

## 昭和基地における大気電場観測

源 泰拓 (観測課)

2007年11月29日受付, 2008年1月16日改訂, 2008年1月23日受理

### 要 旨

南極大陸に近い東オングル島に位置する昭和基地において、フィールドミル回転集電器を用いた大気電場観測が行われている。大気電場観測値から局地的な擾乱を排除するために、2005年2月から2006年1月にかけてのデータについて、主に短周期変動の性質を調べた。

大気電場毎秒値から高速フーリエ変換によるスペクトルを求めたところ、周期が20秒以上になるとスペクトルが著しく減衰していることから、前後61秒の移動平均を毎分値として算出すれば、短周期の擾乱を排除できると考えた。

大気電場の毎正分の前後61秒移動平均を算出し、同じく毎正分の前後61秒間の標準偏差を算出した。この大気電場毎分値と標準偏差を、地上気象毎分値の風速と比較したところ、ブリザードが観測されている際に大気電場の観測値が継続して負の値を示す、あるいは標準偏差が極端に小さくなることがあった。グローバルサーキットをモニターするという目的に鑑みれば、ブリザード時あるいは継続的に電場が負となる期間は、いずれも排除すべき期間である。これらの期間を除けば、大気電場と平均風速の間には正の相関があった。標準偏差と平均風速の間には相関が見られなかった。

### 1. はじめに

極域は全体が高気圧帯であるため下降流が卓越し、雷雲が発達する条件にはない。また降雨がほとんどなく、生物によるセンサーの汚染もないため、中緯度域での問題となるノイズが少なく、大気電場の測定には適した地といえる。昭和基地は南極大陸から約4 km はなれた東オングル島にあり、南緯69度00分、東経39度35分に位置する。昭和基地における大気電場観測は第3次日本南極地域観測隊によって始められ、第4次、第5次、第9次、第10次、第13次、第44次および第46次隊で観測が行われた。そして第48次隊においても観測を継続している。

これまで昭和基地における大気電場観測のまとまった報告は第10次隊によるもの(Kondo, 1971)があるが、近年の第44次隊および第46次隊による解析結果は公表されていない。Kondo (1971)は、昭和基地に設置したフィールドミル回転集電器を持つ電場計により連続日記録から毎時値を求め、1969年2月から1970年1月の平均値は66V/mであったとしている。

第44次、第46次隊ではフィールドミル回転集電器を用いて毎秒値を取得している。フィールドミル回

転集電器の検出器は、第44次、第46次隊および第48次隊では管理棟から南東に約150mの岩盤上に築いたコンクリート基礎上に設置した。センサーの設置状況を図1-1に、設置位置を図1-2に示す。横山(2004)によると第44次隊では2003年1月に観測を開始したが、ブリザード等で天候が崩れると異常が発生した。当初はセンサーの清掃・乾燥を行うと復旧したが、2003年12月以降は清掃後もすぐに観測値



Fig. 1-1 Observation site at Syowa Station.

が異常となり、復旧しなかったため、機材を国内に持ち帰った。

この異常の原因は、遮蔽板を接地するためにモータ回転軸に使用した接点ブラシが磨耗した結果出た金属粉が原因と考えられ、46次隊ではセンサーの接点に水銀を使用したものに改造して昭和基地に持ち込んだところ正常に動作した（高橋，2006）。第46次隊帰国報告会での報告によると、風速が大きいとき大気電場のノイズも大きく、2005年2月から2006年3月までの間に「静穏日」として採れる日は11日に過ぎないとされているが、風速とノイズの相関、静穏日取捨の基準などは具体的に示されていない。

近年、大気電場観測は、グローバルサーキットをモニターする手段として注目されている（Corney *et al.* 2003）。このため南極地域でのネットワーク観測を行おうという国際的な動きもある（Reddell *et*

