

Vol.12 No.2
Mar. 2013

目次

論文

従属スイッチを含むカオス発生回路における パラメータ切り替えを伴うカオスの同期……………	三堀邦彦 藤生正伸	3
南米赤道域におけるイメージングリオメータ観測 ……………	卷田和男 星野光男 加藤泰男 西野正徳 Paulo Fagundes Washington Luiz Carvalho Lima	13

南大西洋磁気異常帯における高エネルギー電子降下の太陽周期変動 ……………	西野正徳 卷田和男 Nelson, Jorge Schuch	25
---	--------------------------------	----

抄録

2次元TDGL方程式を用いた高Tc超伝導マイクロストリップ線路の ピコパルス応答解析……………	吉森 茂 Paul Daouda Sou Kokuton	35
--	------------------------------	----

留学報告

長期留学報告（米国クレムソン大学）……………	高橋丈博	39
------------------------	------	----

研究所員及び研究課題一覧……………		47
-------------------	--	----

研究活動一覧・他……………		55
---------------	--	----

論 文
FULL PAPERS

従属スイッチを含むカオス発生回路におけるパラメータ切り替えを伴うカオスの同期	三堀邦彦 藤生正伸	3
南米赤道域におけるイメージングリオメータ観測	卷田和男 星野光男 加藤泰男 西野正徳 Paulo Fagundes Washington Luiz Carvalho Lima	13
南大西洋磁気異常帯における高エネルギー電子降下の太陽周期変動	西野正徳 卷田和男 Nelson Jorge Schuch	25

従属スイッチを含むカオス発生回路におけるパラメータ切り替えを伴うカオスの同期* Synchronization of Chaos with State-dependent Parameter Switching in Chaotic Circuits including Dependent Switches

三堀 邦彦 Kunihiro MITSUBORI**

藤生 正伸 Masanobu FUJII***

Abstract

We consider the introduction of state-dependent parameter switching into a chaotic circuit including the dependent switch. This introduction yields the switching phenomenon between two-types of the chaos attractors. The circuit dynamics is described by the piecewise exact solutions, and the switching phenomenon is analyzed by using the one-dimensional return map theoretically. We construct the implementation example of this circuit, and then we confirm the switching phenomenon of the chaotic attractors and the synchronization of chaos with the parameter switching in the uni-directionally coupled system of the chaotic circuits, by the laboratory measurements.

Keywords : Chaotic circuit, Dependent switch, Parameter switching, Synchronization of chaos, Uni-directionally coupled system

1. はじめに

カオスは、決定論的な系に発生する複雑な振動である。複数の自律的なカオス発生系が結合されると、その結合系はカオスの同期を呈する。カオスの同期とは、各カオス発生系のカオスの間で位相がそろった現象のことである。最も基本的な2つのカオス発生系からなる結合系の1つに、一方向結合系がある(図1参照)。図中の P_0 はパラメータである。各カオス発生系は同じ構造とパラメータを持ち、結合がなければ独立にカオスを発生する。カオス発生系AはBに影響を与えるがBはAに影響を与えない。この結合系の実現例を用いた実験的測定から、カオスの同期が報告されている¹⁾。またこの同期に基づく秘匿通信手法の提案と、それに関連した研究成果が多数報告されている²⁾⁻⁵⁾。ここではカオス信号の複雑さ、とりわけ周波数域に広がったパワースペクトラムを持つ性質が、秘匿通信に利用できるものと期待されている。このような立場からこの結合系を実現し実験的測定を行う研究が、電子回路やレーザーの分野で精力的になされている。電子回路は、実現や実験が容易であるというメリットを持つが扱える周波数が低い(kHz~MHzオーダー)というデメリットを持つ。レーザーはこれと対照的に、扱える周波数が高い(GHzオーダー以上)というメリットを持つが、実現や実験が難しいというデメリットを持つ。従って電子回路は、実物理システム構築の第一歩として、また実物理システムで新しいアイデアを試みる枠組みとして有効である。

こうした一方向結合系に発生するカオスの同期を利用した秘匿通信手法の一つに、カオスマスキングがある⁶⁾。カオスマスキングのブロック図を図2に示す。破線の内側は電子回路を用いて構築された図1の一方向結合系である。Aがカオス信号 $C_A(t)$ を、Bがカオス信号 $C_B(t)$ を生成する。同期信号 $S(t)$ はカオス発生回路A、Bを同期させるための信号である。送信側では所望の信号 $d(t)$ に $C_A(t)$ を加えて受信側に送る。受信

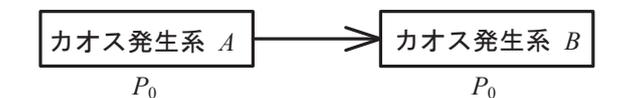


図1 一方向結合系

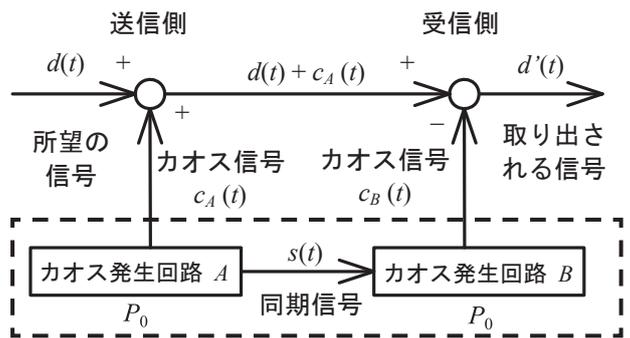


図2 カオスマスキングのブロック図

側では $d(t) + C_A(t)$ を受け取り、この信号から $C_B(t)$ を引き去る。その結果、受信側で取り出される信号はカオス発生回路A、Bが完全に同期していれば $C_A(t) = C_B(t)$ となるため $d'(t) = d(t)$ となり、受信側で $d(t)$ そのものが取り出せる。送信側から受信側に送られる信号はカオス信号 $C_A(t)$ が周波数域に広がったパワースペクトラムを持つため、 $d(t)$ はこの信号に覆い隠される。これが「カオスマスキング」の由来である。

実現例を用いた本手法のこれまでの実験的測定は、カオス発生回路としてChua回路を採用して行われた^{6), 7)}。Chua回路は1つのインダクタ・2つのキャパシタ・1つの線形抵抗・1つの非線形コンダクタンスで構成される、よく知られた非常に簡素な回路である。ところがChua回路ではアトラクタの理論的な解析が非常に難しい。そのためこうした実現例の設計は試行錯誤に頼らざるを得なかった。

本研究ではこのカオスマスキングを念頭に置き、カオス信号の更なる複雑化とその動作の理論的解析のしやすさを両立したカオス発生回路、ならびにこれを用いた一方向結合系を提案する。本研究で注目する一方向結合系を図3に示す。

* 原稿受付 平成24年9月20日
** 工学部電子システム工学科
*** 工学研究科電子情報工学専攻

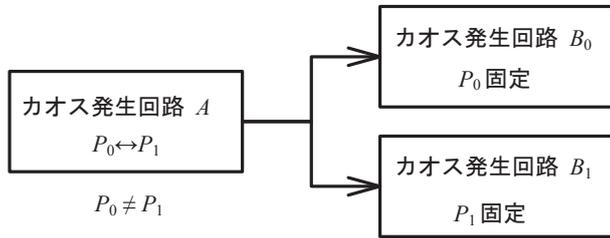


図3 パラメータ切り替えを含む一方方向結合系

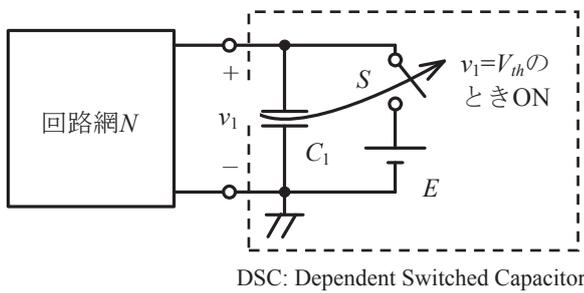


図4 DSCカオス発生回路の族

我々はこの結合系を「パラメータ切り替えを含む一方方向結合系」と呼ぶ。図中の P_0, P_1 はパラメータであり $P_0 \neq P_1$ とする。カオス発生回路Aは一方方向的にカオス発生回路 B_0 と B_1 に結合されている。これら3つの回路は全て同じ構造を持ち、結合がなければ独立にカオスを発生する。 P_0 のときのカオスと P_1 のときのカオスでは、アトラクタの形状が異なる。回路Aではパラメータが P_0, P_1 のどちらかの値をとり、それを回路A自身の状態に依存して切り替える。我々はこれを「状態によるパラメータ切り替え」と呼ぶ。一方回路 B_0 ではパラメータの値が P_0 に固定され、回路 B_1 では P_1 に固定される。回路Aのパラメータが P_0 であるとき、回路 B_0 が回路Aに同期し、回路 B_1 は同期しない。また回路Aのパラメータが P_1 であるとき、回路 B_0 は回路Aに同期せず、回路 B_1 が同期する。回路Aのパラメータを切り替えると、回路Aに同期する回路 (B_0 または B_1) が切り替わる。我々はこれを「カオスの同期の切り替わり」と呼ぶ。この結合系の構築にあたり、我々は以下の2つのアイデアを導入する。

第一にChua回路とは別の回路、DSCカオス発生回路^{8), 9)}に注目する。この回路の族は図4で定義される。この回路はキャパシタ C_1 ・従属スイッチ S ・電圧源 E ・回路網 N で構成される。キャパシタ電圧 v_1 がそのしきい値 V_{th} に達すると S が瞬時に閉じ、 v_1 が E にリセットされる。それ以外のときには S が開いており、この回路は2次元の発振回路となる。破線の内側の1端子対素子は、従属スイッチトキャパシタ (DSC: Dependent Switched Capacitor) と呼ばれる。この回路の回路方程式の解の動きは2次元平面内の拡大回転と、この平面内でのジャンプの組み合わせで表現される。この回

路の動作は区分的厳密解を用いて記述され、その解の軌道には再帰的な1次元写像を厳密に定義できる。この写像は、回路の動作の理論的な解析に利用される。

第二に、パラメータの切り替え方を工夫する。具体的には切り替えられるパラメータとして図4の電圧源 E を選び、その値を2種類用意する。これらは図3の P_0, P_1 に対応する。さらに、回路方程式の解が拘束される平面内にしきい値による窓を設け、解軌道がこの窓に入ったか否かで、次に S が閉じるときの E の値を決める。窓で解軌道が検出される時刻と S が閉じる瞬間の時刻の間には時間的なずれがあるため、このパラメータ切り替えは記憶素子を必要とする。このパラメータ切り替えを用いれば、回路Aで2種類のカオスアトラクタが切り替えられるにもかかわらず、その軌道には再帰的な1次元写像が厳密に定義され、この写像の分析による理論的解析が可能となる。

本論文では以上をふまえ、DSCカオス発生回路を用いて状態によるパラメータ切り替えを含む一方方向結合系を構築し、その実現例による実験的観察を行う。本論文の構成は以下の通りである。2章では、DSCカオス発生回路を紹介する。回路方程式から区分的厳密解が導出され、回路方程式の解軌道に再帰的な1次元写像が厳密に定義される。3章では、この回路方程式に状態によるパラメータ切り替えを導入する。これにより2種類のカオスアトラクタの切り替わりが発生するが、このときの回路の動作も再帰的な1次元写像で表現できる。4章では、状態によるパラメータ切り替えが導入されたDSCカオス発生回路を実現し実験的観察を行う。DSCカオス発生回路はウィーンブリッジ発振回路を元に構築され、状態によるパラメータ切り替えはコンパレータ・モノマルチバイブレータ・Dラッチを用いて実現される。5章では、状態によるパラメータ切り替えが導入された一方方向結合系を実現し、カオスの同期の切り替わりを実験で確認する。またこの実現例によるカオスマスキングの構成を検討する。6章では、全体をまとめ今後の課題を述べる。

2. DSCカオス発生回路

図5にDSCカオス発生回路のモデルを示す。この回路は2端子対電圧制御電圧源 (Two-Port Voltage Controlled Current Source: 2P-VCCS)・キャパシタ C_1, C_2 ・従属スイッチ S ・電圧源 E ・モノマルチバイブレータ MM ・コンパレータで構成される。破線の内側の1端子対素子を従属スイッチトキャパシタ (Dependent Switched Capacitor: DSC) と呼ぶ。2P-VCCSの働きは次式で特徴付けられる:

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \quad \dots (2.1)$$

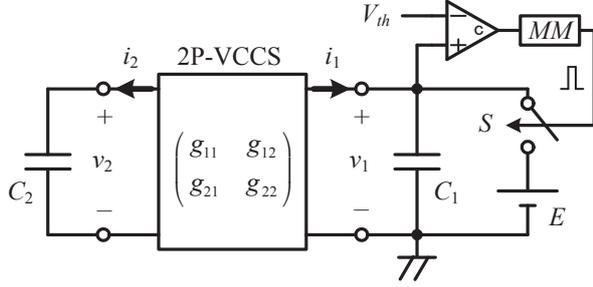


図5 DSCカオス発生回路のモデル

コンパレータはキャパシタ電圧 v_1 としきい値電圧 V_{th} の大小関係を監視し、 MM は S を瞬間的に閉じるためのパルスが発生させる。 $v_1 < V_{th}$ のとき S は開いており、この間の回路の動作は以下の回路方程式で記述される：

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_{11}/C_1 & g_{21}/C_1 \\ g_{21}/C_2 & g_{22}/C_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \quad \dots (2.2)$$

v_1 が V_{th} に達すると S が瞬間的に閉じ、 v_1 の値が E にリセットされる。 S が閉じている時間は十分短く、その間に v_2 の値が変化しないとみなせるものとする。 E の値は $E < V_{th}$ となるように設定する。これにより S が閉じることで $v_1 < V_{th}$ となり、その直後に S が再び開く。時刻 t_S に S が閉じたとすると、このときの回路の動作は以下のようにまとめられる：

$$\begin{pmatrix} v_1(t_S^+) \\ v_2(t_S^+) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E \\ v_2(t_S) \end{pmatrix} \quad \text{if } v_1 = V_{th} \quad \dots (2.3)$$

ここで t_S^+ は S が閉じた直後の時刻を表す。

我々は、式 (2.2) の係数行列が不安定な複素固有値 $\Delta \pm j\omega$ を持つ場合を考える。 Δ と ω の値は次式より算出される：

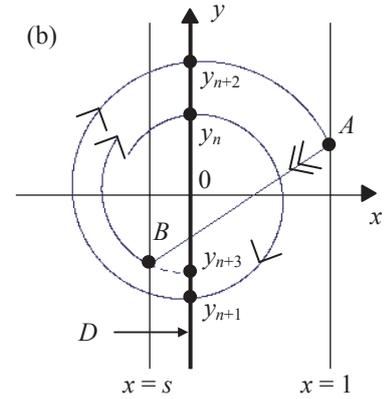
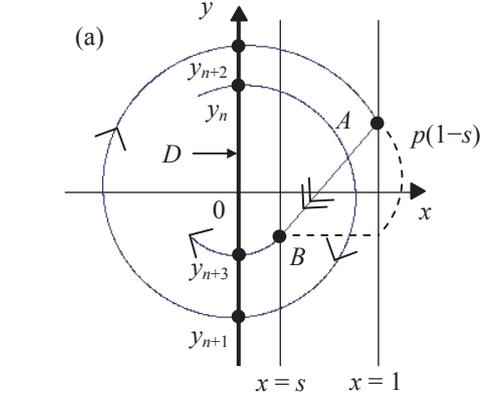
$$2\Delta = \frac{g_{11}}{C_1} + \frac{g_{22}}{C_2} > 0, \omega^2 = -\frac{g_{12}g_{21}}{C_1C_2} - \frac{1}{4} \left(\frac{g_{11}}{C_1} - \frac{g_{22}}{C_2} \right)^2 > 0 \quad \dots (2.4)$$

無次元化された変数およびパラメータ：

$$\tau = \omega t, \delta = \frac{\Delta}{\omega}, p = \delta - \frac{g_{22}}{\omega C_2}, s = E/V_{th},$$

$$x = v_1/V_{th}, y = \left(-pv_1 + \frac{g_{12}}{\omega C_1} v_2 \right) / V_{th} \quad \dots (2.5)$$

を用いれば、式 (2.2) は次の状態方程式に変換できる：


 図6 カオス発生回路の解の動き：(a) $s > 0$ の場合、(b) $s < 0$ の場合

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta & 1 \\ -1 & \delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad \text{for } x < 1 \quad \dots (2.6)$$

$\tau = 0$ における (x, y) の初期値を (x_0, y_0) とすると、この方程式の厳密解は次式で与えられる：

$$\begin{pmatrix} x(\tau) \\ y(\tau) \end{pmatrix} = e^{\delta\tau} \begin{pmatrix} \cos \tau & \sin \tau \\ -\sin \tau & \cos \tau \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \quad \dots (2.7)$$

この解の軌道 $(x(\tau), y(\tau))$ は、原点を中心に半径を拡大しつつ右回りに回転する。この軌道は $\tau = \tau_S$ にしきい値 $x=1$ を打つと、点 $(1, y(\tau_S))$ から点 $(s, y(\tau_S) - p(1-s))$ にジャンプする。軌道が $x=1$ を打った直後の時間を τ_S^+ とすると、このときの解の動きは以下のようにまとめられる：

$$\begin{pmatrix} x(\tau_S^+) \\ y(\tau_S^+) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s \\ y(\tau_S) - p(1-s) \end{pmatrix} \quad \text{if } x(\tau_S) = 1 \quad \dots (2.8)$$

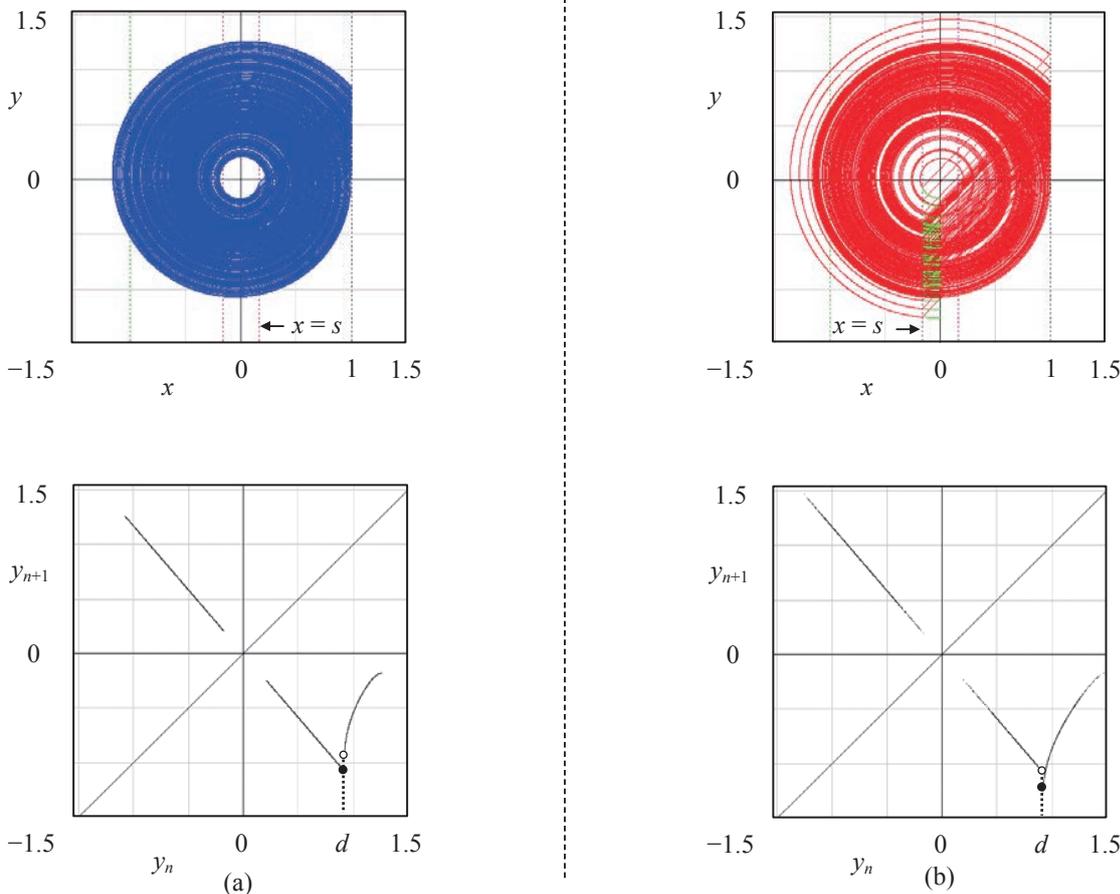


図7 アトラクタと1次元写像の例 ($\delta=0.05, p=1.05$) : (a) $s=0.17$, (b) $s=-0.17$

$E < V_{th}$ から $s < 1$ となるので、軌道はこの後再び式 (2.6) に支配される。本系は3つのパラメータ (δ, p, s) を持つ。本研究ではこれらが以下の範囲にある場合を対象とする：

$$0 < \delta < 1, 0 < p, s < 1. \quad \dots (2.9)$$

図6に、 (x, y) 平面における本系の解の動きを示す。同図 (a) は $s > 0$, (b) は $s < 0$ の場合に各々対応する。どちらの場合も解の軌道は $\tau = \tau_S$ に $x=1$ を打ち、その直後に点 $A(1, y(\tau_S))$ から点 $B(s, y(\tau_S) - p(1-s))$ にジャンプする。このときの τ_S は以下の方程式を2分法で解いて求められる：

$$x(\tau_S) = e^{\delta \tau_S} (x_0 \cos \tau_S + y_0 \sin \tau_S) = 1 \quad \dots (2.10)$$

本系から再帰的な1次元写像を導くために、領域

$$D = \{(x, y) \mid x=0\} \quad \dots (2.11)$$

を定義する。(a) $s > 0$ の場合では、軌道は D 上の点 y_n を出発

し何度か D を横切った後、 $x=1$ を打ち点 A から点 B にジャンプする。軌道はその後点 B を出発し、また D を横切る。軌道が D を横切った点を順に $y_n, y_{n+1}, y_{n+2}, y_{n+3}$ とすると、以下の再帰的な1次元写像を定義できる：

$$F : D \rightarrow D, y_n \mapsto y_{n+1} \quad \dots (2.12)$$

(b) $s < 0$ の場合では、軌道は (a) と同様に点 A から点 B にジャンプするが、その過程で領域 D を通り過ぎてしまう。そこで D を出発して最短時間で点 B を打つ軌道を考え、その出発点の y 座標を y_{n+3} とする。 D 上の点 y_{n+3} を出発し点 $B(s, y_B)$ を打つまでの時間 τ^* は、時間の進み方を反転させた以下の方程式を2分法で解いて求められる：

$$e^{-\delta \tau^*} (s \cdot \cos \tau^* - y_B \sin \tau^*) = 0 \quad \dots (2.13)$$

この考え方により (a) と同様の1次元写像を定義できる。

図7に、本系からのアトラクタと1次元写像の例を示す。同図 (a) は $s > 0$ の場合、(b) は $s < 0$ の場合に対応する。同

図のアトラクタは以下の手順で計算されている：

1. $x_0 < 1$ の範囲で初期値 (x_0, y_0) を与える。
2. 式 (2.7) の厳密解を用い、この初期値から τ を0.001ずつ増やしながら $(x(\tau), y(\tau))$ を計算する。これを $x(\tau) > 1$ となるまで続ける。
3. $x(\tau) > 1$ になったら、その時点の $x(\tau)$ と1つ前に計算された $x(\tau)$ との間で式 (2.10) に2分法を適用し、 τ_S を求める。本論文では2分法の許容誤差を 10^{-8} とした。
4. この τ_S から式 (2.7) を用い $(1, y(\tau_S))$ を求める。
5. この $(1, y(\tau_S))$ から式 (2.8) を用い $(x(\tau_S^+), y(\tau_S^+))$ を求める。
6. 手順2.~5.を定められた回数まで繰り返す。

同図の1次元写像は、アトラクタを計算する過程で F の像となる点をサンプルすることで描かれた。図中の d は、 (x, y) 平面でしきい値 $x=1$ に接する軌道の出発点に相当し、厳密に計算できる。1次元写像の形が、この点の左側で直線に、この点の右側で曲線になることを確認できる。アトラクタ中で最も外側を通る軌道は、 d を出発する軌道を追跡することで得られる。アトラクタ中で D 上の任意の2点を出発する軌道の間における誤差の時間発展は、この1次元写像を用いることで簡単に計算できる。

3. パラメータ切り替えの導入

図8に、本論文で提案される系を示す。 $x < 1$ のとき、本系の軌道は2章と同じく式 (2.6) に支配され、原点を中心に半径を拡大しつつ右回りに回転する。軌道が $\tau = \tau_S$ にしきい値 $x=1$ を打つと、点 $A(1, y(\tau_S))$ から点 $B(u, y(\tau_S) - p(1-u))$ にジャンプする。ただし、

$$u = \begin{cases} s_+ & \text{for } m = 1 \\ s_- & \text{for } m = -1 \end{cases} \quad \dots (3.1)$$

ここで s_+, s_- はパラメータであり $s_+ > s_-$ とする。また m は u の値を制御する変数であり、値1または-1をとる。 m の値の切り替えは以下のように定義される：

「軌道が領域

$$L_n = \{(x, y) \mid x < 0, y = 0\} \quad \dots (3.2)$$

を横切るときの x 座標を x^* とし、 m の切り替えのしきい値として L_n 上に X_q を設ける。このとき $x^* \leq X_q$ ならば $m=1$ とし、 $x^* > X_q$ ならば $m=-1$ とする。」

m の値は軌道が L_n を横切る直後のみに切り替えられ、その値は軌道が L_n を通り過ぎた後も保持される。すなわち m は x^* と X_q の大小関係を記憶する役割を持つ。軌道が領域 L_n を通るたびに m の値が切り替えられ、 x が1に達する直前の m の値

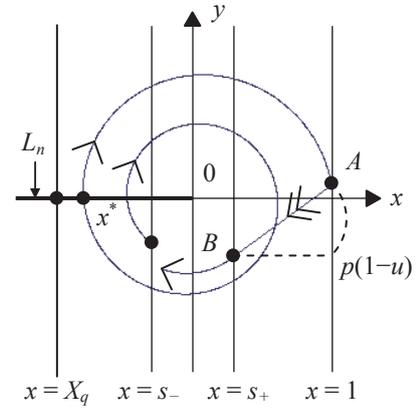


図8 パラメータ切り替えが導入された系

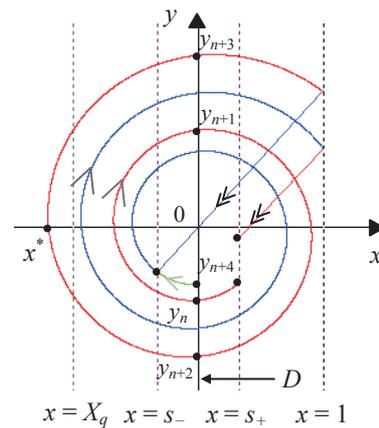


図9 再帰的な1次元写像の定義

によって軌道のジャンプ先となる u の値が定まる。図8では、 $x = u = s_-$ 上の点を出発した軌道が L_n 上の $x^* > X_q$ を通り、 $m=1$ を記憶しながらしきい値 $x=1$ に達し、 $x = u = s_+$ 上の点へジャンプする。

このパラメータの切り替えの導入は、軌道のふるまいをより複雑にする。にもかかわらず本系では2章の系と同様に、領域 $D = \{(x, y) \mid x = 0\}$ 上で再帰的な1次元写像を定義できる(図9参照)。図9では軌道が $x = s_+$ 上の点を出発し、しきい値 $x=1$ を打つまでに D を4回横切る。このときの点を順に $y_n, y_{n+1}, y_{n+2}, y_{n+3}$ とする。この軌道は y_{n+2} を通った後 y_{n+3} を通る前に、 L_n 上の $x^* < X_q$ を通る。その後軌道は $m=-1$ を記憶しながら $x=1$ に達し、 $x = u = s_-$ 上の点にジャンプする。このジャンプの過程で領域 D を通り過ぎてしまうが、 D を出発して最短時間でこのジャンプ直後の点を通る軌道を考え、その出発点を y_{n+4} とする。この点の算出方法は、2章の (b) $s < 0$ の場合と同様である。こうして本系ではパラメータ切り替えが導入されたにもかかわらず、2章の系と同様に以下の1次元

