

平成 26 年度
共同研究報告書



国立極地研究所

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構

目 次

I. 共同研究報告(終了)

一般共同研究

(1) 宙空圏

No.	研究課題名	研究者名	
24-2	地上磁場データを用いた放射線帯粒子変動の研究	北村 健太郎	6
24-3	衛星及び地上多点観測を用いた極域Pc3-4地磁気脈動の研究	寺本 万里子	8
24-5	光学・レーダー・地磁気・GPS-TECデータを用いたオーロラ帯電離圏の研究	細川 敬祐	10
24-7	大気圏と電離圏/磁気圏との電磁結合に関する研究	早川 正士	12
24-8	衛星観測ならびに地上観測に基づく内部磁気圏プラズマダイナミクス及び電離圏-磁気圏結合の研究	熊本 篤志	14
24-9	北極域対流圏・成層圏から超高層大気への大気重力波伝搬の観測	鈴木 臣	16
24-10	北欧におけるレーダーおよび光学観測機器を用いた下部熱圏・中間圏大気ダイナミクスの解明	野澤 悟徳	18
24-12	グローバル磁力計・オーロラTV観測によるPi2電流系の研究	菊池 崇	21
25-1	超並列・磁気圏-電離圏結合シミュレーションの開発	田中 高史	23
25-4	地磁気絶対観測の自動化に関する研究	源 泰拓	25
25-8	サブストーム時に昼夜で発達する領域2型沿磁力線電流と過遮蔽電場分布の研究	橋本 久美子	27
26-8	SuperDARNで観測される地磁気脈動からの地磁気領域推定に向けて	河野 英昭	29
26-12	全天周オーロラの高空間分解能撮影とドーム映像化の研究	糸屋 覚	31

(2) 気水圏

24-13	氷河・氷床の中層掘削技術に関する研究	古崎 睦	34
24-14	成層圏における温室効果気体の変動に関する研究	青木 周司	36
24-15	グリーンランドおよび山岳氷河雪氷試料の化学解析による北極域の気候変動に関する研究	的場 澄人	38
24-16	船舶用スカイラジオメータの性能評価	小林 拓	40
24-18	氷床コア同位体連続分析用融解装置の高分解能化	東 信彦	42
24-30	南極域エアロゾルの季節挙動に関する研究	浅野 比	44
25-13	昭和基地周辺に輸送される大気中黒色炭素エアロゾル濃度の季節変動と発生源推定、及び雪中への沈着量の見積もり	北 和之	46

26-21	極域における雲と大気の高波放射に対する寄与に関する研究	早坂忠裕	50
-------	-----------------------------	------	----

(3) 地圏

24-20	インフラサウンド計測に基づく極地大気-海洋-固体圏相互作用の研究	山本真行	53
24-21	完新世グリーンランド氷床融解史に関する地形・地質学的研究	前杵英明	56
25-20	VLBIアンテナフロントエンド部の冷却技術に関する調査検討	池田博	58

(4) 生物圏

24-22	ジャイロロガーを用いたアデリーペンギンの行動解析	三田村啓理	61
24-23	高緯度海域における海洋環境変動が高次捕食者に与える影響	三谷曜子	63
24-24	オオミズナギドリの餌生物のDNA分析	山本麻希	65
24-25	極域における微少環境測定装置の実用性に関する試験、研究	小川麻里	68
24-26	動物装着型記録計を用いたオオミズナギドリの繁殖生態に関する研究	渡辺伸一	70
24-31	動物装着用超小型アルゴス送信機の設計と試作	京相雅樹	72
25-26	多価不飽和酵素遺伝子のグラム陽性菌での発現と機能	奥山英登志	74
25-27	南極材料を用いた薬剤耐性菌と薬剤耐性遺伝子の検出	田村豊	76

(5) 極地工学

24-27	新ドームふじ基地建設にむけた圧雪手法の研究	白川龍生	80
24-28	積雪強度測定手法の開発および広温度領域にわたる積雪物性値の比較測定	竹内由香里	82
24-29	南極ドームふじ基地における赤外線望遠鏡による天体観測のための減災研究	市川隆	84
25-34	南極における建屋周辺の吹雪による積雪と削剥の数値解析	山岸陽一	86
26-45	建築・土木に関する極地設営工学的研究	石鍋雄一郎	88

II. 研究集会報告

研究集会

No.	研究課題名		
1	中間圏・熱圏・電離圏研究集会	.....	91
2	南極昭和基地大型大気レーダー計画(PANSY)研究集会	.....	84
3	SuperDARNによる極域超高層大気研究集会	.....	95
4	極端宇宙天気研究会	.....	97
5	太陽—地球大気の地上多点観測データ総合解析ワークショップ	.....	98
6	非Dungey磁気圏物理学研究会	.....	100
7	極域・中低緯度領域結合系に於ける宇宙天気研究の展開	.....	102
8	EISCAT研究集会	.....	103
9	南北極域ネットワーク観測によるジオスペース現象の共役性に関する研究集会	.....	105
10	極域電離圏—磁気圏結合研究集会	.....	107
11	第四紀の南極域における気候・環境変動史	.....	108
12	北極域における過去の気候・環境変動	.....	109
13	大気・雪氷・海洋間の物質循環と極域への物質輸送に関する研究小集会	.....	111
14	寒冷域における降雪・雪結晶の研究・教育の今後の展望	.....	112
15	無人航空機の活用による極地観測の展開	.....	115
16	南極大気エアロゾル研究会	.....	117
17	南極海海洋循環と南極氷床変動に関する研究の展開	.....	119
19	極域における氷床ダイナミクスと氷河地震の活動度・発生過程に関する研究集会	.....	120
20	インフラサウンド計測に基づく極域の大気—海洋—固体圏相互作用に関する研究集会	.....	122
21	2014年 南極医学・医療ワークショップ	.....	124
22	スバル氷河後退域の物質循環に関する研究集会	.....	127
23	極限環境における微小生態系の総合的研究	.....	129
24	永久凍土のモニタリングと変動に関する研究集会	.....	130

III. 平成26年度共同研究課題一覧

1.	平成26年度共同研究実施件数	.....	133
2.	一般共同研究	.....	134
3.	研究集会	.....	140

1. 記号の説明

◎・・・・研究代表者

2. 表記例

(研究課題)

磁気絶対観測の自動化に関する研究 (研究課題)

(研究代表者)

(共同研究者)

◎源 泰拓 気象庁地磁気観測所・主任研究官
原 昌弘 気象庁地磁気観測所・技術課長
清水久芳 東京大学地震研究所・准教授

(担当教員)

(国立極地研究所)
門倉 昭 教授

(研究期間)

平成25年度 ～ 平成26年度 (2か年)

I . 共同研究報告（終了）

一般共同研究

（1）宙 空 圏

地上磁場データを用いた放射線帯粒子変動の研究

◎北村健太郎 徳山工業高等専門学校機械電気工学科・准教授 (研究代表者)

(国立極地研究所)

門倉 昭 教授

田中 良昌 特任助教

平成 24 年～平成 26 年 (3 か年)

[研究成果]

本研究では、主に国立極地研究所が設置運用している南極無人磁力計のデータを用いて、静止軌道の GOES 衛星で計測された 2MeV 以上の高エネルギー電子フラックスの変動と地上 Pc5 波動の比較研究解析を行った。本研究における目的は、放射線帯外帯における MeV 電子の増加に関して、ULF 波動によるドリフト共鳴加速機構の立場から、主に粒子加速時の Pc5 波動のグローバルな振る舞いを明らかにすることである。

極地研究所所有の無人磁力計ネットワークの観測点のうち主に、H057、SKALLEN、Riiser-Larsen のデータより Pc5 脈動等の変動特性を求め、GOES 衛星によって得られた静止軌道の高エネルギー電子フラックスや太陽風変動との比較を行った。特に、地上 Pc5 の解析では地方時依存性に着目した解析をおこない、これまでに提唱されているドリフト共鳴の寄与に関する知見を得ることを目指した。

一般に、放射線帯の高エネルギー電子環境に関しては、数 MeV 以上の相対論的エネルギーを持つ電子が、磁気嵐の発達に伴って増加することが知られている。このような電子は、磁気嵐の回復相で流量が増大し、静止軌道付近においても大幅な流量増大が観測される。ここでは、このような相対論的電子の流量増加を Relativistic Electron Enhancement (REE) イベントと呼ぶ。

相対論的電子に関しては、これまでにいくつかの加速機構が提案されているが、本研究では ULF 波動による波動粒子相互作用に着目する。ULF 波動による電子加速に関しては、これまでに Pc5 帯(周期 150-600 秒)のプラズマ波動のパワーが電子フラックスの変動と良い相関を示すことが知られており、相対論的電子の加熱源として注目されてきた[e.g. Mathie and Mann, 2000]。

ULF 波動による相対論的電子加速モデルとしては、Elikington et al. [2003] が提唱するドリフト共鳴加速モデルが有力であると考えられるが、このモデルでは Pc5 帯の波動による動径方向の電場変動によって粒子の動径方向拡散を引き起こすため、磁気圏中における Pc5 のトロイダルモードの振動の分布を理解することが重要となる。

本研究では、2008年に発生した CIR 起源の磁気嵐のうち REE イベントが発生した 24 例に関して Superposed Epoch Analysis を行い、3 時間ごとの地方時における変動の違いを調べた。

その結果、図1に示すように、磁気嵐の各相によって Pc5 波動の地方時依存性が異なることが明らかになった。Pc5 波動の強度に関しては、電子フラックスの減少時(主に磁気嵐の主相に相当)では、Pc5 の強度は比較的午前側で強くなっているのに対して、REE 発生時(主に磁気嵐

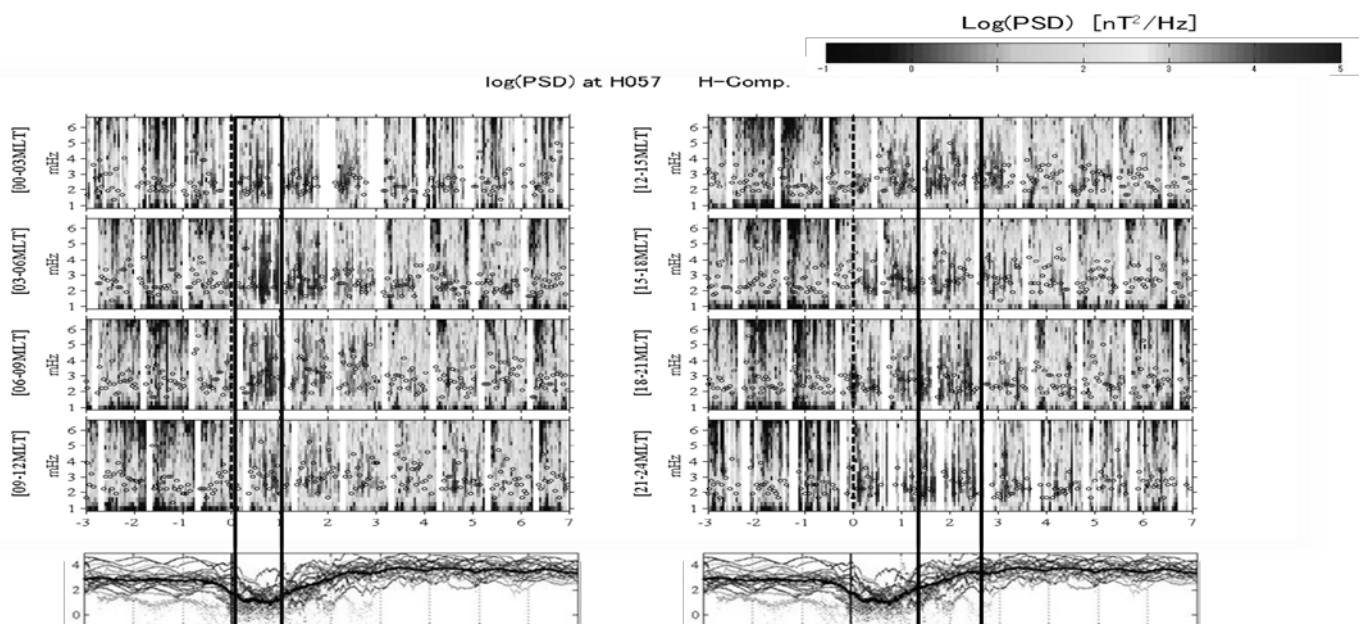


図 1. H057 における放射線帯粒子増加時の ULF 波動のダイナミックスペクトル地方時分布。最下パネルは GOES10 衛星で観測された >2MeV 電子フラックス

の回復相に相当)では、Pc5 強度は主に、昼側から午後にかけて強くなっている(図1)。この結果は、磁気嵐の主相と回復相において Pc5 波動の発生・伝播機構が異なっていることを示唆するものである。

また、H057 と SKALEN の間での Pc5 波動の位相差を求めた。その結果においてもやはり、磁気嵐の主相と回復相では、経度方向の波動伝播に関して異なる特性を示すことが分かった(図 2)。特に、回復相における伝播特性としては、午前側で西向き伝播を示し、午後側で東向き伝播を示す傾向が見られたが、磁気嵐主相においてはこのような特性ははっきりしない。

これらの結果は、磁気嵐の回復相において、太陽風速度の増加によって KH 不安定性による Pc5 波動が励起され、経度方向波数の小さいトロイダル振動がドリフト共鳴加

速を引き起こしていると解釈することができる。一方で、磁気嵐主相の Pc5 はこのような特性が見られないことと、その他の太陽風の状況より、太陽風動圧の増加に伴う強制振動的な Pc5 が励起されていると推測することができる。

さらに、これらの解析を通して、Pc5 波動の経度方向伝播を解析するためには、H057 と SKALEN のペアが最適であることが分かった。2 観測点は磁気緯度が高い精度で一致しているため、磁力線共鳴の緯度依存性を無視することができるためである。解析に Riiser-Larsen を含めると観測点間の相互相関係数が大幅に悪化することも分かり、近隣の 2 観測点で高い時間分解能の磁場観測が ULF 波動の経度方向伝播の解析に有効であることも明らかになった。今後、北半球の共役点において、同条件の観測点ペアの観測等が期待される。

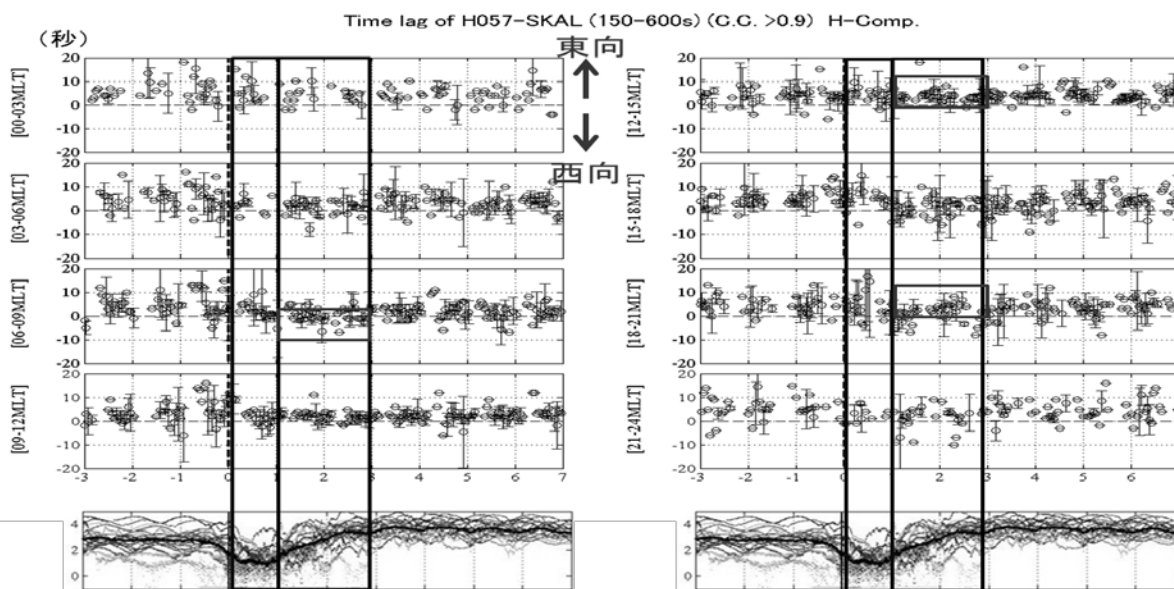


図 2. H057 及び SKALEN 間における Pc5 波動の位相差の地方時分布。最下パネルは GOES10 衛星で観測された >2MeV 電子フラックス

[参考文献]

- 1) Elkington, S. R., K. Hudson, and A. Chan, Resonant acceleration and diffusion of outer zone electrons in an asymmetric geomagnetic field, *J. Geophys. Res.*, **108**, doi:10.1029/2001JA009202, 2003.
- 2) Mathie R. A. and I. R. Mann, A correlation between extended intervals of ULF wave power and storm-time geosynchronous relativistic electron flux enhancements, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 20, 3261, 2000.

[研究発表]

- 1) Kitamura K., S. Saita, Y. Tanaka, A. Kadokura, and H. Yamagishi, Longitudinal phase structures of Pc5 pulsations observed at auroral latitude during the Relativistic Electron Enhancement (REE) events at the outer radiation belt, Asia Oceania Geosciences Society 10Th Annual Meeting, at Brisbane, on 24-28 June, 2013.
- 2) Kitamura K., T. Nagatsuma, T. Obara, H. Koshiishi, S. Saita, Y. Tanaka, A. Kadokura, and H. Yamagishi, Relationship between Relativistic Electron Flux in the Inner Magnetosphere and ULF Pulsation Associated with Long-term Variations of Solar Activity, Asia Oceania Geosciences Society 11Th Annual Meeting, at Sapporo, on 28 July- 01 August, 2014
- 3) Kitamura K., T. Nagatsuma, O. A. Troshichev, T. Obara, H. Koshiishi, S. Saita, A. Yoshikawa, K. Yumoto, Relationship between Relativistic Electron Flux in the Inner Magnetosphere and ULF Pulsation on the Ground Associated with Long-term Variations of Solar Wind, American Geophysical Union Fall Meeting, at San Francisco, on 15-19 December, 2014

衛星および地上多点観測を用いた極域 Pc3-4 地磁気脈動の研究 (研究課題)

◎ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所・プロジェクト研究員 寺本万里子 (研究代表者)

(国立極地研究所)

行松彰 准教授 (担当教員)
平成 23 年～平成 26 年 (3 か年) (研究期間)

[研究成果]

極域で観測される Pc3-4 地磁気脈動の衛星-SuperDARN-地上磁場データ解析手法確立に向け、中緯度 SuperDARN レーダー・THEMIS 衛星・地磁場観測データを用い、Pc3-4 地磁気脈動と同じ ULF に分類される Pi2 地磁気脈動と Pc5 地磁気脈動の性質を調べ、伝搬特性を詳細に明らかにした。

内部磁気圏を飛行する 3 機の THEMIS 衛星 (THEMIS-A・THEMIS-D・THEMIS-E)、地上磁場観測網、中緯度に位置する 3 基の SuperDARN レーダー (Unwin・Tiger・Hokkaido) を用いて、2010 年 8 月 19 日 9:12UT に引き起こされた、Pi2 地磁気脈動の比較を行った。この時刻で、SuperDARN レーダーは themis scan mode (特定の beam の時間分解能が 6-8 秒) での運用を行っていたため、周期の短い Pi2 脈動 (周期 40-150 秒) や Pc3-4 脈動 (10-150 秒) の解析に適している。またそれぞれの観測点は、同時刻で夕方側 (磁気地方時 19-20 時) に位置していた。

3 機の衛星はそれぞれ、プラズマ圏内部の夕方側 (磁気地方時 20 時) に位置し、THEMIS-A がより地球側に位置していた。THEMIS 衛星の磁場の圧縮波成分と電場の方角成分に、周期 70 秒の Pi2 地磁気脈動が観測された。FFT によるスペクトル解析を行ったところ、磁場成分には、12-14mHz、23-25mHz の 2 つ周波数でピークがみられたが、一方、電場成分には、12-14mHz のピークのみ観測された。ポインティングフラックスを計算したところ、Pi2 は、地球向き・夜側に伝搬する進行波であった。

Unwin・Tiger レーダーは、南半球でプラズマポーズを電離圏に投影した位置の前後で Pi2 地磁気脈動を観測していた (図 1)。一方で、Hokkaido レーダーはプラズマ圏内部の電離圏で引き起こされた Pi2 地磁気脈動を観測していた。3 基のレーダーが観測した Pi2 地磁気脈動にも 12-14mHz、23-25mHz の 2 つ周波数でピークがみられた。12-14mHz、23-25mHz のパワーの緯度分布を比較したところ、プラズマポーズに近い、磁気緯度 60-65° 付近で 23-25mHz のパワーのピークは 12-14mHz のパワーのピークの 8-10 倍になった。特に、Unwin レーダーが観測した磁気緯度 21 時で Pi2 地磁気脈動の 23-25mHz のパワーが最大になった。プラズマ圏内部の磁気緯度 40-50°

では 12-14mHz のパワーが大きくなった。

SuperDARN の視野近くの上観測点で観測された Pi2 地磁気脈動は、プラズマ圏内部で、12-14mHz、23-25mHz の卓越周波数を持っており、パワーは緯度によらず 12-14 mHz の方が高い値を示していた。特に、プラズマポーズ近辺に位置し、Unwin データで Pi2 地磁気脈動を観測したエコーの直下に位置した Macquarie 観測点においては、12-14mHz のパワーは 23-25mHz のパワーに比べて低く、Unwin レーダーで観測した Pi2 のスペクトルとは異なっていた。

以上の観測結果は、夜側のプラズマ圏内部で調和振動モードの空洞共鳴 (参考文献 1) が引き起こされた後、プラズマ圏内部を夜側から夕方側に向かって Pi2 地磁気脈動のエネルギーが伝搬していることを示唆している。また、地上磁場と直上のレーダーで観測される Pi2 のスペクトルの様相が異なる点に関しては、レーダーの空間分解能が視野方向 45km であるのに対して、地上磁場観測はより広い領域の現象を足し合わせていることが原因であると考えられる (参考文献 2)。

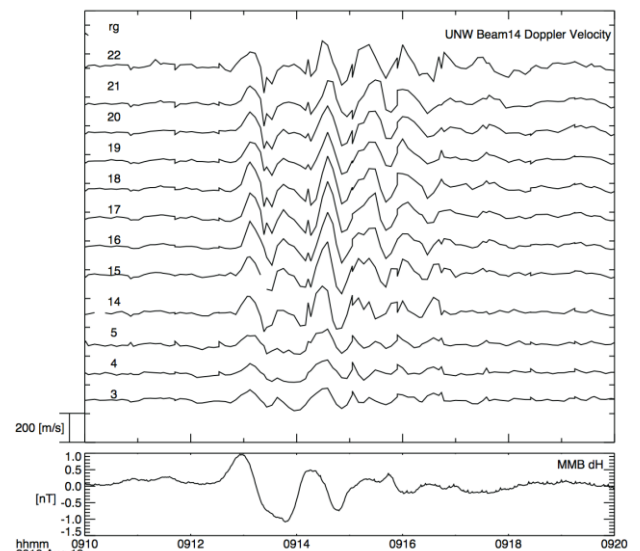


図 1 Unwin レーダーが観測した Pi2 地磁気脈動 (上) と低緯度 (Memabestu) 地磁気 Pi2 地磁気脈動 (下) 周波数が異なっている。

2012年5月8日11:09UT(イベント1)と12:40UT(イベント2)のSudden Commencementに伴い発生したPc5地磁気脈動に関してHokkaido SuperDARNレーダーと日本上空の静止軌道に位置するETS-8と全球的な地上観測網を用いて解析を行った。

上記イベント発生時に夜側(磁気地方時0-3時)の電離圏を観測していたHokkaido SuperDARNレーダーには、磁気緯度44-52°の範囲で3-7分の周期を持つPc5地磁気脈動が観測された。スペクトル解析を行ったところ、イベント1に関しては、2mHzと5mHzの周期が卓越しており、特に2mHzのパワーが大きかった。レーダーで観測されたPc5地磁気脈動の位相差と経度差からイベント1に関して、経度方向の波数を導出したところ $m=9.6$ の西向き伝搬の性質を持っていた。レーダーの視野直下に位置するParatunka地上磁場観測点では、2mHzと5mHzの振動が観測されたが、2mHzのパワーが卓越していた。イベント2に関しては、レーダーには2mHzの振動が観測された。また同経度の地上観測点を調べたところ、卓越周波数はイベント1で2mHzであり、イ

ベント2に関してはHokkaido radarで観測されたPc5地磁気脈動と同様に2mHzのPc5地磁気脈動が観測されたが、振幅は非常に小さかった。夜側の地上観測点に対し、昼側(磁気地方時11-15時)に位置していたSAMNETの地上磁場は、5.5mHzの卓越周波数を持つPc5地磁気脈動が観測された。位相と振幅の空間分布から昼側の磁気緯度57-60°の間で磁力線振動が起きていることを示唆している。また、イベント2に関しても同様の結果を得られた。

夜側に位置するETS-8は、イベント1においてはHokkaidoレーダーとは異なる波形を持つ13mHzの卓越周波数をもつ振動を観測したのに対し、イベント2では、Hokkaidoレーダーと同周期の振動を観測した。

以上の結果から2012年5月8日のSCに伴うPc5地磁気脈動は、太陽風動圧の急増によって磁気圏内に全球的な磁気圏振動モードが引き起こされ後におきる沿磁力線振動(参考文献3)によって引き起こされていると考えられる。

[参考文献]

- 1) Takahashi, K., R. R. Anderson, and W. J. Hughes (2003), Pi2 pulsations with second harmonic : CRRES observations in the plasmasphere, *J. Geophys. Res.*, 108(A6), 1242, doi:10.1029/2003JA009847.
- 2) Ponomarenko P. V., and C. L. Waters (2013), Transition of Pi2 ULF wave polarization structure from the ionosphere to the ground, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 1474-1478, doi:10.1002/grl.50271.
- 3) Piersanti, M., U. Villante, C. Waters, and I. Coco (2012), The 8 June 2000 ULF wave activity: A case study, *J. Geophys. Res.*, 117, A02204, doi:10.1029/2011JA016857

光学・レーダー・地磁気・GPS-TEC データを用いたオーロラ帯電離圏の研究

- | | | |
|---------|-----------------------|---------|
| ◎ 細川 敬祐 | 電気通信大学大学院情報理工学研究科・准教授 | (研究代表者) |
| 家森 俊彦 | 京都大学大学院理学研究科・教授 | (共同研究者) |
| 斉藤 昭則 | 京都大学大学院理学研究科・准教授 | (共同研究者) |
| 能勢 正仁 | 京都大学大学院理学研究科・助教 | (共同研究者) |
| 小山 幸伸 | 京都大学大学院理学研究科・特定研究員 | (共同研究者) |

国立極地研究所

行松 彰 准教授

平成 24 年 - 平成 26 年 (3 年)

[研究成果]

1. 研究目的

極域大型短波レーダー網 (SuperDARN) や地上光学観測によって得られる極域電離圏観測データに、地上磁場観測や GPS 受信機による電離圏全電子数観測・電離圏シンチレーション観測によって得られる情報を加えて、オーロラサブストーム時の極域電離圏のダイナミクスを考察する。具体的には、地上磁場観測からオーロラ爆発 (サブストーム) を抽出し、その時に得られた SuperDARN や地上光学観測・GPS 電離圏全電子数データを相補的に活用することで、オーロラの時間発展や衛星通信・測位環境へのインパクトなどについて解析を行う。光学観測データに関しては、極地研がこれまでアイスランド・ノルウェー・昭和基地において取得してきたものを用いる。

2. 代表的な研究成果

[研究発表] の項目に挙げられているように、研究期間中に多くの興味深い観測事例が得られ、その解析結果を 24 本の学術論文としてまとめることができた。その殆どが、極地研、および電通大が行っている地上光学観測に他の様々な観測機器から得られるデータを組み合わせることによって得られたものである。

以下では、その中のいくつかを紹介する。[研究発表] の 22 では、昭和基地とアイスランドで同時に観測されたオーロラの微細構造に関して、その共役性を示し、サブストームオンセットの直前に現れるビーズ状のオーロラの起源が磁気圏赤道面にあることを示した。また、[研究発表] の 11 では、アイスランドで観測されたサブストームについて、そのオンセット前に現れたビーズ状オーロラの近傍に微細な電場構造が存在することを、SuperDARN レーダーによる高時空間分解能観測を用いて示した。さらに、[研究発表] の 2 では、ノルウェーのトロムソにおける GPS 観測データを用いて、オーロラ爆発に伴う GPS 測位電波の乱れ (電離圏シンチレーション) について解析を進め、サブストームオンセットの直後に顕著な位相シンチレーションが発生することを示した。

3. まとめ

上述のように、極域に展開されている地上光学観測とそれを取り巻く様々な観測機器によって得られたデータの融合研究は順調に推移し、期待以上の成果を得ることができた。今後は、脈動オーロラなどの内部磁気圏と関連する現象についても、解析を進めていく予定である。

[研究発表]

1. Dahlgren, H., G. Perry, J.-P. St-Maurice, T. Sundberg, K. Hosokawa, J. L. Semeter, M. J. Nicolls, K. Shiokawa, 3D imaging reveals electrodynamic of polar cap aurora, *News and Reviews in Astronomy and Geophysics*, 55, doi:10.1093/astrogeo/atu215, 2014
2. Hosokawa, K., Y. Otsuka, Y. Ogawa, and T. Tsugawa, Observations of GPS scintillation during an isolated auroral substorm, *Progress in Earth and Planetary Science*, 1:16, 2014
3. Sakai, J., K. Hosokawa, S. Taguchi, and Y. Ogawa, Storm-time enhancements of 630.0-nm airglow associated with polar cap patches, *Journal of Geophysical Research*, 119, doi:10.1002/2013JA019197, 2014
4. Hosokawa, K., Y. Takeda, A. Kadokura, A. S. Yukimatu, and N. Sato, Simultaneous NLC and PMSE Observations at Syowa, Antarctica, *Antarctic Record*, 57, 317-328, 2014
5. Hosokawa, K., S. Taguchi, K. Shiokawa, Y. Ogawa, and M. Nicolls, Global imaging of polar cap patches with dual airglow imagers, *Geophysical Research Letters*, 41, doi:10.1002/2013GL058748, 2014
6. Ogawa, Y., M. Sawatsubashi, S. C. Buchert, K. Hosokawa, S. Taguchi, S. Nozawa, S. Oyama, T. T. Tsuda, and R. Fujii, Relationship between auroral substorm and ion upflow in the nightside polar ionosphere, *Journal of Geophysical Research*, 118, doi:10.1002/2013JA018965, 2013
7. Perry, G., J.-P. St-Maurice, and K. Hosokawa, The interconnection between cross-polar cap convection and the luminosity of polar cap patches, *Journal of Geophysical Research*, 118, doi:10.1002/2013JA019196, 2013
8. Demissie, T. D., K. Hosokawa, N. H. Kleinknecht, P. J. Espy, R. E. Hibbins, Planetary wave oscillations observed in ozone and PMSE data from Antarctica, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 105-106, 207-213, 2013
9. Hosokawa, K., S. Taguchi, Y. Ogawa, and J. Sakai, Two-dimensional direct imaging of structuring of polar cap patches, *Journal of Geophysical Research*, 118, doi:10.1002/jgra.50577, 2013
10. Sato, N., A. Kadokura, T. Motoba, K. Hosokawa, G. Bjornsson and Th. Saemundsson, Ground-Based Aurora Conjugacy and Dynamic Tracing of Geomagnetic Conjugate Points, in *Auroral Phenomenology and Magnetospheric Processes: Earth And Other Planets* (eds A. Keiling, E. Donovan, F. Bagenal and T. Karlsson), American Geophysical Union, Washington, D. C., doi:10.1029/2011GM001154, 2013
11. Hosokawa, K., S. E. Milan, M. Lester, A. Kadokura, N. Sato, and G. Bjornsson, Large flow shears around auroral beads at substorm onset, *Geophysical Research Letters*, 40, doi:10.1002/grl.50958, 2013
12. Liu, E. X., H. Q. Hu, K. Hosokawa, R. Y. Liu, Z. S. Wu, Z. Y. Xing, First observations of Polar Mesosphere Summer Echoes by SuperDARN Zhongshan radar, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 104, 39-44, 2013
13. Grocott, A., K. Hosokawa, T. Ishida, M. Lester, S.E. Milan, M.P. Freeman, N. Sato and A.S. Yukimatu, Characteristics of medium-scale travelling ionospheric disturbances observed near the Antarctic Peninsula by HF radar, *J. Geophys. Res.*, 118, doi:10.1002/jgra.50515, 2013
14. Sakai, J., S. Taguchi, K. Hosokawa, and Y. Ogawa, Steep plasma depletion in dayside polar cap during a CME-driven magnetic storm, *Journal of Geophysical Research*, 118, doi:10.1029/2012JA018138, 2013
15. Hori T, N. Nishitani, Y. Miyoshi, Y. Miyashita, K. Seki, T. Segawa, K. Hosokawa, A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, N. Sato, M. Kunitake, and T. Nagatsuma, An integrated analysis platform merging SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC), *Adv. Polar. Sci.*, 24, doi:10.3724/SP.J.1085.2013.000692013, 69-77, 2013
16. Ogawa, Y., A. Kadokura, T. Motoba, Y. Tanaka, and K. Hosokawa, Processing and visualization of large amounts of auroral data obtained with All-sky/Narrow field-of-view parallel imagers in Tromso and Longyearbyen, *Journal of Space Science Informatics Japan*, vol. 2, 51-61, 2013
17. Hosokawa, K., S. Taguchi, and Y. Ogawa, Periodicities of polar cap patches, *Journal of Geophysical Research*, 118, doi:10.1029/2012JA018165, 2013
18. Taguchi, S. K. Hosokawa, Y. Ogawa, T. Aoki, and M. Taguchi, Double bursts inside a poleward-moving auroral form in the cusp, *Journal of Geophysical Research*, 117, doi:10.1029/2012JA018150, 2012
19. Dahlgren, H., G. Perry, J. Semeter, J.-P. St-Maurice, K. Hosokawa, M. Nicolls, M. Greffen, K. Shiokawa, C. Heinselman, Space-time variability of polar cap patches: direct evidence for internal plasma structuring, *Journal of Geophysical Research*, 117, doi:10.1029/2012JA017961, 2012
20. Motoba, T., K. Hosokawa, Y. Ogawa, N. Sato, A. Kadokura, S. E. Milan, M. Lester, Simultaneous ground-satellite observations of meso-scale auroral arc undulations, *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2011JA017291, 2012
21. Jayachandran, P. T., K. Hosokawa, K. Shiokawa, Y. Otsuka, C. J. Watson, S. C. Mushini, J. W. MacDougall, P. Prikryl, R. Chadwick, and T. D. Kelly, GPS Total Electron Content Variations Associated with Poleward Moving Sun Aligned Arcs, *Journal of Geophysical Research*, 117, doi:10.1029/2011JA017423, 2012
22. Motoba, T., K. Hosokawa, A. Kadokura, and N. Sato, Magnetic conjugacy of northern and southern auroral beads, *Geophysical Research Letters*, 39, doi:10.1029/2012GL051599, 2012
23. Dahlgren, H., J. L. Semeter, K. Hosokawa, M. J. Nicolls, T. W. Butler, M. G. Johnsen, K. Shiokawa, and C. Heinselman, Direct three-dimensional imaging of polar ionospheric structures with the Resolute Bay Incoherent Scatter Radar, *Geophysical Research Letters*, 39, doi:10.1029/2012GL050895, 2012
24. Koustov, A. V., K. Hosokawa, N. Nishitani, K. Shiokawa, and H. Liu, Signatures of moving polar cap arcs in the F-region PolarDARN echoes, *Ann. Geophys.*, 30, 441-455, 2012

共同研究報告書（終了）

大気圏と電離圏/磁気圏との電磁結合に関する研究

- ◎早川 正士 電気通信大学名誉教授（電通大先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター客員教授）（研究代表者）
太田 健次 中部大学工学部・教授（共同研究員）
井筒 潤 中部大学工学部・講師（共同研究員 平成25年より）
（国立極地研究所）
山岸 久雄 教授（担当教員）
平成24年～平成26年（3か年）（研究期間）

[研究成果]

平成24～26年の一般共同研究のテーマは、大気圏と電離圏/磁気圏との電磁結合である。このトピックスは近年のスペース物理の最も重要な研究テーマの一つである領域間結合である。この大気圏と電離圏/磁気圏結合は、極域のみならず、如何なる緯度（中低緯度）での色々な現象の基礎知見となる。本テーマの主題である、大気圏と電離圏/磁気圏結合は各種の現象を用いて解析されるが、平成24～26年の3年間では、主として以下の項目の調査を通して行った。

- (1) 気象現象、気象擾乱
- (2) 火山噴火
- (3) 地震および地震に伴う津波

更に、これらの解析に用いたデータとしては、下記の二種類のデータを主として用いた。

- (1) VLF/LF送信局電波を用いた電離層・大地導波管伝搬異常(電離層擾乱)
 - (2) ULF磁界変化
- 各々の現象についての研究の成果を紹介する。
- (1) 気象擾乱

本研究ではVLF/LF受信点はロシア カムチャカ (53.15°N, 158.92°E)、ユズノ・サハリン (46.95°N, 142.75°E)及びユズノ・クリル (44.03°N, 145.86°E) の3地点を用い、各観測点では日本国内JJY局(福島)、JJI局(宮崎)、NWC局(オーストラリア)、NPM局(ハワイ)からの送信局電波を受信したデータを用いている。VLF/LFデータの解析結果では、VLF/LF信号が大気圧、湿度、風速、気温の変化に敏感であることが判明した。とりわけ、ユズノ・クリル地点でのVLF/LF信号異常が、大気パラメータに最も敏感であることが判明した。以上のVLF/LF伝搬経路は中緯度では高い冬期サイクロン活動、低緯度では夏から秋にかけての台風活動によって特長付けられる。数年間にわたるデータを用いて8ヶの赤道帯台風を調査した。台風活動に伴うVLF/LF夜間振幅の低下が6ヶの事例に対して認められ、台風がVLF/LF伝搬路を通過する1～2日にわたって発生した。あとの2例に関しては台

風の効果と地震の前兆効果が混在しており、両者を分離することが、困難な状況である。これらの夜間振幅のゆらぎスペクトルでは7～16分及び15～55分のスペクトル強度の上昇が認められ、この結合は内部重力波による可能性が高いと結論される。この結果は、以前の我々の極域での結果(Korepanov et al., 2009)を強く支持するものである。

(2) 火山噴火

2011年1月に発生した九州の霧島岳（新燃岳）(31°55'N, 130°52'E)に伴う電離層擾乱をVLF/LF伝搬データを用いて解析した。1月27日に大噴火が発生しているが、数多くの微小噴火が先行していた。宮崎県えびの市に存在するVLF局JJI局(22.4kHz)に関連する伝搬パス(JJIー調布、JJIーユズノ・サハリン、JJIーカムチャカ)を詳細に調査した結果、VLF/LF信号の夜間強度の擾乱が1月18日(UT)噴火の1.5時間後に最大の変化を示した。夜間信号強度は霧島岳の噴火前及び噴火活動の間電離層擾乱は継続した状況であった。昼間擾乱は観測されず、夜間強度のゆらぎスペクトルは6～30分の周期にて最大振幅を示し、これはまた内部重力波が原因であろう。

(3) 地震及び地震に伴う津波

2011年3月11日の東日本大震災(マグニチュードMs=9.0)に伴う津波の効果が明瞭に電離層擾乱として検出できることをVLF/LF送信局電波を用いて世界で初めて検出した。震央に最も近いVLF/LF送信局としてJJY局(福島、40kHz)とNPM局(ハワイ)からの送信局電波を用いた。受信点としては北海道母子里、ユズノ・サハリン、カムチャカなどを用いた。NPM局(ハワイ)送信局電波の振幅と位相が津波の到来時に明瞭に観測された。これらによる電離層での擾乱は東北沖地域での津波計(GPSに基づく)の直接観測データと比較した。更に、VLF/LF振幅のゆらぎ解析から、8～50分のゆらぎの重要性が示唆され、津波により励起された内部重力波の効果であろう。

[研究発表]

- Suzuki, T., Y. Matsudo, T. Asano, M. Hayakawa, and K. Michimoto, Meteorological and electrical aspects of several winter thunderstorms with sprites in the Hokuriku area of Japan, *J. Geophys. Res.*, vol.116, D06205, doi:10.1029/2009JD013358, 2011.
- Hayakawa, M., Y. Kasahara, T. Nakamura, Y. Hobara, A. Rozhnoi, M. Solovieva, O. A. Molchanov, and V. Korepanov, Atmospheric gravity waves as a possible candidate for seismo-ionospheric perturbations, *J. Atmos. Electr.*, vol.31, No.2, 129-140, 2011.
- Hayakawa, M., Probing the lower ionospheric perturbations associated with earthquakes by means of subionospheric VLF/LF propagation, *Earthquake Science*, vol.24, No.6, 609-637, 2011.
- Hayakawa, M., Y. Hobara, Y. Yasuda, H. Yamaguchi, K. Ohta, J. Izutsu, and T. Nakamura, Possible precursor to the March 11, 2011, Japan earthquake: ionospheric perturbations as seen by subionospheric very low frequency/low frequency propagation, *Ann. Geophysics (Italy)*, vol. 55, no. 1, 95-99, doi: 10.4401/ag-5357, 2012.
- Hayakawa, M., Y. Kasahara, T. Endoh, Y. Hobara, and S. Asai, The observation of Doppler shifts of subionospheric LF signal in possible association with earthquakes, *J. Geophys. Res.*, vol. 117, A09304, doi:10.1029/2012JA017752, 2012.
- Hayakawa, M., Y. Hobara, and T. Suzuki, Lightning effects in the mesosphere and ionosphere, in "Lightning Electromagnetics", Ed. by V. Cooray, Chapter 16, Inst. Engineering and Technology, 611-646, 2012.
- Hobara, Y., and M. Hayakawa, The effects of lightning on the ionosphere/magnetosphere, in "Lightning Electromagnetics", Ed. by V. Cooray, Chapter 17, Inst. Engineering and Technology, 647-685, 2012.
- Hayakawa, M., A. Rozhnoi, M. Solovieva, Y. Hobara, K. Ohta, A. Schekotov, and E. Fedorov, The lower ionospheric perturbation as a precursor to the 11 March 2011 Japan earthquake, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 4, no. 3, 275-287, doi:org/ 10.1080/19475705.2012.751938, 2013.
- Hayakawa, M., A. Schekotov, E. Fedorov, and Y. Hobara, On the ultra-low-frequency magnetic field depression for three huge oceanic earthquakes in Japan and in the Kurile islands, *Earth Science Research*, vol. 2, no. 1, 33-42, 2013.
- Schekotov, A., E. Fedorov, Y. Hobara, and M. Hayakawa, ULF magnetic field depression as a possible precursor to the 2011/3.11 Japan earthquake, *J. Atmos. Electr.*, vol.33, no.1, 41-51, 2013.
- Nakamura, T., V. Korepanov, Y. Kasahara, Y. Hobara, and M. Hayakawa, An evidence on the lithosphere-ionosphere coupling in terms of atmospheric gravity waves on the basis of a combined analysis of surface pressure, ionospheric perturbations and ground-based ULF variations, *J. Atmos. Electr.*, vol.33, no.1, 53-68, 2013.
- Endo, T., Y. Kasahara, Y. Hobara, T. Sue and M. Hayakawa, A note on the correlation of seismo-ionospheric perturbations with ground motions as deduced from F-net seismic observations, *J. Atmos. Electr.*, vol.33, no.1, 69-76, 2013.
- Hayakawa, M., Y. Hobara, A. Rozhnoi, M. Solovieva, K. Ohta, J. Izutsu, T. Nakamura, and Y. Kasahara, The ionospheric precursor to the 2011 March 11 earthquake based upon observations obtained from the Japan-Pacific subionospheric VLF/LF network, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, vol. 24, no. 3, 393-408, doi: 10.3319/TAO.2012.12.14.01(AA), 2013.
- Rozhnoi, A., M. Solovieva, and M. Hayakawa, VLF/LF signals method for searching of electromagnetic earthquake precursors, in "Earthquake Prediction Studies: Seismo Electromagnetics", Ed. by M. Hayakawa, TERRAPUB, Tokyo, 31-48, 2013.
- Rozhnoi, A., M. Hayakawa, M. Solovieva, Y. Hobara, and V. Fedun, Ionospheric effects of the Mt. Kirishima volcanic eruption as seen from subionospheric VLF observations, *J. Atmos. Solar-terr. Phys.*, vol. 107, 54-59, 2014.
- Rozhnoi, A., M. Solovieva, M. Hayakawa, H. Yamaguchi, Y. Hobara, B. Levin and V. Fedun, Tsunami-driven ionospheric perturbations associated with the 2011 Tohoku earthquake as detected by subionospheric VLF signals, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, doi:10.1080/19475705.2014.888100, 2014.
- Rozhnoi, A., S. Shalimov, M. Solovieva, B. Levin, G. Shevchenko, M. Hayakawa, Y. Hobara, S. N. Walker, and V. Fedun, Detection of tsunami-driven phase and amplitude perturbations of subionospheric VLF signals following the 2010 Chile earthquake, *J. Geophys. Res.*, vol. 119, no. 6, 5012-5019, doi:10.1002/2014JA019766, 2014.
- Rozhnoi, A., M. Solovieva, B. Levin, M. Hayakawa, and V. Fedun, Meteorological effects in the lower ionosphere as based on VLF/LF signal observations, *Natural Hazards Earth System Sci.*, vol. 14, 2671-2679, doi:10.5194/nhess-14-2671-2014, 2014.
- Rozhnoi, A., M. Solovieva, V. Fedun, M. Hayakawa, K. Schwingenschuh, and B. Levin, Correlation of very low and low frequency signal variations at mid-latitudes with magnetic activity and outer-zone particles, *Ann. Geophys.*, vol. 32, 1455-1462, doi: 10.5194/angeo-32-1455-2014, 2014

(共同研究報告書 (終了))

衛星観測ならびに地上観測に基づく内部磁気圏プラズマダイナミクス及び電離圏-磁気圏結合の研究

- ◎小野高幸 東北大学大学院理学研究科・教授 (～平成25年)
- ◎熊本篤志 東北大学大学院理学研究科・准教授 (平成26年～)
- 加藤雄人 東北大学大学院理学研究科・准教授
- (国立極地研究所)
- 宮岡 宏 教授
- 小川泰信 准教授
- 佐藤由佳 助教
- 平成24年～平成26年 (3か年)

[研究成果]

内部磁気圏プラズマのダイナミクスならびに電離圏・磁気圏結合の解明を目的として、超高層現象の衛星観測と極域地上観測データによる比較解析に取り組んだ。特に極域 MF/HF 帯電波放射の解析に重点を置き、北欧に展開する地上電波観測点での Auroral Radio Spectrograph (ASR)による定常観測の継続・Akebono (EXOS-D) 衛星のデータを用いた統計解析を行うとともに、複数の観測機器のデータを活用した総合解析を進め、さらに EISCAT レーダ・Akebono サウンダによる電子密度の高度分布導出による電波放射の生成・伝搬機構の解明にも取り組んだ。以下、3つのトピックスについてその研究成果を示す。

1. 北欧地上電波観測に基づく $4f_{ce}$ auroral roar の研究：2005 年以来、北欧に展開する地上電波観測点での ASR を用いた MF/HF 帯オーロラ電波の地上観測によって、従来から報告されてきた $2f_{ce}$ ¹⁾, $3f_{ce}$ ²⁾ より高次の $4f_{ce}$ auroral roar が発見された³⁾。 $2f_{ce}$, $3f_{ce}$ auroral roar が夜側で観測されるのに対し、 $4f_{ce}$ auroral roar は昼側で観測された。これは昼側の高密度のプラズマによって $f_{UHR} = 4f_{ce}$ を満たす領域が生じることによって発生したと考えられる。 $4f_{ce}$ auroral roar が、このメカニズムで発生した場合、伝搬モードは O モードとなるが、Akebono 衛星が上部電離圏で観測した狭帯域の地球ヘクトメータ波 (THR) ($\sim 2f_{ce}$, O-mode) の 2 倍高調波 ($\sim 4f_{ce}$) の伝搬モードが X-mode であったことから⁴⁾、ASR で観測された 11 例の $4f_{ce}$ auroral roar の偏波特性を調べた結果、9 例が O モー

ド、2 例が X モードだった。9 例の O モードのイベントのうち 6 例は従来報告してきたように³⁾、昼側で観測されたが、3 例は夜側で観測された。これは夜側であってもオーロラ粒子の降下によってプラズマ密度が増大し $f_{UHR} = 4f_{ce}$ の条件が満たされる場合があったことを示唆している。X モードの $4f_{ce}$ auroral roar の発生メカニズムとして、(1) サイクロトロンメーザ不安定(CMI)による直接励起、(2) O モードの $2f_{ce}$ auroral roar 同士の wave-wave interaction による非線形モード変換⁴⁾、(3) ある条件の不均質な媒質中を伝搬することによる線形モード変換、などの候補が挙げられるが、今後、電波の到来方向と密度構造の同時観測との比較、上部電離圏での THR の統計解析などによって、発生メカニズムの各仮説の検証を進めていく必要がある⁵⁾。

2. 上部電離圏で観測されるオーロラ電波広帯域放射の研究：地上で観測される MF バースト⁶⁾に近いスペクトル構造と周波数帯域をもつ広帯域 (帯域幅>0.5MHz) の地球ヘクトメータ波(THR)が、上部電離圏を飛行する Akebono 衛星で観測されている。本研究ではこの波動に注目し、Akebono 衛星の観測データを用いて出現特性を明らかにするとともに、その発生メカニズムの検討を行った。まず初めに Akebono 衛星で 1989 年 3 月～12 月の期間に観測されたスペクトル観測データの統計解析を実施し、LO

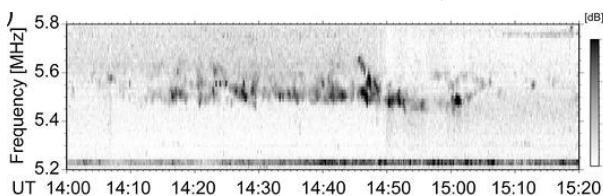


図1 ASR で観測された $4f_{ce}$ auroral roar³⁾

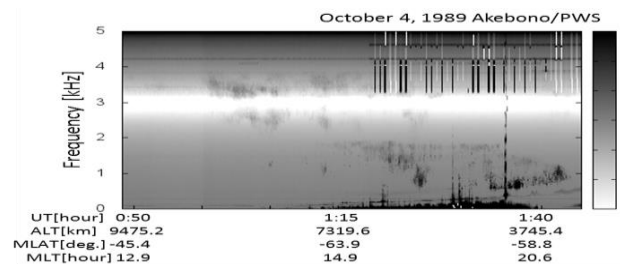


図2 Akebono で観測された広帯域 THR⁸⁾
(裏面に続く)

モード・RX モードの広帯域放射が観測される周波数帯がそれぞれ 0.4~2.6 MHz、2.0~4.3 MHz であることを明らかにした。次にこれらの電磁波が、MF burst で提案されている発生メカニズム 7)と同様に、オーロラ降下電子とのランダウ共鳴で発生した UHR 波動がモード変換して衛星に伝搬したものである、という仮説を立て、Akebono 衛星のサウンダ観測データによって決定された上部電離圏の電子密度の高度分布をもとに、観測される LO モード波・RX モード波の電波源高度がそれぞれ 640~1250 km、450~1400 km であることを示した。さらに、オーロラ降下電子によって励起する UHR 波の線形成長率の計算から、推定された電波源高度で UHR 波の成長が最大となること、但しこれらの高度範囲外でも UHR 波が成長しうることを示し、ランダウ共鳴による発生メカニズムの仮説が基本的には妥当である

こと、但し観測周波数の上限・下限は UHR 発生後のモード変換および上部電離圏での伝搬の過程において生じたものであることを結論した⁸⁾。

3. Akebono 衛星運用終了に伴うサウンダ集中観測キャンペーンの実施：Akebono 衛星が平成 27 年 4 月をもって運用を終了することとなったため、装置の長期保全の観点から休止していたサウンダ観測を再開し、最後の全日照期間となる平成 27 年 3 月~4 月に集中観測キャンペーンを実施している。集中観測にあたっては、高緯度の EISCAT・低緯度の SEALION 等との比較解析も視野に入れて、これらとなるべく同時観測となるような運用計画を立てている。このサウンダ集中観測キャンペーンの実施中に、本共同研究は終了となるが、得られたデータセットは、将来の共同研究を支える重要な研究基盤の 1 つとなっていくことが期待されている。

[参考文献]

- 1) Kellogg, P. J., and S. J. Monson (1979), Radio emissions from the aurora, *Geophys. Res. Lett.*, 6(4), 297–300, doi:10.1029/GL006i004p00297.
- 2) Weatherwax, A. T., J. LaBelle, M. L. Trimpi, and R. Brittain (1993), Ground-based observations of radio emissions near 2fce and 3fce in the auroral zone, *Geophys. Res. Lett.*, 20(14), 1447–1450, doi:10.1029/GL020i014p01447.
- 3) Sato, Y., T. Ono, N. Sato, and Y. Ogawa (2012), First observations of 4fce auroral roar emissions, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L07101, doi:10.1029/2012GL051205.
- 4) Sato, Y., T. Ono, N. Sato, and R. Fujii (2010), MF/HF auroral radio emissions emanating from the topside ionosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L14102, doi:10.1029/2010GL043731.
- 5) Sato, Y., A. Kadokura, Y. Ogawa, A. Kumamoto, and Y. Katoh (2015), Polarization observations of 4fce auroral roar emissions, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 249–255, doi:10.1002/2014GL062838.
- 6) Weatherwax, A. T., J. LaBelle, M. L. Trimpi, R. Brittain, R. A. Treumann, Ground-based observations of MF/HF radio noise in the auroral zone, *J. Geophys. Res.*, 99(A2), 2109–2119, doi:10.1029/93JA01806.
- 7) LaBelle, J., S. G. Shepherd, and M. L. Trimpi (1997), Observations of auroral medium frequency bursts, *J. Geophys. Res.*, 102(A10), 22,221–22,231, doi:10.1029/97JA01905.
- 8) 酒井将隆 (2015), あけぼの衛星による上部電離圏における MF/HF 帯オーロラ電波放射に関する研究, 修士論文, 東北大学.

