うねりの方向スペクトルの相似形に関する研究

藤木 峻¹・川口 浩二²・櫻庭 敏³・橋本 典明⁴

¹正会員 港湾空港技術研究所 海洋情報・津波研究領域 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail:fujiki-t@pari.go.jp

²正会員 港湾空港技術研究所 海洋情報・津波研究領域 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

³国土交通省 東北地方整備局 釜石港湾事務所 (〒026-0011 岩手県釜石市港町1丁目1-1)

⁴フェロー会員 九州大学大学院 工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

うねりの方向スペクトルは海岸過程の外力として重要であるが、観測・解析上の困難から十分に研究がなされていない。本研究では、東北~関東の太平洋岸の観測点5地点で1年間観測された波浪データをもとに、安定なうねりを抽出してその方向スペクトルの形状特性および相似形について検討を行った。風波とうねりの分離結果の妥当性は風波の3/2乗則によって確認した。観測されたうねりの方向スペクトルはピーク付近にエネルギーが集中・孤立し、従来の標準形では十分に表現できない特異な形状を示したが、修正した標準形を用いてうねりの方向スペクトル形状の表現を試みた。最後に、波齢や波形勾配は観測地点周辺の局所的な気象場や波浪場の情報しか含んでいないため、遠方の波源から供給されるうねりの方向スペクトルの形状を決定する因子としては不十分である可能性を示した。

Key Words : swell, directional spectrum, identification of wind sea and swell

1. 研究の背景

近年増加するうねりによる被災とその発生機序が注目され、国内外の被災事例の解析によるうねりの研究が現在精力的に行われている¹⁾²⁾³⁾。高波を伴って被災を引き起こすようなうねりの他にも、沿岸域における *Infragravity waves* のソースとしてうねりが大きな寄与を持つことが指摘されている⁴⁾。合田⁵⁾によれば、そのような *Infragravity waves* は沿岸砂州を形成する要因の一つであり、また前浜のバームを欠落させる主要因であるなど工学的に重要な外力となっている。

沖合から到達したうねりの沿岸域における伝搬・変形過程の理解には波浪の周波数・方向スペクトルが必要であるが、従来の研究ではうねりの現地観測・解析上の困難から研究が十分になされていない。風波の周波数・方向スペクトルについては研究事例が豊富にあり、波齢の関数として表現された方向スペクトルの平衡形が、風波の周波数・方向スペクトルの標準形として提案されている⁶⁾⁷⁾⁸⁾。一方、うねりの周波数・方向スペクトルの研究事例は、光易らが風波に対して提案した方向スペクトルの標準形を合田ら⁹⁾が拡張し、うねりの方向スペクトルの標準形として提案した例がある。合田らは工学応用を念頭に、波齢で記述される光易らの平衡形を書き換えて、波形勾配による標準形の表現を与えた。その際、光易らの研究がカバーしていない低波形勾配の領域では少数の

観測データを用いて外挿を行っている。最終的には、設計上想定する海象条件に対応する波形勾配から算出された S_{max} を設計値として提案している。

現在うねりを想定して使われる標準的な周波数・方向スペクトルは、風波の観測事例を拡張して設定されたものであるため、上記被災の発生機序の解明のためには現地観測に基づくうねりの方向スペクトル特性の把握が必要である。そのような事情を受けて近年、方向スペクトルの現地観測に基づいた S_{max} の再評価が報告されている¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。しかし、上記既往研究で得られた結果に共通する問題として、データの散乱が大きく解釈が困難であるという点があげられる。この原因としては、解析対象データ中に海象条件の急変にともなう *transient waves* が含まれている、風波とうねりが混在していること等が考えられる。対策として、解析対象とする観測データから風場や波浪場が急変するデータを除外し、さらに風波とうねりを分離した上でそれぞれの性質について解析を行うことが必要と考えられる。

そこで本研究では定常的なうねりの現地観測に基づく方向スペクトルの形状特性とその決定因子について調査を行う。具体的な手順は以下による。まずは現地観測されたうねりを対象に高精度な推定手法で方向スペクトルを得る。さらに急変する気象場や波浪場を除外した上で風波とうねりを合理的に分離し、風波が混入しない安定なうねりで構成されたデータセットを作成する。得られ

