

夏期北極海氷上におけるメルトポンド分布

田中康弘，館山一孝，榎本浩之（北見工業大学）

1. はじめに

海氷は日射を反射する割合（反射率）が高く，大気－海洋間の熱交換を抑制する効果がある．

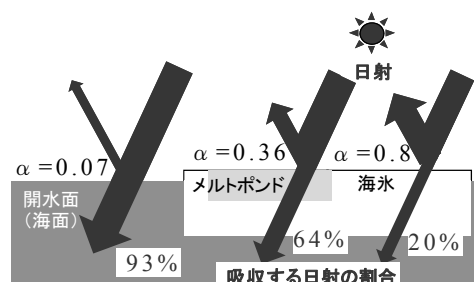
しかし，アイスアルベドフィードバック効果により海氷面積が一度小さくなると，開水面が増えて反射率が低下することで日射をより吸収し，融解を促進させる．これは北極の気候変動を理解するには重要となっている

(Curry, 1995)．近年，北極海では海氷面積の減少とともに，北極海氷表面に多数のメルトポンド（水溜り；図－1）が形成されている．海氷上のメルトポンドの割合が増加するとフィードバック効果により海氷上での日射の吸収が増加（図－1）し，より融解を促進させると考えられる．このメルトポンドは北極点近くまで形成されている (Perovich, 2005)．そのため，北極の気候を理解するには，メルトポンドの定量的な取り扱いが必要である (Curry et al., 1995; 2001)．

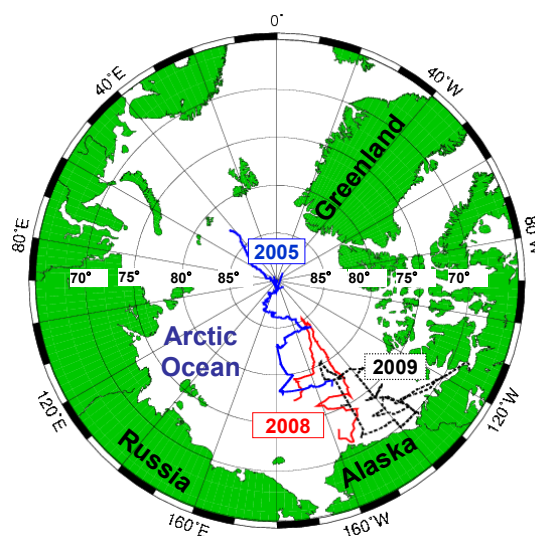
本研究では，メルトポンドによるフィードバック効果を定量的に評価するため，複数の砕氷船上の現場観測から得られた画像・気象データを元に，船前方の海氷状況を撮影したカメラ画像を画像処理で定量測定を行い，メルトポンド分布を明らかにすることを目的とした．

2. 観測期間と取得データ

北極海氷観測は 2005 年アメリカの観測プロジェクト HOTRAX2005 により 8 月から 9 月，2008 年中国観測隊により 8 月 9 日から 9 月 4 日，2009 年カナダの観測プロジェクト JOIS2009 により 9 月 17 日から 10 月 15 日の期間，図－2 のような航跡上で実施された．2008 年においては 8 月 20 日から 26 日の期間，砕氷船は停止している（海氷とともに漂流）．調査は，2005 年アメリカ沿岸警備隊の砕氷船「HEALY」，2008 年中国の砕氷船「雪龍」，2009 年カナダ沿岸警備隊の砕氷船「ルイ・サンローラン」の



図－1 表面状態の違いによる反射率 α (Perovich, 2002) の違いと海の日射吸収の割合



図－2 2005－2009 年砕氷船航跡

よって行われた。取得した現場観測データは、船上前方の海氷状況を撮影した画像(2005 年は 5 分, 2008・2009 年は 10 分インターバルで取得), 気象データ (日射量, 気温, 湿度, 気圧, 風速), 海面又は海氷表面温度である。

