

# 超音波式多層流向流速計による波浪観測

2022年2月16日



三洋テクノマリン株式会社

# 目次

1. はじめに
2. 波浪観測装置の紹介
3. 波浪観測装置の特徴
4. 比較検証事例の紹介（取得データの比較結果）
5. おわりに

# 1. はじめに

---

- 波浪観測装置とは、海底に観測装置を設置し、絶え間なく打ち寄せる波の高さ、向き、周期を計測するもの。これらデータは主に海岸構造物設計の基礎資料として利用される。
- これまでの超音波式波浪観測装置は、電磁流速計を搭載して波高と同時に流向・流速を1層で測定する機種（DL-3：株式会社ソニックやWAVE HUNTER：有限会社アイオーテック等）が主流であり、当社ではこれまでDL-3をメインに波浪観測業務を実施してきた。
- DL-3が数年前にメーカー保守を終了し、不具合が発生した場合のサポートが受けられない状況となっていた。
- 流向・流速を多層で波高と同時に測定できる波浪観測装置（Signatureシリーズ：Nortek社製）が登場し、導入を検討。
- 2018年以降の波浪観測業務にて、DL-3やWAVE HUNTERと共にSignatureを設置し、取得データを比較検討して実用性の検証を行った。

## 2. 波浪観測装置の紹介

---

現在、海底設置して波浪観測が出来る機器は主に以下の4機種。

①のDL-3はメーカー保守が終了したため、国内の殆どの企業は②のWAVE HUNTERを使用している。

### ◆波浪観測用に開発された計器

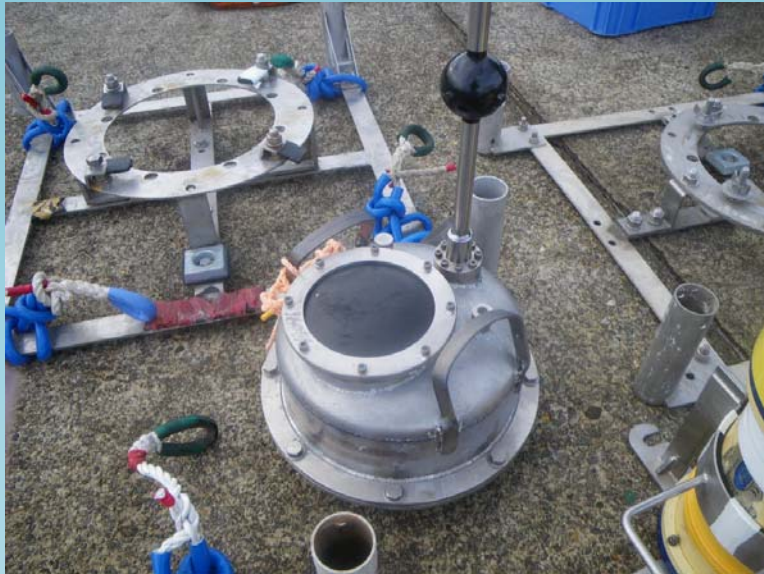
- ① 多機能型波浪観測装置 (DL-3)
- ② 波高・波向・流速計 (WAVE HUNTER)

### ◆超音波多層流向流速計に波浪観測機能を搭載した計器

- ③ 超音波多層流向流速計 (Sentinel V)
- ④ 超音波多層流向流速計 (Signature)

※ ③は波高の測定原理が①②④と異なる

## 2. 多機能型波浪観測装置 (DL-3)



名称	多機能型海象観測装置(DL-3型)			
製作会社	株式会社 ソニック			
1) 測定項目	X, Y 方向流速	方位	水圧変動	水面変動
2) 測定方法	電磁流速センサー	方位磁石	半導体圧力センサー	超音波
3) 測定精度	±1%	±3°	±0.5%FS	±0.3%FS
測定分解能	1cm/s	1°	1cm	1cm
4) 測定範囲	0～±3.0m/s	0～360°	0～20m	0～20m
設置範囲	1～60m	1～60m	1～60m	2～60m
5) 観測モード	1～100分(1分間隔で設定)			
観測時間	1～100分(待合せ最小1分から最長時間1ヶ月間まで)			
観測間隔	2～999分まで選択可及び連続			
サンプリング間隔	0.1、0.2、0.5、1.0SEC 選択可			
6) 記録方式	コンパクトフラッシュカード			
記録容量	128Mバイト			
7) 電源	6V-30Ah・リチウム電池3個まで搭載可			
8) 外形寸法	330mm(外径) × 625mm(高さ)			
重量	空中 約17Kg、(水中 約5kg)			
材質	チタン合金製			

## 2. 波高・波向・流速計 (WAVE HUNTER)



名 称		WAVE HUNTER 04-Σ	
製 造		IO Technic	
測定項目	測定範囲	精度	分解能
超音波	1.9 ~ 6 m	± 1 %	1 cm
(使用水深)	3 ~ 5.5 m		
流速	± 3 m / s e c	± 1 %	1 cm / s
水圧	0 ~ 5 kg / c m <sup>2</sup>	± 0.5 %	1 g / c m <sup>2</sup>
水温	-5 ~ 40 °C	± 0.1 °C	0.1 °C
方位	0 ~ 359 °	± 3 °	1 °
ハードウェア	寸法	400 H × 350 φ	
	重量	重量 : 14 kg	



