

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23654163

研究課題名(和文) 超音波ドップラー流速計を用いた海水の厚さの計測手法の開発

研究課題名(英文) Development of a measurement method of sea-ice thickness by acoustic Doppler current profiler

研究代表者

深町 康 (FUKAMACHI, Yasushi)

北海道大学・低温科学研究所・准教授

研究者番号：20250508

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：一般に、海水厚の係留観測には特殊な測器である超音波氷厚計が用いられる。海洋観測に広く用いられている超音波ドップラー流速計を用いた海水厚の計測手法の開発を行うために、アラスカ北部の沖合で、これらの両方の測器を含む係留系による観測を実施した。3年間に延べ4箇所で両方の測器で良好なデータを取得することに成功し、一部のデータについて超音波氷厚計の生データから海水厚を算出した。

本研究の観測で取得された海水・海洋のデータを用いて、沿岸定着氷の崩壊、ポリニヤにおける過冷却水とフラジルアイスの生成、電磁誘導センサーによる海水厚計測とレーダーによる海水漂流速度の計測との比較研究についての成果をまとめた。

研究成果の概要(英文)：Sea-ice thickness is generally measured by specific ice-profiling sonar (IPS). We carried out mooring observations off the northern Alaska to develop a method of sea-ice thickness measurement by widely-used oceanographic instrument, acoustic Doppler current profiler (ADCP). We have successfully obtained valid data by a pair of an IPS and an ADCP at total of four locations over three-year period and derived sea-ice draft from raw IPS data.

Using sea-ice and oceanic data obtained by our mooring observations, we have investigated break-up of coastal landfast sea ice, production of supercooled water and frazil ice within a coastal polynya, and compared our ice-thickness data by IPS with those by airborne electromagnetic sensor and ice-drift data by ADCP with those by coastal radar.

研究分野：海洋物理学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海水厚 係留観測 超音波ドップラー流速計 超音波氷厚計

1. 研究開始当初の背景

海氷の厚さはその拡がりとは異なり、衛星による観測が難しいため、気候に与えるインパクトが非常に大きいにも関わらず、十分にデータが取得されているとは言えない。係留観測で海氷厚を計測するためには専用の測器である超音波氷厚計を用いるが、より多くのデータを取得するには広く普及している海洋測器である超音波ドップラー流速計を用いた手法の開発が有効であると考えられる。この手法については以前から提唱されているが、その妥当性や精度を検証するために、この両方の測器で同時に取得したデータに基づいた研究はなかった。そこで、2009年の夏期からアラスカ北部の沖合でこの両方の測器を用いた海氷・海洋の係留観測を開始しており、2009-10年の1年間については2箇所で良好なデータが取得されていた。

2. 研究の目的

超音波ドップラー流速計による海氷厚の計測手法を開発するため、この測器のデータから算出される海氷厚のデータを、海氷厚を計測するための専用の測器である超音波氷厚計によって得られるデータと比較し、この手法の妥当性および精度を検証する。

3. 研究の方法

(1) 係留観測の実施

アラスカ北部沖の沿岸域の2つの観測点(図1の黒丸)で、7-8月に超音波氷厚計、超音波ドップラー流速計などを取り付けた係留系の回収と再設置を実施する。係留作業は、観測を共同で行っているアラスカ大学フェアバンクス校の関係者と共に、現地でチャーターした小型ボートを使用して実施する。