[研究発表]

- Sato, Y., T. Ono, N. Sato, and Y. Ogawa (2012), First observations of 4fce auroral roar emissions, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L07101, doi:10.1029/2012GL051205.
- Sato, Y., A. Kadokura, Y. Ogawa, A. Kumamoto, and Y. Katoh (2015), Polarization observations of 4fce auroral roar emissions, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 249–255, doi:10.1002/2014GL062838.
- 酒井将隆(2015), あけぼの衛星による上部電離圏における MF/HF 帯オーロラ電波放射に関する研究, 修士論文, 東北大学.

極域対流圏・成層圏から超高層大気への大気重力波伝搬の観測

◎鈴木臣 名古屋大学高等研究院・特任助教
 (国立極地研究所)
 中村拓司 教授
 江尻省 助教
 平成24年～平成26年(3か年)

はじめに

大気重力波は主に下層大気の大気擾乱等により発生し、大気中を伝搬する。中間圏・下部熱圏 (MLT) 領域においては、大気重力波が碎破することによる運動量・エネルギーが大循環の形成に重要な役割を果たしている¹⁾。MLT 重力波の観測には、構造の鉛直情報が得られるレーダーやライダー、水平2次元構造を画像として観測する大気光イメージャが用いられている。中間圏大気重力波の総合観測キャンペーン (ANDON campaign: 2008年～2009年) では、これらの測器によって、同一の大気重力波の3次元構造を捉えることに成功した²⁾。しかしながら、この観測は大気光高度付近 (80～100 km) に限られており、下層大気から波動がどのように MLT 大気につながるかの議論はなされていない。そこで、筆者らは 2010年～2011年にドイツおよびノルウェーにおいて Rayleigh-Mie-Raman (RMR) ライダー (地表付近から高度約80 km までの温度や風速等を観測) と大気光観測を組み合わせ、下層から MLT 大気に至る波動の構造の観測的解明に向けた体制づくりを進めた³⁾。本研究では、極域特有の気象から発生し、MLT 高度に至る大気重力波に着目し、その波動が中緯度超高層大気ダイナミクスに与える影響を観測的に捉えるプロジェクトである。

観測・結果

国立極地研究所が所有する大気光イメージャをドイツ・キューリングスボルンのライプニッツ大気物理研究所 (IAP) 敷地内の光学観測施設 (54°N, 12°E) に設置し、大気光のイメージング観測を実施した。設置した大気光イメージャは魚眼レンズ (Nikkor f=6 mm F/1.4), 干渉フィルター (OH: 透過波長 680-900 nm, OI: 555.7 nm, および 630 nm, Na: 589.3 nm, background: 572.8 nm), リレーレンズ, および CCD カメラ (Hamamatsu C4880, 512×512ピクセル) で構成されている

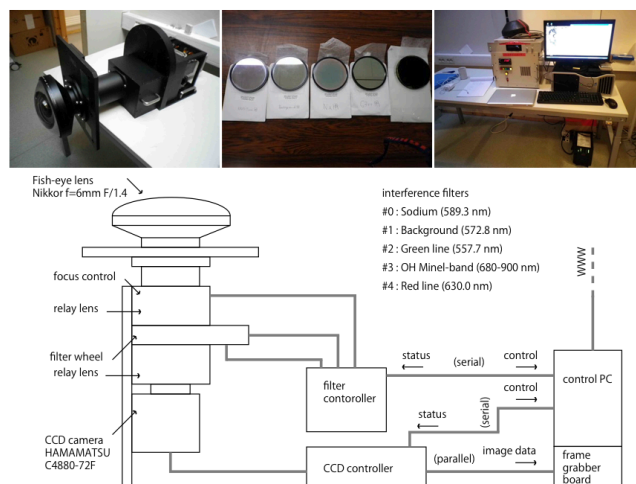


図1: システムの写真 (上右: イメージャ本体, 上中: 干渉フィルター, 上右: コントローラと制御PC)。 (下) システムの概略図³⁾。

(図1)。本研究では、はじめに、日本へのデータの転送体制を整え、大気光画像データ (クイックルック図) のウェブでの速やかな公開環境を構築した (図2)。これにより、一晩の画像データを翌日には確認できるようになり、興味あるイベントとともに、システムの不具合の速やかな発見や、天候の確認、国内外の研究者との情報共有に役立てられた。

北欧域の大気重力波の大気光イメージング観測これまでほとんどなされていないため、筆者らは、ノルウェーの ALOMAR 観測所 (69°N, 16°E) に同機を設置した際に得られた2010年11月26日の解析から進めた。ALOMAR 観測所にも、IAPが運用する RMR ライダーが稼働しており、アメリカ CORA が運用する Na ライダーのデータも利用できる。これまで、超高層と下層・中層大気の観測の直接的な比較はほとんどなされておらず、特に極域で発生する波動が超高層に至る過程は未だよく分かっていない。そのため、両観測を基に大気重力波の鉛直伝搬に焦点をあてて調査したところ、中間圏界面付近を伝搬する大気重力波 (水平波長 277 km, 周期 (裏面につづく))

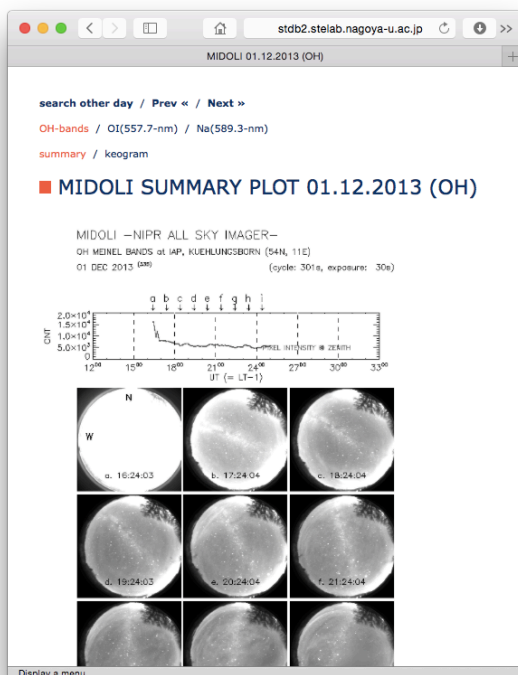


図2：大気光データ公開の例（2013年12月1日のOH大気光画像の天頂輝度と1時間ごとの生画像）。ウェブでは、この他、557.7-nm画像、Na画像について生画像、ケオグラム、それらの時間差分画像も公開している。

59分)が、大気光イメージャによって捉えられ、ほぼ同周期の温度変動も成層圏・中間圏の

ライダー観測から確認された。大気光観測で得られた大気重力波のパラメータは、ライダー観測の結果と矛盾が無く、両観測で得られた大気重力波は同一のものであると結論づけられた。これは、中間圏界面付近を伝搬する大気重力波の鉛直方向の伝搬構造を初めて明らかにした結果であるといえる。さらに、筆者らは、開発した3次元レイトレーシングによって、観測された大気重力波が、極渦起源であることを示した。波動が励起されたと考えられるグリーンランド南東の海上から、観測所までの距離は2600 kmであり、このことから、極渦起源の波動が中緯度超高層大気にまで伝搬し得るという知見を得た。

ドイツ・キューリングスボルンに設置した大気光イメージャは2014年8月に撤収した。今後は、観測されたおよそ2年分の大気光データから大気重力波パラメータを解析することで、北欧中緯度の大気重力波の活動と極域大気につながりを統計的に明らかにしていく。また、ライダーとの同時観測も数十晩に渡って成功しているため、極域起源の大気重力波の中緯度への鉛直伝搬構造とともに、その波動が中間圏界面でどのようなダイナミクスに作用しているのかを詳細に調査していく。

[参考文献]

- 1) Fritts, D. C., and M. J. Alexander: Gravity wave dynamics and effects in the middle atmosphere, *Rev. Geophys.*, Vol., 41, 1003, doi:10.1029/2001RG000106, 2003.
- 2) Suzuki, S., T. Nakamura, M. K. Ejiri, M. Tsutsumi, K. Shiokawa, and T. D. Kawahara: Simultaneous airglow, lidar, and radar measurements of mesospheric gravity waves over Japan, *J. Geophys. Res.*, 115, D24113, doi:10.1029/2010JD014674, 2010.
- 3) 鈴木臣, Franz-Josef Lübken, Gerd Baumgarten, Michael Gerding, 中村卓司: ドイツ・ノルウェーでの大気光観測の紹介, 中間圏・熱圏・電離圏研究集会2011年度サイエンスセッション収録, p12-p13, 2011.

[研究発表]

Suzuki, S., F.-J. Lübken, G. Baumgarten, N. Kaifler, R. Eixmann, B. P. Williams, and T. Nakamura; Vertical propagation of a mesoscale gravity wave from the lower to the upper atmosphere, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol., 97, p29-p36, 2013.

北欧におけるレーダーおよび光学観測機器を用いた下部熱圏・中間圏大気ダイナミクスの解明

◎野澤悟徳 名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授 (研究代表者)
 (国立極地研究所)
 堤雅基 准教授、小川泰信准教授 (担当教員)
 平成24年～平成26年(3か年) (研究期間)

【研究概要】

極域超高層大気は、下層大気からの影響を受けるだけでなく、磁気圏との結合を通して、電磁氣的エネルギーの流入を受ける特異な領域である。本研究課題の目的は、この特異な領域である北極域下部熱圏・中間圏の大気ダイナミクスの理解を、観測データを用いて深めることである。この領域の大気ダイナミクスの理解は、磁気圏-地球大気結合を理解する上で非常に重要である。観測機器として、トロンソ(69.6°N, 19.2°E)に設置されている EISCAT レーダー、流星レーダー、ナトリウムライダー、MF レーダー等を用い、(1) 大気重力波の上方伝搬に関する研究、(2) スポラディックナトリウム層(SSL)の生成機構の研究、(3) ナトリウムライダーと流星レーダーによる風速の比較研究などを実施した。

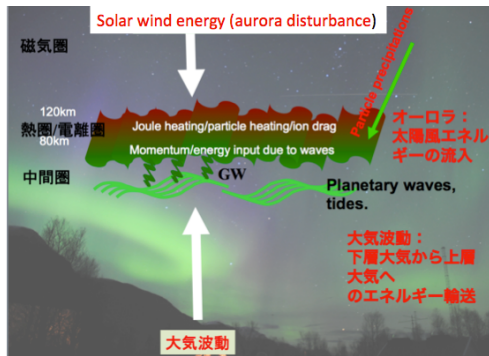


図1 北極域下部熱圏・中間圏の変動源のイメージ。磁気圏(オーロラ擾乱)および下層大気(大気波動)から影響を受けている。

(1) ナトリウムライダーと流星レーダー等を用いた大気重力波の上方伝搬に関する研究

下層大気で励起された大気重力波は、振幅を増大させながら高高度へ伝搬し、多くは中間圏界面付近で砕波すると考えられている。砕波によって、大気重力波は運動量を解放し、中間圏高度の子午面循環を駆動する重要な役割を担っている。地磁気活動が静穏な($K_p < 1$)2010年10月29日16:30から24:30 UTにおいて、みかけ周期約4時間、鉛直波長約11.9 km、水平波長約1380 km、振幅約15 K、位相速度約96 m s^{-1} の大気重力波がナトリウムライダーにより観測された。この大気重力波は、16:30から21:00 UTにおいて、高度約95 km付近まで上方伝搬していたが、21:00 UT以降はさらに高高度まで伝搬していた。21:00 UT以前に大気重力波の上方伝搬を妨げた物理機構を明らかにする

ため、フィルタリング効果、大気不安定(対流・力学的不安定)、砕波の調査を行った。背景風速度と位相速度の比較から、フィルタリング効果は、本事例では大気重力波の上方伝搬を妨げた主たる原因ではないことが分かった。一方、ブラントバイサラ振動数とリチャードソン数から、21:00 UT以前には高度95 km付近で断続的に対流・力学的不安定が引き起こっていたことが明らかになった。さらに、約18:00から21:00 UTにおける、MFレーダーの受信エコー強度の増大、およびナトリウム原子と中性大気密度の混合比の高度変動におけるオーバーターン(overturning)の存在から、本事例で観測された大気重力波は、21:00 UT以前、対流・力学的不安定によって砕波し、散逸していたと結論した。さらに、21:00 UTを境として、以前と以後で平均温度構造を比較した。その結果、21:00 UT以降は21:00 UT以前と比較して、平均温度の鉛直勾配が緩やかであり、背景大気により安定な状態であったことがわかった。このことは、背景大気温度構造の違いが、大気重力波の上方伝搬に支配的な影響を与えていたことを示唆する。(Takahashi et al., 2014)

(2) 拠点観測データによるスポラディックナトリウム層(SSL)の生成機構の解明

オーロラ活動が活発な2012年1月22日に、SSLがナトリウムライダーによって観測された。このSSLは21:18 UTから18分間存在し、最大ナトリウム密度およびその高度は、 $1.9 \times 10^{10} \text{ m}^{-3}$ 、93 kmであった。20:00-23:00 UTにおいて、EISCAT UHFレーダーによってスポラディックE(E_s)層が観測された。 E_s 層はSSL発生時間帯にSSLと同じ高度に位置していた。 E_s 層内に存在するナトリウムイオン密度の最大値を見積り、そのナトリウムイオンがすべて中性ナトリウム原子に変換されたと仮定しても、SSLのナトリウム原子密度の21%にしか満たないことを明らかにした。一方、EISCAT UHFレーダーで観測された電場の向きは20:00UT以降、荷電粒子を下方に加速させる向きであった。そこでナトリウム層上部に存在するナトリウムイオン層の密度高度分布としてPlane(2004)の値を用い、電場による下方輸送と化学反応によるナトリウム原子の生成・消滅を観測データを用いた数値解析から見積もった。

その結果、本事例では、SSLのナトリウム原子密度の88%を説明できることが分かった。これらのことから、SSLの主要なソースはナトリウムイオン層であること、ほぼ南西向き強い電場がSSLの生成に支配的な役割を果たしたことが観測データに基づいて初めて明らかになった。(Takahashi et al., 2015)

(3) 流星レーダーとナトリウムライダーを用いた風速比較

トロムソナトリウムライダーでは、世界初の5方向同時観測により、中性大気温度とナトリウム原子密度に加えて、中性風速を導出することが可能である。そこで、2012年シーズンから2014年シーズンにおける約130夜に取得された風速データを、流星レーダー風速と比較した。図2に比較の例を示す。比較の結果、高度80kmから95kmにおいて、両者は良い一致を示している。特に、半日潮汐波に代表される長時間変動に関しては基本的に良い一致を示している。一方で、ときおり大きな差異を示す事例も複数

見つかっている。原因として、観測領域の違い(小さいスケールの波動の影響)、流星の非均一性、磁気圏からマッピングされる強い電場の影響等が考えられる。現在、事例毎に比較を進め、原因を探っている。

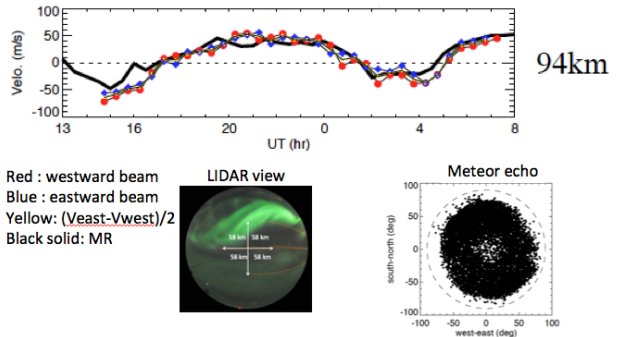


図2 風速比較図(2012年11月30日夜)。上段：高度94kmにおける流星レーダー(黒線)とライダー(赤丸、青丸、黄色)による風速比較。下段：ライダーの視野と流星レーダーのエコー分布図を示した。

[参考文献]

- (1) Plane, J. M. C., A time-resolved model of the mesospheric Na layer: constrains on the meteor input function, *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 627-638, 2004.

[研究発表]

- (1) Tsuda, T., S. Nozawa, T. D. Kawahara, T. Kawabata, N. Saito, S. Wada, Y. Ogawa, S. Oyama, C. M. Hall, M. Tsutsumi, M. K. Ejiri, S. Suzuki, T. Takahashi, T. Nakamura, Decrease in sodium density observed during auroral particle precipitation over Tromsø, Norway, *GRL*, 40, 4486-4490, DOI: 10.1002/grl.50897, 2013
- (2) Ogawa, Y., M. Sawatsubashi, S. C. Buchert, K. Hosokawa, S. Taguchi, S. Nozawa, S. Oyama, T. T. Tsuda, and R. Fujii, Relationship between auroral substorm and ion upflow in the nightsidem polar ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 118, 7426-7437, DOI: 10.1002/2013JA018965, 2013.
- (3) Nozawa, S., T. D. Kawahara, N. Saito, C. M. Hall, T. T. Tsuda, T. Kawabata, S. Wada, A. Brekke, T. Takahashi, H. Fujiwara, Y. Ogawa, and R. Fujii, Variations of the neutral temperature and sodium density between 80 and 107 km above Tromso during the winter of 2010-2011 by a new solid state sodium LIDAR, *J. Geophys. Res.*, 119, doi:10.1002/2013JA019520, 441-451, 2014.
- (4) Fujiwara, H., S. Nozawa, Y. Ogawa, R. Kataoka, Y. Miyoshi, H. Jin, and H. Shinagawa, Extreme ion heating in the dayside ionosphere in response to arrival of a coronal mass ejection on March 12, 2012, *Ann. Geophys.*, 32, 831-839, 2014
- (5) Ogawa, Y., T. Motoba, S. C. Buchert, I. Häggström and S. Nozawa, Upper Atmosphere cooling over the past 33 years, *GRL*, 41, 5629-5635, doi:10.1002/2014GL060591, 2014.
- (6) Takahashi, T., S. Nozawa, M. Tsutsumi, C. Hall, S. Suzuki, T. T. Tsuda, T. D. Kawahara, N. Saito, S. Oyama, S. Wada, T. Kawabata, H. Fujiwara, A. Brekke, A. Manson, C. Meek, and R. Fujii, A case study of gravity wave dissipation in the polar MLT region using sodium LIDAR and radar data, *Ann. Geophys.*, 32, 1195-1205, 2014.
- (7) Takahashi, T., S. Nozawa, T. T. Tsuda, Y. Ogawa, N. Saito, T. Hidemori, T. D. Kawahara, C. Hall, H. Fujiwara, N. Matuura, A. Brekke, M. Tsutsumi, S. Wada, T. Kawabata, S. Oyama, and R. Fujii, A case study on generation mechanisms of a sporadic sodium layer above Tromsø (69.6°N) during a night of high auroral activity, *Ann. Geophys.*, in press, 2015

(別紙)

参 加 者 一 覧

<input type="checkbox"/> 研究プロジェクト		<input checked="" type="checkbox"/> 一般共同研究		<input type="checkbox"/> 研究集会		課題番号	24-10
研究課題名		北欧におけるレーダーおよび光学観測機器を用いた 下部熱圏・中間圏大気ダイナミクスの解明					
氏名		所属	職	備考			
所内	堤雅基	研究教育系宙空圏研究グループ	准教授				
	小川泰信	研究教育系宙空圏研究グループ	准教授				
小計	2名						
所外	野澤悟徳	名古屋大学太陽地球環境研究所	准教授				
	高橋透	名古屋大学太陽地球環境研究所	大学院生				
小計	2名						
合計	4名						

※研究プロジェクト・一般共同研究・研究集会、いずれかを■にしてください。

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

グローバル磁力計・オーロラ TV 観測による Pi2 電流系の研究

◎菊池 崇 名古屋大学太陽地球環境研究所・名誉教授 (研究代表者)
 西村 幸敏 カリフォルニア大学 (UCLA) 大気海洋科学部・研究員 (共同研究者)
 (国立極地研究所)
 門倉 昭 教授 (担当教員)
 平成 24 年～平成 26 年 (3 か年) (研究期間)

[研究成果]

極域 Pi2 地磁気脈動は中低緯度 Pi2 と成因が異なるとされているが、一方で、昼間赤道に現れる Pi2 は極域電離圏から伝搬した電流によるとされる。我々は、Iceland, Syowa で取得した 1 秒値データから Pi2 を選び出し、赤道 Pi2 と同時に発生し、位相が一致する事例を見いだした。図 1 に昼間赤道 (YAP)、昼間低緯度 (OKI)、夜間低緯度 (SLZ)、そして真夜中のアイスランド (AED) の Pi2 を示す。YAP, OKI の比較から Pi2 の振幅が昼間赤道で増大している。この特性は、SC の PRI, MI や DP2 など多くの地磁気変動事象で見られ、極域電離圏へ領域 1 型沿磁力線電流が流入し、電離圏に極から赤道へ広がる DP2 型の電流が流れることが原因と考えられている。さらに、図 1 は赤道 Pi2 が夜側低緯度の Pi2 と同じ位相関係にあることを示している。夜側中低緯度 Pi2 の成因

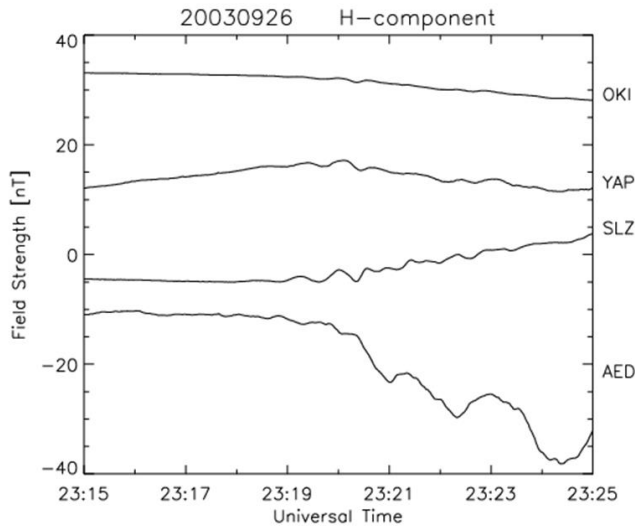


図 1

として cavity resonance、または current wedge 型沿磁力線電流の磁場効果が提案されているが、DP2 型電離圏電流を供給する領域 1 型沿磁力線電流が夜側へシフトしたと考えると、current wedge 型沿磁力線電流が昼間赤道と夜間中低緯度での観測をよく説明する。また、沿磁力線電流効果は緯度の増加とともに大きくなるため、Pi2 の振幅が緯度とともに増加することも説明する。一方、真夜中付近に位置するアイスランドの Pi2 は、昼間赤道の Pi2 と逆位相の関係にある (図 1, YAP-AED)。沿磁力線電流

が昼側赤道へ流入すると同時に夜側オーロラ帯を流れ、それらの向きは互いに逆であるために、逆位相になる。したがって、図 1 に示した昼間赤道、夜間低緯度、夜間オーロラ帯の Pi2 は、current wedge 型沿磁力線電流がオーロラ帯に流入し、昼間磁気赤道を含むグローバル電離圏へ流入する電流系の存在を強く示唆している。極域から赤道への電流の伝送は Earth-ionosphere waveguide [Kikuchi, JGR 2014] の TMO モードが担うために、伝搬による時間差はない。このために、2 点間の相関は電流の向きとの関係で同位相か逆位相となる。

次に、沿磁力線電流を同定するために、オーロラ光データを解析した。オーロラアークが沿磁力線電流の足元で光ることは、Nishimura et al. [GRL 2012] により、substorm onset 直前に CHAMP 衛星がオーロラアークを横切ったときに上向き電流として示された (図 2)。したがって、オーロラアークが Pi2 発

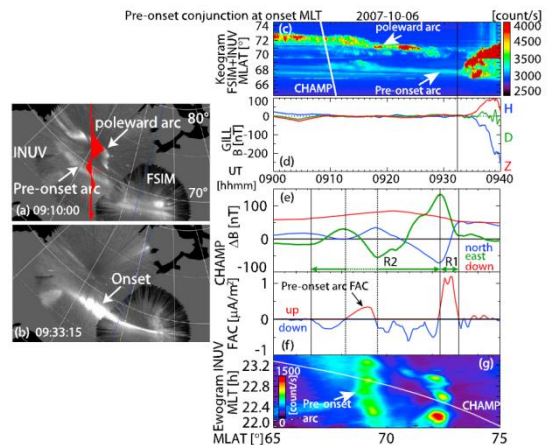


図 2

生時に時間的または空間的に周期変動し、中低緯度の磁場データの Pi2 と同期するならば、Pi2 時に発達する上向き沿磁力線電流と同定できる。図 3 はカナダに於けるオーロラケオグラムと高緯度から低緯度で観測された Pi2 を示す [Nishimura et al., JGR 2012]。地磁気の Pi2 に周期的なオーロラ流が同期していることがわかる。この結果は current wedge 型の沿磁力線電流の存在を強く示唆している。

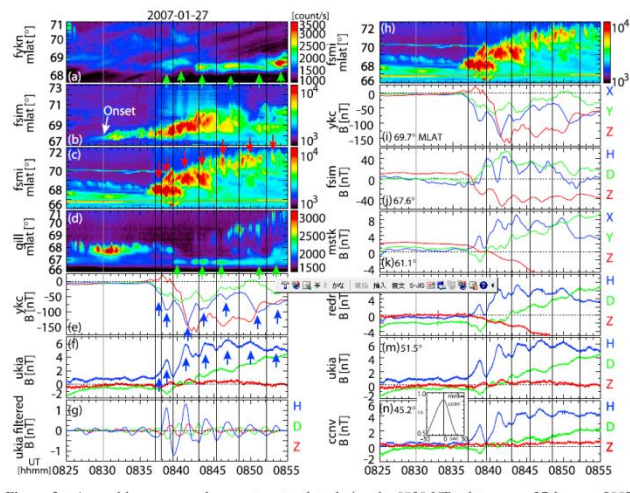


図 3

以上をまとめると、Pi2 時には、磁気圏尾部から current wedge 型沿磁力線電流により電流と電場が供給され、これがオーロラを光らせ、グローバルな DP2 型電離圏電流を流す。赤道 DP2 電流が昼間赤道の Pi2 を発生させると同時に、夜側の中低緯度では沿磁力線電流の直接効果として Pi2 が発生する。解析した事例では、オーロラジェット電流の Pi2 もグローバル電流系の一部として理解される。

[発表論文リスト(2012-2014)]

1. **Takashi Kikuchi** (2014), Transmission line model for the near-instantaneous transmission of the ionospheric electric field and currents to the equator, *J. Geophys. Res.Space Physics*, 119, DOI: 10.1002/2013JA019515.
2. **Nishimura, Y.**, L. R. Lyons, **T. Kikuchi**, V. Angelopoulos, E. F. Donovan, S. B. Mende, P. J. Chi, and T. Nagatsuma (2013), Reply to comment by Rae et al. on “Formation of substorm Pi2: A coherent response to auroral streamers and currents,” *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, 3497–3499, doi:10.1002/jgra.50333.
3. **Nishimura, Y.**, L. R. Lyons, **T. Kikuchi**, V. Angelopoulos, E. F. Donovan, S. B. Mende, and H. Lühr (2012), Relation of substorm pre-onset arc to large-scale field-aligned current distribution, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L22101, doi:10.1029/2012GL053761.
4. **Nishimura, Y.**, L. R. Lyons, **T. Kikuchi**, V. Angelopoulos, E. Donovan, S. Mende, P. J. Chi, and T. Nagatsuma (2012), Formation of substorm Pi2: A coherent response to auroral streamers and currents, *J. Geophys. Res.*, 117, A09218, doi:10.1029/2012JA017889.
5. Lyons, L. R., **Y. Nishimura**, X. Xing, A. Runov, V. Angelopoulos, E. Donovan, and **T. Kikuchi** (2012), Coupling of dipolarization front flow bursts to substorm expansion phase phenomena within the magnetosphere and ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 117, A02212, doi:10.1029/2011JA017265.

共同研究報告書（終了）

超並列・磁気圏-電離圏結合シミュレーションの開発（研究課題）

◎九州大学・国際宇宙天気科学教育センター・学術研究者・名誉教授・田中高史（研究代表者）

（国立極地研究所）

門倉 昭 教授（担当教員）

岡田雅樹 准教授

平成25年～平成27年（2か年）（研究期間）

[研究成果]

1. 概要

本研究では、並列スーパーコンピュータ用のグローバルM-I結合シミュレーションを開発し、それを用いて極域超高層科学に関わる未解決問題（特にサブストーム）を解明することを目標としている。2ヵ年の間に開発が進められたグローバルM-I結合シミュレーションは、高性能化を達成し、REPPU (REProduce Plasma Universe)コードと命名された。REPPUで算出された解を見れば、現在このコードに対抗できる数値システムは世界のどこにも存在しないことが明白である。特に極域電離圏のサブストームの様相が、これまでに見たことが無いレベルのリアリティーをもって再現されている。それらの数値解を解析した結果は、難攻不落であったサブストーム問題が、ついに陥落を開始したと宣言できる。

2. コードがめざすところ

磁気圏-極域電離圏系ではさまざまなプラズマ擾乱が観測されるが、その原因を観測に基づいて追究するのは極めて困難である。それは磁気圏の3次元構造は基本的に見えないものであり、観測に基づく原因の追究は、結局部分から全体を連想するだけになってしまうからである。一例であるが、CWがサブストームオンセットの原因であると言っても、誰も観測から電流線をトレースしたことは無い。

この困難を打開する方法がグローバルM-I結合シミュレーションである。極域電離圏擾乱は、磁気圏変動の一部が映っているもので、その2次元分布を観測することができる。たとえば、quiet arc、WTS、電離圏電流システム、対流パターンなど。これらの2次元パターンがグローバルM-I結合シミュレーションで再現できれば、それに繋がる磁気圏構造も正しく再現されているはずである。そうすると3次元磁場・プラズマ構造をすべて保有する数値解から、磁気圏変動の構造を知ることができる。

このような数値解を実現するためには、電離圏で 0.5° 程度の格子間隔が必要であるが、これをそのまま広大な磁気圏に延長するのは困難なので、何らかの非一様格子が必要となる。計算の精度と安定性のため、非一様な格子に、特異点や継ぎ目が無いこと、球に内接すること、並列計算に適合することが必須となる。これらの条件を満足する格子として、12面体分割三角格子が開発された。REPPUコードでは、この格子に有限体積TVDスキームを組み合わせMHD方程式を解く。これをさらにハイブリッド並列化し、磁気圏モデルとする。磁気圏モデルの内部境界（ $2.5\sim 3R_E$ に設定）には、電離圏モデルを接続する。REPPUの電離圏モデルでは、磁気圏から与えられるFACに対して、電気伝導度、ポテンシャル、電離層電流が計算されている。ポテンシャルは磁気圏にフィードバックされ、速度の内部境界条件となる。

3. 計算例・サブストーム

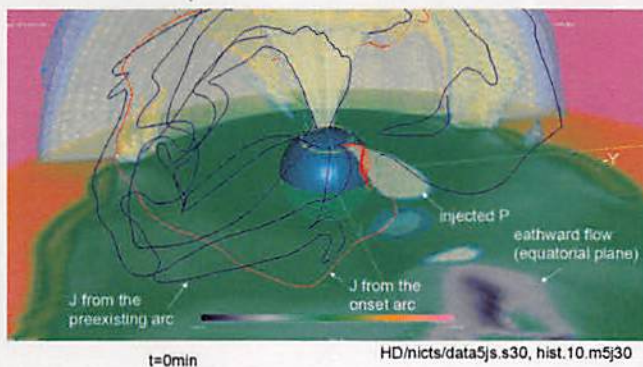
サブストームオンセットで最初に光る initial brightening は、どのような機構で光るか、それが明るいオーロラとして極冠に張り出しながら夕方方向に伝搬して行くWTS (westward traveling surge) は、なぜ発生するか。これらは極域超高層大気科学の究極の問題である。これらを理解しなければ、宇宙プラズマ環境の頂点にあるサブストームが分かったとは言い難い。REPPUコードを用いて再現したサブストームでは、initial brightening とWTSが明確に現れる。数値解の解析からこれらの発生機構が解明された。

成長相のプラズマシートでは、その表面に東西に電流が形成されている (cross tail 電流)。Quiet arc からの電流は、cross tail 電流より高緯度 ($|z|$ が大きいところ) をよぎって、より遠くの磁気圏尾

まで延びる。最終的にカスプーマントルに至った時は、quiet arc からの電流は、cross tail 電流より相対的に遠方に到達し、強度は弱い。

オンセットは、NEUL で開放された磁気張力によって、真夜中の内部磁気圏に高圧領域が生成され、地球近傍にダイナモが形成されることによる。磁気圏対流の主要駆動機構であるカスプのダイナモは、磁場構造が $\partial/\partial t=0$ であるにもかかわらず V_{\perp} が収斂するのが特徴であり、このような構造は slow mode expansion によって実現されている。これが準定常的に対流を維持する機構となる。これに対して、地球近傍ダイナモを生成する高圧域は、移動する構造であり、fast mode によるダイナモが可能となる。ダイナモの形成は、カバランスの変更であり、 $J \times B$ の力が発生し、磁場の非一様性と相まって、 J_{\perp} から FAC への変換が発生する。これによってオンセット点からの FAC が (成長相の) cross tail 電流に接続され、オンセット電流系を構成する (下図)。カスプーマントルに至った所では、オンセット電流は quiet arc からの電流より近尾部にあり、強度が強

Current lines extending from the onset arc
(shading; V_x , red lines; from onset arc, blue lines; preexisting arc)



[研究発表]

- 田中高史、サブストームの研究 : 第 1 編 : 昭和基地での観察からシミュレーションの発想へ、南極資料、58、No 2、89-107、2014
- 田中高史、サブストームの研究 : 第 2 編 : 対流の発展によるサブストームの発生、南極資料、58、No 2、108-149、2014
- Ebihara, Y., T. Tanaka, and T. Kikuchi, (2014), Counter equatorial electrojet and overshielding after substorm onset: Global simulation study, JGR, 119, doi:10.1002/2014JA020065.
- Nakayama, Y., Y. Ebihara, T. Tanaka (2014), Simulation of substorm-time acceleration of oxygen ions on azimuthally directed magnetic field lines in the near-earth plasma sheet, JGR, 119, doi: 10.1002/2014JA019858.
- Watanabe, M., S. Sakito, T. Tanaka, H. Shinagawa, and K. T. Murata (2014), Global MHD modeling of ionospheric convection and field-aligned currents associated with IMF By triggered theta auroras, JGR, 119, doi: 10.1002/2013JA019480

い。

高圧領域はオンセット後に、薄い L シェルに沿って東西に拡大していく。これを内部磁気圏のプラズマシートで見れば、東西に (Y 方向に) 広がるプラズマシートの南北に (Z 方向に) 突き出るような構造が、西向きに (+Y 方向に) 伝搬し、その背後のプラズマシートで、高圧域が形成されるように見える。この圧力と電磁力のバランスに従って、圧力領域の先端の薄い L シェル内で磁場が撓むことが、L シェルの外側で上向き FAC、内側で下向き FAC に対応する。WTS は、西方に拡大する高圧域の先頭に位置し、地球近傍ダイナモの領域は移動する。これらの変動によって、WTS からの FAC が WTS 西側にある cross tail current に常に接続される。

オンセット電流系や WTS ヘッドに繋がる電流系の形状だけを見ると、CW に似ている部分もあるが、プラズマ不安定によって電流が切断されているわけではなく、力のバランスに基づいて磁化電流 (∇P 電流) が FAC に接続される構造になっている。WTS から真夜中の間では、電流が消滅するのではなく、ここに部分環電流が成長する。したがって tail current disruption でなく、tail current fragmentation である。WTS ヘッドの背後でも FAC の増加は続き、拡大相の進展と共に全体が grand current loop に移行する。これらの電流系は全て、注入された圧力分布に起因することになり、非 MHD 過程が働くようなことは無い。CW を想定し、これを非 MHD 過程と連想したことが、サブストーム研究最大の誤りである。

地磁気絶対観測の自動化に関する研究（研究課題）

◎源 泰拓 気象庁地磁気観測所・主任研究官（研究代表者）

原 昌弘 気象庁地磁気観測所・技術課長（共同研究員）

清水久芳 東京大学地震研究所・准教授（共同研究員）

（国立極地研究所）

門倉 昭 教授（担当教員）

平成25年度 ～ 平成26年度（2か年）（研究期間）

【研究成果】

平成25年7月までに測定器製作で重要となる水平回転台の制御について、回転台にエンコーダ（分解能は0.3秒）を取り付けて動作させ、角度1秒のステップまで制御可能である事を確認した。また、レーザー光を用いた真北と試作器エンコーダ読取値の角度校正装置を試作・単体試験を実施しているが、偏角測定部試作器には未搭載である。平成26年夏までに、水平回転台にフラックスゲート磁力計センサを取付けて、センサ出力値が0nT付近になった時に回転を停止し、時刻、エンコーダ角度、センサ出力磁場値および傾斜角を取り込むことのできる偏角測定部試作器ができあがり、8月に偏角の試験観測を地磁気観測所比較校正室の器械台に設置して実施した。

試作器は、回転軸受台と、回転軸を持つ回転台にエンコーダ目盛盤、エンコーダ読取部、フラックスゲート磁力計センサ（Bartington社製MAG-01H）および傾斜計を搭載し、回転台を動かす超音波モータ2台が取り付けられている。ただし、超音波モータの1台は、非磁性ではない標準タイプであった。非磁性タイプモータの磁性は距離6cmで0.1nT、標準タイプモータは6cmの距離で738.7nTの影響を及ぼす。

測定原理は、FT型磁気儀と同様で、フラックスゲート磁力計出力が「0nT」となる方向（磁場水平成分とセンサが直交）にセンサを合わせるものである。ただし、試験器は磁力計センサの角度とともに、そのときのセンサの磁場計測データも取得することから、磁場データから磁力計センサの方向を補正することができるので、FT型磁気儀のように磁力計出力値を「0nT」にする必要はない。

測定は、図1のように磁力計センサを水平回転させ、磁力計出力が「0nT」付近のときに回転を停止させ、角度、磁場、傾斜のデータをパソコンで取得する。1回の操作で4個（R1, L1, L2, R2）の測定値が得られる。1回の操作に要する時間は70～100秒であった。

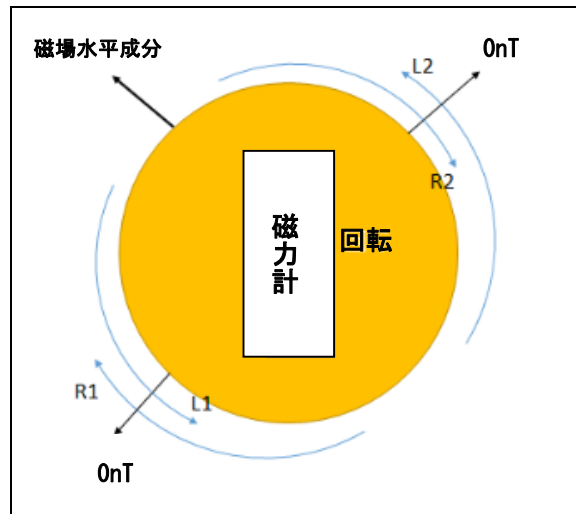


図 1 試験器の水平回転と測定順

測定された角度には、磁力計出力値がゼロでないための誤差（次式）が含まれている。

$$\text{誤差 (角度)} = \sin^{-1}(d/H)$$

d: 磁力計出力値(nT)、H: 測定時の磁場水平成分(nT)

1回の操作で4個（R1, L1, L2, R2）の測定値が得られるが、センサの向きが東（R2, L2）と西（R1, L1）で測定される角度差はほぼ180°となるはずである。実際には14:53:22から14:54:38にかけて測定された角度差は、R1とR2、L1とL2でともに約185°となっている（R1=299° 13' 02"、R2=113° 50' 18"、L1=299° 14' 19"、L2=114° 22' 20"、R1-R2=185° 22' 44"、L1-L2=184° 51' 59"）。この違いは、センサ軸が水平面からずれているために生じたものと疑われる。センサ軸が水平面からαずれている場合、次式の誤差を生じる。

$$\text{誤差 (角度)} = \sin^{-1}(\tan \alpha \times \tan I)$$

α：センサの水平からの傾き、I：伏角

この誤差は、傾斜計の出力値を用いて補正することができるが、今回は傾斜計の測定範囲を超えていたため補正には使用できなかった。

（裏面に続く）

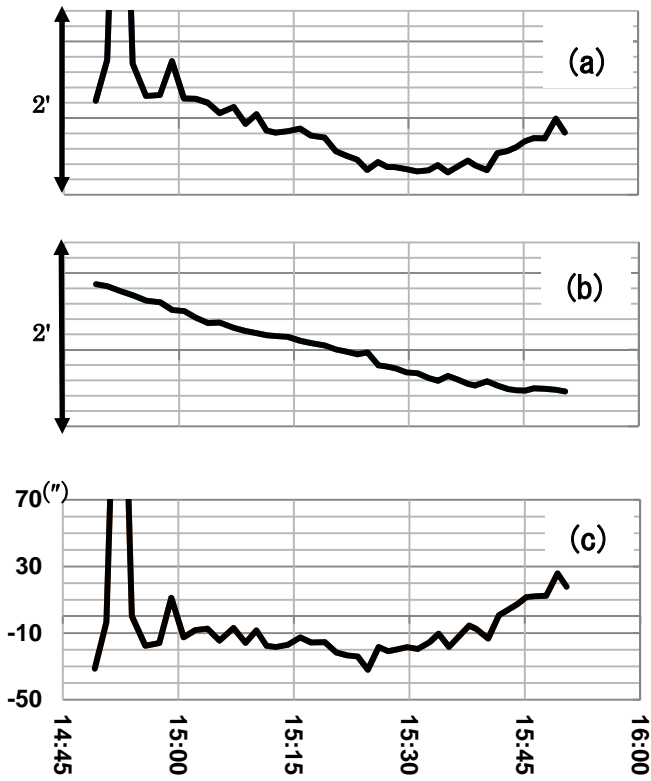


図 2 L2 の位置での測定結果

- (a) 試作器の測定値の変動
- (b) 地磁気観測所の連続観測値の変動
- (c) 試作器の測定値と地磁気観測所観測値の差
時刻は日本時間

最も安定していた L2 の測定値と地磁気観測所の観測値とを比較した結果を図 2 に示す。先頭から 3 番目 (14:35:00) の値が異常となっている他は、地磁気観測所との差は 0 から -20'' 程度の範囲に収まっている。

一方、今回の試験で、時計廻り (R1、R2) で停止したデータのばらつきが非常に大きかった。図 3 に R1 の結果を示す。試作器による測定値のばらつきが大きく、地磁気観測所の観測値の変化とも合っていない。超音波モータの 1 台が磁性のある標準タイプであることが原因として考えられる。この点は、非磁性タイプのモータを使用することにより改善が期待できる。

[研究発表]

"昭和基地地磁気観測～その重要性と将来に向けた提言", *源泰拓 (地磁気観測所)、門倉昭 (極地研)、有田真、井智史、高橋幸祐 (地磁気観測所), 第 4 回極域科学シンポジウム (国立極地研究所、平成 25 年 11 月 15 日)