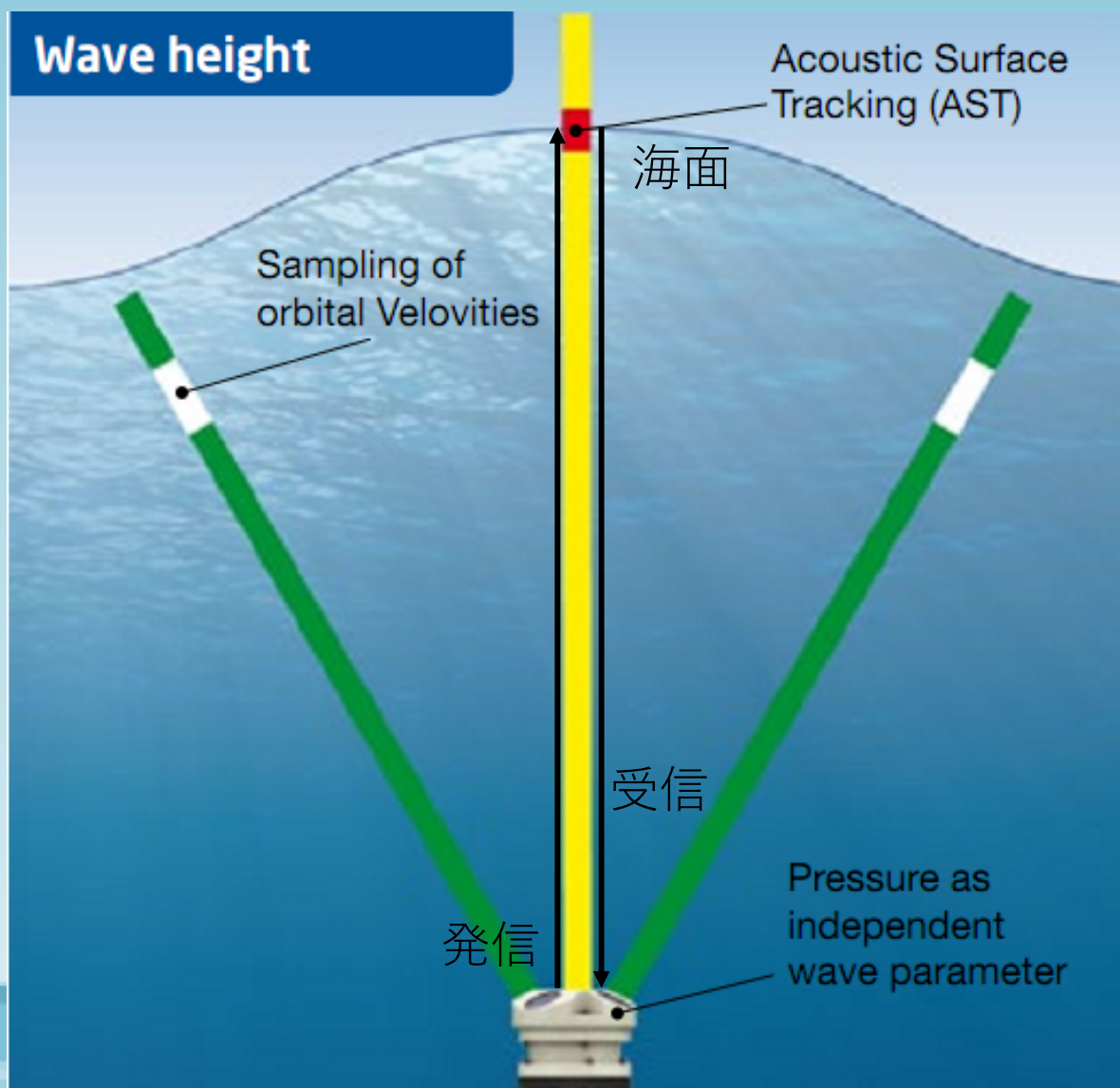
## 2. 超音波多層流向流速計 (Signature1000)



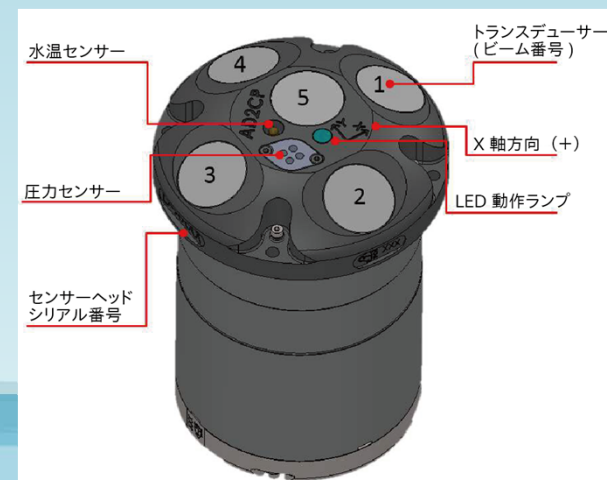
名 称	S i g n a t u r e 1 0 0 0
製 造	N O R T E K
周波数	1, 0 0 0 k H z
ビーム角	2 5 °
ビーム数	5 ビーム
耐圧	3 0 0 m
測定層厚	0. 2 ~ 2 m
最小近接距離	0. 1 m
流速分解能	0. 1 c m / s
測定層数	最大 2 5 6 層
ピング発信間隔	最大 8 H z
最大波浪測定水深	3 0 m
水圧計	精度 0. 1 % F S
コンパス	精度 2. 0 °
温度	精度 0. 1 °C
ハードウェア	内蔵メモリー 1 6 G B
	寸法 2 1 2 H × 1 4 2 φ
	重量 2. 2 1 k g ( 空中 ) 0. 6 2 k g ( 水中 )