た安定なうねりの方向スペクトルについて現行の設計値との比較を行い、最後にうねりの方向スペクトル形状特性を決定する因子として、風波と同様に波齢の逆数や波高勾配を用いることの妥当性を検討する。

2. 観測データ

日本では港湾整備や海上荷役に必要な波浪情報の提供を目的として、国土交通省港湾局および関係協力機関により77地点での波浪観測網による現地波浪の観測が行われている。本研究では関東から東北地方にかけての太平洋岸の観測点で取得されたうねりのデータを対象とする。方向スペクトルを基に解析するために、海象計による観測が行われている八戸・久慈・小名浜・常陸那珂・鹿島の5地点の2014年の1年間の観測データを対象として解析を行った。波浪観測地点の位置を図-1に示す。各地点いずれにおいても連続観測が行われており、20分間の波浪データを1サンプルと扱った場合、1年間でおおよそ26000サンプルの波浪観測データを得る。風波とうねりの分離に用いる波齢の逆数を計算するには波浪観測地点のフェッチを代表する海上風の観測データが必要になるが、代替として日本海洋データセンター（以下、JODC）が提供する沿岸海上気象観測データを用いた。JODCの観測地点は沿岸の海上気象モニタリングを目的に設置されており、局所的な気象現象を対象としない限りは海上風として参照することが可能であると考えた。なお、風観測データの観測地点と海象計観測地点の水平距離は最大で10km程度であった。

図-1 波浪観測地点

図-2 半値幅の定義

図-3 α と S_{max} の関係

3. 解析手法

海象計の観測データから周波数・方向スペクトルを得るために、関数形を仮定せずに任意の方向分布形を表現可能なベイズ法¹³⁾ ¹⁴⁾を用い、20分毎に得られた観測データに対して方向スペクトル解析を行った。方向スペクトル解析にあたってはクロススペクトルの正規化¹³⁾を行い、ハイパーパラメタは0.001~100.0の範囲で探索した。

得られた方向スペクトルの平均波高 H_{m0} (m)、周波数スペクトルのピーク周波数 f_{peak} (Hz)およびそれに対応するピーク波長 L_{peak} (m)より、波齢の逆数 $U_{10}\cos(\delta)/C_p$ および波形勾配 H_{m0}/L_{peak} を算出した。ここで、 U_{10} は10m高度における風速(m/s)、 δ は波と風の伝搬方向の差(rad)、 C_{peak} は L_{peak} に対応する波速(m/s)である。また、周波数・方向スペクトルから S_{max} を算出するために、周波数スペクトルピークにおける方向スペクトルから以下の図-2で表される半値幅 α を算出した。半値幅 α と方向集中度 S_{max} との関係を式(1)に、合田らが標準形として用いた方向分布関数を式(2)に示す。ここで、 G_0 は正規化定数、 θ_0 はピーク波向である。式(1)より求めた半値幅 α と方向集中度 S_{max} の対応を図-3に示す。

$$S = \log \frac{1}{2} / \log \left(\frac{1 + \cos(\frac{\alpha}{2})}{2} \right) \quad (1)$$

$$G(\theta|f) = G_0 \cos^{2s} \left(\frac{\theta - \theta_0}{2} \right) \quad (2)$$

波齢の逆数を用いた風波とうねりの分離について、Hasselmannら⁵⁾はおよそ1.01、Donelanら⁷⁾は0.83を下限として風波の抽出を行っている。本研究では10m高度における風速への補正や、風観測地点と波浪観測地点の距離に起因する観測誤差を考慮して、波齢の逆数が1.0以上を風波、0.0以上0.6以下をうねりとして判定した。また、波齢の逆数が負となる場合は、逆風下のうねりとして別に取り扱った。最終的には表-1に示す基準にしたがって、安定なうねり (pure swell) , うねり (swell) , 逆風下のうねり (counter swell) , 風波(wind sea)を抽出した。また、高波高時の観測データは碎波の影響等で信頼性が低下している可能性があるため、本研究では解析対象を波高1~4mの範囲のサンプルに限定している。

