーベルト型小イオン計により正負イオン数が交互に連続的に記録される〔8〕。空地電流密度は電位計管 (UX-54B) を用いる直流増幅器で Kasemir の方法〔9〕によって測定される。その装置については別に詳細に述べられている〔10〕。伝導度はゲルジエン型通気円筒に空地電流測定用と同様の直流増幅器を用いて、記録直流電流計で自記される。その入力時定数は 10 秒程度であるので、かなり速い時間変化を取り出すことができる。

鹿屋出張所においても、庁舎の北側の一室にベンドルフ電位計を設置し、ラジウム集電器を用いて、電位傾度が自記測定された。また庁舎南側の空地に針金を張り、やはりベンドルフ電位計を庁舎内に設置して、晴天の日中を用いて、数日間平面更正観測が行われた。前記の電位傾度測定装置の平面更正係数は 1.3 であつた。伝導度は地電流観測室にゲルジエン通気装置を設置し、直流増幅器を用いて測定された。測定は地下暗室で検流計を用いて行われ、臭素紙上に光学的に記録された。装置が一組のため正負伝導度の何れか一方のみが、測定されたが、日食当日及びその前後の数日には、正伝導度が選ばれた。日食の翌日より観測期間終了までは、雷雨を伴う大きな擾乱が続き、その変化が著るしいので負伝導度の方が観測された。日食当日を除いては 24 時間 1 回転の記録器が用いられ、自記紙の送り速度は 15 mm/hr であるが、日食当日には早廻し記録器 (90mm/hr) に取り替えられた。

§ 3. 気象条件

柿岡においては、大体晴で僅かに好晴積雲が認められる程度であつたが、風は相当に強く、日食時を通じて 4～7 m/sec の北西風が吹いていた。然し風塵は無かつた。Table 2 に柿岡における日食時の気象観測結果を示す。従つて静穏日でないので、平常時と比較するため、何らかの方法で基準曲線を求めることが必要となり、過去の天気図を参照して当日に類似する日を求めたが、一応満足して用いられる日は僅かに 2 日 (1955 年 3 月 14 日及び 1958 年 4 月 15 日) しかえられなかつた。Fig. 2 は当日 9 時の日本附近の天気図である。

鹿屋においては、早朝より天候は快晴で風も割合に穏やかで好条件に恵まれたが、日食開始直前に桜島の小噴火があり、その噴煙が 2 回に亘り (9 時及び 10 時半) 風によつて西方の山脈を超えて出張所上空に到達し、一時は濃い噴煙が全天を覆つた。また僅かではあるが降灰も認められた。然しその煙も急速にうすれ、約 30 分後には殆んど巻層雲として残る程度であつた。その後は晴又は上層雲による薄曇の状態が続いた。風速は 1～3 m/sec で日平均は 2.0m/sec であつた (Fig. 3 参照)。日食時には大体 3 m/sec 程度の東又は東南東風が吹いていた。気温は Fig. 3 の変化を示し、平常の変化より数度低く、この気温への影響はかな

Table 2. Meteorological Data during the Eclipse at Kakioka.

Time	Element	Air Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Wind Speed (m/sec)	Cloud
9h 00m		12.8	34	5.2	0 Cu
10 00		13.2	37	6.7	3 Cu
10 30		14.1	40	5.0	3 Cu
11 00		14.2	45	5.0	2 Cu
11 30		14.2	45	6.5	2 Cu
12 00		14.4	45	6.9	3 Cu
12 30		13.9	48	5.2	3 Cu
13 00		13.0	49	4.6	1 Cu
13 30		12.0	47	4.6	0 Cu
14 00		12.3	47	4.8	0 Cu
14 30		13.3	46	4.6	0 Cu
15 00		13.5	41	4.2	0 Cu
15 30		13.8	40	4.8	0 Cu
16 00		13.9	42	4.6	0 As
17 00		13.6	44	4.5	0 As