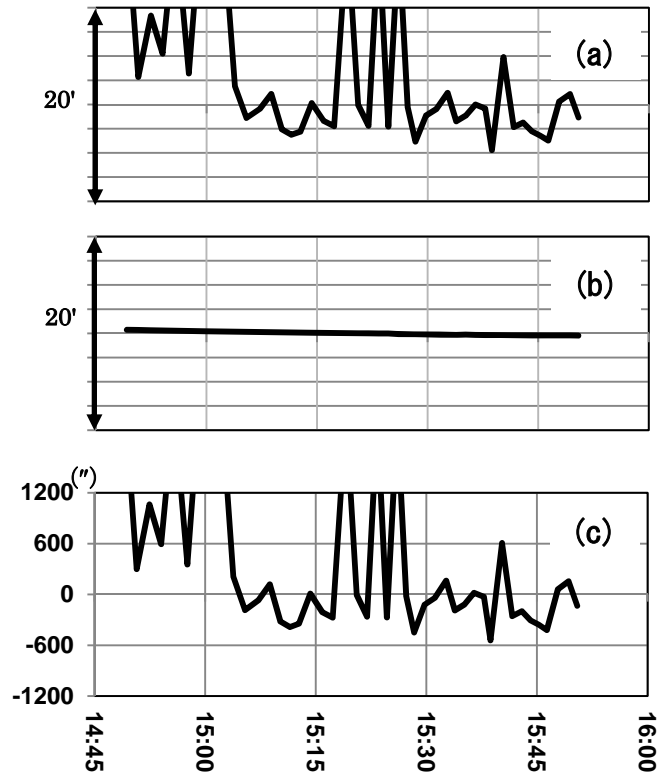


図 3 R2 の位置での測定結果

- (a) 試作器の測定値の変動
- (b) 地磁気観測所の連続観測値の変動
- (c) 試作器の測定値と地磁気観測所観測値の差
縦軸のスケールは図 2 と大きく異なっていることに注意。時刻は日本時間。

平成 25 年度から平成 26 年度の 2 か年で、伏角の試験測定に至らなかったことは残念であるが、偏角の安定した測定のためには磁気センサの取付け状態が重要であることが判明するなど、今後の開発・改良を進める上で貴重なデータを得ることができたと考える。国立極地研究所一般共同研究計画としての本課題は平成 26 年度で終了するが、気象庁地磁気観測所では自動絶対観測装置の試作器の試験・評価を平成 27 年度以降も引き続き実施し、導入のための技術的検討を行う予定である。

サブストーム時に昼夜で発達する領域2型沿磁力線電流と過遮蔽電場分布の研究

◎ 橋本 久美子 吉備国際大学環境経営学部・教授
 菊池 崇 名古屋大学太陽地球環境研究所・教授
 (国立極地研究所)
 門倉 昭 教授 (担当教員)
 平成 25~26 年度 (2 カ年) (研究期間)

【研究の目的】

平成 20 年度より一般共同研究課題で、サブストーム爆発相開始時に午後側サブオーロラ帯と昼側磁気赤道で急激に発達する過遮蔽電場の特性を研究してきた (Hashimoto et al., JGR 2011)。また、最近では MHD シミュレーションモデルの計算から、サブストーム開始時に R2-FAC が発達し、これが過遮蔽を原因であることが明らかにされた。(Tanaka et al., JGR 2010, Ebihara et al., 2014)。

一方、夜側サブオーロラ帯で発生する SAID や SAPS が R2-FAC 型電場の発達に起因すると考えられているが、昼側の過遮蔽電場との関係は明らかではない。本研究では、これまで行ってきた昼側中低緯度赤道の過遮蔽電場の研究を進展させ、昼側で発達する過遮蔽電場と夜側で発達するサブストーム電場の空間的・時間的な関係を明らかにすることを目的とする。

【研究の成果】

電気通信大学が国内最大 13 箇所で実施している低緯度 HF ドップラーサウンダーにより観測される夜側低緯度の電場と、グローバルな磁力計観測ネットワーク、SuperDARN レーダーを解析することにより、サブストームにともない昼夜で発達する DP2 型対流電場および過遮蔽電場を調べた。主に以下の 2 点の成果を得た。

- ① AL 指数が -1000 nT を超える規模の孤立型サブストームの事例解析を行ったところ、夜側低緯度の HF ドップラーサウンダーで、サブストーム開始と同時に東向き電場が強まるのが観測された。同時に昼側赤道の磁力計によって西向きの赤道カウンタージェット電流が強まるのが観測された。領域 2 型沿磁力線電流にともなう夕→朝向きの電場 (過遮蔽電場) が、昼夜の低緯度、赤道電離圏に侵入していることが明らかになった。夜側の低緯度電離圏における過遮蔽電場の強度は 35 事例の平均で 1.48 mV/m であった。電場強度の顕著な磁気地方時依存性は得られなかった。これは事例数が十分でないためと考えられる。今後解析事例を増やし、サブストームの規模や季節による分類を行うことにより、サブストームにともなう過遮蔽電場の強度分布を明らかにする必要がある。
- ② サブストーム開始とともに、中低緯度では磁力計

でポジティブ・ベイ (PB) が観測される (図 1 a)。PB は夜側オーロラ帯のジェット電流と繋がる 3 次元のサブストーム電流系 (沿磁力線電流) による磁場効果であると解釈されている。極域の沿磁力線電流に起因するため、PB の振幅は高緯度で大きく中低緯度に下がるほど振幅が小さくなる。しかし、日本が夜側に位置するとき、磁気赤道の YAP で、低緯度の沖縄 (OKI) より PB の振幅が大きくなることを発見した。この原因として、夜側電離圏の磁気赤道に流れる電流成分が重畳している可能性が考えられた。

多くの場合、PB の開始直後と最大振幅をすぎて PB が減衰する期間に YAP の振幅が大きくなる傾向が認められた。そこで沿磁力線電流の磁場効果に期待される振幅の緯度依存性を求めるため、典型的な 15 例の PB から、沖縄と YAP の最大振幅の比の平均を求めた。YAP の PB の最大振幅は沖縄の 0.88 倍という値が得られた。沿磁力線電流の磁場効果を差し引くため、沖縄の地磁気変動を 0.88 倍した値を YAP の PB のベースラインとし (図 1 b)、電離圏電流成分の抽出を行った (図 1 c)。得られた夜側磁気赤道の電流は東向きで、地磁気変動にして約 2 nT 程度の小さな値であったが、図 1 d に示す菅平で観測された東向き電場の発達との相関係数が -0.92 と非常に高い相関関係があることが明らかになった。この

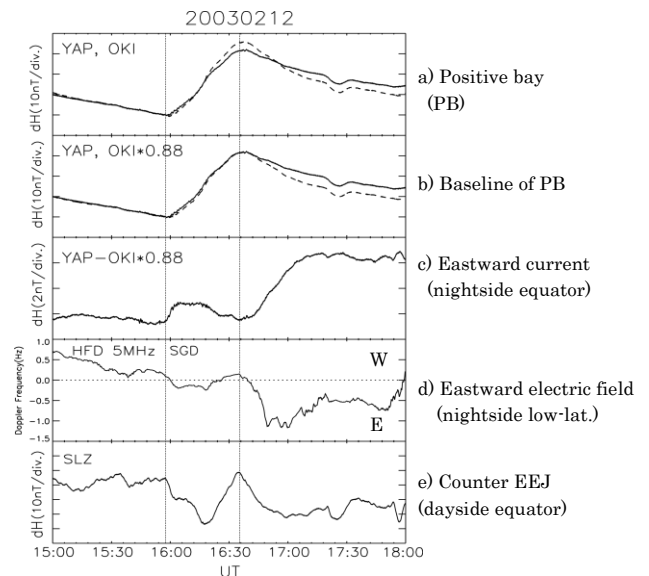


図 1 2003 年 2 月 12 日 16UT に発生したサブストームにともない発達した沖縄と Yap のポジティブ・ベイと HF ドップラー観測、昼側赤道の Sao Luis の赤道ジェット電流の発達。

夜側赤道の東向き電流は、図 1e に示すように昼側磁気赤道 (Sao Luis) の赤道カウンタージェット (西向き) 電流と同時に発達する。サブストームにともなう領域 2 型沿磁力線電流系が夜側の赤道電離圏電流とも繋がるのが初めて明らかになった。

低緯度の HF ドップラーサウンダーにより観測された電場の強度は、高緯度から侵入する電場であるため緯度とともに幾何学的に減衰する。この緯度による減衰を考慮して見積もった赤道における電

場の強度と、夜側の東向き赤道ジェット電流が地上につくる磁場変動から、夜側赤道のカウリング電気伝導度を見積もったところ、2003 年 2 月 12 日のサブストームについては約 5.1S、2003 年 11 月 9 日では 4.6S の値が得られた。Tsunomura (1999) はモデル計算により夜側赤道付近でカウリング電気伝導度が 6~10S になることを示した。観測はこのモデル計算とよい一致を示すと言える。

【参考文献】

1. Ebihara, Y., T. Tanaka, and T. Kikuchi (2014), Counter equatorial electrojet and overshielding after substorm onset: Global MHD simulation study, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 119, doi:10.1002/2014JA020065.
2. Hashimoto K. K., T. Kikuchi, S. Watari, and M. A. Abdu (2011), Polar-equatorial ionospheric currents driven by the region 2 field-aligned currents at the onset of substorms, *J. Geophys. Res.*, 116, A09217, doi:10.1029/2011JA016442.
3. Tanaka T., A. Nakamizo, A. Yoshikawa, S. Fujita, H. Shinagawa, H. Shimazu, T. Kikuchi, and K. K. Hashimoto,(2010),Substorm convection and current system deduced from the global simulation, *J. Geophys. Res.*, 115,A05220, doi:10.1029/2009JA014676, 2010. 2010.
4. Tsunomura, S., (1999), Numerical analysis of global scale polar-originating, ionospheric current systems including the effect of equatorial enhancement *Ann. Geophys.*, 17, 692–706.

【成果発表一覧】

1. Ebihara, Y., T. Tanaka, and T. Kikuchi (2014), Counter equatorial electrojet and overshielding after substorm onset: Global MHD simulation study, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 119, doi:10.1002/2014JA020065.
2. T. Kikuchi (2014), Transmission line model for the near-instantaneous transmission of the ionospheric electric field and currents to the equator, *J. Geophys. Res.*, 119, DOI: 10.1002/2013JA019515.

共同研究報告書（終了）

SuperDARN で観測される地磁気脈動からの地磁気領域推定に向けて（研究課題）

- ◎河野英昭 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・准教授（研究代表者）
才田聡子 情報・システム研究機構・データ中心科学リサーチコモンズ事業・特任研究員（共同研究者）
西谷 望 名古屋大学太陽地球環境研究所・ジオスペース研究センター・准教授（共同研究者）
堀 智昭 ジオスペース研究センター(ERGサイエンスセンター)・特任准教授（共同研究者）
(国立極地研究所)
行松 彰 准教授（担当教員）
田中良昌 助教（担当教員）
平成26年～平成27年（1か年）（研究期間）

[研究成果]

磁力線共鳴により励起される磁力線固有振動（ULF 波動現象の一つ）は、その周波数（磁力線共鳴周波数）が磁力線の長さ（磁力線に沿ったプラズマ密度に依存する。特に、プラズマ圏境界面では密度が急変し、それに伴い磁力線共鳴周波数も急変する。磁力線固有振動は電離圏プラズマも振動させるので、SuperDARN radar によってその振動数の 2 次元分布を観測しプラズマ圏境界面の位置を時間の関数としてモニター出来る可能性がある。

本研究の目的は、その可能性を SuperDARN データの解析により検証し、更に、SuperDARN で得られた磁力線共鳴周波数分布から磁気圏密度分布を推定出来るか検証する事であり、それに向けてまず過去の研究の survey と review を行った。その結果、直接的に関連する論文として、タスマニア島の SuperDARN TIGER radar のデータを解析した Ponomarenko et al. [2003] 及び Ponomarenko et al. [2005] の 2 論文が見いだされた。

Ponomarenko et al. [2003] は、タスマニア島に設置された SuperDARN TIGER radar で観測されたデータから、ground/sea-scattered echoes 中に ULF 波動現象が高頻度で観測される事を初めて示した論文である。磁力線固有振動は磁力線に frozen-in した電離圏プラズマも振動させる。Ionospheric echoes であれば電離圏自体の動き

をモニター出来るので磁力線固有振動の影響が観測される事は自然に期待出来るが、ground/sea-scattered echoes の場合、その強度が変化するためには radar と地上/海上電波反射点との間の電波伝搬経路の長さが変化しなければならないので、Ponomarenko et al. [2003] の ULF 波動が磁力線固有振動で生じたとする、電離層が磁力線固有振動に伴い上下に振動していた、と考えなければならない。

磁力線固有振動は大別して toroidal mode と poloidal mode に分類される。toroidal mode では磁力線は東西方向に振動する。東西方向の電離層振動は電離層高度を変化させ難いので、ground/sea-scattered echoes 中では toroidal mode は見え難いと考えられる。

一方、poloidal mode では磁力線は地球近傍では南北方向に振動する。地上高緯度では磁力線は電離層に対しほぼ垂直であるため、磁力線の南北方向の振動も電離層を水平方向に振動させ、よって ground/sea-scattered echoes 中には見えにくいと考えられるが、地上中低緯度では、磁力線は子午面内で傾いており電離層との角度は 90 度以下となっているため、磁力線の南北方向の振動に伴い、磁力線に frozen-in した電離層プラズマの振動方向は鉛直成分も持ち、よって、電離層を上下振動させる事が可能と考えられる。

(裏面に続く)

Ponomarenko et al. [2005] は ground/sea-scattered echoes について更に解析を進め、上記の考えに矛盾しない結果を得た。すなわち、観測された ULF 波動が磁力線固有振動によるものであれば、磁力線固有振動数は磁力線の長さに強く依存するので低緯度ほど大きくなる(短い磁力線ほど速く振動する)傾向がある筈であり、Ponomarenko et al. [2005] はその実例を一例示した。

上記の研究は、高頻度で観測されると言われている ground/sea-scattered echoes を用いた磁気圏密度推定の可能性を支持するものである。

我々は、この可能性を更に追求する為、SuperDARN Hokkaido East radar のデータを解析している。解析には IUGONET プロジェクト、及び ERG サイエンスセンターで開発された UDAS (IDL ソフトウェア上で動作) の SuperDARN 解析ツールを使用している。

Hokkaido radars の PI であり本研究の共同研究者でもある西谷博士が発見していた

ground/sea-scattered echo の具体例 1 例についての解析を行い、Ponomarenko et al. [2005] の例と同様に磁力線固有振動周波数が低緯度ほど大きくなる兆候を見出した。また、Ponomarenko et al. [2005] の長時間 (~4 時間以上) 継続する例と異なり、本イベントには Sudden Commencement (SC) によって励起されたと考えられる兆候 (SC と同時に開始し、比較的短時間 (~1 時間) 継続) も見られた。これらの兆候を抜き出して定量的に解析する為に必要な IDL 用スペクトル解析プログラム (SuperDARN データに FFT を適用し振幅と位相を計算) を作成し、本イベントの更に詳しい解析を行った。その結果、磁力線の振動を励起するメカニズムである Field-Line Resonance によって出来る事が知られている特徴的な振幅・位相緯度依存性を本イベントデータ中に同定した。この結果は現在学術誌に投稿中である。また、今後統計的解析研究を行っていきたい。

[参考文献]

- 1) Ponomarenko, P. V., F. W. Menk, and C. L. Waters, Visualization of ULF waves in SuperDARN data, *Geophys. Res. Lett.*, 30(18), 1926, doi:10.1029/2003GL017757, 2003.
- 2) Ponomarenko, P. V., F. W. Menk, C. L. Waters, and M. D. Sciffer, Pc3–4 ULF waves observed by the SuperDARN TIGER radar, *Annales Geophysicae*, 23, 1271–1280, 2005.

[研究発表]

Kawano, Hideaki, Akira Sessai Yukimatu, Yoshimasa Tanaka, Satoko Saita, Nozomu Nishitani and Tomoaki Hori, Toward magnetospheric region identification by using magnetic pulsations observed by the SuperDARN Radar, 第 5 回極域科学シンポジウム, 2014 年 12 月 2–5 日, 国立極地研究所.

全天周オーロラの高空間分解能撮影とドーム映像化の研究

◎糸屋 覚 (公財) 日本科学技術振興財団・主任 (研究代表者)
宮原 ひろ子 武蔵野美術大学・講師 (共同研究者)

(国立極地研究所)

片岡 龍峰准教授 (担当教員)
平成 26 年(1 か年) (研究期間)

[研究成果]

オーロラの全体像と微細な構造を同時に撮影する為に、高解像度カメラ 5 台を用いた長時間高分解能マルチカメラシステム「ハウル」を設計開発した。

NikonD800E を 5 台東西南北と天頂に向けて直角に配置し (図 1)、デジタルカメラ制御ソフト Nikon Multi Camera Control を用いて 5 台同時にシャッターを切り、視野が重なり合う 5 枚の対角魚眼画像 (図 2) を合成することによって全天周 8K 分解能を実現した。



図 1 : 全天周 8K 撮影システム「ハウル」

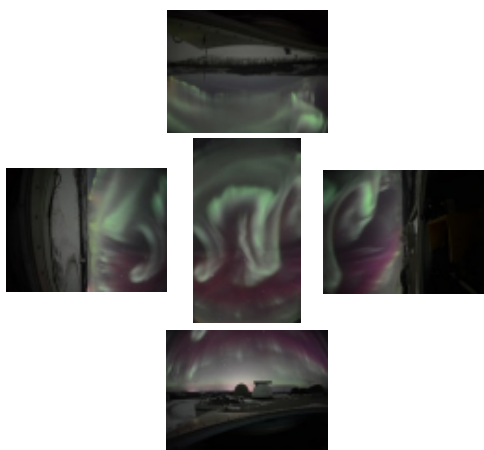


図 2 : 各カメラによる映像サンプル

従来の単一カメラによる全天周ドーム映像と比べて 10 倍以上高解像度になった事でドーム投影では背景の星空も鮮明になり、3D 映像のような奥行き

感のある表現が可能となった。(図 3) しかしながら、各カメラの画像合成手法の確立と、撮影画像の歪み除去が不完全な為、ドーム映像としては未完成なものとなっている。

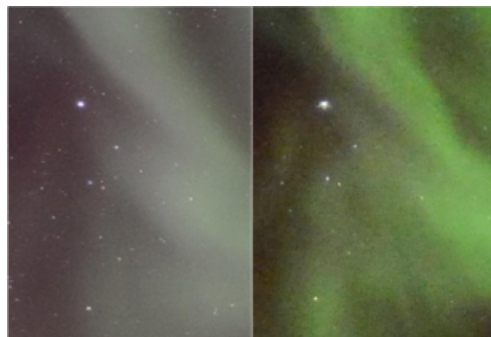


図 3 : ハウル (左) と従来の単一魚眼カメラ (右) の撮影画像 (部分拡大)

画表変換を用い画像を合成していく過程では、カメラ配置の精度や、観測用アクリルドームの屈折率の差が大きく影響する事が明らかになったが、これに対しては、プラネタリウムドームでグリッドと呼ばれる格子状の線を基準として、各カメラのキャリブレーションを事前実施する事で解決が可能と考える。(図 4) 今後はキャリブレーションも応用し、よりロバストで物理的な座標を有する画像合成手法を研究したい。

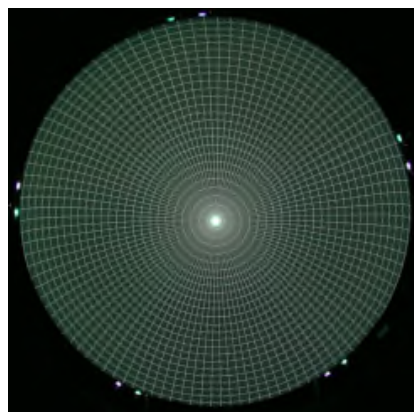


図 4 : ドームスクリーンへのグリッド投影 (裏面に続く)

今回開発された技術は、例えば皆既日食のように空全体の中でも小さな現象と、オーロラのように空全体に広がる現象を同時に観察するような、新しい観測方法の基礎になると考える。また、更に下部に1台カメラを追加するだけで、6台構成による360度カメラとして、空全体をアーカイブする事ができる。教育的な観点で言えば、高解像度になった事で、従来のプラネタリウム投影機から星空を出しての

星空解説ではなく、実写画像を使った星空解説やオーロラ現象の解説を実施する事が可能で、教育的価値があると考えます。今後、問題点に対する原因を検証・対策を講じ、オーロラの実写ドーム映像化完成へ向け研究を行っていききたい。

[研究発表]

[1] Ryuho Kataoka, Yoko Fukuda, Yoshizumi Miyoshi, Hiroko Miyahara, Satoru Itoya, Yusuke Ebihara, Donald Hampton, Hanna Dahlgren, Daniel Whiter, and Nickolay Ivchenko, Compound auroral micromorphology: Ground-based high-speed imaging, Earth Planets and Space Journal(2014)

[2] 糸屋 覚, 片岡 龍峰, 宮原 ひろ子, 三好由純, 鈴木 理紗, オーロラ全天周高空間分解能撮影とドーム映像化, 第5回極域シンポジウム (ポスター発表), 2014年12月2日-5日, 国立極地研究所, 東京

[3] 片岡 龍峰, 糸屋 覚, 全天周 8K 解像度によるオーロラ映像の連続撮影成功, 国立極地研究所プレスリリース, 2015年2月9日, 講演会, 2015年2月13日, 岡三デジタルドームシアター神楽洞夢, 三重

I . 共同研究報告（終了）

一般共同研究

（2）気 水 圏

氷河・氷床の中層掘削技術に関する研究

- ◎ 古崎 睦 旭川工業高等専門学校・教授
 杉山 慎 北海道大学低温科学研究所・講師
 的場澄人 北海道大学低温科学研究所・助教
 新堀邦夫 北海道大学低温科学研究所・嘱託職員
 高田守昌 長岡技術科学大学・助教
 高橋昭好 株式会社 地球工学研究所・代表取締役
 田中洋一 株式会社 ジオシステムズ・代表取締役
 宮原盛厚 株式会社 アノウィ・代表取締役

(国立極地研究所)

本山秀明 教授

平成 24 年～平成 26 年 (3 ヶ年)

【研究成果】

1. はじめに

過去2000年間の詳細な気候・環境変動を明らかにするため、現在、南極氷床沿岸域や北極スバルバル北東島にて500-600m程度の「中層掘削」が計画されており、2015/16年には、昭和基地近くの氷縁部において57次隊による掘削 (300~500m) が予定されている。

中層掘削は大がかりな設備なしに単年での実施となるため、これまで南極大陸内陸域で行われてきた「深層掘削」とは異なる新たな掘削技術・装置の開発が必要である。

本研究では、掘削時間や物資輸送、環境影響などの様々な制約条件の下、掘削方法 (液封方式/ドライ方式) の選択を含めて、最も効率の良い中層掘削技術を開発すべく、検討を行った。

2. 中層掘削における制約条件

(1) 掘削時間と掘削速度;掘削に充てる期間は最大1ヶ月 (正味28日) であるので、500m深の場合、20m/日の掘削速度が必要。掘削場は全天候型とし、掘削作業時間を12~16時間/日以上とする体制で臨むことが必須である (図1)。

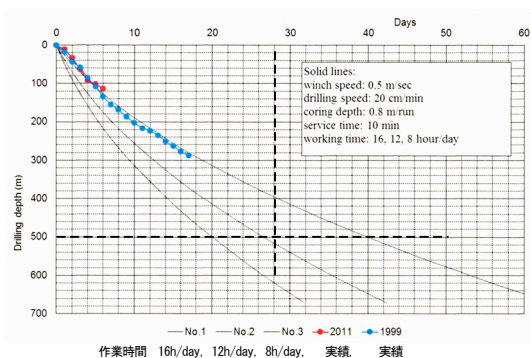


図1 中層掘削における掘削日数 (現在予定しているドリル仕様で、且つトラブルやリーミング作業なしの場合)

(2) 物資輸送;今回開発する掘削装置は北極域での使用も想定しているため、関連部品の輸送はヘリ輸送が前提となる。その場合、ウインチやドリルなどの重量は全て120kg/個以下としなければならない。掘削法として液封方式を採用した場合には、物資の大型化・重量化が避けられない。

(3) 掘削孔の変形と環境影響;2007年1月に終了した南極ドームふじ基地での深層掘削では、氷の上載荷重による掘削孔の変形を防ぐため、液封液として酢酸ブチルを使用した。掘削孔の収縮防止は、掘削作業の安定的な遂行はもちろん、採取されるコアの質や掘削後の検層観測にも重大な影響を及ぼすが、一方で、酢酸ブチルが環境に及ぼす影響も無視できず、今のところ、低環境負荷と低コストを兼ね備えた代替液は見つかっていない。

上述の制約条件を考慮した結果、本中層掘削計画においては、液封液を用いない「ドライ方式」で掘削することとした。掘削とともに進行する孔の収縮に対しては、リーミング (孔径増大を目的とした掘削作業) を掘削の合間に断続的に行うことで対処するが、そのためには、掘削孔の変形速度や変形量について予め知見を得ておかななくてはならない。

3. 掘削孔の変形速度・変形量

掘削孔径の変形量 ΔD を以下の二通りの方法で計算した。

① T法 (Talalay, 2014)

$$\Delta D = D_0 (1 - \exp(-2.2 \times 10^{-18} K_T \exp^{(0.12T(z))} P(z)^n \Delta t))$$

② S法 (Nye, 1953)

$$\Delta D = D_0(1 - A(P(z)/n)^n), \quad A = A_0 \exp(-Q/RT(z))$$

D_0 : 孔径初期値(129mm), K_B ; 増加係数(1), $T(z)$; 深さ z における氷温度, $P(z)$; 深さ z における氷の上載荷重, Δt ; 孔が空間として維持されている時間, n ; 氷流動のパラメータ(3), A ; 氷の流動係数, その他, 氷の平均密度は 917kg/m^3 , フィルン補正は 32.38m , 温度勾配は 0.005°C/m とした。

500m 深における氷温度と掘削孔変形速度の関係を図 2 に、上述の T 法および S 法により求められた掘削孔変形速度と深度および氷温の関係を図 3 に、それぞれ示す。

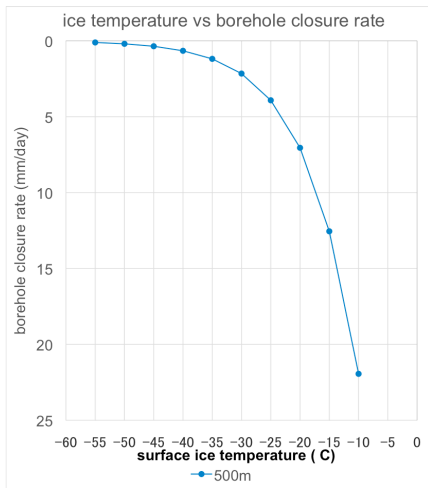


図 2 500m 深における氷温度と掘削孔変形速度の関係

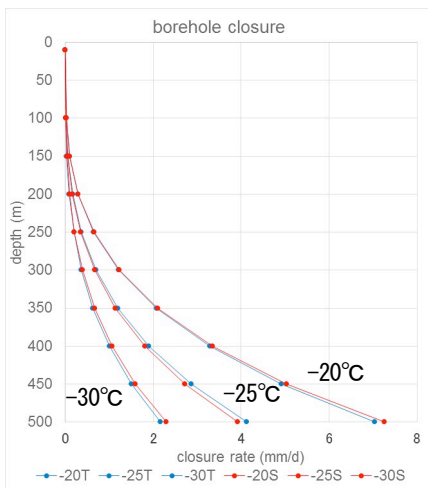


図 3 掘削孔変形速度と深度および氷温の関係 (T 法・S 法)

図 2 より、氷温が高くなると掘削孔の収縮速度は増加し、57 次隊の掘削候補地の氷温に近い -25°C では約 4mm/日 であることがわかる。図 3 からも、深度が深く、また氷温が高いほど収縮が速いことがわかるが、T 法・S 法いずれも方法でも計算結果はほぼ一致していた。

図 1 より、500m の掘削を終えるまでに掘削孔

が空間として維持されている日数を求め (作業時間によって異なってくる)、それを T 法で計算された氷温 -25°C での変形速度 (図 3) にかけると、図 4 が得られる。

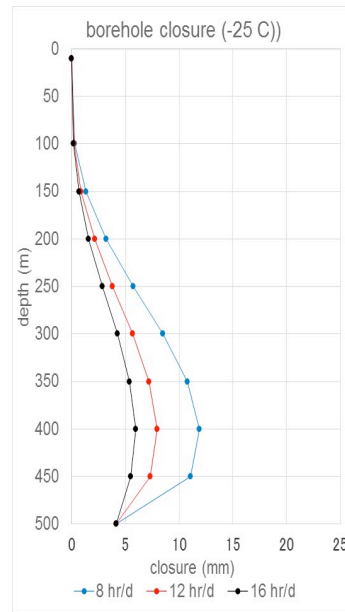


図 4 掘削孔の変形量と深度および作業時間の関係 (T 法)

図 4 より、16h/日の作業だと 400m 深で最大 6mm 程度収縮することがわかり、実際の掘削においては 1 日 2 回のリーミングが必須であることが結論づけられる。しかし、現在の標準的なリーミング速度は 0.2m/min であり、400~500m 深の 100m をリーミングするには 500min (8.3h) を要することとなる。今後、高速リーミングの方法を開発する必要があると思われる。

【研究発表】

(1) 本山秀明、古崎 睦、高橋昭好、田中洋一、宮原盛厚、新堀邦夫、的場澄人、杉山 慎、高田守昌：浅層掘削記録、深層掘削記録の解析と将来の浅層・中層掘削、日本雪氷学会雪氷研究大会 (2013・北見)

(2) 本山秀明、古崎 睦、高橋昭好、田中洋一、宮原盛厚、高田守昌、澤柿教伸、的場澄人、杉山 慎、新堀邦夫、森章一、南極ドームふじでの深層掘削孔の検層観測、第 4 回極域科学シンポジウム (2013・東京)

(3) 本山秀明、古崎 睦、高橋昭好、田中洋一、宮原盛厚、新堀邦夫、的場澄人、杉山 慎、森 章一、澤柿教伸、高田守昌、最近の浅層・中層掘削技術と検層について、日本雪氷学会雪氷研究大会 (2014 年・八戸)

共同研究報告書（終了）

成層圏における温室効果気体の変動に関する研究

◎青木周司 東北大学大学院理学研究科・教授
 菅原 敏 宮城教育大学・教授
 森本真司 東北大学大学院理学研究科・教授
 稲飯洋一 東北大学大学院理学研究科・博士研究員（平成 24 年度のみ）
 （国立極地研究所）
 山内 恭 教授
 橋田 元 准教授
 後藤大輔 助教（平成 25~26 年度のみ）
 平成 24 年～平成 26 年（3 年間）

[研究成果]

対流圏での温室効果気体の増加に伴い、成層圏でもその濃度変化が観測されている。しかしながら、これまで観測例が多くないこと、そして観測精度が十分ではなかったことから、その詳細な動態には不明な点が多い。本研究では、成層圏での物質輸送や光化学反応の経年変化を明らかにするために、南極域、赤道域、日本上空で採取された成層圏大気試料を用いて、温室効果気体およびその関連成分の濃度・同位体比の精密分析を行った。



図 1. 昭和基地における大気球放球の様子（2013 年 1 月）

成層圏大気の採取は、ジュール-トムソン (J-T) ミニクーラーを利用した小型クライオサンプラー (Morimoto et al., 2009) (以下、JT サンプラーと記す) を用いて行った。2012 年 2 月には、学術研究船「白鳳丸」をプラットフォームとして JT サンプラーを 4 機飛揚し、東部太平洋赤道上成層圏の大気を採取した。その大気試料を分析した結

果、これまでデータの空白域であった赤道上成層圏における温室効果気体の鉛直分布を明らかにすることができた。さらに、2012 年 12 月-2013 年 1 月には、新たに開発した多段型 JT サンプラー計 4 機を昭和基地より飛揚し (図 1)、計 4 高度の成層圏大気試料の採取に成功した。採取した南極成層圏大気の各成分の分析の結果、南極域上空成層圏の温室効果気体の鉛直分布とその経年変化が明らかになった。

これら新たに取得されたデータや、従来から蓄積してきた成層圏大気の観測データを解析した結果、窒素 (N_2)、酸素 (O_2)、アルゴン (Ar) の安定同位体比 ($\delta^{15}N$, $\delta^{18}O$, $\delta^{40}Ar$)、および Ar の濃度 ($\delta(Ar/N_2)$) の高度分布と、重力分離効果 (地球重力に起因する大気成分の質量数に依存した分離効果) を考慮した定常状態での 1 次元モデルによるシミュレーション結果との比較から、これまで乱流圏界面でしか生じないと考えられていた大気成分の重力分離が、乱流圏界面下の成層圏でも生じていることを初めて明らかにした。

さらに、2 次元大気輸送モデルのシミュレーション結果から、温暖化で Brewer-Dobson 循環 (Brewer, 1949) が強められると、重力分離と成層圏大気年代 (CO_2 age : 成層圏大気の CO_2 濃度から推定される、熱帯対流圏大気の成層圏流入後の平均的な経過時間) との関係性に大きく影響することを見出した。つまり、重力分離と CO_2 age の関係を長期的に観測することで、温暖化に伴う大気循環の変化が実際に生じているかどうかを調べることが可能であり、重力分離が成層圏大気循環の変化を評価するための新たな指標となることが示された。

今後も引き続き成層圏における温室効果気体や大気主成分の濃度・同位体比の精密観測を実施することにより、気候変化と成層圏大気循環の変化の関係についての示唆が得られると考えられる。さらに、3次元大気化学輸送モデルなどを

活用して本研究および従来の観測によって蓄積された温室効果気体およびその関連成分の濃度・同位体比データを解析することにより、成層圏での光化学反応に関する知見を得ることが望まれる。

[参考文献]

Brewer, A., Evidence for a world circulation provided by the measurement of helium and water vapor in the stratosphere, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 75, 351–363, 1949.

Morimoto, S., T. Yamanouchi, H. Honda, S. Aoki, T. Nakazawa, S. Sugawara, S. Ishidoya, I. Iijima and T. Yoshida, A new compact cryogenic air sampler and its application in stratospheric greenhouse gas observation at Syowa Station, Antarctica, *J. Atmos. Ocean. Tech.* 26, 2182-2191, 2009.

[研究発表]

石戸谷重之、菅原敏、森本真司、青木周司、中澤高清、豊田栄、本田秀之、橋田元、村山昌平、山内恭、大気球観測により初めて捉えられた成層圏大気主成分の重力分離とその中層大気循環研究への応用、JAXA-RR13-011、71-86、2014.

H. Fuke, I. Iijima, N. Izutsu, Y. Matsuzaka, Y. Kato, Y. Kakehashi, Y. Shoji, T. Yoshida, H. Honda, S. Aoki, Y. Inai and S. Morimoto, Balloon launch and flight operation from the research vessel “Hakuho-maru” for stratospheric air sampling over the Eastern Pacific equator, *J. Atmos. Ocean Tech.* 31, 1540-1548, 2014.

Ishidoya, S., S. Sugawara, S. Morimoto, S. Aoki, T. Nakazawa, H. Honda, and S. Murayama, Gravitational separation in the stratosphere - a new indicator of atmospheric circulation, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 8787-8796, doi:10.5194/acp-13-8787-2013

Belikov, D., S. Maksyutov, S. Aoki, N. Deutscher, D. Griffith, I. Morino, T. Nakazawa, J. Notholt, M. Rettinger, V. Sherlock, R. Sussmann, G. C. Toon, P. O. Wennberg and D. B. Wunch, Simulations of column-average CO₂ and CH₄ using the NIES TM with a hybrid sigma–isentropic ($\sigma - \theta$) vertical coordinate, *Atmos. Chem. Phys.* 13, 1-21, 2013.

Umezawa, T., T. Machida, K. Ishijima, H. Matsueda, P.K. Patra, S. Aoki and T. Nakazawa, Carbon and hydrogen isotopic ratios of atmospheric methane in the upper troposphere over the Western Pacific, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 8095–8113, doi:10.5194/acp-12-8095-2012, 2012.

Ishidoya, S., S. Morimoto, S. Aoki, S. Taguchi, D. Goto, S. Murayama and T. Nakazawa, Oceanic and terrestrial CO₂ uptake estimated from atmospheric potential oxygen observed at Ny-Ålesund, Svalbard and Syowa, Antarctica, *Tellus* 64B, 1-8, 2012

グリーンランド及び山岳氷河雪氷試料の化学解析による北極域の気候変動に関する研究 (研究課題)

◎的場澄人 北海道大学低温科学研究所・助教 (研究代表者)

竹内 望 千葉大学理学部・教授 (共同研究者)

(国立極地研究所)

本山秀明 教授 (担当教員)

平成 24 年～平成 26 年 (3 年) (研究期間)

[研究成果]

1. 背景と目的

氷河・氷床には、海洋、森林火災、砂漠、火山噴火などを起源とする様々な化学物質が大気循環によって運ばれ、雪とともに堆積する。また、雪自身も降雪時の気温、水蒸気の起源などの情報を保持し、堆積する。氷河・氷床をくりぬいて採取されるアイスコアには、このような過去の環境情報の記録が保存されており、アイスコアは過去の気候、環境変化の情報をその変化のメカニズムを明らかにする記録媒体の一つである。山岳氷河の氷厚は数百メートルであり、数千メートルに及ぶ氷床に比べて薄い。また、山岳氷河の年間の雪の堆積量は数m(水当量)程度で氷床に比べて格段に多い。そのため山岳氷河から採取されるアイスコアからは、数百年程度の気候変動を、季節変動のような高時間分解能で復元できることが期待できる。また、山岳氷河は人間活動域の近くに存在するので、人間活動に影響を及ぼす気候変動や、人間が環境に与える影響を評価するのに適していることも特徴の一つといえる。

氷床氷縁部は、深層アイスコアが採取される氷床内部と比べて、降水量が多く、低気圧活動や海氷面積の変化などの環境変動の影響を受けやすく、そこから採取されるアイスコアからは地域的な気候・環境変動が復元されることが期待できる。

本研究では、アラスカの山岳氷河とグリーンランド氷床北西部の辺縁部採取されたアイスコアの化学成分解析を行い、アイスコアの年代を高精度で推定することを目的とした。

2. 試料処理と分析方法

アラスカのアイスコアは、2008年にアラスカ州アラスカ山脈中央部に位置するオーロラピーク近傍の氷原(標高 2825m)で浅層メカニカルドリル(地球工学製)で 211m 採取された(Matoba et al., 2014)。アイスレーダーによる観測から氷厚は 240m、GPS による測量から掘削地点の水平流動は検出下限以下 (0.5m a^{-1}) と見積もられた(Fukuda et al., 2011)。化学分析のための試料は、試料を北大低温研に輸送

した後、約 10cm (0-90m 深)、2cm(90-180m 深)の分解能で連続的に採取された。試料表面に付着した汚染をセラミックナイフで削剥したのち清浄なポリエチレン袋内にいれ、室温で融解した。

グリーンランド氷床北西部氷縁部のアイスコアは、2012年と2014年に、それぞれハンドオーガー(北大低温研製)で 19m、浅層メカニカルドリル(地球工学製)で 225m 採取された(Aoki et al, 2014, Yamaguchi et al., 2014)。化学分析のための試料は、掘削地点近傍に作成された雪洞実験室内で 10cm の分解能で切断し、セラミックナイフで試料表面に付着した汚染をセラミックナイフで削剥したのち清浄なポリエチレン袋内にいれ、試料作成テント内にて湯煎で融解し、清浄なポリプロピレン瓶に入れて冷凍で保存し、北大低温研に輸送した。このアイスコア採取は、SIGMA プロジェクト(Snow Impurity and Glacial Microbe effect on the Arctic ; 代表: 青木輝夫(気象研)と GRENE 北極事業の共同観測として実施された。

液体試料の水の同位体比は、北大低温研で水同位体比分析装置(Picarro 社 L-2013i)で測定した。溶存化学成分は、北大低温研でイオンクロマトグラフィー(Thermo Scientific 社 DX-500 または ICS-2100)で定量した。トリチウム含有量は、極地研の液体シンチレーションカウンタ(Aloka 社 LSC-LB3)で測定した(Tsushima et al., 2015)。

3. 結果と考察

3. 1 アラスカアイスコア

水素同位体比に明瞭かつ周期的な変動が現れ、氷板位置との関係から、夏季に極大、冬季に極小値をとる季節変動を示すことが分かった。また、海塩起源であるナトリウムイオンは冬季にピークを示すことが分かった。水素同位体比の季節変動を基にして年層を数えてアイスコアの年代を推定した。また、ナトリウムイオンの季節変動は水素同位体比の季節変動が不明瞭な場合に補完的に用いた。推定された年代を、示準層となる森林火災由来の硝酸イオン

と汚れ物質、火山噴火由来の非海塩性硫酸、水爆実験由来のトリチウムのピーク位置と比較し、年代決定に矛盾がないこと、誤差が3年以内であることを確認した。その結果、211mのアイスコアは1666年までの記録を含んでいることが推定された。

年層の厚さから推定される降水量、年層内の水素同位体比の平均値から推定される気温は、北太平洋地域の気候変動でよく見られる十年規模周期変動（PDO; Pacific Decadal Oscillation）と同期して変動していることが分かった。

3. 2 グリーンランド氷床北西部辺縁部アイスコア

水素同位体比に明瞭かつ周期的な変動が現れ、氷板位置との関係から、夏季に極大、冬季に極小値を

とる季節変動を示すことが分かった。また、海塩起源であるナトリウムイオンは冬季にピークを示すことが分かった。水素同位体比の季節変動を基にして年層を数えてアイスコアの年代を推定した。また、ナトリウムイオンの季節変動は水素同位体比の季節変動が不明瞭な場合に補完的に用いた。

現在、分析は継続中だが、これまで得られた結果から、年層の厚さから求めた降水量は、約80年間に变化傾向や周期的な変動は示さず、平均0.23m a⁻¹（水当量）だった。

また、氷河流動モデルから推定すると、225mのアイスコアから約800年間の環境変動の復元が期待できることが分かった。

[参考文献]

- 1) Tshusima, A., S. Matoba, T. Shiraiwa, S. Okamoto, H. Sasaki, D. J. Solie, and K. Yoshikawa (2015): Reconstruction of recent climate change in Alaska from the Aurora Peak ice core, central Alaska, *Clim. Past*, 11, 217-226, doi:10.5149/cp-11-217-2015.
 - 2) Matoba, S., K. Shimbori, and T. Shiraiwa (2014): Alpine ice core drilling in the North Pacific region, *Ann. Glaciol.*, 55(68), 83-87, doi:10.3189/2014AoG68A020.
- Fukuda, T., S. Sugimaya, S. Matoba, T. Shiraiwa (2011): Glacier flow measurement and radio-echo sounding at Aurora Peak, Alaska in 2008. *Ann. Glaciol.*, 58, 138-142,

[研究発表]

- Tshusima, A., S. Matoba, T. Shiraiwa, S. Okamoto, H. Sasaki, D. J. Solie, and K. Yoshikawa (2015): Reconstruction of recent climate change in Alaska from the Aurora Peak ice core, central Alaska, *Clim. Past*, 11, 217-226, doi:10.5149/cp-11-217-2015.
- 對馬あかね、的場澄人、白岩孝行 (2014): アイスコアを用いたアラスカの近年の気候変動復元、雪氷研究大会 (2014・八戸)

船舶用スカイラジオメータの性能評価

◎小林 拓 山梨大学大学院総合研究部・准教授（研究代表者）

村山利幸 東京海洋大学海洋工学部・教授（共同研究者）

（国立極地研究所）

塩原匡貴 准教授

（担当教員）

平成24年～平成26年（3か年）

（研究期間）

[研究成果]

1. はじめに

大気エアロゾル粒子は、地球の放射収支に直接的・間接的な影響を与え、気候変動を引き起こすことが指摘されている(気象庁, 2015)。地球表面の約7割を占める海洋は、地上に比べエアロゾル粒子の測定例が少ないため、その知見が求められている。船上において、エアロゾルの光学的厚さ(以下, AOT)、および光学特性を測定する船舶用スカイラジオメータ (POM-01mk3, プリード(株))が南極観測船しらせに搭載され観測を実施している。そこで本研究では日本南極地域観測隊の船上観測から得られたデータを解析し、海洋上における AOT および光学特性を明らかにする。

2. 観測および解析

しらせの晴海埠頭出港時(2014年11月11日)より観測を開始した。晴海出港から氷海侵入までは、基本的に晴天時には太陽を追尾できていたが、一度追尾に失敗すると復帰するまでに時間を要した。狭視野センサーの感度が悪く、太陽高度が高くなると自動追尾しない設計になっている。ただし、サンセンサー自身は感度が良く、サーチモードで一旦太陽を捕まえば、それ以降は自動追尾可能。しかしながら、ラミング中は太陽を補足しても、すぐに追尾に失敗するため、太陽を追尾できない状態が続いたと考えられる。さらに、氷海侵入後、特にラミング中は晴天時でも太陽を追尾できない状態が続いた。サンセンサーの故障により、サンセンサーが太陽を捉えていなくてもセンサーレベルが高い状態になった。このため、POM は追尾できていると判断して観測を続行してしまい、追尾ができない状態となった。昭和基地接岸後も継続して観測を実施したが、2015年1月16日のブリザードによってサンセンサーが故障したことにより、動作不良を起こしたため、2015年2月5日10時22分(UT)をもって観測を中止した。

測器の状況について以下に記述する。

- ・2015/2/3 (しらせ帰艦直後): ブリザード時は S17

滞在のため、しらせ帰艦後に確認した。

- ・太陽を追尾できていないにもかかわらず、サンセンサーレベルが高い(値:3564)。
- ・気圧計からの応答無し。
- ・再起動を実施: 気圧計は復帰。鏡筒は追尾不能。
- ・2015/2/4: サンセンサーレベルは 3682。(鏡筒は左舷 40°程度, 追尾不能)
- ・鏡筒が水平より上に上がらない。
- ・水平鉛直ともに駆動系の緩みを確認。
- ・POM 電源 ON/OFF および PC 再起動を実施したが改善されない。
- ・常時、ぐるぐると回っている。以前も頻繁にあったが、動きが異なる。以前は半回転程度、現在はほぼ一回転している。

改善方法として下記のことが考えられる。

- ・狭視野センサーの性能を向上させ、低い太陽高度でも追尾するようにする。
- ・追尾に失敗した際、観測担当者が対応できるようなソフトウェアプログラムがあるとよい。具体的には、方位角と天頂角を手動で入力できるようにし、任意の方向に鏡筒を向けられるようにする。その後、サンセンサーを ON にして追尾を開始させ、自動追尾に移行する。現状では、任意の方位角、天頂角に鏡筒を向けることは可能だが、ハイパーターミナルを立ち上げての操作のため、その後のサンセンサーの ON/OFF およびその後の観測に繋がられない。今後、測器のソフトウェアに上記手順が組み込まれることに期待したい。

太陽直達光の測定値からラングレー法を用いて大気上端における太陽放射量に相当する測器定数(以下, F0)を算出した。ラングレープロットには、Airmass が 2-6 までの測定値を使用した。良好なラングレープロットを 2 点得ることができた。2 点の標準偏差は、380nm 以外は 1%以内におさまっていた。オングストローム指数(AE)の算出には 400, 500, 675nm の 3 波長の AOT を使用した。

(裏面に続く)

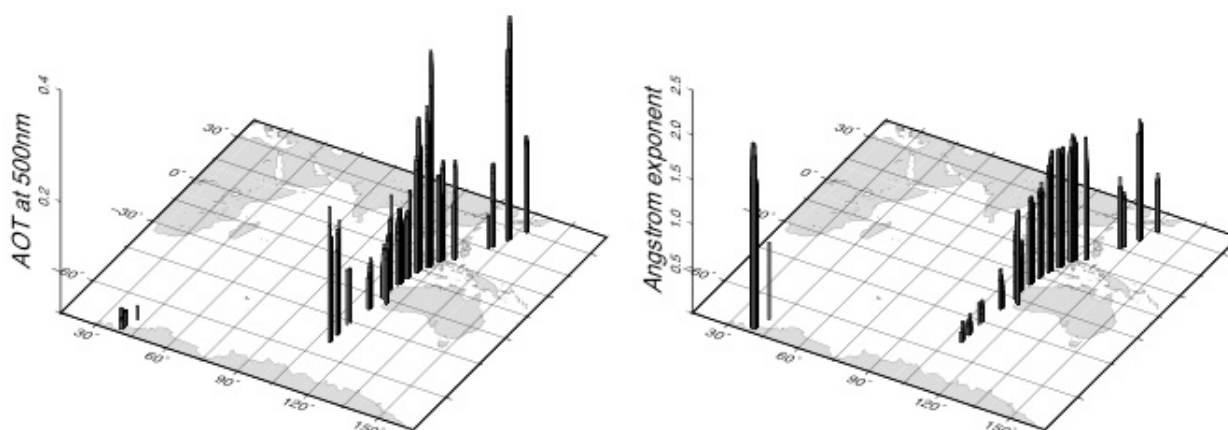


図1 500nm におけるエアロゾルの光学的厚さおよびオングストローム指数の測定結果

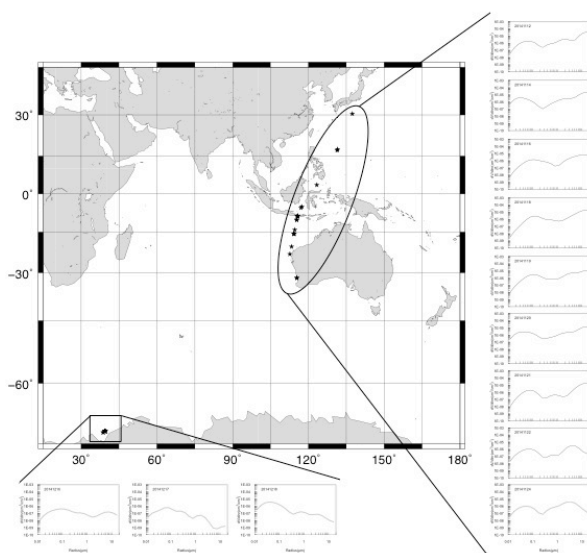


図2 導出されたエアロゾル粒子の粒径分布

図1に500nmにおけるAOTおよびAEの空間分布を示す。全解析結果を通して500nmにおけるAOTは0.01-0.40の範囲であり、西太平洋上およびインドネシア周辺海域で最大となっていた。一方、最小値は氷海内で示した。AEは0.01-2.08の範囲であり、西太平洋上およびインドネシア周辺海域で

はAOTと同様に高い値を示したが、一方で氷海内において最大値を示した。西太平洋上においては大陸から気塊の輸送が考えられ、インドネシア周辺海域と合わせてこれらの海域では、陸上からの影響を大きく受けていることが示唆される。南緯45°付近の海洋上でもAOTの上昇が見られたが、AEは低い値を示した。この海域は暴風圏に位置することから、主に波の破碎によって発生した海塩粒子が卓越したものと考えられる。

Skyrad.pack Ver.4.2 (Nakajima et al., 1996) 用いて、散乱光の解析を実施した。解析には、400, 500, 675nmの3波長を使用した。仮定するパラメータは基本的に気象研に準拠しているが、氷海侵入後の測定データ(2015/12/16-)に関しては、地表面アルベドを0.8に仮定した。

図2に解析によって得られた粒径分布を示す。粒径分布は日ごとに平均した値を示している。主に0.1, 0.8, 8 μm をモードに持つ3山分布を示した。0.1 μm のモードは硫酸塩、0.8 μm のモードは海塩粒子とみられる。8 μm のモードに関しては、以前実施した気象研準器との比較において大きなずれを生じていたため、解析誤差の可能性がある。または、雲粒子を捉えた可能性も考えられる(Che et al., 2008)。氷海内では、0.8, 8 μm のモードが減少し、0.1 μm のモード、すなわち硫酸塩の卓越が見られた。

[参考文献]

気象庁(2015), IPCC 第五次評価報告書, <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/>

Nakajima, T., Tonna, G., Rao, R., Boi, P., Kaufman, Y. and Holben, B. (1996) Appl. Optics, 35, 2672-2686.