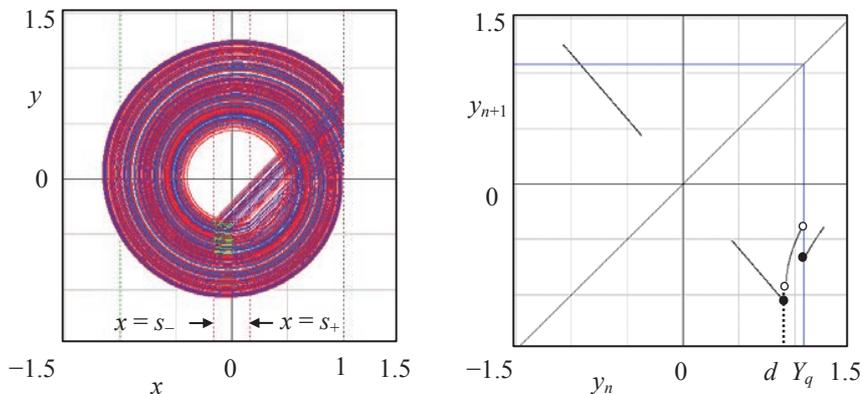


図10 アトラクタと1次元写像の例 ($\delta=0.05, p=1.05, s_+=0.17, s_-=-0.17, Xq=-1.0$)

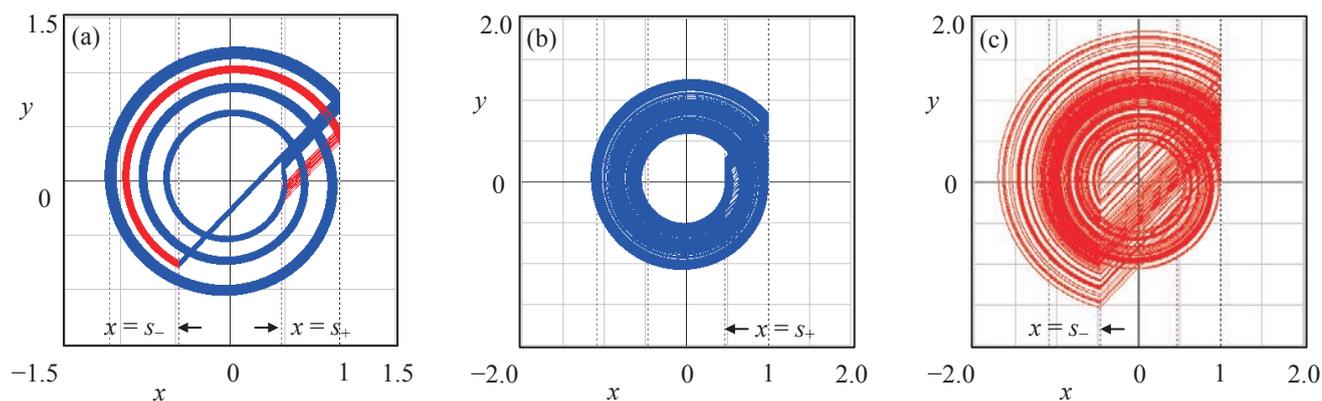


図11 軌道がとびとびに分布するアトラクタの例 ($\delta=0.05, p=1.05, s_+=0.17, s_-=-0.17, Xq=-1.0$) :
 (a) u は s_+ と s_- で切り替え, (b) s_+ で一定, (c) s_- で一定

写像を定義できる :

$$F : D \rightarrow D, y_n \mapsto y_{n+1} \quad \dots (3.3)$$

図10に、本系からのアトラクタと1次元写像の例を示す。同図の δ と p は図7のものと同じ値であり、 s_+ は図7 (a)の s に、 s_- は同図 (b)の s に各々対応する。このアトラクタは、2章で説明した手順にパラメータ切り替えを組み込むことで生成されている。また1次元写像も2章と同様、アトラクタを計算する過程で F の像となる点をサンプルすることで描かれている。図中の Y_q は、 (x, y) 平面で X_q を出発する点が D を横切る点である。この1次元写像は、本系がパラメータ切り替えを含むにもかかわらず、 Y_q を境にして切り取られた2種類の写像の貼り合わせによって、解析できることを物語っている。

本系は、2章のものとは比べて大きく異なる興味深いアトラクタを発生する。図11 (a)にその一例を示す。ここでは非

常に特徴的な、軌道がとびとびに分布したアトラクタを確認できる。同図の δ と p の値は図7と同じである。 s_+, s_-, X_q の値は図10と異なる。比較のため図11 (b),(c)に、アトラクタの外に X_q を配置し u の値を一定とした場合のアトラクタの例を示す。同図 (b)では $u=s_+$ 一定、(c)では $u=s_-$ 一定である。これらの動作は2章の議論で説明できる。

4. 実現例の構築とその実験的観測

図12に、3章で提案された系の実現例を示す。この実現例は同図 (a)のカオス発生回路部、(b)のパラメータ切り替え部の2つの部分から構成される。両図でコンパレータはLM339、スイッチはアナログスイッチ4066を用いる。

まず同図 (a)について説明する。ここでは MM として4538を用いる。4538では外付けの抵抗とコンデンサの値を調節することにより、出力で発生するパルスの幅を設定できる。本研究では出力のパルス幅を2 [μ s]に設定した。本章の実現例のパラメータを後述の値に設定した場合、このパル

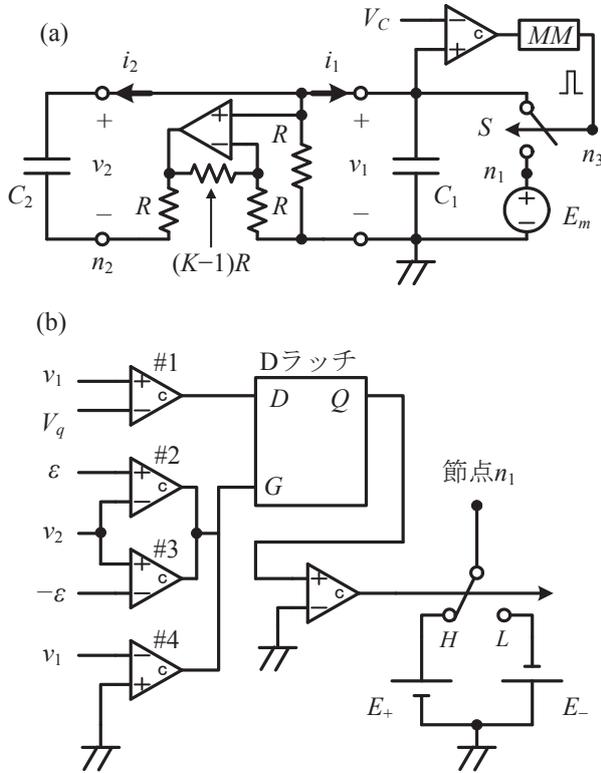


図12 パラメータ切り替えが導入された系の実現例：
(a) カオス発生回路部、(b) パラメータ切り替え部

表1 Dラッチの特性表

D	G	Q
L	H	L
H	H	H
X	L	Q _n

X: ドントケア、Q_n: 現状維持

ス幅が十分小さいとみなせることを確認している。この回路ではスイッチSのしきい値電圧が $V_T = V_C / K$ となる。 $v_1 < V_C / K$ のときSは開いており、この回路はウィーンブリッジ発振回路として動作する。 v_1 が V_C / K に達するとSが瞬間的に閉じ、 v_1 の値を E_m にリセットする。電圧源 E_m の値が切り替わることで、3章のパラメータ切り替えを実現する。この E_m の実現は後で説明する。 E_m の値を一定値 E に固定すれば、2章のDSCカオス発生回路の実現例となる。Sが閉じた時刻を t_s とすると、この回路の動作は以下のようにまとめられる：

$$RC \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K-2 & -1 \\ K-1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \text{ for } v_1 < \frac{V_C}{K} \quad \dots (4.1)$$

$$\begin{pmatrix} v_1(t_s^+) \\ v_2(t_s^+) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_m \\ v_2(t_s) \end{pmatrix} \text{ if } v_1 = \frac{V_C}{K} \quad \dots (4.2)$$

$3 < K < 5$ の範囲で、この係数行列は不安定な複素固有値 $\Delta \pm j\omega$ を持つ。ここで、

$$2\Delta = K - 3 > 0, \omega^2 = \frac{(K-1)(5-K)}{4} > 0 \quad \dots (4.3)$$

である。無次元化された変数およびパラメータ：

$$\tau = \frac{\omega}{RC} t, " \cdot " = \frac{d}{dt}, \delta = \Delta / \omega, p = \sqrt{\frac{4}{5-K} - 1}, u = \frac{K}{V_C} E_m, \\ x = \frac{K}{V_C} v_1, y = \frac{K}{\omega V_C} \left\{ \left(\frac{K-1}{2} \right) v_1 - v_2 \right\}. \quad \dots (4.4)$$

を用いれば、この実現例の動作は3章で提案された系で記述される。

次に同図 (b) について説明する。この回路は同図 (a) の E_m を実現する。図中のDラッチはデータ入力D・ゲート入力G・出力Qを持ち、その動作は表1の特性表で記述される。ここではDラッチとして74375を用いる。 V_q は3章の X_q に対応するしきい値であり

$$X_q = \frac{K}{V_C} V_q \quad \dots (4.5)$$

である。コンパレータ#1は

$$\text{条件A: } v_1 \geq V_q \quad \dots (4.6)$$

が満たされる場合にHレベルの電圧を出力する。図中の ε は微小電圧であり、本研究では $\varepsilon = 0.01$ [V] に設定した。コンパレータ#2は $v_2 \leq \varepsilon$ である場合に、#3は $-\varepsilon \leq v_2$ である場合に、#4は $v_1 \leq 0$ である場合にHレベルの電圧を出力する。この図のように複数のLM339の出力を直接に接続すると、それらのAND信号が生成される。したがってコンパレータ#2、#3、#4は

$$\text{条件B: } -\varepsilon \leq v_2 \leq \varepsilon \text{ かつ } v_1 \leq 0 \quad \dots (4.7)$$

が満たされる場合にHレベルの電圧を出力する。これにより、3章における軌道が領域 L_n を横切るタイミングの検出が、近似的に実現される。Dラッチの入力Dにはコンパレータ#1の出力が、入力Gにはコンパレータ#2、#3、#4の出力

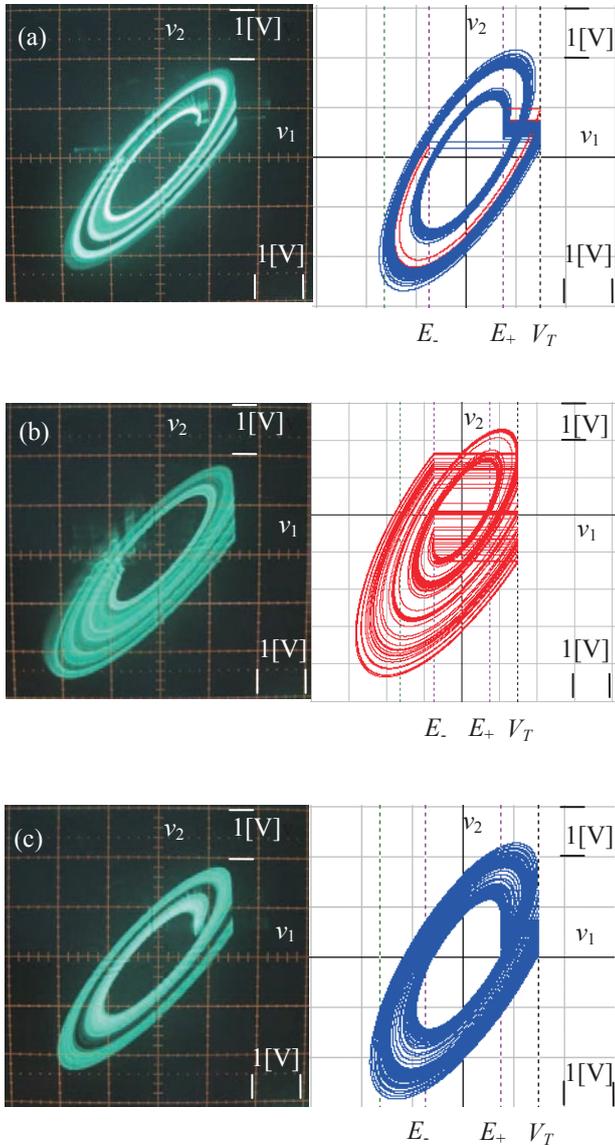


図13 実現例からのアトラクタ

$R=10$ [k Ω], $(K-1) R=21.3$ [k Ω], $C_1=C_2=2.2$ [nF],
 $V_0=4.7$ [V], $E_+=0.75$ [V], $E_-=-0.75$ [V], $V_0=-1.65$ [V]
 ($\delta=0.05, p=1.05, s_+=0.5, s_- =0.5, X_0=-1.1$ に対応):
 (a) E_m は E と E_- で切り替え, (b) E_+ で一定, (c) E_- で一定

のAND信号が入力される。Dラッチの出力 Q は3章の m に対応する。表1に示される通り、 Q の値が変化するチャンスは入力 G がHレベルである場合に限られ、 G がLレベルである場合には現在の Q の値が保持される。すなわち Q の値が変化するチャンスは条件Bが満たされる場合に限られる。その下で条件Aが満たされる場合には出力 Q がHレベルに、そうでない場合にはLレベルとなる。これらは各々、3章の $m=1$ と $m=-1$ に対応する。この出力 Q が定電圧源 E_+ 、 E_- の切り替えを制御し、 Q がHレベルであるとき E_+ が、Lレベルであるとき E_- が図12 (a) の節点 n_1 に供給される。ここで

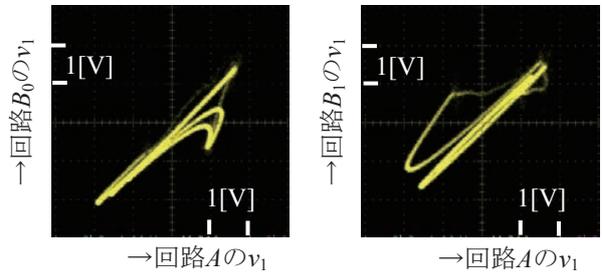


図14 パラメータ切り替えを含む一方結合系の実験結果

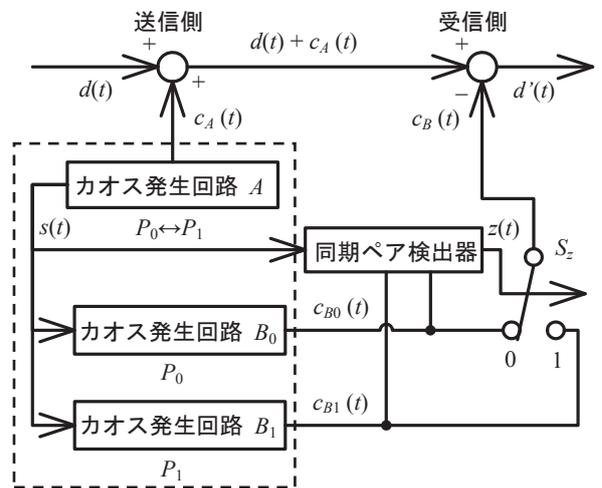


図15 パラメータ切り替えを含む一方結合系を用いたカオスマスキングのブロック図

$$s_+ = \frac{K}{V_C} E_+, s_- = \frac{K}{V_C} E_- \quad \dots (4.8)$$

である。こうして図12 (a) の E_m が実現される。

図13に、この実現例からのアトラクタの観測結果と対応する計算結果を示す。アトラクタは3章での議論に従って計算され、その結果が式 (4.4) を用いて (v_1, v_2) 平面に描かれている。同図における回路のパラメータでは $K=3.13, V_{th}=1.5$ [V] となる。(a) では E_m は E と E_- で切り替え, (b) では E_+ で一定, (c) では E_- で一定とした。いずれにおいても観測結果と計算結果は定性的によく一致している。とりわけ (a) では、 E_+ へのジャンプと E_- へのジャンプの両方が確認できる。

5. パラメータ切り替えを含む一方結合系の実験

この実現例を用い、図3で示されたパラメータ切り替えを含む一方結合系の実験を行った。同図の回路Aには図12そのもの、回路 B_0 には $E_m = E_+$ 一定、回路 B_1 には $E_m = E_-$ 一定と

した実現例を用いる。本実験では回路Aから回路 B_0, B_1 に送られる信号として、信号 v_1-v_2 とMMの出力を用いた。回路Aから回路 B_0 への v_1-v_2 の送信は、回路Aにおける図12 (a) の節点 n_2 と回路 B_0 における同じ節点 n_2 を、電圧フォロアを介して接続することで実現される。このとき電圧フォロアの入力を回路Aに、出力を回路 B_0 に接続することで、回路Aから回路 B_0 へと一方向的に結合される。回路Aから回路 B_1 への v_1-v_2 の送信も、これと同様に実現される。またMMの出力の送信は、各回路における節点 n_3 の間に同様の接続を適用することで実現される。

図14にその実験結果を示す。左右どちらの図でも観測された波形は、(a) 右上がりの直線と (b) そこから外れた曲線で構成されている。(a) は同期の達成を、(b) は同期の崩壊を意味し、両者の互いへの切り替わりを確認できる。また左の図では (a) の右下のみに (b) の曲線が、右の図では (a) の左上のみに (b) の曲線が現れている。これは各回路における電圧源 E_m の値の違いに起因する。

この一方向結合系を用いたカオスマスキングのブロック図を図15に示す。この図の読み方は図2とほぼ同じであり、破線の内側は図3の結合系である。カオス発生回路 B_0 はカオス信号 $C_{B_0}(t)$ を、カオス発生回路 B_1 はカオス信号 $C_{B_1}(t)$ を生成する。同期ペア検出器は同期信号 $S(t)$ とカオス信号 $C_{B_0}(t)$ 、 $C_{B_1}(t)$ を入力とし、 $z(t)$ を出力とする。回路Aと B_0 が同期しているとき、 $z(t)$ はスイッチ S_2 を0側に切り替える。また回路Aと B_1 が同期しているとき、 $z(t)$ は S_2 を1側に切り替える。この同期ペア検出器は減算回路・絶対値回路・コンパレータで構成できる。これらはいずれもオペアンプを基本としたアナログ電子回路で実現できる。受信側で取り出される信号は $d'(t) = d(t) + C_A(t) - C_B(t)$ である。カオスの同期の切り替わりが完全に達成され、同期ペア検出器がきちんと動作すれば、 $C_A(t) = C_B(t)$ となるため $d'(t) = d(t)$ となり、受信側で $d(t)$ そのものが取り出せる。

6. まとめ

DSCカオス発生回路を用い、状態によるパラメータ切り替えを含む一方向結合系を構築し、その実現例による実験的観察を行った。

状態によるパラメータ切り替えの導入されたDSCカオス発生回路には、2種類のカオスアトラクタの切り替わりが発生する。この回路の解軌道には再帰的な1次元写像が定義できる。この回路の実現例は、ウィーンブリッジ発振回路にコン

パレータ・モノマルチバイブレータ・Dラッチを追加して構築される。この実現例を用い、状態によるパラメータ切り替えが導入された一方向結合系を構築し、カオスの同期の切り替わりを実験で確認した。またこの実現例によるカオスマスキングの構成を検討した。

今後の課題として、この実現例による一方向結合系を用いたカオスマスキングの実験が挙げられる。

参考文献

- 1) N.F.Rulkov, "Image of synchronized chaos : Experiments with circuits", CHAOS 6 (3), pp.262-279 (1996).
- 2) K.M.Cuomo, and A.V. Oppenheim, and S.H.Strogatz, "Synchronization of Lorenz-based chaotic circuits with applications to communications", IEEE Trans. CAS-II, vol.40, no.10, pp.626-633 (1993).
- 3) M.Itoh, H.Murakami, and L.O.Chua, "Communication systems via chaotic modulations", IEICE Trans. Vol. E77-A, no.6, pp.1000-1006 (1994).
- 4) A.Abel, and W.Schwarz, "Chaos communications - principles, schemes, and system analysis", Proc. IEEE, vol.90, no.5, pp.691-pp.710 (2002).
- 5) AUchida, T.Heil, Y.Liu, P.Davis, and T.Aida, "High-frequency broad-band signal generation using a semiconductor laser with a chaotic optical injection", IEEE J. QE, vol.39, no.11, pp.1462-1467 (2003).
- 6) Lj.Kokarev, K.S.Halle, K.Eckert, L.O.Chua, and U.Parlitz, "Experimental demonstration of secure communications via chaotic synchronization", Int. J. Bifurcation and Chaos, vol.2, no.3, pp.709-713 (1992).
- 7) H.Dedieu, M.P.Kennedy, and M.Hasler, "Chaos shift Keying : modulation and demodulation of a chaotic carrier using self-synchronizing Chua's circuits", IEEE Trans. CAS-II, vol.40, no.10, pp.634-642 (1993).
- 8) K.Mitsubori, and T.Saito, "Dependent switched capacitor chaos generator and its synchronization", IEEE Trans. CAS-I, vol.44, no.12, pp.1122-1128 (1997).
- 9) K.Mitsubori, and T.Saito, "Dependent switched capacitor chaos generator and its synchronization", IEEE Trans. CAS-I, vol.47, no.10, pp.1469-1478 (2000).

南米赤道域におけるイメージングリオメータ観測* Imaging Riometer Observation at Equatorial Region in South America

巻田 和男 Kazuo Makita**

星野 光男 Mituo Hoshino***

加藤 泰男 Yasuo Kato****

西野 正徳 Masanori Nishino*****

Paulo Fagundes*****

Washington Luiz Carvalho Lima*****

Abstract

In order to study cosmic noise absorption (CNA) at equatorial region, we installed two imaging riometer (IRIS) at University do Vale do Paraiba, San Jose dos Campos (UNIVAP, 23.1° S) in February, 2011 and University Luterano Brazil, Palams (ULBRA, 10.2° S) in February, 2012. However, imaging riometer at ULBRA was damaged by strong lightning within a week. After a few months, system was repaired and became working well again in Aug, 2012.

In this paper, we present two different kinds of study. The first one is the method of quiet day curve (QDC) derivation by using a few day riometer data. The second one is the examination of CNA event during Solar X-ray flare event. This report is the first and preliminary result of CNA event by using South America and Japan multiple imaging riometer data including equatorial region.

Keywords : imaging riometer, cosmic noise absorption(CNA), quiet day curve(QDC),

1. はじめに

これまで南米磁気異常帯周辺域の4ヶ所にイメージングリオメータ (IRIS) を設置し、高エネルギー粒子の入射と宇宙雑音吸収 (Cosmic Noise Absorption) の関係について研究を行ってきた^{1), 3)}。ところで、最近のNOAA衛星の高エネルギー粒子の観測データによると、入射域が赤道域に拡大している傾向が見られる。この原因として、磁気赤道が西方移動 (例、地理赤道と磁気赤道とが交差する地点が、毎年~0.2度程度、西方移動) しているため²⁾、相対的にブラジル中央部の磁気異常帯が赤道側へ張り出し、それに伴い入射域も赤道側へ広がっているのではないかと推定される。もし、本当に入射域が赤道側へ広がっているならば、今後赤道域でも高エネルギー粒子の入射が顕著になると考えられる。

他方、赤道域ではスプレッドF (電離層F領域の電子密度が不規則な構造変化を起こす現象) やプラズマバブル (電離層中のプラズマ密度の低い領域が発生し、移動する現象) と呼ばれる特異現象が、電離層中で頻繁に発生していることが知られている。これらは電離層中の電子密度がダイナミカルに変動する現象であるため、その動きなどをリオメータで観測できる可能性がある。しかしながら、これまで赤道域でリオメータ観測が行われてこなかった。我々はこのような特異現象の解明のため、ブラジル赤道域2ヶ所にIRISを設置し研究を行う計画を立てた。

2010年からIRIS観測機器の製作に着手し、2011年2月にサンジョセ・ドスカンポス市UNIVAP (地理緯度 : 23.1° S, 地

磁気緯度 : 14.0° S) に、また2012年2月にはパルマス市ULBRA (地理緯度 : 10.2° S, 地磁気緯度 : 0.5° S) にIRISを設置し観測を開始した。

2. イメージングリオメータ (IRIS) 設置概況

UNIVAPにおけるIRISは、既設のディジゾンデ観測器からのノイズ混入を避けるために、同観測機器から1kmほど離れた場所に設置した。この設置場所には教育用望遠鏡施設 (Fig.1a) が建設中であったため、その1室にIRIS観測用PCやデータロガー等を設置することができた。また、



Fig.1a Building of Telescope facility



Fig.1b Imaging riometer antenna

* 原稿受付 平成24年7月3日

** 工学部基礎教育系列

*** 元、拓殖大学工学部実験助手

**** 名古屋大学技術職員

***** 元、名古屋大学太陽地球環境研究所

***** バレ・デ・パライバ大学

***** ルッテラーノ大学



Fig.2a IRIS and 1ch / Polarization Antennas



Fig.2b Riometer observation system

IRISアンテナはその施設から50mほど離れた崖の斜面を切り開いて整地された場所に建設した (Fig.1b)。

また、ここに1チャンネル・リオメータ及び偏波リオメータも設置し、並行して観測を行うことにした。なお、2011年2月にIRISアンテナを建設したがテレスコープ施設が完成していなかったため、観測機器の簡単な動作チェックを行ない

帰国した。そして施設が完成した2011年8月に再度現地を訪れ、PCや周辺機器の調整・整備を行なった後、全ての観測機器の観測を開始した。

赤道域のパルマス市にあるULBRAにおけるIRISの設置についても、既設のデジゾンデ観測器からのノイズ混入を避けるために、同観測機器から1kmほど離れた場所に設置した。IRISアンテナは建物から離れた木々の間に建て (Fig.2a)、そこから100m程離れた生物研究棟の1室に、PCやデータロガー等を設置した (Fig.2b)。ここにも1チャンネル・リオメータ及び偏波リオメータを移設し、IRISと共に2月13日から観測を開始した。

なお、周辺からの電磁ノイズの混入は少なく、観測上特に問題はなかった。しかしながら、帰国して10日後に強い雷でIRISシステムが故障したという連絡があった。現地と連絡を取った結果、雷によりScannerが故障したことが判明した。このため、故障した機器を日本に返送してもらい、電源部を修理した後、再度現地に送り返した。そして2012年8月に現地を訪れ、観測機器の点検をした後、観測を再開することが出来た。

ところで、2012年までにイメージングリオメータを南米大陸6ヶ所 (Punta Arenas, Trelew, Concepcion, Santa Maria, San Jose dos Campos, Palmas) に設置したが、南米域のデータと比較するために、2006年にSanta Mariaの真裏に近い、気象庁・柿岡地磁気観測所にイメージングリオメータを設置した。従って、日本のこの観測所を加え、現在7ヶ所でIRIS観測が行われている。Fig.3は南米大陸に設置した各観測点のイメージングリオメータのアンテナ設置写真である。共同

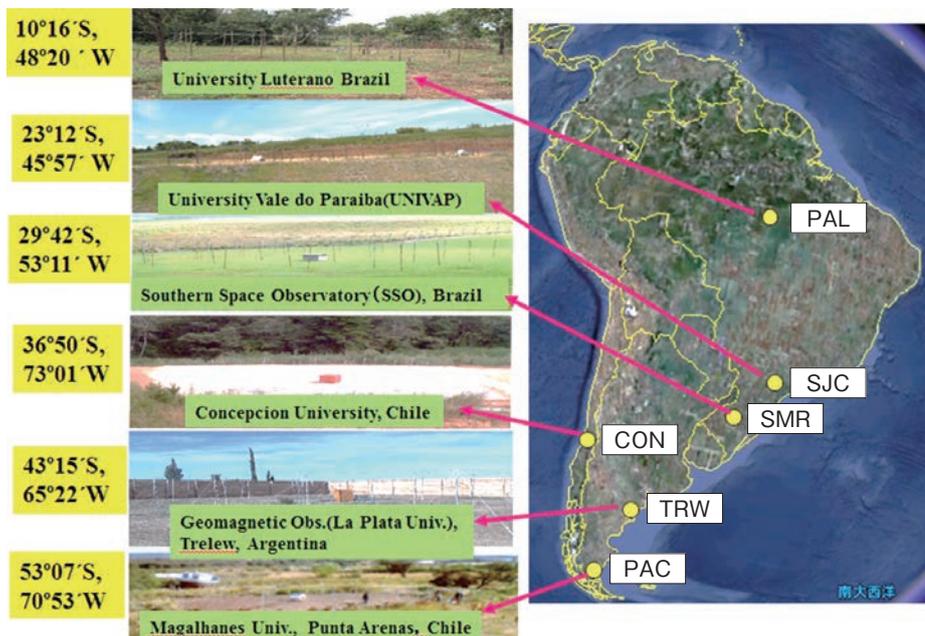


Fig.3 Imaging riometer stations in South America

研究機関の場所が限られるため、IRISの観測点は等間隔に設置されていないが、各観測点の地理緯度は10度 (Palmas)、23度 (San Jose dos Campos)、30度 (SSO)、38度 (Concepcion)、43度 (Trelew)、53度 (Punta Arenas) で、赤道から高緯度までをおよそ10度間隔でカバーしており、広範囲なCNA現象を観測・研究できる状況になっている。