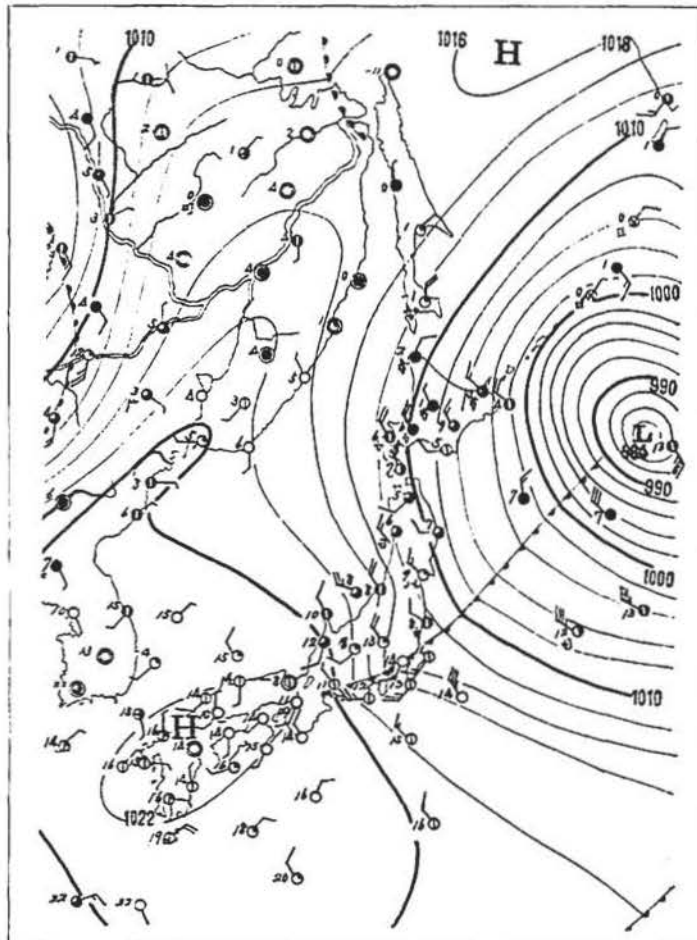


Fig. 3. The Meteorological State at 9 h on 19 th. April 1958

り後まで及んでいる様に思われる。尚参考のため、当日の鹿児島における地上気象観測資料を Table 3 に示す。

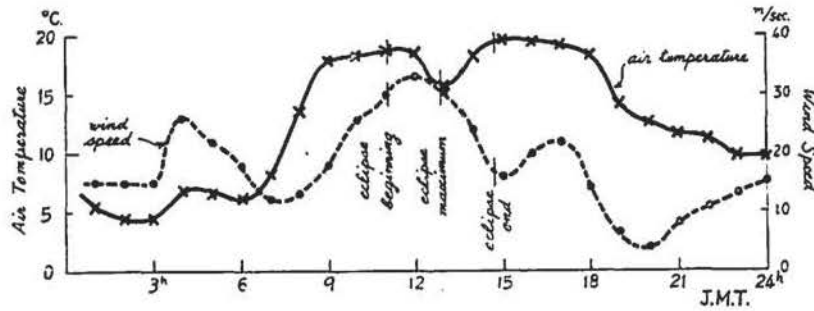


Fig. 3, Diurnal Variations of Air-Temperature and Wind Speed on the Eclipse Day at Kanoya.

Table 3. Meteorological Data on the Eclipse Day at Kagoshima.

Time	Element	Air Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Wind Speed (m/sec)	Cloud
1h		7.1	83	3.6	0 —
2		6.3	85	3.0	0 —
3		5.6	87	2.6	0 —
4		5.1	89	3.0	0 —
5		4.6	90	3.8	0 —
6		4.4	90	3.2	2 Ci
7		6.0	83	2.8	2 Ci
8		10.7	74	1.1	1 Ci
9		16.4	52	2.2	4 Ci
10		17.4	51	2.6	0 Ci
11		18.3	43	2.8	0 Ci
12		18.8	40	3.0	0 Ci
13		18.1	45	2.2	0 —
14		19.2	41	1.5	8 —
15		19.4	50	5.2	7 —
16		19.8	45	4.0	8 Ci
17		19.9	39	3.4	0 Ci
18		18.9	40	2.2	7 Ci, Ac
19		17.5	52	0.9	8 Ci, Ac
20		14.1	68	2.2	0 Ci
21		12.8	75	2.4	0 —
22		11.9	80	2.6	0 —
23		10.9	85	3.0	0 —
24		10.0	88	3.2	0 —

