

海氷のLead分布と運動学的特性

榎本浩之（北見工大）、大村纂（スイス国立工科大）

海水域を構成するものは、海氷と開水面であるが、それらの分布は海水域の運動に関係してくる。海氷のサイズのバリエーションが、海氷がCluster（集合）を形成する原因となることも知られている。ランダムに配置された海氷からclusterや開水面が出来ることが、数値計算モデルによってシミュレートされている。より現実的な海氷の運動を表現するためには実際の海氷のサイズのバリエーションの統計学的特徴をすることが必要となる。また、広域の海水域の運動では海水域を連続的な粘性流体として近似して扱うことが有効である²⁾が、密接度の大きな海水域については限界がある。広域の海氷の運動を理解するためには海水域の粘性の原因となる物理過程を考えることが重要である。

この研究では、海水域のLeadの分布を調べることにより、Lead（海水域内の水路）分布の統計学的特徴の調査と、パラメータ化（入手しやすい密接度の情報からLead分布を推定する計算法の作成）の試みをおこなった。また、分布の統計学的特徴と言う幾何学的な特性と関連する物理過程についての議論もおこなった。

1) Lead分布の統計学的特徴とパラメータ化

図1のようにして、Leadの幅(x)と、その幅をもつLeadが出現する距離間隔(y)の関係を調べた。指数関数を用いた例³⁾もあるが、数の多い小さなLeadを考慮するためには、べき関数の方が有効である。データの出典と地域を図2と表1に示す。均質なlead分布を仮定できる大きなサンプル・サイズを必要とするため、1.1km以下のleadのみを回帰分析では扱った。データの分布と回帰直線を図3に示す。回帰式より計算された海氷の密接度と観測によるものを、比較すると良い対応が見られる。また、この回帰式よりAの値は密接度に、Bの値は海氷やLeadのサイズのバリエーションに関係していることがわかっていてる。Bの値は、地域によらずほぼ一定(1.3程度)となっている。B=1.3とすることにより、海氷の密接度は、Aによってきめられる。図4に、こうしてパラメータ化されたLeadの分布（実線）と、観測値を比較して表した。

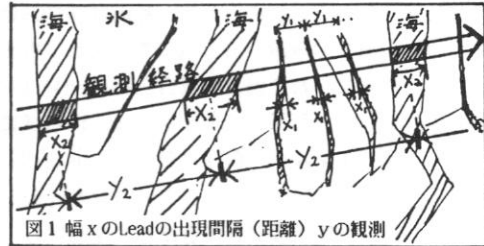


表1 データ・ソース

1. Lancaster Sound	(Steffen, 1987)	○
2. Baffin Bay	(Steffen, 1987)	△
3. North Water	(Steffen, 1987)	+
4. McClure Strait (summer)	(Maclaren, 1984)	×
5. McClure Strait (winter)	(Maclaren, 1984)	◇
6. Beaufort Sea	(Wadhams, 1980)	↑

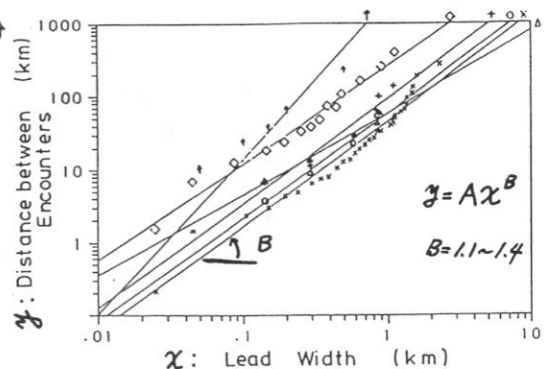


図3 Leadの幅xと出現間隔(距離)yの関係

2) 海水域で起こっている運動過程について

海水やLeadのサイズのバリエーションに関係するBが、ほぼ一定の値をもつことがわかったが、この形態学的特徴と関連している海水の運動について考える。ここでは、ひとつの試みとして、乱流状態におけるエネルギーの消散の理論を海水域にあてはめて考えた。ただし、波数にかわり海水の集合(cluster)という表現を適用している。簡単なモデルを考え、海水域にはいつてくる運動エネルギー E_{ext} と色々なcluster間での衝突過程で消散するエネルギーDの大きさを比較した。

