

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K05305

研究課題名(和文) クラス分けから探る脈動オーロラの発生機構

研究課題名(英文) Generation mechanism of pulsating auroras based on their classification

研究代表者

佐藤 夏雄 (SATO, NATSUO)

国立極地研究所・その他部局等・名誉教授

研究者番号：50132709

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：オーロラの輝度や形状が数秒から数十秒で準周期的に変動する脈動オーロラに注目し、タイプに分けて精査する手法を用い、地上で観測されたオーロラと磁気圏を飛行する衛星との同時観測データを用いて研究を行った。

文字のオメガに似た形状のオメガバンドオーロラに関しては、発生から消滅までの形状や強度変動などのダイナミクスを明らかにするとともに、磁力線に沿った方向成分の直流電場と静電波動が脈動オーロラと同じ周期で変動をしている事を明らかにした。東西方向に延びたアーク状オーロラの長周期脈動の地上・衛星観測からは、磁気圏内の磁気共鳴により発生した磁場・電場波動が強制的にオーロラを起こしていることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オーロラは太陽が源で地球との相互作用で起こっている事実は解ってきた。しかし、複雑な形状や周期性を示す脈動オーロラには謎が多い。オーロラが複雑な形状を示すのは、地上と衛星との同時観測により、磁気圏と電離圏との間の相互作用によって起こっていることも解ってきた。さらに本研究により、直流電場と静電波動が脈動オーロラの強度変化に直接関与していることを観測事実から初めて明らかにできた。この成果は、磁気圏に過剰に流入した高エネルギー電子が電離圏に降り注ぐ過程の研究や、磁気圏と電離圏の相互作用の研究など、太陽と地球の関係を理解するための鍵となる事象の研究に役立つ。

研究成果の概要(英文)：Pulsating auroras with a period of a few to a few 10 seconds are common phenomena in the auroral zones. To make a breakthrough in the unsolved problems, we examined different types of pulsating auroras. We found that the quasi-periodic modulation of the DC electric field intensity and the intensity of a very low frequency (<30 Hz) electrostatic wave showed a strong correlation with the optical pulsating aurora. It is also found that Omega grows from small-scale bumps (seeds) at the poleward boundary of preexisting east-west-aligned auroras and does not exhibit any shear motion.

We also investigated the Pc5 poleward moving auroral arc pulsations (~ 4-6 min period). From the space-ground observation, it is found that the Pc5 auroral pulsations were enhanced forcibly by the magnetic and electric field variation generated by field-line resonances.

研究分野：オーロラ物理学

キーワード：脈動オーロラ オーロラアーク オメガバンドオーロラ 地磁気脈動 磁気圏 電離圏 波動粒子相互作用 地上・衛星同時観測

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

### 脈動オーロラ研究の学問的背景

脈動オーロラは真夜中から朝方に出現し、数秒から数10秒の周期で明滅を繰り返す。数Hz以上の早い変調を含む場合もある。主な形状は、不規則に散りばめられたパッチ状、東西に伸びたバンド状や文字のオメガ( )に似たバンド状などがある。空間スケールは、パッチ状が数

10kmから100km程度であるが、オメガバンド状は100kmから数100km、東西バンド状は経度方向に

1,000km以上もある。パッチ状はそれぞれが独立に明滅を繰り返すが、東西バンド状は緯度方向に振動し、

オメガバンド状は緯度・経度の両方向に動く場合が多い。さらに、数分から10分程度の周期で東西バンド

状オーロラが極方向伝搬を繰り返す別なタイプの

Pc5長周期型脈動オーロラもある。脈動オーロラを光ら

せているのは、タイプに依存することなく、数keV

以上の高いエネルギーの降下電子であることがロケットや衛星観測から明らかになっ

ている。オーロラ・サブストーム直後の真夜中から朝方の時間帯に必ず出現する普遍的

な現象であることから、磁気圏内に過剰に流入された高エネルギー電子が脈動的に降下

するプロセスが自然界の理にかなった消費過程であることを示唆している。しかし、最

も基本的な特性である変調する周期や特有な形状を起こす要因は未解決なままである。

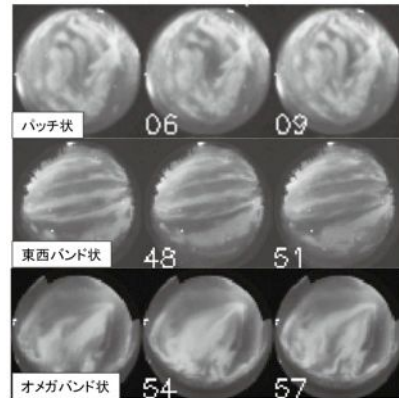


図1：脈動オーロラのタイプ(3秒  
間隔のスナップショット写真)

