

# 3次元画像計測を用いた砕氷船からの 海水厚測定の特徴と課題

第7回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム  
2005.2.16

長 幸平, 大洞喜秀, 竹田法美  
東海大学

永田隆一  
(株)オホーツク流水科学研究所

## 背景

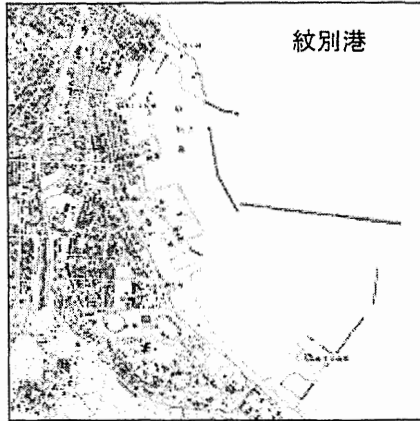
- ・海水の厚さの実測: 危険, 作業時間がかかる。
- ・ビデオカメラ等を用いた簡易計測: 計測精度が悪い。  
(氷厚50cmで±5cm程度)



## 目的

- 1) 砕氷船に搭載した2台のデジタルカメラより撮影した  
海水断面のステレオペアを用いて氷厚測定を行う。
- 2) ステレオペア画像の撮影時刻とGPSデータから  
砕氷船航路上の氷厚分布を調査する。

## 観測対象地域



### 〔観測場所〕

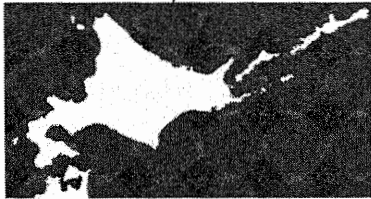
- ・北海道紋別港周辺域
- ・北緯44度21' 16''、東経143度21' 27''
- ・北海道北東部オホーツク海に臨み、背後には、北見山山脈を臨む

### 〔日時〕

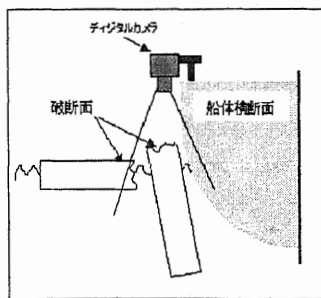
2003年3月3日～6日

### 〔使用衛星〕

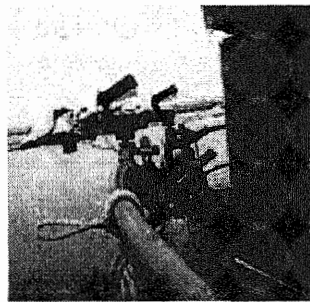
Landsat-7/ETM+ ETM+ Pan  
(IFOV= 15m)



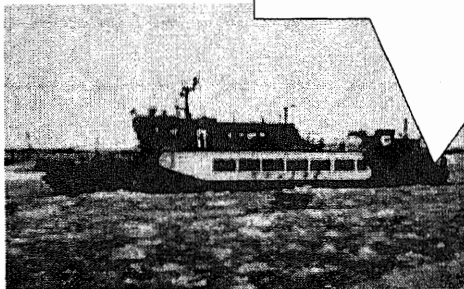
## 3次元画像計測装置の設置場所



砕氷船からデジタルカメラ撮影



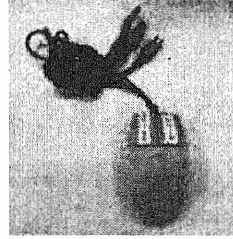
実際の設置風景



ガリンコ号II

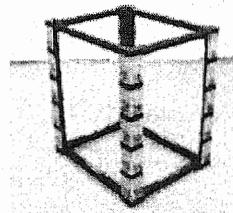
## 計測仕様

digital camera	FUJIX DS-330 pixel number: 1280×1000 focus length: f=35mm~105mm ISO100
appendix	adjustable arm(1m) electric double release
imaging spec.	shutter speed: 1/1000s iris: F8 focus length: 35mm base line: 75cm dist $n$ pixel size: 2mm/pixel
3D measurement software	Techno Viewer 3D (Techno Vanguard)