氷床コア同位体連続分析用融解装置の高分解能化

◎東信彦 長岡技術科学大学 工学部・教授

高田守昌 長岡技術科学大学 工学部・助教

Denis Samyn* 長岡技術科学大学 工学部・日本学術振興会外国人特別研究員
(国立極地研究所)

東久美子 准教授

平成 24 年～平成 26 年 (3 か年)

*平成 24 年～25 年度

[研究成果]

1. はじめに

欧米の氷床コア深層掘削プロジェクトでは、試料を掘削現場や各国に持ち帰り、連続融解分析することが実用化されている。一方、日本の南極観測隊がドームふじ基地で掘削採取した 3000m の試料は、従来型の低温室での切断と表面汚染の除去、クリーンルームでの融解・分注・分析、そしてこれらのための洗浄と乾燥という準備作業が必要で、分析に多大な労力を必要とした。また、これらの手作業のため、氷試料を高分解能で分析することは非常に困難であった。

数百年～千年スケールといった長期的な古環境変動の解読には、従来通りの 10 cm 程度の深さ分解能で良いが、数年～数十年といった詳細な時間分解能での環境変動の情報を捉えるためや、氷の流動に影響する結晶組織の形成や不純物分布といった物性と比較検討するためには、高空間分解能での分析が望まれる。このため、氷床コア試料を連続的に融解し、高空間分解能で分析するシステムが必要である。

2. 成果

本研究では、氷試料の連続融解分析およびその高分解能化のため (1) 水の安定同位体の連続分析、(2) フィルン試料の融解装置、(3) イオンクロマトによる連続分析、に関して検討した。

(1) 水の安定同位体の連続分析

融解装置にレーザー式水安定同位体比測定装置を接続し分析するため、蒸気化装置を作成し、配管の部品や材質を工夫した。この結果、水サンプルを導入してから測定データを取得するまでの時間を数分まで短縮させることができた。

(2) フィルン試料融解装置

通気性のあるフィルン試料は、空隙において水の表面張力により融解液が上昇してしまうという問題がある。融解液の上昇は、分析結果において氷試料の深度が不明となってしまう。模擬のフィルン試料を作成し、氷試料用の融解装置で試料を融かすと、10 cm 程度の融解液の上昇が生じることが分かった。そこで、融解面

に下部より陰圧を与えることにより、融解液の上昇を抑えるという概念で、融解装置を設計製作した。図 1 にフィルン用融解装置の概要を示す。

この融解部を用いることにより融解水の上昇を抑えることが可能であった。しかし、融解液は、フィルン試料外側からの廃液と内側からの分析試料に分離する必要があるが、全融解液が分析試料となる内側に流れ込んでしまうという問題が生じた。この理由は、試料を融解し陰圧を与える部分となる融解プレートの形状が原因と考えている。使用した融解プレートは氷用のものを流用したため、陰圧を付加する孔の面積割合が内側で多かった。このため、陰圧による流れが内側で過多となり、外側に導かれるべき融解液も内側に引き込まれていると思われる。そこで、融解面で陰圧付加が可能で、スリットの断面密度が均質となり、融解のための熱伝導が確保可能な融解プレートを新たに設計製作し、改良を継続している。

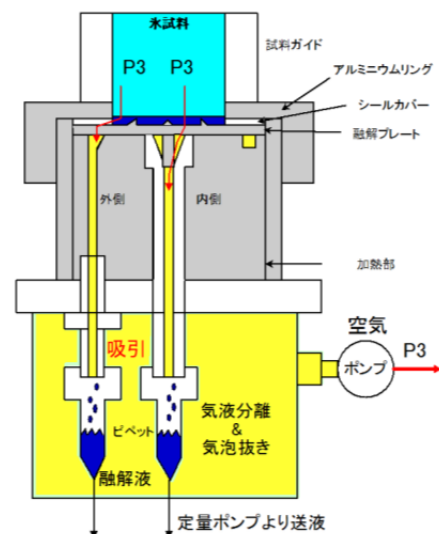


図 1 フィルン用融解装置の概要

(3) イオンクロマトグラフによる連続分析

融解装置に分析器としてイオンクロマトグラフを接続し、同一の試料から、主要な陽イオンと陰イオン成分の分析を行うシステム開発を行った。図2にこのシステムの概要を示す。開発内容は、分析器であるイオンクロマトグラフの外部通信制御の確立、試料導入のための流路作成、これら全体を制御するためのプログラムの作成である。試料の定量分析には検量線が必要となるため、標準試料の導入もシステムに組み込んだ。融解試料は絶えず流れ込み、その平均濃度を分析するため、試料導入の流路は、ポンプ5台、流路切替バルブ5台とそれらを継ぐチューブやフィッティングから構成されている。また、分析器に確実な試料導入を行うため、電子天秤3台により分析試料の流れをモニターし制御に用いている。試料の融解速度を毎時1m程度と想定し、分析間隔が従来の分析程度となるよう、1試料の分析時間を5分と設定し、氷床コア中に含まれる主要な成分のみ分析するようイオンクロマトグラ

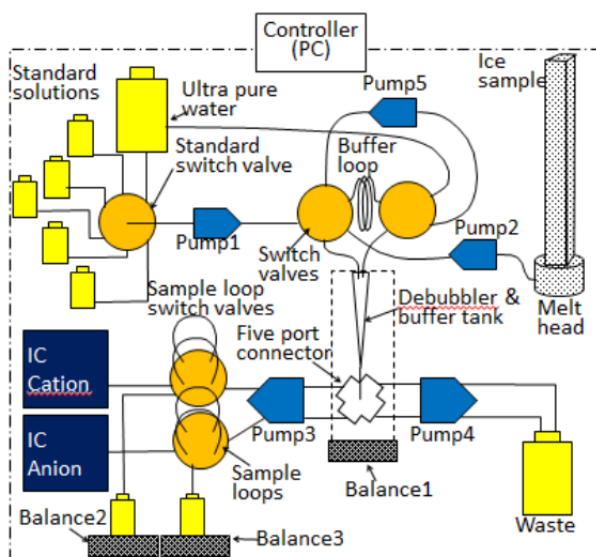


図2 イオンクロマトを分析器とした連続融解分析装置

フの分析条件の調整を行った。分析可能な成分は、 Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 F^- 、 MSA 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} である。それぞれのイオン成分において、5種類の標準試料および超純水を自動導入し100ppbまでの濃度範囲で検量線を得ることができた。そして、分析試料導入側の流路より標準試料を導入し、同じクロマトチャートを得ることができた為、システムの有効性を確認した。

そして、極地研で実施された、南極みずほコアを用いた連続自動分析キャンペーンに、開発した本システムを持ち込み、二回にわたり参加した(図3)。一回目は、輸送のため分解した装置を組立て動作確認し、融解装置からの流路を確保し、問題なく分析できることを確認した。また、氷試料の深度と分析結果の対応といった連続融解分析のために必要な装置の改善点の洗い出しを行った。その後システムを持ち帰り、制御プログラムを中心に改良を加えた。この結果、二回目ではシステムは順調に作動し、氷床コアの分析に使用可能であることを確認した。



図3 極地研の連続自動分析装置へのイオンクロマトグラフ分析器の接続

[研究発表]

- (1) Denis Samyn, Motoyuki Satoh and Nobuhiko Azuma: Impurity migration and diffusion during deformation-induced recrystallization of ice. 第3回極域科学シンポジウム (2012年・東京)
- (2) 高田守昌、平林幹啓、東久美子、Remi Dallmayr、東信彦: イオンクロマトグラフを用いた氷床コア試料の連続融解分析装置の開発—装置の概要—. 日本雪氷学会雪氷研究大会雪氷研究大会 (2013・北見)
- (3) 高田守昌、平林幹啓、東久美子、Remi Dallmayr、東信彦: 氷床コア中の溶存イオン成分の連続融解分析装置の開発. 第4回極地科学シンポジウム (2013年・東京)
- (4) 高田守昌、東久美子、平林幹啓、Remi Dallmayr、東信彦: イオンクロマトグラフを用いた氷床コア試料の連続融解分析装置の開発II—サンプル導入の自動化と標準試料の分析—. 日本雪氷学会雪氷研究大会 (2014・八戸)

南極域エアロゾルの季節挙動に関する研究

◎浅野 比 山口東京理科大学工学部・助教
 竹永 満 山口東京理科大学工学部・教授
 (国立極地研究所)
 平沢 尚彦 助教
 平成 24～26 年 (3 か年) (研究機関)

(研究代表者)
 (共同研究者)

[研究成果]

大気中のエアロゾルは日射や気候等に影響を与えるため、そのメカニズムを明らかにするためにはエアロゾルについて、粒径、成分組成、化学状態など情報が不可欠となる。また、極域におけるエアロゾルの観測は地球規模の大気循環を把握するためには非常に重要である。これまで南極昭和基地におけるエアロゾルの観測は光散乱式粒子計測器など個数濃度の観測が行われているが、その成分に関しては、採取したサンプルを国内に持ち帰り分析をしていた。そのため成分の変質が懸念された。そこで本研究では、ヘリウムマイクロ波誘導プラズマ発光分光分析計 (He-MIP-AES) および蛍光 X 線分析計 (XRF) を昭和基地に持ち込み、大気中粒子状物質の評価を行った。

一方、近年では西日本で観測される PM2.5 の 1 時間平均値が日平均基準値を超えて観測され関心が高まっている。特に本学 (山口東京理科大学) のある山口県はアジア大陸と近く、越境汚染の影響を受けやすい場所にある。しかしながら、山口県では重量濃度測定は連続的に行われているが、成分分析はなされていない。そこで本研究では本学にてエアロゾルを採取し、その無機イオン成分の分析を行った。ここでは極域および国内 (山口県) のエアロゾル分析結果について述べる。

エアロゾルは 2008 年 2 月～2009 年 1 月まで昭和基地の清浄大気観測室にて 24 時間採取した。

【実験方法】He-MIP-AES : メンブレンフィルター (1 inchφ、孔径 0.2 μm) 上にポンプ (流量 4 L/min) で試料を捕集し、前処理をすることなくそのまま He-MIP-AES (堀場製作所製 : パーティクルアナ

イザ、DP-1000) に供した。測定対象元素は C、Na、Mg、Al、Si、S、Cl、Br、Ca、Fe、Cu、Zn および V を選択した。

XRF : PTFE フィルター (集塵径 3 mmφ、孔径 0.5 μm) 上にポンプ (流量 8 L/min) で試料を捕集し、そのまま XRF (堀場製作所製 : 蛍光 X 線分析顕微鏡、XGT-5000WR) に供した。

国内イオン成分分析

一方、国内では 2013 年 3 月から 2015 年 1 月まで山口県山陽小野田市および下関市にて 24 時間石英フィルター上にエアロゾルの採取を行い、イオンクロマトグラフ (IC) で分析した。

【結果と考察】He-MIP-AES : ここでは He-MIP-AES による分析結果の一例として Fig.1 に Na のカウント数の経時変化を示す。ナトリウムは冬季から春季に増加し、夏季 (11～2 月) に減少している。このような季節変化は、冬～春は低気圧の接近、通過ため強風の場合が多く、海塩粒子濃度が増加し、夏季は比較的穏やかな天候により海塩粒子の発生や輸送が抑制されるためであると考えられる。

XRF : また XRF 分析により得られた硫黄濃度の

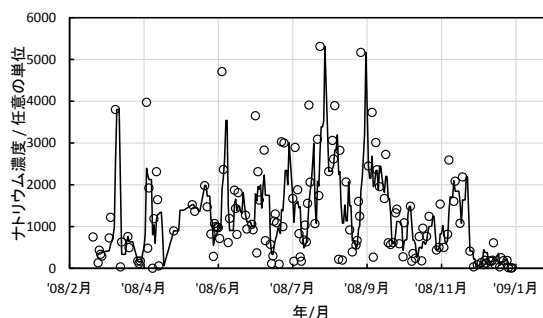


Fig.1 Seasonal variation of Sodium.

年間変動は夏季に増加し、冬季に減少するという傾向を示した。硫黄の粒子状物質は生物の活動が活発になる夏期に海洋プランクトンなどから硫化ジメチルが放出され増加すると考えられる。

国内 IC 分析 : Fig. 3 に国内において採取した粒子中の無機イオン成分の季節変化を示す。両市とも春季に最も高く、夏季、秋季、冬季の順に減少する傾向であった (図)。イオン成分と PM_{2.5} 濃度は下関市よりも山陽小野田市の方がやや高値を示した。各成分の割合は、両市とも人為起源成分の SO₄²⁻の割合が約 45%で最も多く、他の人為起源成分の NO₃⁻、NH₄⁺を合わせると、約 70%を占めた。両市の各成分の濃度比 (山陽小野田市の粒子中の成分濃度/下関市の粒子中の成分濃度) を調べた

[参考文献]

- 1) 浅野 比ら(2010):ヘリウムマイクロ波誘導プラズマ発光分析法 (He-MIP-AES) による昭和基地大気中エアロゾルの特性化. 南極資料, **54**, 819-834.
- 2) 青山朋樹ら(2010): XRF による昭和基地大気中粒子状物質の特性化. 南極資料, **54**, 835-844.
- 3) 浅野 比、白石幸英(2015):南極における大気中粒子状物質について, 化学と教育, **63**.

[研究発表]

- 1) 浅野 比、竹永 満: He-MIP-AES による大気中粒子状物質の特性化, 山岳大気研究部門第 1 回成果報告会, 2012 年 3 月, 東京, 東理大. (ポスター)
- 2) 浅野 比: 第 29 回イオンクロマトグラフィー討論会, “極域における IC を利用した分析について”, 2012 年 12 月 6, 7 日, 岡山理科大学, 岡山市, 岡山. (招待講演)
- 3) 浅野 比、竹永 満: 蛍光 X 線分析法による昭和基地大気エアロゾル分析と最近の山口の大気状況, 山岳大気研究部門第 2 回成果報告会, 2013 年 3 月, 東京, 森戸記念館. (口頭)
- 4) 浅野 比、平沢尚彦、金田和博、竹永 満: 山口県山陽小野田市における大気中粒子状物質分析, 日本分析化学会第 62 年会, 2013 年 9 月, 東大阪市, 近畿大学. (ポスター)
- 5) S. Toma, R. Cho, H. Asano, and M. Takenaga: Ionic component analysis in atmospheric micro-particles at Sanyoonoda, 3rd. Int. Workshop on Green Innovation, Mar.2014, 山陽小野田市, 山東理大. (ポスター)
- 6) 浅野 比、竹永 満: 山口県における粒子状物質中の無機イオン成分分析, 山岳大気研究部門第 3 回成果報告会, 2014 年 3 月, 東京, 森戸記念館. (口頭)
- 7) 浅野 比、竹永 満: 山口県における大気エアロゾル中の無機イオン成分分析, 日本分析化学会第 63 年会, 2014 年 9 月, 東広島市, 広島大学. (ポスター)
- 8) 長谷川貴司、浅野 比、白石幸英: イオンクロマトグラフィーを用いた山陽小野田市と下関市における浮遊粒子状物質中無機イオン成分分析, 第 15 回山東理大液晶研・先進材料研合同シンポジウム, 2015 年 3 月, 山陽小野田市, 山東理大. (ポスター)
- 9) 浅野 比、長谷川貴司、白石幸英: 山口県山陽小野田市および下関市におけるエアロゾル分析, 山岳大気研究部門第 4 回成果報告会, 2015 年 3 月, 東京, 東理大. (ポスター)

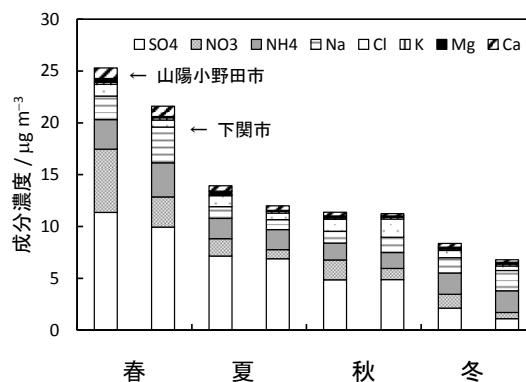


Fig. 3 Seasonal variation of ion components.

ところ、NO₃⁻、Cl⁻、Mg²⁺の比はそれぞれ 2.1、1.7、3.3 と大きくなったことから、山陽小野田市にはそれらの排出源があることを示唆している。

(研究課題)

昭和基地周辺に輸送される大気中黒色炭素エアロゾル濃度の季節変動と発生起源推定、及び雪中への沈着量の見積もり

◎北和之 茨城大学理学部・教授

林政彦 福岡大学理学部地球圏科学科・教授

原圭一郎 福岡大学理学部地球圏科学科・助教

近藤豊 東京大学大学院理学系研究科・教授

茂木信宏 東京大学大学院理学系研究科・特任助教

青木輝夫 気象研究所気候研究部第六研究室・室長

朽木勝行 気象研究所気候研究部第六研究室・研究官

川島洋人 秋田県立大学システム科学技術部経営システム工学科・助教

(国立極地研究所)

塩原匡貴 教授

東久美子 准教授

(研究期間)

平成 25 年～平成 26 年 (2 か年)

[研究成果]

本研究では昭和基地に輸送される黒色炭素エアロゾル(以下 BC)の発生源推定・輸送量・雪氷への沈着量を定量的に見積もるために、1. 発生源推定のための EC/OC 分析、2. 輸送量見積もりのために JARE52 の大気中 BC 重量濃度連続測定結果の解析、3. 雪中 BC 粒径分布及び濃度測定を目標としている。H26 年度は、雪中 BC 粒径分布及び濃度測定のための基礎実験を行った。以下、H26 年度の研究報告を行う。

本年は溶液化した雪中 BC の粒子生成に用いるネブライザーの再検討、雪を溶液化する際の手法の確立、実験過程における粒子の状態変化について、その度合いを調べるための実験を企画した。我々のグループは、雪氷中の BC 濃度の粒径分布を測定するために雪氷を融解しエアロゾル化して、大気中 BC と同様に Incandescence Method(SingleParticleSootPhotometer(SP2)による分析)で検出する。この手法で雪氷中の BC を分析した研究としては MacConnell et al. (2007)が嚆矢

となっているが、まだ新しい手法であるため実験過程における不確定が存在する。不確定要因の一つに、解凍方法の違いによる粒径分布と濃度の変化があげられる。R. E. Brandt et al. (2011)をはじめとする、多くの研究では雪を加熱して解凍時間の短縮をおこなっている。しかし、J. P. Schwarz et al. (2012)では、測定する雪サンプルが経験した温度履歴が粒径分布へ影響を及ぼすことを示唆している。サンプル解凍時における温度及び解凍時間が及ぼす、解凍後の BC 粒径分布への影響について実験により詳細に評価した報告は見つからなかった。

そのため積雪中 BC の粒径分布をより正しく測定するために、雪サンプルの解凍温度と解凍時間が、得られた溶液中の BC 重量濃度・粒径分布に有意な影響を与えるか見積もるための実験を行った。

(裏面に続く)

(2枚目)

2013年に石川県の白山と長野県の白馬の二地点で採取された雪サンプルをそれぞれウォーターバスを使用して70℃・20℃・5℃で解凍し、解凍温度による違いにより測定されるBC重量濃度や粒径分布に変化が出るか実験した。予備実験ではサンプル間のばらつき評価が問題となったため、あらかじめハンドミキサーで雪質を混合し、均一化した

サンプルを小分けして、同条件で三サンプルずつ測定することでサンプルのばらつきを評価できるように留意した。実験の結果、BC重量濃度はより低温での解凍時の方が高濃度となることがわかった。

(図2を参照)

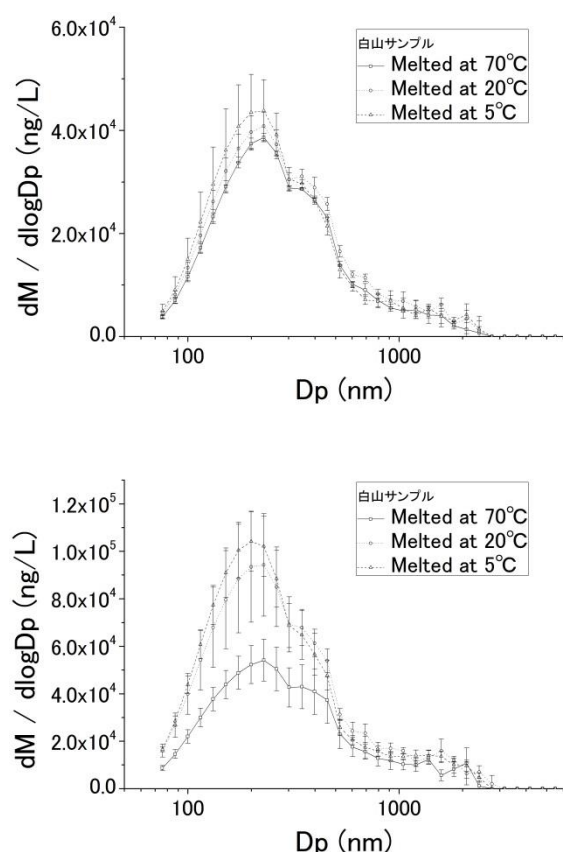


図2 解凍温度を変化させた時のBC粒径分布

粒径毎に比較すると、小粒径ほど加熱温度が高いと顕著に低濃度化することがわかった。全BCの濃度変化は白山のサンプルでは40.8%、白馬のサンプルでは11%の低濃度化となり、サンプルのばらつき

はそれぞれ最大で17.6%、10.1%だったことから有意な変化が得られた。雪中でBCが増加することは考えにくいため、低濃度化はBCのロスあるいは粒径の変化が起こっていると考えてよい。

以上の結果から、雪解凍時に与える温度変化が、測定される重量濃度と粒径分布に影響を与えてしまう可能性があることがわかり、雪サンプル中のBC重量濃度・粒径分布を測定する際には、解凍温度を低くした方がよいことが示された。しかし、低温では加藤に時間を要することから、解凍時間や解凍後の保存時間が粒径分布や濃度に影響しないかについて確認する実験を行った。

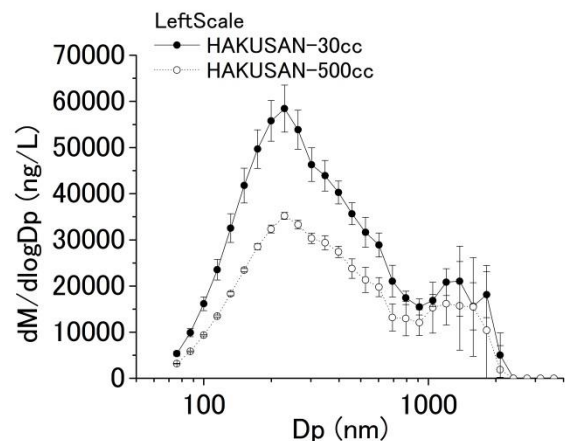
この実験では解凍時温度を同じに設定(約1℃)し、解凍するサンプル量を変え解凍時間を変えた場合の影響を見積もった。さらに、溶液を冷蔵保存して保存期間による影響も見積もった。

サンプル雪は上記実験と同様、ハンドミキサーで攪拌・混合し均一化してから、短時間解凍分は30cc瓶3本に小分けし、長時間解凍分は500cc瓶1本に分配した。各サンプルは同じ冷蔵庫内で解凍し、30cc瓶は約1時間、500cc瓶は約24時間の解凍時間をかけた。雪質のばらつきについては30cc瓶小分け分のサンプルのばらつきから評価した。

図3は30ccサンプルと500ccサンプルの分析結果の比較である。実験の結果、解凍時間が長いサンプルのほうが測定される濃度が低下することが分かった。全BC濃度の変化率は白馬のサンプルは約2%で有意な変化ではなかったが、白馬のサンプルは約35%の変化となり有意な変化が見られた。しかし、解凍時間を変えた時の結果と異なり、粒径ごとの低濃度化率に顕著な変化がなく、解凍温度の違いによる濃度変化のメカニズムと解凍時間の違いによる濃度変化のメカニズムは異なることが示唆された。

(裏面に続く)

(3 枚目)



上記二つの実験から、雪解凍時には解凍温度はなるべく低温で、かつ解凍時間をなるべく短く済ませることが必要だと分かった。

今後は昭和基地で採取した雪サンプルを、低温かつ短時間で解凍して BC 粒径分布と水溶性イオン濃度の測定を行い、昭和基地近辺における積雪中 BC 濃度とその粒径分布を正しく見積もっていくことを予定している。

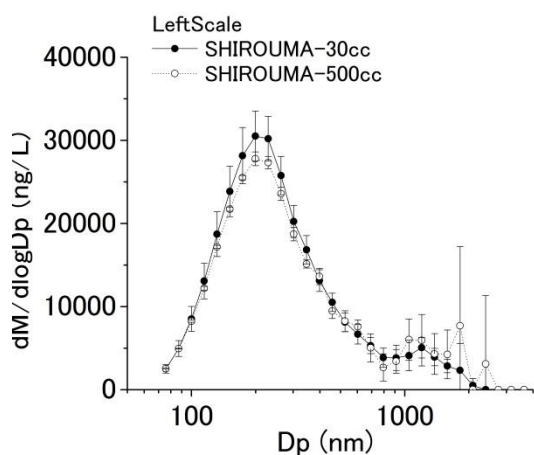


図 3 解凍時間を変えた時の BC 粒径分布

[参考文献]

- 1) Joseph R. McConnell, Ross Edwards, Gregory L. Kok, Mark G. Flanner, Charles S. Zender, Eric S. Saltzman, J. Ryan Banta, Daniel R. Pasteris, Megan M. Carter, Honathan D. W. Kahl; 20th-Century Industrial Black Carbon Emissions Altered Arctic Climate Forcing, *Science*, vol.317, 7, Sep, 2007
- 2) J.P. Schwarz, R.S. Gao, A.E. Perring, J.R. Spackman & D.W. Fahey; Black carbon aerosol size in snow, *Scientific Reports*, 3:1356
- 3) J.P. Schwarz, S.J. Doherty, F. Li, S.T. Ruggiero, C.E. Tanner, A.E. Perring, R.S. Gao, and D.W. Fahey; Assessing Single Particle Soot Photometer and Integrating Sphere/Integrating Sandwich Spectrophotometer measurement techniques for quantifying black carbon concentration in snow, *Atmos. Meas. Tech.*, 5, 2581–2592, 2012
- 4) S. Kaspari, T.H. Painter, M. Gysel, S.M. Skiles, and M. Schwikowski; Seasonal and elevational variations of black carbon and dust in snow and ice in the Solu-Khumbu, Nepal and estimated radiative forcings, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14, 8089–8103, 2014
- 5) Sho Ohata, Nobuhiro Moteki, and Yutaka Kondo; Evaluation of a Method for Measurement of the Concentration and Size Distribution of Black Carbon Particles Suspended in Rainwater, *Aerosol Science and Technology*, 45:11, 1326–1336

[成果発表]

論文準備中 (学会での発表あり)

(参加者一覧)

北和之 茨城大学理学部・教授

木名瀬健 茨城大学理工学研究科 大学院生

林政彦 福岡大学理学部地球圏科学科・教授

原圭一郎 福岡大学理学部地球圏科学科・助教

近藤豊 東京大学大学院理学系研究科・教授

茂木信宏 東京大学大学院理学系研究科・特任助教

青木輝夫 気象研究所気候研究部第六研究室・室長

朽木勝行 気象研究所気候研究部第六研究室・研究官

川島洋人 秋田県立大学システム科学技術部経営システム工学科・助教

(国立極地研究所)

塩原匡貴 教授

東久美子 准教授

小川佳美 PD

共同研究報告書（終了）

極域における雲と大気の高波放射に対する寄与に関する研究（研究課題）

◎早坂忠裕 東北大学大学院理学研究科・教授（研究代表者）
 山田恭平 東北大学大学院理学研究科・博士課程後期3年（共同研究者）

（国立極地研究所）
 塩原匡貴 准教授（担当教員）
 平成26年～平成26年（1か年）（研究期間）

[研究成果]

下向き長波放射フラックスは気候変動に密接に関連する重要な要素であるが、地表面付近の温度構造や水蒸気の影響が大きく、その見積りには地上観測が重要である (Wild et al., 2013, [1])。極域においては低温かつアルベドの大きい雪氷面により、衛星観測による放射収支の見積りや雲の観測が難しい。本研究では極域の Baseline Surface Radiation Network (BSRN; Ohmura et al. 1998, [2]) の観測地点において、下向きの長波放射フラックスとそれに対する雲や大気の寄与を評価した。観測地点の概要を表1に示す。

表1 対象観測地点

地点	緯度 [N°]	経度 [E°]	高度 [m]	対象の放射観測期間
ニーオルスン	+78.925	+11.930	11	1992-2014
昭和基地	-69.005	+39.589	18	1994-2013
南極点	-89.983	-24.799	2800	1992-2014

いずれの観測地点でも放射観測とほぼ同期間のラジオゾンデ観測（南極点の2002-2003および2006-2009年では一部欠損）を行っている。2001-2002年からはマイクロパルスライダー (MPL) による観測、2005-2006年からは太陽放射が存在する間は全天カメラによる観測をそれぞれ行っている。また南極点を除き、放射観測と同期間に雲量や現在天気などの観測を行っている。

本研究で雲量を目視観測（南極点を除く）、全天カメラ、MPLによって推定する。全天カメラでは Yabuki et al. (2014, [3]) の手法によって解析を行う。MPLでは規格化した後方散乱係数 (NRB) が0.2以上の高度を雲底と見なし、3時間平均値の雲底検出頻度を雲量とする。

本研究では放射の観測値の季節変化や経年変動を見積もるとともに、一次元放射計算モデル

mstrnX (Sekiguchi and Nakajima, 2008, [4]) を用いて雲、水蒸気、二酸化炭素の地表面下向き長波放射フラックスに対する寄与を見積もった。雲の寄与は式(1)で定義する。図1に図示する。

$$CON_{cloud} = \frac{Flux_{Obs}^{All} - Flux_{Cal}^{Clear}}{Flux_{Obs}^{All}} \quad (1)$$

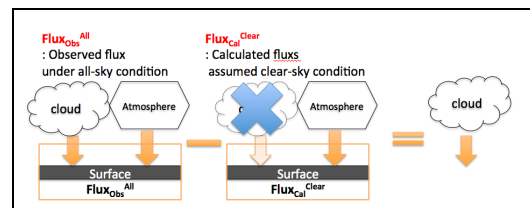


図1 雲の寄与の求め方。

ここで、 CON_{cloud} は雲の寄与を、 $Flux_{Obs}^{All}$ と $Flux_{Cal}^{Clear}$ はそれぞれ下向き放射フラックスの全天における観測値と快晴を仮定した計算値を示す。また水蒸気や二酸化炭素の寄与 CON_{GHG} は式(2)で定義する。

$$CON_{GHG} = \frac{Flux_{Obs}^{All} - Flux_{Cal}^{NoGHG}}{Flux_{Obs}^{All}} - CON_{cloud}$$

図2に快晴時に放射計算モデルによる計算値と観測値の比較結果を示す。RMSEは $-2.61 \pm 3.9 W/m^2$ と非常に小さく、計算値は観測値と良い相関を示していた。

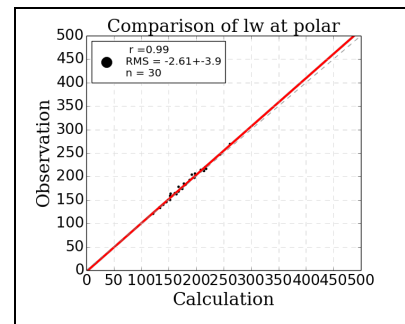


図2 快晴時における計算値と観測値の比較。

(裏面に続く)

下向き長波放射フラックス、地上気温、可降水量、MPL による雲量と雲底高度を表 2 に示す。赤字は Mann-Kendall のトレンド検定 (Mann, 1945, [5]; Kendall, 1948, [6])により、95%信頼区間を満たす有意な傾向であることを示す。

表 2 観測値の 10 年あたりの変動量

地点	下向き長波 [W/m ²]	気温 [K]	可降水量 [mm]	雲量 [0-1]	雲底高度 [km]
ニーオルスン	+5.1	+1.3	+0.3	+0.1	-0.4
昭和基地	-1.0	-0.1	+0.1	+0.2	-1.0
南極点	+2.2	+1.0	-0.0	+0.2	-0.8

地表面下向き長波放射フラックスは北極域のニーオルスンでは 10 年あたり +5.1W/m² の有意な上昇を示していた。この上昇は幅は全球での下向き長波放射フラックスの増加量を見積もった Prata (2008, [7])などに比べると 2 倍程度の大きさであり、北極ニーオルスンでは気温や水蒸気量の増加とともに下向き長波放射が大きくなっていった。一方、南極の 2 地点では気温や可降水量のどちらかが上昇傾向を示してはいたものの、長波放射は有為な増加傾向を [参考文献]

- 1) Wild, M., Folini, D., Schär, C., Loeb, N., Dutton, E. G., & König-Langlo, G. (2013), *Climate dynamics*, **40(11-12)**, 3107-3134.
- 2) Ohmura, A., Gilgen, H., Hegner, H., Müller, G., Wild, M., Dutton, E. G., ... & Dehne, K. (1998), *Bulletin of the American Meteorological Society*, **79(10)**, 2115-2136.
- 3) Yabuki, M., Shiobara, M., Nishinaka, K., & Kuji, M. (2014), *Polar Science*, **8(4)**, 315-326.
- 4) Sekiguchi, M. and T. Nakajima (2008), *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, **109**, 17-18, 2779-2793.
- 5) Mann, H. B. (1945), Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, **13**, 245-259.
- 6) Kendall, M. G. (1948). Rank correlation methods.
- 7) Prata, F. (2008), *Int. J. Remote. Sens.*, **29**, 5247-5263.

[研究発表]

Yamada, K., and T. Hayasaka, “Effect of cloud and water vapor on downward longwave radiation in polar region”, The Fifth Symposium on Polar Science Program, December, 2014, Oral.

Yamada, K. and T. Hayasaka, “Cloud Radiative Effect on Downward Longwave Radiation in the Polar Regions”, AGU fall meeting, December, 2014, Poster.

1. 当該共同研究に関する研究発表について、可能な限りすべての学会誌名等を記入してください。(口頭発表については、原則として省略する。)
2. 参考文献、研究発表を行った学会誌名等を英文表記する場合は左右 2 列にする必要はありません。
3. 研究協力者(共同研究者ではない参加者。大学院生等)については、(別紙)参加者一覧に記載し、報告書に添付してください。

示していなかった。

表 3 に雲、水蒸気、二酸化炭素のラジオゾンデ観測時刻の平均の 10 年あたりの変化量を示す。赤字は有意な傾向を示す。

表 3 寄与の 10 年あたりの変動量

地点	雲 [%]	水蒸気 [%]	二酸化炭素 [%]
ニーオルスン	-0.1	+0.2	-0.5
昭和基地	-0.6	+0.2	-0.1
南極点	-5.1	+5.3	-1.1

南極点観測地点を除き、雲や水蒸気の変化は大きくは変化していなかった。南極点では雲と水蒸気の寄与が大きな変動を示していたが、可降水量は大きな変動をしていなかったため、雲の寄与の変動に対して相対的に水蒸気の寄与が変動したと考えられる。しかし MPL で推定した雲量や雲底高度は雲の寄与が増える方向に変化していることから、雲の微物理特性が変化し、光学的に薄くなる変化をしているのではないかと考えられる。二酸化炭素の相対的な寄与はおおむね減少傾向にあり、水蒸気や雲の寄与の変化に対してはその影響は比較的小さいことが示唆された。

I . 共同研究報告（終了）

一般共同研究

（3）地 圏

(共同研究報告書 (終了))

インフラサウンド計測に基づく極地大気-海洋-固体圏相互作用の研究 (研究課題)

◎山本真行 高知工科大学システム工学群・教授 (研究代表者)

石原吉明 宇宙航空研究開発機構・研究員 (共同研究者)

長尾大道 東京大学地震研究所・准教授

村山貴彦 日本気象協会・技師

松島 健 九州大学大学院理学研究院・准教授

戸田 茂 愛知教育大学教育学部・准教授

柿並義宏 高知工科大学システム工学群・助教

(国立極地研究所)

金尾政紀 准教授 (担当教員)

平成 24 年～平成 26 年 (3 年) (研究期間)

[研究成果]

インフラサウンド(可聴下音波)は、大気重力波と可聴音波の中間帯域の微気圧変動であり、大気中を長距離伝搬可能な特性を持つ。我々は 2008 年の IPY 時期 (JARE49) より昭和基地にインフラサウンドセンサ 1 台を設置してパイロット計測を開始、2013 年 JARE54 にてリュッツホルム湾沿岸域を含めた計 6 地点への設置を進めた。本共同研究の研究期間においては、昭和基地における小アレイ観測からの方向探知や、沿岸域一部地点の観測データ回収による面的計測の成果が出始めたところである。

南極域におけるインフラサウンド計測としては、現在 CTBTO (国際核実験検知網) 登録の 4 観測点中 2 観測点が海外の基地にて稼働しているのみであり、南極域での多地点観測は例がなく、昭和基地周辺の複数地点における観測継続の意義は大きい。

インフラサウンド・アレイ観測点の配置(昭和基地)

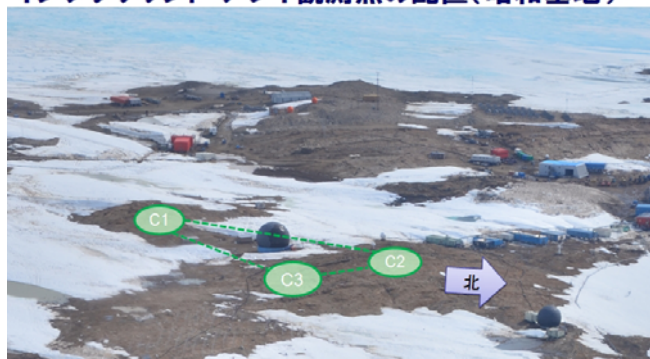


図 1 昭和基地における小アレイ配置

本共同研究では、昭和基地及び周辺域でのインフラサウンド計測による初期結果として、周波数解析結果による海洋波浪を起源とする低周波振動 (マイクロバロムス) 検出の報告、センサ設置点における

周波数特性と周辺ノイズ状況の把握、並びに昭和基地における小アレイ (図 1) を用いた方向探知の統計データを報告した。

表 1 に、2014 年度末時点における南極域インフラサウンドセンサの設置・稼働状況を示す。このうち昭和基地のデータは継続的に衛星回線でデータアーカイブが実施されており、ほぼリアルタイムでのデータチェックが可能である。例えば、2013 年 2 月 15 日のロシア・チェリャビンスク隕石イベント時には残念ながら昭和基地での波形検出は認められなかったものの迅速なデータ確認が行われた。S16 周辺や沿岸域設置のセンサについては、各年度 JARE 夏隊が訪問、SD カード回収にてデータを得るため完全な状態での多地点観測は今後の課題である。スカーレン設置の ParoScientific 製センサは絶対圧計であり長周期変動の解析に適しており、近い将来、Chaparral 製センサの一部を置き換える予定がある。各観測点には長周期地震計も併設され、カップリング過程の研究ができる。

表 1 2014 年度末の設置状況 (C: Chaparral 製, P: ParoScientific 製インフラサウンドセンサ)

	観測点	センサ	備考
1	昭和基地	C x3	小アレイ
2	S16, S17, P50	C x3	中アレイ
3	ラングホブデ	C x1	1,2 併用 大アレイ
4	スカルブスネス	C x1	
5	スカーレン	P x1	
6	ルンドボーグスヘッタ	C x1	

(裏面に続く)

図 2 に示すように、昭和基地における小アレイを用いた方向探知の統計処理結果によれば、マイクロバロムスの帯域のインフラサウンドは主に北方向から到来しており、南大洋の低気圧を起源とする波動であることが示唆される結果を得た。

昭和基地で捉えた周期5秒の波群の到来方向と伝播速度

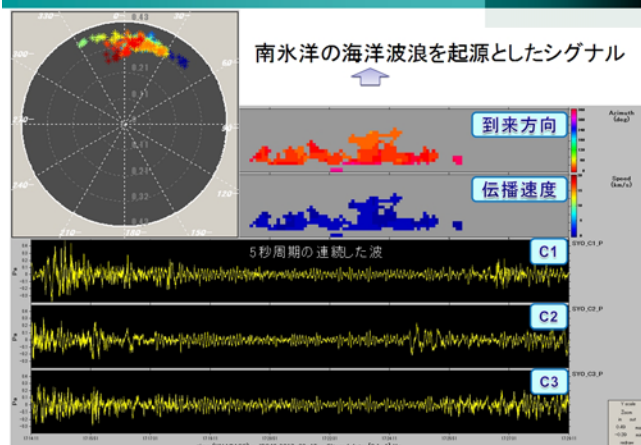


図 2 マイクロバロムスの方向探知結果

関連研究として、長野県菅平や新潟県十日町におけるインフラサウンド観測の成果やデータ同化の研究²⁾、さらに鉄道総合技術研究所の大型風洞を用い南極のブリザードなど苛酷風速条件を模擬し、風ノイズ低減装置の効果検証実験などを実施した³⁾。

今後は、国内データと極域データの比較をはじめ、極域モニタリング観測への進展の可能性も視野に入れ、励起源となる遠地地震・火山爆発・大氷震・オーロラ関連現象など、極地に特徴的な波動を同定し、それら波動の大気伝播特性の解明を進める。また大気-海洋-固体圏の物理相互作用に注目し、特に長周期地震計データと連携し、地球温暖化に伴う氷震等のイベント検出を試みる。インフラサウンドの長距離伝搬特性から、雑音源の少ない南極はグローバル観測網の一翼として重要であり、南大洋の波浪起源による微気圧振動の周波数特性や季節依存性について特に詳しく研究を進める予定である。

[参考文献]

- 1) Murayama, T., Kanao, M., Yamamoto, M.-Y., Ishihara Y., Matsushima, T., Kakinami, Y.; Infrasound array observations in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica, *Polar Science*, Vol.9, 1, p31-p50, 2015.
- 2) 長尾 大道, 富澤 一郎, 家森 俊彦, 金尾 政紀, 徳永 旭将, 樋口 知之; Coseismic atmospheric and ionospheric variations detected at the Sugadaira Space Radio Observatory, *地球電磁気・地球惑星圏学会*, 札幌, 2012/10/20 (招待講演).
- 3) 山本真行, 村山貴彦, 谷本早紀, 新井伸夫, 柿並義宏, 岩國真紀子, 荒木啓司, 栗原靖, 岡田和見; インフラサウンド計測に与える風ノイズ定量評価のための風洞実験, *第5回極域科学シンポジウム*, IPp04, 立川, 2014/12/3, 2014.

[研究発表]

- Yamamoto, M.-Y., Y. Ishihara and M. Kanao; Infrasonic waves in Antarctica: A new proxy for Monitoring Polar Environment, *Inter. J. Geosci.*, Vol.4, 4, p797-p802, 2013.
- Kanao, M., Maggi, A., Ishihara, Y., Stutzmann, E., Yamamoto, M.-Y. and Toyokuni, G.; Characteristic atmosphere-ocean-solid earth interactions in the Antarctic coastal and marine environment inferred from seismic and infrasound recording at Syowa Station, East Antarctica, In: Antarctic Palaeoenvironments and Earth-Surface Processes, (Eds.) by M. Hambrey et al., *Geological Society, London, Special Publications*, Vol.381, p469-p480, 2013.
- Murayama, T., Kanao, M., Yamamoto, M.-Y., Ishihara Y., Matsushima, T., Kakinami, Y.; Infrasound array observations in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica, *Polar Science*, Vol.9, 1, p31-p50, 2015.
- Nagao, H. and T. Higuchi; Data assimilation system for seismoacoustic waves, *The Proceedings of 16th International Conference on Information Fusion*, p1372-p1377, 2013.
- 長尾大道, 樋口知之; 地震音波データ同化システムの開発 —双子実験による検証—, *統計数理*, 61 巻 2 号, p257-p270, 2013.

