

# 三陸大槌湾内で支配的なうねり性波浪の起源推定

2019 年 3 月 海洋資源環境学分野 47-176620 藤井孝樹

指導教員 小松幸生 准教授

キーワード：大槌湾、波浪、うねり、風速計付き GPS 波浪ブイ、波浪モデル

## 1. 序論

波浪は、風からのエネルギー入力により発達過程にある風波と、風波が風域を離れて減衰過程にあるうねりの総称で、現実の波浪は両者が混在している。三陸の内湾域では、沖合で発生し湾内に伝播してきたうねりの影響が強いことが以前から知られており、そのため、三陸のリアス海岸特有の多種多様な湾口部の形状に依存して、湾内波浪の特性は湾ごとに異なり、湾内の波浪に影響を与えるうねりの発生海域も湾ごとに異なる可能性が指摘されている (Komatsu and Tanaka, 2017)。現業の波浪予測モデルは沖合域を対象としており、三陸のような数 km 程度の水平スケールの小規模湾内の波浪を予測する体制にはなっていない。三陸内湾域は養殖業や採介藻漁業が盛んで、その大半は数トン程度の小型漁船で行われるため、1 m 程度の波高でも作業ができない場合があり、波浪予測に対する需要は高い。そこで、数値モデルの代替措置として、もし内湾域の波浪に強い影響を与えるうねりの起源を推定することができれば、その海域の風速・風向を監視することで、事前に湾内の波浪の状況のある程度推測することできる可能性がある。また、アメリカ西海岸に伝播して来るうねりが 15,000 km も離れた南極沖合の暴風域を起源としていることはよく知られている一方で (Munk et al., 1963)、三陸のうねりの起源は果たしてどこなのか、そして何故そこなのかといった力学的な課題も残されている。

本研究では、三陸の代表的な半閉鎖湾である岩手県の大槌湾を対象とし、沖合から伝播して、湾内の波浪に支配的に影響を与えるうねりの起源を解明することを目的とする。大槌湾は、Komatsu and Tanaka (2017) によって三陸で初めて風と波浪の 2 次元エネルギースペクトルの同時モニタリングが行われた場所であり、湾内で観測された波浪のエネルギーの 6~8 割は北東沖合から伝播して来るうねりが寄与していることが分かっているが、うねりの起源推定まで至っていない。また、Komatsu and Tanaka (2017) の解析期間はモニタリングの最初の 3 か月間のみであり、結果の普遍性を検証する必要もある。そこで、本研究では、約 4 年間にわたる湾内波浪のモニタリングデータを解析し、また、波浪モデルを用いた数値実験を実施して、沖合海上風の時空間分布との関係からうねりの起源を推定し、その場所が起源となる要因を考察した。

## 2. データと手法

### (a) 大槌湾内の風速計付き GPS 波浪ブイの観測データ

大槌湾内南部の長崎沖の水深 40m の場所に係留・設置した風速計付き GPS 波浪ブイで観測したデータの内、比較的安定してデータが得られた 2012 年 10 月~2016 年 12 月のデータを利用した。沖合海上風は、気象庁のメソ数値予報モデルの格子点値 (MSM-S) と長期再解析値 (JRA55) を使用し、湾内波高との相関解析を行った。

## (b) 波浪モデルによる数値実験

太平洋全域（解像度： $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ）と三陸沖合域（解像度： $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ ）を対象とし、Komatsu and Masuda (1996) の第 3 世代波浪予測モデルを使用して、JRA55 の海上風で駆動させて 2012 年の 1 年間の追算実験を実施した。出力の 2 次元エネルギースペクトルからうねり成分の逆追跡解析を行い、うねりの起源海域を推定した。

## 3. 結果と考察

### (a) 大槌湾内の有義波高と沖合海上風速との関係

波浪ブイのデータから、大槌湾内の波浪は、季節によらず北東方向（ $60^{\circ}$ ）の沖合から伝播してきたうねりが支配的であることが分かった。湾内の有義波高と沖合海上風の大槌湾に向かう方向の風速成分との間の時間ラグ相関係数も、季節によらず湾口が開いた  $60^{\circ}$  の方向に有意に高く ( $p < 0.05$ )、その最大値の場所は時期によって変動するが、平均すると大槌湾から 300 km 付近に位置することが分かった。この距離は、湾内で観測されるうねりが、群速度で時間ラグ内に十分到達できる距離であり、しかも、この場所に吹く風で生成された波浪がうねりとして伝播する過程で減衰しても、湾内波浪の変動に支配的に影響を与えることが可能な距離であることが分かった。