3. イメージングリオメータ (IRIS) のデータ解析

San Jose dos CamposのUNIVAPでのIRIS 観測は2011年8月より開始されたが、その後システムのトラブルもなく順調にデータ収集を行なっている。他方、PalmasのULBRAでは、上述したようにIRIS観測開始後10日ほどで落雷によりダウンしてしまった。ここでは (A) ULBRAのIRIS観測が行われていた、2月15日から2月20日までの期間のデータについて、その観測データと他の観測点との比較、及び (B) 1月23日と1月27日に発生したX-ray Solar Flare (太陽爆発に伴い多量のX線が放射される現象) の現象についての解析結果を報告する。

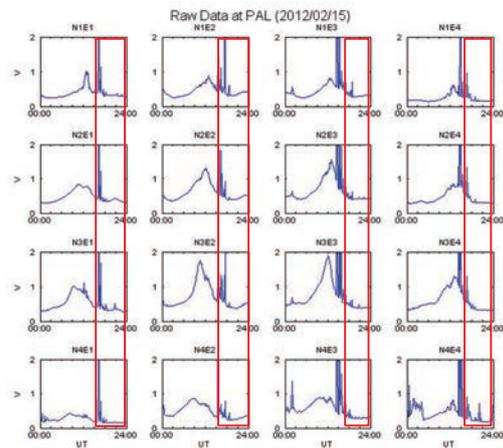


Fig.4a Palmas IRIS data on Feb.15,2012

これ以降の日のデータを見るといずれも、18hUT以降の時間帯でFeb.16と同様にバックグラウンドレベルが高くパルスのノイズ変動が見られた。従って、例えば、Feb.15,16,17,18の4日分のデータをもとに、QDCを計算すると^{4),5)}、赤線枠の18hUT以降のQDCレベルが高くなる。従って、このQDCレベルをもとに計算した2次元CNA画像を、南北方向の線上で切り取り時系列的に並べたケオグラムはFig.5aのように18時以降の時間帯 (黄色で示された部分) でCNAが起きていると判定される。しかしながら、Fig.4aの生データを見る限り、このFeb.15の18時以降に急激な吸収現象が起きたとは思われない。すなわち、Feb.15以外の日は18時以降のバックグラウンドレベルが大きかったため、それらのデータから求めた

(A) 2012年2月15日から20日までの解析結果

IRISデータから宇宙雑音吸収 (Cosmic Noise Absorption : CNA) を求めるには、静穏時における銀河電波のバックグラウンドレベル (Quiet Day Curve : QDC) を求めて、その差分から吸収量を計算することになる。このため、いかに正確なQDCを求めるかが、CNAを計算する際のカギになる。そこで、まずPalmasの限られたIRISデータからQDCを求め方法について検討した。

Fig.4a, bはPalmasにおけるIRISデータで、16チャンネルの出力値 (生データ) を示している。Fig.4aは2012年2月15日、Fig.4bは2012年2月16日の1日分の生データである。Feb.15とFeb.16とも、1日のピークが見られた後に、いずれもパルスのノイズ変動が観測されているが、注目すべき点は18hUT以降のバックグラウンドレベル (赤枠で囲った部分) である。Feb.15のバックグラウンドレベルは低く安定しているが、Feb.16においては、そのレベルは高く、パルスのノイズ変動が見られる。

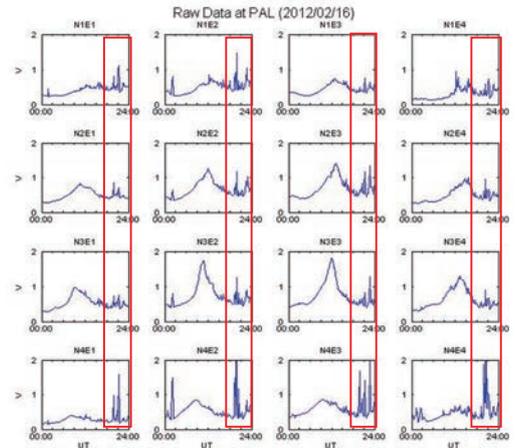


Fig.4a Palmas IRIS data on Feb.16,2012

QDCレベルも高くなったことが原因している。そこで、Feb.15とFeb.16の2日分のデータのみからQDCを計算し、吸収量を求めたケオグラムがFig.5bに示されている (注 : ここでQDCを求める際、標準偏差値の3倍以上離れているデータを取り除く演算処理を行なっている)。

この2つのケオグラムを比較してみると、Fig.5aで18時以降にCNAが顕著に見られるが、それは上で述べたように、バックグラウンドレベルの高いデータを含めてQDCを計算したためである。従って、その効果を除いて求められた、Fig.5bが妥当な結果であると思われる。もちろん、このようなやり方は、今回のPalmasでの観測が1週間あまりで中断したため、限られた期間のデータからQDCを求めざるを得な

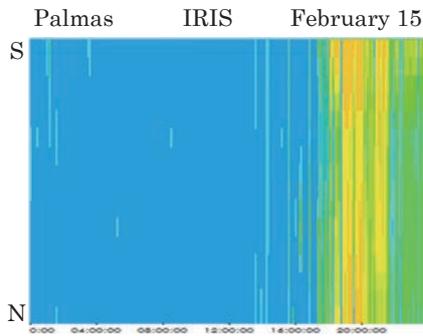


Fig.5a Keogram of CNA derived from tentative QDC (Feb15,16,17,18 used)

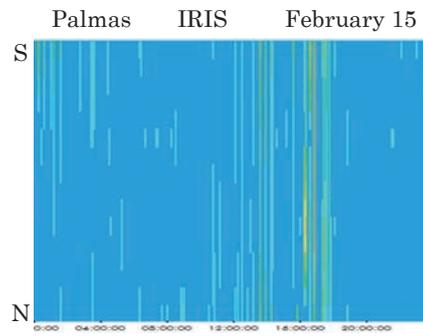


Fig.5b Keogram of CNA derived from tentative QDC (only Feb15,16 used)

かったという特殊事情による。もし、長期間のデータが存在していれば、解析する期間中の生データを見て、静穏な back ground levelの日を数日分集め、QDCを求めるのが妥当な方法と言えるであろう。

このようにPalmasデータの解析においてはFeb.15とFeb.16の2日分のデータよりQDCを求めたが、他の観測点では静穏時の数日間分のデータからQDCを求め、CNAを計算した。このように妥当なQDCを求めることが、正しい結果を得るためのカギとなるため、観測点毎に収録データの中から静穏時と思われる日の生データを抽出する際、抽出サンプル数を何通りか変

えてQDCを計算し、その中から最も妥当と思われるQDCを決めた。Fig.6a~6fには各観測点において、抽出された生データ(青線)を用いて計算されたチャンネル毎のQDC(赤線)が表示されている。例えば、San Jose dos Camposは、2012年1月2, 3, 8, 18, 20, 26, 27の7日間、Santa Mariaは2012年1月3, 7, 15, 16, 29, 30の6日間、Concepcionは2012年1月6, 17, 18の3日間、Trelewは2012年1月5, 22, 24, 27, 28の5日間、Punta Arenasは2012年1月10, 11, 15, 16, 24の5日間、Kakiokaは2012年1月20, 21の2日間のデータを抽出しQDCを求めた。

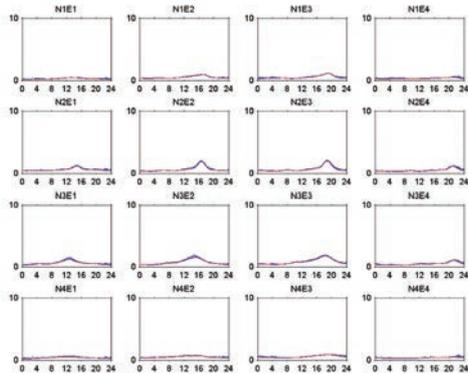


Fig.6a San Jose dos Campos のQDC (赤線)

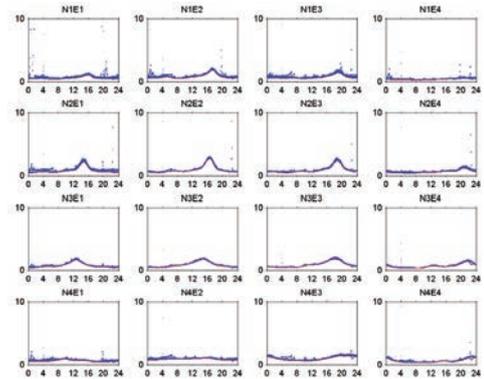


Fig.6b Santa Maria のQDC (赤線)

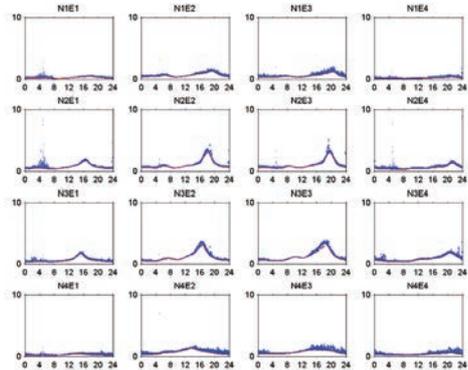


Fig.6c Concepcion のQDC (赤線)

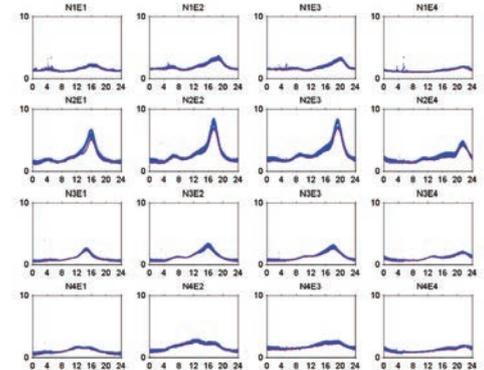


Fig.6d Trelew のQDC (赤線)

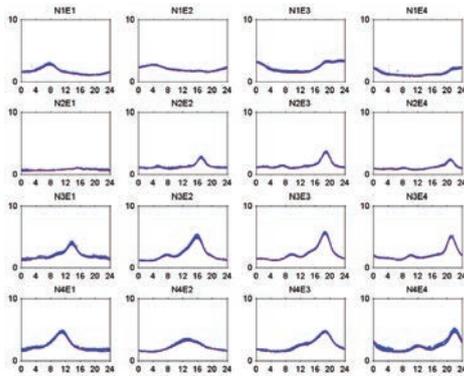


Fig.6e Punta Arenas のQDC (赤線)

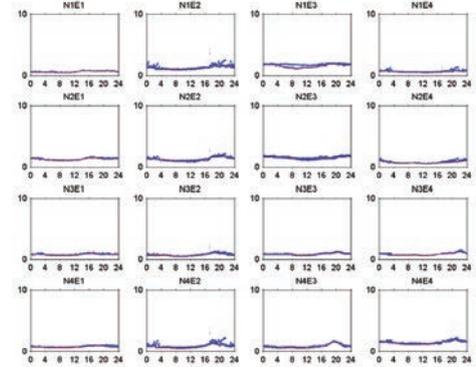


Fig.6f Kakioka のQDC (赤線)

これらのQDCをもとに計算された二次元CNA画像より求められたケオグラムをFig.7に示してある。解析した期間は2012年2月15日から17日の3日間である。この結果を見ると、2月15日については、12hUT過ぎにPALとSJCで弱い吸収が見られる。また、SMRでは18hUT頃、CON、TRW、PACでは12hUT過ぎとCONとTRWでは20hUT過ぎにも弱い吸収が見られる。2月16日については、PALでは昼前後に弱い吸収が見られ、SJCでもほぼその時刻に吸収がある。これに対して、SMRでは18h過ぎから翌日にかけて顕著な吸収が見られる。CON、TRW、PACでは午前中と18h過ぎから翌日にかけて、弱い吸収現象が見られる。2月17日については、PALはほとんど吸収は見られず、SJCは午前と午後に弱い吸収が

見られる。またSMRは強い吸収が午前から昼過ぎまで、CON、TRW、PACでは午前中に弱い吸収が見られる。とくにTRWでは午後から夜まで断続的に弱い吸収が見られる。

このときの汎世界的な地磁気変動について調べた。Fig.8は極域での地磁気変動の大きさを示すAuroral Electrojet Indexであり、これによるとFeb.15は強い擾乱状態であることがわかる。しかしながら、Feb.16とFeb.17は静かな状態に変化している。また、図の上側に書かれている数字はKp Indexで、中低緯度の地磁気変動の大きさを表している。これによると、Feb.15は2+から5+の比較的大きな値を示しているが、Fig.16, 17は2+以下の小さな値になっており、中低緯度でもFig.16とFeb.17は静かな状態であることがわかる。

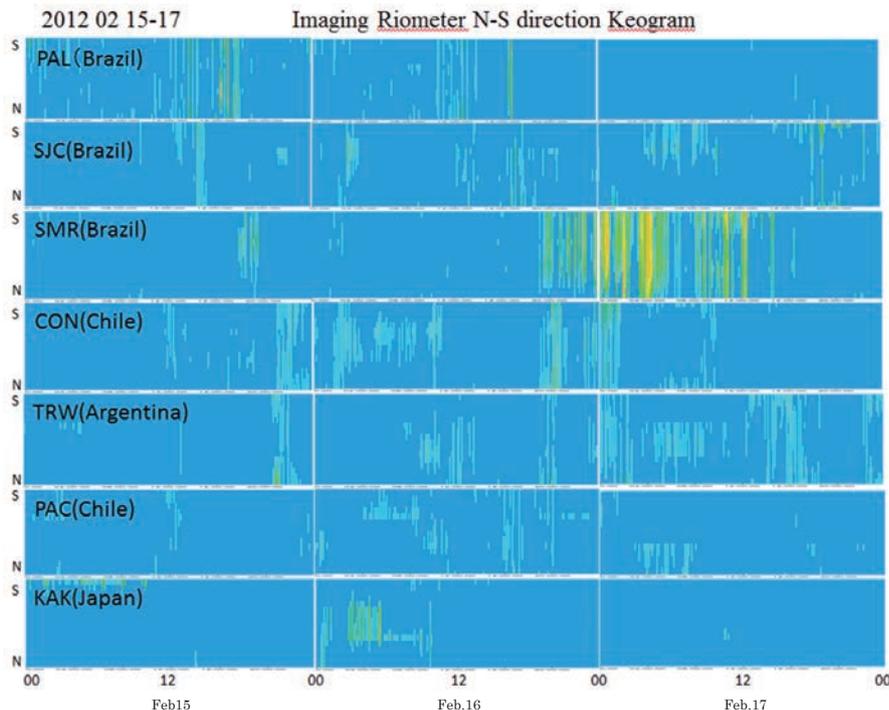


Fig.7 Keogram of imaging riometer data obtained at South America

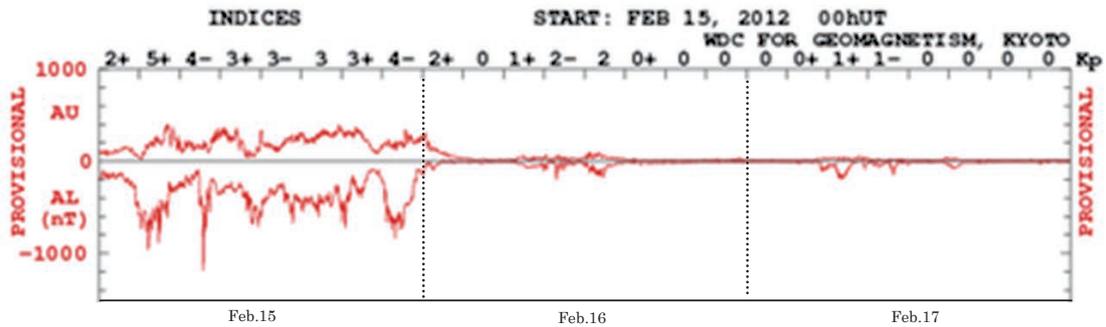


Fig.8 Auroral Electrojet Index during Feb.15-17.

また、Fig.9a, 9b, 9cには高度840kmを飛ぶ、6機の低高度衛星 (NOAA15, 16, 17, 18, 19, METOP02) により、2012年2月12日～14日、15日～17日、18日～20日の3つの期間に観測された30keV以上の入射電子フラックスの統計的な分布図を示している⁶⁾。この3つの図において南米域の入射電子フラックス量の大きい領域 (点線で示した赤い部分) に注目すると、Fig.9a (Feb.12～15) やFig.9c (Feb.18～20) の赤い部分の広がり比べ、Fig.9b (Feb.15～17) の赤い部分の領域が大きい。すなわち、IRISデータを解析したFeb.15～17の入

射電子フラックス量が大きい領域はこの前後の期間に比べ拡大しており、入射電子量の増加があったと推定される。

他方、GOES 13及び15の静止衛星により観測された電子フラックス量の変動についてFig.10に示している。これによるとFeb.15において、0.8MeV以上の電子フラックスに顕著な変動が見られるが、この変動はFig.9bで示した低高度衛星の入射電子量の増加に関係していると思われる。またFeb.16とFeb.17では静止衛星での電子フラックス変動は少なく、静かな状態で推移している。

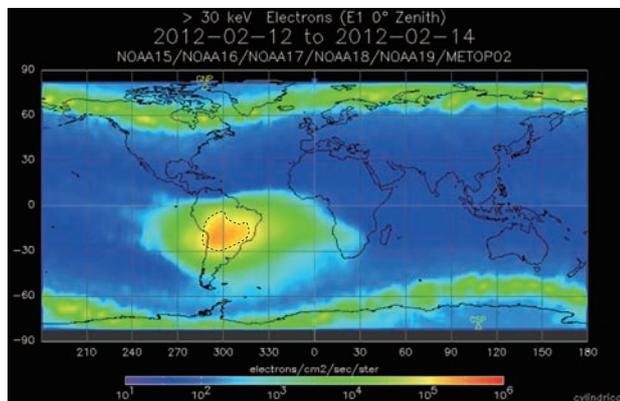


Fig.9a Distribution of >30keV electron during Feb.12-14

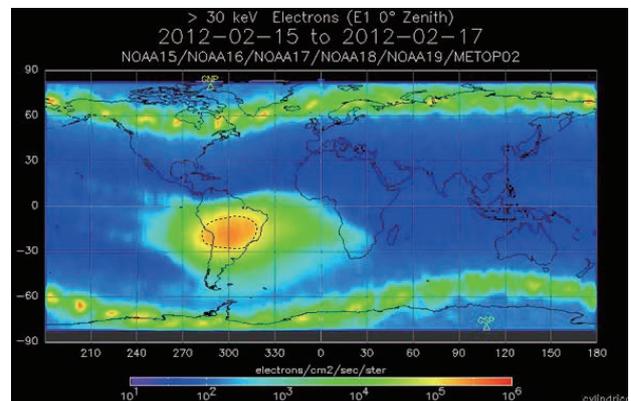


Fig.9b Distribution of >30keV electron during Feb.15-17.

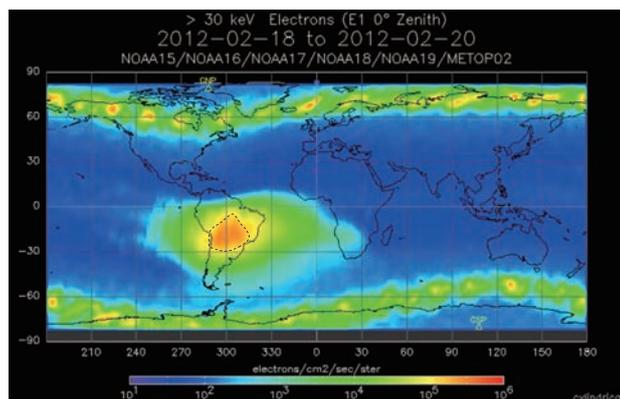


Fig.9c Distribution of >30keV electron during Feb.18-20.

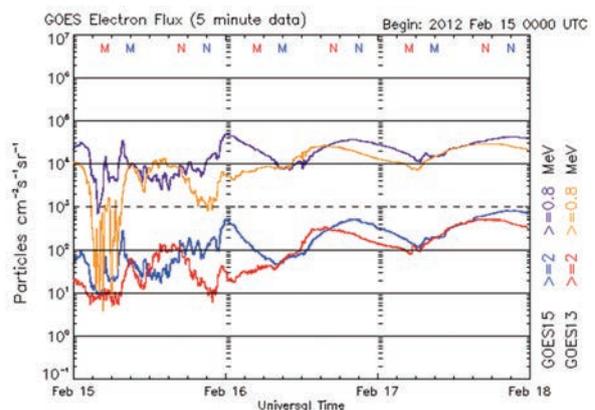


Fig.10 Electron flux observed by GOES 13 and 14 satellites.

以上の結果をまとめると、Feb.15には極域での地磁気変動や衛星観測での入射電子量に顕著な現象が見られたが、磁気異常帯の南米域及び柿岡でのIRIS観測において、それに対応するような顕著なCNAは見られなかった。他方、Feb.16夜からFeb.17昼頃までの期間、Santa Mariaで顕著なCNAが観測されたが、これに対応する極域の地磁気変動や衛星観測の入射電子変動は見られなかった。

このように磁気異常帯でのIRIS観測の電波吸収現象と極域擾乱や衛星の入射粒子との間に良い対応が見られなかったが、この説明として、入射粒子に伴う銀河電離吸収 (CNA) 以外に、F層の電子密度変動によるCNAも考えられる点があげられる。一般に、F層域の電子密度変動は地磁気擾乱や入射粒子変動を伴わない、大気重力波動の上空伝播や赤道域のスプレッドF現象等によっても引き起こされる。それらは日射、地形、気象学的要因等々で発生するとされている。今後このような現象との比較検討が必要であると思われる。

(B) X-ray Solar Flare events during January 23–27, 2012

2012年1月23日03時38分と27日17時30分にX線フレアが発生した。これに伴い磁気異常帯周辺でどのような吸収現象が見られたかを調べた。Fig.11は1月22日から24日にかけてGOES 15衛星で測定されたX線、陽子、電子データ及び南米の観測点で観測されたイメージングリオメータ・データを示している。図の上3つのパネルは、GOES 15衛星で観測されたX線、陽子、電子のデータである。これによるとX線フレアの発生（赤の破線）に伴い、陽子フラックス量の増加と電子フラックス量の急激な減少が見られる。このとき、磁気異常帯域の5観測点 (SJC, SMR, CON, TRW, PAC) と日本のKAKのイメージングリオメータ・データが下部に示されている。この時間帯は日本で昼側、南米で夜側にあたっている。このケオグラムを見ると、X線フレアの発生前後にPACとKAKで吸収現象が見られる。KAKは昼側に位置してX線フレアの影響を直接受けやすいため、吸収現象が見られるのは妥当と思われる。他方、南米の観測点は夜側のため、PACを除き吸収が見られない。緯度の高いPACは

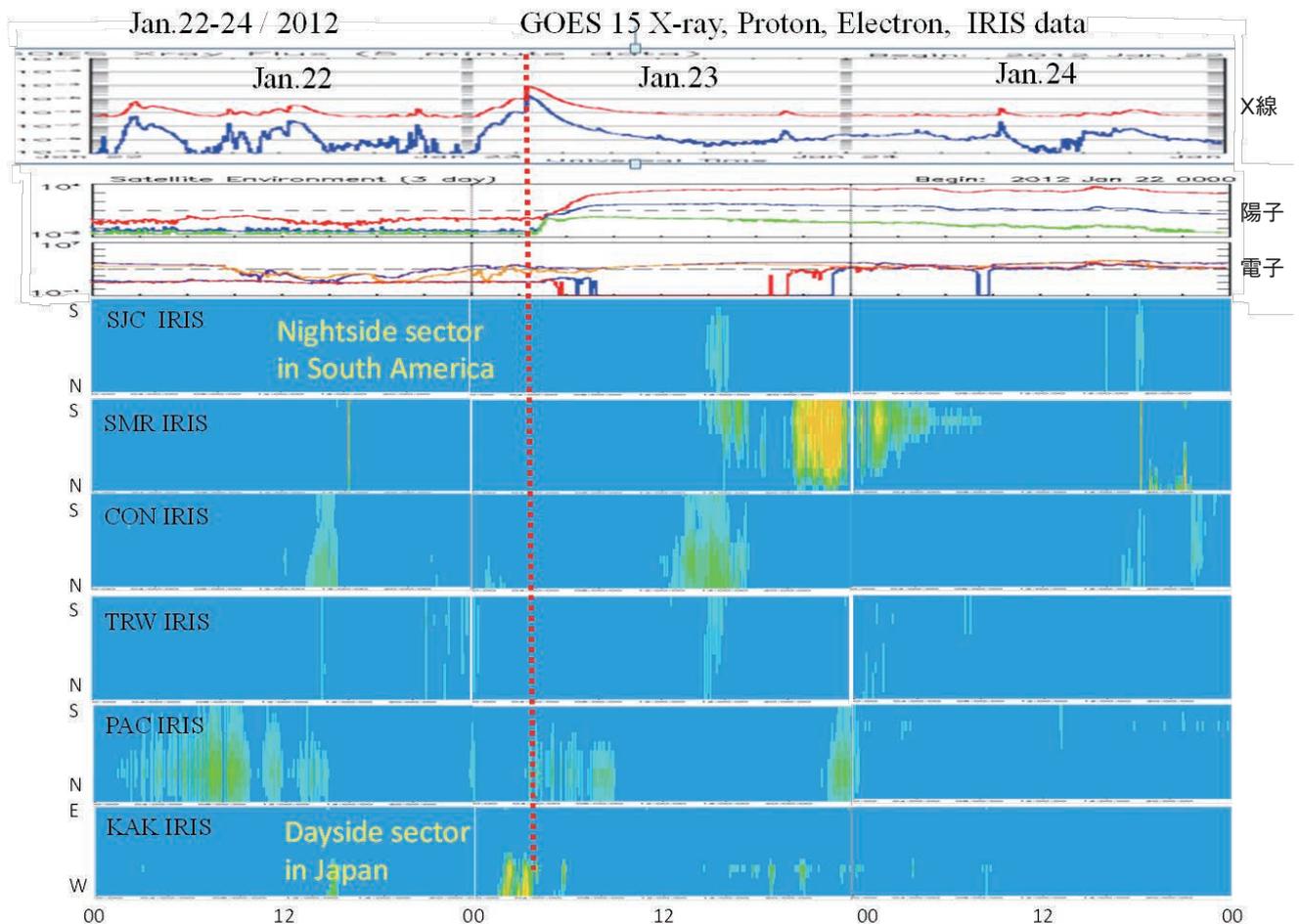


Fig.11 GOES 15 X-ray, Proton, electron data and Imaging Riometer data

オーロラ帯に近く、その影響が見えるのかもしれない。他方、1月23日の午後からSJC、SMR、CON、TRWで吸収現象が見られる。これはX線フレア後に放射線帯粒子がドリフトしながら、磁気異常帯域に入射した電子が吸収現象を引き起こした可能性が考えられる。

このJan.23のX線フレア時に観測された1チャンネル・リオメータ・データを調べた結果をFig.12に示している。図中でX線フレアの発生した03h38mUTの時刻を赤の破線で示

してある。これによると磁気異常帯周辺域ではX線フレアに伴うCNAは顕著に認められない。ただ、ブラジル南極基地でこの前後で、わずかに電波強度レベルの減少が見られる。これに対して、日本のKakiokaでは、X線フレアに伴い強いパルス性電波が受信され、その直後に吸収現象（赤線で囲んだ部分）が観測されている。このようなパルス性電波がX線フレア時に観測されることは他の例でもよく見られる。