(別紙)

参 加 者 一 覧

<input type="checkbox"/> 研究プロジェクト		<input checked="" type="checkbox"/> 一般共同研究		<input type="checkbox"/> 研究集会		課題番号	24-20
研究課題名		インフラサウンド計測に基づく極地大気-海洋-固体圏相互作用の研究					
氏名		所属	職	備考			
所内	金尾 政紀	地圏	准教授				
	松村 充	地圏	研究員				
小計	2 名						
所外	山本 真行	高知工科大学・工	教授				
	石原 吉明	宇宙航空研究開発機構	研究員				
	長尾 大道	東京大学・地震研	准教授				
	村山 貴彦	日本気象協会	技師				
	松島 健	九州大学・理	准教授				
	戸田 茂	愛知教育大学・教育	准教授				
	柿並 義宏	高知工科大学・工	助教				
	岡田 和見	北海道大学・理	技官				
	宮町 宏樹	鹿児島大学・理	教授				
	中元 真美	九州大学・理	研究員				
	池原 光介	高知工科大学・工	大学院生				
小計	11 名						
合計	13 名						

※研究プロジェクト・一般共同研究・研究集会、いずれかを■にしてください。

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

完新世グリーンランド氷床融解史に関する地形・地質学的研究 (研究課題)

◎前杵英明 法政大学文学部・教授 (研究代表者)
 高田将志 奈良女子大学人文科学系・教授 (共同研究者)
 (国立極地研究所)
 三浦英樹 准教授 (担当教員)
 平成 23 年～平成 26 年 (3 年) (研究期間)

[研究成果]

グリーンランド氷床は、世界の氷河体積の約 1 割を占めることから、その変動が生じた場合、海面変化や海洋熱塩循環の変化に重大な影響を与えることが予想される。将来のグリーンランド氷床の融解条件とその影響を評価するうえで、最終氷期最盛期以降のグリーンランド氷床の融解史の復元はひとつの重要な基礎的情報を与える。この検討の出発点として、最終氷期最盛期におけるグリーンランド氷床の氷床縁の分布と氷床高度の復元図が必要になる。最終氷期最盛期におけるグリーンランド氷床の氷床縁の位置の復元は、南部では陸上と海底の大陸棚上の地形地質調査によってほぼ明らかにされているが、北部は大陸棚地形から推定されているのみで、まだ確定され

ていない部分が多い (例えば、Funder et al., 2011)。また、最終氷期最盛期におけるグリーンランド氷床の高度を復元については、① 氷河学的方法 (例えば、Denton & Hughes, 1981 の CLIMAP モデル) と、② 完新世の旧汀線高度分布図と地球の粘弾性モデルを組み合わせた GIA (Glacial Isostatic Adjustment) モデルによる方法 (例えば、Tushingham & Peltier, 1991 の ICE-3G モデルや Okuno & Nakada, 1999 の ARC4 モデル) の 2 つの立場からの研究が行われてきた。しかし、両者の復元結果には大きな相違があり (例えば、Clark et al., 1991)、未だに最終氷期最盛期のグリーンランド氷床の実像は十分に明らかにさ

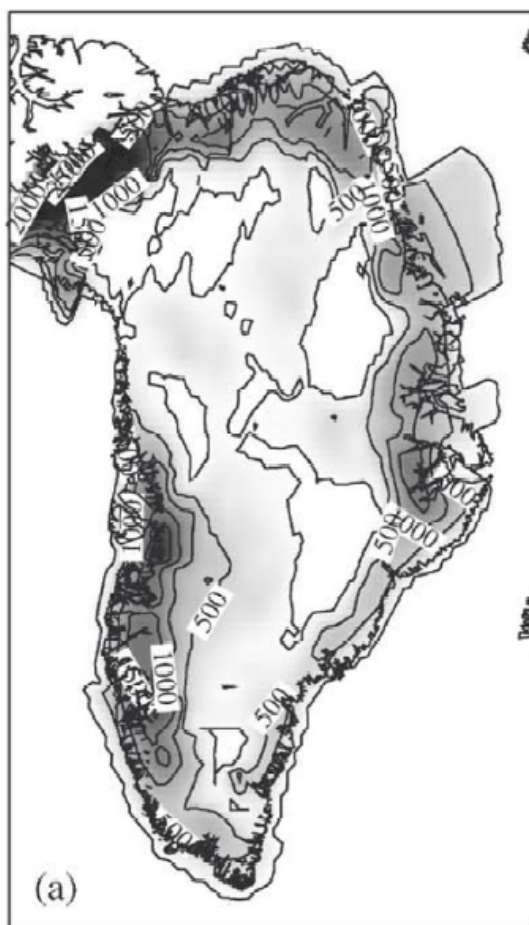


図 1 GIA モデルに基づくグリーンランドにおける最終氷期最盛期以降の氷床層厚の変化：単位はメートル (Fleming & Lambeck, 2004)

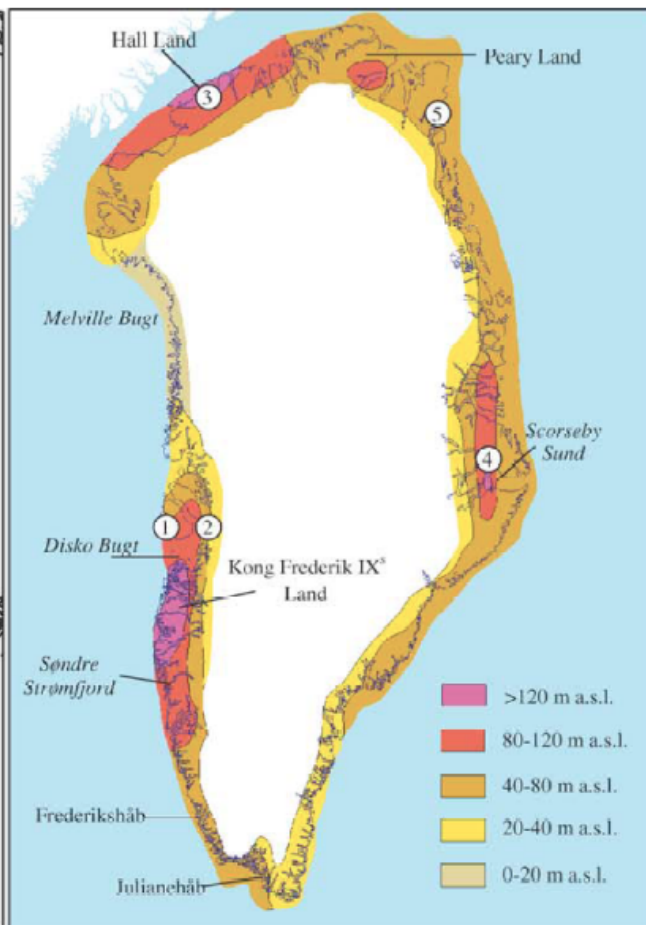


図 2 グリーンランドにおける完新世高海面期の高度の分布図 (Fleming & Lambeck, 2004) 本調査地域は Kong Fredrik IX Land の周辺

れていないといえる。

特に、後者の GIA モデルに基づく最終氷期最盛期の氷床高度復元図（例えば、ICE-G シリーズや ARC シリーズのモデルおよび Fleming & Lambeck, 2004 など）に着目すると、いずれの復元図でも東部と西部と北部の3地域に特異的に融解量の大きな地域（最終氷期最盛期以降で約 1000m 以上の融解）が存在している（図 1）。

この復元のモデルに用いられている完新世高海面期の高度のデータは、主として 1970~90 年代に蓄積されたものであり（例えば、Henriksen, 2008 や Rinterknecht et al., 2009 による編集図など；図 2）、その原典の論文にあたると、これらのデータの中には、貝化石の採取高度と年代値のみが示されているものが多数含まれており、離水地形、地層、化石の産状などの記載が不十分であり、再検討の余地がある研究が多い。

本研究では、上記の特異的な融解量を示す地域のひとつであり、わずか 100 km の範囲で 10~155 m まで多様な完新世海面高度の値が報告されている、グリーンランド西部のシシミウとカンガルスファック周辺を調査対象地域として、野外調査によって隆起海浜地形を精査・再検討した。

調査地域最西部に位置し、デービス海峡に面するシシミウ周辺における隆起海浜の地形地質学的調査を行った結果、標高 40 m 付近までは隆起海浜地形が分布しているが、それより高位の未固結堆積物は、風成砂や麓屑面堆積物しか分布しておらず、それ以上の標高では海成層や隆起海浜地形は見つけることはできなかった。

また、サンダーstormフィヨルドの最奥部（最東端）に位置し、現在のグリーンランド氷床縁まで約 20 km であるカンガルスファックでは、完新世の浅海底面が離水して形成された海成段丘面が、標高 20~50 m に広がる。この段丘面は巨礫を含むシルト~中砂からなる干潟~内湾の堆積物からなっており、この堆積物に産出する貝化石（*Macoma balthica*）からは 8000~8300 暦年 BP の年代値が得られている。しかし、今回の調査では標高 60m を越えると段丘面は巨礫からなる河成堆積物から構成されるようになり、それ以上の高度に完新世高海面期の証拠は得られなかった。本研究では、これら新たに正確な完新世高海面期の高度を得ることによって、従来の GIA モデルに基づく最終氷期最盛期のグリーンランド氷床復元との相違について検討した。

[参考文献]

- Clark, P.U., Alley, R.B. and Pollard, D. (1999) Northern hemisphere ice-sheet influences on global climate change. *Science*, 286, 1104-1111.
- Denton, G.H. and Hughes, T.J. eds. 1981. *The Last Great Ice Sheets*. New York: John Wiley & Sons.
- Fleming, K. and Lambeck, K. (2004) Constraints on the Greenland Ice Sheet since the Last Glacial Maximum from sea-level observations and glacial-rebound models. *Quaternary Science Reviews*, 23, 1053-1077.
- Funder, S., Kjeldsen, K.K., Kjaer, K. H. and Cofaigh, C. O. (2011) The Greenland Ice Sheet during the past 300,000 years: A review. In *Quaternary Glaciations-extent and chronology A Closer Look*. eds. Ehlers, J. et al., 699-713. Elsevier.
- Henriksen, N. (2008) Geological History of Greenland: Four billion years of Earth evolution, Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS).
- Okuno, J. and Nakada, M (1999) Total volume and temporal variation of meltwater from last glacial maximum inferred from sea-level observations at Barbados and Tahiti. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 146, 283-293.
- Tushingham, A.M. and Peltier, W.R. (1991) ICE-3G: a new global model of late Pleistocene deglaciation based upon geophysical predictions of post-glacial relative sea level change. *J.Geophys. Res.*, 96, 4497-4523.

[研究発表]

- 三浦英樹、前杵英明、奥野淳一(2013): 西グリーンランド、シシミウおよびカンガルスファック周辺の地形発達史と最終氷期最盛期のグリーンランド氷床復元の問題点, 日本第四紀学会, 弘前大学
- Hideaki Maemoku, Hideki Miura, Jun'ichi Okuno (2014): A question on the estimated coastal uplift along the Greenland due to isostatic rebound and its influence to the reconstruction of the ice sheet volume since the Last Glacial Maximum. The 5th Symposium on Polar Science, NIPR.

共同研究報告書（終了）

VLBIアンテナフロントエンド部の冷却技術に関する調査検討

- ◎池田 博 筑波大学研究基盤総合センター・准教授（研究代表者）
 - 瀬田益道 筑波大学大学院数理物質科学研究科物理学専攻・講師（共同研究者）
 - 福崎順洋 国土地理院測地部宇宙測地課・技術専門員（共同研究者）
 - 市川隆一 情報通信研究機構電磁波計測研究所時空標準研究室・研究マネージャー（共同研究者）
 - 関戸 衛 情報通信研究機構電磁波計測研究所時空標準研究室・副室長（共同研究者）
 - 岳藤一宏 情報通信研究機構電磁波計測研究所時空標準研究室・専攻研究員（共同研究者）
- （国立極地研究所）
- 土井浩一郎 准教授（担当教員）
 - 青山雄一 助教（担当教員）
- 平成25年～平成26年（2か年）（研究期間）

[研究成果]

1. はじめに

南極昭和基地では多目的大型アンテナ（口径11m）を使用した国際VLBI観測実験を1997年以来継続してきたが、多目的大型アンテナ設備（特にアンテナレドーム）の老朽化により、2015年12月-2016年1月での解体・撤去が予定されていた（※2014年8月に3年間の延長が認められた）。昭和基地は、南半球高緯度の重要な国際観測局であることから、VLBI観測実験を継続すべく、アンテナ設備の更新を進めている。

最近、海外のVLBI観測局も、次世代VLBIシステム（VGOS規格）への更新が始まっている。日本においても、国土地理院が茨城県石岡市に、VGOS規格VLBIアンテナを建設し、2014年10月より観測を開始している。VGOS規格では、アンテナフロントエンド部の冷却（20K程度）が不可欠である。しかし、アンテナと共に高速運動するアンテナフロントエンド部の冷却には、色々な課題があり、本研究では、初年度に、国際情勢や技術課題などの情報を収集し、メールでの情報交換と2回の研究打合せを通じて、優先的に取り組むべき課題を決めた。その結果、筑波大学で、情報通信研究機構が所有する実際のアンテナフロントエンド部（アンテナフィードとLNA）を南極昭和基地の超伝導重力計で使用されている4K冷凍機の予備機をで冷却し、その冷却特性を調査する実験を行うこととした。実物のフロントエンド部を収めることができる真空断熱容器を作成し、2年次には冷凍実験を行い、極低温環境下での受信感度特性を調査し、実物のフロントエンド部の冷却温度と受信感度の関係を定量的に評価した。この実験結果は、天文学・測地学の研究者が集まるVLBI懇談会で発表し、広く意見を求めた。

本研究を通して、近い将来に更新しなくてはならない昭和基地のVLBI設備の最適な仕様について、冷却方法（冷凍機）、耐久性、コスト面も含め、関係者が集まり検討した。

2. アンテナフロントエンド部の冷却実験

2.1. クライオスタット設計と4K冷凍機による冷却試験

アンテナフロントエンド冷却試験のために冷却部分を収納するクライオスタットが必要なので一般的な規格品材料を使用した設計図を作成した。図2に示すように冷却用に4K冷凍機を使用し、赤外線フィルターの効果も確認するために下部をアクリル板にした。

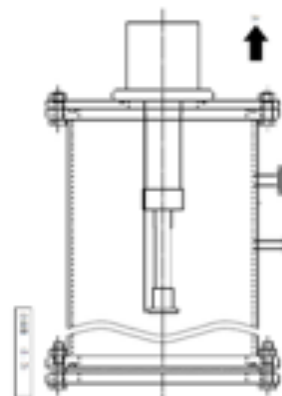


図1 フロントエンド冷却試験のためのクライオスタット

冷却用に使用する4K冷凍機は昭和基地で超伝導重力計に使用されており長期間運転の実績があり小型で電源が100V仕様で冷却テストが簡単に出来るなどのメリットがある。最初に負荷無しでの4K冷凍機の冷却試験を行った。図2に示すように1段で

50K、2段で20Kに到達している。冷却するホーンとアンプも示す。

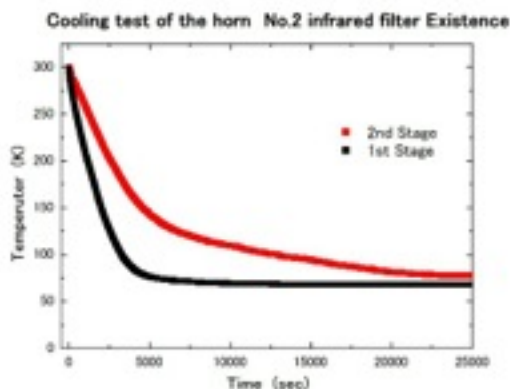


図2 4 K冷凍機の無負荷冷却試験とフロントエンドのアンプとホーン

2.2. フロントエンド部（ホーン）の4 K冷凍機による冷却試験

クライオスタットの中にフロントエンド部のホーンを4 K冷凍機と接続して温度計測は白金抵抗を利用して冷凍機1段と2段の温度計測を行った。その結果シールドを工夫することにより図3に示すようにまだ改善の余地はあるが1段で77K、2段で60Kまで冷却することが出来た。また、赤外線フィルターの効果も確認することが出来た。今後はよりシールド版の工夫と熱流入の抑制を心掛けることでより低温に冷却出来るように実験を続け、合わせて受信感度特性の計測を行う予定である。

3.まとめ

昭和基地VLBIアンテナの更新する際、VGOS規格に対応するために、アンテナフロントエンド部（アンテナフィードとLNA）の冷却試験を行った。

[研究発表]

池田博, 松尾隼, 土井浩一郎, 青山雄一, 関戸衛, 市川隆一, 岳藤一宏, 福崎順洋, Cooling test of VLBI antenna front-end unit, 2014年度VLBI懇談会シンポジウム収録集, 25-28, 2014.

土井浩一郎, 青山雄一, 国立極地研究所機関報告, 2014年度VLBI懇談会シンポジウム収録集, 91-94, 2014.

Y. Aoyama, K. Doi, and K. Shibuya, JARE Syowa Station 11-m Antenna, Antarctica, IVS 2013 Annual Report, 167-170, 2014.

Y. Aoyama and K. Doi, JARE Syowa Station 11-m Antenna, Antarctica, IVS 2014 Annual Report, in press.

クライオスタットの設計と昭和基地で使用している超伝導重力計で実績のある4 K冷凍機を使用してフロントエンド部の冷却試験を実施し、合わせて赤外線フィルターの効果も確認した。今回の冷却試験をもとに、実用化に向けて、より低温までの冷却の実現、ならびに低温時の受信感度計測の実施が必要である。

最終年度、昭和基地VLBIアンテナの更新に関して、小型アンテナの採用についての技術検討も行った。アンテナ口径は5m以上、かつフロントエンド部の冷却を行っても、現時点で世界中で広帯域受信機が実用化されていないため、現行アンテナより劣る性能しか達成できないことが定量的に示された。従って、アンテナの有効性、コストパフォーマンスなどを考慮すると、3周波数帯が受信できる12m級のVLBIアンテナを構築することが良いという結論に至った。

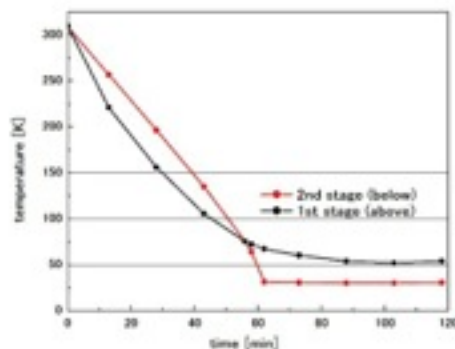


図3 フロントエンドのコーンの冷却試験結果

I . 共同研究報告（終了）

一般共同研究

（4）生 物 圈

(共同研究報告書)

(研究課題) ジャイロロガーを用いたアデリーペンギンの行動解析

◎三田村啓理 京都大学大学院情報学研究科・准教授 (研究代表者)
 荒井修亮 京都大学フィールド科学教育研究センター・教授 (共同研究者)

(国立極地研究所)
 高橋晃周 (准教授)・渡辺佑基 (助教) (担当教員)
 平成24年～平成26年 (3か年)

[研究成果]

本研究は、新規に開発した加速度・角速度を記録できるジャイロロガーを用いて海洋動物の行動を詳細にモニタリングする手法を確立することを目的とした。

直接観察が困難な水圏動物の運動を計測するために、これまで様々な種類のセンサを搭載した動物装着型データロガーが用いられてきた。特に加速度センサや地磁気センサを用いることで、動物の運動加速度や姿勢角、移動軌跡の把握が行われてきた。しかし従来の方法では、100Hzのようなミリ秒の時間スケールで運動加速度や姿勢角を把握することが原理的に困難であり、詳細に動物の運動を把握することができなかった。動物の行動や運動は、様々な時間スケールで特徴付けや理解が可能であるため、これまで困難であった詳細な時間スケールの運動を把握できれば、動物の行動や運動の新たな側面を解明できることが期待された。

平成24年度は、世界に先駆けて、角速度を直接計測可能なジャイロロガーの開発にBiologging Solutions社とともに取り組んだ。そして3軸角速度ならびに3軸加速度の動きを計測・記録できる小型のジャイロロガー(図1)から、3軸角速度、3軸加速度、3軸地磁気、遊泳深度、経験水温ならびに遊泳速度を計測・記録できるジャイロロガーにいたるまで幾つかのロガーの開発に成功して、詳細な時間スケールの運動を把握可能にした(Noda et al. 2012, 2014)。

国立極地研究所の高橋晃周博士、京都大学大学院情報学研究科の野田琢嗣博士とともに第54次南極地域観測隊に参加して、平成24年12月19日から平成25年2月2日までの46日間、ラングホブデ袋浦においてアデリーペンギンの行動・生態調査をおこなった(図2)。開発したジャイロロガーや様々な小型の測器をペンギンの背中に取り付け、しばらくした後に回収した。そして測器

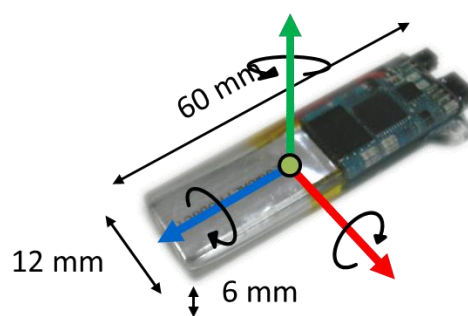


図1. 3軸角速度・3軸加速度を計測・記録できるジャイロロガー (Biologging Solutions社)



図2. 南極ラングホブデ袋浦のアデリーペンギン営巣地

よりデータをダウンロードした。計73個体に測器を取り付け、そのうち71個体から測器を回収した。そのうちジャイロロガーは27個体に装着して、全ての個体から測器を回収した。これにより潜水中の体の動きを詳細に示す角速度・加速度データ、潜水中の遊泳軌跡を示す角速度・加速度データ、潜水中の餌取りの様子を示すビデオデータ、移動経路を示すGPSデータなどを得た。

平成25年度から26年度にかけて、得られたペンギンの行動データをもとに解析をおこなった。

空気を吸って潜水を行う多くの海鳥にとって、浮力は潜水中に大きく変化し、行動を制限する大きな要素である。これまでのバイオリギング研究により、「はばたき」の頻度を調節する・浮力を利用してグライド浮上するなど、海鳥の浮力変化に対する巧みな戦略が明らかにされた。粘性が高い水中では、はばたきなどの動作に対する反作用力が強く、回転モーメントが発生し、体の動きの不安定化が起きる。特に、浮力など、作用する力が大きく変化する潜水中には不安定化が起きている可能性が高い。我々は世界で初めて、アデリーペンギンを含む海鳥[ペンギン科1種(アデリーペンギン)、ウミスズメ科2種(ハシブトウミガラス・ウトウ)の合計3種]の潜水中の詳細な回転運動を定量評価した(図3)。その結果、はばたきに伴う回転運動は、潜水中に大きく変化し、推進力発生方法の違いのため、2科で大きく異なることが示唆された。特に潜水に特化しているペンギンは、飛行し潜水するウミスズメ科より、ダイブ中の回転の不安定化が小さいことが示され、ペンギンがエネルギー効率のよい遊泳をしていることがわかった。一方で、3種とも潜水ごとに目的の潜水深度に合わせた空気量調節により回転の程度が抑えられている共通点が示唆された。

また、ジャイロロガーは小型(図1)であり、かつ詳細な3次元姿勢角を推定できる。遊泳深度や遊泳速度データと合わせることで、これまで得られなかった小型の水圏動物の水中での3次元移動軌跡を把握できるようになった。従来、比較的小型の動物であるアデリーペンギンの潜水中の移動経路や移動範囲については、まったく明らかになっていなかった。しかし開発したジャイロロガーから得られたデータをもとに、アデリーペンギンの水中での3次元移動軌跡を推定できた。アデリーペンギンは水中では100m程度の3次元空間スケールを利用して採餌していることが示唆された(図4)。

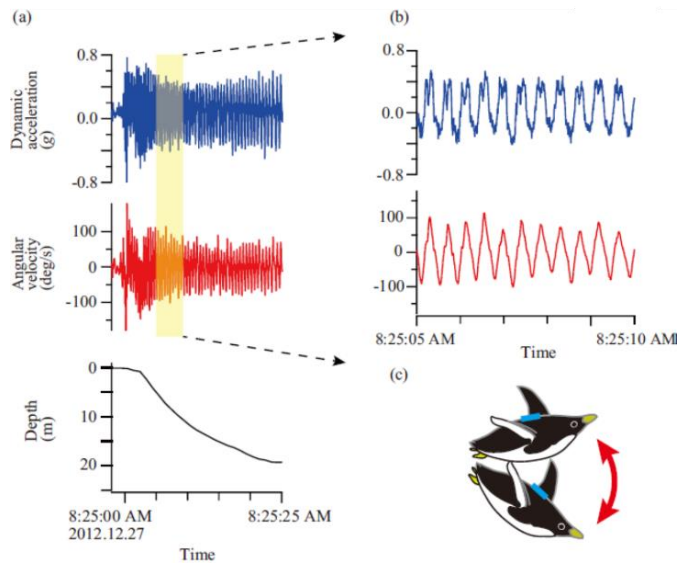


図3. ジャイロロガーから得られた潜水中のアデリーペンギンの羽ばたきと回転運動。a,b)羽ばたき、回転運動、遊泳深度。c)回転運動の概念図。

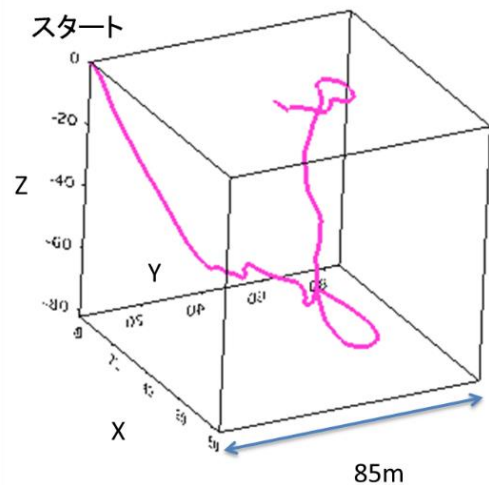


図4. ジャイロロガーから得られたデータをもとに推定したアデリーペンギンの潜水移動経路。

[参考文献]

- 1) Noda T, Okuyama J, Koizumi T, Arai N, Kobayashi M (2012) Monitoring attitude and dynamic acceleration of free-moving aquatic animals using a gyroscope. *Aquatic Biology* Vol. 16(3): p265-p276.
- 2) Noda T, Kawabata Y, Arai N, Mitamura H, Watanabe S. (2014) Animal-mounted gyroscope/accelerometer/magnetometer: in situ measurement of the movement performance of fast-start behaviour in fish. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* Vol. 451(C): p55-p68.

(共同研究報告書 (終了) 作成見本)

高緯度海域における海洋環境変動が高次捕食者に与える影響 (研究課題)

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・准教授 三谷曜子 (研究代表者)

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・教授 宮下和士 (共同研究者)

(国立極地研究所)

准教授 高橋晃周, 助教 渡辺佑基 (担当教員)

平成 24 年～平成 26 年 (3 年) (研究期間)

[研究成果]

温暖化などの環境変動が心配される今日、高緯度海域における海洋生態系を保全し、持続可能な利用を確保することが重要な課題となっている。そこで本研究では、生態系の変動を計測するためのモデルとして、高次捕食者の環境応答システムに着目した。高次捕食者から海洋生態系をモニタリングするため、バイオリギングおよびバイオテレメトリー手法を用いることにより個体の行動情報と環境情報を、また現地における海洋観測や衛星リモートセンシングによる環境情報を得た。

キタゾウアザラシ *Mirounga angustirostris* の成熟メスは繁殖場であるアメリカ西海岸から、北太平洋中央部まで回遊し、亜寒帯循環と亜熱帯循環の接する部分である、移行領域に集中して分布する (Robinson *et al.*, 2012)。これまでの研究から、回遊中は約 400-700m の潜水行動を繰り返すこと、中深層性の餌生物を捕食していることが示唆されたが (Naito *et al.*, 2013)、実際に移行領域の中深層にどのような餌がどのくらい存在するのかは明らかではなかった。そこで、北海道大学練習船おしよる丸を用いて、キタゾウアザラシが摂餌する北太平洋移行領域に赴いた。

観測航路は、亜寒帯循環域と亜熱帯循環域との混合海域である移行領域を横断するよう、また、衛星発信器から得られたキタゾウアザラシの位置に近づくように設定した。航走中において船から目視を行ったほか、計量魚群探知機により連続的に音響調査を行った。また観測点において、CTD を用いた海洋観測、および中層トロールやフレームトロール、流し網、はえ縄、イカ釣りによる生物採取を行った。なお、この研究は、カリフォルニア大学サンタクルス校の Daniel Costa 教授、および院生である Chandra Goetsch 氏との共同研究である。

衛星発信器および深度ロガーの結果から、追跡個体は 43°N 帯の中深層を主に利用していることが明らかとなった。CTD で得られた水温および塩分の鉛直分布より、46.0°N 以南は移行領域と判別された。

本種メスの主な摂餌深度帯である 500-600m の NASC を比較したところ、43-44°N にかけて他の緯度帯に比べ大きな反応を示し (図 1)、追跡個体が集中分布する緯度帯と一致していた。また、移行領域と亜寒帯循環域の NASC の比較から、移行領域の生物分布量は亜寒帯循環域に比べて多いことが示された。

中層トロールでは 29 科の魚類が採取され、ハダカイワシ科魚類を含む 20g 以下の小型魚類が 85.3% を占めた。Naito *et al.* (2013) から、本種成熟メスは主に 20g 以下の小型魚類を摂餌することが示唆されていたが、本研究から、移行領域には中深層性の小型魚類が多数存在することが明らかとなり、先行研究を支持する結果となった。以上から、本種メスは、亜寒帯循環域よりも中深層の生物分布量が多く、かつ小型魚類が優占する移行領域を効率的な摂餌海域として利用していると考えられた。

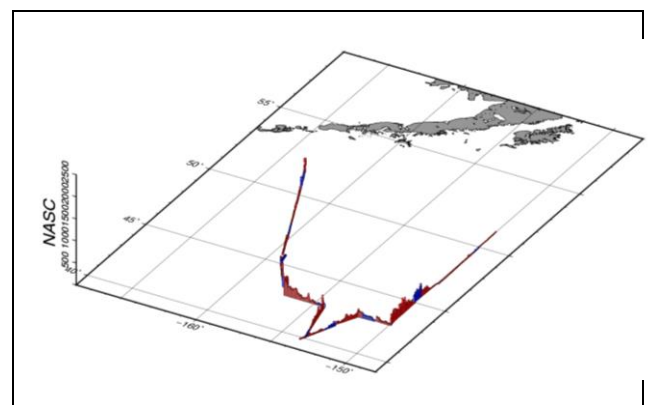


図 1. 深度 500-600m において計量魚群探知機によって得られた 1 マイルごとの魚探反応 (Nautical Area Scattering Coefficient: NASC).

赤は昼、青は夜を示す。

また、採取されたキタゾウアザラシの潜在的餌生物を研究室に持ち帰り、脂肪酸分析を行った。また、

(裏面に続く)

キタゾウアザラシの脂肪をバイオプシーによって採取し、脂肪酸分析を行って、餌生物の脂肪酸組成と比較した。

この結果、異なる年に同じ個体から得られた脂肪

酸組成の類似性は、異なる個体と比較したときよりも高かった。よって、個体が摂餌する餌生物組成は、複数年に渡って変化しないことが考えられた。

[参考文献]

Naito, Y., Costa, D.P., Adachi, T., Robinson, P.W., Fowler, M., Takahashi, A. 2013. Unravelling the mysteries of a mesopelagic diet: a large apex predator specializes on small prey. *Functional Ecology*, 27(3), 710-717. doi:10.1111/1365-2435.12083

Robinson, P. W., Costa, D. P., Crocker, D. E., Gallo-Reynoso, J. P., Champagne, C. D., Fowler, M. A., et al. 2012. Foraging Behavior and Success of a Mesopelagic Predator in the Northeast Pacific Ocean: Insights from a Data-Rich Species, the Northern Elephant Seal. *PLoS ONE* 7(5), e36728. doi:10.1371/journal.pone.0036728.t004

[研究発表]

・ **Yoko MITANI**, Yuka IWAHARA, Mayuko OTSUKI, Bungo NISHIZAWA, Daisuke MIZUGUCHI, Shota HABA, Keiko SEKIGUCHI, Hirona MIZUNO, and Yasunori SAKURAI. Marine debris observed in the North Pacific during Oshoro-maru cruise in 2012. *北海道大学水産科学研究彙報* 64(1): 25-29 (2014)

・ Keiko Sekiguchi, Thomas A. Jefferson, Yuka Iwahara, Motoi Yoshioka, Kyoichi Mori, John K.B. Ford, **Yoko Mitani**, Uko Gorter. "An Infrequently-Occurring Anomalous Color Pattern on Pacific White-Sided Dolphins, *Lagenorhynchus obliquidens*" p183-199. **Dolphins: Ecology, Behavior and Conservation Strategies** Joshua B. Samuels (Ed). Nova Science Publishers, Inc. (2014)

共同研究報告書（終了）

オオミズナギドリの餌生物の DNA 分析

◎長岡技術科学大学工学研究院・准教授 山本麻希
 (国立極地研究所)
 高橋晃周教授
 平成 24 年～平成 26 年 (3 年)

[研究成果]

海洋生態系の高次捕食者である海鳥の行動、餌、繁殖成績は、海洋環境の低次生態系の変化を反映していると考えられ、彼らの生態を調べることで、海洋環境をモニターする研究が行われている。新潟沖の日本海中部域は、対馬暖流の勢力によって夏季から秋季にかけての水温環境の年変動が大きいことで知られている。日本海中部域に位置する粟島には、オオミズナギドリの中規模繁殖地があり、3 月～11 月にかけて繁殖が行われる。本研究では、オオミズナギドリがヒナに与える餌生物を長期にわたりモニターすることで、日本海的环境変化と海鳥の餌選択性について検証を行うことを目的とした。

2008 年～2013 年の 8 月～10 月の間に、夜間、ヒナの給餌のため繁殖地に戻ってきた親鳥を捕獲し、胃洗浄法でサンプル(N=227)を取得した。その後、餌生物の筋肉より抽出した DNA を PCR 法で増幅した DNA 断片の塩基配列から BLAST 検索を用いて種同定を行った。2008 年から 2013 年の間に採集されたサンプルから、それぞれ順に 40、47、27、43、41、29 個のサンプルから餌生物を判別することができた。出現率の少なかった表層回遊魚をまとめて「その他表層回遊魚」(マサバ、トビウオ科、マアジ、サンマ、サヨリ、シイラ)とし、同じく出現率の少なかった底生魚類をまとめて「その他底生魚類」(マダラ、スケトウダラ、カレイ科、アカムツ、ハタハタ、ホッケ、ニギス)とした(図 1)。

オオミズナギドリの胃内容物からは、その構成に年変動があるものの主にカタクチイワシ(21.6%～48.1%)が出現しており、続いてマイワシ(1.8%～26.9%)やマルソウダ(0%～40.5%)、その他表層回遊魚が出現していた。この他に、オオミズナギドリが採餌することのできない水深に生息している、底生魚類(ゲンゲ科、メバル属、その他底生魚類)が 7.7%～25.9%出現した。

カタクチイワシは全ての年で出現し、2011 年が最も多く(48.1%)、2013 年が最も少なかった。マイワシも全ての年で出現したが構成比には変動が大きく、2011 年は特に 26.9%と高い値だったが、そ

他の年は、1.8%～13.5%と低い構成比だった。マルソウダは 2009 年、2010 年、2013 年が 36.4%～40.5%と多く、2008 年と 2012 年が 9.6～11.1%と少なく、2011 年は出現しなかった。底生魚類は毎年出現しており、2012 年が 25.9%と最も多く、その他の年は、7.7～16.2%を占めた。また、マルソウダ

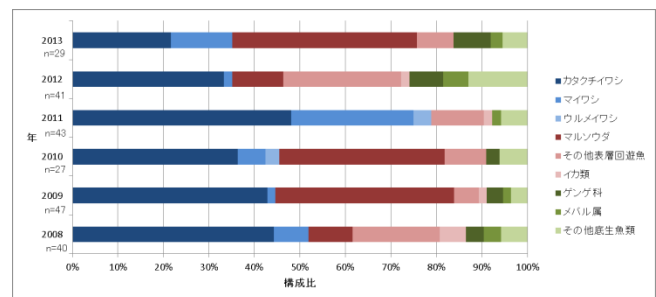


図 1 各年のオオミズナギドリの餌の魚種組成が少ない年は、その他表層回遊魚が多くなる傾向が見られた。

日本海と北海道南部海域の温度変化の傾向はよく似ていて、日本海の方が 2.23～3.58℃水温が高かった(図 2)。また、クロロフィルについては 2011 年～2013 年の間の傾向は似ているが、2008 年～2010 年については顕著に濃度が高く、全体として日本海の方が 0.17～0.59mg/m³ほど低かった。海面水温とクロロフィル a の両方についてみると、2 つの海域で 2011 年～2013 年の変動はよく似ており、特に 2012 年は両方の海域とも最も熱く、植物プランクトンの生産量が少ない年だった。また、海洋環境のデータと胃内容物分析の結果の相関関係を調べた結果、日本海のクロロフィル a とマイワシの構成比には有意に相関がみられた(相関係数=0.81, 標準誤差= 0.05, t 値=2.81, n.s.)。他の餌生物では有意な相関関係はみられなかった。

カタクチイワシは特定の動物プランクトンを選択的に採餌していると考えられており(森本ら 2011)、その分布とクロロフィル a の分布に明瞭な関係が見出されていない(川内 2008)。一方、マイワシは食物を植物プランクトンに大きく依存していると考えられている(川崎 1959)。(裏面に続く)

カタクチイワシの成長適水温は 22.0°C、マイワシの成長適水温は 16.2°Cである (Takasuka *et al.* 2007)。これらのことをふまえると、マイワシは水温が低くクロロフィル a 濃度が高いときほど出現しやすく、逆に水温が高くクロロフィル濃度が低いほど出現しにくくなると考えられる。よって、2011年と 2013 年の日本海側の海面水温とクロロフィル a 濃度は、マイワシが出現しやすいように見える。

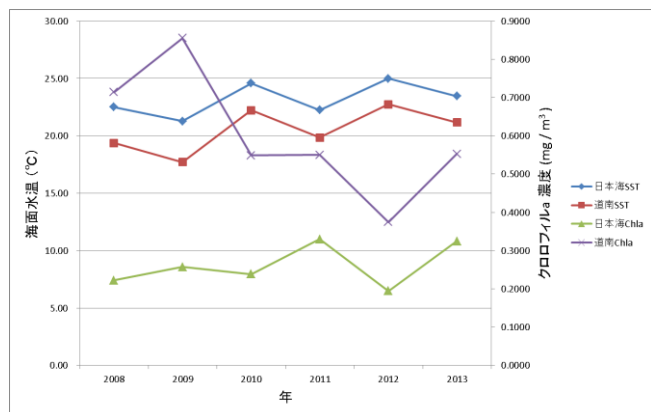


図2 日本海と北海道南部海域の水温とクロロフィル a 濃度の経年変化

[参考文献]

- 1) 川内洋平 (2008) 秋の北海道東部太平洋大陸棚上におけるカタクチイワシ (*Engraulis japonicus*) の分布要因推定. 卒業論文, 北海道大学.
- 2) 川崎 健, 1959 : マアジの生態についての基礎的研究. 東北水研報, 13, 95-107
- 3) Takasuka, A., Oozeki, Y., and Aoki, I. 2007: Optimal growth temperature hypothesis: Why do anchovy flourish and sardine collapse or vice versa under the same ocean regime? *Can. J. of Fish. Aquat. Sci.*, 64(5): 768-776.
- 4) Oka Nariko (1994) Underwater Feeding of Three Shearwaters : Pale-footed (*Puffinus carneipes*), Sooty (*Puffinus griseus*) and Streaked (*Calonectris leucomelas*) Shearwaters. 山階鳥研報. 26: 81-84.

2011年と2013年のマイワシの構成比は17.2%~32.6%であり、その他の年(2.1%~10.0%)と比べると高かった。また、オオミズナギドリの胃内容物中のマイワシの構成比とクロロフィル a に正の相関があることから、オオミズナギドリは、マイワシに好適な環境の水界では、豊富なマイワシ資源を積極的に利用していると考えられる。

底生魚類は本来、オオミズナギドリの採餌することのできない水深に生息している (Oka 1994)。2012年の海洋環境をみると水温が高くクロロフィル a の濃度が低いことからカタクチイワシやマイワシ、強いてはそれらを採餌しているマルソウダなどの表層魚類もこの年の海では、採餌することが難しかった可能性がある。底生魚類は毎年出現しており、2012年の構成比が大きくなっていることから、彼らは普段から漁船やその投棄が由来の底生魚類を日常的に利用し、餌資源が豊富でない時には積極海面に送り出している、漁船やその投棄を的に利用しているかもしれないことが示唆された。

(別紙)

参 加 者 一 覧

<input type="checkbox"/> 研究プロジェクト <input checked="" type="checkbox"/> 一般共同研究 <input type="checkbox"/> 研究集会		課題番号	
研究課題名	オオミズナギドリの餌生物のDNA分析		
氏名	所属	職	備考
所内	高橋 晃周	国立極地研究所	准教授
小計	1 名		
所外	山本麻希	長岡技術科学大学	准教授
	松本祥子	名古屋大学	大学院生
	依田 憲	名古屋大学	教授
小計	3 名		
合計	4 名		

※研究プロジェクト・一般共同研究・研究集会、いずれかを■にしてください。

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

極域における微小環境測定装置の実用性に関する試験、研究

◎小川麻里 安田女子大学教育学部・准教授

三田 肇 福岡工業大学・教授

若菜 勇 釧路市教育委員会生涯学習部阿寒生涯学習課・課長補佐（学芸員）

（国立極地研究所）

伊村 智 教授

平成24年～平成26年（3か年）

[研究成果]

はじめに

第49次日本南極地域観測隊夏隊では、昭和基地周辺の湖沼水中に生息する藻類やコケ類などで構成された微小生物集合体について、市販の機器を用いた内部環境測定を行なった。南極スカーレン大池の浮遊性の藻類集合体（南極マリモ）および仏池（B-4池）の湖底固着性のコケ類集合体（コケ坊主）それぞれについて、水素イオン指数（pH）、酸化還元電位（ORP）を測定したところ、一定の傾向があることがわかり（ref.1, 2）、北海道阿寒湖の藻類集合体（マリモ）の内部環境測定によっても同様の傾向が示された（ref.1, 2）。しかし、南極野外（水中）という極限環境下では、機器の取り扱いが難しく、測定精度が低いという問題があった。

そこで本研究では、微小生物の集合体内部に形成される微小環境の環境条件を精度よく測定するためのハンディタイプの測定機器の製作を試みた。

機器製作

平成24年度は、ハンディタイプの微小環境測定装置（ref.3）の製作を試みたが、電源投入シーケンスの設計ミスから電子回路

にトラブルを生じ、電子回路を破損した。

平成25年度は、トラブルを踏まえて部品を設計しなおし機器の組み立てを再開したが、新たに電子回路が不安定となるトラブルを生じた。平成26年度は原因の解明および対策を進めたが解決することができなかった。

南極等のフィールドに対応した仕様の改良のために、北海道阿寒湖のマリモの内部構造の解析とマリモの生育環境での現地調査を行った。また、H26年度は Precision Sensing 社製のセンサーを用いて阿寒湖での現地調査を行うことを計画したが、調査日程期間内に潜水条件が整わず断念した。

藻類集合体の内部構造

夏期の北海道阿寒湖（チュウレイ湾）で市販の測定器を用いて現地調査を行い、マリモ内部の温度、DO、ORP、pH、ECを測定し、周囲の水環境（表層および底層）と比較した。その結果、自然状態でもマリモの内部は周辺環境とはDO、ORP、pHの値が異なることが示された（表1）。

水中に局所的に生じる環境条件の差を潜水調査で精度よく測定するためには、プローブ先端部の形状の工夫と小型化が必要であり、リアルタイム測定が有効である。

Churui Bay		Temp (°C)	DO (%)	ORP (mV)	pH	EC (mS/cm)
Surface Water	1	21.80	102.00	225.00	8.18	23.80
	2	22.80	88.00	201.00	8.71	23.00
	3	22.40	87.00	201.00	8.76	22.90
	4	23.00	104.00	190.00	9.00	23.00
Mean		22.45	95.25	204.25	8.66	23.18
	σ	0.50	9.00	14.77	0.35	0.42
Bottom Water	1	21.60	100.00	185.00	8.78	21.20
	2	22.50	86.00	200.00	7.96	22.10
	3	22.80	106.00	166.00	8.76	19.19
	Mean	22.30	97.33	177.00	8.50	20.83
σ	0.62	10.26	19.92	0.47	1.49	
MARIMO	M1	23.00	32.00	237.00	7.00	23.20
	M2	23.80	34.00	245.00	7.18	22.80
	M3	22.70	35.00	238.00	7.21	22.80
	Mean	23.10	33.67	240.00	7.13	22.87
σ	0.46	1.53	4.38	0.11	0.31	

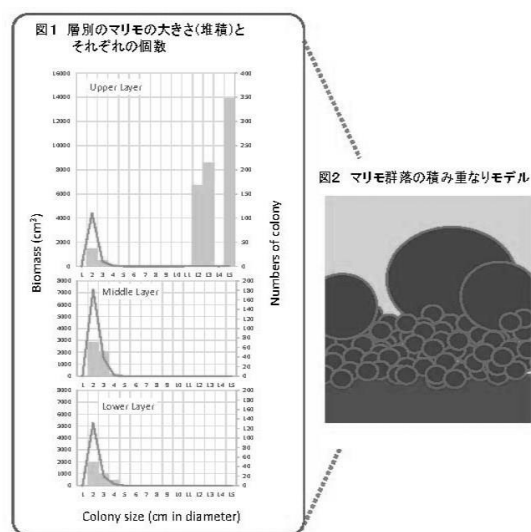
藻類集合体の群落

潜水調査での測定機器の取り扱いや自然状態でのマリモ群落内の環境条件の概要を知るため、マリモが湖底にどのように積み重なっているのかについて調査した。

湖底のマリモ群落の層別刈りとり調査を行った結果、この調査地点では、①群落は少数の大型マリモと多数の小型マリモの二つの型のみで構成され、②大型マリモは小型マリモの上に積み重なって上層にだけ存在すること、が明らかとなった。

このような現象は水中のマリモ群落が日常的に水流の影響をうける動的環境にあるため起こると考えられる。つまり、潜水調

査の際に人為的に生じる水流によっても局所的な微小環境は容易に影響を受け、自然状態から変化してしまうことが想像された。このことから、水中の微生物集合体（マリモなど）が作り出す局所的な微小環境を正確に測定するために、機器は、水の抵抗を逃すなど、水流との関わりを考慮したデザインとする必要があることがわかった。



[参考文献]

- 1) Hashida, C. et al., Evolution and adaptation of living in the extreme environments. 2. Bacteria and microorganisms. XXVI Symposium on Polar Biology, 2008.
- 2) Ogawa, M. et al., Antarctic MARIMO as ecosystem. - Structure, microorganisms and organic matter in a mass of algae -. Xth SCAR International Biology Symposium, 2009.
- 3) Ogawa, M. et al., Development of the equipment for measuring the microenvironment and a model of lightweight germfree excavator, to study the micro-ecosystems in the polar area. The Second Symposium on Polar Science, 2011.

[研究発表]

- 1) Ogawa, M. et al., The Micro Environment in Algae Aggregations, Marimo, in Lake Akan, Hokkaido. The 4th Symposium on Polar Science, 2013.
- 2) A preliminary ecological research of the community of Marimo at the bottom of lake Akan in Hokkaido - A size dependent hierarchy of the community of Marimo. The 5th Symposium on Polar Science, 2014.