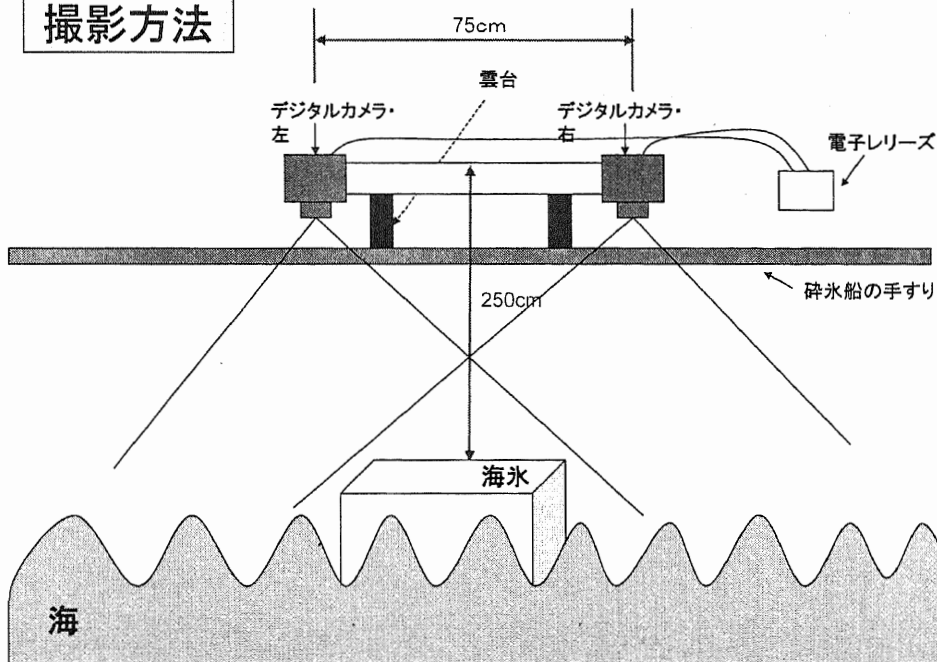
電子リリース

【同時期にシャッターが押せる】



リファレンス(38.1×46.7×52.5cm)  
【アングルを組んだ立体】

## 撮影方法



## 氷厚測定の手順

砕氷船出航前に3次元計測システムを取り付ける



基準となるリファレンスを撮影する



砕氷船が海水域を通過



海水は氷盤片となる



氷盤片の破断面を鉛直上方から撮影



3次元座標を求める



氷厚を算出



撮影時刻から砕氷船の位置を求める



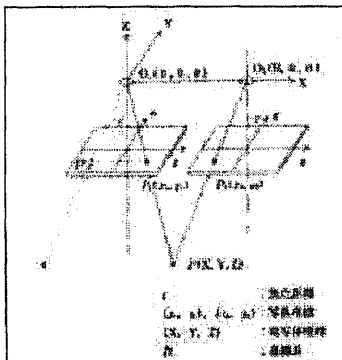
氷厚分布を地図画像にプロットする

## 計測原理

通常は、観測点から標点を見る角度ではなく、観測面上での標点の位置が検出される。カメラの焦点距離をC、基線長Bの間隔で平行光軸を持つように被写体Pを写し、像点  $P_1(x_1, y_1), P_2(x_2, y_2)$  とする。

2台のカメラのレンズ中心を結ぶ方向をX軸とし、左側のカメラレンズ中心を原点となるように3次元座標XYZを設定する。

2本の空間直線(光線)の式から被写体Pの3次元座標(XYZ)は次式で表される

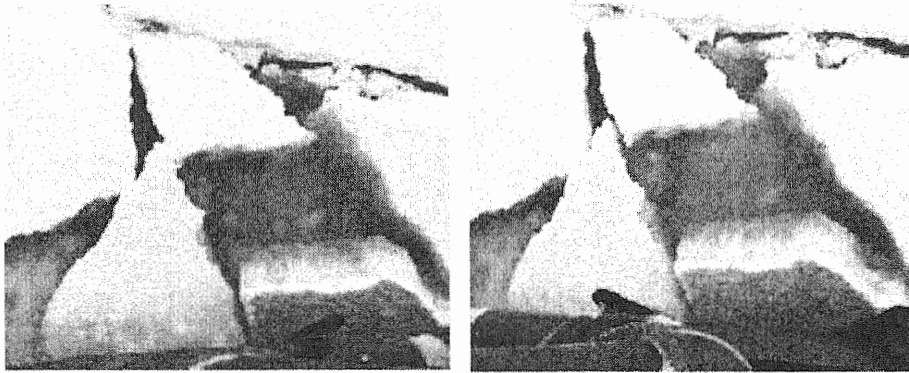


写真測量の基本座標

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{x_1}{x_1 - x_2} B \\ Y &= \frac{y_1}{x_1 - x_2} B = \frac{y_2}{x_1 - x_2} B \\ Z &= \frac{-c}{x_1 - x_2} B \end{aligned} \right\} \text{①式}$$