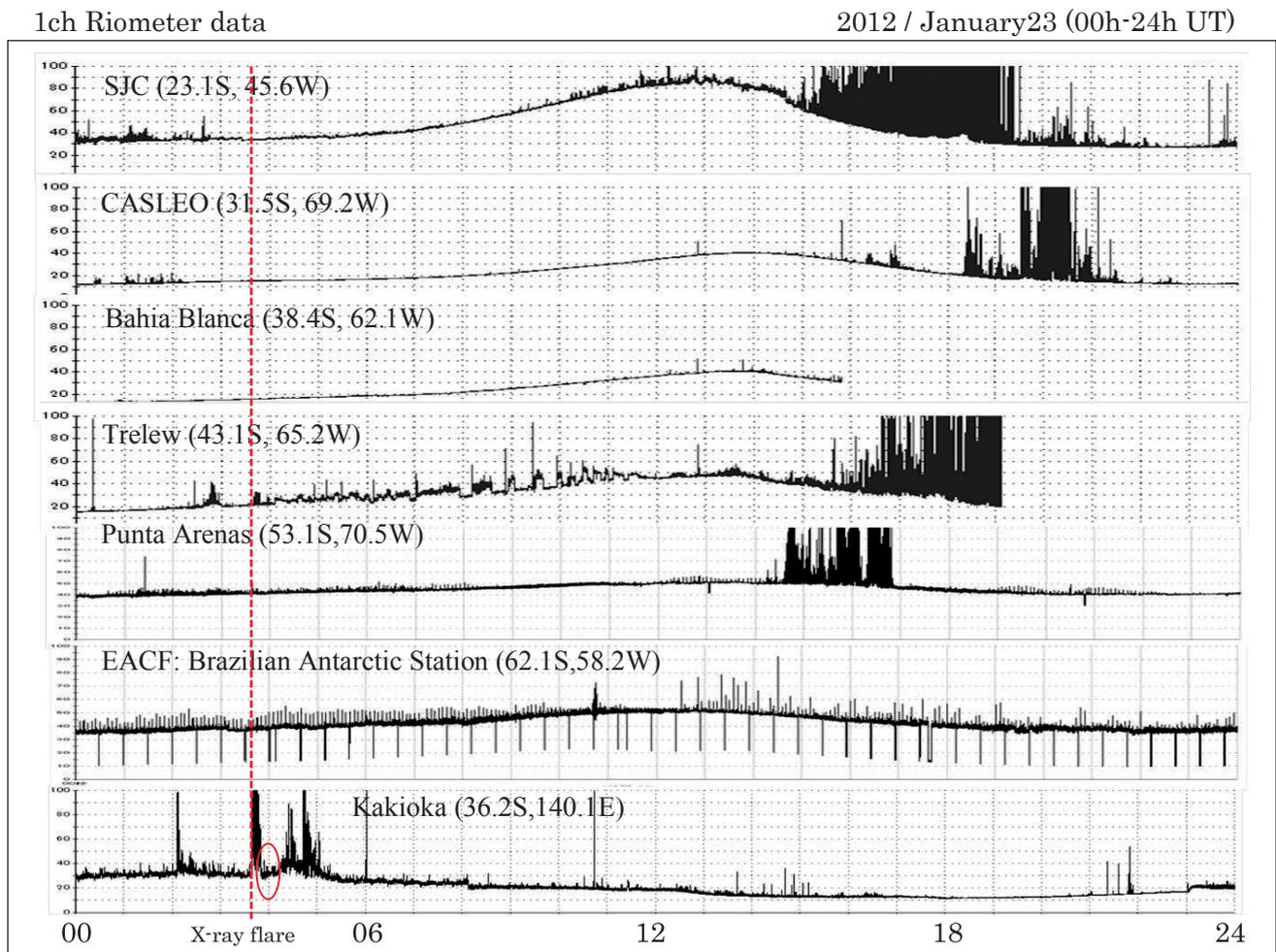


Fig.12, 1 channel Riometer data observed in Geomagnetic Anomaly region and Japan

次に、1月27日17時30分に起きたX線フレア現象の日とその2日前までのデータをFig.13に示している。なお、このフレア発生時刻は日本では夜中過ぎ、南米で午後側の時刻に対応している。図の上3つのパネルはGOES 15衛星で観測されたX線、陽子、電子データであり、下のケオグラムは磁気異常帯域の観測点と柿岡でのイメージングリオメータ・データである。X線フレアの発生したJan.27以前のJan.26にも吸収現象が断続的に見られるが、この吸収がこの期間のX

線フラックス変動に関係しているのかははっきりしない。ところで、Jan.23のフレアと同じく、Jan.27の17時30分に発生したフレアに伴い陽子フラックスの増加が見られるが、電子フラックスの変動は見られない。他方、X線フレア発生時にイメージングリオメータにより観測された宇宙雑音吸収（Cosmic Noise Absorption）が磁気異常帯のSJC、CON、TRW、PAC観測されている。他方、柿岡ではその前後に顕著な吸収現象は見られない（3時間程後に吸収現象が見られるが、こ

れがX線フレアに関係しているか否か不明)。これはJan.23の例と逆で、南米域が昼間側のため太陽面に面して、フ

レアの影響を直接受けたためと思われる。

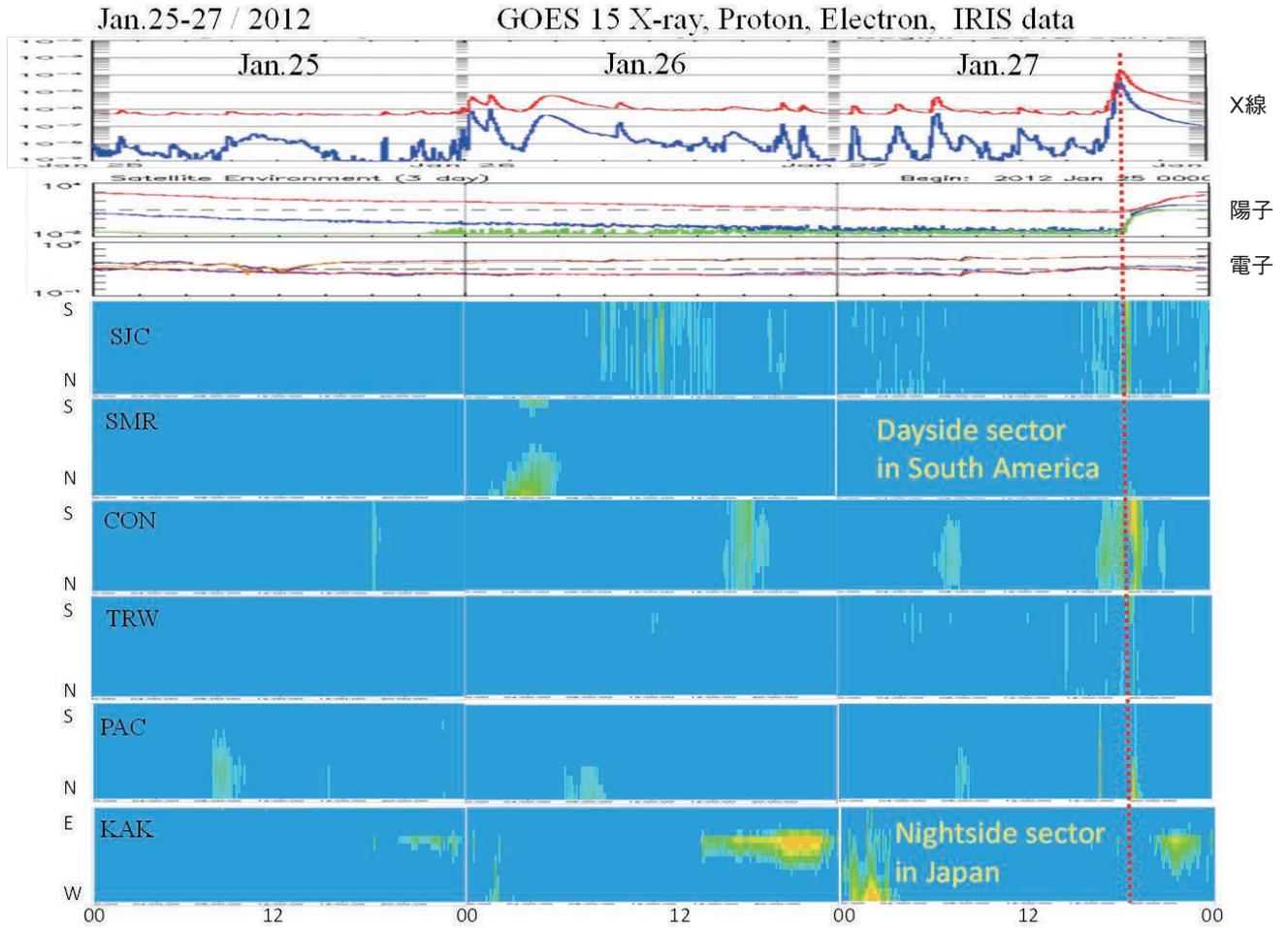


Fig.13 GOES 15 X-ray, Proton, electron data and Imaging Riometer data

このJan.27に発生したX線フレア時の1チャンネル・リオメータ・データの結果をFig.14に示している。図中でX線フレアの発生した17h30mUTの時刻を赤の破線で示している。これによると磁気異常帯を含む南米赤道域からブラジル南極基地までの広範囲にわたり、X線フレアに伴い、各観測点で強いパルス性電波が受信され、その直後に吸収現象が観測されている(例として、SJCデータについて赤線で囲んだ部分)。これに対して、日本のKakiokaでは、X線フレアに伴い顕著な電波やCNAは認められなかった。

これら2つのX線フレア現象の解析から、太陽に面している地球の領域(昼間側)では、強いパルス性の太陽電波が

受信された直後に吸収現象が観測されること、および、このような現象は赤道から極域までの広範囲に起きていることが明らかになった。他方、太陽の反対側領域(夜側)では太陽電波や吸収現象が全く見られないことも明らかになった。今後の課題として、一般にX線フレアに伴いプロトン入射が見られる場合が多いが、リオメータ吸収に強く影響を及ぼすのはX線なのかプロトンなのかを検討する必要がある。また、太陽電波を受信した直後に吸収現象が観測され始めるが、各観測点でその開始時刻に時間差があるように見える。今後、各観測点でのデータ収録時刻の検討を行い、この点について明らかにしていきたい。

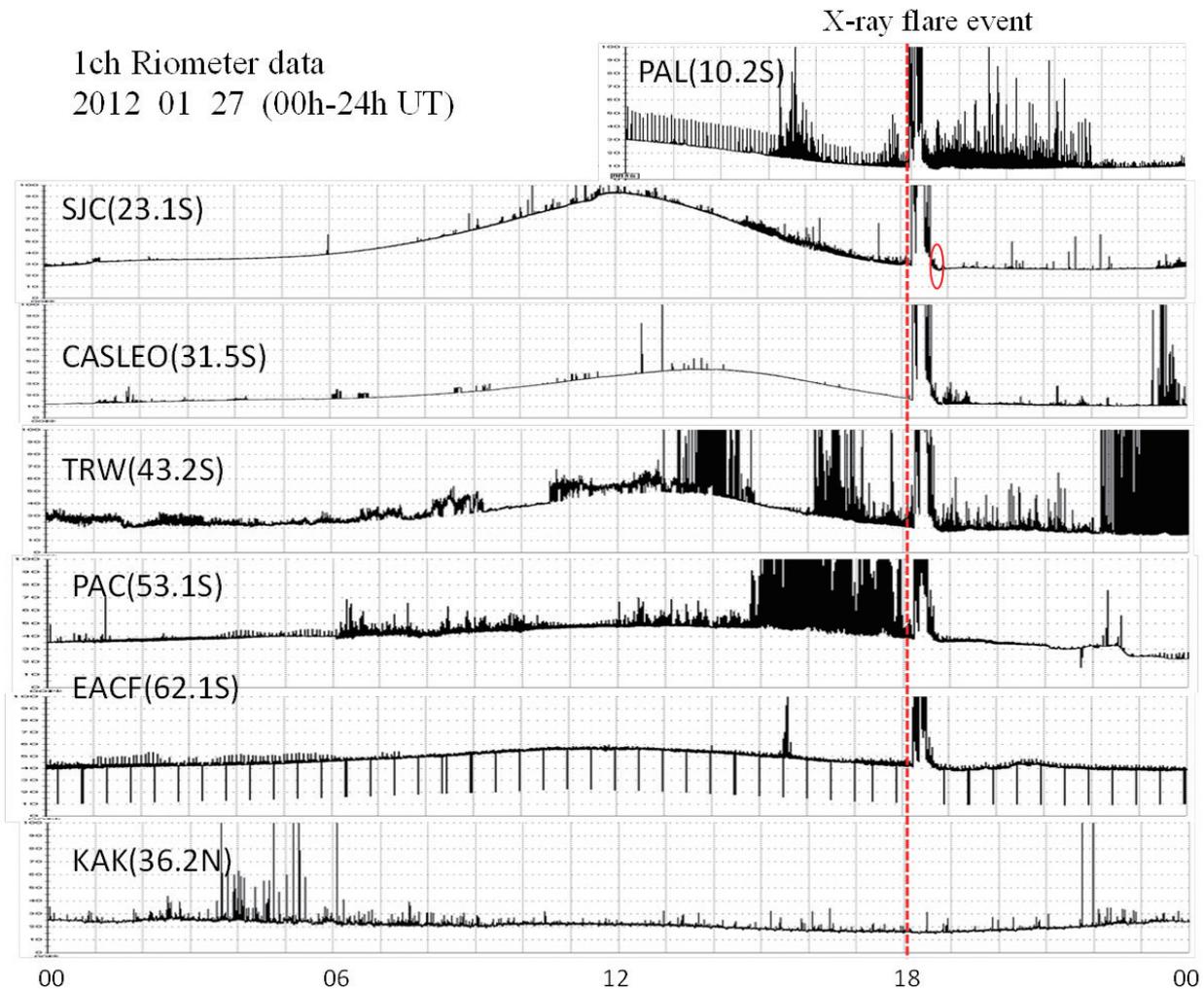


Fig.14, 1 channel Riometer data observed in Geomagnetic Anomaly region and Japan

4. まとめ

地磁気異常帯の入射粒子に伴い、地上でどのような影響が見られるのかを明らかにするため、1999年から2010年までに南米域10数ヶ所に1チャンネル・リオメータを、また4ヶ所にイメージング・リオメータ等を設置し観測を行ってきた。このリオメータ多点観測を南米リオメータ・ネットワーク観測 (South America Riometer Network ; SARINET) と呼び、入射粒子と宇宙雑音吸収現象 (Cosmic Noise Absorption : CNA) との関連を研究するため、収集されたデータは研究者に公開している⁵⁾。また2011年にイメージングリオメータをSan Jose dos Campos、2012年にPalmasに設置し、当初予定していた南米6点のイメージングリオメータ設置計画が全て終了した。今後は南米大陸の空白域に1チャンネル・リオメータを1~2か所設置する事を計画している。

ここではPalmasのイメージングリオメータ・データを含めた7観測点のデータ比較を行った。ただ、Palmasのイメー

ジングリオメータ観測は開始後間もなく、雷で観測機器が故障したため、限られたデータを用いて静穏日曲線 (Quiet Day Curve : QDC) を求めざるを得なかった。これまでは、収集されたサンプル・データを機械的に選び (例えば、1ヶ月間のサンプル・データ数)、それをもとに統計的手法でQDCを求める方法^{4),5)}を採用してきた。この方法はサンプル・データが多い場合は有効であるが、今回のPalmasのようにデータ数が少ない場合は、変動の大きい日のデータがQDCを求める際に大きく寄与するため、見掛け上、吸収現象が起きたと判断される事が起こる。そこで本論文ではPalmasの限られたデータをもとに、妥当なQDCをどのように求めたら良いか検討した。その結果、少ないデータに対しては機械的にサンプル・データを選びQDCを求めるのではなく、個々の生データを見ながら、バックグラウンド・レベルの低い、変動の少ない安定したデータを数例集めてQDCを求める方が妥当な宇宙雑音吸収が得られる事がわかった。

他方、1月23日と1月27日に起きた太陽X線フレアー現象時に、SARINETで観測されたりオメータ・データの解析を行った。これらの解析結果から、太陽に面している地球の領域（昼間側）においてX線フレアーに伴い、強いパルス性電波が受信され、その直後に宇宙雑音吸収現象（CNA）が顕著に観測されることがわかった。他方、夜側の領域ではX線フレアーに伴う吸収現象は見られないが、昼間側では赤道から極地までの広範囲において、吸収現象が見られることも明らかになった。

ところで、X線フレアーに伴いプロトン粒子の入射が見られるケースが多いが、CNA現象を引き越しているのがどちらなのか今後検討する必要がある。

さて、南米域のリオメータ観測機器の設置は2012年でほぼ終了したが、得られた観測データの解析はまだ始まったばかりである。今後は各観測点でのリオメータ・データの収集を続けながら、観測データの解析を進めていくことが重要である。

謝辞

本研究は拓殖大学工学部・採択型研究費の助成を受けて行われました。また、南米での観測に際しては、名古屋大学太陽地球環境研究所の地上ネットワーク観測大型共同研究費の助成を受けて行いました。お世話いただいた関係各位に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Nishino, M., K. Makita, M. Sato, Y. Kato, M. Hoshino, N. J. Schuch, A. Foppiano and R. Monreal, Network observations of imaging riometer in South America, Bulletin, Science, Engineering Takushoku University 9(2), 31-36, 2004
- 2) World Data Center C2 for Geomagnetism, Kyoto, Center News, No.40, 1996
- 3) Moro, J., C. M. Denardini, M. A. Abdu, E. Correia, N. J. Schuch, K. Makita, Latitudinal dependence of cosmic noise absorption in the ionosphere over the SAMA region during the September 2008 magnetic storm, J. Geophys. Res. 117, doi:10.1029 /2011JA17405, 2012
- 4) 田中良昌、巻田和男、西野正徳、大川隆志、イメージングリオメータのデータ解析プログラムの開発、Vol.10, No.1, 61-66, 2007
- 5) 田中良昌、巻田和男、西野正徳、大川隆志、イメージングリオメータのデータ解析プログラムの開発（続編）、Vol.10, No.2, 61-69, 2008 1 / 13
- 6) NOAA低高度衛星データ <http://satdat.ngdc.noaa.gov/sem/poes/data/plots/maps/png/>

南大西洋磁気異常帯における高エネルギー電子降下の太陽周期変動* Solar Cycle Variations of High Energetic Electron Precipitation in the South Atlantic Magnetic Anomaly

西野 正徳 Masanori NISHINO**

巻田 和男 Kazuo MAKITA***

Nelson Jorge Schuch Nelson.Jorge Schuch****

(1) Nagoya Univ. STE Lab., (2) Takushoku Univ., (3) INPE Southern Space Center

Abstract

Using high energetic electron (> 100 keV) data observed by the low-altitude polar-orbiting satellite NOAA-14, we have obtained solar cycle variations (1995-2004 years) of electron flux precipitating into the South Atlantic Magnetic Anomaly (SAMA) ionosphere. In the period (1995-1997) of minimum solar activity, precipitating electrons had minimum flux during the years, showing seasonal variations with slight increase in the Southern spring and fall. In the rising phase (1998-1999) of the solar activity, precipitating electrons had larger flux with pulsating waveforms, showing the same seasonal variation with the minimum solar activity, however, there was another variation that electron flux increased stepwise associated with a strong magnetic storm occurring in fall. In the period (2000-2001) of the maximum solar activity, electron flux largely increased stepwise associated with strong magnetic storms in fall, and kept large flux during winter, thereafter decreased to small flux in spring. In the declining phase (2002-2004) of the solar activity, electron flux largely increased associated with strong magnetic storms in fall, kept large flux during winter, thereafter attained to maximum flux associated with great magnetic storms in spring, followed by gradual decrease during one-half year until spring in next year. The above electron flux characteristics suggest that the ground imaging riometer (IRIS) observations in the SAMA region would be powerful, particularly in the period of maximum to declining phases of solar activity. Comparing the increased electron flux with Dst indices for strong geomagnetic storm events, a good correlation between them supports that energetic electrons precipitating into the SAMA ionosphere from the inner radiation belt obviously depend to magnetic storm intensities. This conclusion indicates that abundance of energetic electrons transported to the inner radiation belt associated with strong magnetic storms would precipitate into the SAMA ionosphere through interaction with low-latitude plasmaspheric hiss.

Keywords : South Atlantic Magnetic Anomaly (SAMA), Satellite high energetic electron flux, Solar cycle variations

1. はじめに

南大西洋地域は地球磁場の強度が弱い特異な領域で、南大西洋磁気異常 (South Atlantic Magnetic Anomaly, 略して SAMA) と呼ばれている。西暦2010年の国際標準地球磁場 (IGRF-11) ではブラジル南西部で磁場強度が最も弱い (22,568 nT) と報告されている¹⁾。地球の磁力線に囲まれた空間領域を磁気圏と呼ぶが、磁気圏外部から数10keV以上の高エネルギー粒子が流入して、内部磁気圏には高エネルギー粒子が充満している。内部磁気圏は、地球に遠い側に放射線帯 (発見者の名前からバンアレン帯とも呼ばれる) の外帯 (地球半径の3-6倍)、近い側に放射線帯の内帯 (地球半径の1.2-2.5倍) が存在し、これらの間には電離圏起源の数eVの低エネルギーの“冷たい”プラズマからなるスロット領域が存在する (Fig.1)。外帯から内帯に流入した高エネルギー粒子は地球磁場に捉えられ、磁力線に沿って南北半球を往復しながら (ミラー運動) 経度方向にドリフト周回する。内帯で周回する高エネルギー粒子は地球磁場強度の最も弱いSAMA上空の電離圏に降下しやすいということは理論的に

提唱され²⁾、また、実験的には700-850kmの高度を周回飛行する日本の低高度軌道衛星OHZOLAによって、高エネルギー粒子がSAMA上空領域の周辺で集中して観測された³⁾。これらの高エネルギー粒子が太陽観測衛星や気象衛星などの搭載電子機器に種々の被害を及ぼすことが、最近では深刻な社会問題になっている。

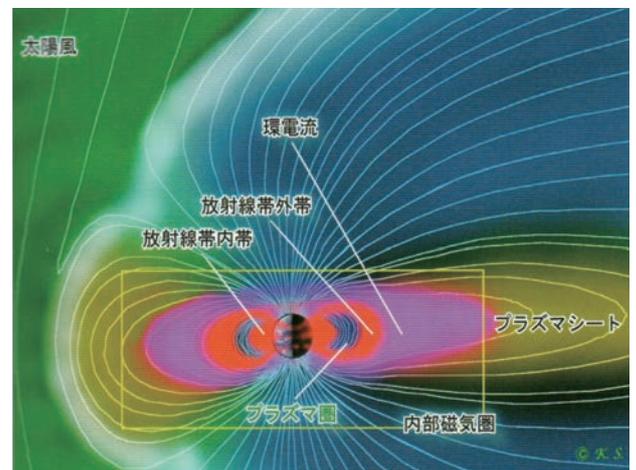


Fig.1 Schematic diagram of solar wind-magnetosphere system (after "What is the Radiation belt?!" booklet published by STEL Nagoya University).

* 原稿受付 平成24年9月13日

** 元、名古屋大学太陽地球環境研究所

*** 工学部基礎教育系列

**** ブラジル宇宙科学研究所サンタマリア南部宇宙センター

高エネルギー粒子（電子）が電離圏に降下して中性粒子と衝突すると電離圏内の電子密度が増大する。一定の日変化する銀河系宇宙電波（Cosmic Radio Noise）が、この増大した電子密度の電離圏を透過すると宇宙電波が吸収（Cosmic Noise Absorption, 略してCNA）を受けるという原理に基づいた電波測定法をリオメータ（Riometer）と呼ぶが、高エネルギー電子が放射線帯内帯からSAMA電離圏に降下する時に生じる宇宙電波吸収を検出するため、著者等はブラジル南西部のサンタマリア（SMR, 29.4° S, 306.2° E）郊外のブラジル宇宙科学研究所南部観測所（磁気緯度、 $\sim 24^\circ$ S）に周波数38.2 MHzのイメージングリオメータ（Imaging Riometer for Ionospheric Study, 略してIRIS）を設置して、1999年より観測を始めた⁴⁾。IRISを用いた連続観測から、2000年7月に発生した巨大な磁気嵐（“Bastille Day Storm”と名付けられる）に伴って観測されたCNA現象を、SAMA領域を飛行する低高度軌道衛星NOAA-14の高エネルギー電子フラックス（ >100 keV）データと比較した結果、このCNA現象は、放射線帯内帯から降下した高エネルギー電子に起因した現象（“Storm CNA”と名付ける）であると同定した⁵⁾。しかし、2000-2001年のIRIS観測の中で、弱い磁気嵐や、あるいは全く磁気嵐に伴わないCNA現象がたびたび観測され、それらの吸収強度は比較的強い。これらのCNA現象は、電離圏固有のダイナミクスに起因した電子密度増大に基づく吸収であることがわかった⁶⁾。したがって、地上のIRIS観測によって“Storm CNA”を同定するためには、衛星観測によって得られるSAMA領域の高エネルギー電子の特性を十分理解することが重要である。

本論文では、1995-2004年の10年間の太陽活動変動の期間に低高度軌道衛星NOAA-14で観測されたSAMA領域の高エネルギー電子フラックス（ >100 keV）のデータを解析することによって、SAMA領域への高エネルギー電子降下と太陽活動、及び地磁気活動との関係を解明することを目的とする。

2. 衛星高エネルギー電子データの解析

NOAA-14は、高度約870kmを地球一周102分で南北方向に周回飛行する低高度軌道衛星で、搭載粒子観測センサー（MEPED）は、地球中心方向（0度）と、これに直角の方向（83度）に向いていて、高エネルギー電子、及びプロトンのフラックスが1分毎に計測され、カウントレート（counts/sec）としてWebで公開されている⁷⁾。磁気緯度の低いSAMA領域の電離圏では、2方向共、磁力線に捕捉された高エネルギー電子を計測していることになるが⁸⁾、83度方向のフラックスは通常、0度方向のフラックスに比べて1-2桁程度強いので、本解析では83度方向の電子フラックスデータを扱う。前述のOHZORA衛星による高エネルギー電子（0.19-3.2 MeV）観測の統計結果を参考にすると、

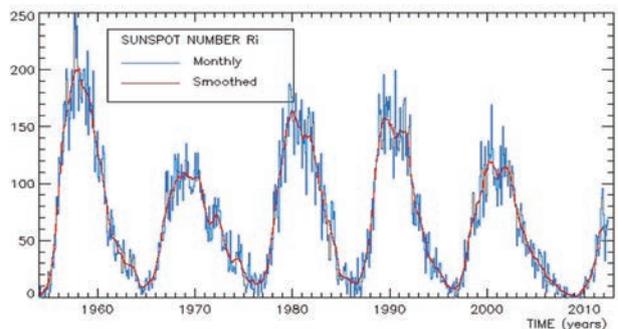


Fig.2 The monthly (blue) and the monthly smoothed (red) sunspot number for the latest five solar cycles (after <http://www.sidc.be>).