§ 4. 観測結果

柿岡における電位傾度変化を Fig. 4 に示す。実線は当日の変化で、破線は比較のための基準曲線である。前述の通り、日食当日は所謂静穏日ではなく、また気象条件を考慮して当日に類似した日を求めることは極めて困難であつたが、日食の起つた時刻においては、早朝に極大に達し電位傾度がその後減少を続け、略一定値を保ちつゝ午後の極小に至るのが一般で

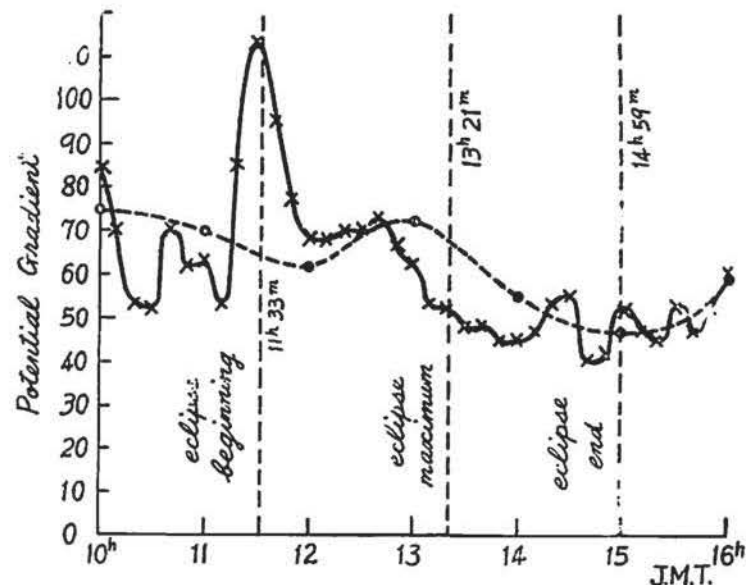


Fig. 4. Variation of Potential Gradient at Kakioka.

ある。基準日として選定された日も概略的にはこの様な変化を示し、極めて緩やかに減少を続けている。同様に日食日も基準日の変化に類似し、除々に減少しているが、当日は割合に大きな時間的変動がみられる点に幾分相異がある。電位傾度の値も大体に基準日に近い。またその時間的変動が日食時のみでなく、一日を通じてかなり顕著であるので、この観測結果から認められる食甚における電位傾度減少も、果して日食の影響であるかどうか明らかでない。

Fig. 5 に示すように、伝導度変化への影響は一層曖昧である。この変化の模様は、位相的には電位傾度変化に対し負の相関を示すようであるが、その変化は概して単調で、食甚より稍おくれて伝導度の増加していることが、辛うじて認められる程度である。Fig. 6 に示す通り、日食時の電位傾度と伝導度の負相関から、間接法による空地電流（伝導電流）密度は尚一層滑らかで変化が殆んど認められない。直接法による空地電流密度の変化も日食時には伝導電流密度の変化に類似している。周知の通り、夜間には鉛直交換の停止による放射性物質の地表附近への堆積によつて伝導度が増加し、昼間は逆に減少することが予想される。柿岡

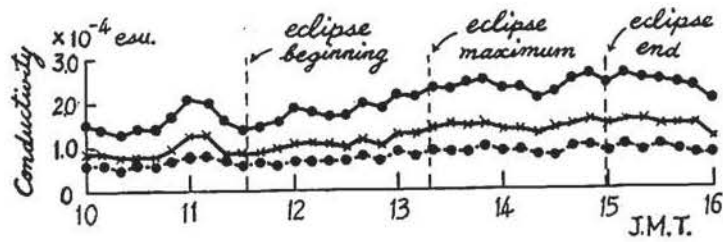


Fig. 5. Variation of Conductivity on the Eclipse Day at Kakioka.