共同研究報告書（終了）

動物装着型記録計を用いたオオミズナギドリの繁殖生態に関する研究

◎渡辺伸一 福山大学生命工学部・准教授
 (国立極地研究所)
 高橋晃周 准教授・渡辺佑基 助教
 平成 24 年～平成 26 年 (3 年)

[研究成果]

オオミズナギドリは、日本の海域で比較的良好に観察できる海鳥である。その繁殖地は世界で約 60 島が確認されているが、8 割以上を日本列島が占めている。繁殖地は、北海道、本州、四国、九州のような大きな島にはなく、無人島や人口の少ない離島に限られる。大小約 7 千の島々がある日本列島のなかで、繁殖地に選ばれる島はわずか 1% に満たない。

オオミズナギドリの繁殖地は、伊豆諸島や三陸沖のように開けた海域で、豊かな漁場に面している。捕食者となるイタチなどの肉食動物が生息していない点も共通する。閉鎖海域であり、人間による活動の影響を強く受けてきた瀬戸内海には、オオミズナギドリの繁殖地はないとこれまで考えられてきた。しかし、2009 年に、瀬戸内海西部の周防灘と伊予灘に面した山口県上関町長島の沖合 5 キロメートルにある無人島、宇和島にオオミズナギドリの繁殖地があることを確認した。

本研究では、本種の繁殖生態に関する 3 つの項目に関する結果を得ることができた。

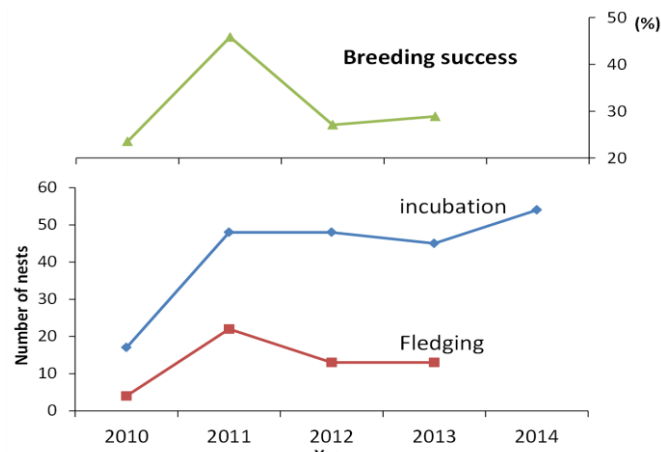


図 1. 山口県宇和島で繁殖するオオミズナギドリの巣数 (下) と繁殖成功率 (上) の年変化。

1) 繁殖コロニーのサイズと繁殖成功率

年間どれだけの親が繁殖期に飛来して繁殖するのか、そしてどれだけの雛が生まれて、巣立つのかを把握することは、その繁殖集団が安定した状態に

あるのか、あるいは減少傾向にあり絶滅が危ぶまれる集団であるのかを知るために重要なことである。調査では、全島を歩いてオオミズナギドリの巣穴を探し、定期的に巣内部の観察を続けることで、繁殖率と雛の巣立ち率を調べた。

2011 年から 2014 年の繁殖巣数は、約 50 巣ほどで、最終的に巣立ちにいたる巣はその約 3 割と繁殖数、成功率ともに他の繁殖島より著しく低かった (図 1)。

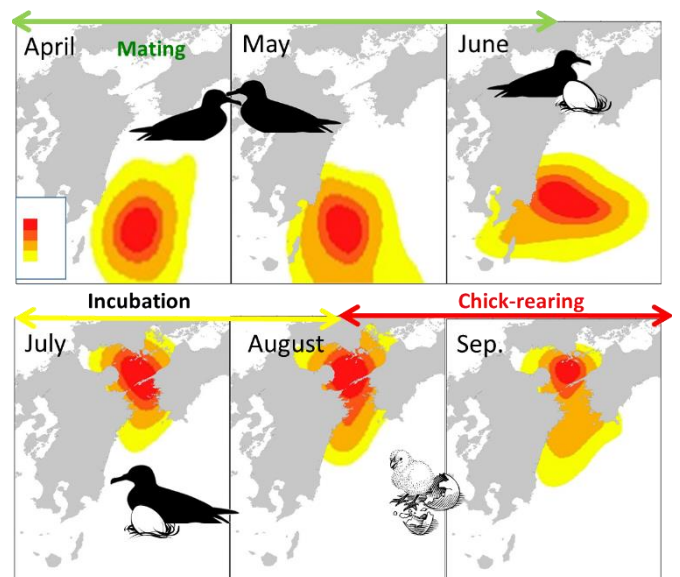


図 2. ジオロケーターで推定した山口県宇和島で繁殖するオオミズナギドリの利用海域の季節変化。

2) 繁殖スケジュールと親鳥の利用海域の季節変化

3 月下旬に越冬地からもどった親鳥は、約 2 ヶ月間の求愛期間を経て 6 月上旬に 1 卵を産み、雌雄交代で約 80 日間抱卵する。8 月上旬になると、ふ化した雛に餌を与えるため、親鳥は海へ出かけて魚を捕り、夜間に繁殖地へ戻ってくる。

以上の大まかな繁殖スケジュールは他の繁殖地とほぼ一致した。しかし、共愛期、抱卵期、育雛期ともに他の繁殖地よりも採餌トリップ長が短く、採餌海域が近かった。

(裏面に続く)

主な採餌海域を推定すると、求愛期から抱卵期初期（4～6月）までは、瀬戸内海の外の九州東側の海域を利用したが、抱卵期中期から育雛期まで（7～9月）は瀬戸内海に入り、繁殖地の南側の狭い海域を集中的に利用した（図2）。以上の利用海域の変化は、海上の植物プランクトンの分布の季節変化と一致した。

表1 ジオロケーターで推定した山口県宇和島で繁殖するオオミズナギドリの越冬地への渡りスケジュール。

	Mean±SD (d)	(range)
Dep. from the colony (to South)	Nov.3±21.3	(Oct.3-Dec.28)
	↓	
Arr. at wintering site	Nov.15±23.5	(Oct.9-Jan.1)
	↓	
Dep. from wintering site (to North)	Feb.24±8.9	(Feb.7-Mar.15)
	↓	
Arr. at the colony	Mar.11±10.5	(Feb.27-Apr.10)
	↓	
Start incubation	June21±4.6	(June10-27)

3) 越冬期の行動

繁殖を終えた親鳥が越冬地へと渡る時期（表1）と越冬場所をジオロケーターで推定した（図3）。越冬海域への渡り開始と越冬海域から繁殖地への渡り時期（11月中、表1）は、他の繁殖地とほぼ同じスケジュールだった。越冬海域も、ニューギニア北側を中心に、フィリピンの東部海域から南シナ海など、いくつかの越冬海域がみられた（図3）。

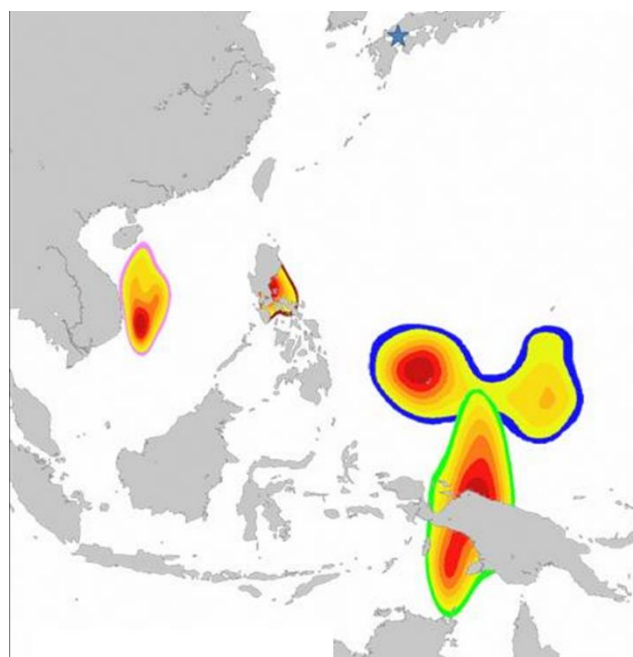


図3. ジオロケーターで推定した山口県宇和島で繁殖するオオミズナギドリの越冬海域。

以上の結果から、宇和島の繁殖集団が瀬戸内海の海洋環境に適応した、特徴的な繁殖集団であることと、その集団の個体数が少なく、また、雛の巣立ち率が低いことから絶滅の危険が高いことなどがわかってきた。また、同様な調査が、本種の生息地である三陸沖や日本海における繁殖地でも行われているが、瀬戸内海のような閉鎖海域でははじめての報告である。そうした研究結果と比較することで、今後、本調査海域の特徴をさらに知ることができると考えられる。

[研究発表]

Contaminants in tracked seabirds show regional patterns of marine pollution; Ito, A., R. Yamashita, H. Takada, T. Yamamoto, K. Shiomi, C. Zavalaga, T. Abe, S. Watanabe, M. Yamamoto, K. Sato, H. Kohno, K. Yoda, T. Iida, and Y. Watanuki. 2013. Environmental Science & Technology, Vol. 47, p7862-p7867,

共同研究報告書（終了）

動物装着用超小型アルゴス送信機の設計と試作

◎京相 雅樹 東京都市大学工学部・准教授 (代表研究者)
 青山 潤 東大大気海洋研・特任准教授 (共同研究者)
 内藤 靖彦 国立極地研究所・名誉教授 (共同研究者)
 (国立極地研究所)
 高橋 晃周 准教授 (担当教員)
 渡辺 佑基 助教 (担当教員)
 菊池 雅行 助教 (担当教員)
 平成24年～平成26年(3か年) (研究期間)

[研究成果]

1. はじめに

技術の進歩によりマイクロデータロガー (MDL) ①は帰巢性動物以外の動物(魚類, 陸生哺乳類・鳥類)への利用が求められているが, 回収の問題がネックとなっている。この問題の解決には極めて小型の回収システムの開発が必須とされている。本研究は, 1) 超小型アルゴス送信機, 2) 超小型切り離し装置②,③、の開発を行い上記の問題解決を目的とする。

2. アルゴス送信機の開発

超小型アルゴス送信機の設計・試作を行い, さらに試作機のアゴス認定を受けた。Fig.1は初期段階のアゴス送信機基板である。この段階では試作機は順調に作動したため, fig.1の基板をベースに小型アルゴス送信機を作成し, ウナギへの装着・放流実験を行った。アルゴス送信機のウナギへの装着と切り離しは, 開発した超小型切り離し装置を用いた。ウナギの放流後期待された時間にアルゴス送信機からの受信が得られず, 実験は残念ながら失敗した。原因は, 1) アルゴス送信機のシステム (浮力体含め) がなお大き過ぎたこと, 2) 切り離し装置の深海での作動確認が不十分であったことが考えられた。そのためまずは切り離し装置の確実性向上とその確認作業を進めることとし, アルゴス送信機の開発を一時中断し, 切り離しシステムを重点に研究を進めた。

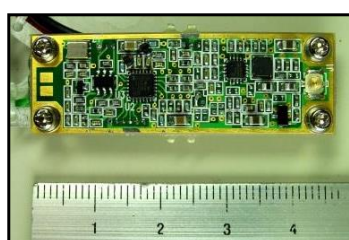


Fig.1 アルゴス送信機

3. 超小型切り離し装置の開発

アルゴス送信機実験での課題を元に, 残りの研究期間は切り離し装置の改良と評価を行った。切り離しシステムは切り離しデバイスとバンドで構成されるが, そのうち切り離しデバイスについて, 装置の信頼性確保のための改良と確認のための実験を行った。

まず, デバイスを構成する電子回路の基板を設計し直した。小型にするため, これまでは接近した配置となっており, なおかつ半田接合部の面積が狭く機械的ストレスによる剥離が生じやすいパターンとなっていた。これらの点を改め, さらに基板作成を業者に依頼して部品との接合強度が高まるように改良した。Fig.2が改良した基板, fig.3が部品を実装した状態である。

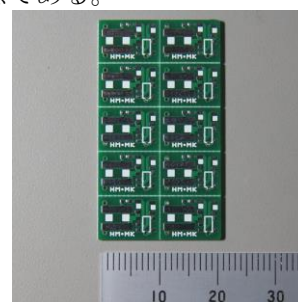


Fig.2 改良した基板

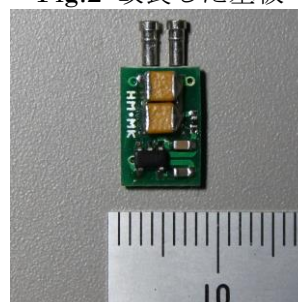


Fig.3 部品を実装した切り離し基板

また、電子回路にも改良を加えた。切り離しの際には切り離しバンドに瞬時に電流を流す必要があるが、その電流はコンデンサに蓄えられた電荷により供給される。当然大きい容量のコンデンサであれば大きな電流を供給できるが、大容量のコンデンサはサイズが大きく、デバイスの小型化のため、どうしても大容量のコンデンサを採用できなかった。しかし最初の設計・開発から時間が経過し、小型大容量のコンデンサが入手可能となったことから、大容量のコンデンサを利用した回路に改良し、コンデンサの充電時間も長く設定した。従来モデルでも、実験室レベルでは切り離しに失敗したケースはなかったが、低温状態あるいは高圧の条件下でも安定して動作するよう、動作に余裕を持たせた。

Fig.4に示すような切り離しデバイスを完成させ、これを用いて切り離し実験を行った。10セットを約0°Cの水中に沈め、動作するかどうかを確認する実験である。その結果、すべてで切り離しが成功し、

低温時には安定して動作することが確かめられた。高圧下ではまだ試していないが、今後実験し、実用的な実験に移ってゆきたいと考えている。

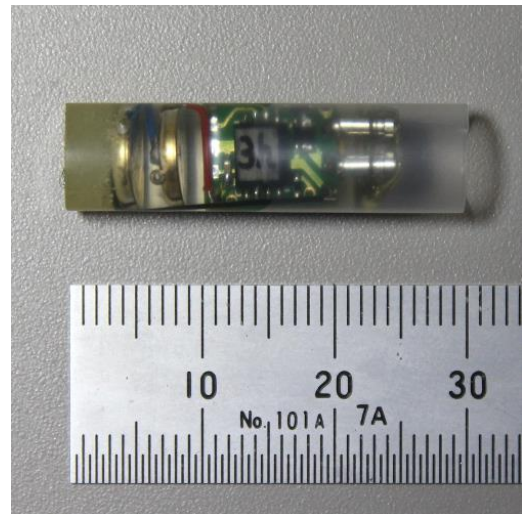


Fig.4 改良した切り離しデバイス

[参考文献]

- 1) 内藤靖彦, マイクロデータロガーの現状, 月刊 海洋, Vol.29, No.3, p.137, 1997.
- 2) 京相 雅樹, 松尾 浩隆, 長谷川 剛史, 石島 正之, 内藤 靖彦, 水棲動物用データロガー切り離し装置の開発, 日本バイオリギング研究会第4回シンポジウム, 2008.
- 3) H. Matsuo, Y. Naito, M. Kyoso, Development of a Small Device to Detach Logger for Marine Animal, The Third International Biologging Science Symposium, 2008.

[研究発表]

なし

共同研究報告書（終了）

多価不飽和脂肪酸合成酵素遺伝子のグラム陽性菌での発現と機能

多価不飽和脂肪酸合成酵素遺伝子のグラム陽性菌での発現と機能

◎奥山英登志 北海道大学大学院地球環境科学研究院・環境生物学部門・環境分子生物学分野・特任准教授
 花方 寛 ヒゲタ醤油株式会社・研究開発部・グループリーダー
 佐藤眞美子 日本女子大学・研究支援課・技術員
 吉田 磨仁 北海道大学・大学院地球環境科学研究院・助手
 折笠 善丈 帯広畜産大学・食品科学研究部門・助教
 (国立極地研究所)
 渡邊 研太郎 教授
 平成 25 年～平成 26 年 (2 か年)

[研究成果]

[はじめに] エイコサペンタエン酸 (EPA) やドコサヘキサエン酸 (DHA) などの多価不飽和脂肪酸 (PUFA) は高等植物を除く生物に広く分布する。細菌の場合、その存在は現時点でグラム陰性菌の 10 ほどの属に認められるだけで、グラム陽性菌にはわずかな例を除き、PUFA は検出されていない。細菌における PUFA の限定的な分布、特にグラム陽性菌に存在しない (できない) とみられることの生物学的理由を明らかにするため、本研究では①グラム陰性菌由来の EPA または DHA 合成酵素遺伝子群 (*pfaA-E*) (図 1 A) をグラム陽性菌で発現して PUFA の合成が可能かどうかを確認すること、② *pfaA-E* を個別にクローン化してグラム陽性菌でタンパク質レベルで発現させること、③南極由来のサンプルから PUFA をもつグラム陽性菌を単離するとともに文献上で PUFA を合成するとされるグラム陽性菌を単離することを試みた。なお③の一部は北海道大学大学院環境科学院修士課程 1 年橋本美佳子が育成研究員として実施した。

[材料と方法] ①EPA 合成に関わる *pfa* 遺伝子群を複製様式が theta 型である大腸菌-枯草菌シャトルベクター pRH100 に導入した (pEPAGp1)。ホストとしてグラム陽性菌 *Brevibacillus choshinensis* HPD 31-SP3 と *Bacillus subtilis* ISW1214, グラム陰性菌として *Escherichia coli* HST08 を用い、エレクトロポレーション法で形質転換した。形質転換体は *pfa* に特異的なプライマーを用いた PCR で選択した。遺伝子の発現は RT-PCR と形質転換細胞の脂肪酸分析により行なった。脂肪酸はそのメチルエステルを定法によって分析した。②個別の *pfa* の発現のために、DHA 合成に関わる *pfaA-E* をもつプラスミド pDHA4 (図 1 B) を鋳型に、各遺伝子を PCR によって増幅した。これを *Brevibacillus* In vivo Cloning 法 (BIC 法; 図 2) を用いて *B. choshinensis* HPD 31-SP3 に導入し、形質転換株を得た。*pfaE* に関しては *B. brevis* 由来の分泌シグナルが付加され多コピー数の pBIC2 に組み込み、*pfaD* と *pfaB* については pBIC2 では安定的に形質転換が起きなかったため、低コピ

一数の pNY326 に組み込んだ。タンパク質の発現は SDS-PAGE 及び PfaE, PfaD, PfaB に対するウサギ抗血清を用いたウエスタン法で確認した。③微生物源として南極で採取したサンプル(土壌・池の沈殿物)を用いた。先ず、グラム陰性細菌に主に働くナリジスク酸を様々な濃度で添加した LB, マリンブロスなど 3 種類の寒天培地に接種して 4℃ で培養した。出現したコロニーを脂肪酸分析に用いた。

[結果と考察] ①図 3A に示すように、作製した pEPAGp1 を

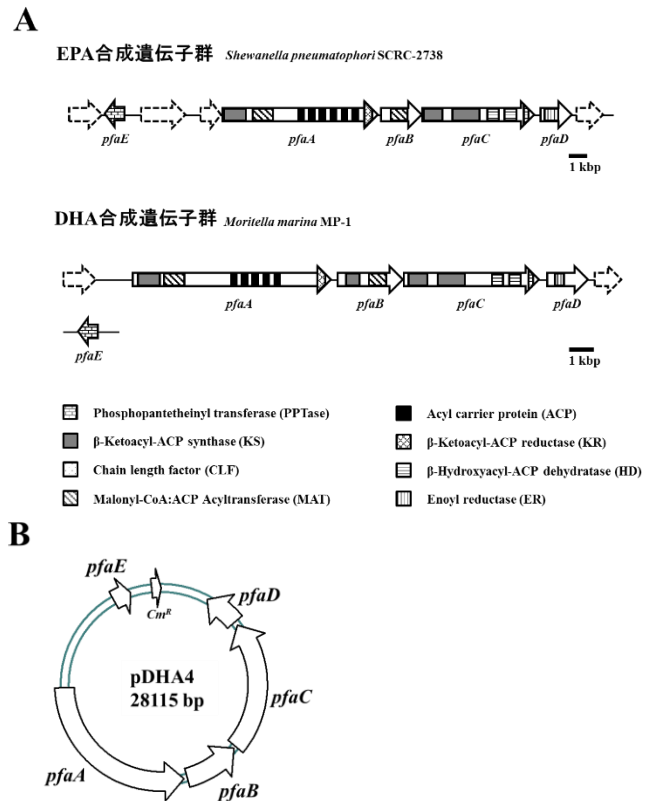


図 1. EPA または DHA 合成酵素遺伝子群 (*pfaA-E*) のマップ(A)、および DHA 合成に関わる pDHA4 のマップ(B)

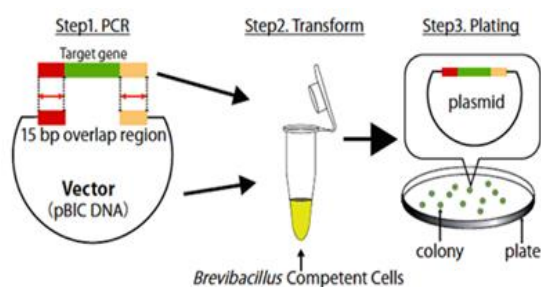


図 2. BIC 法の原理

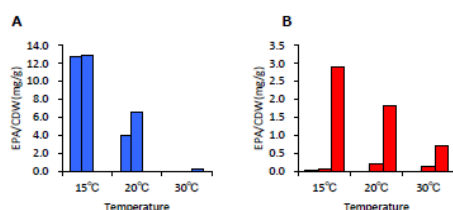


図 3. pEPAGp1 を導入した *E. coli* (A) と *B. subtilis* (B) の EPA 含量

導入した *E. coli* は培養温度依存的に EPA を生成した。次に、*B. choshinensis* に pEPAGp1 を導入したところ、安定的に pEPAGp1 を保持する形質転換体は得られたが、培養温度にかかわらず、EPA は全く検出されなかった。また、*pfa* の発現も RT-PCR によって確認されなかったことから pEPAGp1 は *B. choshinensis* で機能しない可能性がある。他方、*B. subtilis* の pEPAGp1 導入株には微量の EPA をもつものもあった (図 3B)。しかし、ほとんど EPA を合成しない株、EPA 合成能が継代培養によって失われる株が得られた。継代後、導入した *pfa* が PCR で検出されなくなることから、theta 型プラスミドで

[研究発表]

- 1) 吉田磨仁、奥山英登志、折笠善文 (2013) 細菌の長鎖多価不飽和脂肪酸合成酵素遺伝子. オレオサイエンス, 13(5), 3-11.
- 2) M. Hashimoto, Y. Orikasa, H. Hayashi, K. Watanabe, K. Yoshida, H. Okuyama. Occurrence of *trans* monounsaturated and polyunsaturated fatty acids in *Colwellia psychrerythraea* strain 34H. Journal of Basic Microbiology (In press).
- 3) A. Ueno, M. Hashimoto, T. Adachi, T. Matsushita, K. Yoshida, S. Shimizu, H. Okuyama. The aerobic growth and its effect on fatty acid and hydrocarbon compositions in *Geobacter bemi* strain Bem^T. Under preparation.

口頭発表

- 1) M. Hashimoto, Y. Orikasa, K. Yoshida, H. Hayashi, H. Okuyama. Fatty acids of the extremely psychrophilic bacterium *Colwellia psychrerythraea* strain 34H. The 5th Symposium on Polar Science., Tokyo, Japan., 9 Dec. 2014.

ポスター発表

- 1) M. Hashimoto, H. Okuyama, K. Yoshida, Y. Orikasa. Biosynthesis of unusually long chain fatty acids by uncontrolled expression of *pfa* genes responsible for biosynthesis of docosahexaenoic acid in *Escherichia coli* recombinants. International Union of Microbiological Societies., Montreal, Canada., 30 Jul. 2014.
- 2) M. Hashimoto, A. Horiuchi, K. Yoshida, H. Okuyama, H. Hanagata, M. Mizukami, A. Miyauchi, Y. Orikasa. Expression of docosahexaenoic acid synthesis genes using a *Brevibacillus* expression system. 第 66 回日本生物工学会大会., Sapporo, Japan, 9 Sept. 2014.
- 3) M. Hashimoto, H. Nunome, H. Okuyama, C. C. R. de Carvalho, H. Hanagata, M. Mizukami, A. Miyauchi, M. Sato, S. Imura, K. Watanabe, K. Yoshida. Are long-chain polyunsaturated fatty acids distributed in Gram-positive bacteria? The 5th Symposium on Polar Science, Tokyo, Japan., 3 Dec. 2014.

研究協力者一覧

宮内明, 水上誠 (株式会社ヒゲタ醤油・研究開発部), 黒沢則夫 (創価大学理工学部), 上野晃生, 清水悟 (公益財団法人北海道科学技術総合振興センター・幌延地圏環境研究所), 堀内綾乃 (帯広畜産大学・食品科学), 布目仁志, 足立匠 (北海道大学理学部・生物科学科), 松下貴子 (北海道大学・大学院地球環境科学), 伊村智 (国立極地研究所)

あっても、*B. subtilis* では安定的に保持されないことがわかった。しかし、一時的ではあるにせよ、*pfa* を導入した *B. subtilis* で EPA の合成が観察されたことは、グラム陽性菌の生体膜構造が EPA からなるリン脂質を排除することはないと予想される。今後はグラム陽性菌に有効なプロモーターで *pfa* を発現させるとともに、ゲノム組換えを利用して *pfa* を *B. subtilis* ゲノム中に安定して保持させることでより多くの EPA を合成させ、グラム陽性菌における EPA の細胞生理学的影響及び細胞構造に与える影響を明らかにしていきたい。

② BIC 法によりクローン化した *pfaE*, *pfaD*, *pfaB* を *B. choshinensis* に導入して組換え体を得た。PfaE と PfaB タンパク質の発現は DS-PAGE とウエスタン法の結果から確認された。PfaD はウエスタン法によっては確認ができなかったが、SDS-PAGE で検出されるタンパク質の分子サイズから当該遺伝子は発現していると考えられる。

③ 各サンプルからナリジスル酸に耐性を示すコロニーが総数で 200 個程度得られた。脂肪酸分析の結果、池の沈殿物のサンプルからは PUFA を含むコロニーは単離されなかったが、土壌サンプルからは約 100 個得られた。このコロニーがグラム陽性細菌によるものかどうかは分析途中である。今後分析を進めるとともに、南極海から採取されたサンプルを使用することおよびグラム陰性嫌気性菌にも *pfa* 遺伝子が存在し、機能していることがわかっているのを、PUFA をもつ嫌氣的グラム陽性菌を単離することを今後の課題としたい。

pfa は水平伝播によって、細菌だけではなく一部の真核生物にも分布を広げたと考えられること、グラム陽性菌でも *pfa* を部分的にもつものが存在すること、および本研究結果を考慮すると完全な *pfa* をもち PUFA を合成するグラム陽性菌が人工的な条件だけではなく、自然条件でも存在することは十分に予想される。今後、このことが遺伝子工学的な手法と本研究で橋本によって試みられている微生物生態学・遺伝生態学的な手法によって解明したいと考えている。

共同研究報告書（終了）

課題番号25-27 南極材料を用いた薬剤耐性菌と薬剤耐性遺伝子の検出

◎田村 豊 酪農学園大学獣医学群獣医学類・教授 (研究代表者)
 臼井 優 酪農学園大学獣医学群獣医学類・講師 (共同研究者)
 (国立極地研究所)
 伊村 智 教授 (担当教員)
 平成25年度～平成26年度 (2年間) (研究期間)

[研究成果]

抗菌薬の効かない薬剤耐性菌の出現と増加は公衆衛生学上の問題として懸念されている。こうした耐性菌や耐性遺伝子は、病院や獣医療現場などで分離されるものが中心だが、永久凍土層や洞窟深部など、外界から隔離された環境サンプルからも検出されている^{1,2)}。このような隔離状態にあるサンプル中には、人類が抗菌薬を発明するよりも以前の細菌叢が含まれていると考えられることから、薬剤耐性菌や耐性遺伝子は抗菌薬の発明以前から自然界に存在した可能性が指摘されている³⁾。これを踏まえ、本研究では抗菌薬の発明以前から存在した耐性遺伝子に関する知見を収集することを目的として、隔離条件にあるサンプルとして南極アイスコアを供試し、薬剤耐性遺伝子の検出とその解析を行なった。

サンプルは、南極ドームふじ基地にて過去に採材後、北海道大学低温科学研究所で保管されていた3つのアイスコア（サンプル名DF-63.5, DF-85.3, DF-107.8）を用いた。それぞれの堆積年代は約1,200 - 1,400年前、約1,700 - 2,100年前、約2,200 - 2,800年前と推定された⁴⁾。陰性対照として医療用蒸留水を凍結させたものを用いた。アイスコアは平成21年～平成22年に行なった極地研との共同研究「絶対的抗菌薬非曝露環境における耐性菌の検出（21-39）」において確立した手法により洗浄後、融解し、融解液からDNAを抽出した。抽出DNAは、全ゲノム増幅後にβラクタム耐性遺伝子、アミノグリコシド耐性遺伝子、テトラサイクリン耐性遺伝子、マクロライド耐性遺伝子、フルオキノロン耐性遺伝子、バンコマイシン耐性遺伝子をPCRによって検出した。得られた増幅産物はシークエンス解析によって塩基配列を決定するとともに、その周辺構造をPCRによって検証した。また、塩基配列に基づいて、現代の細菌から検出される類似遺伝子との相同性を比較した。さらに、PCRによる増幅産物をプラスミドベクターへクローニングし、大腸菌への形質転換後に抗菌薬感受性性状の変化を測定し、得られた耐性遺伝子が現代の細菌でも発現し得るかを確認した。

検出の結果、サンプルDF-63.5から、アミノグリコシド系のストレプトマイシンをリン酸化して不活化するaminoglycoside phosphotransferaseの遺伝子である*strA* (*aph(3'')-Ib*)と*strB* (*aph(6)-Id*)が検出された。また、追加のPCRによって、これらの遺伝子としばしば同時に検出されるサルファ剤耐性遺伝子の*sul2*も検出され、これら3つの耐性遺伝子が*sul2-strA-strB* というクラスターを構成していることが特定された。塩基配列解析により、このクラスターの上流および下流を含めた2,764 bpの配列を決定することができ、すでにGenBankに登録しAccession numberを取得している(No. LC010221)。

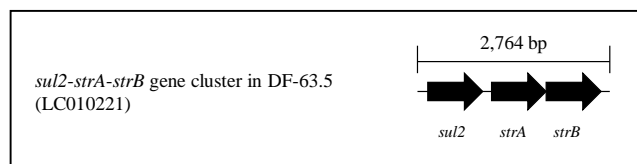


Fig.1. 南極アイスコア DF-63.5 から検出された *sul2-strA-strB* 遺伝子クラスターの構造模式図。

sul2-strA-strB は、分子生物学用ツールとして用いられるプラスミドRSF1010などもコードすることから、DF-63.5から得られた*sul2-strA-strB* クラスターが本当に南極アイスコアに由来するものかを検証する必要があった。塩基配列に基づいて*strA* のvariable regionを解析したところ⁵⁾、DF-63.5由来の*strA*はRSF1010の*strA*とは2ヶ所の遺伝子多型があることがわかった。また、RSF1010に関連するgene element⁶⁾である*mobB*, *repB*, *floR*などをPCRで検出したが、いずれも増幅が認められなかった。さらに、*sul2-strA-strB*はDF-63.5からのみ検出され、陰性対照を含む他のサンプルから検出されなかった。以上から、今回得られた*sul2-strA-strB* クラスターはDF-63.5に由来するものであると考えられた。

得られた*sul2-strA-strB* の塩基配列を、データベース上に登録されている既知の*sul2-strA-strB* の配列と比較したところ、複数の配列と高い相同性を

示した。これは、現代の耐性菌が保有している耐性遺伝子と相同な遺伝子が、抗菌薬発明以前から存在したことを表している。一方、既知の *sul2-strA-strB* の周辺にあるとされる *tetA*, *floR*, *merA* などの遺伝子はいずれも検出されなかったことから、DF-63.5 の *sul2-strA-strB* クラスターの周辺構造は現代の細菌が保有するクラスターの周辺構造とは異なることが示唆された。

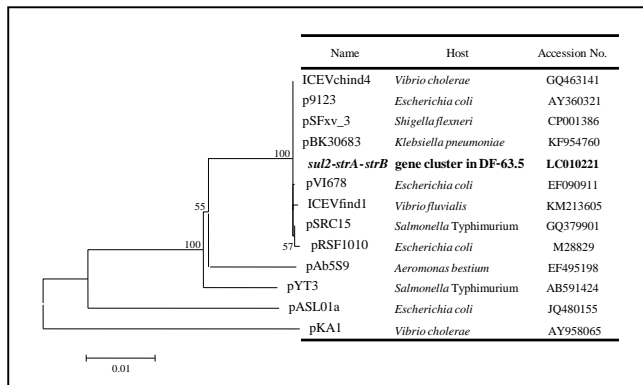


Fig. 2. 塩基配列(2,764 bp)に基づく *sul2-strA-strB* の分子系統樹解析。系統樹作成は Neighbor-joining analysis (Jukes-Cantor model) に基づく。系統樹の分岐の数値はブートストラップ値を、スケールバーは Jukes-Cantor Distance を表す。

[参考文献]

- 1) Mindlin, S.Z., Soina, V.S., Petrova, M.A., Gorlenko, Z.M., 2008. Isolation of antibiotic resistance bacterial strains from Eastern Siberia permafrost sediments. *Russ. J. Genet.* 44, 36–44.
- 2) Bhullar, K., Waglechner, N., Pawlowski, A., Koteva, K., Banks, E.D., Johnston, M.D., Barton, H.A., Wright, G.D., 2012. Antibiotic resistance is prevalent in an isolated cave microbiome. *PLoS One* 7, e34953.
- 3) D'Costa, V.M., King, C.E., Kalan, L., Morar, M., Sung, W.W.L., Schwarz, C., Froese, D., Zazula, G., Calmels, F., Debruyne, R., Golding, G.B., Poinar, H.N., Wright, G.D., 2011. Antibiotic resistance is ancient. *Nature* 477, 457–461.
- 4) Watanabe, O., Kamiyama, K., Motoyama, H., Fujii, Y., Shoji, H., Satow, K., 1999. The paleoclimate record in the ice core at Dome Fuji station, East Antarctica. *Ann. Glaciol.* 29, 176–178.
- 5) Sundin, G.W., 2000. Examination of base pair variants of the *strA-strB* streptomycin resistance genes from bacterial pathogens of humans, animals and plants. *J. Antimicrob. Chemother.* 46, 848–849.
- 6) Palmer, E.L., Teviotdale, B.L., Jones, A.L., 1997. A relative of the broad-host-range plasmid

[研究発表]

Okubo, T., Tosaka, Y., Sato, T., Usui, M., Nakajima, C., Suzuki, Y., Imura, S., Tamura, Y., 2014. Bacterial diversity in sea ice from the Southern Ocean and the Sea of Okhotsk. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 2, 266–272.

得られた *sul2-strA-strB* クラスターをクローニングした大腸菌ではストレプトマイシンとスルファメトキサゾールの感受性が低下した。このことから、得られた耐性遺伝子が現代の細菌でも発現するものであることが確認された。

以上より、一部の薬剤耐性遺伝子が抗菌薬発明以前から存在したことが証明された。*strA*, *strB* は過去に永久凍土の細菌叢から検出されており、ストレプトマイシン産生菌への対抗策として説明されている。一方、*sul2* の隔絶状態サンプルからの検出は初めてである。*sul2* はサルファ剤耐性遺伝子であるが、サルファ剤は人工的に作られる合成抗菌薬であり、その発明以前にはその選択圧がまったく無かったと考えられる。にもかかわらず、南極アイスコアから *sul2* が検出されたことは、合成抗菌薬に対する耐性遺伝子が古くから自然界に存在したことを示すものであり、耐性遺伝子の起源を探る上で興味深い知見を与えるものである。また、*sul2-strA-strB* が一連の遺伝子群として検出されたことから、選択圧の無い条件下であっても一部の耐性遺伝子はクラスターを構成していたことが示された。

別紙

研究参加者一覧

[研究協力者]

1. 能田 淳 酪農学園大学獣医学群獣医学類 准教授
2. 大久保 寅彦 酪農学園大学大学院獣医学研究科博士課程4年
3. 阿江 理恵子 酪農学園大学獣医学群獣医学類 6年生

I . 共同研究報告（終了）

一般共同研究

（5）極 地 工 学

共同研究報告書

新ドームふじ基地建設にむけた圧雪手法の研究 (研究課題)

◎白川龍生 北見工業大学工学部・准教授 (研究代表者)
 亀田貴雄 北見工業大学工学部・教授 (共同研究者)
 高橋修平 北見工業大学工学部・名誉教授 (共同研究者)
 (国立極地研究所)
 金 高義 助教 (担当教員)
 平成 24 年～平成 26 年 (3 年) (研究期間)

※研究当時：北見工業大学教授

[研究成果]

本研究は、低温下におけるドームふじ基地の気象条件下における圧縮地盤強度増加量を定量的に示し、圧縮地盤基礎の造成方法について検討した。また、第 54 次南極観測隊が設置した 9m-天文観測架台 (図-1) の傾斜計データから、造成した圧縮地盤基礎の有効性を評価したものである。この研究は平成 24 年度から 3 年計画で実施した。



図-1 9m-天文観測架台

研究期間中の経過としては、平成 24 年度 (1 年目) は、新ドームふじ基地建設に向けた研究会議を実施した。この会議では、第 54 次観測隊 (夏隊) で金助教が内陸旅行中に観測を行う項目を検討し、具体的な観測方針を決定した。その後、金助教により新ドームふじ基地周辺での雪氷観測が行われた。平成 25 年度 (2 年目) は、金助教が実際に内陸旅行で観測した圧雪地盤造成データについて議論し、圧雪手法についての基礎研究を推進した。平成 26 年度 (3 年目) は、予定していた内陸旅行隊がキャンセルされたため、取得した圧雪地盤データの取りまとめを実施した。

以下、本研究で得られた知見を示す。

- 圧雪地盤の硬度増加を南極ドームふじの気象条件下で確認できた。地表面付近ではおよそ 10

倍のラム硬度増加となった。

- 地盤マットを取り入れた圧雪地盤造成方法を提案し、9m-天文観測架台設置に成功した。この方法は、圧雪地盤基礎造成後、更なる接地圧の削減・均等化のために、設置した基礎地盤の上に低温域でも破断しない地盤マット (パラウェブマット・リニアコンポジット社製) を設置するものである。ここでは黒色のパラウェブマットの日射による熱の吸収を避けるため、白色のテラムシートを重ねて敷設した。その後、基礎用ベニヤ板とベース用ベニヤ板の位置を合わせて、9m-天文観測架台上の建設を開始し、完成後、レベルの最終調整を実施、最後にテラムシートを 10cm 厚の雪で覆った。
- 120 日間の 9m-天文観測架台の不同変位モニタリング結果から、不同変位は 0.87mm とわずかな量であり、圧雪地盤基礎造成手法の有効性が確認できた (図-2)。

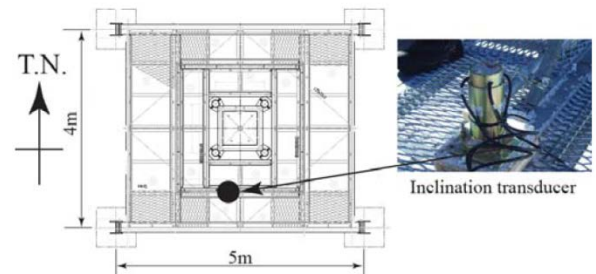


図-2 9m-天文観測架台上のステージ上における傾斜計設置状況の模式図

- 今回の結果は、2013 年の 1 冬季についてのデータであり、モニタリングを継続実施する必要がある。圧雪地盤基礎の密度、ラム硬度、微細構造の変化等の現地観測を第 56 次の南極観測で実施する予定だったが、これはキャンセルとなり今後の課題として残った。

(裏面に続く)

[参考文献]

- 1) Takahashi, S., *et al.* (2006): 南極雪上滑走路用圧雪実験 -第46次観測隊実験実施概要-,第3回南極設営シンポジウム講演概要集, pp.63-68.
- 2) 金高義, 沖田博文, 市川隆, M. C. B. Ashley (2013); 南極ドームふじにおける9m-天文観測架台の圧雪地盤基礎造成と不同沈下観測, Vol., 29, pp.74-78.

[研究発表]

- 1) 金高義, 沖田博文, 市川隆, M. C. B. Ashley (2013); 南極ドームふじにおける9m-天文観測架台の圧雪地盤基礎造成と不同沈下観測, Vol., 29, pp.74-78.

共同研究報告書（終了）

積雪強度測定手法の開発および広温度領域にわたる積雪物性値の比較測定

◎竹内由香里 森林総合研究所気象環境研究領域・チーム長 (研究代表者)
 (国立極地研究所) 金 高義 助教 (担当教員)
 平成 24 年～平成 26 年 (3 年間) (研究期間)

はじめに

一般に積雪は、その上に積もった雪の荷重により圧密されて、時間と共に体積が減少し密度や強度が増加する。積雪の強度の変化を予測することは、雪崩の発生を予測したり、積雪上に構造物を建築したりする際に必要であり、積雪の強度や硬度を野外において細かく、かつ効率よく測定することが求められる。積雪の硬度は、デジタル式荷重測定器（プッシュゲージ）を利用して細かく効率よく測定することが可能であるが、得られた硬度と積雪粒子の結合強度との関係は検証されていない。そこで本研究では、積雪粒子結合強度を測定する手法を開発し、プッシュゲージで測定した硬度と比較解析することにより、硬度と積雪粒子結合強度の関係を明確にすることを目的とする。

新潟県十日町市は、年最大積雪深の年平均値が 2 m を上回る多雪地でありながら、冬期の平均気温が 0°C 近くであるため、積雪の大部分が一冬のほとんどの期間にわたって 0°C である。一方、南極大陸内陸部に位置するドームふじ基地は、年平均気温が -50°C を下回り、地球上で最も低温な条件下の積雪を観測することができる。本研究は、十日町と南極の双方において、積雪の物性値を広い温度領域にわたって得ることも目的とする。

積雪硬度は、デジタル式荷重測定器に装着した直径 15 mm の円板状アタッチメントを約 1 cm/sec の速度で 1~2 cm ほど貫入させたときの最大抵抗力を測定する手法が積雪断面観測において広く用いられるようになってきた。この円板状アタッチメントを用いた計測方法では、積雪硬度は圧縮強度に大きく支配される。圧縮強度の影響を受けずに雪粒子同士の結合強さに起因する硬度を計測するためにブレードを貫入する方法が考案され、デジタル式荷重測定器用のブレード状アタッチメントが製作された。本研究ではブレード状アタッチメントのブレードサイズと貫入速度の効果を調べるために乾いたしまり雪を対象として比較測定を行なった。

測定方法

測定はアイコーエンジニアリング社製デジタル式荷重測定器を用いて行なった。測定器を手動スタンドに取り付けることにより、一定の速度で貫入した。測定は森林総研十日町試験地において実施し、測定器は雪洞内に設置して外気温に関係なく 0°C 近傍を保持した。積雪断面から切り出した乾いたしまり雪（密度 $\rho = 352 \text{ kg/cm}^3$ 、温度 $T = -0.1^\circ\text{C}$ ）の雪試料を載荷板上に設置した後、速やかに測定を行なった。最大抵抗力のみを測定する従来の方法は、力学挙動を評価する上で応力-ひずみ関係が不明であった。そこで本研究では、デジタル式荷重測定器の機能を利用して、荷重または貫入変位を変位変換器によってそれぞれ 0.05 sec ごとに連続的に計測した。ブレードの幅(W)は、10, 20, 40 mm の 3 種類とし、貫入速度 (U) は、4, 1, 0.5, 0.25 mm/sec の 4 通りで測定を行なった。また、十日町試験地および妙高山域の標高 800 m 付近において積雪断面観測を実施し、デジタル式荷重測定器の測定値と密度の関係を比較した。アタッチメントは 20 mm 幅ブレード状と 15 mm 直径の円板状の 2 種類を用いた。

結果と考察

ブレード幅 $W = 20 \text{ mm}$ の一定として貫入速度の依存性を調べると、いずれの貫入速度の場合においても、単位ブレード長さあたりの荷重は、貫入深さ 5 mm ほどで脆性破壊に達した。貫入深さ 30 mm までの間で約 500 N/m に収束し、貫入速度の依存性は見られなかった (図 1a)。また $U = 4 \text{ mm/sec}$ 一定としてブレードサイズの依存性を調べると、同様に弾性-脆性の力学挙動を示したが、ブレードサイズが大きいほどわずかながら測定値は小さくなった (図 1b)。ブレード状アタッチメントは、貫入速度依存性がきわめて小さいのは、圧縮抵抗の影響が少ないためと考えられる。

次に森林総研十日町試験地と妙高山域において測定した結果を示す。図 2 は妙高山域において 2012 年 2 月 16 日に実施した積雪断面観測の結果である。

(裏面に続く)

積雪深は 435 cm, 全層積雪水量は 1593 mm で測定時の気温は-2.0℃であった。積雪は表面付近にわずかながら新雪, こしまり雪, こしもざらめ雪の層が見られたが, 他はほぼ全層乾いたしまり雪であった。

十日町および妙高において計測した積雪の最大抵抗値をブレードサイズ, 円板面積で除したものをそれぞれ Blade Hardness Index (BHI), Disk Hardness Index (DHI)と表わし, 乾いたしまり雪, こしまり雪を対象として密度との関係を求めた (図 3)。

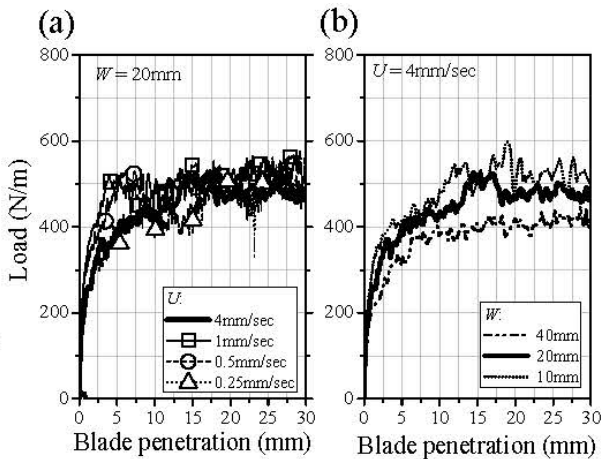


図 1 (a)貫入速度, (b)ブレードサイズによる荷重値の比較。

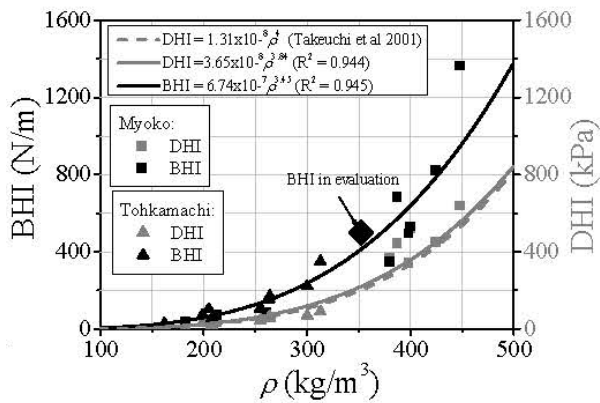


図 3 Blade Hardness Index (BHI), Disk Hardness Index (DHI)と密度の関係

[参考文献]

- 1) 竹内ら (2001): デジタル式荷重測定器を利用した積雪の硬度測定, 雪氷, Vol.63, No.5, p 441-p449.
- 2) Fukue(1979): Mechanical Performance of Snow Under Loading, Tokai University Press.
- 3) Bostad and McClung (2011): Thin-blade penetration resistance and snow strength, J.Glaciology, Vol.57, No.202, p325-p336.