SAMA領域は、ほぼ南緯18-48度、東経290-350度の範囲と推定されるので、NOAA-14がSAMA領域を通過する軌道は1日に約4回ある。これらの軌道の中、2軌道は、世界時ではほぼ4h-8h UT（SMRの地方時では1h-5h LT）の夜間から早朝の時間帯（午前側）になり、他の2軌道は、ほぼ17h-20h UT（SMRでは14h-17h LT）の午後から夕方時間帯（午後側）になる。

前述の巨大な磁気嵐“Bastille Day Storm”の期間に、NOAA-14がSAMA領域を通過する軌道において観測された電子フラックスの緯度分布は、南緯30度近辺でピークを持つガウス分布を示した⁶⁾。したがって本解析では、このピーク値を降下電子フラックスの代表値として抽出する。公開されているNOAA衛星シリーズの中で、NOAA-14は最新で、また最も長い10年間の電子フラックスデータを公開しているため太陽周期変動の研究には有用である。

3. 降下電子フラックスの太陽周期変動

Fig.2は1954年から2012年までの太陽黒点数（Sunspot Number）の毎月の値と、平滑化した値の変化を示す⁹⁾。1995-2004年の10年間はほぼ第23太陽活動周期に当たり、黒点数のピーク値は第21・22周期に比べて小さく、太陽活動が年々弱くなってきたことを示している。解析した10年間のNOAA-14の電子フラックスの変動は午前側、午後側共類似していて、通常、午後側のフラックスが大きいので、本稿では、午後側の電子フラックスデータを扱う。

Fig.3(A)-(D)は、NOAA-14で観測されたSAMA領域の高エネルギー電子（ >100 keV）フラックスの1995年から2004年の変動を示す。Fig.2の太陽活動の周期にしたがって、(A) 極小期（1995-1997）、(B) 上昇期（1998-1999）、(C) 極大期（2000-2001）、(D) 下降期（2002-2004）の4つの期間に分けて、各年の変動特性をDay of Year (DOY)で示す。

(A) 第22周期の太陽活動は1995年には下降して1996年に極小となり、1997年には第23周期の活動として上昇を始めた。

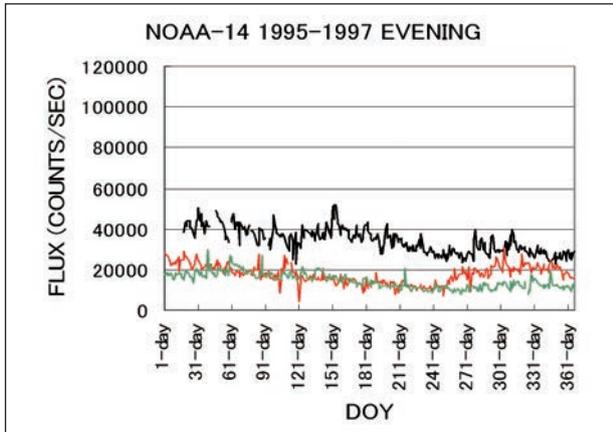
この期間、電子フラックスは年と共に小さくなり、1997年には最小の基底状態を示した。この基底状態は、太陽活動の極小（1996）から1年遅れて現れ、フラックスは、2-3月の約20,000 counts/secから緩やかに減少し、8月頃に最小（~10,000 counts/sec）になり、その後、徐々に増加して11月頃に小さなピーク（~15,000 counts/sec）を示した。すなわち、南半球の秋（3月）と春（11月）に増大し、冬季（6-8月）に減少する季節変動を示した。

- (B) 太陽活動の上昇期の1998年には5月付近でフラックスは階段状に増大し（~40,000 counts/sec）、その後、日とともに緩やかに減少していった。太陽活動が極大に近くなる1999年には、フラックスは、18,000-40,000 counts/secの範囲で極小の1996年と似た変動を示した。しかし、フラックスの値は1996年よりやや大きく、振幅もやや大きくなった。
- (C) 太陽活動が第1の極大となる2000年には、フラックスは5月に階段状に大きく増大し（>40,000 counts/sec）、

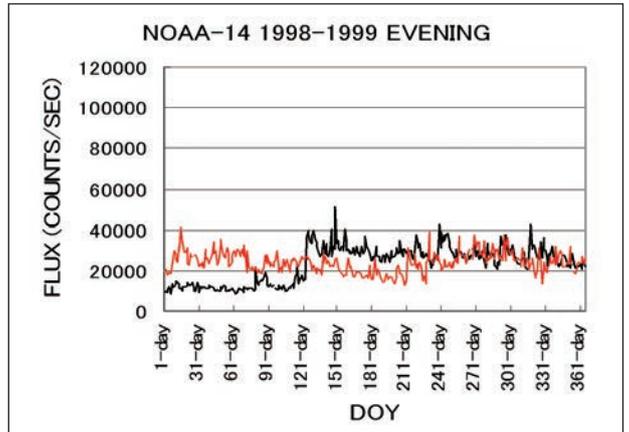
大きな振幅のパルスを繰り返しながら10月には減少した。第2の極大となる2001年には、フラックスは4月に60,000 counts/sec以上まで階段状に大きく増大し、やや小さな振幅のパルスを繰り返しながら緩やかに減少し、9月には~20,000 counts/secのフラックスに減少した。また、両年共、11-12月に、やや増大する傾向を示した。

- (D) 太陽活動の下降期の始めの2002年には、フラックスは4月にパルス状に小さく増大し、7-8月の冬季にはピークになり、10月には20,000 counts/sec以下のフラックスに減少した。この冬季のピークの出現は太陽極小期の1996・1997年の冬季最小とは逆の傾向である。2003年には、5月下旬に階段状に大きく増大し（~80,000 counts/sec）、大きな振幅のパルスを繰り返しながら、10月初めにやや減少したが、11月頃から再び大きく増大し最大のフラックス（>100,000 counts/sec）に達した。この最大のフラックスは2004年に継続し、緩やかに減少しながら8月頃に小さく増大するが、11月には、この増

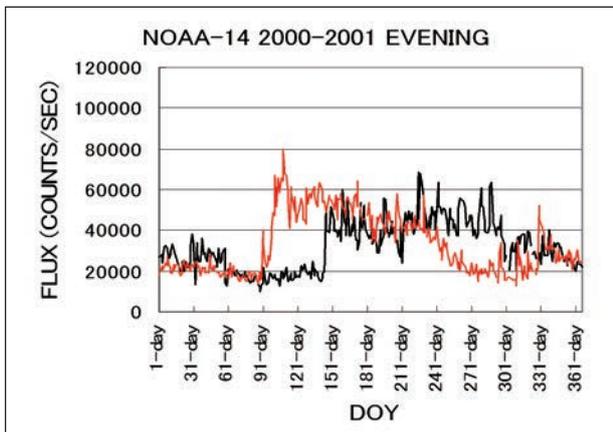
(A) 1995 (black), 1996 (red) and 1997 (green)



(B) 1998 (black) and 1999 (red)



(C) 2000 (black) and 2001 (red)



(D) 2002 (black), 2003 (red) and 2004 (green)

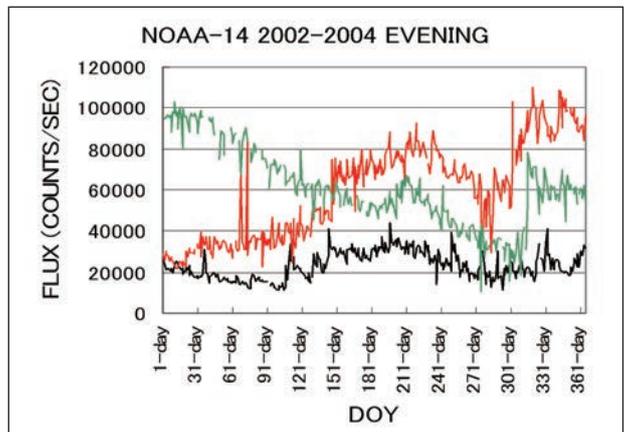


Fig.3 Daily variations of energetic electron flux in the SAMA region observed by the NOAA-14 satellite.

大前の2003年1月のフラックス (~30,000 counts/sec)に戻った。したがって、フラックス増大が元の状態にまで戻るのに約1年半要したことになる。その後、11-12月にはフラックスは階段状に大きく増加した。

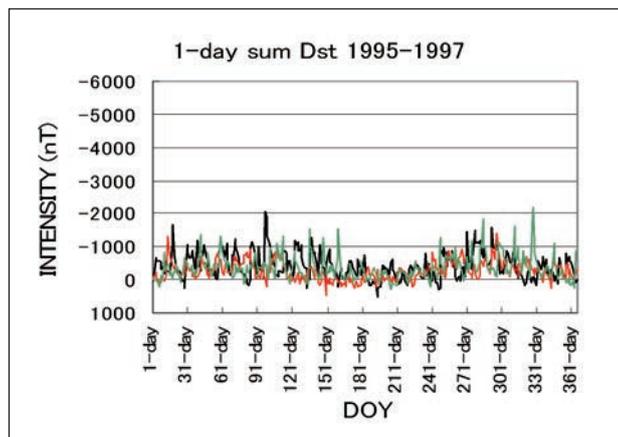
4. 降下電子フラックスと地磁気活動との関係

太陽活動極大期の2000-2001年の期間の解析では、フラックスの階段状の増大やパルスの増大は、比較的強い磁気嵐(地磁気活動指数Dst max > -100 nT)に相関することが判った⁶⁾。本節では、この特性を明確にするため、10年間のNOAA電子フラックスの変動を地磁気活動変動と比較する。ここで、午後側の電子フラックスデータは1日単位であるので、Webで公開されているDst指数(1時間値)を1日で加算した地磁気活動指数(1-day sum Dst)を用いる¹⁰⁾。

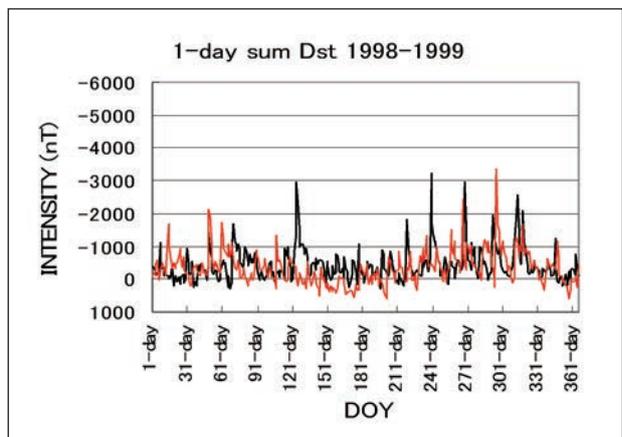
Fig.4 (A) - (D)は、1995年から2004年までの1-day sum Dst(以下ΣDstと略す)の変動を前節と同様に4つの太陽活動周期に分けて示す。以下、ΣDstの変動とFig.3 (A) - (D)で示した電子フラックス変動との関係を記す。

- (A) 太陽活動極小期の1995-1997年の3年間では、いずれも春秋にやや大きなΣDst、夏冬季に小さなΣDstを示した。この中、1996年にはΣDst値は最小であった。この季節変動はFig.3 (A)で示した電子フラックスの季節変動と似ている。
- (B) 太陽活動上昇期の1998-1999年には、ΣDstは春秋にピークを持つ極小期と同じ季節変動を示したが、極小期より大きい振動のパルス列であった。1998年5月付近の強いΣDstパルス (~-3000 nT)に伴って電子フラックスは、Fig.3 (B)で示したように階段状に増大した。また、8-11月の強いΣDstのパルス列に対応して、フラックスもパルス状に振動した。1999年には、1998年の5月のような強いΣDstパルスはなく、フラックスの階段状の増大はなかった。春季の10月末に、強いΣDstのパルスがあったが、Fig.3 (B)のフラックス変動では階段状の増大は現れなかった。
- (C) 太陽活動の第1の極大の2000年には、年中強いΣDstのパルスが多発し、強い磁気嵐が多く発生した。5月下旬

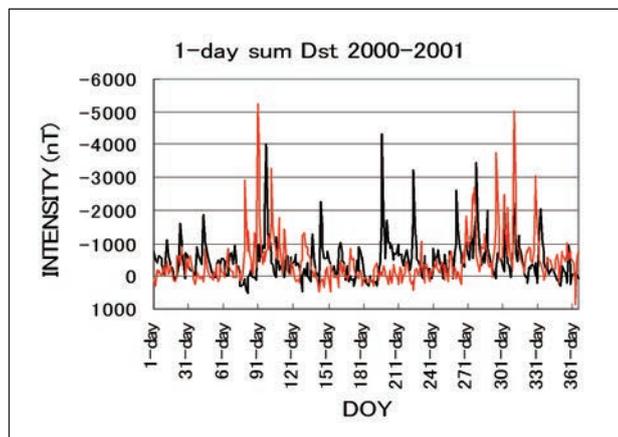
(A) 1995 (black), 1996 (red) and 1997(green)



(B) 1998 (black) and 1999 (red)



(C) 2000 (black) and 2001 (red)



(D) 2002 (black), 2003 (red) and 2004 (green)

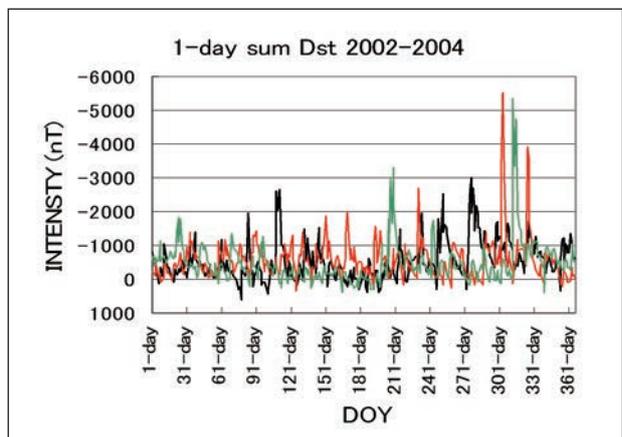


Fig.4 Daily variations of 1-day sum (Dst) geomagnetic activity indices.

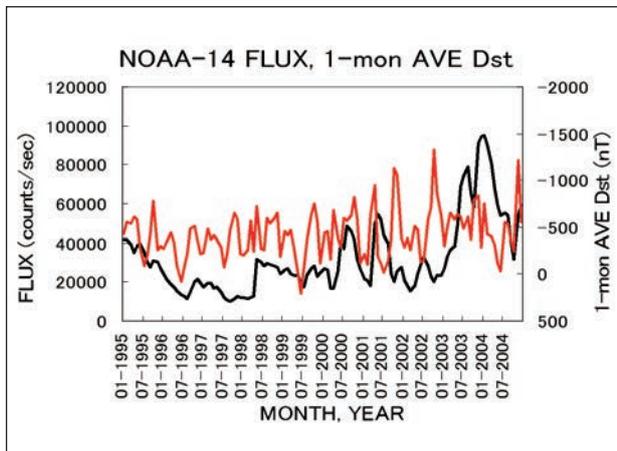


Fig.5 Solar cycle variations of 1-month average energetic electron flux (black) of the NOAA-14 and 1-month average Σ Dst (red).

の比較的弱い Σ Dstパルス (-2200 nT) に伴ってFig.3 (C) のフラックスは階段状に大きく増大した。その後、強い Σ Dstパルスの多発に対応して、フラックスのパルス振動が10ヶ月半ばまで続いた。第2の極大期の2001年には3月末に発生した強い Σ Dstパルス列に伴ってFig.3 (C) のフラックスは階段状に大きく増大した。この後、弱い Σ Dstパルス (< -2000 nT) の発生のため、フラックスの振幅は小さく、緩やかに減少していった。10-11月にはいくつかの強い Σ Dstパルスが発生したが、フラックスの増大は比較的小さかった。

- (D) 太陽活動の下降期の2002年には、4月付近のやや強い Σ Dstパルス (-2700 nT) に伴ってFig.3 (D) のフラックスは小さく増大し、冬季7月でピークになった。2003年から2004年では、Fig.3 (D) で示したように、第23太陽活動期間の中で最大のフラックスが現れた。すなわち、2003年5月の比較的小さな Σ Dst (~ 2000 nT) の発生にもかかわらず、フラックスは階段状に大きく増大した。このフラックスは10月に50,000 counts/sec程度に下がったが、続いて発生した11月の2つの強い Σ Dstパルスに伴われてフラックスは最大値に達した。その後、2004年の前半の弱い Σ Dstパルスの発生のため、最大値のフラックスは2004年の6月末まで緩やかに減少して、8月の Σ Dstパルスによってフラックスは小さく増大したが、11月には、2003年5月の増大前のフラックス値に戻った。

次に、降下電子フラックスと地磁気活動の関係を10年間の長期変動で見ると、両者の1ヶ月平均値で示すとFig.5になる。両者の関係を簡単に記すと、(A) 太陽極小期の1995-1997年では、前述したように、1ヶ月平均の Σ Dst値はほぼ半年周期の振動を示すが、値は小さく (平均、 -500 nT程度)、このため電子フラックス値

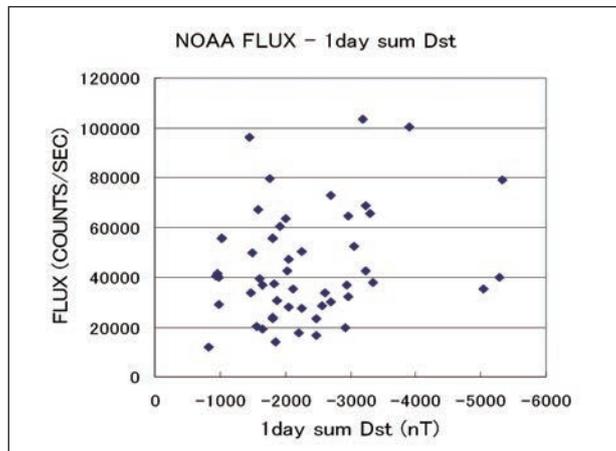


Fig.6 Relationship between NOAA electron flux and 1-day sum Dst for strong magnetic storms.

は年々緩やかに下降して1997年に最小値 (~ 10000 counts/sec) になった。(B) 太陽上昇期の1998-1999年では、1ヶ月平均の Σ Dst値は極小期と同じ程度であるが、前述した如く、強い磁気嵐の発生のため不規則な振動を示した。電子フラックスは磁気嵐にともなって階段状に増大して以後、緩やかに減少する変動を示した。(C) 太陽極大期の2000-2001年では、1ヶ月平均の Σ Dst値の振動が大きくなり、これに対応して電子フラックスは、秋冬季に増大し、春夏季に減少する周期変動を示した。(D) 太陽下降期の2002-2004年では、1ヶ月平均の Σ Dst値の振動は大きなパルスの後、不規則な振動になった。電子フラックスは2002年には小さな振幅の周期変動を示しながら徐々に増大し、2002-2003年には2つの大きなピークを示し、その後、減少した。

以上の関係の相関を散布図で示すとFig.6になる。ここで、Dst maxが -100 nT以上を記録した強い磁気嵐 (10年間で50イベント) を抽出して、Dst maxを記録した日の1日加算値 (Σ Dst) に対して、Dst maxの前後2日以内に観測された電子フラックスデータを対応付けた。両者の関係は、 Σ Dstが約 -2300 nT (時間値Dst指数で平均 -92 nT) 以下ではフラックス値は大きく分散するが、 Σ Dstが -2300 nT以上になると、フラックスは Σ Dstに対してほぼ比例して増大する傾向を示す。

一般的には、磁気嵐の強弱はDst maxの値で評価することが多いので、 -100 nT以上のDst maxと電子フラックス値の散布図を求めるとFig.7になる。Dst maxが -150 nT以下の磁気嵐では電子フラックスは10,000-100,000 counts/secの範囲で大きく分散する。しかし、Dst maxが -150 nT以上の強い磁気嵐では電子フラックスはDst maxに比例して増大する傾向がFig.6より明らかである。

Σ Dst やDst maxが小さい場合に電子フラックス値が大き

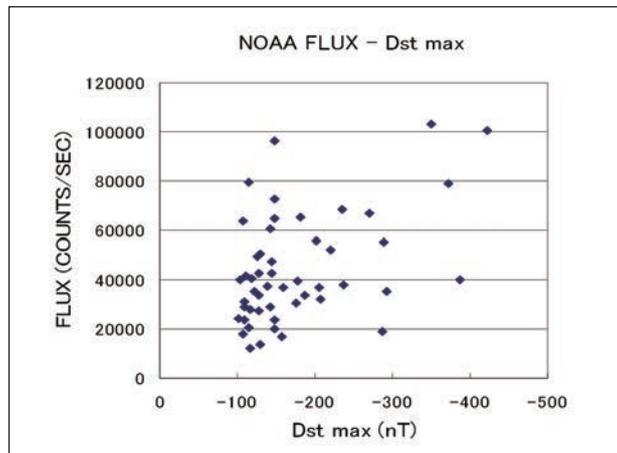


Fig.7 Relationship between NOAA electron fluxes and Dst max for strong magnetic storms.

く分散する原因は、NOAA-14の南北軌道の経度がSAMA領域内で日ごとに移動するのでフラックスのピーク値の背景値が変動し、この背景に比較的弱い磁気嵐に起因したフラックスの増大が加わるためと考えられる。

5. 降下電子フラックスの太陽周期変動の考察

放射線帯内帯を探る科学衛星は、古くから数多く打ち上げられてきたが、太陽活動の周期変動を調べる程の長期連続した衛星観測はなく、今回、NOAA-14を用いて10年間の高エネルギー電子データを解析したのは初めてである。したがって、本解析結果と過去の衛星観測結果との比較には限度があるが、これまで記してきたように、太陽活動の周期に分けて比較、考察をする。

- (A) 1962年7月9日に実施された核爆発実験“Starfish”による汚染のため、低高度軌道衛星OGO 1は自然の高エネルギー電子の正確な測定はできなかった。しかし、1964年9月頃から“Starfish”電子は減衰し、後継衛星OGO 3は、1966年9月2日の太陽フレアに起因して放射線帯内帯に侵入した自然の高エネルギー電子(290-690 keV)を観測した。この観測結果では、電子フラックスは8-9月から10-11月に向けて上昇していく傾向を示した¹¹⁾。1964-1966年はFig.2から判るように、太陽黒点数は極小から上昇し始めた期間で、Dst max < -100 nTの弱い磁気嵐が回帰的に発生した。これらの活動は、本稿の1996-1997年における太陽活動や、地磁気活動と同じで、NOAA-14の電子フラックスは、Fig.3(A)で示したように、10-11月に小さな増大を示し、OGO 3の結果と同じ傾向である。
- (B) 太陽活動上昇期の1979年に高度563-610kmを飛行する低高度極軌道衛星P78-1は、68-1120 keVの高エネルギー電子を観測した。南半球の320°E-360°EのSAMA

領域の東部では、捕捉電子の平均的な電子フラックス(単位、 $10^6 \text{ el}/(\text{cm}^2 \text{ str sec})$)は、2-4月に係数2、5-6月に係数4、7-9月に係数2、10-12月に係数1.2であった¹²⁾。このフラックス変動は、本稿のFig.3(B)で示したように、1998年5月のNOAA電子フラックスの階段状増大と、その後の緩やかな減少の傾向と一致している。

- (C) 太陽極大期から下降期の1979年3月から1984年7月の期間、P78-1衛星は南半球の110°E-160°Eのオーストラリア上空で高エネルギー電子を観測した。この期間、平均的なDstの変動は、約-15 nTから-30 nTであった¹³⁾。この観測の統計では、高エネルギー電子イベントの発生割合は、南半球の季節で、夏季に0.2と低く、秋季に約0.6に大きく増大し、冬季に0.62のピークになり、春季に0.33に減少した¹²⁾。この傾向は、本稿のFig.3(C)の2000-2001年の太陽極大期の電子フラックス変動の傾向と一致する。しかし、オーストラリア領域はSAMA領域より磁気緯度がやや高いこと、また、オーストラリア南西部にVLF電波の送信局(送信周波数、22.3 kHz)があることから、上記P78-1の電子イベントの季節変動は、VLF電波からのホイッスラー波動と放射線帯内帯の高エネルギー電子との波動粒子相互作用において、VLF電波の電離層透過における減衰量の季節変動が原因であると説明されている。
 - (D) 太陽活動下降期の1972年11月から1973年4月に低高度(~750km)極軌道衛星1972-076Bは、SAMA領域の西側の190°E-260°Eの太平洋の領域で高エネルギー電子を観測した¹⁴⁾。電子フラックス(単位、counts/sec)は、11月から1月に平均で $2-3 \times 10^2$ の低フラックスであったが、1月半ばには 6×10^2 に、2-3月には $2-6 \times 10^3$ に上昇し、3-4月には最高の 1×10^4 に達した。この期間、Dstの1日平均値は最大-100 nTに及んだ。この結果は、本稿のFig.3(D)で記したように、太陽下降期の2003年において、 ΣDst が-2000~-5500 nT(Dstの平均値は-80~-120 nT)の巨大な磁気嵐の状況で、電子フラックスが5月に40,000-80,000 counts/secに大きく増大したことと一致する。
- 以上のNOAA衛星の結果から、放射線帯内帯からSAMA領域の電離圏へ降下した高エネルギー電子フラックスの増大は、太陽活動の極大から下降期の期間に発生した強い磁気嵐の影響を強く受けると結論される。最近の論文において、NOAA/POES衛星によって観測された放射線帯外帯における高エネルギー電子(>300 keV)の平均フラックスが太陽活動周期の極大期(2000年前後)において増大があり、下降期(2004年)において最大になったという報告がある¹⁵⁾。この報告は、強い磁気嵐に伴って、環電流(Fig.1参照)が著

しく発達して地磁気活動が活発化し、同時に外帯から内帯へ高エネルギー電子が多量に流入したことを示唆している。

次に、放射線帯内帯からSAMA領域電離圏への高エネルギー電子降下の物理機構について考察する。高エネルギー電子降下の物理機構にはいくつかの説が提唱されているが¹⁶⁾、最も有力な機構は、磁気嵐に伴って高エネルギー電子が外帯から内帯に流入する過程においてプラズマヒスと呼ばれる磁気圏波動が発生し、この波動が高エネルギー電子と相互作用した帰結として、高エネルギー電子を降下させるという機構である。この機構の観測的証拠の一例として、磁気嵐 (Dst max = -80 nT) の回復相で、周波数550Hzのプラズマヒスの強度が増大することが低緯度衛星OGO 6によって観測されたことである¹⁷⁾。この機構では、高エネルギー電子とプラズマヒスの相互作用は磁気嵐の活動度に依存することになる。

一方、波動粒子相互作用の他のプロセスとして、地上の雷放電や人工送信局からの磁気圏内ホイッスラー波動と高エネルギー電子との相互作用が提唱されている¹⁶⁾。前述したP78-1衛星で観測されたオーストラリア上空の高エネルギー電子の増大である。本研究で対象になるのは、SAMA領域の地磁気共役点領域での雷活動である。サンタマリアの地上IRIS観測点の地磁気共役点は、同じ南米大陸内のベネゼエラ (9.57° N, 297.82° E) になるので¹⁸⁾、SAMA領域の地磁気共役領域は、ベネゼエラ周辺の地域になる。最近、人工衛星の光観測によって世界中の雷発生を監視するシステムが1998年より運用され、雷発生個数のデータ (Lightning Imaging Sensor, LIS Data) がWebで公開されている¹⁹⁾。LISデータとの比較の一例を紹介すると、Fig.3 (B) において、1998年の5月初めに電子フラックスは階段状に増大したが、1999年の5月にはこの増大はなかった。しかし、LISデータによる雷活動は1998年5月の方が、1999年5月より明らかに低く (本稿では図に示さない)、1998年5月の電子フラックスの階段状の増大を説明できない。したがってSAMA領域につながる赤道上空磁気圏では、雷電波からのホイッスラー波動と、高エネルギー電子との相互作用の可能性は小さいと考えられる。

6. まとめ

低高度軌道衛星NOAA-14の粒子観測から得られた高エネルギー電子 (>100keV) データを用いて、SAMA上空電離圏に降下する高エネルギー電子の太陽周期変動 (1995-2004年) を解析した。その結果、(A) 太陽活動の極小期では、電子フラックスは年中小さく、その中で春秋季にわずかに増大する季節変動を示した。(B) 太陽活動の上昇期では、極小期と同じような季節変動を示す場合と、秋季に電子フラックスが階段状に増大する場合があった。(C) 太陽活動の極大期では、秋季に電子フラックスは階段状に大きく増大

し、冬季に高いフラックス値を維持して春季にフラックスは元に戻った。(D) 太陽活動の下降期では、秋季に発生した強い磁気嵐に伴って電子フラックスは大きく増大し、冬季に高いフラックス値を維持して、その後、春季に発生した巨大な磁気嵐に伴われて、電子フラックスはさらに増大し最大に達した。この最大のフラックスは以後、緩やかに減少し、約1年半後に増大前のフラックスに戻った。

以上、SAMA領域における衛星による高エネルギー電子フラックスの太陽活動周期特性から、太陽活動極大から下降の期間において電子フラックスが多量にSAMA電離圏に降下することが判ったので、地上のIRIS観測によって“Storm CNA”を高信頼度で同定できるものと期待される。

放射線帯内帯への高エネルギー電子の流入と、SAMA領域電離圏への電子降下の機構を解明するために、高エネルギー電子変動と地磁気活動変動との関係を調べた。50個の強い磁気嵐イベントについて、両者の相関関係を求めると、降下電子フラックスは強い磁気嵐の強度にほぼ比例することが判った。この結果から、強い磁気嵐に伴って内帯に流入した多量の高エネルギー電子が、内部磁気圏で発生したプラズマヒス波動と相互作用し、その帰結として高エネルギー電子はSAMA上空の電離圏に降下するという物理プロセスが有力であると考えられる。

謝辞

本研究では、NOAA衛星粒子データはGoddard Space Flight CenterのSpace Data Facility (SPDF) のCoordinated Data AnalysisのWebから提供された。また、地磁気DstデータはNASA National Geophysical Data CenterのWebから提供された。その他、太陽黒点数、地磁気強度の世界分布、雷放電の世界分布は、それぞれの機関からのWebを引用した。これらの機関からの研究協力に対して深く感謝します。

参考文献

- 1) <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/index-j.html>
京都大学地磁気世界資料解析センター
- 2) Torr, D.G., M.R. Torr, J. C.G. Walker, and R.A. Hoffman, Particle precipitation in the South Atlantic geomagnetic anomaly, *Planet. Space Science*, 23, 15-26, 1975
- 3) Kohno, T., K. Munakata, K. Nagata, H. Murakami, A. Nakamoto, N. Hasebe, T. Takenaka, J. Kikuchi, and T. Doke, Intensity maps of MeV electrons and protons below the radiation belt, *Planet. Space Science*, 38 (4), 483-490, 1990
- 4) 西野正徳、卷田和男、湯元清文、F. Rodrigues, N.J. Schuch, ブラジル磁気異常帯におけるイメージングリオメータ観測、*拓殖大学理工学研究報告*, Vol. 8, No. 1,

- pp. 15–20, 2001
- 5) Nishino, M., K. Makita, K. Yumoto, Y. Miyoshi, N.J. Schuch, and M.A. Abdu, Energetic particle precipitation in the Brazilian geomagnetic anomaly, during the 'Bastille Day storm, of July 2000, *Earth Planet. Space*, 58, 607–616, 2006
 - 6) 西野正徳、巻田和男、N.J. Schuch, ブラジル磁気異常帯における宇宙電波の電離層吸収現象、拓殖大学理工学研究報告、Vol. 12, No. 1, pp. 23–39, 2011
 - 7) [http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/Goddard Space Flight Center, Space Physics Data Facility \(SPDF\)](http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/Goddard_Space_Flight_Center_Space_Physics_Data_Facility_(SPDF))
 - 8) 鶴内 晃、南大西洋磁気異常帯における放射線粒子変動の研究、東北大学理学研究科地球理学専攻、修士論文、pp. 1–64, 1998
 - 9) <http://www.sidc.be> Solar Influences Data Analysis Center, Royal Observatory of Belgium
 - 10) <http://www.ngdc.nasa.gov/stp/geomag/dst.html> NOAA National Geophysical Data Center
 - 11) Peitzer, K.A., and J.R. Winckler, Experimental observation of a large addition to the electron inner radiation belt after a solar flare event, *J. Geophys. Res.*, Vol. 73, No. 17, 5792–5797, 1968
 - 12) Imhof, W.L., J.B. Reagan, E.E. Gaines. Nd D.W. Datlowe, The L shell region of importance for waves emitted at ground level at a loss mechanism for trapped electrons >68 keV, *J. Geophys. Res.*, Vol. 89, No. A12, 10,827–10835, 1984
 - 13) Datlowe, D.W., and W.L. Imhof, Seasonal variations of energetic electron precipitation by cyclotron resonance with VLF waves from a ground-based transmitter, *Radio Science*, Vol. 28, No. 5, 705–714, 1993
 - 14) Imhof, W.L., J.B. Reagan, and E.E. Gaines, Measurements of inner zone electron precipitation, *J. Geophys. Res.*, Vol. 85, No. A1, 9–16, 1980
 - 15) Miyoshi, Y., R. Kataoka, Solar cycle variations of outer radiation belt and its relationship to solar wind structure dependences, *J. Atmos. and Solar Terrestrial Physics*, 73, 7–87, 2011
 - 16) Pinto, O., and W.D. Gonzalez, Energetic electron precipitation at the South Atlantic Magnetic Anomaly ; a review, *J. Atmos. Terre. Physics*, Vol. 51, No. 5, pp. 351–365, 1989
 - 17) Smith, E.J., A.M.A. Frandsen, B.T. Tsurutani, R.M. Thorne, and K.W. Chan, Plasmaspheric hiss intensity variations during magnetic storms, *J. Geophys. Res.*, 79, 2507, 1974
 - 18) 巻田和男、星野光男、立原裕司、西野正徳、湯元清文、ブラジル・トリニダード地磁気共役観測、拓殖大学理工学研究報告、Vol. 7, No. 3, pp. 27–34, 2000
 - 19) <http://amser.org/GHCC> (Global Hydrology and Climate Center) Lightning Team

抄 録
ABSTRACTS

2次元TDGL方程式を用いた高Tc超伝導マイクロストリップ線路のピコパルス応答解析

..... 吉森 茂 Faul Daouda Sou Kokuton 35

2次元TDGL方程式を用いた高T_c超伝導マイクロストリップ線路のピコパルス応答解析*

Pico Pulse Response Analysis of HTS Microstrip Line using Two Dimensional Time Dependent Ginzburg–Landau Equation

吉森 茂 Shigeru YOSHIMORI**

Faul Daouda***

Sou Kokuton***

Abstract

We analyzed propagation characteristics of the HTS microstrip line, YBa₂Cu₃O₇–MgO–YBa₂Cu₃O₇ structure, such as pico pulse response by use of the two dimensional time dependent Ginzburg–Landau equation in microwave, millimeter wave and THz region. Since as well known, the crystal structure of YBa₂Cu₃O₇ was anisotropic, the anisotropic properties which gave large effect to propagation characteristics of the HTS microstrip line were taken into account in our analysis. We found that the HTS microstrip line made of a–axis oriented thin film would be the key component for analogue filter application in THz region.