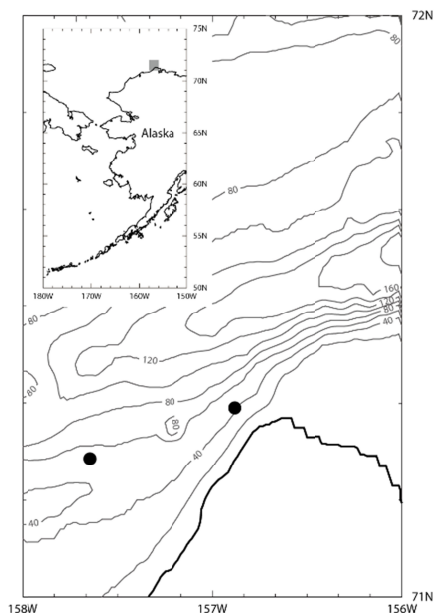


図1: アラスカ北部沖での係留観測点(黒丸)。広範囲の地図の陰影を付けた部分が拡大した地図の範囲。

(2) 係留観測データの処理と解析

まずは、超音波氷厚計の生データから海氷の draft (喫水下の部分の厚さ) を導出する作業を近くの空港で取得された気圧データや係留系で同時に計測されている水温・塩分のデータも用いて実施する。次に、超音波ドップラー流速計のエコー強度データから海氷底面までの距離を求め、これを水温・水圧計のデータと合わせて、海氷の draft を導出する。これらの2つの独立に求めた draft データを比較して、後者の値の妥当性と精度を評価する。

4. 研究成果

(1) 係留観測の実施

本研究の係留観測と同様の観測は2009年夏季に開始しており、2010年夏季には図1の2地点において係留系の再設置を実施していた。その後、本研究の開始後には2011-13年夏季に係留系の回収と再設置を実施した。2011年に回収した岸側の係留系については、超音波氷厚計が浸水してしまいデータの取得が出来なかった。また、2012年に設置した岸側の係留系については、2013年に回収を試みたが、水中切離装置からの応答が無く、回収には至っていない。結果として、これまでの4年間で延べ6箇所について(本研究開始前の2009-10年を含む)超音波氷厚計と超音波ドップラー流速計のペアの良好なデータを取得することが出来た。このようなデータは世界でも類を見ないものである。

(2) 係留観測データの処理と解析

超音波氷厚計の生データから海氷の draft を導出するプロセスは、これまでに2009-10年および2010-11年の沖側の係留系について終了している。図2に2009年11月から2010年5月までの海氷の draft の時系列を示す。次のステップは超音波ドップラー流速計と水温・水圧計のデータから海氷の draft を導出するプロセスであるが、これについては超音波氷厚計のデータの処理に時間を要したために、本研究期間中に実施することが出来なかった。このため、このプロセスおよび最終的な2種類の海氷の draft データの比較・検討については今後の課題として残った。

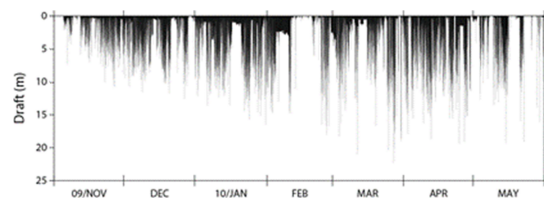


図2: 2009年11月から2010年5月の沖側の係留系での海氷の draft の時系列。

本研究の係留観測で得られた海氷・海洋の時系列データは、上記の目的以外にも以下のような研究に使用した。

本研究の観測域であるアラスカ北部沖の

沿岸域に存在する沿岸定着氷について、その崩壊の要因を調べたところ、2010年に見られた崩壊イベントについては係留観測から得られた海洋流速との明瞭な関係は見られなかった (Petrich et al., 2011)。

係留点付近にポリニヤが存在する時期に、係留観測で得られた水温・塩分のデータから過冷却水が存在することを示し、超音波氷厚計によるエコー強度データから海面から5-10mの深度でフラジルアイス(氷晶)と考えられるシグナルを捉えた。なお、超音波氷厚計による海中でのフラジルアイスの検知が報告されたのはこれが初めてである。この成果については、現在論文を投稿中である (Ito et al., submitted to *Annals of Glaciology*)。2010年4月に沖側の係留点付近で実施されたヘリコプターを用いた電磁誘導センサーによる海氷厚(海氷厚と積雪深の総和が求まる)データを係留観測の超音波氷厚計による draft データと比較し、両者の測定範囲を合わせることで海氷厚の頻度分布が良く一致することを示した。この両者のデータを合わせることで、それぞれ単独のデータからは分からない海氷と積雪の割合についても導出することが可能となる。また、岸側の係留系は沿岸に設置されているアラスカ大学の流氷レーダーの観測範囲内に入っていることから、レーダーの画像処理から得られる海氷の漂流速度を係留系の超音波ドップラー流速計から得られるものと比較し、両者は良く一致していることも示した。これらの成果については、現在論文を投稿中である (Mahoney et al., submitted to *Annals of Glaciology*)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Petrich, C., H. Eicken, J. Zhang, J. Krieger, Y. Fukamachi, and K. I. Ohshima (2012): Coastal landfast sea ice and break-up in northern Alaska: Key processes and seasonal prediction, *Journal of Geophysical Research*, 117, C02003, doi:10.1029/2011JC007339, 査読有。