## 2. 研究の目的

本研究は脈動オーロラ固有の基本的な特性である、準周期的な強度変調と特有な形状

の生成要因を解き明かすことを最終目標としている。この目的を達成するために、脈

動オーロラをタイプに分けて精査・比較する手法を用いる。タイプ別けする理由は、

同じ脈動オーロラであっても、パッチ状と東西バンド状やオメガバンド状では、その

形状とスケールが大きく異なっており、生成の物理機構が異なっていることが予測さ

れるからである。その上で、パッチ状、東西バンド状、オメガバンド状、さらには長

周期の Pc5 オーロラアーク脈動などの脈動オーロラ発生時に衛星で同時に観測された

電磁場、波動、粒子などの特性を明確にさせ、タイプ別でのそれらの特性比較から、

脈動オーロラの準周期的変調機構と形状生成機構の解明を目指す。

本研究では次の具体的な研究課題を設定する。

課題-1： オメガバンドに含まれる脈動オーロラの特性

課題-2： オメガバンドオーロラの発達ダイナミクス

課題-3： 極方向伝搬型長周期 Pc5 オーロラアーク脈動の特性

## 3. 研究の方法

本研究では『地上-衛星同時観測』データに注目して研究を推進する。そのために、こ

の用途に適した THEMIS プロジェクトで得られたデータを主に用いる。THEMIS(テミス)はアメリカ航空宇宙局(NASA)が2007年2月に打ち上げた観測衛星である。磁気圏でのプラズマ爆発現象であるサブストーム(オーロラ嵐)の引き金とな



さらに幸運にも、Pc5オーロラ脈動現象の発生時に磁気圏赤道面付近の静止衛星GOES-10とGOES-12衛星のfootprintが全天オーロラカメラの視野内に位置していたイベントが見つかった。このイベントの詳細解析行う。

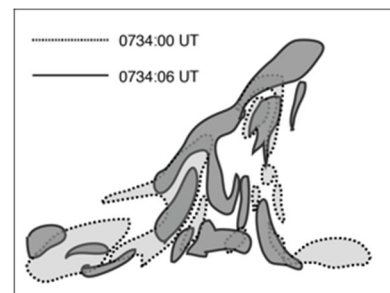
#### 4. 研究成果

##### 課題-1：オメガバンドに含まれる脈動オーロラの研究

オメガバンドオーロラの発生時にはブラックオーロラを伴い、渦状の運動が無いまま形状が発達し、電離圏対流と同じ方向の東向きに同程度の速度で運動する特性があることを明らかにすることができた。さらに、磁気圏内の赤道面付近を編隊飛行していた THEMIS 衛星と地上カメラによるオメガバンド状脈動オーロラとの同時観測データの比較から、磁力線に沿った方向成分の直流電場と静電波動が脈動オーロラと同じ周期で変動をしている事を明らかにした。

特に注目すべき研究成果は2011年3月1日イベントで得られた。地上で観測された活発なオメガバンドオーロラは15個ほどの不規則形状をしたパッチ状オーロラから構成されていた。夫々のパッチは周期が9～12秒の強い脈動

が起こっており、極方向に伝搬している(図3参照)。観測衛星は幸運にもこの活発なオメガバンド型脈動オーロラの領域内を通過し、研究価値の高い衛星・地上同時観測データの取得に成功した。その特性結果としては、直流電場と静電波動が他の成分よりも明確な



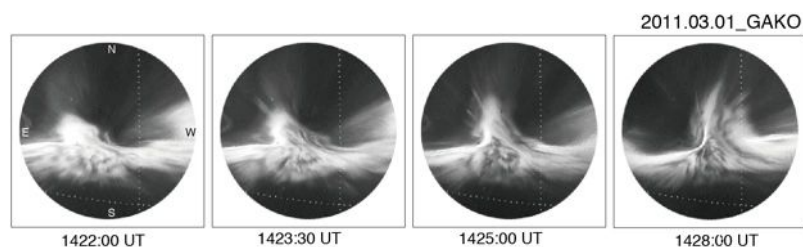
周期的な変動をしており、その周期は地上で観測されたオーロラの脈動周期と同じであった。これにより、

直流電場と静電波動が脈動オーロラの強度変化に直接関与していることが観測事実から初めて明らかになった。この成果は、磁気圏に過剰に流入した高エネルギー電子が電離圏に降り注ぐ過程の研究や、磁気圏と電離圏の相互作用の研究など、太陽と地球の関係を理解するための鍵となる事象の研究にも役立つ。