# 3. 波浪観測装置の特徴

## 測定原理



センサーから海面へ向かって垂直に発信した超音波が海面に反射して戻ってきた時間から波高を算出



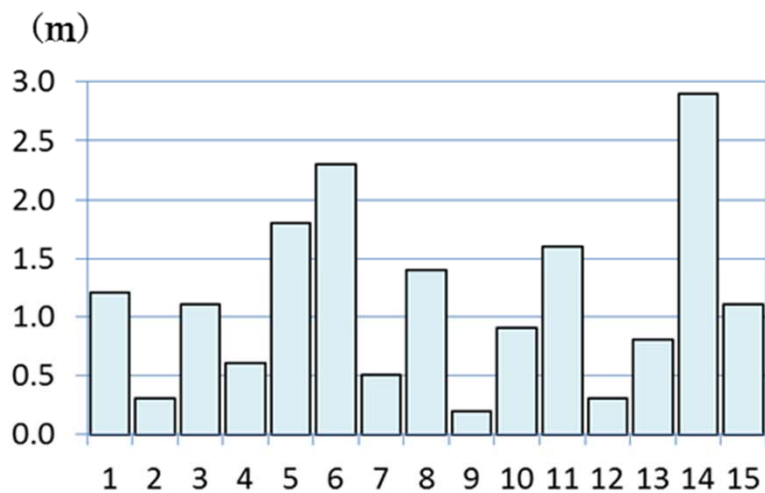


# 3. 波浪観測装置の特徴

機種	本体価格比 (DL-3基準)	記録媒体	設定	データ回収	現場での 取扱い※
DL-3 	1	コンパクト フラッシュ	本体基盤 スイッチ	CFから読取 り	◎
Wave Hunter 	0.6	MiniSD	PCと有線 接続	MiniSDか ら読取り	○
Signa ture 	0.8	内蔵メモリ	PCと有線LAN接続		△

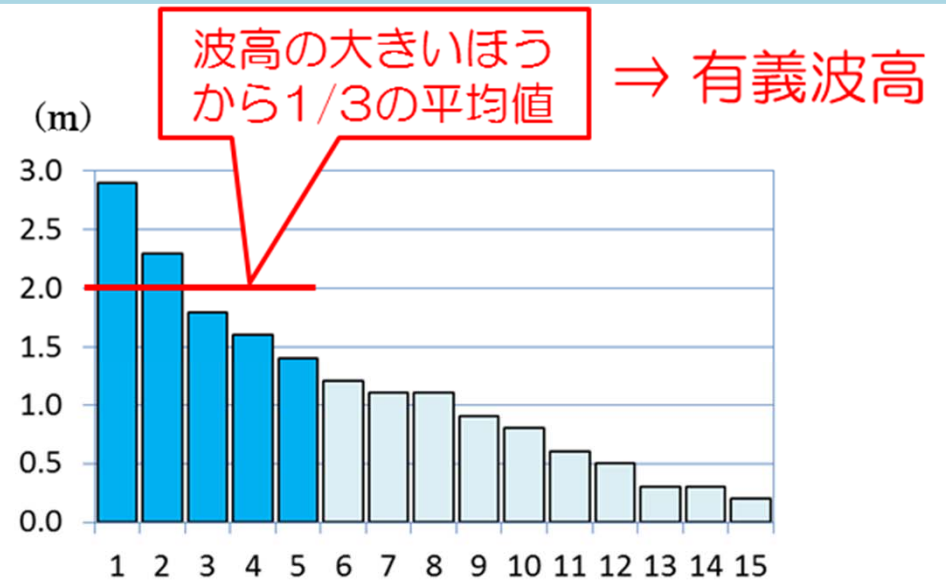
※当社技術者視点での現地作業上の評価であり、製品の性能等の良し悪しを示すものではありません

ある地点で連続する波を1つずつ観測したとき、波高の高い方から順に全体の1/3の個数の波（例えば100個の波が観測された場合、高い方から33個の波）を選び、これらの波高および周期を平均したものをそれぞれ有義波高、有義波周期と呼び、その波高と周期を持つ仮想的な波を有義波と呼ぶ。  
 （「3分の1最大波」と呼ぶこともある。）



ある地点で観測された波高  
 (不規則に変化している)