3. 解析方法

自動判別によるメルトポンド, 海氷, 開水面の割合算出 (図-3) には, 船前方の海氷状況を撮影したカメラ画像データ (図-4) を使用した。カラー画像は光源などの影響を受けやすい。また, 白黒画像に比べ情報量が多いため, カラー画像を白黒画像に変換することで, 2 値化処理を行った。この画像に撮影されている海面全体に対して解析を行うと, 遠方の海面の画像精度が低下する (本村 ほか, 1991)。本研究では, 算出精度が高い領域 (船に近い領域) と考えられる図-3 に示すような赤色の長方形 (撮影されている海面手前 2 分の 1) の範囲について解析を行った。この範囲について画像強度のヒストグラムを作成し, 多項式近似により, 強度の極大・極小値を決定する。この極小値を境界にメルトポンド, 海氷, 開水面のピクセルを抽出することで, 各割合を算出した。また, 各割合の算出精度の評価を行うため, 各年において 100 個の画像をランダム抽出し, 自動判別と目視判別の相対誤差を求めた。目視判別は, 図-4 の赤色の長方形の範囲について 1 から 10 度数で算出を行った。各年の自動判別と目視判別の相対誤差は表 1 に示す。目視判別では 1 度数 (10%) 刻みで算出を行っているため, 自動判別と目視判別の誤差は少なくとも $\pm 5\%$ 前後であると推測した。しかし, 2005 年と 2009 の海氷と開水面の誤差は, 推測より誤差が大きく算出された。

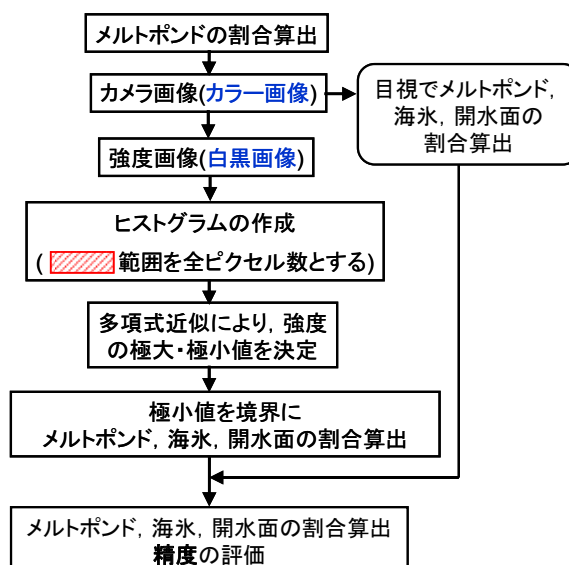


図-3 カメラ画像を用いたメルトポンド, 海氷, 開水面の割合算出の方法

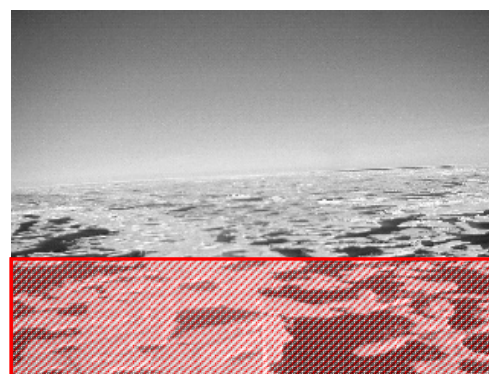


図-4 海氷状況を撮影したカラー画像を白黒に変換した画像と解析範囲

表-1 各年におけるメルトポンド, 海氷, 開水面の自動判別と目視判別の相対誤差

	メルトポンド(%)	海氷(%)	開水面(%)
2005年	4.3	7.3	6.8
2008年	2.7	5.1	4.7
2009年	0.6	8.7	9.6

4. メルトポンド分布

2005 年, 2008 年, 2009 年の(a)緯度,(b)自動判別によるメルトポンド, 海氷,

開水面の割合算出の結果, (c)気温をそれぞれ図-5, 6, 7 に示す.

4.1 2005 年

高密度度海氷域 (90%以上) は, 図-5 の 8 月 12 日から 19 日, 8 月 22 日から 9 月 1 日, 9 月 13 日から 22 日の時期で連続して見られる. メルトポンドは, 北極点付近まで形成されている.