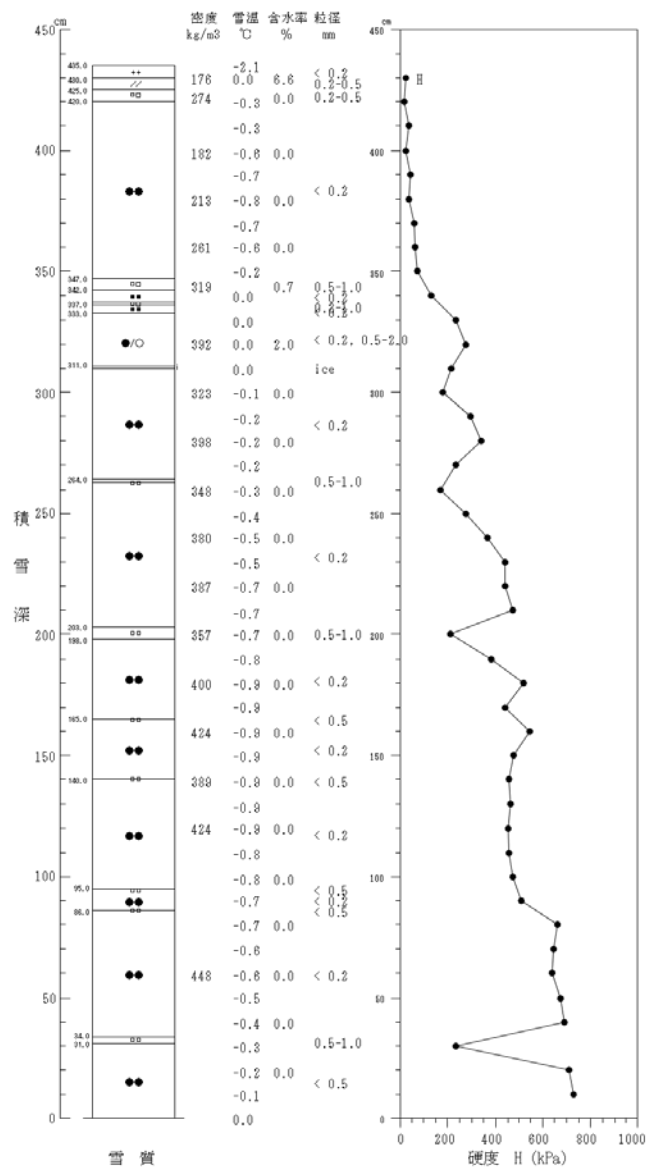


図 2 妙高における積雪断面観測の結果
左から, 層構造と雪質, 密度, 雪温, 含水率, 粒径, 硬度。

共同研究報告書

南極ドームふじ基地における赤外線望遠鏡による天体観測のための減災研究

研究代表者 東北大学理学研究科 教授 市川 隆
 国立極地研究所担当教員 助教 金 高義
 研究機関 平成 24 年～平成 26 年 (3 年)

1. 研究目的

2012 年、第 54 次南極観測隊が新ドームふじ基地に 8m 天体観測ステージとともに大気擾乱測定装置と小型望遠鏡を設置した。それを用いて、将来 2.5m 赤外線望遠鏡を設置するための減災研究を行った。また国内においては減災のための基礎実験をおこなった。以下、個別課題の詳細について目的を述べる。

1.1 雪面場での不同沈下

雪面に設置された観測ステージは年を経るとともに不同変位をしていくことが予想される。その変位は望遠鏡の天体に対する指向精度や追尾精度に影響する。そのため経年変位量を予め知っておく必要がある。さらにその不等沈下から圧雪地盤工法の評価を行う。

1.2 鉄鋼材の低温脆性

望遠鏡を設置する高さ 15m ほどのタワーは通常の鉄鋼材が用いる予定であるが、鉄鋼材は寒冷下で脆性を生じることが知られている。一方、みずほ基地やドームふじ基地近くに設置されている米国のタワーは長期間にも関わらず、倒壊していない。そこで、使用する鋼材の低温脆性を再確認する必要がある。

1.3 望遠鏡架台用ステンレストラス

温暖な地にある望遠鏡の架台は通常の鉄鋼材が使われる。望遠鏡を支える架台はトラス構造をしており、一本の鉄棒が全体を支える構造となっており、低温脆性による劣化は架台の崩壊の危険を伴う。そこで、トラス材には低温脆性のないオーストナイトステンレスを用いる。しかし堅い材質を必要とする駆動部分のレールはマルテンサイト製しか市販されておらず、またオーストナイトで作ることができない。そのためマルテンサイトの低温下での耐久テストが必要である。

1.4 防振パレットの開発と評価

天体望遠鏡用の 2.5m 主鏡は素材がガラス材であり、運搬中に衝撃を与えると割れる恐れがある。実際、ヨーロツパからチリに輸送中に 4m の主鏡が大破したとの情報もある。そこで輸送用の防振パレ

ットの製作とその性能評価等が必須である。

1.5 望遠鏡ステージ周辺のスノードリフト

望遠鏡を設置する高さ 15m のステージにスノードリフトによるステージの埋没が懸念される。ステージそのものはジャッキアップして埋没を防ぐ工夫がなされるが、ドリフトをできる限り避ける必要がある。

2. 研究の方法と成果

2.1 不同沈下

第 54 次南極観測隊におけるドーム旅行において、現地で圧雪地盤を造成して 3 週間で 10 倍以上の硬度増加を確認した。その圧雪地盤の上に観測ステージを設

営した。観測ステージには傾斜センサーが取り付けられた。測定

は無入発電機により供給された電力により自動測定を行った。データはイリジウム衛星を使ったインターネットを経由して取得した。運用開始からおおよそ 15 ヶ月が経過した後で、観測ステージの傾斜は 0.05° と非常に安定し、圧雪地盤造成手法は有効に機能していることが確認された。

2.2 鉄鋼材の低温脆性評価

第 54 次隊が設置した観測ステージに用いている鋼材と同じ種類の鉄材 2 種類について、 -80°C から 20°C までのシャルピー試験を行い、低温脆性の定量的評価試験を行った。この研究では日本大学工学部・半貫研究室の協力と助言を得た。その結果、一般に知られている低温脆性を確認した。南極に設置された鉄製のタワーは劣化していることが予想される。

2.3 ステンレス製リニアガイドの低温下耐久試験



SUS440 マルテンサイトステンレス製の LM ガイドを、マイナス 80°C の冷却環境で、500kg



重の荷重を与えながら駆動する機構を製作して、連続的な駆動実験を行った。しかし長期間駆動するための機械的構造が連続運転に耐えられず、駆動部分がスタックした。現在、改良してさらに実験を進める予定である。



2.4 防振パレットの性能評価

2.5m 赤外線望遠鏡輸送のための防振パレットを製作し、その効果を計測する雪上走行実験を 2014 年度 4 月に行った。2.5m 主鏡を模擬したコンクリート製ウェイトを防振パレットに載せ、橇上に設置

し、大型雪上車で牽引する現地実験を実施した。現地試験の後、防振パレットを分解し、性能を確認した所、形状の変化や損傷は見られず、バネ特性にも変化はなく、当初の防振性能が保たれていることを確認した。合わせて第 54 次隊で測定したソ



リの振動実験データの解析を行った。

2.5 スノードリフト

東北大学工学研究科・持田研究グループの協力の下に、計画している望遠鏡とステージの縮小モデルを用いて、シミュレーションと風洞実験を行った。建物周辺のスノードリフト問題、また望遠鏡ドーム周辺に発生する乱流がシーイングに与える影響について、風況解析手法を構築した。また現地観測データが存在する南極昭和基地・管理棟建物群でのモデルの検証を実施した。

3. 研究発表

- (1) "南極ドームふじ基地における高床式 8m 天文観測架台周辺のスノウコントロールに関する一考察" 森脇 千秋、金 高義、横山 竜大、半貫 敏夫、石鍋 雄一郎、小杉 健二 2012, 雪氷研究大会講演要旨集・2012 (107).
- (2) "南極ドームふじにおける 9m-天文観測架台の圧雪地盤基礎造成と不同沈下観測" 金高義, 沖田博文, 市川隆, M.C.B.Ashle, 寒地技術論文・報告集, 2013
- (3) Okita, H., Ichikawa, T., Ashley, M. C. B., Takato, N., Motoyama, H.. "Excellent daytime seeing at Dome Fuji on the Antarctic plateau" *Astronomy & Astrophysics*, Volume 554, L5-8,, 2013,
- (4) Okita, H., Takato, N., Ichikawa, T. et al. "Dome Fuji Seeing -the Summer Results and the Future Winter-over Observations" *Astrophysics from Antarctica*, IAU symp. 288, 25-28, 2013
- (5) Storey, J. et al. "The SCAR Astronomy & Astrophysics from Antarctica Scientific Research Programme" *Astrophysics from Antarctica*, IAU symp. 288, 275-295, 2013
- (6) Seta M. et al. "Dome Fuji in Antarctica as a Site for Infrared and Terahertz Astronomy", *Astrophysics from Antarctica*, IAU symp. 288, 275-295, 2013
- (7) 沖田博文 「The Astronomical Seeing at Dome Fuji on the Antarctic Plateau」 東北大学大学院理学研究科博士論文、2013

共同研究報告書（終了）

南極における建屋周辺の吹雪による積雪と削剥の数値解析（研究課題）

◎山岸陽一 神奈川工科大学工学部・教授（研究代表者）
 木村茂雄 神奈川工科大学工学部・教授（共同研究者）
 （国立極地研究所）
 菊池雅行 助教（担当教員）
 平成 25 年～平成 26 年（2 か年）（研究期間）

[研究成果]

1. 緒言

建屋周辺の雪の吹きだまりの除雪作業は南極昭和基地運営上重要である。従来から、スノウドリフト/ウインドスクープの予測は、模擬雪や人工雪を用いた風洞実験が行われており、数多くの貴重な結果が示されている^{(1)~(3)}。しかし、風洞実験においては建屋モデル形状を止むを得ず縮小せざるを得ず、相似性は実現象と差異を生じることとなる。特にストークス数は、風の動きに対する雪粒子の追従性に関するものであり実現象の1付近の値では風の動きに雪粒子は追従するが風洞実験ではそれが困難となり建屋周りの雪粒子の堆積状況は実現象と異なる場合がある。

そこで、汎用熱流体解析ソフトを用いて固気二相流解析を行い、南極の実現象環境を適用して数値解析条件に加えることで相似性の問題を解消して、自然エネルギー棟周りのスノウドリフト/ウインドスクープの予測をある程度示すことができた。

2. 数値解析方法

吹雪を雪粒子と空気の固気二相流として扱い、汎用熱流体解析ソフト（FLUENT）を用いて、三次元非定常乱流混相流解析を行った。混相流モデルには、体積占有率（雪と空気の体積の割合）の輸送方程式を解き、粒子同士の衝突や摩擦を取り扱うことができるオイラー多粒子モデルを、乱流モデルには RNGk-ε モデルを使用した。積雪分布は、体積占有率の分布で近似できると仮定した。また、計算時間はおおよそ 100 時間であるが、時間進行とともに雪粒子の体積占有率が周期的な変動となった。そこで、周期的変動以降を数値解析結果とした。

解析モデルは図 1 に示す南極昭和基地自然エネルギー棟モデルとして直方体の平屋根モデル A、風上側正面に傾斜面を有する平屋根モデル B、モデル B の屋根に曲率を持つモデル C を使用した。計算領域は計算時間を削減するため図 2 に示すように Symmetry 面（対称面）を設置して、建屋の Z 方向寸法を半減して解析を行った。なお、南極では放射冷却により時間的にも空間的にも変動の小さいカタバ風が常時発生するため、風向は X 方向を卓越風向とした。

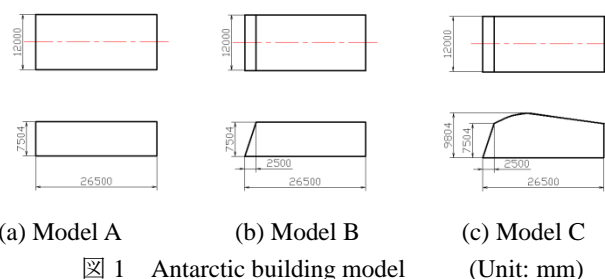


図 1 Antarctic building model

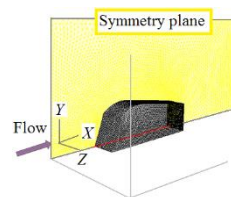


図 2 Analysis region

3. 数値解析結果

図 3 は数値解析による自然エネルギー棟側面と風下側周りの地表付近の雪粒子の体積占有率を示す。南極特有のカタバ風により気流は常に左上から右下方向に進む。モデル A は建屋側面から離れて削剥が見られるが、モデル B, C は建屋側面に沿って削剥が見られる。

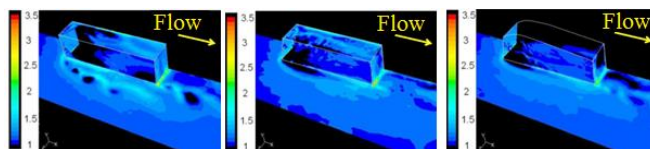
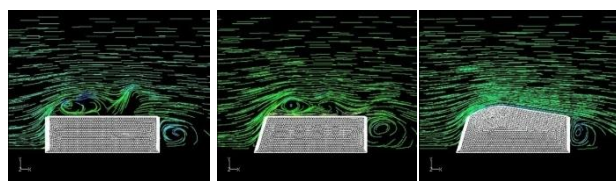


図 3 Snow coverage around the Antarctic base building

図 4 は自然エネルギー棟を側面から見たパスラインを示す。気流方向は左から右である。モデル C では気流が屋根に沿ってながれ、建屋風下側でわずかに渦を発生する。モデル A, B では屋根と建屋風下側で大きな渦を発生して複雑な流れとなっている。

（裏面に続く）



(a) Model A (b) Model B (c) Model C

図4 Pathlines of snow particles in numerical analysis viewing the Antarctic base building model from the side.

図5 (a) は建屋側面の風上側出入口付近 (図内黄色部) の積雪深を示す。Z 軸は風向に垂直であり、建屋幅を W とする。横軸 $z/W = 0.5$ は建屋側壁の位置を示す。建屋側壁付近ではモデル A では積雪深が大きい。モデル B, C では積雪深が小さく、除雪作業の軽減化が図られ、出入りが容易となることがわかる。

図5 (b) に建屋風下側の側面側 (図内黄色部) の積雪深を示す。X 軸は風向に平行であり横軸 $x/W = 1$ は建屋下流側の壁の位置を示す。モデル C がモデル A, B に比べて積雪深が多少小さいことがわかる。

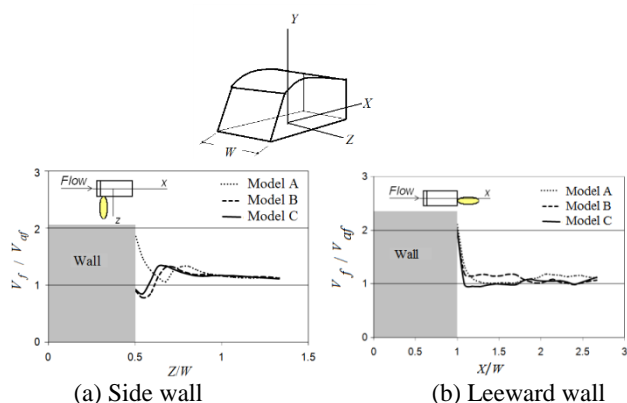


図5 Snow depth around the Antarctic base building.

[参考文献]

- (1) 佐藤稔雄, 半貫敏夫, “地吹雪によって構造物周辺に形成されるスノウドリフトの単純化モデルと問題点について”, 日本建築学会学術講演梗概集(1986), p49-p50.
- (2) 佐藤稔雄, 半貫敏夫, 石村紀久雄, “南極氷床の上の観測基地計画のための雪洞実験と野外実験”, 日本建築学会学術講演梗概集(1985), p1039-p1040.
- (3) 老川 進, 苔米地司, 石原 孟, “建物近傍の雪吹きだまりの風洞相似則に関する考察”, 日本雪工学会, Vol.,23, No.2,(2007), p13-p32.

4. 結 論

自然界における建屋のスケールに対して、吹雪風洞での建屋モデルのスケールは縮小を余儀なくされ、ストークス数の相似性の一致が困難となる。しかし、ストークス数が異なる野外観測実験と吹雪風洞実験のそれぞれの条件を適用した固気二相流解析は、気流の動きに伴う雪粒子の追従性の有無をある程度示すことができる。そこで、南極の平均的な気象条件を適用して昭和基地自然エネルギー棟周りの吹雪における積雪や削剥を予測することを試みた。その結果、建屋モデルとしては直方体の平屋根モデル、風上側正面に傾斜面を有する平屋根モデル、風上側正面に傾斜面を有する曲率屋根モデルにおいて、風上側正面に傾斜面を有する曲率屋根モデルが建屋周辺で最も積雪が少なく除雪作業の軽減が可能となることがわかった。

(共同研究報告書 (終了))

建築・土木に関する極地設営工学研究

◎石鍋雄一郎 日本大学理工学部・助教 (研究代表者)
 半貫 敏夫 日本大学・名誉教授 (共同研究者)
 (国立極地研究所)
 金 高義 助教 (担当教員)
 平成 26 年 (1 か年) (研究期間)

[研究成果]

現在まで、南極建物周辺のスノウドリフト対策で模型風洞実験が実施されてきた(例えば 1), 2), が、地形がスノウドリフト効果に及ぼす影響を評価するにはいたっていない。

南極昭和基地において新たに基本観測棟が計画されている。基本観測棟は 12 角形平面の高床式建物とすることで、従来の高床式直方体よりも、建物周りの風の乱れをおさえ、スノウドリフトの軽減を試みている。また、12 角形形状は、ブリザードの風向角が変化した場合でも、スノウドリフト性状の変化が最小限となることも期待されている。

本研究では吹雪風洞実験によって 12 角形形状の基本観測棟のスノウドリフト性状を確認した。建物後方流域の吹きだまり性状に着目して、1/250 縮尺の模型を使った吹雪風洞実験を実施した。模型は建物模型に加え、南極昭和基地周辺の地形を再現した地形模型を使用した。

実験条件は風洞内中心風速 6m/sec, 風洞内気温 -15°C, 風洞内湿度 60%で設定した。1 回の実験時間は 30 分間とし、5, 10, 20, 30 分経過時に吹雪流を止めてレーザー距離計により建物周囲の積雪深さを測定した。

図 1 に実験モデル、表 1 に実験ケースを示す。図 2 に堆雪量の時系列変化を示す。図 3 に実験開始 30 分後の各ケースのスノウドリフト分布を示す。基本観測棟が存在する場合、建物後方に大規模なスノウドリフト派生することが確認できた。気象観測棟の周囲にはスノウドリフトが発生しておらず、吹き払い効果が得られていると考えられる。

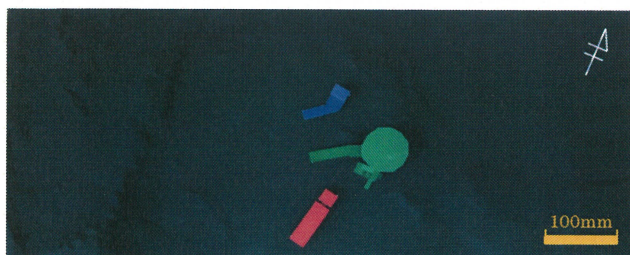


図 1 : 実験モデル

表 1 : 実験ケース

Case	基本観測棟	地形
Case1	有	有
Case2	無	有
Case3	有	無
Case4	無	無

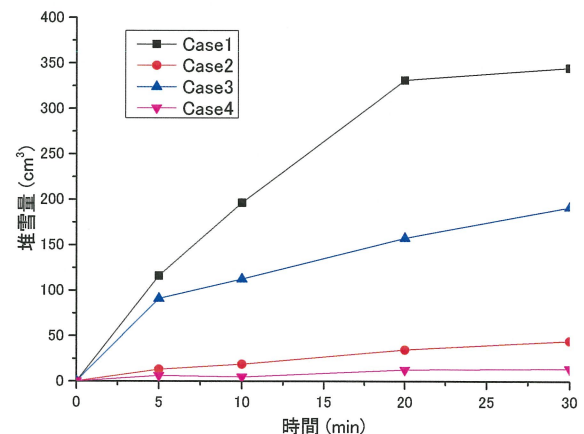


図 2 : 全領域の堆雪量の時系列変化

基本観測棟を含む建物群によるスノウドリフトの性状を予測することができた。南極での建設計画においてはあらかじめ風洞実験により吹雪の影響を予測する事が有効であるが、現地の地形を再現した地形模型を加味することで、より高精度な風洞実験結果を得られる可能性が見出せた。

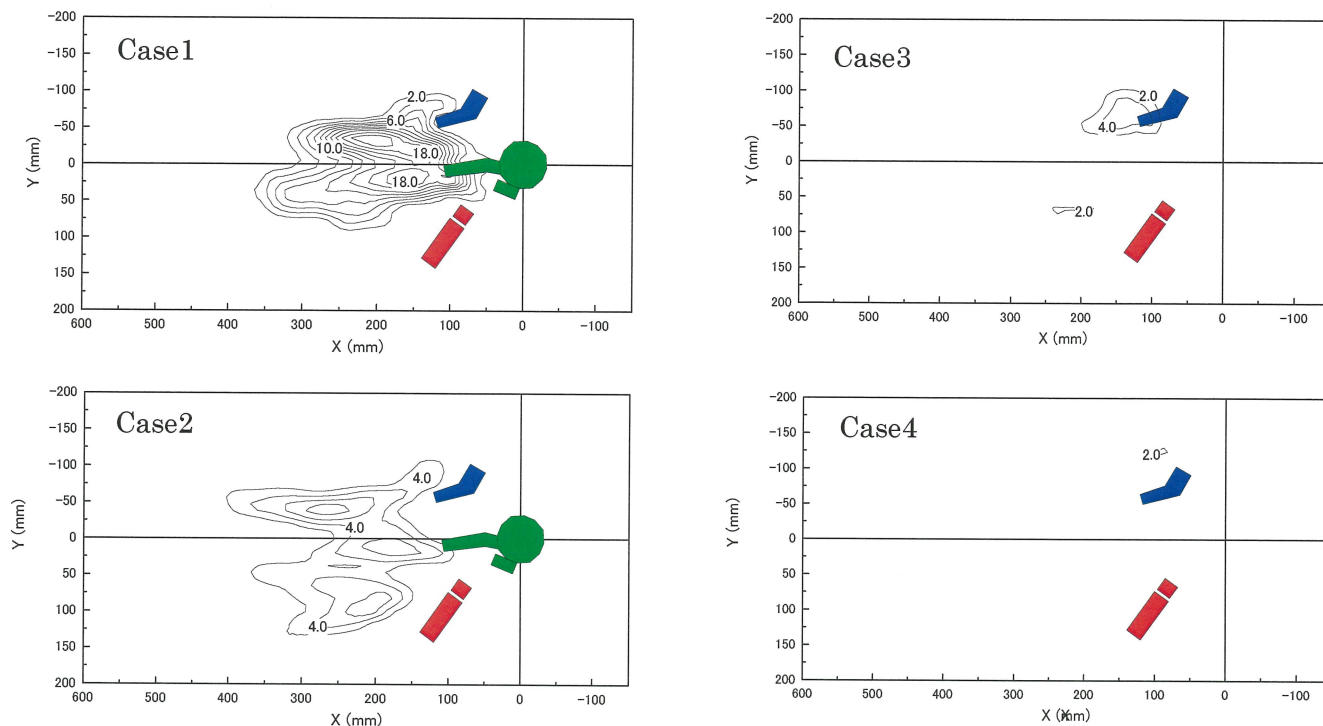


図 3： 30 分経過時のスノウドリフト性状

[参考文献]

- 1) 高橋弘樹, 半貫敏夫; 南極昭和基地管理棟後流域建物周辺の吹きだまり, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 598, pp. 35-42, 2005.
- 2) 佐藤泰春, 半貫敏夫; 南極昭和基地建物の吹きだまり制御に関する基礎的研究, 日本建築学会学術講演梗概集, B-1, pp. 215-216, 2010.

[研究発表]

- 1) 金高義, 山岸陽一, 半貫敏夫, 石鍋雄一郎, 小杉健二, 望月重人, 内田孝紀, 荒屋亮, 永木毅, 石沢賢二; 南極昭和基地における基本観測棟設計のためのスノウドリフト性状評価, 寒地技術論文・報告集, Vol. 30, pp. 134-139, 2014.
- 2) 伊藤監則, 金高義, 山岸陽一, 半貫敏夫, 石鍋雄一郎, 小杉健二, 望月重人, 永木毅, 石沢賢二; 南極昭和基地に建つ基本観測棟と周辺建物の相互作用 -模型風洞実験による一考察-, 寒地技術論文・報告集, Vol. 30, pp. 140-143, 2014.

Ⅱ. 研究集会報告

研究集会

集 会 等 実 施 報 告 書

※係記入欄

シンポジウム 研究集会・ワークショップ 打合せ・会合 談話会・講演会 その他

いずれかを■にしてください。

集会名	中間圏・熱圏・電離圏研究集会		
開催日時	2014年9月22-24日	開催場所	情報通信研究機構
概要	<p>国立極地研究所、情報通信研究機構、名古屋大学太陽地球環境研究所の3機関共同で主催し、3日間の日程で開催、67名(うち学生は25名)が参加し、招待講演を含む42件(口頭16件、ポスター26件)の研究発表が行われた。今年度は MTI Grand Challenge と題して「極域と中低緯度現象の相違点から理解するMTIの科学」「大気上下結合解明に向けたMTIの科学」の2つのトピックについて、MTI分野で解決すべき課題の洗い出しを12名の招待講演者を招いて行った。また若手研究者や学生の研究をエンカレッジすることを目的に、3日間ともにポスター発表の機会を設けた。これにより、より時間をかけた深い議論を行うことが出来た。さらに、MTI大型研究紹介というセッションを設けて現在進行中・計画中の大型計画の情報交換を行うことで、研究者間の情報共有と協力を促し、新たな研究の発見につながる場を提供した。</p>		
報告者(担当者)	江 尻 省		

所	氏名	所属	備考
	内	西山尚典	国立極地研究所
松村 充		国立極地研究所	
富川喜弘		国立極地研究所	
西山尚典		国立極地研究所	
小川泰信		国立極地研究所	
江尻 省		国立極地研究所	
津田 卓雄		国立極地研究所	
礪野靖子		国立極地研究所	
中村 卓司		国立極地研究所	
堤 雅基		国立極地研究所	
木暮 優		総合研究大学院大学	D1
小計	11 名		

所	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	所	藤井 良一	名古屋大学		
大山伸一郎		名古屋大学太陽地球環境研究所			
鈴木臣		名古屋大学高等研究院			
西谷 望		名古屋大学太陽地球環境研究所			
栗田 怜		名古屋大学太陽地球環境研究所			
北村成寿		名古屋大学太陽地球環境研究所			

氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
大塚 雄一	名古屋大学太陽地球環境研究所			
坂野井 健	東北大・理			旅費を支給
坂井純	電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター			
細川敬祐	電気通信大学情報理工学研究科			
新堀 淳樹	京都大学生存圏研究所			旅費を支給
齊藤昭則	京都大学			
Huixin Liu	Kyushu University		○	
三好勉信	九州大学大学院理学研究院			
柿並義宏	高知工科大学			
藤原 均	成蹊大学 理工学部			
鈴木秀彦	明治大学理工学部			
品川裕之	情報通信研究機構			
横山 竜宏	情報通信研究機構			
小川忠彦	情報通信研究機構			
久保田実	情報通信研究機構			
西岡未知	(独)情報通信研究機構			
津川卓也	情報通信研究機構			
陣 英克	情報通信研究機構			
今井 弘二	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所			
児玉 哲哉	JAXA地球観測研究センター			
川崎春夫	JAXA 第一衛星利用ミッション本部 先進衛星開発室			
柳瀬 晴代	(株)ニコン 半導体装置事業部 開発統括部			
岩本 貴司	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所			
平島 洋	元立教大学_定年退職			
中村 真帆	東京学芸大学			
木下 武也	情報通信研究機構			
山田 貴宣	名古屋大学太陽地球環境研究所		○	
永野浩貴	名古屋大学太陽地球環境研究所第二部門		○	
津屋 太志	名古屋大学太陽地球環境研究所		○	
木川 竜介	名古屋大学太陽地球環境研究所		○	
溝口 拓弥	名古屋大学 太陽地球環境研究所		○	
高橋透	名古屋大学太陽地球環境研究所		○	
箕浦武	名古屋大学STE研		○	
中島悠貴	北海道大学大学院理学院自然史科学専攻		○	

	氏名	所属	大学院生 外国人 ※ ※		備考
外	Septi Perwitasari	PPARC Tohoku University	○	○	
	平林慎一郎	千葉大学大学院工学研究科	○		
	高星和人	千葉大学大学院工学研究科	○		
	清水友貴	千葉大学大学院工学研究科	○		
	對比地雄大	電気通信大学情報理工学研究科	○		
	内海俊人	電気通信大学情報理工学研究科	○		
	吉田和晃	電気通信大学情報理工学研究科	○		
	村上 隆一	電気通信大学	○		
	Watthanasangmechai Kornyanat	RISH, Kyoto Univ.	○	○	
	秋谷 祐亮	京都大学理学研究科太陽惑星系電磁気学講座	○		旅費を支給
	幸野 淑子	京都大学理学研究科地球惑星科学専攻	○		旅費を支給
	穂積裕太	京都大学大学院理学研究科	○		旅費を支給
	田埜綾香	九州大学 理学府 地球惑星科学専攻	○		旅費を支給
	Suhaila M Buhari	NICT	○	○	
	佐藤大仁	京都大学大学院理学研究科	○		
池田 教	京都大学	○			
小計	56名				
合計	67名		大学院生	25名(内数)	
			外国人	4名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

研究集会報告書

※係記入欄

研究課題名 (集会名)	SuperDARNによる極域超高層大気研究集会			
開催日時	2014年6月11日、10月8日、 2015年1月7日	開催場所	極地研	
概要	国際短波レーダー観測網プロジェクトである「SuperDARN」は、1995年に創設以来、日本を含む加盟研究機関、レーダー数、観測研究手法、研究分野を大きく拡大しながら、多岐に亘る研究成果をあげてきた。本研究集会では、現在進行中の様々な共同研究の進捗や成果について情報交換を行うと共に、今後日本のSuperDARN研究界が世界を牽引してゆくべき重要課題やその戦略について掘り下げた議論を行い、更なる極域超高層大気共同研究の発展に寄与する。特に、今年度は、SuperDARN研究に中心的に関わっているメンバーを中心に3回に亘って集会を行い、2016年打上げ予定のERG衛星との共同観測研究についての詳細な計画の議論を深め、昭和基地イメージングレーダー化や今年度新しく稼働を開始した北海道第2レーダーと全SDレーダーとの共同研究、技術的課題と解決策、研究コミュニティー拡大と今後の研究戦略等についても議論を深めた。			
	氏名	所属	職	備考
所内	佐藤夏雄	極地研・研究教育系	特任教授	
	田中良昌	極地研・研究教育系	特任助教	
	行松彰	極地研・研究教育系	准教授	
	小計	3名		
所外	西谷望	名古屋大学	准教授	6/11,10/8,1/7参加
	長妻努	通信総合研究所	主任研究員	6/11,10/8,1/7参加
	細川敬祐	電気通信大学	准教授	6/11,10/8,1/7参加
	堀智昭	名古屋大学	特任助教	6/11,10/8,1/7参加
	坂口歌織	通信総合研究所	研究員	6/11参加
	渡辺正和	九州大学	准教授	10/8,1/7参加
	河野英昭	九州大学	准教授	10/8,1/7参加
		小計	7名	
	合計	10名		

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

研究集会報告書

※係記入欄

研究課題名 (集会名)	SuperDARNによる極域超高層大気研究集会			
開催日時	2014年6月11日、10月8日、 2015年1月7日	開催場所	極地研	
概要	国際短波レーダー観測網プロジェクトである「SuperDARN」は、1995年に創設以来、日本を含む加盟研究機関、レーダー数、観測研究手法、研究分野を大きく拡大しながら、多岐に亘る研究成果をあげてきた。本研究集会では、現在進行中の様々な共同研究の進捗や成果について情報交換を行うと共に、今後日本のSuperDARN研究界が世界を牽引してゆくべき重要課題やその戦略について掘り下げた議論を行い、更なる極域超高層大気共同研究の発展に寄与する。特に、今年度は、SuperDARN研究に中心的に関わっているメンバーを中心に3回に亘って集会を行い、2016年打上げ予定のERG衛星との共同観測研究についての詳細な計画の議論を深め、昭和基地イメージングレーダー化や今年度新しく稼働を開始した北海道第2レーダーと全SDレーダーとの共同研究、技術的課題と解決策、研究コミュニティー拡大と今後の研究戦略等についても議論を深めた。			
	氏名	所属	職	備考
所内	佐藤夏雄	極地研・研究教育系	特任教授	
	田中良昌	極地研・研究教育系	特任助教	
	行松彰	極地研・研究教育系	准教授	
	小計	3名		
所外	西谷望	名古屋大学	准教授	6/11,10/8,1/7参加
	長妻努	通信総合研究所	主任研究員	6/11,10/8,1/7参加
	細川敬祐	電気通信大学	准教授	6/11,10/8,1/7参加
	堀智昭	名古屋大学	特任助教	6/11,10/8,1/7参加
	坂口歌織	通信総合研究所	研究員	6/11参加
	渡辺正和	九州大学	准教授	10/8,1/7参加
	河野英昭	九州大学	准教授	10/8,1/7参加
		小計	7名	
	合計	10名		

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

		※係記入欄			
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> 談話会・講演会 <input type="checkbox"/> その他 の他					
いずれかを■にしてください。					
集会名	第4回極端宇宙天気研究会				
開催日時	2014年10月10日	開催場所	国立極地研究所		
概要	スーパーフレア、巨大磁気嵐、放射線被ばく、誘導電流、マウンダー極小期、文献に残るオーロラ記録など、極端な極域現象が及ぼすさまざまな影響についての論文発表が行われた。若手の太陽研究者が多いことが特徴だった。				
報告者 (担当者)	片岡龍峰(塩田 大幸)				
所 内	氏名	所属	備考		
	片岡龍峰	国立極地研究所			
	佐藤由佳	国立極地研究所			
	江尻省	国立極地研究所			
	山岸久雄	国立極地研究所			
	小川泰信	国立極地研究所			
	小計	5名			
所	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	塩田大幸	名古屋大学			
	桂華邦裕	名古屋大学			
	早川尚志	京都大学	○		
	平島洋	元立教大学			
	岩木美延	九州大学	○		
	鳥海森	国立天文台			
	坪内健	東工大			
	柴山拓也	名古屋大学	○		
	海老原祐輔	京都大学			
	源泰拓	気象庁			
	丸橋克英	元情報通信研究機構			
小川智也	北里大学				
田中高史	九州大学				

集 会 等 実 施 報 告 書

		※係記入欄			
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> 談話会・講演会 <input type="checkbox"/> その他 の他					
いずれかを■にしてください。					
集会名	平成26年度国立極地研究所研究集会 「太陽－地球大気の地上多点観測データ総合解析ワークショップ」				
開催日時	平成26年8月20日	開催場所	C301, C501		
概要	<p>IUGONETプロジェクト中間報告会に引き続き、8月20日(水)に、極地研研究集会「太陽－地球大気の地上多点観測データ総合解析ワークショップ」を極地研3階セミナー室及び5階会議室に於いて開催した。このワークショップは、IUGONETプロジェクトで開発・公開しているデータ解析ソフトウェア(略称:UDAS)を使って、地上観測データ(磁力計、レーダー、イメージャ、気象観測装置等のデータ)を描画・解析することにより、UDASユーザの拡大とプロジェクト参加機関が所有するデータの流通を目的としている。通算6回目となる今回は、一部初級/中級編にわかれて講義・実習を行い、中級編では、IUGONETプロジェクト外部講師による衛星データの解析も並行して行った。</p> <p>ワークショップには、大学院生19名、ポスドク13名を含む計42名が参加し、各自ノートPCを持参してもらい、実際にUDASのインストール、及び、地磁気やSuperDARNレーダーデータ、全天イメージャ画像等の解析を行った。後に実施したアンケートの結果によると、ほとんどの参加者が今後もUDASを使用したいと述べており、また、極域の複数のデータを同時解析したい等の意見も寄せられるなど、極地研のデータの宣伝、共同研究の促進にも貢献できたと考えている。</p> <p>最後に、UDASの情報やワークショップの講演資料は、UDASウェブサイト(http://www.iugonet.org/software.html)、及び、研究集会ウェブサイト(http://www.iugonet.org/meetings/2014-08-18_20.html)により閲覧可能である。</p>				
報告者(担当者)	谷田貝 亜紀代				
所 内	氏名	所属	備考		
	中村 卓司	宙空			
	田中 良昌	宙空			
	佐藤 由佳	宙空			
	佐藤 夏雄	宙空			
	西山 尚典	宙空			
	小計	5名			
	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	新堀 淳樹	京大・RISH			
	小山 幸伸	京大・地磁気			
	辻本 洋平	京大・理	○		
	生松 聡	京大・理	○		
	松本直樹	京大・理	○		
	横山 佳弘	京大・理	○		
	秋谷 祐亮	京大・理	○		
	荒木 徹	京大・理(名誉教授)			

氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
巻田 和男	拓殖大(名誉教授)			
阿部 修司	九大			
今城 峻	九大	○		
山本 和憲	NICT			
尾花 由紀	大阪電気通信大学工学部			
櫻井 亨	東海大学(名誉教授)			
小田切 修一	東工大	○		
福田 陽子	東京大学理学系研究科	○		
松尾 雄人	東北大・理学研究科	○		
高橋 直子	東北大・理学研究科	○		
北原 理弘	東北大・理学研究科	○		
志々目 晃子	富士通エフ・アイ・ピー			
桂華 邦裕	名大STEL			
栗田 怜	名大STEL			
堀 智昭	名大STEL			
谷田貝 亜紀代	名大STEL			
梅村宜生	名大STEL			
大山 伸一郎	名大STEL			
北村 成寿	名大STEL			
加藤 佑一	名大工学研究科	○		
山田 貴宣	名大工学研究科	○		
溝口 拓弥	名大工学研究科	○		
滝田 真太郎	名大理学研究科	○		
日比野 辰哉	名大理学研究科	○		
上薮 広大	名大理学研究科	○		
中川 佳祐	名大理学研究科	○		
安里 早稀	名大理学研究科	○		
野村 麗子	JAXA/ISAS			
八木 学	東北大・PPARC			
小計	37 名			
合計	42 名	大学院生	19 名(内数)	
		外国人	0 名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

				※係記入欄	
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> 談話会・講演会 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。					
集会名		非ダンジェー磁気圏物理学研究会			
開催日時		2014年9月18日～9月19日		開催場所 国立極地研究所C301	
概要		極域の宇宙空間における複雑なオーロラ現象の多くの観測結果を整合的に再現できる太陽風・磁気圏・電離圏の磁気流体シミュレーション(本研究会代表者の田中高史教授が開発)によって、これまで教科書に記載されてきたような古典的な説明の多くが間違いであり、特に磁気圏プラズマ対流とサブストーム現象(オーロラ爆発)を统一的に説明できる新たなフレームワークが出来つつある。その意味で「非ダンジェー磁気圏物理学」と銘打った本研究会では、1日目はプラズマ対流、2日目はサブストームをテーマに、所内11名、所外16名(うち大学院生4名)の研究者が、磁気圏プラズマと磁場を一体として理解できる新しいフレームワークの妥当性や限界について議論するため、関連する観測データとシミュレーション結果、密接に関連する研究成果や、今後の展開について情報共有した。極地研スパコンで動いているシミュレーションであり、今後の宙空分野の最先端研究には必須だと思われるが、今年度から共同利用のユーザーが急増している。			
報告者(担当者)		片岡龍峰(田中 高史)			
所 内	氏名	所属		備考	
	片岡龍峰	宙空圏研究グループ			
	松村充	地圏研究グループ			
	山岸久雄	宙空圏研究グループ			
	行松彰	宙空圏研究グループ			
	田中良昌	宙空圏研究グループ			
	佐藤由佳	宙空圏研究グループ			
	西山尚典	宙空圏研究グループ			
	小川泰信	宙空圏研究グループ			
	石田哲郎	宙空圏研究グループ			
	津田卓雄	宙空圏研究グループ			
	平木康隆	宙空圏研究グループ			
	小計	11名			
所	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	Nanan Balan	シェフィールド大学		○	イギリス
	Liu Jing	中国科学院		○	中国
	福田陽子	東大	○		
	中川裕美	茨城大	○		
	岩木美延	九州大学	○		
	藤田茂	気象大学校			
海老原祐輔	京大	100			

	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
外	田中高史	九大			
	平島洋	立教大			
	桜井亨	東海大			
	中山洋平	京大	○		
	斎藤美穂	東工大			
	渡辺正和	九大			
	田光江	情通機構			
	Yao Yao	京大		○	中国
	坂口歌織	情通機構			
小計		16 名			
合計 27 名			大学院生	4 名(内数)	
			外国人	3 名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

		※係記入欄			
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> 談話会・講演会 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。					
集会名	極域・中低緯度領域結合系における宇宙天気研究の展開				
開催日時	2015年3月5-6日	開催場所	福岡市 ホテルザ・ルイガンズ		
概要	福岡市で開催されて国連宇宙天気ワークショップの開催に併せ、汎世界的ネットワーク観測、特に極域・中低緯度領域結合系に関する研究集会を行った。				
報告者 (担当者)	吉川 顕正				
所 内	氏名	所属	備考		
	小計	名			
所	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	西谷望	名大・太陽地球環境研究所			
	深沢圭一郎	京都大・情報基盤センター			
	梅村宜生	名大・太陽地球環境研究所			
	堀智昭	名大・太陽地球環境研究所			
	宗像一起	信州大・理学部			
	湯元清文	九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター			
	阿部修司	九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター			
	魚住禎司	九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター			
	河野英昭	九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター			
	松下拓輝	九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター		○	
	今城峻	九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター		○	
	吉川 顕正	九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター			
Rabiu BABATUNDE	ナイジェリア宇宙科学庁・ナイジェリア			○	

研究集会実施報告書

		※係記入欄		
研究課題名 (集会名)	EISCAT研究集会			
開催日時	平成 27 年 3 月 27 日	開催場所	国立極地研究所	
概要	北極域電磁気圏研究の中心的な役割を担う欧州非干渉散乱(EISCATレーダー)の全国共同利用の推進と、EISCATレーダーを軸とする北極域の超高層大気観測研究の戦略を議論することを目的として、国内研究集会を開催した。まず前半に、2014年度のEISCAT特別実験の実施状況や初期観測結果に関する報告や、2015年度のEISCAT特別実験に関する情報交換・意見交換を行った。後半には、EISCAT_3Dに関する最新の情報交換及び日本のEISCAT_3Dサイエンスプランなどに関する幅広い議論を行った。			
	氏名	所属	職	備考
所内	門倉 昭	宙空圏研究グループ	教授	
	宮岡 宏	宙空圏研究グループ	准教授	
	小川 泰信	宙空圏研究グループ	准教授	
	堤 雅基	宙空圏研究グループ	准教授	
	田中 良昌	宙空圏研究グループ	特任助教	
	西山尚典	宙空圏研究グループ	助教	
	富川喜弘	宙空圏研究グループ	助教	
	小計	7 名		
所外	細川敬祐	電通大	准教授	
	大塚雄一	名大・STE研	講師	
	藤井良一	名大・STE研	教授	
	藤原均	成蹊大学	教授	
	野澤悟徳	名大・STE研	准教授	
	小川忠彦	NICT	研究員	
	鈴木臣	名大・高等研究院	特任助教	
	滝田真太郎	名大・STE研	大学院生	M1
	日比野辰哉	名大・STE研	大学院生	M1
	高橋透	名大・STE研	大学院生	D3
	田口聡	京大	教授	
	津田卓雄	電通大	助教	
	安里早稀	名大・STE研	大学院生	M1
	近藤裕菜	東北大	大学院生	B4
	阿部琢美	宇宙研	准教授	
川原琢也	信州大	准教授		
	小計	16 名		
	合計	23 名		

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
外	Dmitry BAISHEV	ロシア科学アカデミー・ロシア		○	
	Estelle DIRAND	パリ先端技術学校・フランス		○	
	Madhulika GUHATHAKURTA	米国航空宇宙局・米国		○	
	Chau HA DUYEN	ベトナム地球物理学研究所・ベトナム		○	
	Jose Kaname ISHITSUKA	ペルー地球物理学研究所・ペルー		○	
	Nyanasegari BHOO PATHY	マレーシア宇宙科学研究所・マレーシア		○	
	小計	19 名			
	合計	19 名	大学院生	2 名(内数)	
			外国人	7 名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

				※係記入欄
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。				
集会名	南北極域ネットワーク観測によるジオスペース現象の共役性に関する研究集会			
開催日時	2015年3月24日(火) 13:00~18:40	開催場所	4階講義室(C401)	
概要	まず、門倉より研究集会の趣旨説明と、極地研宙空圏研究グループから第Ⅸ期南極観測計画の一般研究観測に申請中の3つの課題の概要と、特にそのうちの1課題「無人システムを利用したオーロラ現象の広域ネットワーク観測」についての詳細についての説明がなされた。続いて、事前に発表を依頼した所外研究者10名より、上記課題の計画の中で狙うべきサイエンスに関連した発表・コメントがなされた。活発な質疑・議論がなされ、上記の観測計画をこれから策定・実施する上で有意義な研究集会であった。			
報告者(担当者)	門倉昭			
所 内	氏名	所属	備考	
	門倉昭	宙空圏研究グループ		
	佐藤夏雄	宙空圏研究グループ		
	佐藤由佳	宙空圏研究グループ		
	片岡龍峰	宙空圏研究グループ		
	山岸久雄	宙空圏研究グループ		
	岡田雅樹	宙空圏研究グループ		
	田中良昌	宙空圏研究グループ		
	行松彰	宙空圏研究グループ		
	西山尚典	宙空圏研究グループ		
	小川泰信	宙空圏研究グループ		
小計		10名		
所 外	氏名	所属	※注	備考
	栗田怜	名大・STE研	大学院生 外国人	
	西谷望	名大・STE研	大学院生 外国人	
	塩川和夫	名大・STE研	大学院生 外国人	
	巻田和男	拓殖大学	大学院生 外国人	
	海老原祐輔	京都大学・生存研	大学院生 外国人	
	能勢正仁	京都大学・理学部	大学院生 外国人	
	尾花由紀	大阪電通大	大学院生 外国人	
北村健太郎	徳山高専	大学院生 外国人		

氏名	所属	※注	備考
尾崎光紀	金沢大	大学院生 外国人	
細川敬祐	電通大	大学院生 外国人	
小計 10 名			
合計 20 名		大学院生	0 名(内数)
		外国人	0 名(内数)

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

研究集会実施報告書

		※係記入欄		
研究課題名 (集会名)	極域電離圏—磁気圏結合研究集会			
開催日時	平成 27 年 3 月 16 日	開催場所	国立極地研究所	
概要	過去 3 年間に開催した同研究集会後に進めてきた観測と理論との共同研究を基盤に、極域電離圏と磁気圏の電磁氣的結合に関するトピックについて、少人数による議論を中心とした研究集会を実施した。今年度は、参加者が現在個別に取り組んでいる電離圏・磁気圏結合に関する研究を紹介、共有し、それらの研究をどのように組み合わせさせた形で発展させていくかについて集中的に議論を行った。			
	氏名	所属	職	備考
所内	小川泰信	国立極地研究所	准教授	
	平木康隆	国立極地研究所	研究員	
	小計	2 名		
所外	細川敬祐	電通大	准教授	
	吉川顕正	九州大学	講師	
	大谷晋一	ジョンズホプキンス大学	研究員	
	小計	3 名		
	合計	5 名		

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

		※係記入欄			
<input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。					
集会名	第四紀の南極域における気候・環境変動史				
開催日時	2015年3月23日(月)~24日(火)	開催場所	国立極地研究所		
概要	ドームふじアイスコアの研究成果報告を中心に、第四紀の南極域における気候・環境変動史の研究進捗の現状について、相互に報告し議論をおこなった。特に、論文執筆直前の状況にある各課題について、それぞれ30-40分の時間を割いて報告し、論文執筆の充実に直結するように心がけた集会とした。				
報告者(担当者)	藤田秀二(本山 秀明)				
所 内	氏名	所属	備考		
	東久美子	国立極地研究所			
	川村賢二	国立極地研究所			
	藤田秀二	国立極地研究所			
	本山秀明	国立極地研究所			
	小計	4 名			
所 外	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	植村立	琉球大学			
	飯塚芳徳	北大低温研			
	亀田貴雄	北見工業大学			
	大野浩	北見工業大学			
	高橋和也	理化学研究所			
	望月優子	理化学研究所			
	鈴木香寿恵	統計数理研究所			
	堀内一穂	弘前大学			
	関宰	北大低温研			
小計	9 名				
合計	13	名	大学院生	0 名(内数)	
			外国人	0 名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

		※係記入欄			
<input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> その他					
いずれかを■にしてください。					
集会名	北極における過去の気候・環境変動				
開催日時	平成27年3月25～26日	開催場所	国立極地研究所		
概要	海底コア及びアイスコアを用いた両極の気候・環境変動に関する最新の研究成果の発表が行われた。新第三紀後期の環境復元から過去数百年の高時間分解能環境復元まで、様々な時間スケールを扱った研究発表があった。別の地点で採取した海底コアとアイスコアで共通の環境変動シグナルが見られることや、分析手法の共通点などもあり、活発な議論が行われた。				
報告者 (担当者)	東久美子(北海道大学・関宰担当)				
所 内	氏名	所属	備考		
	東久美子	気水圏研究グループ			
	藤田秀二	気水圏研究グループ			
	川村賢二	気水圏研究グループ			
	菅沼悠介	地圏研究グループ			
	奥野淳一	地圏研究グループ			
	永塚尚子	北極観測センター			
	野木義史	地圏研究グループ			
	櫻井俊光	気水圏研究グループ			
	吉田崇博	地圏研究グループ	○		
小計	9名				
所 外	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	関宰	北海道大学			
	山本正伸	北海道大学			
	入野智久	北海道大学			
	大藪幾美	北海道大学	○		
	對馬あかね	北海道大学	○		
	鈴木健太	北海道大学	○		
	Yu-Hyeon Park	なし		○	
	小野寺丈尚太郎	JAMSTEC			
須藤斎	名古屋大学				

氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
藤田耕二	名古屋大学			
納多哲史	京都大学			
小計	11名			
合計	20名	大学院生	4名(内数)	
		外国人	1名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

				※係記入欄	
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。					
集会名	大気・雪氷間の物質循環と極域への物質輸送に関する研究集会				
開催日時	平成26年10月29, 30日	開催場所	国立極地研究所 セミナー室		
概要	極域における、大気・雪氷・海水間の物質循環に関する知見、情報を交換することを目的に、参加者が行っている野外観測、数値解析、室内素過程実験、リモートセンシングの結果について議論した。				
報告者 (担当者)	的場澄人				
所 内	氏名	所属	備考		
	東久美子	国立極地研究所			
	本山秀明	国立極地研究所			
	藤田秀二	国立極地研究所			
	櫻井俊光	国立極地研究所			
	永塚尚子	国立極地研究所			
小計		5 名			
所 外	氏名	所属	※注	備考	
	原圭一郎	福岡大学			
	栗田直幸	名古屋大学			
	藤田耕史	名古屋大学			
	野呂和嗣	大阪府立大学	大学院生		
	藪下彰啓	九州大学			
	奥村将徳	京都大学	大学院生		
	小林史尚	金沢大学			
	野村大樹	北大低温研			
	鈴木香寿恵	統数研			
的場澄人	北大低温研				
小計		10 名			
合計		15 名	大学院生	2 名(内数)	
			外国人	名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。
 ○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)
 ○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。
 ○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