波高の大きい順に並び替え



⇒ 有義波高

## 4. 比較検証事例 1 (DL-3 vs WAVE HUNTER vs Signature)

---

**神奈川県 三浦半島南端**

**季節：秋**

**場所：港の防波堤の外側（水深 2.7 m）**

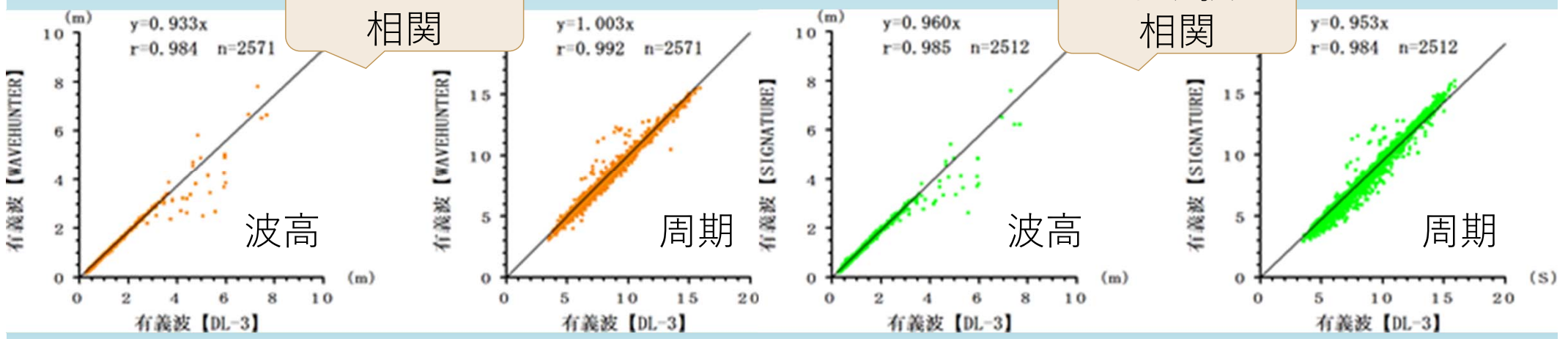
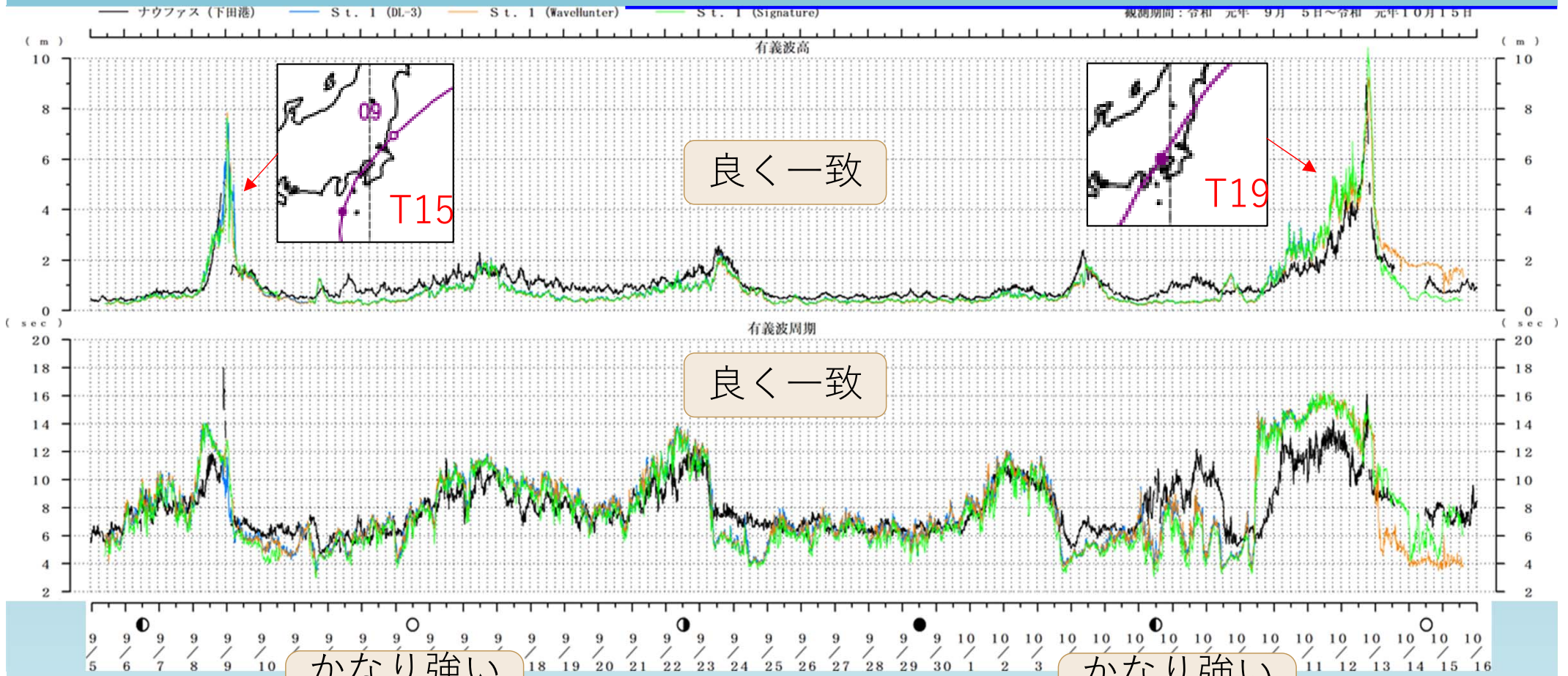
**目的：台風襲来による高波の観測**