*al.*, 2004）。第44次隊以降の観測はこの動きに沿ったものである。

大気電場観測によるグローバルサーキットのモニターを通じて宙空圏と大気圏の結合を解明するためには、例えば、大気電場観測を通じて全球的な雷活動に関するグローバルサーキット電場の年変動を調査してELF波動現象と比較する、あるいは、オーロラ活動に起因する電離層電位の変動が地上電場にもたらす程度の影響を研究する、といったアプローチが考えられている。Tinsley *et al.* (1998)によると、大気電場観測によって見出される電離層電位変動の時間スケールは数時間以上とされている。図2に、第46次隊帰国報告会で地上風が強い日の例として挙げられた2005年8月12日の、30分間の大気電場毎秒値を示す。ここに現れたような秒単位以下の短周期変化の要因は、主に局地的な地上擾乱と考えられるので、これを排除して、いわゆる“fair-weather”な条件のデータを抽出する必要がある。

南極地域での大気電場観測は昭和基地のほかに、南極点（Byrne *et al.* 1993; Reddell *et al.* 2004）、Vostok（Frak-Kamenetsky *et al.* 2001; Corney *et al.* 2003）の各基地で行われている。Frak-Kamenetsky *et al.* (2001)では1998年の大気電場観測から強風、降雪、雪の飛散、雲、発電機排気による汚染の影響のない134日の“fair-weather”な条件の日を選び、惑星間磁場との関係について論じているが、“fair-weather”を選ぶ基準についての言及はない。一方Reddell *et al.* (2004)は大気電場の季節変動、地磁気Kp指数との関係を論じている。解析にあたっては気象条件による局所的な擾乱を地上気象データを用いて排除したとしているが、これもデー