表-1 風波とうねりの分離の基準

海象条件	平均波高 (m)	ピーク周期 (s)	1/波齢 (-)	風速 (m/s)	風向・波向差 (deg)	1時間毎の気象・海象変化	
						風速 (m/s)	風向・波向 (deg)
安定なうねり (pure swell)	1.0 ~ 3.0	8.0 ~ 20.0	0.0 ~ 0.6	0.0 ~ 5.0	-45.0 ~ +45.0	-5.0 ~ +5.0	-10.0 ~ +10.0
うねり (swell)	//	5.0 ~ 20.0	0.0 ~ 0.6	-	//	//	//
逆風下のうねり (counter swell)	//	//	< 0.0	-	//	//	//
風波 (wind sea)	//	//	> 1.0	-	//	//	//

図-4 解析対象としたサンプル

図-5 風波の3/2乗則の成立の確認

図-6 うねりの方向スペクトルの例

4. 解析結果

(1) 風波とうねりの分離

表-1に示す基準を用いて、5地点の合計138サンプルのうねりを解析対象として抽出した。抽出した安定なうねりについて、全サンプルに占める割合を図-4に示す。太平洋岸の波浪の特性として、風波の割合が低く、うねりの割合が高いが、うねりの中でも逆風下のうねりの割合が最も高い。今回解析対象としたデータ中には、高波浪時を含む急変する気象場・波浪場に対応するサンプル（図-4中、Marginal dataで示す）がおおよそ98%含まれていたが、以後の検討ではすべて解析対象から除外した。

(2) 風波とうねりの分離結果の妥当性の確認

風と波の平衡下における風波では、代表波高と代表周期との間に3/2乗の関係¹⁹⁾が見られることを利用し、風波とうねりの分離結果の妥当性を確認した。分離した風波とうねりのサンプルについて、平均波高およびピーク周期を10 m高度風速で無次元化して両対数グラフにプロットした結果を図-5に示す。表-1に示す基準で風波 (wind sea) と判定されたサンプルは3/2乗則に適合し、安定なうねり (pure swell) および逆風下のうねり (counter swell) においては3/2乗則から外れた関係を持つことが示唆された。

(3) うねりの方向スペクトルと形状特性

抽出されたうねりの例として、八戸で2014年4月29日16時50分に観測された周波数スペクトルのピークにおける方向スペクトルを図-6に示す。このときの海象条件は、波高1.07 m、ピーク周期13.0 s、波齢の逆数0.17であった。方向スペクトルのエネルギーがピークの0.0001%を下回る方位角を赤丸で示している。ピーク波向周辺にエネルギーが集中・孤立し、少し離れた波向ではエネルギーは急速にほぼ0に低下することが確認された。入射したうねりの反射波と考えられる複数の低いピークも見られたが、今回の検討ではメインのピークのみを対象とするためそのような副次的なピークは無視して解析を行うこととした。安定なうねりと判定された全138サンプルのメ

図-7 解析対象とした安定なうねり全サンプル

図-8 半値幅をパラメタとした当てはめの例

インのピークを取り出し、さらにピーク波向 θ_0 を一致させたものを図-7に示す。解析対象としたメインのピークは黒線で示し、無視した副次的なピークを赤線で示している。さまざまな形状を示す方向スペクトルが、海象条件に応じて出現しているものと考えられる。

(4) うねりの方向スペクトルの相似形

うねりの方向スペクトルの相似形が合田ら⁸⁾の提案した標準形で表現されると仮定し、式(1)で示す半値幅 α と方向集中度 S_{max} を算出した。本研究で得られたうねりの方向スペクトルは、うねりのピーク波向周辺にエネルギーが集中・孤立する形状をもち、この特徴により $0 \sim 2\pi$ を台とする従来の標準形では十分に表現できない可能性がある。そこで、合田らが提案した標準形において $S_{max} = 1$ としたものを元に、エネルギーがピーク近辺に集中・孤立するように式(3)で書き換えた関数形を用いて観測された方向スペクトルのあてはめを行った。

$$G(\theta|f) = \begin{cases} G_0 \cos^2\left(\frac{\pi}{\alpha} \frac{\theta - \theta_0}{2}\right) & (|\theta| < \alpha) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (3)$$