## 氷厚測定

船(砕氷船)などに設置した2台のデジタルカメラから  
海水の破断面を撮影し海水の氷厚を測定する。



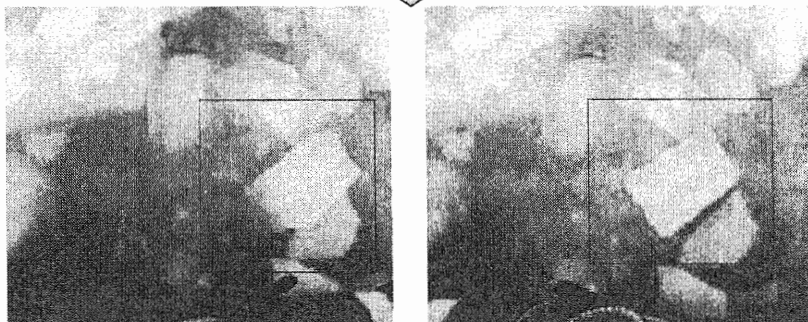
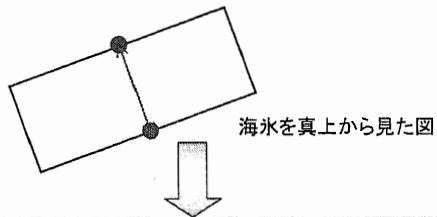
左・ステレオ画像

右・ステレオ画像

同時に撮影したステレオペア画像

## ステレオペア画像から氷厚を算定する方法

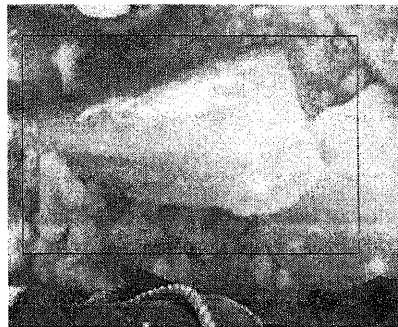
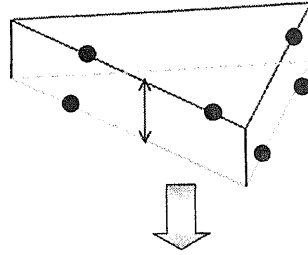
①破断面が上を向いた海水の場合: 直接測定法



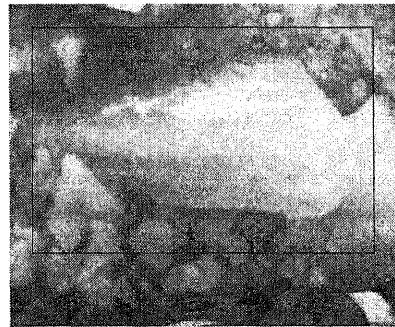
左・ステレオ画像

右・ステレオ画像

## ②倒れこんだ海水の場合：面間距離算出法



左・ステレオ画像

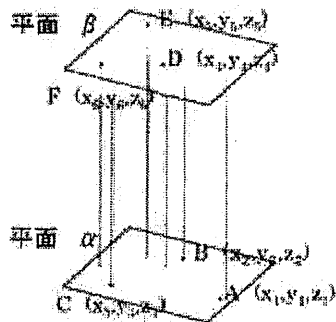


右・ステレオ画像

### 面間距離算出方における海水厚算出

$$ax + by + cz + d = 0 \quad \dots \text{②式}$$

$$\frac{|ax_0 + by_0 + cz_0 + d|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad \dots \text{③式}$$