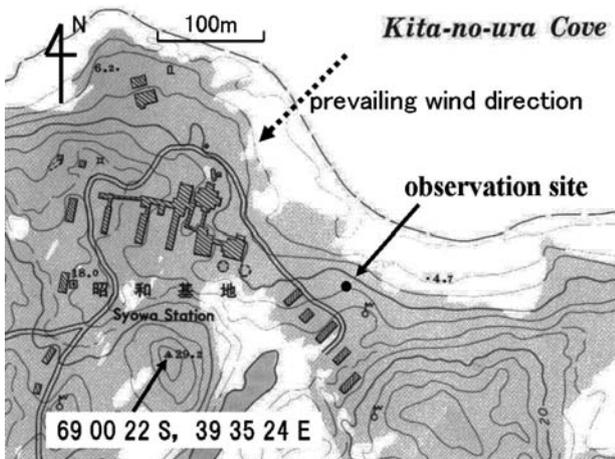


Fig. 1-2 Observation site map (1:5000地形図 東オングル島（建設省国土地理院 1994）に加筆）

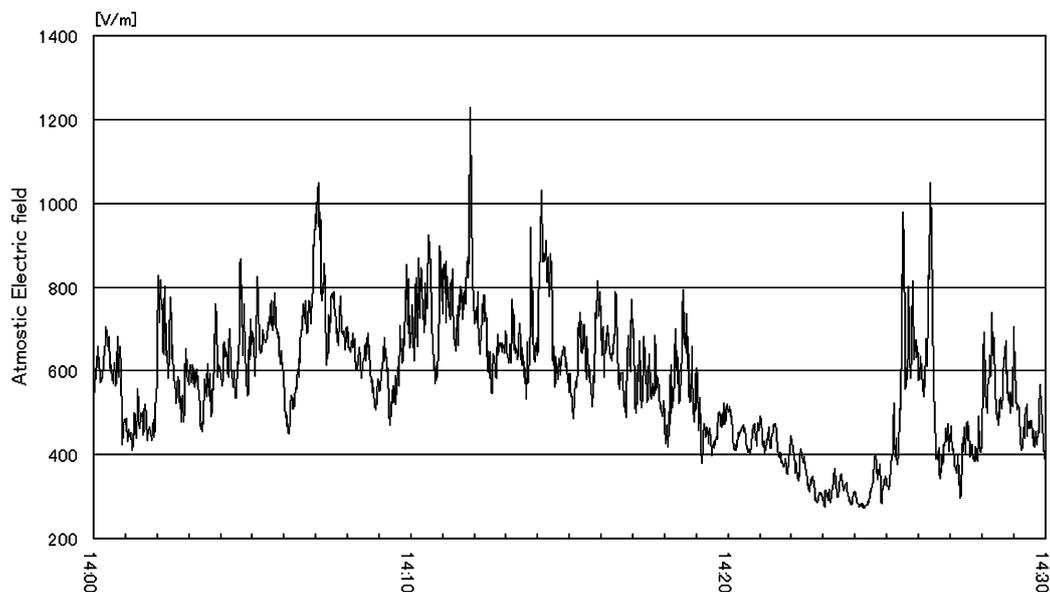


Fig. 2 One second resolution data of atmospheric electric field at Syowa Station (Aug. 12, 2005)

タの取捨基準については明らかでない。

この小論では、大気電場のデータから主に地上の電場擾乱に起因するノイズを含む期間を排除するための基礎調査として、第46次隊の取得した大気電場観測のデータについて、主に短周期変動の性質を調査した結果を示す。今回の解析には、第46次隊で観測された2005年2月から2006年1月にかけての大気電場毎秒値と、同期間の昭和基地における地上気象観測毎分値を用いた。

## 2. 毎秒値のスペクトル

まず、短周期ノイズの特性を見るために、大気電場毎秒値から高速フーリエ変換によるスペクトルを求めた。使用したデータ期間は、2005年2月から2006年1月の間で、もっとも長く欠測無くデータ取得が行われていた10月21日0:00:00 (UT, 以下同じ) から10月29日23:59:59の9日間、777,600秒である。

まず、2秒から100秒のスペクトルを図3に示す。周期が20秒以上になると著しく減衰していることから、前後61秒の移動平均を毎分値として算出すれば、短周期ノイズを排除できると考えられる。

次に2秒から $4 \times 10^5$ 秒のスペクトルを図4に示

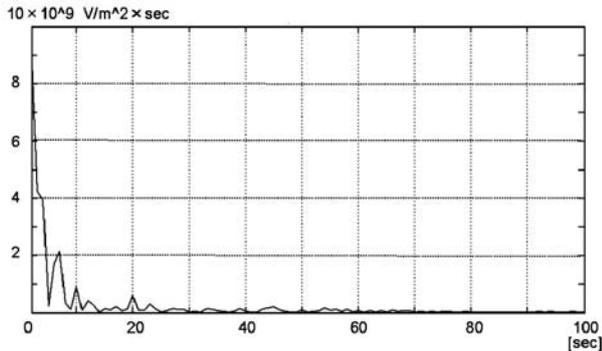


Fig. 3 Spectrum of atmospheric electric Field at Syowa Station (Oct. 21,2005-Oct. 29, 2005) 1-100sec

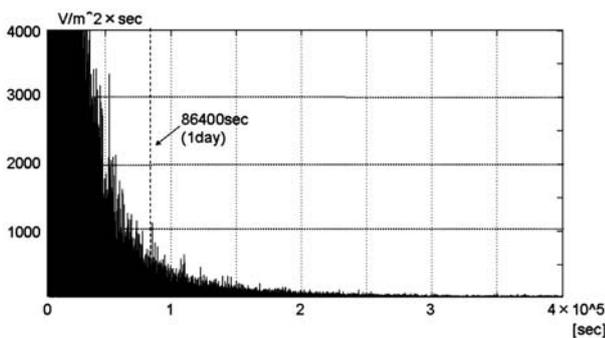


Fig. 4 Spectrum of atmospheric electric Field at Syowa Station (Oct. 21, 2005-Oct. 29, 2005)  $2-4 \times 10^5$ sec

す。9日間のデータでは解析期間として十分ではないが、Frak-Kamenetsky *et al.* (2001) に示された、日変化に相当する86400秒付近の周期に顕著なピークは見出せない。