Key words : HTS, microstrip line, time–dependent Ginzburg–Landau equation, pico pulse response

1. まえがき

1911年の超伝導現象の発見から100年、液体窒素温度（77 [K]）を越える超伝導臨界温度をもつYBa₂Cu₃O_{7-δ}などの高T_c超伝導体（HTS）の発見から四半世紀を経て、従来はジョセフソン接合を中心とした精密計測分野への応用が主であったが、最近ではエネルギー分野や通信分野への超伝導応用が活発に研究されるようになった。本研究で取り上げる超伝導マイクロストリップ線路はHTSの高周波領域における応用にとって重要な要素である¹⁾。

HTSをミリ波帯やTHz領域に応用する場合、Ginzburg–Landau方程式を用いた解析手法は使えなくなる。それは、超伝導体のエネルギーギャップと電磁波のエネルギーがほぼ同程度になり、超伝導体を非正常状態として解析を行う必要があるからである。この場合、時間依存のGL（TDGL）方程式を用いることになる。

ここでは、2次元TDGL方程式を用いてHTSマイクロストリップ線路のピコパルス応答特性を解析した結果について述べる。

2. 2次元TDGL方程式の解

解析に用いたTDGL方程式を式（1）に示す。

$$\xi^2 \left(\nabla - j \frac{2e}{\hbar} A \right)^2 \Delta + \left(1 - \left| \frac{\Delta}{\Delta_0} \right|^2 \right) \Delta = \tau \left(\frac{\partial}{\partial t} - j \frac{2e}{\hbar} V \right) \Delta \quad \dots (1)$$

ここで、 ξ , e , \hbar , A , Δ , Δ_0 , τ と V は、それぞれ、超伝導体のコヒーレンス長、電子電荷の絶対値、ディラックの \hbar （すなわち \hbar をプランク定数として、 $\hbar/2\pi$ ）、伝搬する電磁波のベクトルポテンシャル、超伝導体の秩序パラメータ（時空間座標の関数となるエネルギーギャップ）、電磁波が存在し

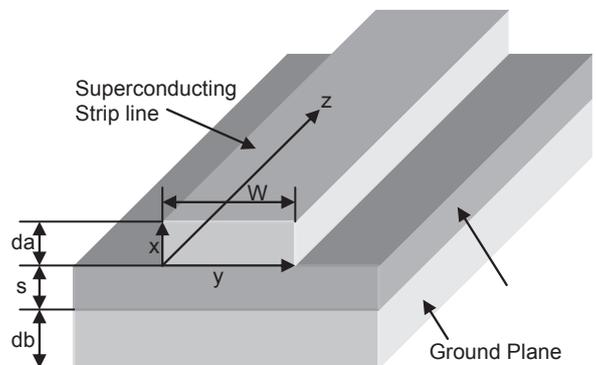


Fig.1 Superconducting stripline and coordinate system

ない場合の超伝導体の秩序パラメータ、超伝導電子対の緩和時間、伝搬する電磁波のスカラーポテンシャルである²⁾。

超伝導マイクロストリップ線路の構造図及び解析に用いた座標系をFig.1に示す。ここで、 da , db , s , W はそれぞれ、ストリップ導体の厚さ、基板（グランドプレーン）の厚さ、誘電体の厚さ、ストリップ線路の幅である。伝搬モードはTEMモードを仮定した。この場合、秩序パラメータは y 方向には変化せず、TDGL方程式は2次元で良いことになる。

式（1）に秩序パラメータの表式として、

$$\Delta(x, z, t) = \Delta_0 \Psi(x, z, t) \exp [i\phi(x, z, t)] \quad \dots (2)$$

を代入し、逐次近似法で解を求めると、次のようになる³⁾。

$$\begin{aligned} \Psi(x, z, t) = & 1 - \frac{\kappa}{2\sqrt{2}(2-\kappa^2)} \left(\frac{2ec\mu_0\xi H_0}{\hbar\omega} \right)^2 \\ & \times \left[\exp \left(-\sqrt{2} \frac{x}{\xi} \right) - \frac{\kappa}{\sqrt{2}} \exp \left(-\frac{2x}{\kappa\xi} \right) \right] \\ & \times \left[1 - \frac{\sin \left(2\omega t - \frac{2}{c} \omega z + \arctan \frac{1}{\tau\omega} \right)}{\{(\tau\omega)^2 + 1\}^{\frac{1}{2}}} \right] \quad \dots (3) \end{aligned}$$

ここで、 $\kappa = \lambda/\xi$ はGLパラメータ、 $H_0 = A_0 \omega/c\mu_0$ は磁界振幅である。

* 原稿受付 平成24年9月18日
 * 13th International Superconductive Electronics Conference (September, 2011, Netherland)
 ** 工学部電子システム工学科
 *** 工学研究科電子情報工学専攻

3. 結果と考察

本研究では、HTSとして超伝導臨界温度が92[K]の $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBCO)を仮定した。2006年の井口らの報告によると、YBCO結晶の異方性は従来知られていたよりも非常に大きく、その結晶のa軸方向とc軸方向では磁界侵入長(絶対零度での値)がそれぞれ150[nm]と20[μm]と大きく異なることが明らかになったので、本研究では、この異方性を考慮した解析を行った⁴⁾。なお、本稿でa軸配向膜とはYBCO結晶のa軸がFig.1のx軸方向を向くこととし、c軸配向膜についても同様とする。

HTSマイクロストリップ線路の誘電体には比誘電率が8のMgOを使用し、動作温度を50[K]と仮定した。また、この温度で特性インピーダンスが50[Ω]になるようにマイクロストリップ線路の構造を決定した⁵⁾。伝搬電力は10[mW]とした。

Fig.2(a)にa軸配向膜、(b)にc軸配向膜を使用したときのHTSマイクロストリップ線路のピコパルス応答の解析結果を示す。解析で仮定したマイクロストリップ線路の幅等を図説に示す。ピコパルス波は高調波成分より成り立っていることから、伝搬損失が周波数に依存することを考慮して解析した⁶⁾。なお、入力パルス幅は5[ps]とした。

Fig.2より、a軸配向膜を用いた場合はマイクロストリップ線路を10[cm]近く伝搬してもパルス波形は余り崩壊しない一方、c軸配向膜を用いた場合は数[nm]も伝搬することなくパルス波形が崩壊してしまうことが明かになった。

パルス波形は多くの高周波成分から出来ており、HTSマイクロストリップ線路の場合、特にc軸配向膜を使用したときは100[GHz]を越える周波数成分の伝搬損失は大きく、わずかな距離を伝搬しただけでもパルス波はその波形を留めることができない。

4. まとめ

2次元TDGL方程式を用いて、HTSマイクロストリップ線路のピコパルス応答特性を解析した。

その結果、マイクロストリップ線路の超伝導体としてa軸配向膜を使用した場合、10[cm]以上伝搬してもパルス波形は崩壊しないが、c軸配向膜を使用した場合はわずか数[nm]伝搬しただけでパルス波形は原型を留めないほどに減衰してしまうことが明らかになった。

以上のことから、マイクロ波領域におけるアナログフィルタへHTSを応用する場合には、a軸配向膜を使用したマイクロストリップ線路を採用する必要があると言える。

参考文献

1) Ma Z, Wu H, Polakos P, Zhang D, Liang G and Ono R, 1997 Superconducting front-ends for PCS basestation application, Extended Abstracts of the 6th Int.

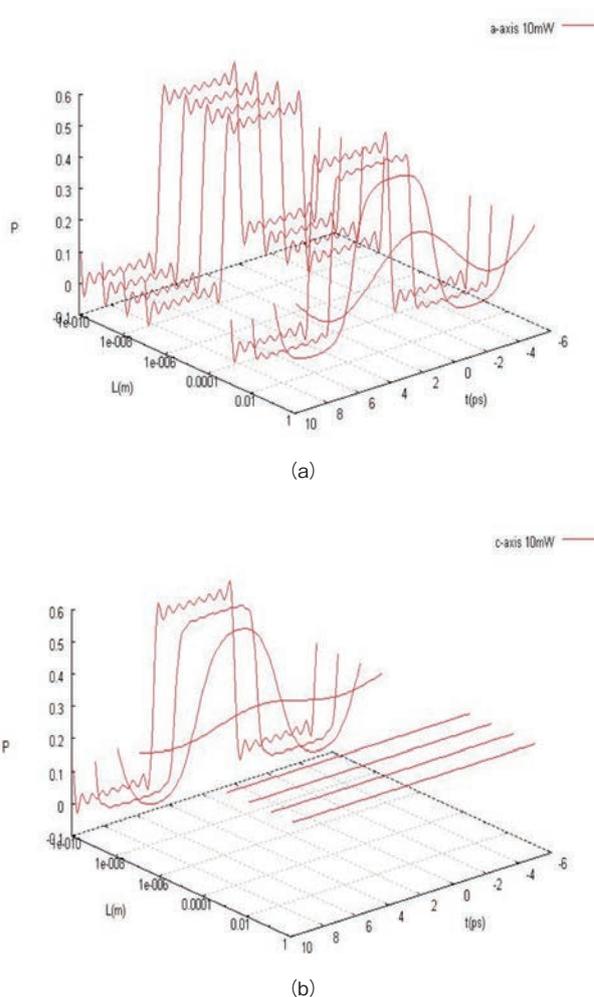


Fig.2 Pico pulse responses of the HTS microstrip line. (a) Microstrip line made of a-axis oriented thin film. Width of strip line, thickness of dielectrics, thickness of strip line and propagation length are 100 [nm], 805 [nm], 99 [nm], 10cm, respectively. (b) Microstrip line made of c-axis oriented thin film. Width of strip line, thickness of dielectrics, thickness of strip line and propagation length are 5000 [nm], 178 [nm], 6000 [nm], 10mW, 10nm, respectively.

Superconducting Electronics Conference. (Berlin), 1, pp.128-30.
 2) Gor'kov LP, Eliashberg GM. Soviet Physics JETP, 1969, 29, p.698-700.
 3) Yoshimori S, Kobayashi A, Kawamura M. IEEE Trans. Appl. Super., 1999, 9, p.3054-3057.
 4) Iguchi I, Takeda T, Uchiyama T, Sugimoto A, Hatano T. Physical Review B, 2006, 73, p.224519-1-5.
 5) Chang WH. J. Appl. Phys., 1979, 50, p.8129-8134.
 6) Shimizu T, Uchida A and Yoshimori S, IEEE Trans. Appl. Super., Vol.19, No.3, pp.2886-2888 (June 2009).

留学報告
REPORTS

長期留学報告（米国クレムソン大学） 高橋 丈博 39

長期留学報告（米国クレムソン大学）*

A report on sabbatical year at Clemson University, U.S.A.

高橋 丈博 Takehiro TAKAHASHI**

Abstract

This report shows a sketch of my experience of visiting Clemson University (CU), South Carolina, U.S.A., in my sabbatical leave from August 2011 to next August. This one year stay brought to me not only a good academic experience but also a variety of living experience in the abroad. A brief introduction of the university with its standing area, some academic and living experiences, and an outline of the academic system in CU are described.

1. はじめに

今回、本学教員科学長期留学制度の助成により、米国サウスカロライナ（South Carolina）州にある州立クレムソン大学（Clemson University）に、平成23年8月からvisiting scholarとして一年間滞在したので、その概要を報告する。最初に、滞在地域や大学について紹介する。次に、大学での研究環境や研究内容、そして生活の様子などを紹介する。最後に、米国大学の一例としてクレムソン大学の学事などについて説明する。

2. 留学先について

2.1 サウスカロライナ

今回留学した米国サウスカロライナ州は、図1に示すように米国の東海岸に面していて、南部に位置している。北にノースカロライナ州、西南にジョージア州と隣接している。隣のジョージア州は州都がアトランタで、オリンピックが開催され、発着回数世界一のアトランタ空港があるなど、世界的に有名である。一方、サウスカロライナはあまり目立った都市や観光地がない。海岸沿いに唯一有名なチャールストンという町があるが、どの程度の方がご存じだろうか。

サウスカロライナは、アメリカ大陸発見当初からイギリスからの最初の入植者が植民地を建設しており、以来、ネイティブアメリカン（インディアン）や黒人を奴隷とし、大規模なプランテーション農業がおこなわれた。チャールストンには奴隷売買所跡やプランテーションが残されており、ディープサウスと呼ばれる典型的な南部地域である。サウスカロライナは米国建国13州の1つである。南北戦争では当然南部側で、チャールストン沖にある北軍支配のサマター要塞を南軍が襲った（1861年）のが南北戦争の端緒とされている。この頃の話や風俗は“風と共に去りぬ”に描かれており（主な舞台はアトランタ）、赤土の小高い丘に白い平屋が建っているという田舎の風景は、現在でもほぼ同様である。

大学が位置するクレムソンは、図2に示すように、州の西のはずれで、周囲に山や湖が多く、典型的な田舎町である。大学を中心とした町で、広くてオープンな大学と数十件の店が並ぶダウンタウン、周辺にたくさんのアパートなどから成り立っている。

近くにアムトラックの駅が1つあり、列車が1日に上下1本（クレセント号：ニューヨークーニューオーリンズ間）、

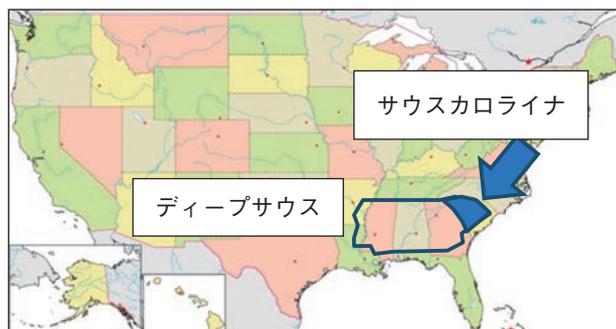


図1 米国地図とサウスカロライナ州の位置



図2 サウスカロライナ州の主な都市

貨物が2時間に1本程度通る。市内にはCAT (Clemson Area Transit) バスが3系統、市と大学の協力により無料で走っている（1時間2本程度）。車を持たない学生は、これを頼りに通学している。

2.2 クレムソン大学

クレムソン大学は1889年に、地元実業家であるクレムソン氏（図3）の寄付により白人男性だけの軍隊訓練校として設立。1955年に市民大学となり初めて女性を受け入れ、1963年に総合大学となり初めて黒人を受け入れる。（キング牧師が有名な演説を行った年。1968年暗殺。）学生数は17,000人。現在、次の5学部（College）が設置されている。

- College of Agriculture, Forestry and Life Science
- College of Architecture, Arts and Humanities
- College of Business and Behavioral Science
- College of Engineering and Science
- College of Health, Education and Human Development

* 原稿受付 平成24年10月25日
** 工学部情報工学科

クレムソン市のメインキャンパスの他に、いくつかのキャンパスを持つ。そのうちの1つに、グリーンビルにあるI-CARというキャンパスがある。これは主にBMWが出資し、自動車工学を専門に学ぶキャンパスとなっている。米国にもこの規模で自動車工学を学べる大学はほとんどないようで、多くの学生や留学生がこれを目当てに来ている。私の担当教授もミシュランから寄付を受け、このキャンパスに研究室を持っていて、半分は自動車に関わる研究を行っている。中国からの留学生が多いが、なぜクレムソン大学に来たかを聞くと、大抵自動車工学をこの規模で学べる場所は他にないからと言っていた。



図3 Tillman Hallとクレムソン氏の像

米国の大学で忘れてはいけないのがスポーツで、クレムソンも御多分に漏れずスポーツ好きの大学である。米国の人気スポーツはフットボール（ダントツ）、野球、バスケットボールだが、学内にそれぞれ専用のスタジアムを持っている。フットボールの試合はまさに地域のお祭りで、試合前日からキャンパス内の駐車規制が行われ、前日夜から続々と周辺の町から大学に人が集まってくる。キャンパスにある駐車場はもとより、芝生や空き地が駐車スペースとして使われ、試合が始まるまで家族連れでバーベキューや買い物などを楽しんでいる。試合は、8万人収容の自前のスタジアム（図4）で行われ、観客がホーム99%アウェイ1%くらいの割合で、敵チームは終始罵倒されつづけている。滞在中の2011年はNCAA地区で優勝し、相当盛り上がりつつあった。

ちなみに、クレムソン大学のチームカラーはオレンジ、マスコットキャラクターはタイガーで、ロゴとしてタイガーの足跡（Tiger Paw）をうまくデザインして使っており、町中で目にする事ができる。

大学内には、警察オフィスがあり、常時パトロールをしている。夜7時以降は、連絡をすると送ってくれるらしい。



図4 フットボールの試合の様子と大学ロゴ

3. 研究について

3.1 研究室と研究環境

研究指導をお願いしたのは、Prof. Todd Hubing（図5）である。電磁ノイズ研究分野で著名な方で、数年前にIEEEのEMC ChapterのChairをされていた。国際学会で何度か言葉を交わしたことがあるものの、特に面識はなかった。自分の研究テーマに一番近いこともあり、とりえず最初にメールでコンタクトしたところ、あっさりとOKして頂けたので、そのまま決めてしまった。

私は、クレムソンキャンパスのビルの大学院生の部屋（研究室に無関係）に机を1つ（図6）もらい、そこで仕事をした。同じ部屋には中国人学生3名、アメリカ人学生1名と私の計5名居た。研究室には、訪問研究者3名（私の他中国、韓国）、PhD学生5名（中国3、アメリカ2）が居た。ミーティングは週1回で、関連する研究をしている数名ずつで、教授のオフィスで行った。学科で共通の実験室や工作室があり、設備も豊富で自由に機器を使って実験をすることができた。

Dr. Hubingは、週の半分はクレムソンキャンパスで電気関連の、半分はI-CARで自動車関連の授業と研究指導をしている。Michelinから寄付を受けていて、I-CARに実験室（図7a）を持ち、電波半無響室（図7b）が設置されている。私も電磁ノイズの測定のために何度も足を運んだ。研究室の学生も、ノイズ関連と自動車関連でそれぞれのキャンパスに分かれている。

3.2 研究内容

研究内容はこちらで用意せず、Dr. Hubingの考えているテーマをいくつかやらせて頂いた。主に行ったのはプリント基板に接続されたツイストペア線からの電磁放射計算である。

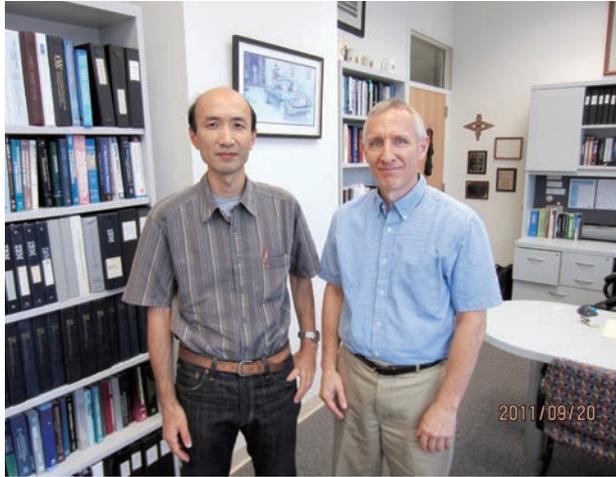


図5 Dr.Hubingとの写真



図6 私のデスク (右手前)



(a) ICARの実験室



(b) 電波半無響室

図7 ICARの実験施設

また、同時期に来ていた二人の訪問研究者の研究を手伝うなどした。

ツイストペア線をプリント基板に接続したモデル (図8) は、実際の電子機器でも良く見るものである。ちょうど同時期に学生が関わっていた中国のカーオーディオメーカーとの共同研究でも同じようなケースを扱っていたため、ちょっとやってみようと思ったところ、意外と時間がかかり、大半の時間を費やしてしまった。まずはシミュレーションで大体の特性を調べる。そして、実際のモデルを作成して測定を行い、比較をする。また、等価モデルを作成して、概略予測ができるようにする。年明け頃には終わったつもりでいたが、Dr.Hubingの追及が厳しく、追加でいろいろやっている間に帰国の時期が近付いてしまった。

上記の研究ですっかりシミュレーションに慣れてしまったので、二人の訪問研究者の計算や実験を評価するために、シミュレーションをしてあげることになった。韓国から来てい



(a) A model consists of PCB with TWP.



(b) A model consists of coaxial cable with TWP.

図8 プリント基板に接続したツイストペア線モデル

たDr.Leeは、複雑なプリント配線からの放射を、計算式を使って求める研究をしていて、彼の扱っているモデルをシミュレーションし、計算結果の評価の手伝いをした。また、中国から来ていたDr.Chenは、DC-DCコンバータの放射ノイズを単純なモデルで推定するという研究をしていたが、彼が



図9 DC-DCコンバータの起電力測定の様子

帰国までに研究を終わらせられなかったため、流れでその後を引き受けることになってしまった。こちらは意外と難物で、帰国直前まで実験(図9)などを繰り返していた。

4. 生活について

4.1 準備

約1年前に留学先に打診をし、OKをもらってから、Invitation Letterを書いてもらい大学へ提出する。出発の数か月前に、ビザ取得のための書類としてDS2019の発行を留学先に依頼。留学経験者のWebなどを見るとなかなか発行してもらえずにやきもきすることが多いらしいが、私の場合はすんなりと発行される。他に収入や預金の証明など必要な書類を揃え、米国大使館の予約を取り、簡単な面接をして留学ビザ(J1)を発行してもらう。

他には、国際免許証の準備、海外で銀行預金を引き出せるカードの準備、現金やトラベラーズチェックの用意などを行った。

4.2 生活の立ち上げ

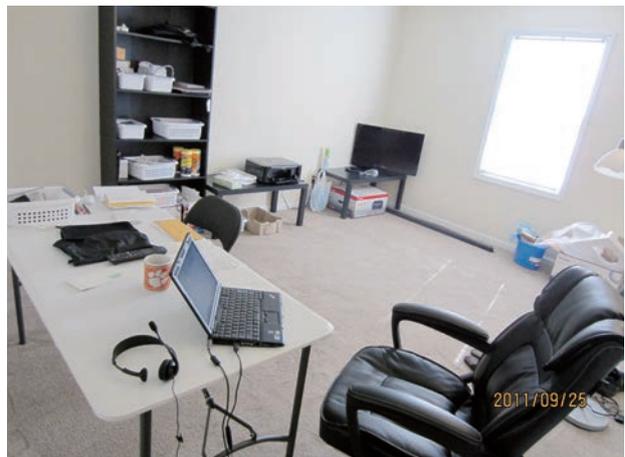
いい加減な性格のせい、またサウスカロライナはあまり生活に関する情報もなく、ほとんど生活に関する事前準備もせずに渡米してしまった。幸い中国人留学生に日本語が堪能な(中国の大学を卒業後、日本で働き、その後クレムソン大学に入った)学生がいて、彼に世話してもらって、生活を立ち上げることができた。手続きの順としては、

- プリペイド携帯電話の購入
- アパート探しと契約(図10)
- 電気、水道、インターネットの契約
- 生活道具や食料の購入
- 銀行口座の開設

といった感じである。電話購入のために店に行ったり、アパートを探すなどは(田舎なので)車がないと難しく、世話を



(a) アパートの外観



(b) 室内の様子

図10 滞在したアパート

してくれる人がいない場合、レンタカーがないと難しく感じた。アパートの契約に現金やクレジットカードは使えず、トラベラーズチェックで支払った。銀行口座開設時の当座のお金もトラベラーズチェックで入金し、後日日本から送金した。現金の引き出しはもちろん可能だが、20ドル札以上は出ないし、あまり多くの現金は出しにくいので、当座の費用としてトラベラーズチェックが重宝した。

これと並行して、大学の手続きとして

- 大学の留学生オフィスでチェックイン
 - 大学の保険の購入
 - IDカードの手続き
 - 部屋の鍵の受け取り
- などを行った。保険は、日本で購入した場合、大学で要求される条件を満たすかどうか分からなかったため、大学で販売している保険を購入した。

数週間して慣れたところで、車を購入した。車はネットで中古車を物色し、留学生に付き合ってもらい個人営業の中古

車屋で購入。現金で支払い、保険を購入し、そのまま運転して帰る。サウスカロライナでは国際免許が3か月しか使えないため、多少運転に慣れた時期に、運転免許を取りに行く。事前の準備として、法規を予習し、また実地試験に必要な用語（パラレルパーキング、スリーポイントターンなど）を覚える。自分の車で自動車事務所に行き、法規の試験をパソコンで受け、合格後自分の車で実地試験を受ける。私は一回で無事合格し、計3時間、15ドルほどで手に入れた。これでやっと、自立して生活できるようになった。

4.3 日常生活

食料や生活必需品は、近所のスーパーなどで購入できるが、やはり車はあった方が便利である。

- ちょっとした食料や雑貨：歩いていけるドラッグストア
- 生鮮品などの食料と雑貨：車で5分くらいの小さなスーパーマーケット
- 小さな家具や電化製品と食料：車で10分くらいの隣町にあるWalmart
- アジア食材、デパート、アウトレット：車で40分のグリーンビル