**季節：冬**

**場所：港の防波堤の内側（水深 1.5 m）**

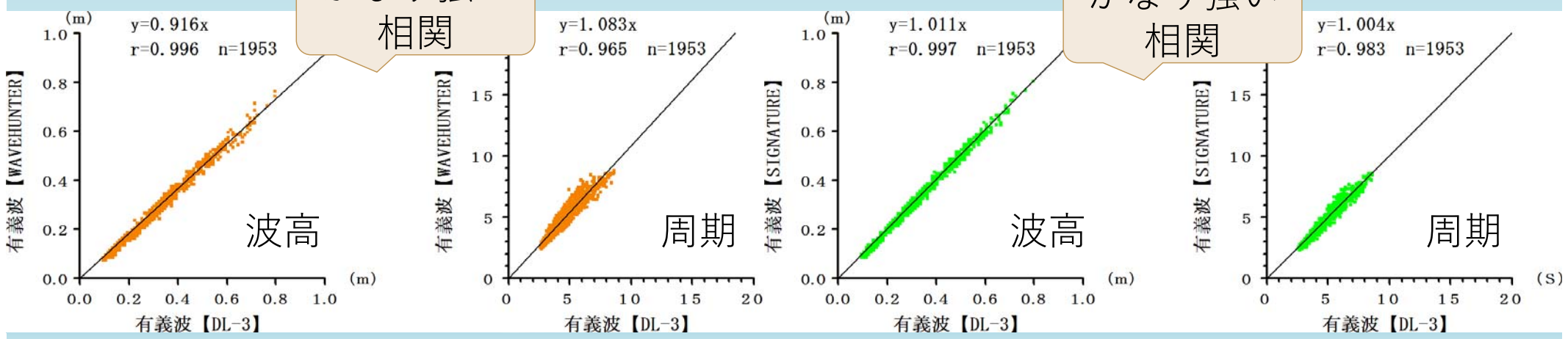
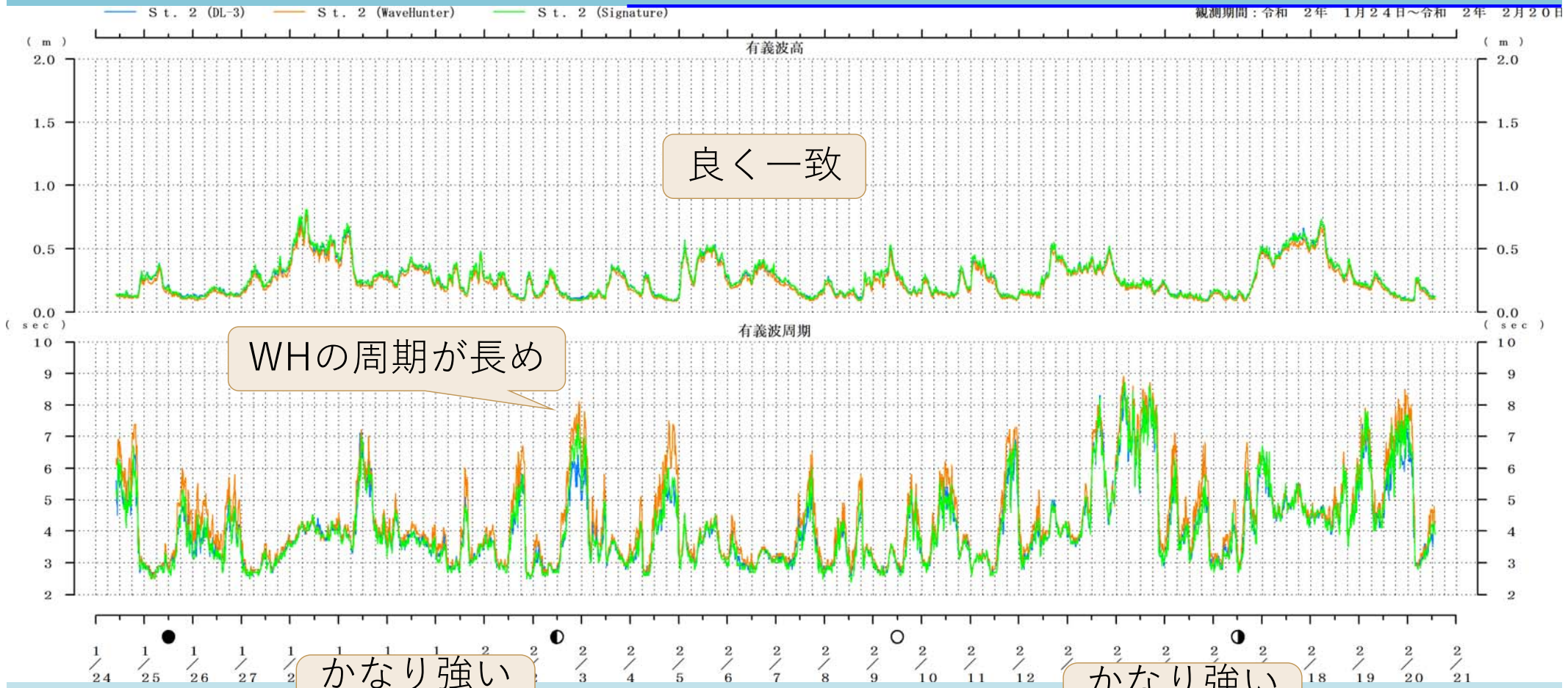
**目的：港内の静穏な環境での観測**

# 4. 取得データの比較 ( DL-3 vs WAVE HUNTER vs Signature ) 秋



# 4. 取得データの比較 ( DL-3 vs WAVE HUNTER vs Signature ) 冬

観測期間: 令和 2年 1月24日~令和 2年 2月20日



# 4. 取得データの比較 ( DL-3 vs WAVE HUNTER vs Signature )

## 波 向 と 波 高

DL-3



WAVE HUNTER

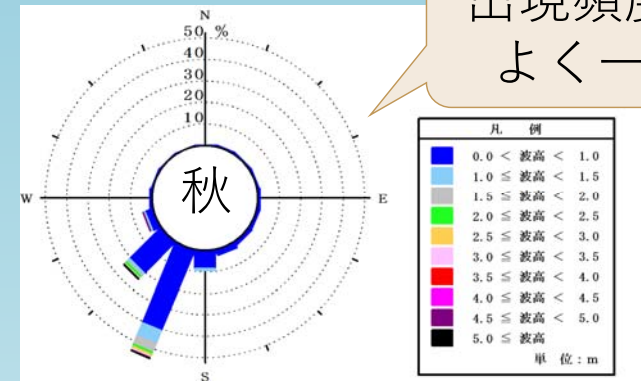
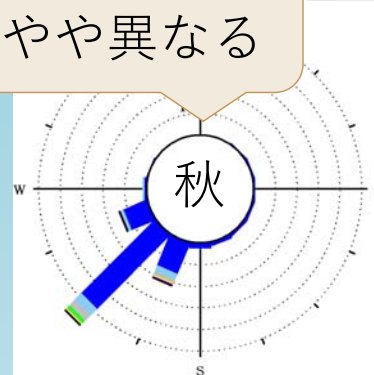
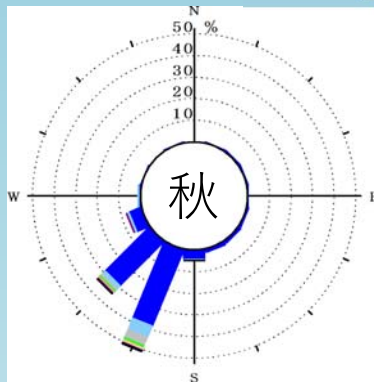