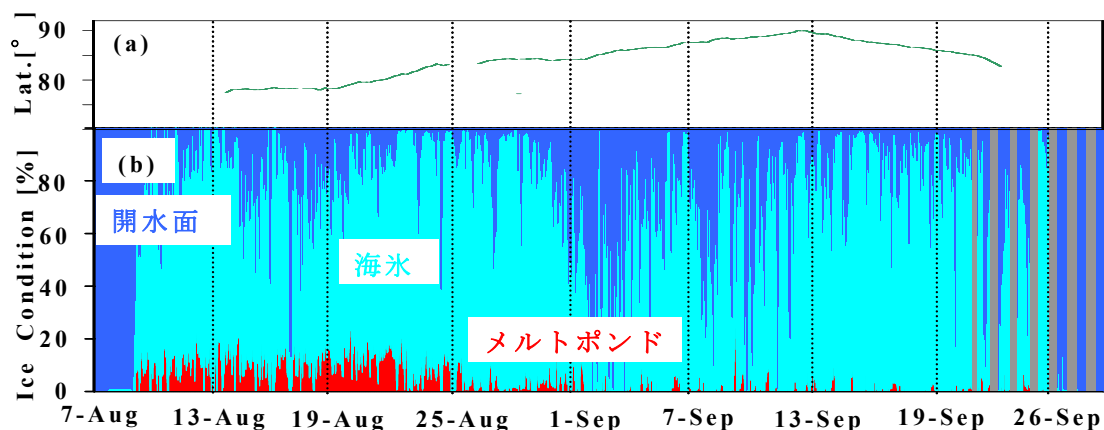


図-5 自動判別により算出したメルトポンド, 海氷分布 (2005 年)

4.2 2008 年

高密度度海氷域は, 観測期間中に連続して見られない. メルトポンドは, 緯度 85°の高緯度まで形成されている. 8 月 20 日から 26 日の停船期間中 (同じ海氷を観測) でメルトポンドの割合は, 減少傾向を示した. 図-6 (c) より気温はこの期間において 0℃以下を示している. また, 8 月中旬の時期にメルトポンド表面が凍り始めるという報告がされている (Perovich et al., 2003; Inoue et al., 2008). これらのことから, 気温低下によるメルトポンド表面の結氷が考えられる.

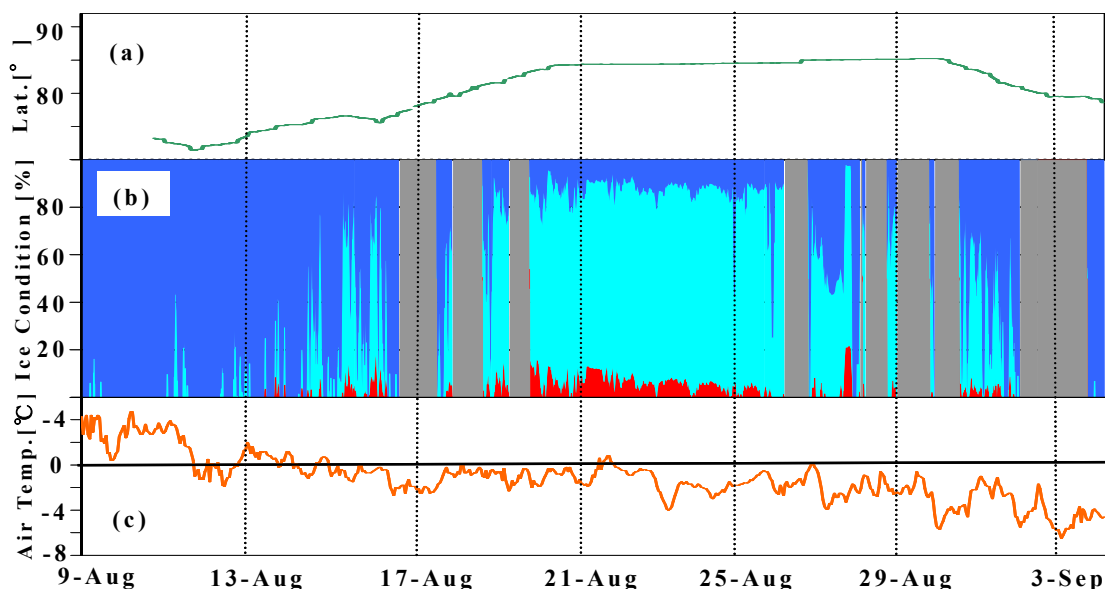


図-6 自動判別により算出したメルトポンド, 海氷分布 (2008 年)