普通のスーパーマーケットでは簡単なアジア系食材（主に中国、インド系）が手に入り、日本食だと、米、しょうゆ、酢、海苔など簡単なものは購入できる。大きめの町に行くと結構充実したアジア系食材の店があり、日本食材も大抵手に入る。

市内のレストランは、ピザやハンバーガショップなど、ファーストフード（ファーストフードもレストランと呼ぶ）が中心で基本的にアメリカのものがほとんど。日本食レストランを名乗っている店が数件あるが、大抵テリヤキソースで調理した肉や魚をご飯に載せたものが出てくる。すしはとても人気で、近所のスーパーや学内のフードコートでも売っているが、ご飯が外側に向いている妙にカラフルな巻きずしが多い。

お金の支払は、現地銀行で発行されたデビットカードと小切手（チェック）でほとんど済ませることができる。家賃や電気料金など郵送で支払うには小切手が必要である。現在はオンラインで、小切手で支払うのと同じような処理をすることもできる。店舗では、もちろん現金でも支払えるが、カードや小切手も使える。日本で発行されたクレジットカードは、たまに使えないことがあり、不便を感じた。

4.4 旅行

滞在中、家族旅行でアトランタへ、留学生の旅行でチャールストンへ、また学生達とグレートスモーキーマウンテンへ行く機会があった。

アトランタは、正月休みに家族が来たので、観光をして過



図11 チャールストンの砂浜



(a) 展望台



(b) 野生の熊（車の外から撮っている）

図12 グレートスモーキーマウンテン

ごした。クレムソンからハイウェーで向かうと、徐々に片側2車線から6車線くらいになり、街には高層ビルがそびえ立っていて、田舎から大都市にきたという感覚になる。市の中心部にオリンピック記念公園があり、その周辺にCNN本社とコココーラ博物館、水族館などがあり観光スポットとなっている。

チャールストン（図11）へは、近所の教会が主催の留学生向けツアーで行った。教会が持っている、砂浜に面したビーチハウスに宿泊し、大西洋で泳いだり、市内観光に連れて行ってもらったりするなど、楽しむことができた。

グレートスモーキーマウンテン（図12）は、車で2時間くらいのところにある国立公園である。ワシントンの方から連なるアパラチア山脈の南端で、人気スポットである。野生動物が居る場所を車で回ることができ、運よく熊を見ることができた。

5. 大学学事カレンダーについて

クレムソン大学では当然完全セメスター制がとられている。2011,2012大学の学事カレンダーは表1の通り。秋、春、夏の3学期あるが、夏は語学学習などが主だと思われ、授業を取っている学生も少い様子で、基本的には2学期制という感じである。およそ1学期4か月なので、拓大とはほぼ同じである。拓大と比較すると、

- ・試験期間が短い（1週間）
- ・試験から成績報告が短い（1週間、同じ?）
- ・成績報告から卒業までが短い（1～2日）
- ・毎学期卒業がある（図13）

というのが大きな違いであろうか。また、秋学期と春学期の間が短く、実質的に5～8月が休みとなっている。この間に研究者は海外出張したりし、大学は夏学期を運営するなどしていると考えられる。また、新入生のオリエンテーション期間にもなっていて、多くの親子連れが大学ツアーに参加したり、おそらくアパートを探して引っ越しなどをしたりしていると思われる。留学などは、この時期に渡米できると、手続

表1 クレムソン大学の2011、2012年学事カレンダー

主な学事	秋学期	春学期	夏学期
開始	8/24	1/11	5/16
履修登録	8/30	1/18	5/18
登録削除	9/6	1/25	5/23
試験	12/12-16	4/30-5/4	8/3, 6
成績報告	12/21	5/9	8/8
成績閲覧	12/21	5/10	8/9
卒業式	12/22	5/11	8/10

きがスムーズである。

大学院は、修士をとって博士課程（PhD）に進むという学生もいるが、修士をとらずにPhDをスタートさせる学生も多い。PhDを途中でやめて、修士をもらって卒業してしまうこともあるらしい。博士前後期課程と修士課程が並列している感じだろうか。



(a) アリーナでの卒業式の様子



(b) 卒業生（前方はPhD）

図13 卒業式（5月）

6. おわりに

1年間アメリカに滞在する機会を得て、研究のみならず、生活の上でも大変貴重な経験をすることができた。関係者の皆様、また多少なりともご迷惑をおかけした皆様には、お詫びするとともに、感謝の意を表したい。余談だが、アメリカではサバティカルが定期的にあるようで、Dr.Hubingも私が帰国する1ヵ月前に、次のセメスターは休みで本を書くのだと言って、早々に実家（ウィスコンシン）の方へ行ってしまった。研究に没頭したり、実業界と交流を図ったりする充電期間が定期的には持てるのはうらやましい限りである。単に大学の制度だけでなく、このような文化も導入されるといいのだが。

理工学総合研究所員及び研究課題一覧
RESEARCHERS & TITLES
(平成24年度)

理工学総合研究所員及び研究課題一覧

機械システム工学科

機械工作 小奈 弘 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> 長尺異形断面材のロール成形 サーボ冷間ロール成形機械の開発
材料力学 笠野 英秋 教授 工学博士 越出 慎一 客員研究員 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> 高分子系複合材料の衝撃破壊現象の計算／実験シミュレーション 軟らかい飛翔体の衝突による複合材料／構造の損傷解析 光ファイバセンサによるひずみ計測と構造ヘルスマモニタリング
接着、設計 杉林 俊雄 教授 工学博士 木原幸一郎 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 色彩とマティエールのトレサビリティに関する研究 接着接合の構造物への応用 衝撃負荷を受ける接着接合体に関する研究
ロボット制御 香川 美仁 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 筋電位を用いたロボットの遠隔操作の研究 管内移動作業ロボットの研究 ロボット・セラピーの研究
熱物性 松永 直樹 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> ガスクロマトグラフ法（テイラー法）による気体の拡散係数の測定 蒸発管法（ステファン法）による気体の拡散係数の測定 バイオディーゼル燃料の物性に関する研究
流体工学 藤本 一郎 教授 工学博士 平野 孝典 助教 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> ジェットエンジンのエアロダイナミクスに関する研究 遷音速翼列の非定常空力特性に関する研究 風車、送風機の性能向上に関する研究 電気自動車の普及と高効率化に関する研究
機械力学 鈴木 保之 教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 圧電素子やSMAを利用した機械構造物の振動抑制方法に関する研究 弾性ロータの釣合せに関する研究
振動、計測 道村 晴一 准教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> 倒立振子の安定化制御に関する研究 弾性ロータの振動制御に関する研究
計算力学 吉田 勉 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> 最適設計に関する研究 材料物性測定に関する研究 AI手法の応用に関する研究
機能設計 森 きよみ 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> アクチュエータ用機能性材料の開発 耐熱性新素材の開発と高温物性の評価 安全安心な食料用植物の生産技術に関する研究

電子システム工学科

超伝導エレクトロニクス・カオス応用 吉森 茂 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> 超伝導送電に関する研究 超伝導電力貯蔵に関する研究 テラヘルツ領域におけるジョセフソン・テトラードの応用に関する研究 超伝導マイクロストリップ線路に関する研究
非線形回路・非線形システム 三堀 邦彦 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 電子回路のカオスの解析とその応用に関する研究 強化学習アルゴリズムとその応用に関する研究 マルチエージェントシステムとその応用に関する研究
通信・ネットワーク 前山 利幸 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 人体通信に関する研究 ユビキタス・ワイヤレス・ネットワークに関する研究 携帯電話の無線性能に関する研究 無線中継器に関する研究
ニューロ・画像センシング 金田 一 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> 光による非接触3次元画像センシングに関する研究 ダイヤモンドのカットデザインに関する研究
小川 毅彦 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 逆問題解法のためのニューラルネットワークとその応用に関する研究 複素ニューラルネットワークとその応用に関する研究
デジタル信号処理 杉本 公弘 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> デジタル音声および画像の処理技法に関する研究 デジタル音声の広帯域化技法に関する研究 障害者支援システム実現に関する研究
林 誠治 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 音声通話環境での背景雑音除去および音声強調に関する研究 狭帯域電話音声からの高域および低域拡張手法に関する研究 ロボットを用いたリアルタイム動画認識処理に関する研究
渡邊 修 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 高効率画像符号化に関する研究 画像検索技術に関する研究 国際標準化 (JPEG、JPEG 2000等) に関する研究
生体情報システム 川名 明夫 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> 生体電気活動測定法の研究 生体信号解析法の研究 神経回路ダイナミクスに関する研究
医用電子情報工学 長谷川 淳 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> 音響的方法による人工弁機能診断に関する研究 光学式生体用音響センサに関する研究 高空間分解能振動センサの開発に関する研究 振動型マイクロインジェクション法に関する研究
超音波工学 渡辺 裕二 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> 超音波発生用振動体に関する研究 超音波の応用に関する研究 圧電素子の応用に関する研究

情報工学科

人工知能 石川 勉 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> • 柔らかな処理のための人工知能の研究 • 常識知識ベースの研究 • 自由対話システムの研究
プログラミング言語処理 岩澤 京子 教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> • コンパイラの最適化技術の研究 • プログラミング言語と環境の研究 • 自動並列化コンパイラの開発
環境電磁工学 澁谷 昇 教授 理学博士	<ul style="list-style-type: none"> • 電磁ノイズを考慮した設計支援技術に関する研究 • カメラを用いた入力インターフェースに関する研究 • 自律型ロボットに関する研究
教育情報工学 佐々木 整 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> • オープンソースソフトウェアの教育利用に関する研究 • ロジカルフローグラフに基づく理解度評価法に関する研究 • ユビキタス学習環境に関する研究 • 3次元デスクトップ環境の教育利用に関する研究
計算機支援設計 高橋 丈博 教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> • コンピュータを用いた回路実装設計支援技術に関する研究 • 電磁ノイズ発生メカニズムと低減技術の研究 • 画像を用いたロボット制御
数理情報工学 原田 紀夫 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> • 数理的システム理論の構築とその応用の研究（システムの超調和理論、統計力学的配置理論、並列処理の平均膨張率理論） • 調和グラフによる情報表現とその応用理論 • 人間の目的行為の数理
音響信号処理 幹 康 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> • ヒルベルト変換を利用した遅延時間ならびに音響特性推定法 • 粒状多孔質材料の音響特性 • 時間圧縮法、時間伸長法による異常診断 • カオスを利用した不快音シンセサイザ
高信頼性システム工学 養原 隆 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> • ワンタイムアドレスを利用したIPv6通信のプライバシー向上 • 仮想ネットワークを利用したスケーラブルなハニーポットファームの実現 • 競合学習型ニューラルネットワークの耐故障化
計算機システム工学 早川 栄一 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none"> • 組込みシステムを対象とした高信頼オペレーティングシステムとシステムソフトウェア環境 • システムプログラミング教育支援環境 • 次世代コミュニケーション支援システム
画像工学 諸角 建 教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> • 不可視情報の可視化 • 映像の持つ潜在的情報の抽出とそれを利用した認識 • 運動解析ソフトウェアの開発と各種動作解析

<p>プログラム解析 西田 誠幸 准教授 博士(工学)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • プログラム解析を利用したソフトウェアの脆弱性検出法 • 安全なWebアプリケーションの開発支援環境 • 計算機アーキテクチャの導入教育支援環境
<p>知識処理 水野 一徳 准教授 博士(工学)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 知的推論のための組合せ探索アルゴリズムの開発と効率評価 • 制約充足パラダイムによる知識処理と問題解決支援 • マルチエージェントによる複雑現象シミュレーション

工業デザイン学科

感性情報デザイン分野

色彩・造形 木嶋 彰 教授 芸術学修士	<ul style="list-style-type: none">・ポストモダン以降の絵画の諸動向に関する研究・テクスチャの感性評価に関する研究
感性デザイン 岡崎 章 教授 博士 (感性科学)	<ul style="list-style-type: none">・チャイルドライブ・デザインに関する研究・デザインにおける感性操作と感性評価に関する研究
デザイン情報論 工藤 芳彰 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none">・地域のデザイン文化に関する調査研究・次代のための地域学習ツールのデザイン提案

生活デザイン分野

視覚造形 戸塚 泰幸 教授	<ul style="list-style-type: none">・考案した印刷技法を応用した銅版画の制作・質表現を中心とする陶作品の制作・造形表現材の特性研究とデザインへの応用
用品設計 阿部 眞理 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none">・スギ圧縮材およびその突き板単板による製品開発・環境配慮材料の特性研究と用途開発
室内設計 白石 照美 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none">・景観および室内空間形態の知覚に関する研究・内装用材の特性研究とデザイン開発

デザインシステム分野

プロダクトデザイン 竹末 俊昭 教授	<ul style="list-style-type: none">・デザイン発想法への価値分析手法応用・レーザー加工機活用のモノづくりカフェ構想
シビックデザイン 永見 豊 准教授 工学修士	<ul style="list-style-type: none">・橋梁デザインにおける機能性、経済性、優美性に関する研究・道路内部空間におけるシークエンス景観に関する研究

コミュニケーションデザイン分野

視覚デザイン 小出 昌二 准教授	<ul style="list-style-type: none">・プリントメディアによるコミュニケーションに関する表現研究・印刷加工を応用した平面構成に関する研究と制作
デジタルメディア 菊池 司 准教授 博士(工学)	<ul style="list-style-type: none">・ビジュアルシミュレーションのための3次元モデルの開発に関する研究・マルチメディアを用いた情報デザインによる人間のコミュニケーション支援に関する研究
情報表現 畑中 朋子 准教授 博士 (芸術学)	<ul style="list-style-type: none">・教育コンテンツ及び教育支援環境デザインについての研究・映像メディア文化におけるジャパンプランドの形成についての研究

基礎教育系列・その他

ユニタリ表現論 青木 茂 教授 理学博士	<ul style="list-style-type: none"> • 半単純対称空間上の調和解析
解析学 織田 寛 准教授 博士 (数理学)	<ul style="list-style-type: none"> • Chevalley制限定理の拡張とその応用
超高層大気物理学 巻田 和男 教授 理学博士	<ul style="list-style-type: none"> • 日本およびブラジル磁気異常帯で受信される銀河電波強度の比較
理論物理学 鈴木 康夫 教授 理学博士	<ul style="list-style-type: none"> • ソフトマターに関する研究 • 物理教育に関する研究
生物工学 仁木 輝緒 教授 理学博士	<ul style="list-style-type: none"> • 植物根組織細胞の生理・形態学的研究 • 生物（細胞）死の研究 • 微生物等の殺菌法システムの開発
計測制御 池田 修 准教授 工学博士	<ul style="list-style-type: none"> • マルチモーダル検出認識 • 人工知能機械システム
画像解析(外国語学部) 日比 哲也 准教授 工学修士	<ul style="list-style-type: none"> • 色彩情報を利用した交通標識の画像認識システムの開発 • 視覚情報を認知する自動運転支援システムの開発 • GPSを利用した自動航法システムの開発
蔬菜園芸学 (拓殖大学北海道短期大学) 小山 初枝 准教授 博士(農学)	<ul style="list-style-type: none"> • 栽培条件と野菜中の栄養成分に関する研究 • ハウス内における有機質肥料の連年施用に関する研究 • 北海道の施設導入に関する低コスト化に関する研究
ヒューマンインタフェース (拓殖大学北海道短期大学) 杉本 雅彦 准教授 工学修士	<ul style="list-style-type: none"> • 視覚障害者のための遠隔コミュニケーション支援に関する研究 • バーチャルリアリティ空間におけるサイバープレーストリーミングの研究
教育支援システム (拓殖大学北海道短期大学) 庄内 慶一 准教授 工学修士	<ul style="list-style-type: none"> • e-learningシステムを活用した入学準備教育の研究 • 視覚障害者のための遠隔コミュニケーション支援に関する研究

理工学系専任教員研究活動一覽・他
ACADEMIC REPORTS & SOCIAL ACTIVITIES
(2011年4月～2012年3月含前年度未掲載分)

【研究業績および研究活動区分】

原稿及び翻訳＝著書 学位論文＝学論 学術論文＝論文 学会等の受賞＝受賞

学会誌掲載の展望・論説等＝展望または論説 調査報告書＝調査 新聞・専門誌への寄稿等＝寄稿

技術等解説＝解説 招待講演＝招待 国際会議・海外・国内シンポジウム等での発表（審査付）＝討論

大会口頭発表・学会研究会＝口頭 学会等の運営＝運営 学会誌及び各種の審査＝審査

団体または企業よりの依頼製作＝依頼 コンペ・団体展公募＝公募 招待出品及び指名設計、依頼出品＝作品

団体・個人展覧会＝展示

機械システム工学科

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年・発表月	刊号ページ分担・担当等
笠野英秋	著書	高分子材料の信頼性・耐久性評価	技術情報協会、第6章第3節 熱可塑性プラスチックの高速衝撃試験と試験データ	2012-1	pp.240-250
H.KASANO	討論	Ballistic Impact Performance of Composite Plate with and without Bonding	Proc. 18th Int. Conf. on Composite Materials	2011-8	USB
笠野英秋	寄稿	熱可塑性プラスチックの高速衝撃破壊と特性評価—衝撃破壊を高速写真で見ると—	強化プラスチック協会誌	2011-4	pp.123-132
笠野英秋	寄稿	高速カメラで見るプラスチックの高速衝撃破壊	プラスチック (日本プラスチック工業連盟誌)	2011-5	pp.1-5
笠野英秋	寄稿	熱可塑性プラスチックの低速および高速衝撃特性	MATERIAL STAGE	2011-9	Vol.11, No.9, pp.47-49
笠野他 (石川、真田他)	解説	高分子の破壊・変形メカニズムと衝撃試験・シミュレーション技術	(株)技術情報協会セミナー	2011-5	講師
笠野英秋	解説	熱可塑性プラスチック/プラスチック系複合材料の衝撃試験法・評価法	(株)And Tech セミナー	2011-6	講師
笠野英秋	解説	FRPの設計・成形のステップアップセミナー—構成素材と積層板のマクロ・マイクロメカニクス—	サイエンス&テクノロジー (株)	2011-10	講師
笠野英秋	解説	熱可塑性プラスチックと繊維強化プラスチックの低速/高速衝撃特性	(株)R&D支援センター	2012-2	講師
笠野英秋	運営	理事会	日本複合材料学会	2011	理事 (出版担当)
笠野英秋	運営	理事会	強化プラスチック協会	2011	理事
笠野英秋	運営	一般社団法人申請対策委員会	強化プラスチック協会	2011	委員長
笠野英秋	運営	宇宙工学委員会	JAXA宇宙科学研究本部	2011	研究班員
笠野英秋	運営	Scientific Advisory Committee	9th Canada-Japan Workshop on Composites	2011	Member
笠野英秋	審査	FRP評定委員会	(財)日本建築センター	2011	評定委員
笠野英秋	審査	甲・乙種化学/機械講習・検定分科会	高圧ガス保安協会	2011	講師・専門委員
笠野英秋	審査	学位審査	総合研究大学院大学	2011	審査員 (副査)
鈴木保之仁 香川美仁	論文	ゲインスケジューリングによるSMA一片持ち梁系の振動制御	日本機械学会論文集 (C編) 77巻 782号	2011-10	pp.3658-3671
松永直樹	論文	松永直樹、FC14、HFC23およびFC116の空気、窒素および酸素に対する拡散係数	熱物性、日本熱物性学会	2011-5	第25巻、pp.76-81

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
松永直樹	口頭	松永直樹、対応状態原理による気体の拡散係数の一般化	第48回日本伝熱シンポジウム講演論文集、Vol.1	2011-6	pp.7-8
松永直樹	口頭	高琳・松永直樹、バイオディーゼル燃料とその原料油の動粘度、密度および色相	第32回日本熱物性シンポジウム講演論文集	2011-11	pp.174-176
森北澤 きよみ 敏明	論文	無機系接着剤とその複合材料の高温下における弾性係数と強度	実験力学、Vol.10、No.3	2010-9	pp.312-317
中森大久保 村明広 きよみ 一宏 瓦田研介	口頭	金属粒子を分散した無機高分子複合材料の弾性率の評価	精密工学会2011年度秋季大会学術講演会	2011-9	
佐藤真弘 森渡 きよみ 裕二	口頭	人工筋肉を用いた発熱駆動型アクチュエータの開発	精密工学会2011年度秋季大会学術講演会	2011-9	
森きよみ	運営	多分野交流分科会	日本実験力学会	2005-12～	主査
森きよみ	運営	研究会	特定非営利活動法人 接着剤・接着評価技術研究会	2006-7～	幹事
森きよみ	運営	研究会	解体性接着技術研究会	2008-4～	幹事
森きよみ	運営	評議員会	日本実験力学会	2008-7～	評議員
森きよみ	運営	学会誌編集委員会	日本実験力学会	2008-7～	編集委員
森きよみ	運営	評議員会	日本接着学会	2010-6～	評議員
森きよみ	審査	論文誌	日本実験力学会	2011	査読
吉田勉 山川雅 三好明 他3名	解説	高压ガス保安製造責任者講習会	高压ガス保安協会	2011-4～5 2012-2	甲種、乙種講師
M. K. Hanif K. Sakurada M. Hoshino T. Yoshida	討論	Measurement of Elastic Modulus over Wide Range of Temperature by Impact Sound	Int. Conf. on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2011	2011-9	CD-ROM
Noor Ain Y. Takahashi T. Watanabe T. Yoshida	討論	Evaluation of Static Stress in Round Bar by Eigen Mode Deflection	Int. Conf. on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2011	2011-9	CD-ROM
カイルル・ハニフ 吉田勉 櫻田邦彦 星野光男	口頭	極低温度から極高温域にわたる縦弾性係数値の衝撃音による測定	日本機械学会2011年度年次大会	2011-9	CD-ROM

電子システム工学科

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年・発表月	刊号ページ分担・担当等
金田 一	運営	IEC/TC65/SC65A国内対策委員会	日本電気計測器工業界	2011-4	委員長
金田 一	運営	IEC/SC65A/MT61512国内対策委員会	日本電気計測器工業界	2011-4	主査
金田 一	運営	IEC/SC65E/WG2国内対策委員会	日本電気計測器工業界	2011-4	主査
A. Miyamoto J. Hasegawa M. Zhebg O. Hoshino	論文	Diffusive Feedback Influences on Hierarchical Information Processing	Neural Computation, vol. 24	2012-3	pp.744-770
長谷川 淳	口頭	振動型マイクロインジェクション用アクチュエータの振動特性改良	日本音響学会春季研究発表会論文集	2011-9	
J. Hasegawa	口頭	2D or 3D Visualizations of Vibrations Measured with Optical Fiber Sensors	32th Symp. Ultrasonic Electronics, Vol.32	2011-11	pp.201-202
林 誠 治	論文	なめらかなピッチ訂正を用いた高速F0トラッキング法	拓殖大学理工学研究報告	2011-11	Vol.12, No.1, pp.3-6
内海 雄 貴 林 誠 公 杉本 弘 弘	口頭	ノイズマスキングによる音声強調を用いた逐次雑音推定型スペクトルサブトラクション法	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会	2011-12	pp.38-39
五十嵐 康 雄 杉本 公 弘 林 誠 治	口頭	Windowsにおけるセキュリティ管理と出席管理システムへの応用	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会	2011-12	pp.50-51
宮内 秀 虎 岡田 卓 也 杉本 公 弘 林 誠 治	口頭	画像の相関係数用汎用関数と静止画像連結および動画切り分け処理への応用	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会	2011-12	pp.56-57
内海 雄 貴 林 誠 公 杉本 弘 弘	口頭	ノイズマスキング信号対雑音比を用いた逐次雑音推定型スペクトルサブトラクション法	電子情報通信学会 第17回東京支部学生会研究発表会	2012-3	p.73
林 誠 治	運営	東京支部学生会顧問	電子情報通信学会	2009~	
高原 和 之 前山 利 幸 唐沢 好 男	論文	人体を伝送路として利用する通信における伝送特性の実験的検討	数理科学会論文集、数理科学会	2012-3	Vol.13, No.1, pp.21-26
前山 利 幸	論文	人体通信と電波伝搬	拓殖大学理工学研究報告	2011-11	Vol.12, No.1, pp.7-11
前山 利 幸	受賞	功労賞	電子情報通信学会、アンテナ・伝播研究専門委員会	2011-6	
前山 利 幸	受賞	活動功労賞	電子情報通信学会、通信ソサエティ	2011-9	
前山 利 幸	寄稿	iPhone4Sで受信感度は改善したのか	日経エレクトロニクス、日経BP社	2012-1	1-9, pp.83-88
前山 利 幸	招待	HBC Radio propagation	IECTC47委員会、韓国電子通信研究院 (ETRI)	2011-11	

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
前山利幸	招待	HBC Radio propagation	韓国電子通信研究院 (ETRI)	2012-2	
前山利幸	著書	人体通信の最新動向と応用展開	シーエムシー出版	2011-6	pp.37-41, 執筆分担
前山利幸	運営	研究専門委員	電子情報通信学会、アンテナ・伝播研究専門委員会	2011-6	
前山利幸	運営	研究専門委員	電子情報通信学会、医療情報処理研究専門委員会	2011-6	
前山利幸	審査	編集委員	電子情報通信学会、和文論文誌編集委員会	2011-5	
前山利幸	審査	編集委員	電子情報通信学会、和文論文誌特集号編集委員会	2011-5	
前山利幸	審査	査読委員	電子情報通信学会、和文論文誌	2011-6	
前山利幸	展示	携帯電話の無線性能測定	諏訪圏工業メッセ	2011-10	
前山利幸	展示	人体通信	計測機器展2011	2011-11	
Y. Okoshi T. Maeyama	討論	Polarized Antenna-Based MIMO for Mobile Terminals	IEEE Radio & Wireless Week 2012, Radio and Wireless Symposium, IEEE	2012-1	WE3P-51 pp.407-410
加納唯玲 前山利幸	口頭	人体通信用ファントムにおける電気定数の一検討	電子情報通信学会、アンテナ・伝播研究会技術報告書	2011-5	Vol.111, no.29, AP2011-8, pp.15-20
須郷剛裕 Roslina Abdul Razak 加納唯玲 前山利幸	口頭	HBC装置間の伝搬に関する一検討	電子情報通信学会、2011年ソサエティ大会講演論文集	2011-9	B-1-23
加納唯玲 須郷剛裕 Roslina Abdul Razak 前山利幸	口頭	HBC用微小ループアンテナの一検討	電子情報通信学会、2011年ソサエティ大会講演論文集	2011-9	B-1-102
Roslina Abdul Razak 須郷剛裕 加納唯玲 前山利幸	口頭	人体の静電容量を考慮したHBC用電極の一検討	電子情報通信学会、2011年ソサエティ大会講演論文集	2011-9	B-1-103
小笠原恒平 大越祐輔 前山利幸 堀越俊之 安間剛	口頭	小型端末用変形型ループアンテナ	電子情報通信学会、2011年ソサエティ大会講演論文集	2011-9	B-1-116
大越祐輔 前山利幸	口頭	携帯端末を対象とした偏波MIMO用アンテナの一検討	電子情報通信学会、2011年ソサエティ大会講演論文集	2011-9	B-1-195
駱前山利幸	口頭	電波ビーコンの通信確率に関する一検討	電子情報通信学会、2011年ソサエティ大会講演論文集	2011-9	B-5-8
大越祐輔 前山利幸 山崎浩明	口頭	モバイルルータ用MIMOアンテナの検討	電子情報通信学会、アンテナ・伝播研究会技術報告書	2011-11	Vol.111, no.288, AP2011-105, pp.91-96