Signature

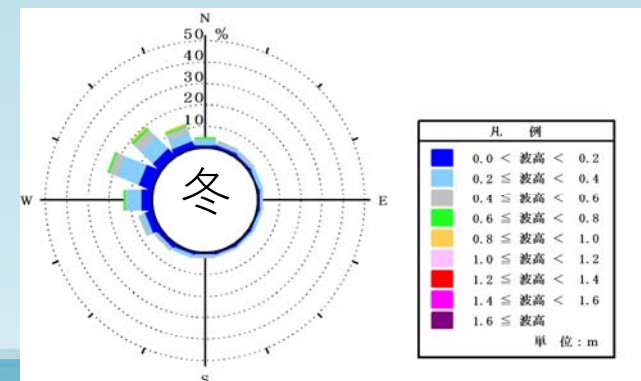
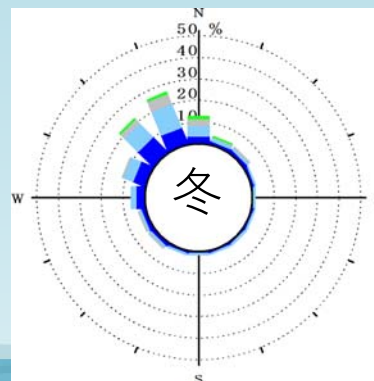
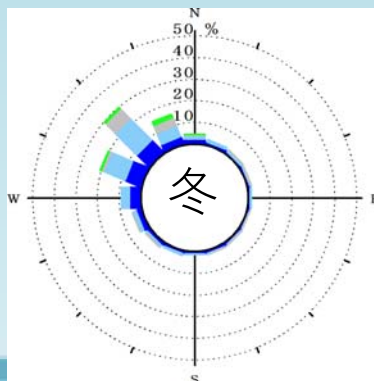


出現頻度が  
やや異なる

出現頻度が  
よく一致



3機種とも  
異なる



## 4. 比較検証事例 2 (DL-3 vs Signature)

---

### 東京湾

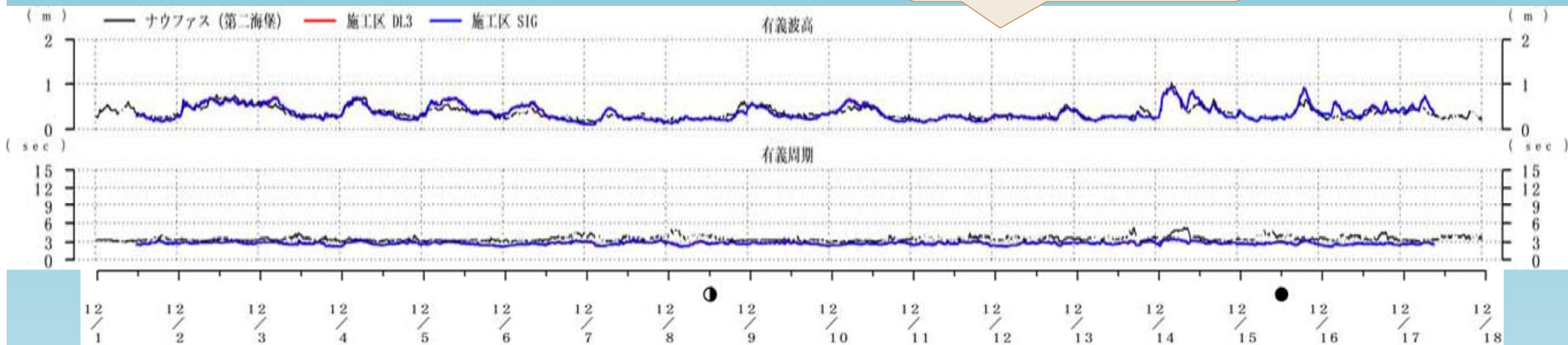
季節：冬

場所：千葉県岸壁から 50 m 沖 (水深 4 m)

目的：冬季の季節風による高波の観測

## 4. 取得データの比較 ( DL-3 vs Signature )

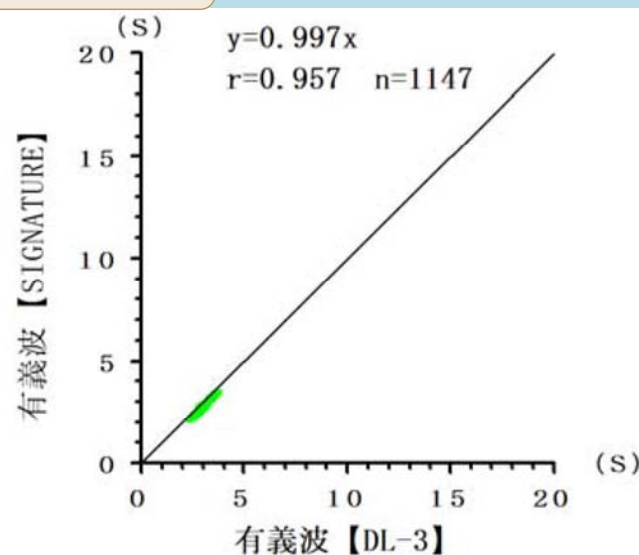
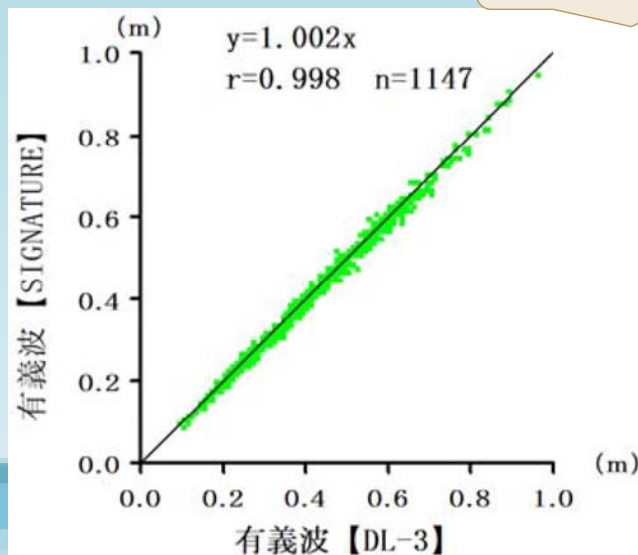
非常に良く一致