図3：オメガバンド型脈動オーロラの動き

##### 課題-2：オメガバンドの発達ダイナミクスの研究

オメガオーロラの動画解析から、オーロラの発生期から成長期、そして減衰期までの特徴を明らかにできた。特に、極方向に張り出した小規模の「こぶ」状の領域が3～5分間ほどで大きさが数百キロメートルになるほど成長するが、10～15分後には減衰期になり、その形状が崩れて消滅してゆく、



ことが明らかになった

図4：オメガバンドの成長・衰退過程の例

(図4参照)。また、オーロラの形状を3タイプに分けられることも明らかにできた。一般的な発生特性を知る目的で統計解析を行った。明らかになった顕著な特性としては、発生時間帯が主に01-03 MLTであり、2月と3月に多く、Kp指数が3～4、AEが

300~700nT、SYM-H がマイナス 10~40nT であった。IMF との関係では Bz がマイナスの時と By がプラスの時に、太陽風速度が 300~600km/sec の時に発生頻度が高かった。オーロラのドリフト速度は東向きに 300~500m/sec、視野内の持続時間が 15~25sec、そして、出現の繰り返し間隔が 10~30sec であるイベントが多かった。

### 課題-3：極方向伝搬型 Pc5 オーロラーク脈動の研究

真夜中過ぎに観測される、東西方向に伸びたオーロラークが 2 分~10 分程度の周期で極方向に伝搬を繰り返す「Pc5 オーロラーク脈動」(図 5 参照)に注目して研究を行った。このオーロラの発生領域は、周期 10 秒前後で明滅を繰り返す、「脈動オーロラ」のすぐ高緯度側である。発生領域が赤道方向移動すると周期も短くなる。この特性は「磁力線共鳴」を示唆している。

磁気圏赤道面付近に位置している THEMIS 衛星との同時観測データを比較することができた。磁気圏内では、電磁場の振動波形は規則的で高緯度側ほど周期が長くなる磁力線共鳴の特性を示していた。オーロラ脈動の発生は磁気圏内の磁力線共鳴振動に伴って起こっているが、1 対 1 の対応になっていない場合が多かった。磁気圏内の磁力線共鳴振動の方がオーロラ脈動よりも周期が長く、かつ、時間的に先行して起こっていた。

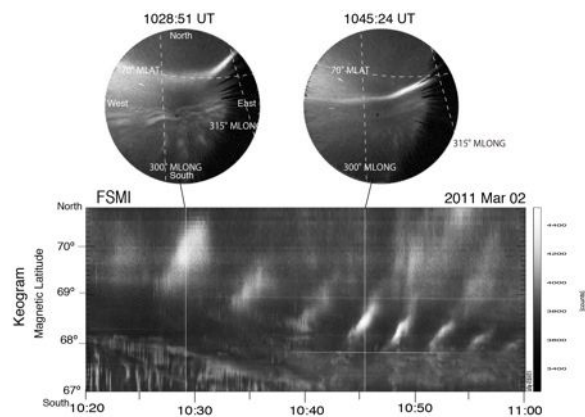


図5：極方向伝搬型Pc5脈動オーロラの例

オーロラ脈動現象は磁気圏内で励起された磁力線共鳴の磁場・電場・速度などに励起に伴って生起しているとの因果関係は明らかになった。しかし、双方の現象について周期が異ったり波形が異なったりしており、単純に1対1の対応づける事が困難である事実が明らかになった。

オーロラの形状は東西方向には 2~3 千キロメートルと長く、南北方向には 10~30 キロメートル程度と狭い。繰り返し周期はオーロラ発生域が低緯度側に移動すると周期も短くなる。また、3 機編隊の THEMIS 衛星とオーロラとの同時観測イベントから、磁気圏赤道面付近での磁力線共鳴の様相とオーロラ脈動との関係を明らかにすることができた。主な結果として、地上で観測された Pc5 PMAA 脈動現象は磁気赤道面付近で観測された磁力線共鳴振動の発生に伴って励起されていた。電子フラックスや電子密度も磁力線共鳴に伴って変調していた。また、沿磁力線電流も磁力線共鳴に伴って発生している様相を示す証拠も得られた。しかし、磁力線共鳴振動の周期が Pc5 PMAA 脈動の周期よりも 20%ほど長周期であり、磁力線共鳴振動の励起が Pc5 PMAA 脈動発生よりも 3-4 分ほど速く、単純な一対一に対応していない特性も明らかになった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Sato, N., A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, and T. Hori	4. 巻 69
2. 論文標題 Morphologies of omega band auroras	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40623-017-0688-1., 2017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Xing, Z., Zhang, Q., Han, D., Zhang, Y., Sato, N., Zhang, S., et al.,	4. 巻 123
2. 論文標題 Conjugate observations of the evolution of polar cap arcs in both hemispheres	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Space Physics	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/2017JA024272., 2018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Sato, N., A. Kadokura, Y. Tanaka, T. Nishiyama, T. Hori, and A. S. Yukimatu	4. 巻 120
2. 論文標題 Omega band pulsating auroras observed onboard THEMIS spacecraft and on the ground	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 J. Geophys. Res. Space Physics_Space Physics	6. 最初と最後の頁 5524, 5544
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi:10.1002/2015JA021382	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Sato, N., A. Kadokura, T. Motoba, K. Hosokawa, G. Bjornsson and T. Saemundsson	4. 巻 215
2. 論文標題 Interhemispheric symmetries and asymmetries of aurora from ground-based conjugate observations	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Auroral Dynamics and Space Weather, Geophysical Monograph Series, AGU	6. 最初と最後の頁 145, 161
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI: 10.1002/9781118978719	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