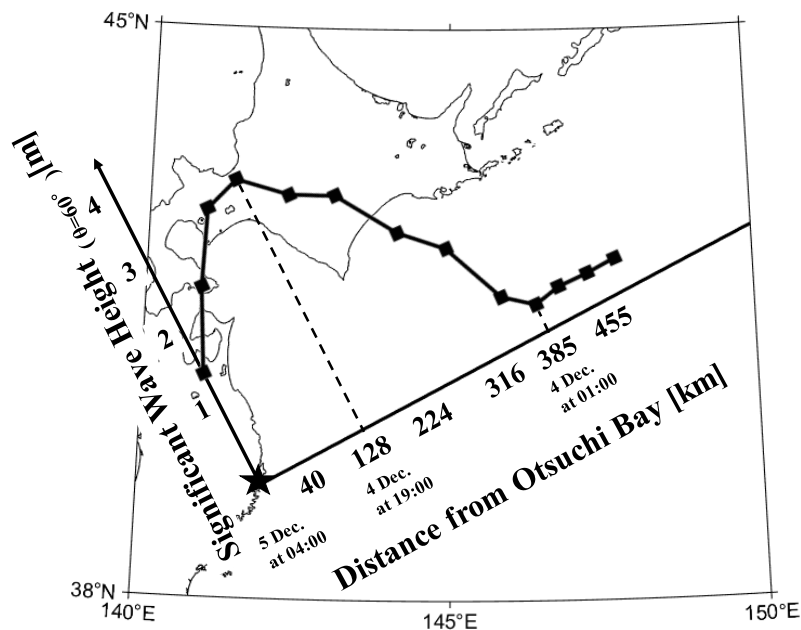
### (b) うねりの起源海域の推定

湾内波浪の観測データと沖合海上風速との関係から、うねりの起源海域は大槌湾から  $60^{\circ}$  方向の沖合、300 km 付近の海域であることが推定されたが、実際の波浪は、様々な波高、周期、波向の波が相互作用しており、単純ではない。そこで、波浪の非線形相互作用の過程を高精度に組み込んだ Komatsu and Masuda (1996) のモデルによる追算実験の出力から、大槌湾の湾口に最も近いモデル格子点で最大波高が推定された 12 月 5 日 4 時を起点とし、2 次元スペクトルの波向  $60^{\circ}$  の成分を抽出して逆追跡を行った。その結果、有義波高の最大値、最小値の位置はそれぞれ大槌湾から  $60^{\circ}$  方向に 128 km、385 km であった。

## 4. 結論

大槌湾内に伝播して来るうねりの起源海域は、湾から  $60^{\circ}$  方向の沖合、中心を 300 km 付近とする海域であることが推定された。この海域は高・低気圧の移動経路上にあり、その場の風で生成されたうねりの減衰効果を加味しても、湾内の波浪に支配的に影響を与え得る距離にある。

図 1  
波浪モデルで推定された  
2 次元スペクトルの  
波向  $60^{\circ}$  成分の逆追跡より  
算出した有義波高。  
★は大槌湾の位置を示す。



# Source estimation of swell-dominated surface waves in Otsuchi Bay on the Sanriku ria coast, Japan

Mar.2019 Marine Resources and Environment 47-176620 Takaki Fujii  
Supervisor Associate Professor Kosei Komatsu

Keywords : Otsuchi Bay,wave,swell,wind- and wave-monitoring buoy,wave model

## 1 . Introduction

Sea surface waves generated by wind blowing over the ocean are classified as wind waves or swells. Wind waves are in the process of development by receiving energy input directly from the local wind. Swells, on the other hand, have propagated away from their generation region and they are no longer receiving active energy from the local wind. Real surface waves are a mixture of wind waves and swells, and their state in the offshore region are predicted operationally with an enough accuracy by solving numerically the energy balance equation. However, in the coastal region numerical prediction drops the accuracy mainly due to various topographic effects, although the state of surface waves is more critical information for safe maritime operations.

Sanriku ria coast on the northeast portion of Japan has been well known to be affected strongly by swells propagated from the offshore regions. Interestingly, the state of surface waves is usually different even between adjacent bays, depending on the topographic shape of the bay. Recent wave monitoring in Otsuchi Bay, a representative semi-closed bay in Sanriku, revealed that the wave height was significantly correlated with the wind velocity component toward the bay in the northeastern offshore region that faces the bay mouth (Komatsu and Tanaka, 2017). However, their analyses are restricted to the data obtained in the first three months of the monitoring, hence seasonality of the above wave characteristics is open to question. Moreover, the main source of swells which have dominant influences on waves in Otsuchi Bay has not been clarified yet.

This study aims to specify the source region of swells that impact significantly on surface waves in Otsuchi Bay. For this purpose, wind and wave data obtained during the four-years monitoring period were analyzed and numerical experiments were conducted.

## 2 . Data and Method

This study used the data of surface waves and wind obtained from October 2012 to December 2016 by a single-mode GPS wave sensor and an ultrasonic anemometer attached on a buoy, which was moored on the bottom (40 m depth), 300 m north of the southern coast of Otsuchi Bay (Komatsu and Tanaka, 2017). Semiannual occurrence probability of the significant wave height in the bay were calculated and their relation with the offshore wind velocity were analyzed using the surface wind field reproduced by Japan Meteorological Agency (MSM-S and JRA55).

Hindcast experiments of offshore wind waves in the Pacific were conducted using a third-generation wave forecasting model (Komatsu and Masuda, 1996), which was driven by the JRA55 surface wind in the same period as the monitoring in Otsuchi Bay. Backward tracking of 2D spectra was executed from the closest point to Otsuchi Bay as the starting point, to estimate the source region of swells, focusing on the period when extremely high waves were simulated at the point.

### 3 . Result and Discussion

Monitoring data revealed that surface waves in Otsuchi Bay were affected dominantly by swells propagated from northeastern offshore region in all seasons. Time-lag correlation coefficient between the wave height in the bay and the offshore wind velocity component in the direction to the bay was maximized in the region approximately 300 km northeast of the bay, from which waves developed by the local wind are accessible within the corresponding time-lag to the bay at a speed of the group velocity of the swell observed in the bay. Impact of swells on the waves in the bay depends on both the swell energy determined by the wind velocity component toward the bay in the source region and the propagation distance from the source region. The relation between the occurrence probability of the wind velocity and the decay rate of the swell in the direction to the bay suggested that the offshore region 300 km northeast of the bay may be the source region of the swell that impacts dominantly on waves in the bay. These results were supported by the backward tracking experiments of the spectral component hindcasted by a wave model (Komatsu and Masuda, 1996).

### 4 . Conclusions

The offshore centered at the region 300 km northeast of Otsuchi Bay was shown to be the source region of the swell that impacts dominantly on waves in the bay.

**Figure 1**  
significant wave height calculated by backward tracking of the component of the wave direction 60° estimated by the wave model.  
★ indicates the Otsuchi bay.