## 3. 移動平均と標準偏差

大気電場の毎正分の前後61秒移動平均を算出して毎分値とした。前述のとおり短周期変動の卓越周期が20秒以下であることから、これにより短周期のノイズを排除することができる。また、同じく毎正分の前後61秒の期間の標準偏差（以下単に標準偏差とする）を算出した。この大気電場毎分値と標準偏差を、地上気象毎分値の風速と比較した。

まず、図5に昭和基地の冬季、2005年7月1日から20日の大気電場毎分値 (a)、標準偏差 (b)、地上風速毎分値 (c) のプロットを示す。この期間の大気電場と風速の相関係数は+0.31である。この間、7月1日4時20分から2日1時40分、および4日6時10分から6日8時50分の間にブリザードが観測されているが、いずれの期間も標準偏差が極端に小さくなっている。なお、この項以下に述べるブリザードとは、視程1 km 以下、風速10m/s 以上、継続時間6時間以上をすべてみたす時間で、昭和基地独自の基準である（気象庁、1989）。

また、2日から3日にかけてと6日から9日にかけて大気電場の値は継続して負となっており、図5には示していないが $-10000$  [V/m] を超える値も観測されている。これらの期間を除いた、7月11日から20日の大気電場毎分値と風速の相関係数は+0.59、標準偏差と風速の相関係数は+0.14であった。

次に、図6に夏季の2005年2月1日から20日の大気電場毎分値 (a)、標準偏差 (b)、地上風速毎分値 (c) のプロットを示す。この期間の大気電場毎分値と風速の相関係数は+0.33、標準偏差と風速の相関係数は+0.02であった。2月18日2時20分から8時50分の間にブリザードが観測されており、7月と同様標準偏差が小さくなっている。7月と同様にブリザードの期間を排除して、2月1日から10日の間で相関係数を算出すると、大気電場毎分値と風速の相関係数は+0.45、標準偏差と風速の相関係数は+0.03であった。

## 4. 考察

昭和基地における大気電場観測値は、強風時に観測値がほぼ一定になる、あるいは継続的に負の値を示すことがあった。こうした期間を除けば、大気電場毎分値と平均風速の間には正の相関が見られた。

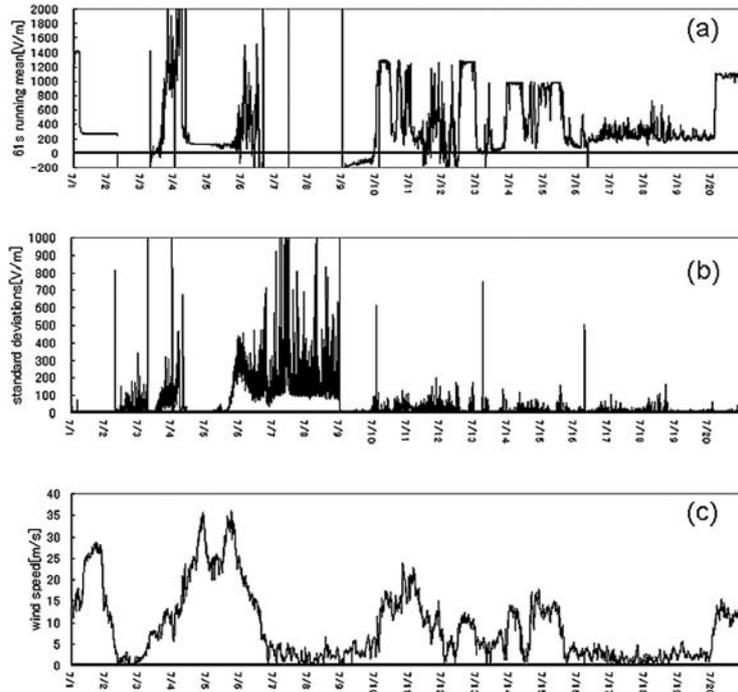


Fig. 5 61seconds running mean atmospheric electric field (a), standard deviation of the 61 seconds (b) and wind speed (c). (Jul. 1, 2005-Jul. 20, 2005)