図-8に、 S_{max} を用いた従来の標準形（図中青線）および、半値幅 α を用いた式(3)（図中赤線）による方向スペクトルのあてはめの結果の例を示す。従来の方向集中度 S_{max} を用いた標準形に比べて、半値幅 α を用いた式(3)

図-9 方向集中度 S_{max} の分布（左：1/波齢，右：波形勾配）

図-10 半値幅 α の分布（左：1/波齢，右：波形勾配）

によって、観測された方向スペクトルの形状を良く表現できている事がわかる。他のサンプルでも同様の傾向が見られ、半値幅 α を直接パラメータとする式(3)を用いることで、うねりの方向スペクトル形状を従来の標準形よりもよく記述できる可能性を示している。

(5) うねりの方向スペクトル形状を決定する因子

うねりの方向スペクトルの S_{max} を決定する因子を検討するために、波形勾配及び波齢の逆数との相関を評価した結果を図-9に示す。それぞれ合田ら⁸⁾と光易ら⁹⁾が与えた曲線を併せてプロットしている。風波（wind sea）については既往研究で示された曲線上におおむね分布しているが、安定なうねり（pure swell）については波形勾配が小さい領域で既往研究よりも低い集中度 S_{max} を示し、この傾向は逆風下のうねり（counter swell）においても同様であった。方向集中度 S_{max} の代わりに、半値幅 α を用いて評価した結果を図-10に示す。半値幅 α は 2π で除して、 $0 \sim 1$ の値をもつ無次元数に変換している。半値幅 α を用いることでデータの散乱は S_{max} に比べてやや抑えられるが、安定なうねり（pure swell）のデータは半値幅・波形勾配のいずれを用いた場合も球状に分布していた。

5. 考察

風波とうねりの分離について、波齢の逆数を用いて風波とうねりを分離し、さらに分離結果の妥当性を3/2乗則への適合性で確認した。純粋な風波は3/2乗則に従うが、うねりが混在すると3/2乗則から外れてくることがEbuchiら¹⁰⁾によって示されている。本研究でも同様の傾向が見られ、安定なうねり (pure swell) および逆風下のうねり (counter swell) の場合に3/2乗則から外れて分布していることが確認された。3/2乗則への適合性より、本研究で対象とした安定なうねりの抽出が妥当に行われたと判断した。抽出の結果、安定なうねりの割合は全サンプルの0.1%程度であり、定常状態にある理想的な条件下のうねりを解析対象として取り出すためには注意を要することが分かった。

うねりの方向スペクトルと形状特性について、観測された安定なうねりの方向スペクトルはピーク波向近辺にエネルギーが集中・孤立していた。うねりは遠方の波源から供給され、さらに伝播の過程において方向分散が進むことで狭帯化する。よって、遠方の波源から沿岸の観測点に供給されるうねりの方向スペクトルにおいては、 $0\sim 2\pi$ の全方位上にエネルギーが分布するのではなく、より限定された方位上でエネルギーが分布すると考えられる。実際に本研究で得られた安定なうねりの方向スペクトルは、ピーク波向き付近にエネルギーが集中・孤立しており、このような取り扱いを支持していると考えられる。

うねりの方向スペクトルの相似形とその表現について、現在うねりの方向スペクトルとして、風波の方向スペクトルの平衡形を基にした標準形が用いられている。しかし、本研究で得られたうねりの方向スペクトルは風波とは異なり、ピーク波向き付近にエネルギーが集中・孤立した形状を持っていた。そのようなうねりの方向スペクトルの表現においては、 $0\sim 2\pi$ の全方位を台にとる従来の式(2)による取り扱いは不自然であり、半値幅 α を直接パラメタとして台を制限した式(3)による表現がより自然であると考えられる。本研究では実際に、観測された安定なうねりの方向スペクトルを、半値幅 α を直接用いた式(3)を用いることで従来の標準形を用いた場合よりも良く表現できた。また、図-3に示したように、半値幅 α に対して方向集中度 S_{max} は敏感に応答し、観測誤差に起因する半値幅 α の推定誤差は方向集中度 S_{max} では大きく拡大される。よって、半値幅 α を直接用いて標準形を表現できれば、方向集中度 S_{max} を用いた場合よりもより安定した解析が可能になると考えられる。