[学会発表] 計34件(うち招待講演 0件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 佐藤夏雄、門倉昭、田中良昌、堀智昭、行松彰
2. 発表標題 オメガバンドオーロラの発生特性
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会秋期学会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Natsuo Sato, Akira Kadokura, Yoshimasa Tanaka, Takanori Nishiyama, Tomoaki Hori and Akira S Yukimatu
2. 発表標題 Signature of Omega band auroras observed by THEMIS
3. 学会等名 The Sixth Symposium on Polar Science
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Natsuo Sato, Akira Kadokura, Yoshimasa Tanaka, Takanori Nishiyama, Tomoaki Hori and Akira S Yukimatu
2. 発表標題 Omega band pulsating auroras observed simultaneously onboard THEMIS and on the ground
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Natsuo Sato, Akira Kadokura, Yoshimasa Tanaka, Tomoaki Hori and Akira S Yukimatu
2. 発表標題 Growth signature of omega band auroras
3. 学会等名 2015 SuperDARN Workshop
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 佐藤夏雄、門倉昭、田中良昌、堀智昭、行松彰
2. 発表標題 SPEDAS を用いたオメガバンドオーロラとPs6 地磁気脈動の解析
3. 学会等名 第290回生存圏シンポジウム
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 佐藤夏雄、門倉昭、田中良昌、堀智昭、行松彰
2. 発表標題 SPEDAS を用いたオメガバンドオーロラとPs6 地磁気脈動の解析
3. 学会等名 第290回生存圏シンポジウム
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Natsuo Sato
2. 発表標題 Omega band pulsating auroras observed onboard THEMIS spacecraft and on the ground
3. 学会等名 2015 International workshop on geospace disturbance and M-I-T coupling
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Sato, N., A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, T. Hori, A. Kadokura, T. Sakura
2. 発表標題 Electron flux and field-aligned current associated with Pc5 auroral arc pulsations observed onboard THEMIS and DMSP satellites
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Sato, N., T. Ogawa, H. Yamagishi, A. S. Yukimatu, N. Nishitani, T. Kikuchi, K. Nozaki, K. Igarashi, T. Nagatsuma
2. 発表標題 History and progress of Japanese SuperDARN project
3. 学会等名 2019 SuperDARN Workshop ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤夏雄
2. 発表標題 Auroral arc and pulsating aurora associated with Pc5 field line resonances
3. 学会等名 脈動オーロラ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, N., T. Ogawa, H. Yamagishi, A. S. Yukimatu, N. Nishitani, T. Kikuchi, K. Nozaki, K. Igarashi, T. Nagatsuma
2. 発表標題 History and progress of Japanese SuperDARN project
3. 学会等名 URSI-Japan Radio Science Meeting ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤夏雄, 行松彰, 田中良昌, 堀智昭, 門倉昭, 櫻井亨
2. 発表標題 Pc5磁力線共鳴に伴うオーロラアーク脈動と脈動オーロラの強度変調
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会秋期学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, N., A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, T. Hori, A. Kadokura, T. Sakurai
2. 発表標題 Pc5 enhancement of auroral arc and modulation of diffuse/pulsating aurora
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato N., A. S Yukimatu, Y. Tanaka, T. Hori, A. Kadokura, T. Sakurai
2. 発表標題 Ground-space observations of Pc 5 poleward moving auroral arc (PMAA) pulsations and field-line resonance (FLR) oscillations in the post midnight sector
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2018年大会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsuo Sato
2. 発表標題 Pc5 poleward moving auroral arc pulsations in the post midnight sector
3. 学会等名 AFoPS_Cusp Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤夏雄, 行松彰, 田中良昌, 堀智昭, 門倉昭, 櫻井亨
2. 発表標題 Pc5オーロラアーク脈動の地上・衛星同時観測
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会2018年秋期総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sato, N., A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, T. Hori, A. Kadokura, T. Sakurai, D. Han, Y. Ma, Q. Zhang