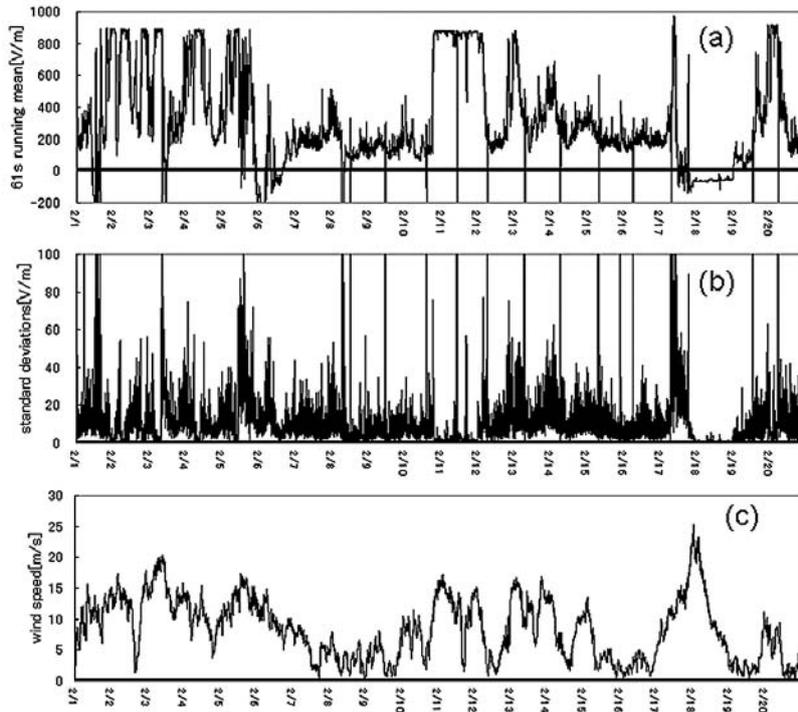


Fig. 6 61seconds running mean atmospheric electric field (a), standard deviation of the 61 seconds (b) and wind speed (c). (Feb. 1, 2005-Feb. 20, 2005)

極域では強風は地面付近では乾いた雪を舞い上げ、移送していることが多い。粉体は単位質量あたりの帯電量が極めて多くなるため、たとえば空気流送時にパイプ内壁との衝突・摩擦により強く帯電して、作業員が感電する例もあるという(村田, 1998)。乾いた雪粒が大気電場観測装置の周囲を吹

き抜けると、電場が乱されることは十分考えられる。実際に、南極大陸にあるみずほ基地においては、風速15m/sをこえ、地吹雪が高くなると必ず室内で放電が起こったと報告されている(井上, 1983)。

強風時に大気電場観測値がほぼ一定になる原因は

不明であるが、短時間に電場が大きく変動する場合には、フィールドミル回転集電器において誘導板の大気電場への露出／遮蔽による信号が、実際の電場の変動を反映していない可能性があると考えられる。継続的に電場が負の値を示す原因も不明であるが、この期間はグローバルサーキットをモニターするという目的に鑑みれば、排除すべき期間である(日本大気電気学会, 2003)。48次隊で筆者が点検しているデータでは、フィールドミル回転集電器の感度校正により正常値に復帰した例が見られた。この場合、感度校正前の測定値は実際の電場の変動を反映していない可能性が高い。

一方、61秒間の標準偏差と風速の間には、ほとんど相関が見られない。短周期変動が主に地上付近の電場擾乱によるものとすれば、短周期変動の大きさを示す標準偏差を用いて、たとえば閾値を定めるなどして地上の電場擾乱を受けた期間を排除し、グローバルサーキットの解析に利用可能なデータを抽出できる可能性が考えられる。しかし、すくなくとも本稿で示した調査結果からは困難といえる。