有義波高

かなり強い相関

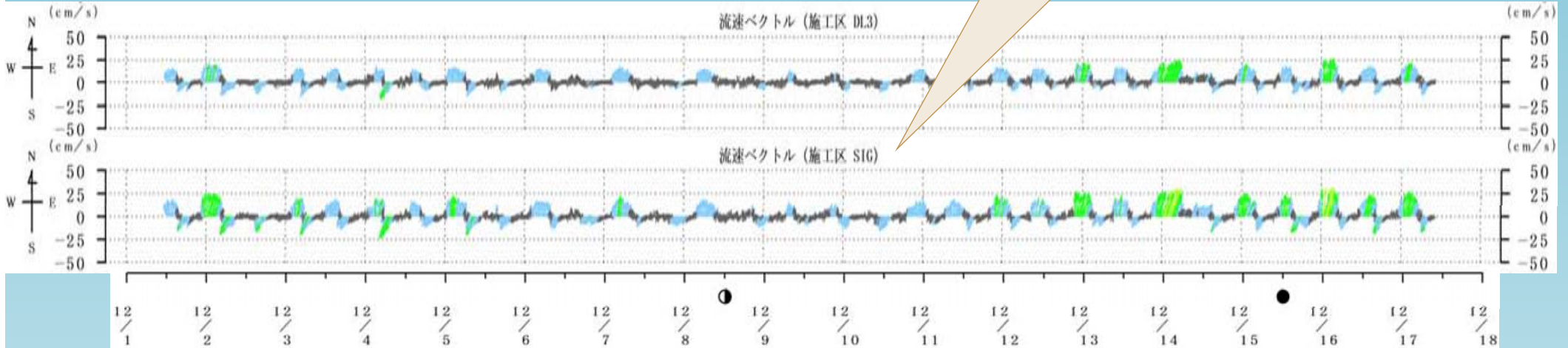
有義波周期





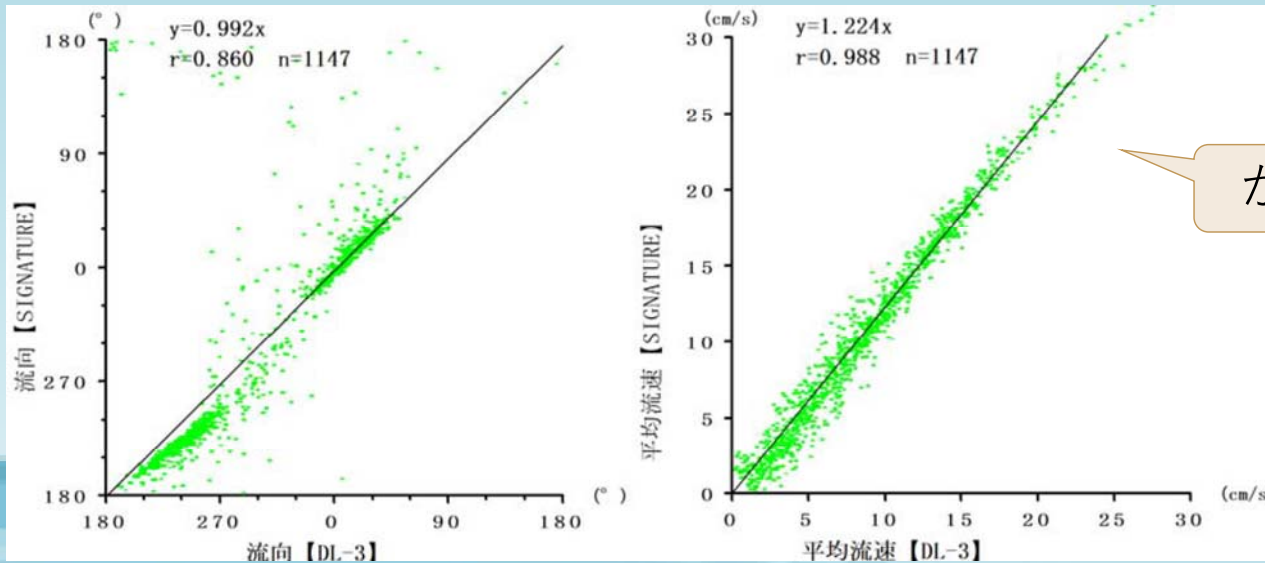
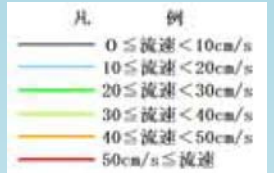
# 4. 取得データの比較 ( DL-3 vs Signature )