-x-x- Positive Polar Conductivity
 - - - - Negative Polar Conductivity
 -●-●- Total Conductivity

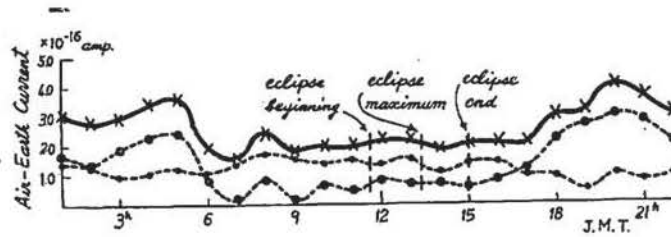


Fig. 6. Diurnal Variation of Air-Earth Current on the Eclipse Day at Kakioka.

-x-x- Total Current (Direct Method)
 - - - - Conduction Current (Rdirect Method)
 -●-●- Convection Current (Calculated)

における電位傾度の日変化の形は、季節等によつて明瞭さに違いがあつても、一般には早朝及び夕刻に極大が現われ、夜間及び日中は比較的小さい。これと伝導度の日変化より伝導電流の日変化は夜間に高く昼間に小さいことが予想され、そのことは関川〔11〕によつて確められている。然るに日食当日の伝導電流の変化は寧ろ日中に高い値を示している。他方、対流電流と鉛直電流とを比較すると、Fig. 6に関する限りでは夜間には対流電流が卓越し昼間には逆の関係になつている。然るに日食時にはその前後に比して幾分夜間の状態に近づいている様に思われる。即ち、伝導電流も対流電流も共に日食時に増加しているのではなからうか。然したとえこれが日食の影響であつたにしても、その機構の詳細な説明は今後に残された問題であると考えらる。

鹿屋においては、好天に恵まれたが、日食直前の桜島の噴煙のために、それに良く対応して電位傾度は短時間急激に減少し、10時27分には -40v/m の負極値を示した。然し、この減少も急速に回復し、日食開始直前には、略平常時に近い値を示した。Fig. 7は鹿屋における日食時刻前後の電位傾度変化で、実線は当日の変化、破線はその前後の静穏日変化の平均を示す。この図から分る様に、鹿屋においてもこの時刻には電位傾度は略一様に且極めて緩やかに減少している。他方、当日の変化は明らかに、日食時における電位傾度の減少を示し

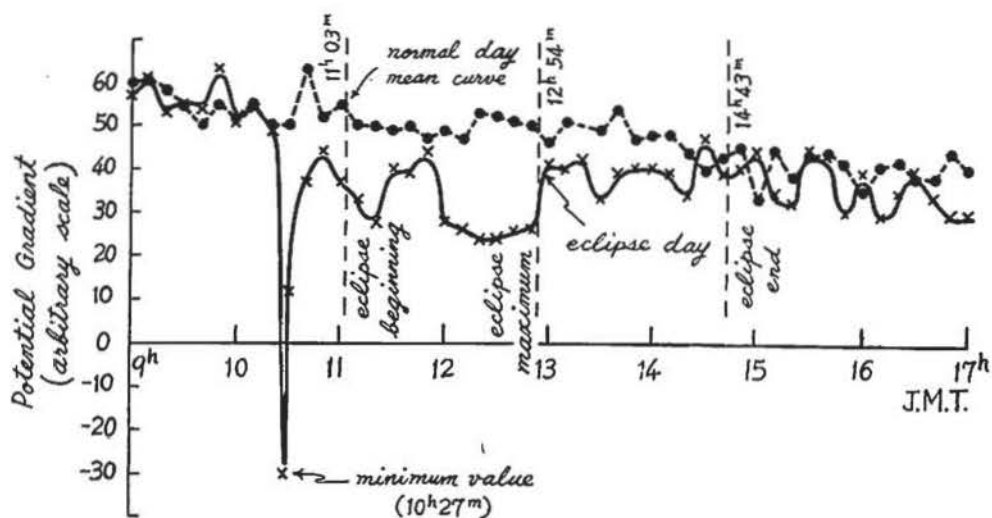


Fig. 7. Variation of Potential Gradient at Kanoya.