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年・発表月	刊号ページ分担・担当等
加納唯 須郷剛 前山利幸	口頭	送受信器を含めたHBCの電波伝搬	電子情報通信学会、アンテナ・伝播研究会技術報告書	2011-11	Vol.111, no.288, AP2011-116, pp.149-154
小笠原恒平 大越祐輔 前山利幸	口頭	小型端末用ループアンテナの提案と評価	電子情報通信学会、アンテナ・伝播研究会技術報告書	2012-1	Vol.111, no.376, AP2011-149, pp.19-24
加納唯 須郷剛 Roslina Abdul Razak 前山利幸	口頭	HBC用電極構造に関する検討	電子情報通信学会、アンテナ・伝播研究会技術報告書	2012-1	Vol.111, no.376, AP2011-151, pp.31-36
須郷剛裕 Roslina Abdul Razak 加納唯 前山利幸	口頭	HBCにおける各部位での伝搬損失	電子情報通信学会、2012年総合大会講演論文集	2012-3	B-1-27
駱山美玲 前山利幸	口頭	電波ビーコンシステムにおける人の遮断の影響	電子情報通信学会、2012年総合大会講演論文集	2012-3	B-1-28
小笠原恒平 大越祐輔 前山利幸	口頭	小型端末用ループアンテナの実装堆積に関する検討	電子情報通信学会、2012年総合大会講演論文集	2012-3	B-1-104
大越祐輔 前山利幸	口頭	測定端末の回転中心のずれによる総合無線性能の変動	電子情報通信学会、2012年総合大会講演論文集	2012-3	B-1-205
三堀邦彦 斉藤利通	著書	わかりやすい論理回路	コロナ社	2012-3	
三堀邦彦 海老澤謙一	論文	一方向かつ相互に結合された4つの神力回路におけるカオスの一般化同期	電子情報通信学会論文誌	2011-8	J94-A, 8, pp.587-595
前沢郁哉 三堀邦彦	口頭	マルチエージェントシステムを用いた行列を作る人の流れのモデル	2011年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会	2011-9	A-2-23
田中伸也 斎藤利通 三堀邦彦	口頭	二つのしきい値を有するカオス的スパイク発振器の基本動作	電子情報通信学会非線形問題研究会	2011-11	NLP2011-98
藤生正伸 三堀邦彦	口頭	スイッチトキャパシタを含むカオス発生回路への状態によるパラメータ切替の導入	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.98-99
横澤諒 三堀邦彦	口頭	積分制御付DC-ACコンバータに発生する不規則現象の実験的観測に向けて	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.100-101
四辻和希 今井聡志 三堀邦彦 斎藤利通	口頭	状態と時間に依存して発火するカオス的スパイク発振器の解析	電子情報通信学会非線形問題研究会	2012-1	NLP2011-136
吉森茂	運営	超伝導エレクトロニクス研究専門委員会	電子情報通信学会	2011-5~2012-4	委員
Shigeru YOSHIMORI Nurliyana Bte Mohd SAHRI	討論	Secure communication application of Josephson Tetrode in THz region	The 13th International Superconducting Electronics Conference 2011 @ Hague, Netherlands	2011-9	

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
Shigeru YOSHIMORI Faul DAOUDA Kokuton SOU	討論	Pico pulse response analysis of HTS microstrip line using two dimensional time dependent Ginzburg-Landau equation	The 13th International Superconducting Electronics Conference 2011 @ Hague, Netherlands	2011-9	
K. NARUSE, Y. WATANABE	口頭	A study on Power Accumulator of Surface Acoustic Wave and its Application to Plastics Welding	Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics	2011-11	Vol.32, pp.235-236
渡辺 裕二	解説	強力超音波応用におけるホーン設計・製作の基礎と実際	ISS産業科学システムズ技術セミナー	2011-5	講師
渡辺 裕二	解説	強力超音波の基礎と応用	日本音響学会 第118回技術講習会	2011-11	講師 (分担: 強力超音波振動系の設計)
渡辺 裕二	解説	強力超音波応用におけるホーン設計・製作の基礎と実際	ISS産業科学システムズ技術セミナー	2012-3	講師

情報工学科

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 年 月	刊号ページ 分担・担当等
高柳俊祐 上条敦史 石川勉	論文	日本語文を想定した述語論理ベースの知識表現法とそれへの自動変換法	拓殖大学理工学研究報告	2012-3	Vol.12, No.1, pp.13-21
石川 勉	招待	言葉で考えるコンピューター日本語文の論理処理—	人工知能学会 第25回ことば工学研究会	2011-11	SIG-LSE-C002 pp.21
高柳俊祐 中山敬太 石川勉	口頭	ペット型ロボットを想定した知識処理利用の雑談型自由対話システム	人工知能学会 第25回全国大会	2011-6	3C2-OS19- 8
岩澤京子	招待	巻頭言 プログラミングは面白い	スクールCOBOL、実教出版,日立製作所	2012-3	pp.2- 4
岩澤京子	討論	VISUALIZATION OF MEMORY USAGE CORRESPONDING TO C PROGRAM SOURCE CODE	IADIS, proceedings of Muti Conference on Computer Science and Information System	2012-7	pp.177-179
岩澤京子	審査	IARIA ICCGI 2012	IARIA, The Seventh International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology	2012-6	reviewer
河村一樹 和田勉之 山下和之 立田ルミ 岡田正 佐々木正 山口和紀	著書	IT TEXT (一般教育シリーズ) 情報とコンピュータ	オーム社	2011-9.14	5 章担当
駒谷昇一 山川修 中西通雄 北上始 佐々木整 湯瀬裕昭	著書	IT TEXT (一般教育シリーズ) 情報とネットワーク社会	オーム社	2011-12.17	4 章担当
佐々木 整	受賞	Best Paper Award	The Clute Institute	2011-3.1	
Akinori Toguchi, Hitoshi Sasaki, Arimitsu Sikoda, Kazunori Mizuno	討論	The 5th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatic	Build a prototype of new e-Learning contents by using the AR technology	2011-7.1	Vol.1, pp.261-26
Akinori Toguchi, Hitoshi Sasaki, Arimitsu Sikoda, Kazunori Mizuno	討論	International Conference on Future Information Engineering	A Study of e-Learning Contents Development for Student Experiments Courses using the Augmented Reality Technology	2011-9.30	
Akinori Toguchi, Hitoshi Sasaki, Arimitsu Sikoda, Kazunori Mizuno	討論	The 2011 Pacific Neighborhood Consortium (PNC) Annual Conference and Joint Meetings	Study of an approach to amelioration of illustrated e-Learning content by using the Augmented Reality Technology	2011-10.19	CD-ROM
Akinori Toguchi, Hitoshi Sasaki, Arimitsu Sikoda, Kazunori Mizuno	討論	The 19th International Conference on Computers in Education	Development of new e-Learning contents using the Augmented Reality Technology	2011-11.28	CD-ROM

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
Akinori TOGUCHI, Hayata WAKIUCHI, Hitoshi SASAKI, Kazunori MIZUNO	討論	The Clute Institute International Conference 2012	Development of a Food Information Service System for Parent of a Childhood Cancer Patient	2012-3.12	pp.295-299
渡口 聡 則 佐々木 整 志子田 有 水野 一	口頭	日本教育工学会第27回全国大会	拡張現実を利用したWeb 学習コンテンツの作成 (2)	2011-9.17	pp.237-238
内藤 真 矢 渡口 聡 則 佐々木 整 水野 一	口頭	日本教育工学会第27回全国大会	Firefox portableを利用し た子供向けWebメーラの 開発	2011-9.18	2a-205-01
渡口 聡 則 佐々木 整 千子田 有 水野 一	口頭	電子情報通信学会教育工学研究 会	拡張現実感を用いたeラー ニングコンテンツ開発の試 み	2011-11.1	ET2011-73, pp.97-100
渡口 聡 則 佐々木 整 千子田 有 水野 一	口頭	電子情報通信学会教育工学研究 会	拡張現実感を用いたeラー ニングコンテンツ開発の試 み (2)	2011-12.1	ET2011-84, pp.47-52
佐々木 整	運営	Japan Council E-25	IEEE	2009-1~2011-1	Vice Chair
佐々木 整	運営	Japan Council E-25 Young Researcher Award 2011	IEEE	2011-11.1	審査委員
佐々木 整	運営	和文誌D編集委員会	電子情報通信学会		委員
佐々木 整	運営	教育工学研究会専門委員会	電子情報通信学会		専門委員
佐々木 整	運営	一般情報教育委員会	情報処理学会		幹事
佐々木 整	運営	編集委員会	日本教育工学会		委員
佐々木 整	運営	理事・評議会	教育システム情報学会		評議員
佐々木 整	運営	新技術開発・活用委員会	教育システム情報学会		副委員長
佐々木 整	運営	学生研究発表会	教育システム情報学会		関東地区実行委員長
佐々木 整	運営	編集委員会	教育システム情報学会	~2011-8	幹事
佐々木 整	運営	研究会委員会	教育システム情報学会		委員
佐々木 整	運営	WWW委員会	教育システム情報学会		委員
佐々木 整	運営	渉外・活性委員会	教育システム情報学会		委員
佐々木 整	運営	HCI International 2011	The 14th International Conference on Human- Computer Interaction		Session chair
佐々木 整	運営	ICCE2011	The 19th International Conference on Computers in Education		Program Committee member

著氏	者名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 年 月	刊号ページ 分担・担当等
佐々木	整	運営	第36回全国大会	教育システム情報学会	2011-8.31	ワークショップコーディネータ・司会
佐々木	整	運営	第27回全国大会	日本教育工学会	2011-9.17	座長
佐々木	整	運営	第5回研究会	教育システム情報学会	2012-1.21	座長
佐々木	整	運営	学生研究発表会	教育システム情報学会	2012-3.09	座長・審査員
佐々木	整	審査	EISTA 2011	The 9th International Conference on Education and Information Systems, Technologies and Applications		reviewer
佐々木	整	審査	ICCE2011	The 19th International Conference on Computers in Education		reviewer
澁谷	昇	解説	IEC/ACEC (電磁両立性諮問委員会) 会議報告	月刊EMC、三松株式会社	2011-8	No.280, pp.13-26, Aug.2011
澁谷	昇	口頭	不完全グランド面上の帰路電流経路のシミュレーション	第24回エレクトロニクス実装学会春季講演大会論文集	2011-3	pp.371-372
澁谷	昇	口頭	抵抗付デカップリングキャパシタによる電磁ノイズ低減法	第26回エレクトロニクス実装学会春季講演大会	2012-3	pp.90-93
澁谷	昇	運営	IEC/APC活動推進会議、ACEC分科会	日本規格協会	2011	分科会長
澁谷	昇	運営	IEC/ACEC会議	国際電気標準会議 (IEC)	2011	委員
澁谷	昇	運営	IEC/TC77国内委員会	電気学会	2011	委員長
澁谷	昇	運営	IEC/SC77B国内委員会	電気学会	2011	委員
澁谷	昇	運営	IEC/TC65/SC65A/WG4国内委員会	日本電気計測器工業会	2011	主査
澁谷	昇	運営	電磁特性技術委員会	エレクトロニクス実装学会	2011	委員
澁谷	昇	運営	EMCモデリング研究会	エレクトロニクス実装学会	2011	主査
澁谷	昇	運営	論文誌	電子情報通信学会	2011	査読委員
澁谷	昇	運営	論文誌	エレクトロニクス実装学会	2011	査読委員
澁谷	昇	運営	EMCJAPAN企画委員会	日本能率協会	2011	委員
澁谷	昇	運営	EMCフォーラム企画委員会	ソリューションフォーラム事務局	2011	委員、座長
澁谷	昇	運営	プリント配線板製造・設計技能検定委員会 (特級)	中央職業能力開発協会	2011	中央検定委員
澁谷	昇	依頼	JISC61000-4-3 電磁両立性—第4-3部:放射無線周波電磁界イミュニティ試験	日本規格協会	2011-8	

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
澁谷 昇	依頼	JISC1806-2-3 計測、制御及び試験室用の電気装置－電磁両立性要求事項－統合または遠隔信号処理機能を持ったトランスデューサの試験配置、動作条件、性能評価	日本規格協会	2011-11	
古水 尚之徳 水野 一徳 今野 佐和子 西原 清一 福井 幸男	論文	セルの相互作用による仮想都市の区画変化シミュレーション	芸術科学会論文誌, Vol. 10, No. 4	2011-12	pp.241-250
Daiki Hayakawa, Kazunori Mizuno, Hitoshi Sasaki, Seiichi Nishihara	討論	On the Efficiency of Ant Colony Optimization with Cunning Ants for Binary Constraint Satisfaction Problems	The 8th International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications (CITSA 2011)	2011-7	
Daiki Hayakawa, Kazunori Mizuno, Hitoshi Sasaki, Seiichi Nishihara	討論	Improving Search Efficiency Adopting Hill-Climbing to Ant Colony Optimization for Constraint Satisfaction Problems	The 3rd International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE2011)	2011-10	pp.200-204
Kazunori Mizuno, Daiki Hayakawa, Hitoshi Sasaki, Seiichi Nishihara	討論	Solving Constraint Satisfaction Problems by ACO with Cunning Ants	The 2011 International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2011)	2011-11	pp.155-160
早川 大貴 水野 一徳 長澤 圭孝 小野 智司 西原 清一 佐々木 一徳	口頭	部分的形質遺伝に基づくACOによる制約充足問題の解法	人工知能学会第25回全国大会	2011-6	2I2-2
水野 一徳 早川 大貴 佐々木 一徳 西原 清一	口頭	グラフ彩色インスタンス生成のためのGAに基づく極小非可解構造の導出	第10回情報科学技術フォーラム (FIT2011)	2011-9	1H-1
水野 一徳 西原 清一 佐々木 一徳	口頭	グラフ彩色問題の組織的生成のためのGAによる極小非可解構造の導出	進化計算シンポジウム2011	2011-12	pp.140-145
浅見 友彦 水野 一徳 早川 大貴	口頭	携帯端末を利用した視覚障害者用ナビゲーションシステムの開発	情報処理学会第74回全国大会	2012-3	3ZD-7
水野 一徳	運営	論文委員会	芸術科学会	2009-5～	委員
水野 一徳	運営	2011年度第5回研究会	教育システム情報学会	2012-1	座長
水野 一徳	審査	英文論文誌	電子情報通信学会	2011	査読
水野 一徳	審査	論文誌	情報処理学会	2011	査読
水野 一徳	審査	英文論文誌	電気学会	2011	査読

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
諸角 建	寄稿	大人になる前の今こそ、将来への夢を語ろう！	「東日本大震災」復興と学び応援プロジェクト、河合塾、URL： http://www.wakuwaku-catch.jp/ouen_pj/message/1118.html	2011-6～	
朱海棟 諸角 建	口頭	移動物体抽出のための差分法および影除去に関する研究	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会	2011-12	
朱海棟 諸角 建	口頭	移動物体抽出のための差分法および影除去に関する研究	電子情報通信学会、2012年総合大会	2012-3	D-12-87

デザイン学科

著者名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年・発表月	刊号ページ 分担・担当等
三戸部 健理 阿部 眞理	口頭	木育に活用する回転玩具の提案	日本デザイン学会第58回春季研究発表大会概要集	2011-6	pp.270-271
阿部 眞理	口頭	民族の手仕事による紐でつくられた生活道具に関する調査研究～紐からつくられた敷物の感覚評価および畳とファムンソクの比較～	拓殖大学理工学総合研究所研究発表会	2012-3	
金白 石 阿部 眞理 金 眞惠	口頭	科学館展示の形態型分類と展示指針の提案	第30回日本展示学会研究大会 日本展示学会誌49号	2011-6	pp.136-137
戸塚 泰幸 阿部 石照	展示	紙でつくるあかり展	八王子市学園都市文化ふれあい財団ギャラリーホール	2011-7	
阿部 眞理	運営	評議員	日本デザイン学会		
岡崎 章	著書	概念モデル可視化による感性評価	INDUSTRIAL ART NEWS No.39+ 産業工芸研究 No.21	2012-3	pp.21-26
住吉 智子 伊藤 望央 田中 美佐代 柿沼 佐代子 岡崎 章 他3名	論文	易感染性小児がん児の食生活支援モバイルサイトの開発	木村看護教育振興財団看護研究集録	2011-9	Vol.18, pp.49-58
原田 泰章 岡崎 章 他4名	論文	入院中の小児に対する危険回避教育ツールの開発	日本デザイン学会 デザイン学研究作品集	2012-3	Vol.17, pp.76-79
岡崎 章 崔 ホンソク	受賞	概念モデル可視化ツール“rami”	グッドデザイン賞	2011-1	
岡崎 章 柿沼 佐代子 他2名	受賞	小児がん食事基準の可変性に対応した携帯サイト	Medical Design Award 審査委員特別賞	2011-6	
岡崎 章	招待	医療領域におけるインタフェースデザイン理論	富士通デザイン株式会社	2011-4	
T. SUMIYOSHI S. KAKINUMA A. OKAZAKI et, al	討論	Development and evaluation of a mobile site “Gohan Navi as an educational and support tool for selecting a safer diet for children with cancer and high susceptibility to infection	The 3rd korea-china-japan nursing conference : nuerse’s social responsibility and role,Vol.1, No.1	2011-1	pp.307-309
J. Hattori A. Okazaki S. Tazaki et, al	討論	Development of tools for the objective assessment of the psychological state of hospitalised children	15th East Asian Forum of Nursing Scholars	2012-2	pp.I-018
A. Toguchi W. Hayata H. Sasaki T. Sumiyoshi A. Okazaki K. Mizuno	討論	Development Of A Foods Information Service System For Parent Of A Childhood Cancer Patient	Institute International Academic Conferences	2012-3	pp.295-299
Hong-Seok Choi, Akira Okazaki	討論	The function to visualize the change and comparison of conceptual model visualization	2011 Proceeding of Korean Society for Emotion & Sensibility	2011-5	pp.23-24

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年・発表月	刊号ページ分担・担当等
S. Tazaki A. Okazaki J. Hattori M. Nishihara	討論	Development of quantitative evaluation tool for psychological changes	2011 Proceeding of Korean Society for Emotion & Sensibility	2011-5	pp.25-26
赤松園子 服部淳子 西原みゆき 山口佳子 岡崎子章	口頭	入院中の小児に対する事故危険回避教育ツールの開発（第一報）	日本小児看護学会第21回学術集会講演集	2011-7	154
服部淳子 赤松園子 西原みゆき 山口佳子 岡崎子章	口頭	入院中の小児に対する事故危険回避教育ツールの開発（第二報）	日本小児看護学会第21回学術集会講演集	2011-7	155
服部淳子 岡崎子章 赤西松園子 西原みゆき	口頭	入院中の子どもの心理的变化を評価するツール開発にむけての基礎的研究—健常児に対する調査—	日本小児看護学会第21回学術集会講演集	2011-7	197
工藤芳彰	運営	八王子市文化遺産活用推進事業「八王子市の文化遺産を活かした観光振興・地域活性化事業」	文化庁「平成23年度 文化遺産を活かした観光振興・地域活性化事業」	2011-7～	専門委員
工藤芳彰	運営	選挙管理委員	日本デザイン学会	2011	委員
工藤芳彰	運営	産学公連携部会	大学コンソーシアム八王子	2010-4～2012-3	副部長
小出昌二	論文	異なる明度の繊維を用いたレリーフ構成	日本基礎造形学会 論文集・作品集2011 基礎造形020	2012-3	pp.78-79
工藤一順 小出昌二	口頭	戦後から現代までの年代別イラストレーション制作	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.284-285
中澤千春 小出昌二	口頭	紙の魅力を活かしたブックカバーの制作	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.290-291
菊池岳道 小出昌二	口頭	レンチキュラー印刷を利用した広告表現手法	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.294-295
東福寺基佳 小出昌二	口頭	世界の「頑張ろう」 Words Documents	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.296-297
伊藤彩奈 小出昌二	口頭	昔話に触れる新しい形としての電子絵本アプリケーション	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.298-299
植草有美 小出昌二	口頭	アニメーションで表現する Special thanks	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.300-301
大倉優香 小出昌二	口頭	スウェーデン語入門Webコンテンツの制作	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.304-305
上田徹 小出昌二	口頭	日本の「食」について考えるフォトコラージュブック	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.306-307
渡邊円 小出昌二	口頭	シンプルに統一された都道府県の道路標識の制作	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.262-263
小出昌二	運営	日本デザイン学会評議員会	日本デザイン学会	2010-1 ～2011-12	評議員
小出昌二	運営	日本基礎造形学会 学会創立20年記念誌	日本基礎造形学会	2010-9～2012-3	編集委員
小出昌二	審査	UCDA AWARD 2011	一般社団法人ユニバーサルコミュニケーションデザイン協会	2011-2～6	評価員

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
小出昌二	審査	UCDA AWARD 2012	一般社団法人ユニバーサルコミュニケーションデザイン協会	2012-2~6	評価員
小出昌二	作品	ラベルデザイン	“+「みやざき・スピリッツ」焼酎ラベルのデザイン展” 宮崎県立美術館	2011-4~6	
小出昌二	作品	平面構成作品	モダンアート協会主催 第61回モダンアート展 デザイン部門 京都市美術館、福岡市美術館	2011-5, 2011-6	
小出昌二	作品	平面構成作品	2011アジア基礎造形連合学会台湾大会 台湾・雲林科技大学 概要集	2011-8	p.25
小出昌二	作品	平面構成作品	日本基礎造形学会 第22回新宿大会 日本電子専門学校	2011-10	
小出昌二	作品	平面構成作品	R E C T O V E R S O GALLERY企画展「Design Style Exhibition Vol.13」	2011-10	
小出昌二	作品	平面構成作品	GALLERY ART POINT 企画展「Treiz IV 2011 モダンアート協会所属作家による現代美術作家展」	2011-11	
小出昌二	作品	ポスターデザイン	反原発ポスター展実行委員会 反原発ポスター展 桑沢デザイン研究所1階大ホール	2011-11	
小出昌二	作品	東京ミッドタウン・デザインハブ第31回企画展「JAGDA東北復興支援チャリティやさしいハンカチ展」	日本グラフィックデザイナー協会企画・運営 東京ミッドタウン・デザインハブ 他多会場	2011-11~12	
金白阿部 石照美 眞理蓮	口頭	科学館展示の形態型分類と展示指針の提案	第30回日本展示学会研究大会 日本展示学会誌49号	2011-6	pp.136-137
白石照美	運営	評議員	日本デザイン学会		
白石照美	運営	評議員・関東支部幹事	日本インテリア学会		
戸塚阿部 塚部白 泰眞照 幸理美	展示	紙でつくるあかり展	八王子市学園都市文化ふれあい財団ギャラリーホール	2011-7	
沖田竹末 実嘉子 俊昭	討論	染色型紙制作におけるレーザー加工手法の応用可能性	日本感性工学会・第13回研究発表会	2011-9	CD-ROM 372
沖田竹末 実嘉子 俊昭	討論	Introduction of a new method for producing cut paper stencils for dyeing —As an applied case of laser cutter —	IASDR2011 (The Naderland)	2011-11	CD-ROM I52
竹末沖田 俊昭 実嘉子	抄録	染色型紙制作におけるレーザー加工手法の応用可能性	拓殖大学理工学研究報告	2011-11	Vol.12, No.1 pp.49~51
沖田竹末 実嘉子 俊昭	口頭	染色用型紙制作における新手法導入(その1) ~レーザー加工機を事例として~	日本デザイン学会・春季第58回研究大会(口頭発表)	2011-6	pp.182-183
沖田竹末 実嘉子 俊昭	口頭	染色用型紙制作における新手法導入(その2) ~レーザー加工機を事例として~	日本デザイン学会・春季第58回研究大会(ポスター発表)	2011-6	pp.318-319

著者氏名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年・発表月	刊号ページ分担・担当等
原野愛菜 竹末俊昭	口頭	「ファシリテーターとしてのデザイナーの役割についての一考察」	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.92～93
下山隼人 竹末俊昭	口頭	「システムカレンダー制作」	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.328～329
陳哲輝 竹末俊昭	口頭	「駅構内におけるエレベータータワーの提案」	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.332～333
中島広喜 竹末俊昭	口頭	「アンティーク調チェーンレス自転車の制作」	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.338～339
福田陽子 竹末俊昭	口頭	「女性向け体重計のデザイン」	第3回大学コンソーシアム八王子学生発表会 概要集	2011-12	pp.344～345
竹末俊昭	審査	日本感性工学会・論文編集委員会	日本感性工学会	2011-1～12	委員
竹末俊昭	審査	第6回レーザー・デザインコンテスト・審査委員長	レーザー・デザインフォーラム	2011-12	審査委員長
竹末俊昭	運営	デザインフェスタ34参加(レーザー加工製品の出展)	デザインフェスタ/レーザー・デザインフォーラム	2011-11	総責任者
永見豊	論文	カントー橋の景観設計	日本デザイン学会 デザイン学研究作品集17号2011	2012-3	pp.60-63
永見正仁 滝木淳一	論文	高機能可変式道路情報板の判読性向上に関するデザイン検討	第31回交通工学研究発表会 論文集	2011-9	pp.177-180
永見弘樹 伊藤保寛	受賞	リズム感を演出したトンネル壁面のパターンデザイン	映像情報メディア学会, 芸術科学フォーラム2012 優秀ポスター賞	2012-3	
永見弘樹 伊藤保寛	口頭	リズム感を演出したトンネル壁面のパターンデザイン	映像情報メディア学会, 芸術科学フォーラム2012 映像情報メディア学会技術報告	2012-3	pp.121-124
永見豊	運営	まちづくり専門家	財団法人東京都新都市建設公社 まちづくり支援事業	2010.6～	
永見豊	依頼	まちづくり相談	清川・太陽地域再生まちづくり準備会	2010.7～	

基礎教育系列

著者名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
織田 寛	運営	研究集会「表現論と調和解析における諸問題」	京都大学数理解析研究所	2011-6.28~7.1	主催
織田 寛	編集	表現論と調和解析における諸問題	数理解析研究所講究録1770 (ISBN1880-2818)	2011-11	186pages
鈴木 康夫	口頭	慣性力の教え方についての考察	日本物理学会秋季大会講演概要集	2010-8	65巻2号第2分冊 p.350
鈴木 康夫	口頭	高大連携教育覚え書き	日本物理学会第67回年次大会講演概要集	2012-3	67巻1号第2分冊 p.440
鈴木 康夫	運営	編集委員	日本物理学会「大学の物理教育」	2011	17-1~17-3
鈴木 康夫	審査	査読	日本物理学会「大学の物理教育」	2011	17-1~17-3
巻田 和男	論文	ブラジル磁気異常帯における宇宙電波吸収現象	拓殖大学理工学研究報告	2012-3	Vol.12, No.1, pp.23-39
巻田 和男	論文	シリコンダイオードによる大気光測定器の開発と観測データ	拓殖大学理工学研究報告	2012-3	Vol.12, No.1, pp.41-44
巻田 和男	調査	ブラジル・Palmasにおけるイメージングリオメータの設置及びアルゼンチン・ラプラタ大学におけるリオメータ設置	名古屋大学太陽地球環境研究所による助成	2012-2.5~3.15	
巻田 和男	調査	ブラジル・UNIVAPにおけるイメージングリオメータの設置及びフォトダイオードの光学観測	名古屋大学太陽地球環境研究所による助成	2012-8.14~9.7	
巻田 和男	発表	Cosmic Noise Absorption by Imaging riometer in South America / Japan network	日本地球惑星科学連合2011年大会	2011-5.25	
巻田 和男	発表	Cosmic noise absorption observed by imaging riometer in South America and Japan during quiet period	12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society	2011-8.17	

その他

著者名	区分	著者, 学術論文, 作品等の名称	掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称	発行・発表年 月	刊号ページ 分担・担当等
Osamu Ikeda	討論	Synthetic Shape Reconstruction Combined with the FT-Based Method in Photometric Stereo	Proceedings of the 6th International Symposium on Visual Computing	2010-12	10ページ
Osamu Ikeda	討論	Color Photometric Stereo with Shape Enhancing Filtering	Proceedings of International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications	2011-3	4ページ

理工学総合研究所	理工学研究報告	表紙デザイン
運営委員	編集委員	
○杉本 公弘	○石川 勉	石田 光男
笠野 英秋	佐々木 繁	鳥井 貴彦
石川 勉	前山 利幸	
小川 毅彦	畑中 朋子	
阿部 眞理	古藤 薫	
卷田 和男		

拓殖大学理工学研究報告

第12巻 第2号

平成25年3月25日 印刷

平成25年3月29日 発行

兼発行人 杉本 公弘

発行所 拓殖大学理工学総合研究所
東京都文京区小日向3-4-14
電話 03-3947-7595
(学務部研究支援課)

印刷所 大東印刷工業株式会社

**Vol.12 No.2
Mar. 2013**

**CONTENTS
FULL PAPERS**

Synchronization of Chaos with State-dependent Parameter Switching in Chaotic Circuits including Dependent Switches <i>Kunihiko Mitsubor Masanobu Fujii</i>	3
Imaging Riometer Observation at Equatorial Region in South America <i>Kazuo Makita Mituo Hoshino Yasuo Kato Masanori Nishino Paulo Fagundes Washington Luiz Carvalho Lima</i>	13

ABSTRACTS

Solar Cycle Variations of High Energetic Electron Precipitation in the South Atlantic Magnetic Anomaly <i>Masanori Nishino Kazuo Makita Nelson. Jorge Schuch</i>	25
--	----

REPORTS

Pico Pulse Response Analysis of HTS Microstrip Line using Two Dimensional Time Dependent Ginzburg-Landau Equation <i>Shigeru Yoshimori Faul Daouda Sou Kokuton</i>	35
A Report on Sabbatical Year at Clemson University, U.S.A. <i>Takehiro Takahashi</i>	39

**RESEARCHERS & TITLES
ACADEMIC REPORTS
& SOCIAL ACTIVITIES**

.....	47
.....	55