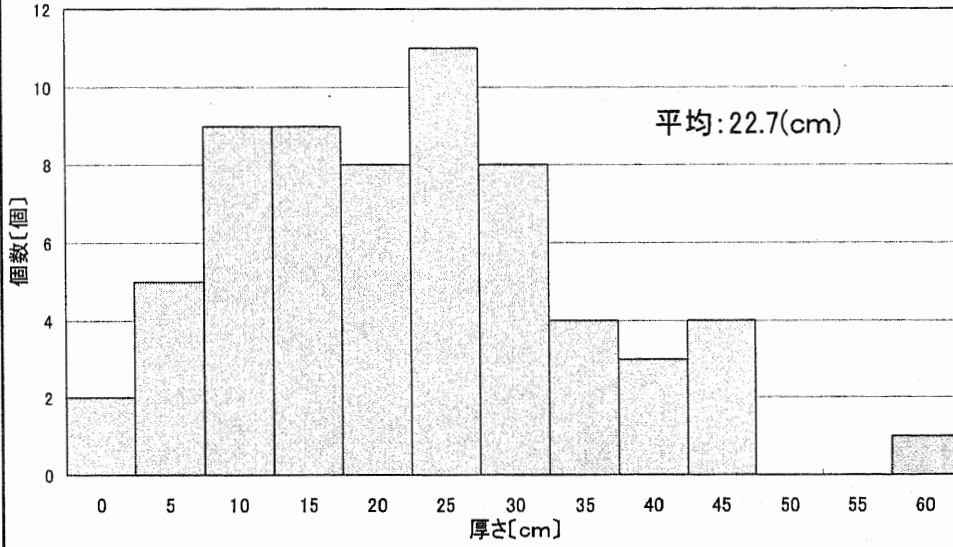


海水厚と思われるステレオペア画像より Techno Viewer3Dを用いて、3点計測する。

3次元座標より②式より平面を求める。

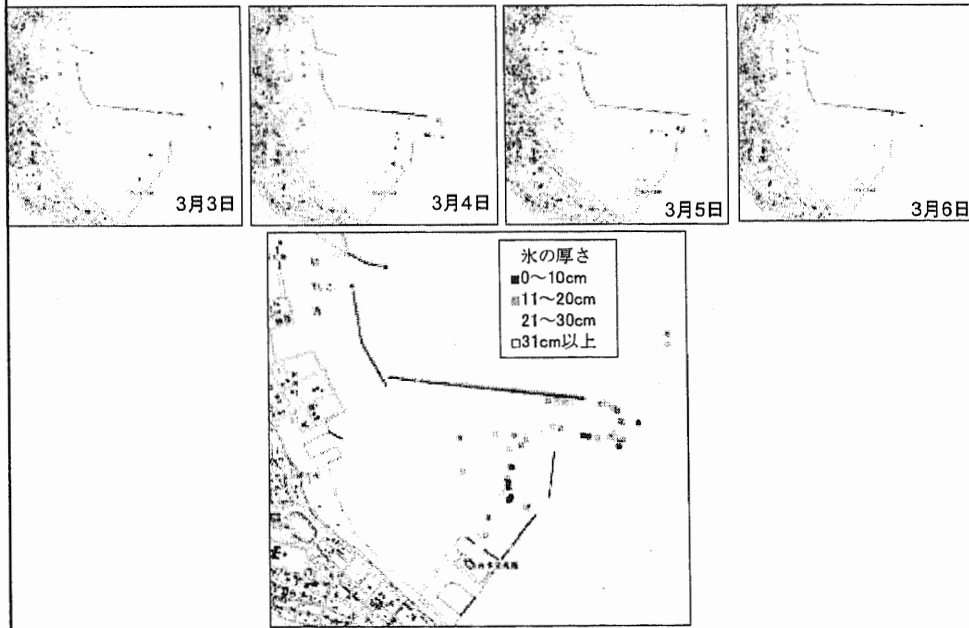
平面の方程式と、平面の方程式を求めた3点と反対側と思われるステレオ画像の点との距離を求める(③式)

# 結果



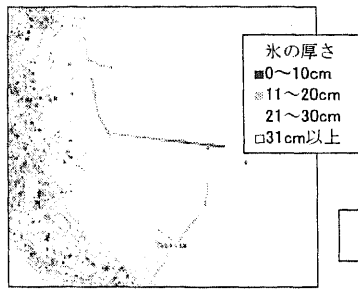
2003年3月3日～6日まで紋別港周辺の海氷の厚さ

# GPSを用いた海氷厚計測位置の算出



2003年3月3日～6日の紋別港周辺の海氷厚分布

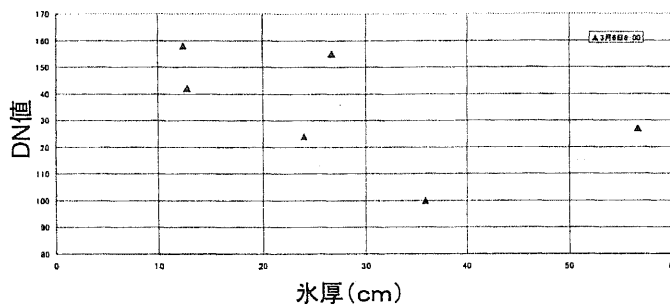
## 同時観測の Landsat-7に海水厚をプロット



2003/3/6の海水厚分布



Landsat-7(Pan IFOV=15m)



観測点数が少なく、  
良い対応は得られ  
なかった。

### まとめ

- ・3次元計測手法による氷厚測定精度: 1~2cm  
(既存方法: 5~10cm)
- ・紋別港(2003年3月3日~6日)氷厚測定結果: 平均22.7cm
- ・GPSデータとの照合により航路上の氷厚分布を算定
- ・デジタルカメラの設定を自動露出・AFに設定して撮影を行ったため、ステレオペア画像が取得できなかった。
- ・他の衛星画像と氷厚の関係を調べる。

### 今後の課題

- ・ステレオペア画像取得の効率向上(現状: 10%程度)
- ・高解像度ビデオカメラの利用による取得率の向上