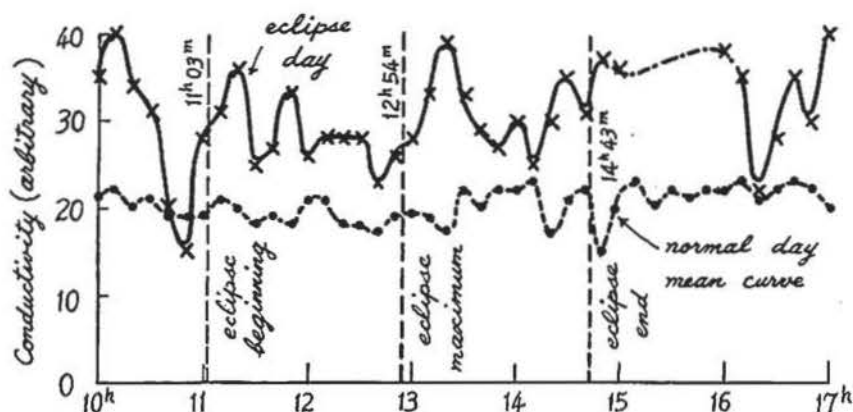


Fig. 8. Variation of Conductivity at Kanoya.

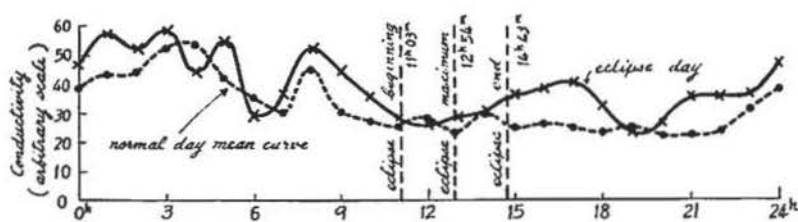


Fig. 9. Diurnal Variation of Conductivity at Kanoya.

ている。Fig. 8は日食時刻前後の伝導度変化であるが、これによると日食時の効果は余り明瞭でない。然し、Fig. 9の日変化図によると、食甚を過ぎてから、終了後数時間の間、伝導度は増加を示しているように見える。

§ 5. 結 尾

柿岡においては、風が強く従つて静穏日ではないので、信頼出来る基準変化曲線を求める

ことができなかつた。また鹿屋においては静穏であつたが臨時観測のため十分な資料を入手できなかつた。然し、この観測結果から推論されることは、これまでの日本に於ける観測結果と異り、日食時には電位傾度は減少し伝導度は増加を示すように思われる。また、その原因も、Gish等の言う様に、地表面への太陽輻射の変化にあると考えることが最も妥当であると思われる。

謝辞：終りに臨みこの観測の実施に当つて、終始御援助を賜りました本所職員及び鹿屋出張所職員の各位に衷心より謝意を表します。

引用文献

- [1] Jones, M. W. and A. A. Giesecke (1944) : *Terr Magn and Atmosph. Elec.*, **49**, 119.
- [2] Sucksdorf., E. (1946) : *Ibid.*, **51**, 171.
- [3] Koenigsfeld, L. (1953) : *Thunderstorm Electricrty* edited by H. R. Byers, 24.
- [4] Gish, O. H. (1944) : *Terr. Magn. and Atmosph. Elec.*, **49**, 123.
- [5] Bauer, L. A., H. W. Fisk and S. J. Mauchly (1919) : *Ibid.*, **24**, 22 and 87.
- [6] 柿岡地磁気観測所報告, 第八冊, 第九冊, 第十三冊, 第十五冊, 第十八冊, 第二十二冊 及び第二十五冊.
- [7] 三崎方郎 (1953) : 地磁気観測所要報, 第6巻, 101頁
- [8] 菊池繁雄 (1954) : 同上, 第7巻, 55頁
- [9] Kasemir, H. W. (1951) : *J. Atmosph. and Terr. Phys.*, **2**, 32.
- [10] 三崎方郎, 河村謙, 近藤五郎 (1958), 地磁気観測所要報, 第8巻, 第2号, 53頁
- [11] 関川俊男 (1957) : 同上, 第8巻, 第1号, 75頁.