[学会発表](計14件)

深町 康: アラスカバロー沖チャクチ海ポリニヤにおける海氷・海洋の係留観測, 日本海洋学会春季大会シンポジウム, 2014年3月26日, 東京海洋大学品川キャンパス, 東京都港区。

I.J. Smith: Antarctic and Arctic land-fast sea ice: deriving parent

water mass properties changes from sea ice cores, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, March 14 2014, C3 Convention Centre, Australia.

Y. Fukamachi: Characteristics of sea-ice draft revealed by a moored ice-profiling sonar in the Chukchi Sea off Barrow, Alaska, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, March 14 2014, C3 Convention Centre, Australia.

A.R. Mahoney: Taking a look at both sides of the ice: comparing ice thickness and drift speed as observed from above and below sea ice near Barrow, Alaska, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, March 13 2014, C3 Convention Centre, Australia.

Ito M.: A study of formation processes of supercooled water and frazil ice in a coastal polynya, IGS International Symposium on Sea Ice in a Changing Environment, March 10 2014, C3 Convention Centre, Australia.

Ito M.: A study of formation processes of supercooled water and frazil ice in a coastal polynya, The 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice, February 19 2014, Monbetsu City Culture Hall, Monbetsu.

伊藤 優人: 沿岸ポリニヤにおける過冷却水およびフラジルアイス生成過程についての研究, 第4回極域科学シンポジウム, 2013年11月12日, 国立極地研究所, 立川市。

伊東 素代: 2010年夏季北極海バロー海底谷における熱輸送, 日本海洋学会秋季大会, 2013年9月20日, 北海道大学学術交流会館, 札幌市。

伊藤 優人: 沿岸ポリニヤにおける過冷却水およびフラジルアイス生成過程についての研究, 日本海洋学会秋季大会, 2013年9月20日, 北海道大学学術交流会館, 札幌市。

菊地 隆: 急激に変わりゆく北極海, 日本海洋学会秋季大会(招待講演), 2013年9月18日, 北海道大学学術交流会館, 札幌市。

清水 大輔: 北極海バロー沖における海氷厚直接観測, 日本海洋学会春季大会, 2013年3月22日, 東京海洋大学品川キャンパス, 東京都港区。

清水 大輔: Mooring measurement of sea-ice thickness in the Chukchi Sea off Barrow Alaska, 第3回国際北極研究シンポジウム, 2013年1月17日, 日本科学未来館, 東京都江東区。

柏瀬 陽彦: サハリン沖での係留系氷厚

データとの直接比較による AMSR-E 薄氷厚アルゴリズムの作成, 日本海洋学会秋季大会, 2012年9月14日. 東海大学, 静岡市.

Mahoney, A.R.: Warm water and swift currents: Two years of data from moorings under coastal sea ice in the Chukchi Sea, American Geophysical Union Fall Meeting, December 6 2011, Moscone Center, USA.

〔その他〕

ホームページ等

外部資金: http://wwoa.ees.hokudai.ac.jp/~yasuf/ext_fund.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

深町 康 (FUKAMACHI, Yasushi)
北海道大学・低温科学研究所・准教授
研究者番号: 20250508

(2) 研究分担者

大島 慶一郎 (OHSHIMA, Keiichiro)
北海道大学・低温科学研究所・教授
研究者番号: 30185251

(3) 連携研究者

なし