うねりの方向スペクトル形状を決定する因子として、波齢の逆数および波形勾配に対する半値幅 α 、方向集中度 S_{max} の応答を調べた。図-9および図-10より、方向集

中度 S_{max} に比べて半値幅 α を用いるほうがデータの散乱がやや抑えられることが示されたが、光易ら⁶⁾や合田ら⁸⁾既存の研究との対応が現時点では取れないため、本研究では S_{max} の応答についてのみ考察する。本研究では理想的な条件下で観測された安定なうねりを対象に分析を行ったが、従来の光易らの研究において風波で示されたような明確な関係を見出すことができなかった。理由として、従来の研究で風波の方向スペクトル形状を決定するのに用いられた波齢や波形勾配は局所的な風や地形で決まる因子であり、遠方の波源から供給されるうねりの方向スペクトル形状を決定する因子として十分な情報が含まれていない可能性が考えられる。Arduinら¹⁷⁾はうねりの碎波減衰を決定する因子をSARデータを基に調べ、うねりの伝搬距離と波形勾配が碎波減衰の因子であることを明らかにしている。方向スペクトルの形状特性についても、うねりの伝搬距離のように波源の情報が必要となるremoteな因子により決定されている可能性がある。

本研究では風波とうねりについて、常にどちらかが卓越していると仮定して解析を行ったが、実海域ではうねりと風波が方向スペクトル上で共存している場合が多い。このような風波とうねりが共存したサンプルが解析対象へ混入することを回避するためには、適切な手法でパーティショニング (例えば、Tracyら¹⁸⁾; Portillaら¹⁹⁾) を行なって風波とうねりの成分を方向スペクトル上で分離し、それぞれの成分の寄与を評価する必要がある。本研究で対象としたうねりについては、急変する気象場・波浪場を解析対象から除いているため、上記影響は無視できるとした。しかし、本研究で用いた観測地点は常時うねりが入りやすい太平洋に面しているため、風波のサンプルにはうねりと共存したものが相当数含まれていると考えられる。今後、高波浪時や急変する波浪場を含む、風波とうねりが共存する海象条件を対象として詳細な解析を行う際には、方向スペクトルのパーティショニングによる風波とうねりの成分の分離が必須であると考えられる。

6. 結論

関東から東北地方にかけての太平洋岸で観測された安定なうねりについて、方向スペクトルの形状特性として半値幅 α 、方向集中度 S_{max} を算定し、波齢の逆数や波形勾配との対応を検討した。本研究で解析対象とした安定なうねりについて、以下の結論を得た。

- ・波齢の逆数を基準として風波とうねりの妥当な分離が可能である
- ・うねりの方向スペクトルは、ピーク波向き付近にエネルギーが集中・孤立した形状を取る
- ・従来の標準形ではなく半値幅 α を直接パラメタとした式(3)を用いることでより妥当なうねりの方向スペ