2. 発表標題 Characteristics of electron flux variations associated with Pc5 auroral arc pulsations observed onboard THEMIS and DMSP
3. 学会等名 The Ninth Symposium on Polar Science, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤夏雄
2. 発表標題 Pc5 オーロラ脈動と磁力線共鳴
3. 学会等名 脈動オーロラ研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sato N., A. S Yukimatu, Y. Tanaka, T. Hori, A. Kadokura
2. 発表標題 East-west band poleward moving long period (T-2-10 min) auroral pulsations
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2016年大会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato. N., A. S Yukimatu, Y. Tanaka, T. Hori, T. Nagatsuma,
2. 発表標題 Simultaneous observations of drift velocity of omega band auroras and ionospheric flow velocity obtained by SuperDARN
3. 学会等名 2017 SuperDARN Workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤夏雄、行松彰、田中良昌、堀智昭、長妻努
2. 発表標題 オメガバンドオーロラのドリフト速度とSuperDARNで観測した電離圏流速との同時観測
3. 学会等名 SuperDARN研究集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤夏雄、行松彰、田中良昌、堀智昭、門倉昭
2. 発表標題 Pc 5オーロラアーク脈動の地上・衛星同時観測
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会秋期学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤夏雄、行松彰、田中良昌、堀智昭、門倉昭
2. 発表標題 Pc 5 poleward moving auroral arc (PMAA) 脈動のパッチ状脈動オーロラへの重ね書き現象
3. 学会等名 脈動オーロラ研究集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato, N., A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, T. Hori, A. Kadokura, T. Sakurai
2. 発表標題 Electron flux characteristics observed by THEMIS spacecraft associated with Pc 5 auroral arc pulsations
3. 学会等名 The Eighth Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsuo Sato, Akira Kadokura, Yoshimasa Tanaka, Takanori Nishiyama, Tomoaki Hori and Akira S Yukimatu
2. 発表標題 Statistical feature of Omega band aurora observed by THEMIS all-sky imager network
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2016年大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Natsuo Sato, Akira Kadokura, Yoshimasa Tanaka, Tomoaki Hori and Akira S Yukimatu
2. 発表標題 Morphology and statistical feature of Omega band aurora observed by THEMIS all-sky imager network
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤夏雄
2. 発表標題 オメガバンドオーロラ発生時のSuperDARN観測
3. 学会等名 極域・中緯度SuperDARN研究集会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤夏雄、田中良昌、堀智昭、行松彰
2. 発表標題 オメガバンドオーロラのダイナミクスと統計的特性
3. 学会等名 第3回 IUGONETシンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 国立極地研究所、立川
2. 発表標題 オメガバンドオーロラの統計的特性
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会秋期学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Natsuo Sato, Akira S Yukimatu, Yoshimasa Tanaka, Takanori Nishiyama, Tomoaki Hori
2. 発表標題 Morphological signature of Omega band auroras
3. 学会等名 The Seventh Symposium on Polar Science
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Natsuo Sato, Akira S Yukimatu, Yoshimasa Tanaka, Takanori Nishiyama, Tomoaki Hori
2. 発表標題 Morphology of Omega band aurora observed by THEMIS all-sky imagers
3. 学会等名 American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤夏雄
2. 発表標題 東西バンド極方向伝搬型長周期 (T~2-10 min) オーロラ脈動
3. 学会等名 脈動オーロラ研究集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤夏雄、門倉昭、田中良昌、堀智昭、行松彰
2. 発表標題 オメガバンドオーロラの発生特性
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会秋期学会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Natsuo Sato, Akira Kadokura, Yoshimasa Tanaka, Takanori Nishiyama, Tomoaki Hori and Akira S Yukimatu
2. 発表標題 Signature of Omega band auroras observed by THEMIS
3. 学会等名 The Sixth Symposium on Polar Science
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 佐藤夏雄、門倉昭	4. 発行年 2015年
2. 出版社 成山堂	5. 総ページ数 184
3. 書名 オーロラの謎：南極・北極比較観測	

1. 著者名 佐藤夏雄、門倉昭	4. 発行年 2015年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 288 - 294
3. 書名 発光の物理：大気の発光現象（オーロラ）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----