筆者が参加している第48次隊では、感度校正の実施基準を見直すことにより第46次隊よりも安定した観測を実現している。今後はこのデータを用いて、実際の電場の変動を反映していないと見られる期間をあらかじめ除いたうえで、大気電場観測値から地上の電場擾乱を受けた期間を排除する可能性を探りたい。

## 参考文献

- Byrne, G.J., J.R. Benbrook, E.A. Bering, A.A. Few, G.A. Morris, W.J. Trabucco and E.W. Paschal, Ground-based instrumentation for measurement of atmospheric conduction current and electric field at the South Pole, *J. Geophys. Res.*, **98**, 2611-2618, 1993.
- Corney, R.C., G.B. Burnsb, K. Michaela, A.V. Frank-Kamenetskyc, O.A. Troshichevc, E.A. Beringd, V.O. Papitashvilie, A.M. Breedb and M.L. Duldigh, The influence of polar-cap convection on the geoelectric field at Vostok, Antarctica, *J. Atmos. Sol. -Terr. Phys.*, **65**, 345-354, 2003.
- Frank-Kamenetsky, A.V., A.O. Troshichev, G.B. Burns and V.O. Papitashvili, Variations of the atmospheric electric field in the near-pole region related to the interplanetary magnetic field, *J. Geophys. Res.*, **106**, 179-190, 2001.
- 井上治郎, みずほ基地報告, 日本南極地域観測隊第22次隊報告, 国立極地研究所, 241-252, 1983.
- 気象庁, 南極気象観測三十年史, 気象庁, 東京, p384, 1989.
- Kondo, G. Data of Atmospheric Electricity at Syowa Station in 1969-1970, *JARE DATA REPORT*, No.11, 1-12, 1971.
- 村田雄司, 静電気の基礎と帯電防止技術, 日刊工業新聞社, 東京, p210, 1998.
- 日本大気電気学会編, 大気電気学概論, コロナ社, 東京, p237, 2003.
- Reddell, B.D., J.R. Benbrook, E.A. Bering, E.N. Clearyl and A.A. Few, Seasonal variations of atmospheric electricity measured at Amundsen-Scott South Pole Station, *J. Geophys. Res.*, **109**, A09308, doi: 10.1029/2004JA010536, 2004.
- 高橋 博, フィールドミル型観測装置による大気電場観測, 日本南極地域観測隊第46次隊報告, 国立極地研究所, 241-242, 2006.
- Tinsley, B.A., Liu Weiping, R.P. Rohrbaugh and M.W. Kirkland, South pole electric field responses to overhead ionospheric convection, *J. Geophys. Res.*, **103**, 26137-26146, 1998.
- 横山恵美, 大気電場観測, 日本南極地域観測隊第44次隊報告, 国立極地研究所, 168-169, 2004.

# Observations of the atmospheric electric field at Syowa Station, Antarctica

by

Yasuhiro MINAMOTO

Kakioka Magnetic Observatory

(Received 29 November 2007; received in revised form 16 January 2008; accepted 23 January 2008)

## Abstract

At Syowa Station, located on East Ongul Island near the continent of Antarctica, an electric field mill has been making observations of and collecting data on the atmospheric electric field. The author studied short-period disturbances in the data from February 2005 to January 2006 in order to eliminate local disturbances.

Spectra of the atmospheric electric field one-second value by Fast Fourier Transform show highly significant reduction at periods longer than 20 seconds.

The author used the 61-second running mean value of the atmospheric electric field, and calculated the standard deviation value for the same 61 seconds. Comparing these values with 1-minute values of wind speed, in some case during blizzards, negative values of the atmospheric electric field or the significantly small standard deviation of the atmospheric electric field are observed. However, to monitor the global circuits, these time periods should be not used. Except for these time periods, positive correlations have been obtained between the 61-second running mean value of the atmospheric electric field and wind speed. On the other hand, correlations between the standard deviation of the atmospheric electric field for 61 seconds and wind speed are small.