(図5) 色々な密接度(Aで表される)を想定し、 E_{ext} とDがBの違いによりどう変わるかを比べると、Bが1.0から1.7の間で E_{ext} とDがつりあうという結果となった。 $E_{ext} < D$ のとき、海水域では運動エネルギーが充分消耗されていることを意味し、 $E_{ext} > D$ のとき、海水域では運動エネルギーが蓄積あるいは海水の破壊や変形、pile upなどに使われている可能性がある、といえる。

このようなcluster間のmicroな運動過程が、macro scaleでの海水域の粘性流体の振舞いとなって現れているといえる。海水域は密接度が非常に小さければ、粘性は無視できて単一で動く ice floeの集合として考えることができる。ある程度粘性(または、密接度)が大きくなると、ice floe間の相互作用が無視できなくなり粘性流体の様な振舞いをすると考えられる。非常に大きな密接度をもつ海水域では、もはや海水域を粘性流体として近似することには無理があり、むしろ塑性変形のような扱いが必要となってくると思われる。例えば、今回の解析のなかで、Beaufort Seaは密接度が99%以上となっていたが、ここでは他の地域のようなBの値は得られず、粘性流体としては扱いきれないのでは、と思われる。

今回は、北極圏のデータのみを使ったが、海峡等地形の影響の少ない南極周縁や詳細な研究が行われている北海道のオホーツク海沿岸の情報が集まれば、より一般化された結論がえられると思われる。

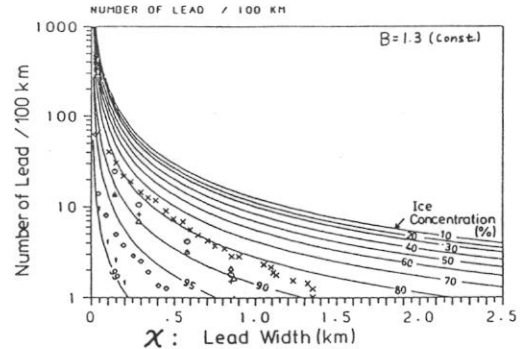


図4 密接度の関数としてパラメータ化されたlead分布

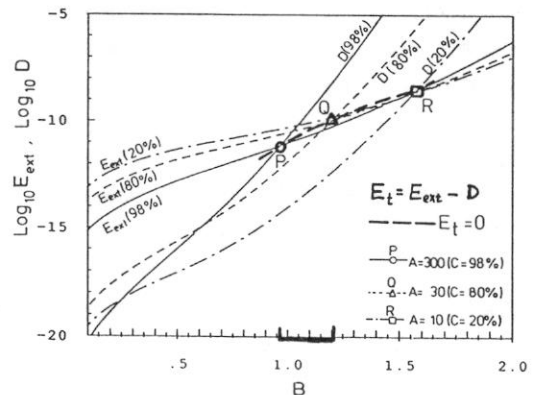


図5 海水域へのエネルギーの流入と消散のバランス (E_{ext}) (D)

参考文献

- 1) Lepparanta, M. and Hibler, W.D. III (1984) A mechanism for floe clustering in the marginal ice zone, MIZEX Bull. III, CREEL Special Report, p73-76.
- 2) Hibler, W.D. III (1986) Ice Dynamics, in Geophysics of Sea Ice (N. Untersteiner Ed.), Plenum Press, New York and London, p577-640.
- 3) Steffen, K. (1987) Fractures in arctic winter pack ice (North Water; Baffin Bay), Ann. of Glaciol., 9, p211-214.
- 4) MacLaren, A.S., Wadhams, P. and Weintraub, R. (1984) The sea ice topography of McClure Strait in winter and summer of 1960 from submarine profiles, Arctic, 37(2), p110-120.
- 5) Wadhams, P. and Horne, P.J. (1980) An analysis of ice profiles obtained by submarine sonar in the Beaufort Sea, J. Glaciol., 25, p401-424.