4.3 2009 年

2009 年の観測は 2005, 2008 年に比べ, 高緯度まで観測は行われていないが, 10 月以降で高密度域が連続して見られる. これは海氷生成により密接度が高くなっ

たためと考えられる。9月17日以降、結氷期に入ったと考えられるが、10月中旬の時期でもメルトポンドは形成されている。

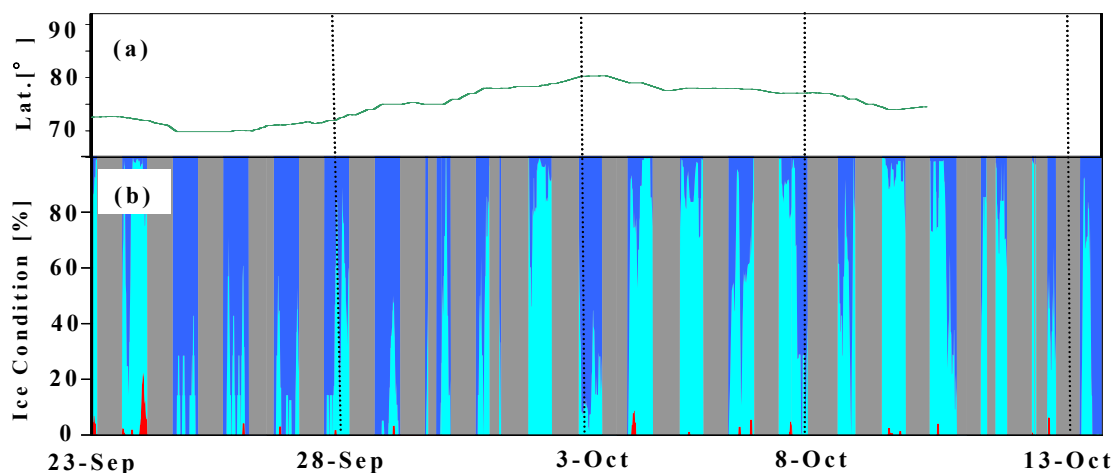


図-7 自動判別により算出したメルトポンド，海氷分布（2009年）

5. まとめ

2005, 2008, 2009年夏期北極海の現場観測データを用いて画像の自動判別により海氷，メルトポンド分布を算出し，メルトポンド分布を明らかにした。メルトポンドの割合の自動判別と目視判別の相対誤差は，2005年で4.3%，2008年で2.7%，2009年で0.6%である。2005, 2008年においてメルトポンドは北極点近くの高緯度まで形成されている。メルトポンドの割合は，2008年8月下旬から減少傾向を示した。この時期に結氷期に入ったと考えられる。2009年においては，10月中旬でもメルトポンドが形成されている。

【引用文献】

- Curry, J. A., J. Schramm, and E. E. Ebert, 1995: On the sea ice albedo climate feedback mechanism. *J. Climate*, **8**, 240–247.
- Curry, J. L. Schramm, D. Perovich, and J. O. Pinto, 2001: Application of SHEBA/FIRE data to evaluation of sea ice surface albedo parameterizations. *J. Geophys. Res.*, **106**, 15 345–15 356.
- Inoue, J., Kikuchi, T., Perovich, D. K., 2008: Effect of heat transmission through melt ponds and ice on melting during summer in the Arctic Ocean, *J. Geophys. Res.*, **113**, C05020.
- Perovich, D. K., T. C. Grenfell, J. A. Richter-Menge, B. Light, W. B. Tucker III, and H. Eicken, 2003: Thin and thinner: Ice mass balance measurements during SHEBA, *J. Geophys. Res.*, **108**, 8050.
- Perovich, D. K., 2005: On the aggregate-scale partitioning of solar radiation in Arctic ice during the Surface Heat Budget of the Arctic Ocean (SHEBA) field experiment, *J. Geophys. Res.*, **110**, C03002.
- 本村健一郎，松浦弘毅，小杉正貴，遠藤辰雄，1991：海氷状況観測映像の画像処理，信学技報，IE91-11（1991-11）。