クトルの表現が可能である

・うねりの方向スペクトル形状は波形勾配や波齢のようなlocalな因子ではなく、うねりの波源の情報を含んだremoteな因子で決定される可能性がある

今後はうねりの波源の情報を加えてデータ解析を行い、うねりの方向スペクトルの形状を決定する因子について研究を行う。また、本研究では理想的な条件下にある安定したうねりを対象とするため高波浪時のデータはすべて除外して解析を行ったが、沿岸災害を引き起こすようなうねりは高波浪時のデータに含まれることが予想される。安定なうねりの方向スペクトルの性質を十分に解明したのちには、続いてそのような厳しい海象条件下のうねりを対象とした研究に進む予定である。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（課題番号：17H03315）の助成を受けたものである。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 加島寛章, 平山克也, 平石哲也, 清水勝義: NOWPHAS 波浪観測データを用いたうねり性波浪の来襲特性に関する一考察, 港湾空港技術研究所資料, No.1191, 2013.
- 2) 平山克也, 加島寛章: うねり性波浪による越波災害の発生過程の推定とその対策, 港湾空港技術研究所資料, No.1270, 2013.
- 3) Remya, P.G., Vishnu, S., Praveen Kumar, B., Balakrishnan Nair, T.M. and Rohith, B.: Teleconnection between the North Indian Ocean high swell events and meteorological conditions over the Southern Indian Ocean, *Journal of Geophysical Research*, Vol.121, pp.7476-7494, 2016.
- 4) 木村 晃, 田中耕作: 浅海域における2次非線形長周期波の方向スペクトル, 土木学会論文集, Vol. 1997, No.565, pp.99-101, 1997.
- 5) 合田良実: 不規則波に伴う長周期波の諸研究について, 水工学に関する夏季研修会, pp.B-6-1~B-6-20, 1995.
- 6) Hasselmann, D.E., Dunckel, M., Ewing, J.A.: Directional Wave Spectra Observed during JONSWAP, *J. Physical Oceanography*, Vol.10, pp.1264-1280.
- 7) 光易 恒, 水野信二郎, 本多忠夫, 力石国男: 海洋波の方向スペクトルについて(続), 海岸工学論文集, 第21巻, pp.261-265, 1974.
- 8) Donelan, M. A., Hamilton and J., Hui, W. H.: Directional Spectra of Wind-Generated Waves, *Philos. Trans. R. Soc. London*, Ser. A, Vol.315, pp.509-562, 1985.
- 9) 合田良実, 鈴木康正: 光易型方向スペクトルによる不規則波の屈折・回折計算, 港湾技研資料, No.230, 1975.
- 10) 森 信人, 山口 翼, 中條壮大, 安田誠宏, 間瀬肇: 風波の方向スペクトル幅の現地観測, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 68, No.2, pp.I_091-I_095, 2012.
- 11) 関 克己, 河合弘泰, 川口浩二, 猪股勉, 橋本典明: GPS 波浪計の観測に基づく波浪の方向スペクトル推定法に関する検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 69, No.2, pp.I_1431-I_1435, 2013.
- 12) 横田雅紀, 小田 圭祐, 齋藤 隆介, 橋本 典明, 三井正雄, 児玉 充由: 波の方向集中度の出現特性に関する基礎的検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 72, No.2, pp.I_163-I_168, 2016.
- 13) 橋本典明: 海洋波の方向スペクトルに関する研究, 港湾技研資料, No.722, 1992.
- 14) 藤木 峻, 橋本 典明, 川口 浩二, 櫻庭 敏: うねり性波浪の実態解明に向けた方向スペクトル推定手法の高精度化に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 72, No.2, pp.I_115-I_120, 2016.
- 15) 光易 恒: 海洋波の物理, 岩波書店, p.57, 2002.
- 16) Ebuchi, N., Toba, Y. and Kawamura, H.: Statistical study on the local equilibrium between wind and wind waves by using data from ocean data buoy stations, *J. Oceanogr.*, Vol.48(1), pp.77-92, 1992.
- 17) Ardhuin, F., Chapron, B. and Collard, F.: Observation of swell dissipation across oceans, *Geophysical Research Letters*, Vol.36, pp.1-5, 2009.
- 18) Tracy, B., Devaliere, E., Hanson, J., Nicolini, T. and Tolman, H.: Wind Sea and Swell Delineation for Numerical Wave Modeling, *Proc. 10th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting and Coastal Hazard Symposium*, Oahu, 2007.
- 19) Portila, J., Ocampo-Torres, F. and Monbaliu, J.: Spectral Partitioning and Identification of Wind Sea and Swell, *J. Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol.26, pp.107-122. (2017.3.15 受付)

STANDARD SHAPE FOR SWELL DIRECTIONAL SPECTRUM

Takashi FUJIKI, Koji KAWAGUCHI, Satoshi SAKURABA and Noriaki HASHIMOTO

Although swell can be the dominant source for the coastal process, there is not enough research on directional wave spectrum of swell. We analyzed wave data recorded on the Pacific coast in Tohoku and Kanto region for a year to investigate such swell. We selected wave data under the moderate wave and meteorological condition for pure swell, and identified swell and wind sea with the criteria of inverse wave age. We confirmed the validity of our identification swell and wind sea with $3/2$ power-law on characteristic wave height and period for wind sea. We showed the peculiar properties for swell directional spectrum which concentrated and isolated energy partition and shape of directional spectrum modified for swell. We concluded that the parameter for local wave fields such as wave steepness and inverse wave age is insufficient for populating the swell directional spectrum which is affected mainly by the remote source.