平成 26 年度 国立極地研究所 研究集会報告書

研究課題名： 寒冷地における降雪・雪結晶の研究・教育の今後の展望

開催日： 平成 26 年 7 月 16 日

開催場所： 国立極地研究所 3 階 C301 室

出席者： (別紙)「参加者一覧」のとおり

開催の目的：

南極のような低温域での降雪機構を考えるうえで、また低温域での雪結晶の成長機構を考えるうえで、南極での観測や研究の対象・方法の検討を行う。さまざまな専門分野から独自の研究成果の報告を行い、その解釈を検討することを目的としている。また、このような研究成果を教育にどのように活かしていくかや、極地の雪の展示・実演方法などの検討も行う。

経過：

下記のプログラムで開催した。学会などよりも時間を取った話題提供を各自行い、参加メンバーで、今後面白そうな研究や、教育面へどの様に活かしていくかを探った。

● 2014/7/16(水) 14:00 開始 21:00 終了 3F C301 室

「雲粒子顕微鏡の開発」

小林 拓 (山梨大)

「極地における氷晶核計測：現状と今後の可能性」

當房 豊 (極地研)

「質量・形状・落下速度の測定による降雪粒子の落下特性および密度について」

本吉弘岐 (防災科学技術研究所)

「USB 顕微鏡を用いた雪結晶の連続観測」

小西啓之 (大阪教育大)

「SPICE サイト：陸別における降雪量観測」

平沢尚彦 (極地研)

「熱帯の圏界面付近の過飽和」(仮題)

林 政彦 (福岡大)

「圧力センサーを用いた風向風速計 (その 2)」

島田 亙 (富山大)

「総合討議」

極域の降雪・雪結晶の研究の方向性と、教育への応用について

成 果：

北極・南極といった極域では、中緯度域に比べて降雪量が非常に少ない。この微量な降雪量をどのように観測すればよいか、またそれらの雪結晶をどのように観察すればよいか、さらにこれらの結晶が放射収支にどのような影響を与えるかは、極域における水収支・放射収支・熱収支などと密接に関係しており、重要な研究テーマである。

今回の研究集会では、極地などの寒冷地における氷晶核の計測方法、雲粒子の観察方法、雪結晶の落下速度解析による降雪結晶種類の分別方法や、国際標準手法での降雪降水量測定法と在来の降雪強度計との比較から、圏界面付近で観測された過飽和や風向風速の新たな測定法など、幅広いテーマについて話題提供があった。

これらの報告に基づいて、極域における降雪や雪結晶の重要性が再認識されると共に、研究の方向性が議論された。また、今後の研究・教育にどう活かしていくかについても議論され、今後とも継続して研究・議論していくことが確認された。

(別紙)

参加者一覧

□研究プロジェクト □一般共同研究 ■研究集会		課題番号	26 集 14	
研究課題名	寒冷地における降雪・雪結晶の研究・教育の今後の展望			
氏名	所属	職	備考	
所内	平沢尚彦	気水圏研究グループ	助教	
	當房 豊	気水圏研究グループ	特任助教	
小計	2 名			
所外	島田 亙	富山大学大学院理工学研究部(理)	准教授	代表者
	小西啓之	大阪教育大学	教授	
	高橋忠司	川口短期大学	教授	
	林 政彦	福岡大学	教授	
	本吉弘岐	防災科学技術研究所	主任研究員	
	和田 誠	国立極地研究所	名誉教授	
	小林 拓	山梨大学大学院医学工学総合研	准教授	
小計	7 名			
合計	9 名			

※研究プロジェクト・一般共同研究・研究集会、いずれかを■にしてください。

※外国人研究者の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

※大学院生も含めてください。その場合、「職」の欄に「大学院生」と記入してください。

※行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

		※係記入欄			
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> 談話会・講演会 <input type="checkbox"/> その他					
いずれかを■にしてください。					
集会名	無人航空機の活用による極地観測の展開				
開催日時	2014/11/19 13:00～17:00	開催場所	3階セミナー室(C301)		
概要	無人航空機の極域での観測、センサスなどに関する可能性を検討するため、日本南極地域観測隊、情報研究通信機構等で行ってきたUAVに関する先端的な成果、および、観測の可能性、南極における無人機観測に関する国際的な規制の動きなどについて、7件の発表、総合討論により検討した。				
報告者 (担当者)	平沢尚彦(林 政彦)				
所 内	氏名	所属	備考		
	伊村智	生物圏			
	橋田元	気水圏			
	平沢尚彦	気水圏			
	山内恭	気水圏			
	石沢賢二	極地工学			
	猪上淳	気水圏			
	樋口和生	南極観測センター			
	當房豊	気水圏			
	小計	8 名			
所 外	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	三浦龍	情報通信研究機構			
	白石浩一	福岡大学理学部			
	林政彦	福岡大学理学部			
	船木實	元極地研			
	三浦 裕亮	東京大学理学系研究科			
	小原徳昭	ロボティスタ			
	角谷守	X-tream Japan			
	古賀聖治	産業技術総合研究所			
小計	8 名				
合計	16	名	大学院生	0 名(内数)	
			外国人	0 名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

				※係記入欄	
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 <p style="text-align: right;">いずれかを■にしてください。</p>					
集会名	南極大気エアロゾル研究会				
開催日時	2014年7月28-29日		開催場所	極地研	
概要	<p>研究会初日には、JARE54のエアロゾル越冬観測、JARE55夏時期に行ったエアロゾル観測に参加した各担当者により観測の状況報告や今後の改善点・解析方針についての紹介がなされた。現在、越冬観測中(JARE55)の観測作業状況・改善点などの報告も行われた。さらに、JARE56の夏・越冬期に実施予定の観測計画に関し、今後の予定の確認と議論も行なった。また、これまでに進められた解析・分析結果の紹介・討論も行われ、各観測データ間の比較も行うことができた。研究会2日目は、初日に引き続き、Ⅷ期後半のエアロゾル観測計画、これまでに進められた解析・分析結果の紹介・討論を行った。さらにⅨ期の観測計画に向けた話題提供がなされ、今後の観測計画の方針の確認・調整を行った。午後は、“無人航空機の活用による極地観測の展開”研究小集会との合同セッションとして、無人機を使用したエアロゾル観測に関する計画・観測報告などについて討論を行った。</p>				
報告者(担当者)	原圭一郎(塩原匡貴)				
所 内	氏名	所属		備考	
	山内 恭	気水圏			
	塩原匡貴	気水圏			
	平沢尚彦	気水圏			
	松下隼士	観測隊			
	富川喜弘	宙空			
	石崎教夫	南極観測センター			
	當房 豊	気水圏			
	勝田 豊	南極観測センター			
	小計	8名			
所	氏名	所属		※注	備考
	原圭一郎	福岡大		大学院生 外国人	
	宮川真友	奈良女子大		大学院生 外国人	
	藤本梨沙	奈良女子大		大学院生 外国人	(学部生)
	大洞行星	東京学芸大		大学院生 外国人	
	東野伸一郎	九州大		大学院生 外国人	
	堀雅裕	JAXA/EORC		大学院生 外国人	

	氏名	所属	※注	備考
外	谷川朋範	JAXA/EORC	大学院生 外国人	
	武田真憲	東北大院	大学院生 外国人	
	早川由紀子	関西学院大	大学院生 外国人	
	田中典章	山梨大	大学院生 外国人	
	古賀聖治	産総研	大学院生 外国人	
	小林史尚	金沢大	大学院生 外国人	
	木名瀬健	茨城大	大学院生 外国人	
	竹中規訓	大阪府大	大学院生 外国人	
	小塩哲朗	名古屋市科学館	大学院生 外国人	
	山田恭平	東北大院	大学院生 外国人	
	矢吹正教	京都大・生存研	大学院生 外国人	
	小林 拓	山梨大	大学院生 外国人	
	三輪美代子	岐阜大	大学院生 外国人	
	福田正人	気象庁	大学院生 外国人	
	林 政彦	福岡大	大学院生 外国人	
	松本 潔	山梨大	大学院生 外国人	
	押木徳明	気象庁	大学院生 外国人	
柑谷大佑	東京理科大	大学院生 外国人	(学部生)	
	小計	24 名		
	合計	32 名	大学院生・学部生	8 名(内数)
			外国人	名(内数)

- ※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。
- 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)
 - 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。
 - 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

		※係記入欄			
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> 談話会・講演会 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。					
集会名	南極海海洋循環と南極氷床変動に関する研究の展開				
開催日時	2014年7月23日	開催場所	国立極地研究所 2F大会議室		
概要	昨年度開催した研究集会「南極海海洋循環を軸とした研究の新展開」をより発展させ、南極氷床と南極海海洋循環に焦点を絞り、過去から現在に至る南極氷床変動と南極海海洋循環に関する、様々な分野の最新の観測やシミュレーション、および研究観測の提案等を総括的に議論し、「南極氷床」と「南大洋」をキーワードとした融合研究を推進する事を目的として本研究集会を開催した。				
報告者 (担当者)	野木 義史				
所 内	氏名	所属	備考		
	土井浩一郎	地圏研究グループ			
	青山 雄一	地圏研究グループ			
	菅沼 悠介	地圏研究グループ			
	橋田 元	気水圏研究グループ			
	川村賢二	気水圏研究グループ			
	田村 岳史	気水圏研究グループ			
	野木 義史 他	地圏研究グループ			
	小計	16 名			
所 外	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	Francisco J. Jimenez-Espejo	JAMSTEC		○	
	Ralf Greve	北大低温研		○	
	大島慶一郎	北大低温研			
	青木 茂	北大低温研			
	栗原 晴子	琉球大			
	茂木 正人	東京海洋大			
	阿部彩子	東大大気海洋研			
	池原 実	高知大コアセンター			
関 幸 他	北大低温研				
小計	28 名				
合計	44	名	大学院生	3 名(内数)	
			外国人	2 名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

			※係記入欄	
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。				
集会名	極域における氷床ダイナミクスと氷河地震の活動度・発生過程に関する研究集会			
開催日時	2015/2/6	開催場所	国立極地研究所 5F会議室(C501)	
概要	近年グリーンランド氷床、特に縁辺部での流出に伴う振動現象(氷河地震, Glacial Earthquake)が顕著に観測されている。これらグリーンランドや南極氷床縁辺部で発生する氷河地震の活動度の統計学的に解析や、波形データより地震発生メカニズムが少しずつ明らかにされてきた。既存のグローバル観測網(FDSN)と国際共同研究による臨時観測(GLISN)を合わせた解析により、地球温暖化による氷床後退と氷河地震発生の関連性について検討した。また、氷河地震の正確な震源決定と震源メカニズムを推定し、氷床内の発生位置並びに地震断層のパラメータの推定を試みてきた。また海洋潮汐と発生様式について詳細な報告があった。本集会では、これら氷河地震に関する最新の成果について、学際的な観点からの情報交換を行い、今後の研究指針を議論した。			
報告者(担当者)	金尾 政紀(坪井 誠司)			
所 内	氏名	所属	備考	
	金尾政紀	地圏研究グループ		
	松村 充	地圏研究グループ		
	渋谷和雄	地圏研究グループ		
	小計	3名		
所	氏名	所属	※注	備考
	坪井誠司	JAMSTEC	大学院生 外国人	
	豊国源知	東北大学	大学院生 外国人	
	東野陽子	JAMSTEC	大学院生 外国人	
	姫野哲人	成蹊大学	大学院生 外国人	
	伊藤武男	名古屋大学	大学院生 外国人	
	村山貴彦	日本気象協会	大学院生 外国人	
	石瀬素子	東京大学地震研究所	大学院生 外国人	

	氏名	所属	※注	備考
外	竹内由香里	森林総合研究所	大学院生 外国人	
	柿並義宏	高知工科大学	大学院生 外国人	
	大塚康範	東邦マーカンタイル株式会社	大学院生 外国人	
	岩間 巖	東邦マーカンタイル株式会社	大学院生 外国人	
	神沼克伊	元国立極地研究所	大学院生 外国人	
	小計	12 名		
合計 15 名			大学院生	名(内数)
			外国人	名(内数)

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

				※係記入欄		
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。						
集会名	インフラサウンド計測に基づく極域の大気-海洋-固体圏相互作用に関する研究集会					
開催日時	2015年3月26日～27日		開催場所	国立極地研究所 5F会議室(C501)		
概要	インフラサウンド(可聴下音波)は、大気重力波と可聴音波の中間帯域の微気圧変動であり、大気中を長距離伝搬可能な特性を持つ。これまでに昭和基地でのインフラサウンド計測による初期結果、並びに国内のCTBT観測点や内之浦宇宙空間観測所、さらには2008年岩手・宮城内陸地震や小型探査機「はやぶさ」帰還時の励起現象についての研究がおこなわれてきた。本集会では、南極での現地観測の速報(56次夏隊)、及び国内とのデータ比較をはじめ、第9期計画でのモニタリング観測への進展について議論した。波動の励起源となる遠地地震・火山爆発・大氷震・オーロラ関連現象など、極地に特徴的な波動を捉え大気伝播特性研究の現況について情報交換を行った。同帯域の長距離伝搬特性から、雑音源の少ない南極での観測はグローバル網の一つとして重要であるが、また南大洋の波浪起源による微気圧振動の周波数特性について詳しく議論した。波動伝搬による大気-海洋-雪氷-固体地球のカップリング研究、さらに、韓国極地研究所の参加者により、西南極Jang Bogo基地での観測研究の紹介と、将来の国際共同研究についても意見交換を行った。					
報告者(担当者)	金尾 政紀(山本 真行)					
所 内	氏名	所属		備考		
	金尾政紀	地圏研究グループ				
	松村 充	地圏研究グループ				
	藤原康徳	総研大		大学院生		
	小計		3名			
	所	氏名	所属		※注	備考
山本真行		高知工科大学		大学院生 外国人		
豊国源知		東北大学		大学院生 外国人		
松島 健		九州大学		大学院生 外国人		
中元真美		九州大学		大学院生 外国人		
戸田 茂		愛知教育大学		大学院生 外国人		
村山貴彦		日本気象協会		大学院生 外国人		
石原吉明		JAXA		大学院生 外国人		
竹内由香里	森林総合研究所		大学院生 外国人			

	氏名	所属	※注	備考
外	柿並義宏	高知工科大学	大学院生 外国人	
	池原光介	高知工科大学	大学院生 外国人	
	福井海世	環境防災総合政策研究機構	大学院生 外国人	
	渡辺康二	シモレックス株式会社	大学院生 外国人	
	Yongcheol Park	韓国極地研究所 (KOPRI)	大学院生 外国人	大韓民国
	Hyun-jae Yoo	韓国極地研究所 (KOPRI)	大学院生 外国人	大韓民国
	Jinseok Kim	韓国極地研究所 (KOPRI)	大学院生 外国人	大韓民国
			大学院生 外国人	
	小計	15 名		
	合計	18 名	大学院生	2 名 (内数)
			外国人	3 名 (内数)

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例: 北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集会等実施報告書

※係記入欄

<input type="checkbox"/> シンポジウム <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> 談話会・講演会 <input type="checkbox"/> その他 <p style="text-align: right;">いずれかを■にしてください。</p>					
集会名	南極医学医療ワークショップ2014				
開催日時	2014年7月19日		開催場所	国立極地研究所大会議室	
概要	<p>本ワークショップは、南極観測隊での医学研究の成果や今後の研究、医療の方向に関する知見・意見を集約するとともに、当年出発する観測隊での医学研究の実施計画策定にも資することを旨として毎年この時期に開催している。別添のプログラムにある内容が発表され、昼食時、ワークショップ後の懇親会等を通して様々な質疑応答、情報交換が行われた。インド、韓国の医師からはマイトリ、バラティ基地における医療設備の紹介、韓国世宗基地での医療処置事例や設備の紹介、さらに越冬生活をいかにストレスを少なく過ごすための提案等があった。昭和基地からは遠隔医療相談や医学研究の実施状況、および観測隊医師の一人体制の課題と二人体制へ復帰すべきとする提案等TV会議システムを通して報告があった。また、新たに動揺病、排尿機能などこれまでになかった研究分野での解析状況が報告され、南極で医師の対応頻度の高い歯科衛生に関しては、昨年出発した第55次隊から改善計画が取り組まれその現状と成果が報告された。参加者総数は31名で、海外からはインド1名、韓国3名であった。</p>				
報告者 (担当者)	渡邊研太郎				
所 内	氏名	所属		備考	
	別添資料参照				
	小計	3名			
所 外	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	別添資料参照				
	小計	28名			
合計	31	名	大学院生	1名(内数)	
			外国人	4名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

2014 年南極医学医療ワークショップ プログラム

日時： 2014 年 7 月 19 日(土) 10 時～17 時

場所： 国立極地研究所 大会議室 (東京)

<http://www.nipr.ac.jp/index.html>

開会 挨拶 第 39 次隊医師／国立極地研究所 大野義一郎

01) 日本の南極観測 (JARE) 計画：医学研究の観点から

国立極地研究所 渡邊研太郎

02) 54 次医療部門の越冬報告

第 54 次隊医師 大江洋文

03) Analysis of demand for medical care in Antarctica based on 25 year medical record in King

Sejong Station

Korea Polar Research Institute Jooseob Lee

04) 動揺病への感受性と EtCO₂no 関係

第 54 次隊医師 長谷川達央

05) ドームふじ基地におけるペプチドホルモンの変化

第 46 次隊医師 越智勝治

06) The Indian Stations at Antarctic: A Status Report of the Facilities, Medical Problems and

Biomedical Research

All India Institute of Medical Sciences Nikhil Tandon

07) Congratulation Message from KAMP (The Korean Society of Antarctic Medical

Practitioners)

KAMP Chairman Seo Chang Sik

08) 南極越冬隊 (第 45 次～第 54 次) における心理状態の時期変化

大阪府立大学 川部哲也

09) Happy Wintering Design in Antarctica

Graduate School of Seoul National University Ahn Na

10) 越冬期間中に描かれたバウムテスト表現に関する心理学的研究

京都光華女子大学 鳴岩伸生

11) 越冬医師の横顔 ～南極観測隊の医療隊員の分析と動向～

第 40 次隊医師 大谷眞二

12) 模擬火星居住実験における医学医療

第 50 次越冬隊員 村上祐資

13) 昭和基からの報告 (TV 会議システムによる中継)

第 55 次隊医師 町田浩道

14) 南極観測隊員への口腔健康管理の重要性

東京医科歯科大学/ JAXA 財津崇

15) 日本南極観測隊でのレジオネラ調査の経過

第 43 次隊医師 下枝宣史

16) The study of environmental factors on lower urinary tract symptoms

日立総合病院泌尿器科 池田篤史

17) 極地環境への適応 ～心拍変動 (HRV) を用いた自律神経系の評価～

第 56 次隊医師 及川 欧

閉会

2014年 南極医学医療ワークショップ 2014.7.19

		姓 名	所属
1	あ行	青山 貴子	52次医療
2		池田 篤史	日立総合病院、筑波大学
3		上山 和恵	JAXA
4		大江 洋文	JARE54
5		大谷 眞二	JARE40
6		大野 義一郎	JARE39/ 国立極地研究所
7		緒方 克彦	JAXA
8		奥田 雅己	株式会社EBP 政策基礎研究所
9		越智 勝治	JARE46
10	か行	加藤 奈奈子	京都文教大学臨床心理学部
11		金尾 政紀	国立極地研究所
12		川部 哲也	大阪府立大学人間社会学部
13		菊地 知子	J A X A
14		桑原 知子	京都大学大学院教育学研究科
15	さ行	財津 崇	東京医科歯科大学大学院
16		佐々木 麻子	立命館大学学生サポートルーム
17		静間 夕香	東京医科歯科大学大学院
18		下枝 宜史	JARE43
19	な行	仲佐 昭彦	株式会社塚田メディカル・リサーチ
20		鳴岩 伸生	京都光華女子大学人間科学部
21	は行	長谷川 達央	JARE54
22		樋口 和生	国立極地研究所
23		藤本 有佳	富士通株式会社
24	ま行	前多 瑞希	花王株式会社
25		村井 正	JAXA
26	や行	山村 侑平	有人宇宙システム (JAMSS)
27	わ行	渡邊 研太郎	国立極地研究所
28		Tandon Nikhil	All India Institute of Medical Sciences
29		Lee Jooseob	Korea Polar Research Institute
30		Seo Chang Sik	KAMP
31		Ahn Na	Seoul National University

集 会 等 実 施 報 告 書

				※係記入欄	
<input checked="" type="checkbox"/> 研究集会・ワークショップ <input type="checkbox"/> 打合せ・会合 <input type="checkbox"/> その他 <p style="text-align: right;">いずれかを■にしてください。</p>					
集会名	スバル氷河後退域の物質循環に関する研究集会				
開催日時	2015年2月19-20日	開催場所	国立極地研究所		
概要	1994年以降プロジェクト研究として本格化したニーオルスンでの陸上生態系研究について、プロジェクト研究立ち上げの経緯やその後の発展を知ること、また今後のニーオルスンにおける研究の方向性について、国際的な共同研究も含め議論することを目的に開催した。				
報告者 (担当者)	内田雅己				
所 内	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	内田雅己	極地研			
	神田啓史	極地研			
	田邊優貴子	極地研			
	寺嶋香織	極地研			
	増本翔太	極地研			
	渡邊研太郎	極地研			
	植竹淳	極地研			
	井上武史	極地研			
	伊村智	極地研			
	榎本浩之	極地研			
	山内恭	極地研			
丸尾文乃	総研大		○		
小計		12名			
所	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	関川清広	玉川大			
	南佳典	玉川大			
	近藤美由紀	環境研			
	吉竹晋平	岐阜大			
	中坪孝之	広大			
	小島覚				
	増沢武弘	静大			
東條元昭	大阪府大				

外	氏名	所属	大学院生 ※	外国人 ※	備考
	廣田充	筑波大			
	安立美奈子	東大			
	林健太郎	農環研			
	米村正一郎	農環研			
	永井信	JAMSTEC			
	Gry-Irene Skorstad	駐日ノルウェー大使館		○	一等書記官
	Bjarte Håvik	SIU		○	ノルウェー
	Yoshie Kasajima	NPI		○	ノルウェー
	Elisabeth Cooper	トロムソ大学		○	ノルウェー
	Helen Anderson	トロムソ大学		○	ノルウェー
	Lennart Nilsen	トロムソ大学		○	ノルウェー
	Yoo Kyung Lee	KOPRI		○	韓国
	Anne Vik	トロムソ大学	○	○	
	Nanna Baggesen	トロムソ大学	○	○	
	山口貴大	大阪府大			
	木田森丸	神戸大	○		
	辻本翔平	富山大	○		
	初見紗織	富山大			
	鈴木真由子	早大	○		
宮嶋恵理花	早大	○			
山田靖子	早大				
山田里香	早大				
小計	30 名				
合計	42	名	大学院生	7 名(内数)	
			外国人	9 名(内数)	

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、○を記入してください。それ以外は記入不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

		※係記入欄		
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。				
集会名	極限環境における微小生態系の総合的研究			
開催日時	2014年12月26日	開催場所	国立極地研究所 5階会議室	
概要	* 藻類集合体(南極スカーレン大池、北海道阿寒湖)に関する研究報告および議論 * 極限環境生物活性の評価法の検討について、これまでの研究報告および議論			
報告者 (担当者)	小川麻里(担当教官:伊村智)			
所 内	氏名	所属	備考	
	伊村智	極地研生物		
	小計	1 名		
所 外	氏名	所属	※注	備考
	井上源喜	大妻女子大学	大学院生 外国人	
	遠藤慎一		大学院生 外国人	
	小川麻里	安田女子大学	大学院生 外国人	
	小川麻貴	広島大学大学院	大学院生 外国人	
	小林憲正	横浜国立大学	大学院生 外国人	
	斉藤威	(株)IAS総合研究所	大学院生 外国人	
	鈴木祥弘	神奈川大学	大学院生 外国人	
	高橋淳一	大阪大学	大学院生 外国人	
	三田肇	福岡工業大学	大学院生 外国人	
	吉村義隆	玉川大学	大学院生 外国人	
小計	10 名			
合計		11 名	大学院生	1 名(内数)
			外国人	名(内数)

※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です。

○ 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)

○ 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。

○ 行が不足する場合、適宜追加してください。

集 会 等 実 施 報 告 書

				※係記入欄	
<input type="checkbox"/> シンポジウム <input type="checkbox"/> ワークショップ <input checked="" type="checkbox"/> 研究集会 <input type="checkbox"/> 会合 <input type="checkbox"/> その他 いずれかを■にしてください。					
集会名	永久凍土のモニタリングと変動に関する研究集会				
開催日時	平成27年3月23日－24日		開催場所	三重大学	
概要	表記研究集会を2日間に亘って三重大学を会場として開催した。初日の23日は午後より3件の研究発表を行った。翌24日は午前中に3件、午後に4件の研究発表を行い、発表件数は合計10件となった。発表内容は、野外観測結果やそれに基づくモデル計算、室内実験や凍結工法の解説、関連国際シンポジウム報告など、多岐に及んでいる。午後には、三重大学の土壌関連の実験施設の見学会を同大学渡辺氏の案内で実施し、活発な質疑応答が行われた。土壌の物理化学は永久凍土研究において重要な技術・基礎情報であり、三重大学の設備は全国でもトップクラスである。関連する最新の研究動向、今後の方向性についても情報交換と議論を行った。研究発表に加えて施設見学、多くの情報交換を行うことができ、大変有意義な集会となった。				
報告者 (担当者)	原田 鉦一郎				
所 内	氏名	所属		備考	
	金 高義	極地工学			
	末吉哲雄	研究戦略企画室			
	森 淳子	北極観測センター			
	小計	3名			
所	氏名	所属	※注	備考	
	渡辺晋生	三重大学	大学院生 外国人		
	立花義裕	三重大学	大学院生 外国人		
	松尾奈緒子	三重大学	大学院生 外国人		
	小 椋 浩	(株)精研	大学院生 外国人		
	大石雅人	(株)精研	大学院生 外国人		
	斉藤和之	海洋研究開発機構	大学院生 外国人		
	飯島慈裕	海洋研究開発機構	大学院生 外国人		
	池田 敦	筑波大学	大学院生 外国人		
	原田鉦一郎	宮城大学	大学院生 外国人		
石川 守	北海道大学	大学院生 外国人			

	氏名	所属	※注	備考
外	猿谷友孝	東京大学	大学院生 外国人	
	小山里奈	京都大学	大学院生 外国人	
	釘崎佑樹	三重大学	大学院生 外国人	
	長田友里恵	三重大学	大学院生 外国人	
	竹内萌実	三重大学	大学院生 外国人	
	伴俊和	三重大学	大学院生 外国人	学部生(新M1)
	八谷知美	三重大学	大学院生 外国人	学部生(新4年)
	松岡健介	三重大学	大学院生 外国人	学部生(新4年)
	奥村茉莉香	三重大学	大学院生 外国人	学部生(新4年)
			大学院生 外国人	
			大学院生 外国人	
			大学院生 外国人	
			大学院生 外国人	
			大学院生 外国人	
小計		19 名		
合計			大学院生	3 名(内数)
			外国人	名(内数)

- ※注 「大学院生」もしくは「外国人」に該当する場合のみ、どちらかを選んでください。それ以外は選択不要です
- 所属は略称でも可です。(例:北海道大学低温科学研究所 → 北大低温研)
 - 外国人の場合、備考欄に所属先の国名を記入してください。
 - 行が不足する場合、適宜追加してください。

Ⅲ. 平成 26 年度共同研究課題一覧

1. 平成26年度共同研究実施件数

区分	研究分野	平成26年度実施件数			平成26年度 終了件数	平成26年度 継続件数
		継続	新規	計		
		件数	件数	件数		
一般共同研究	宙空圏	16	18	34	14	20
	気水圏	11	10	21	8	13
	地圏	10	9	19	3	16
	生物圏	14	6	20	8	12
	極地工学	9	2	11	5	6
	計	60	45	105	38	67
研究集会		23			23	0

2. 一般共同研究

分野	No.	研究課題名	研究代表者	所属・職	研究期間
宙空圏	24-2	地上磁場データを用いた放射線帯粒子変動の研究	北村 健太郎	徳山工業高等専門学校・准教授	H24-H26 3年
	24-3	衛星及び地上多点観測を用いた極域Pc3-4地磁気脈動の研究	寺本 万里子	宇宙航空開発機構 宇宙科学研究所・宇宙航空プロジェクト研究員	H24-H26 3年
	24-5	光学・レーダー・地磁気・GPS-TECデータを用いたオーロラ帯電離圏の研究	細川 敬祐	電気通信大学情報理工学部・准教授	H24-H26 3年
	24-7	大気圏と電離圏/磁気圏との電磁結合に関する研究	早川 正士	電気通信大学・名誉教授	H24-H26 3年
	24-8	衛星観測ならびに地上観測に基づく内部磁気圏プラズマダイナミクス及び電離圏-磁気圏結合の研究	熊本 篤志	東北大学大学院理学研究科・准教授	H24-H26 3年
	24-9	北極域対流圏・成層圏から超高層大気への大気重力波伝搬の観測	鈴木 臣	名古屋大学太陽地球環境研究所・特任助教	H24-H26 3年
	24-10	北欧におけるレーダーおよび光学観測機器を用いた下部熱圏・中間圏大気ダイナミクスの解明	野澤 悟徳	名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授	H24-H26 3年
	24-12	グローバル磁力計・オーロラTV観測によるPi2電流系の研究	菊池 崇	名古屋大学太陽地球環境研究所・名誉教授	H24-H26 3年
	25-1	超並列・磁気圏-電離圏結合シミュレーションの開発	田中 高史	九州大学・名誉教授	H25-H26 2年
	25-2	太陽活動変化に対する極域電離圏・熱圏変動の研究	藤原 均	成蹊大学理工学部・教授	H25-H27 3年
	25-3	光学およびECCオゾンゾンデを用いたオゾンおよび大気重力波の研究	村田 功	東北大学大学院環境科学研究科・准教授	H25-H27 3年
	25-4	地磁気絶対観測の自動化に関する研究	源 泰拓	気象庁地磁気観測所・主任研究官	H25-H26 2年
	25-5	多波長共鳴散乱ライダーにおけるレーザ波長モニター・制御手法の確立	川原 琢也	信州大学工学部・准教授	H25-H27 3年
	25-6	アイスランドにおける宇宙線生成核種強度の時間変動と太陽活動の関係についての研究	櫻井 敬久	山形大学企画部・教授	H25-H27 3年
	25-8	サブストーム時に昼夜で発達する領域2型沿磁力線電流と過遮蔽電場分布の研究	橋本 久美子	吉備国際大学地域創成農学部・教授	H25-H26 2年
	26-1	成層圏突然昇温による南極での中間圏・熱圏・電離圏変動	Huixin Liu	九州大学大学院理学研究院・准教授	H26-H28 3年
	26-2	大型レーダー流星ヘッドエコーによる太陽系ダストの観測	阿部 新助	日本大学理工学部・准教授	H26-H28 3年
	26-3	国際宇宙ステーションからの大気光・オーロラの可視・近赤外観測	坂野 井健	東北大学大学院理学研究科・准教授	H26-H28 3年
	26-4	パルサータイミングオーロラに伴うVLF, 降下電子特性に関する研究	田所 裕康	東京工科大学コンピュータサイエンス学部・助教	H26-H28 3年

一般共同研究

分野	No.	研究課題名	研究代表者	所属・職	研究期間
宙空圏	26-5	磁気圏擾乱に伴う磁気異常帯の超高層大気現象に関する研究	池田 慎	武蔵大学 教授	H26-H27 2年
	26-6	SuperDARNによる極域・中緯度電離圏熱圏ダイナミクスの比較研究	西谷 望	名古屋大学 太陽地球環境研究所・准教授	H26-H28 3年
	26-7	数値シミュレーションによる磁気圏ダイナモ機構の解明とSuperDARNによる観測的実証	渡辺 正和	九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター・准教授	H26-H28 3年
	26-8	SuperDARNで観測される地磁気脈動からの地磁気領域推定に向けて	河野 英昭	九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター・准教授	H26 1年
	26-9	極域3次元電離圏結合系の再定式化	吉川 顕正	九州大学国際宇宙天気科学・教育センター・講師	H26-H28 3年
	26-10	脈動オーロラの準周期性と電子降下過程の研究	藤井 良一	名古屋大学・理事・副総長 太陽地球環境研究所・教授	H26-H28 3年
	26-11	降下粒子によるオーロラ発光モデルの開発と粒子コードとの連携計算	加藤 雄人	東北大学・准教授	H26-H28 3年
	26-12	全天周オーロラの高空間分解能撮影とドーム映像化の研究	糸屋 覚	日本科学技術振興財団・副主任	H26 1年
	26-13	大気電場観測データを用いたグローバルサーキットの研究	鴨川 仁	東京学芸大学・助教	H26-H28 3年
	26-14	地上多点光学観測による電離圏・熱圏・中間圏ダイナミクスの研究	塩川 和夫	名古屋大学太陽地球環境研究所・教授	H26-H28 3年
	26-15	GNSS受信機及びビーコン受信機を用いた極域電離圏擾乱の研究	大塚 雄一	名古屋大学太陽地球環境研究所・准教授	H26-H28 3年
	26-16	極域-中緯度における地磁気静穏日変化と中性風の長期変動に関する研究	新堀 淳樹	京大大学生存圏研究所・特定研究員	H26-H28 3年
	26-17	Substorm発生時におけるオーロラ・ULF波動現象の究明	櫻井 亨	東海大学・名誉教授	H26-H27 2年
	26-18	ノルウェー・トロンソの光学観測装置を中心とした中間圏大気重力波の研究	大山 伸一郎	名古屋大学太陽地球環境研究所・助教	H26-H27 2年
気水圏	24-13	氷河・氷床の中層掘削技術に関する研究	古崎 睦	旭川工業高等専門学校 教授	H24-H26 3年
	24-14	成層圏における温室効果気体の変動に関する研究	青木 周司	東北大学大学院理学研究科・教授	H24-H26 3年
	24-15	グリーンランドおよび山岳氷河雪氷試料の化学解析による北極域の気候変動に関する研究	的場 澄人	北海道大学低温科学研究所・助教	H24-H26 3年
	24-16	船舶用スカイラジオメータの性能評価	小林 拓	山梨大学大学院医学工学総合研究部・准教授	H24-H26 3年
	24-18	氷床コア同位体連続分析用融解装置の高分解能化	東 信彦	長岡技術科学 大学機械系・教授	H24-H26 3年
	24-30	南極域エアロゾルの季節挙動に関する研究	浅野 比	山口東京理科大学・助教	H24-H26 3年

一般共同研究

分野	No.	研究課題名	研究代表者	所属・職	研究期間
気水圏	25-9	氷の高周波誘電特性の研究	上 條 敏 生	首都大学東京理工学研究科・助教	H25-H27 3年
	25-10	リモートセンシング観測データを用いた極域の雲の動態解析	久 慈 誠	奈良女子大学自然科学系・准教授	H25-H27 3年
	25-11	グローバル雪氷圏変動が日本の気象・気候に及ぼす影響	本 田 明 治	新潟大学自然科学系・准教授	H25-H27 3年
	25-12	南極海インド洋セクターにおける海氷・海洋の係留観測研究	深 町 康	北海道大学低温科学研究所・准教授	H25-H27 3年
	25-13	昭和基地周辺に輸送される大気中黒炭素エアロゾル濃度の季節変動と発生源推定、及び雪中への沈着量の見積もり	北 和 之	茨城大学理学部・教授	H25-H26 2年
	26-19	南極ドームふじ氷床コア底面氷の物理化学解析	大 野 浩	北見工業大学・助教	H26-H27 2年
	26-20	極地雪氷中の金属成分解析によるエアロゾル気候変動の研究	鈴木 利 孝	山形大学理学部・教授	H26-H28 3年
	26-21	極域における雲と大気の大気放射に対する寄与に関する研究	早 坂 忠 裕	東北大学大学院理学研究科・教授	H26 1年
	26-22	地中レーダー(GPR)の南極氷床、山岳氷河、多年性雪溪への適用に関する研究	福井 幸太郎	立山カルデラ砂防博物館・主任学芸員	H26-H28 3年
	26-23	雪氷コアを用いたアジアダスト輸送の季節性と沈積フラックスの解明	長 島 佳 菜	独立行政法人海洋研究開発機構・研究員	H26-H28 3年
	26-24	氷中の化学成分の詳細解析と氷結晶組織に関する研究	高 田 守 昌	長岡技術科学大学・助教	H26-H28 3年
	26-25	氷衛星の流動や地球氷河・氷床のレオロジーに関する総合的研究	荒 川 政 彦	神戸大学大学院理学研究科・教授	H26-H28 3年
	26-26	降雪粒子連続自動接写装置の開発	小 西 啓 之	大阪教育大学・教授	H26-H28 3年
	26-27	昭和基地上空のエアロゾル粒径分布のマルチタイムスケール解析	林 政 彦	福岡大学理学部・教授	H26-H28 3年
	26-28	夏季南極大陸縁辺部におけるエアロゾルの空間分布	原 圭 一 郎	福岡大学理学部・助教	H26-H28 3年
地 圏	24-20	インフラサウンド計測に基づく極地大気-海洋-固体圏相互作用の研究	山 本 真 行	高知工科大学工学部・准教授	H24-H26 3年
	24-21	完新世グリーンランド氷床融解史に関する地形・地質学的研究	前 杵 英 明	法政大学文学部・教授	H24-H26 3年
	25-14	東南極セールロンダーネ山地における流体活動の年代決定と物質移動解析	河 上 哲 生	京都大学大学院理学研究科・准教授	H25-H27 3年
	25-15	太古代・原生代の海洋底堆積物の記録: 初期海洋の生物生産量とそこに残される古地磁気変動の解明	清 川 昌 一	九州大学大学院理学院地球惑星科学部門・准教授	H25-H27 3年
	25-16	東南極ナピア岩体に産する造岩鉱物の微細組織観察および熱史への適用	三 宅 亮	京都大学大学院理学研究科・准教授	H25-H27 3年

一般共同研究

分野	No.	研究課題名	研究代表者	所属・職	研究期間
地 圏	25-17	東南極における変成作用と微小地塊・テレーンの多重衝突	馬場 壮太郎	琉球大学教育学部・教授	H25－H27 3年
	25-18	南極産隕石と始生代縞状鉄鉱層の誘電率特性と岩石磁気特性	中村 教博	東北大学理学研究科地学専攻・准教授	H25－H27 3年
	25-19	南極大陸周辺域の精密地形の特徴に関する研究	松本 剛	琉球大学理学部・教授	H25－H27 3年
	25-20	VLBIアンテナフロントエンド部の冷却技術に関する調査検討	池田 博	筑波大学研究基盤総合センター・准教授	H25－H26 2年
	25-21	変成反応組織解析を用いたリュツォ・ホルム岩体の上昇速度の推定	池田 剛	九州大学・准教授	H25－H27 3年
	26-29	誘導結合プラズマ質量分析法を用いた南極隕石分類法の確立	海老原 充	首都大学東京大学院理工学研究科・教授	H26－H28 3年
	26-30	コンドライトの岩石学的タイプの再検討と熱変成作用	木村 眞	茨城大学理学部・教授	H26－H28 3年
	26-31	高圧相に基づく天体破壊プロセスの実証	宮原 正明	広島大学理学研究科・准教授	H26－H27 2年
	26-32	氷河氷床ダイナミクスと地震活動一発生過程一検知率に関する研究	坪井 誠司	独立行政法人海洋研究開発機構 地球情報研究センター・部長	H26－H28 3年
	26-33	極域の地球内部不均質構造に関する地震学的研究	趙 大 鵬	東北大学大学院理学研究科・教授	H26－H28 3年
	26-34	グラニュライト中の珪長岩包有物に基づく大陸衝突型造山運動の研究	廣井 美 邦	千葉大学理学研究科・教授	H26－H28 3年
	26-35	アーマルコライトの相平衡実験と超高温変成岩類の温度圧力履歴の解析	川 寄 智 佑	愛媛大学理学部・研究員	H26－H27 2年
	26-36	衛星および地上測地データを用いた氷床流動変動の研究	福 田 洋 一	京都大学大学院理学研究科・教授	H26－H28 3年
	26-37	合成開口レーダ(SAR)データの高度利用による南極域の観測手法の開発	大 村 誠	高知県立大学文化学部・教授	H26－H28 3年
生物圏	24-22	ジャイロロガーを用いたアデリーペンギンの行動解析	三田村 啓理	京都大学大学院情報学研究科・助教	H24－H26 3年
	24-23	高緯度海域における海洋環境変動が高次捕食者に与える影響	三 谷 曜 子	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・助教	H24－H26 3年
	24-24	オオミズナギドリの餌生物のDNA分析	山 本 麻 希	長岡技術科学大学・准教授	H24－H26 3年
	24-25	極域における微量環境測定装置の実用性に関する試験、研究	小 川 麻 里	安田女子大学・准教授	H24－H26 3年
	24-26	動物装着型記録計を用いたオオミズナギドリの繁殖生態に関する研究	渡 辺 伸 一	福山大学生命工学部・講師	H24－H26 3年
	24-31	動物装着用超小型アルゴス送信機的设计と試作	京 相 雅 樹	東京都市大学工学部・講師	H24－H26 3年

一般共同研究

分野	No.	研究課題名	研究代表者	所属・職	研究期間
生物圏	25-22	南極湖沼生態系からつなげる現象と理論	田邊 優貴子	早稲田大学高等研究所・助教	H25-H27 3年
	25-23	極域海域におけるバイオリジカルカーボンポンプの定量的解明:特に従属栄養生物の寄与に注目して	三瓶 真	広島大学大学院生物圏科学研究科・特任講師	H25-H27 3年
	25-24	好冷性微細藻類の脂質に関する研究	菓子野 康浩	兵庫県立大学・准教授	H25-H27 3年
	25-25	極域に生息する植物寄生性糸状菌の多様性評価	東條 元昭	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科・准教授	H25-H27 3年
	25-26	多価不飽和酵素遺伝子のグラム陽性菌での発現と機能	奥山 英登志	北海道大学大学院地球環境科学研究科・准教授	H25-H26 2年
	25-27	南極材料を用いた薬剤耐性菌と薬剤耐性遺伝子の検出	田村 豊	酪農学園大学獣医学群食品衛生学ユニット・教授	H25-H26 2年
	25-28	南極の紫外線が生物に及ぼす影響と好冷性微生物由来のセルロースなどに関する研究	高橋 哲也	島根大学教育学部・教授	H25-H27 3年
	25-29	昭和基地周辺における土壌藻類および土壌微生物を用いた環境モニタリングに関する研究	大谷 修司	島根大学教育学部・教授	H25-H27 3年
	26-38	季節海水中における微小生物群集の環境応答に関する生態学的研究	田口 哲	創価大学工学部・教授	H26-H28 3年
	26-39	南大洋に生息する植物プランクトン種からの揮発性有機化合物放出に関する研究	亀山 宗彦	北海道大学大学院地球環境科学研究科・助教	H26-H28 3年
	26-40	極域における生態系発達と菌類の分布様式に関する研究	大園 享司	京大大学生態学研究センター・准教授	H26-H28 3年
	26-41	極域における気候変動と生物相の変遷に関する研究	瀬戸 浩二	島根大学汽水域研究センター・准教授	H26-H28 3年
	26-42	極域生物に共存する微生物の生物地理に関する研究	長沼 毅	広島大学大学院生物圏科学研究科・准教授	H26-H28 3年
	26-43	南極湖沼に生息する動物相:環境変化に対する耐性	斎藤 裕美	東海大学生物学部・講師	H26-H28 3年
極地工学	24-27	新ドームふじ基地建設にむけた圧雪手法の研究	白川 龍生	北見工業大学社会環境工学科・准教授	H24-H26 3年
	24-28	積雪強度測定手法の開発および広温度領域にわたる積雪物性値の比較測定	竹内由香里	森林総合研究所気象環境研究領域・チーム長	H24-H26 3年
	24-29	南極ドームふじ基地における赤外線望遠鏡による天体観測のための減災研究	市川 隆	東北大学理学研究科天文学専攻・教授	H24-H26 3年
	25-30	新ドームふじ基地建設のための内陸輸送力の基礎研究	香川 博之	金沢大学理工研究域機会工学系・講師	H25-H27 3年
	25-32	新ドームふじ基地建設のための圧雪地盤の三次元微細構造解明研究	尾関 俊浩	北海道教育大学教育学部札幌校・教授	H25-H27 3年
	25-33	MPPT法を導入した太陽光追尾システム	木村 茂雄	神奈川工科大学工学部機械工学科・教授	H25-H27 3年

一般共同研究

分野	No.	研究課題名	研究代表者	所属・職	研究期間
極地工学	25-34	南極における建屋周辺の吹雪による積雪と削剥の数値解析	山岸 陽一	神奈川県工科大学工学部機械工学科・准教授	H25-H26 2年
	25-35	寒冷環境下における機能性繊維を用いた衣服内気候の研究	伊豆原 月絵	日本大学・教授	H25-H27 3年
	25-36	新内陸基地における緊急時対応策の研究	横山 宏太郎	農業・食品産業技術総合研究機構・フェロー	H25-H27 3年
	26-44	高地天文台における雪氷災害の軽減対策の研究	酒向 重行	東京大学大学院理学系研究科天文学教育研究センター・助教	H26-H28 3年
	26-45	建築・土木に関する極地設営工学的研究	石鍋 雄一郎	日本大学理工学部・助手	H26 1年

3. 研究集会

No.	研究課題名	研究代表者	所属・職
1	中間圏・熱圏・電離圏研究集会	江尻 省	国立極地研究所・助教
2	南極昭和基地大型大気レーダー計画(PANSY)研究集会	堤 雅基	国立極地研究所・准教授
3	SuperDARNによる極域超高層大気研究集会	行松 彰	国立極地研究所・准教授
4	極端宇宙天気研究会	塩田 大幸	名古屋大学 太陽地球環境研究所・特任助教
5	太陽—地球大気の地上多点観測データ総合解析ワークショップ	谷田貝 亜紀代	名古屋大学 太陽地球環境研究所・特任准教授
6	非Dungey磁気圏物理学研究会	田中 高史	九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター・学術研究者・名誉教授
7	極域・中低緯度領域結合系に於ける宇宙天気研究の展開	吉川 顕正	九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター・講師
8	EISCAT研究集会	宮岡 宏	国立極地研究所・准教授
9	南北極域ネットワーク観測によるジオスペース現象の共役性に関する研究集会	門倉 昭	国立極地研究所・教授
10	極域電離圏—磁気圏結合研究集会	細川 敬祐	電気通信大学・准教授
11	第四紀の南極域における気候・環境変動史	本山 秀明	国立極地研究所・教授
12	北極域における過去の気候・環境変動	関 宰	北海道大学 低温科学研究所・准教授
13	大気・雪氷・海洋間の物質循環と極域への物質輸送に関する研究小集会	的場 澄人	北海道大学 低温科学研究所・助教
14	寒冷域における降雪・雪結晶の研究・教育の今後の展望	島田 亙	富山大学 大学院理工学研究部・准教授
15	無人航空機の活用による極地観測の展開	林 政彦	福岡大学・教授
16	南極大気エアロゾル研究会	原 圭一郎	福岡大学・助教

研究集会

No.	研究課題名	研究代表者	所属・職
17	南極海海洋循環と南極氷床変動に関する研究の展開	野木 義史	国立極地研究所・教授
19	極域における氷床ダイナミクスと氷河地震の活動度・発生過程に関する研究集会	坪井 誠司	海洋研究開発機構・部長
20	インフラサウンド計測に基づく極域の大気―海洋―固体圏相互作用に関する研究集会	山本 真行	高知工科大学 工学部・教授
21	2014年 南極医学・医療ワークショップ	渡邊 研太郎	国立極地研究所・教授
22	スモールバル氷河後退域の物質循環に関する研究集会	内田 雅己	国立極地研究所・准教授
23	極限環境における微小生態系の総合的研究	小川 麻里	安田女子大学・准教授
24	永久凍土のモニタリングと変動に関する研究集会	原田 鉦一郎	宮城大学 食産業学部・准教授

本報告書は、平成26年度で終了した共同研究の各研究代表者から提出された報告をとりまとめたものである。