流速が全体的にやや速い



流向

平均流速



かなり強い相関

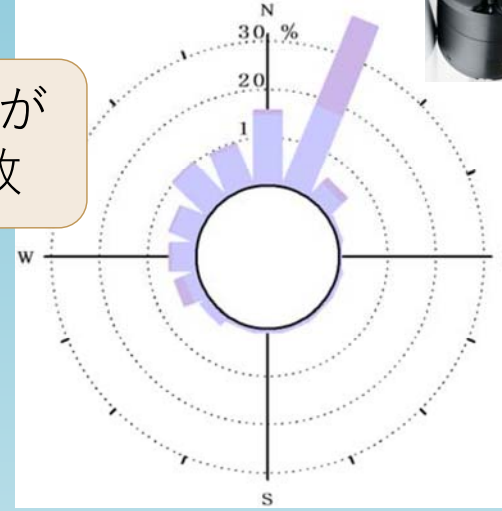
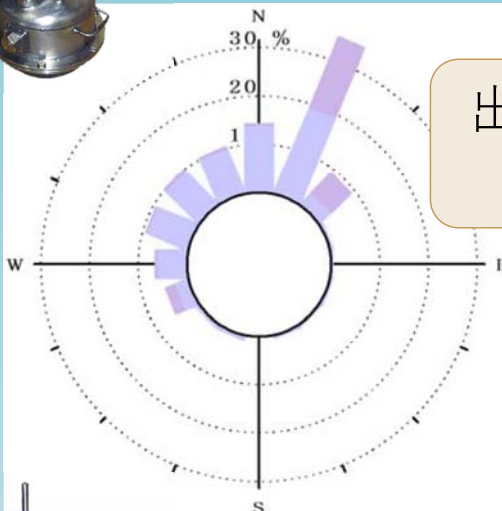
# 4. 取得データの比較 ( DL-3 vs Signature )

## 波 向 と 波 高



DL-3

Signature



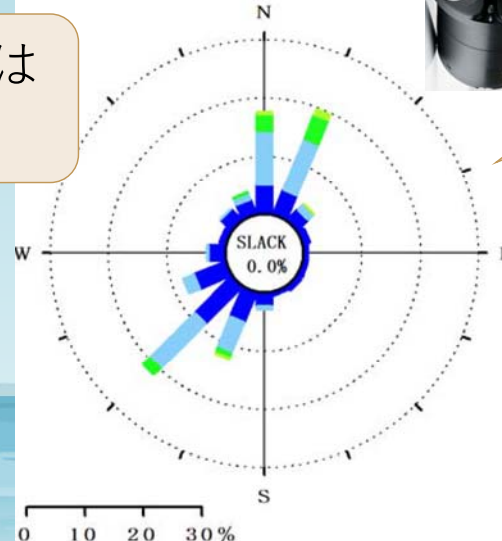
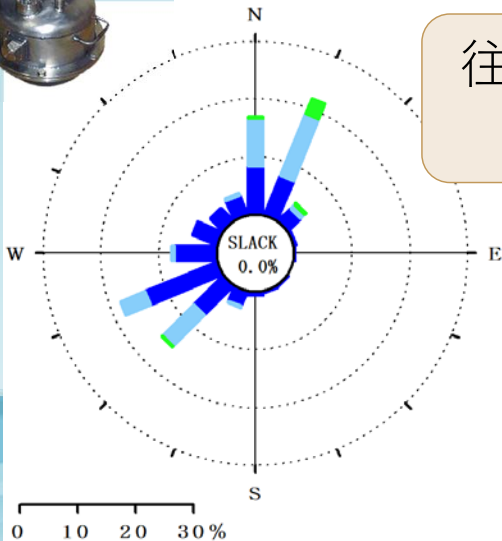
出現頻度がよく一致

凡 例	
0.00 < 波高 < 0.50	0.50 ≦ 波高 < 1.00
1.00 ≦ 波高 < 1.50	1.50 ≦ 波高 < 2.00
2.00 ≦ 波高 < 2.50	2.50 ≦ 波高 < 3.00
3.00 ≦ 波高 < 3.50	3.50 ≦ 波高 < 4.00
4.00 ≦ 波高	

単 位 : m

有義波高

## 流 向 と 流 速



往復傾向は一致

流速がやや速い

凡 例	
0 < V < 10	10 ≦ V < 20
20 ≦ V < 30	30 ≦ V < 40
40 ≦ V < 50	50 ≦ V

単 位 : cm / s

流向・流速

# 5. おわりに

## 【DL-3との比較検証結果】

WAVE HUNTER： DL-3と波向きの出現が異なった

Signature1000： DL-3と同等な観測結果であった

機種	本体価格比 (DL-3基準)	電池価格比 <sup>※1</sup> (DL-3基準)	最大観測 日数	検証結果 (DL-3との 比較)	ランニング コスト
DL-3	1	1	約30日	—	△
WAVE HUNTER	0.6	0.5	60日	波向にズレ	○
Signature	0.8	0.3	90日以上 <sup>※2</sup>	同等	◎

※1 観測日数30日程度の観測設定の場合

※2 内部バッテリー＋外部バッテリー2個使用時（その他設定次第で変動）

# 5. おわりに

---

## 【Signature導入のメリット】

1. 多層で流向・流速を測定できる
  - 鉛直的な流況の分布を把握できる
  - 多層のデータを元に波向算定等、より詳細な波浪解析が可能
2. 軽量である
  - 現場作業や運搬時の安全性が向上
3. ランニングコストが安価である
  - 経費削減が可能
4. 外部バッテリーによる長期観測
  - 内部バッテリーと外部バッテリー（2個）の併用により、交換なしで最大90日以上※の長期連続観測が可能
  - 点検頻度を抑え経費削減が可能

※ 観測条件により異なる

※ 水深15m、観測層厚0.5m、0.5秒連続観測、1ピング発信の場合

ご清聴ありがとうございました

