

# 琴引浜の汀線位置の季節変化特性に関する研究

松本遼\*

柿木哲哉\*\*

## Study on Seasonal Changes Characteristics of Shoreline Position on Kotohiki-hama

Ryo MATSUMOTO\*

Tetsuya KAKINOKI\*\*

### ABSTRACT

Kotohiki-hama beach on the peninsula of Kyo-tango in Kyoto prefecture is a sandy beach that is famous for singing sand and is valuable as environmental resources and tourist attractions. In this study, shoreline changes of the beach are investigated by image analysis for coastal protection. The images 320-by-240 resolution were taken with the live web camera of Kotohiki-hama beach. The camera was located in a fixed position at height of 10 m on the ground. We considered image segmentation methods for the detection of shoreline from images. In oblique images, the scale of the pixel varies did not corresponded with actual geographical features. Therefore, a two-dimensional projective transformation was used. Moreover, in order to clarify relationships between shoreline changes and external force such as waves and tides that were measured by Japan Meteorological Agency were analyzed.

*Keywords* : image analysis, a two-dimensional projective, live web camera, waves and tides

### 1. はじめに

砂浜は豊かな生態系を育むといった環境面だけでなく、高潮や津波発生時には減災の機能も持ち合わせている。そのため砂浜の浸食対策を講じることは、環境面や景観面・防災面など、多岐に渡って非常に重要である。

一般的に砂浜の地形には波浪条件に応じた季節変化があり、波が穏やかな夏期には砂が堆積して砂浜は拡大し、比較的波高が高い冬季波浪時には砂浜は侵食傾向にある。そのため砂浜の浸食対策を講じるにあたっては、その地点における波浪と砂浜の長期的な地形変化を関連付けた地形変化機構を解明する必要がある。

本研究で対象とする琴引浜は、京都府丹後半島の北西に位置するポケットビーチ状の砂浜海岸である。琴引浜は日本三大鳴き砂の一つと言われ、2007年に鳴き砂の浜として初めての国の天然記念物・名勝として指定されており、環境及び観光資源として質の高い砂浜である。しかし、琴引浜の地形変化について長期的に調査した例はない。そこで本研究では、長期的な地形変化を調査するために、現地での測量調査ではなく、

近年海岸観測の分野で発展している画像を用いた解析<sup>(1)</sup>を行い、琴引浜の地形変化機構を検討した。解析に用いる画像は京都府京丹後市が設置したwebカメラによって撮影された画像を録画・取得されたものである。画像から地形変化を捉えるにあたっては、変化が最も顕著にみられ、画像から判断しやすい汀線を抽出することとした。また、画像中における汀線変化は実際の汀線変化と異なる。そこで、画像から抽出した汀線に対して射影変換<sup>(2)</sup>を行うことで実空間での汀線付近の地形変化を解析した。

さらに、波浪と琴引浜の地形変化を関連付けるために、気象庁が実測している波浪データを取得し調査した。これを実空間における琴引浜の汀線付近の地形変化と比較することで、琴引浜の季節変化特性を解明することを目的とした。

### 2. 調査地点の概要

前章で述べたように、本研究が対象とする琴引浜は京都府丹後半島の北西に位置し、日本海に向けて北西に開いた総延長約1.1kmのポケットビーチ状の砂浜海岸である。図1<sup>(3)</sup>はgoogle earthから取得した2015年6月4日の琴引浜付近の航空写真で、砂浜の西側には河口が確認できる。

\* 専攻科 都市工学専攻

\*\* 都市工学科 教授

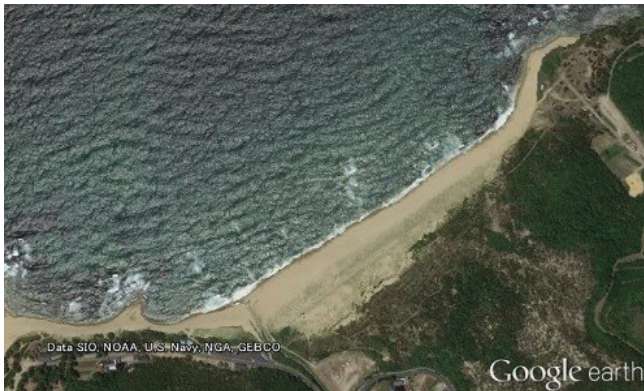


図1 琴引浜付近の航空写真(出典: Google earth)

### 3. 画像解析

3.1 解析に用いる画像について 琴引浜では京都府京丹後市が設置したwebカメラにより、ライブ映像がインターネット上で一般に公開されている。webカメラによって撮影された砂浜の画像の取得は、GPSデータやビデオ観測・ドローンによる撮影等に比べ、連続性や継続性・コストの面から容易である。

そこで本研究では、webカメラで撮影された画像を録画・取得することにより、琴引浜の地形変化を調査することとした。図2は2016年5月23日12時20分10秒にwebカメラで撮影された画像のスケッチである(実際の画像は著作権上、掲載することができないため、スケッチを示す。以降、これらの画像を原画像と呼ぶ)。原画像のサイズは320×240ピクセルである。原画像は毎日7時～16時の間で、1時間毎に1分間で60枚録画した。ただし、各時間帯の0～9秒間に取得した原画像は撮影方向やズーム倍率が異なることがあったため、10～59秒間に録画した50枚を使用した。



図2 webカメラ画像のスケッチ

3.2 画像演算と閾値処理 取得した全ての原画像に対して画像演算及び判別分析法<sup>(4)</sup>を用いて閾値処理を行い、原画像から汀線を抽出した。また本研究では、1時間毎に録画されている50枚の原画像から抽出した海域部と陸域部の境界線の画素座標の中央値を各時間

帯における汀線と定義した。

一般的に判別分析法を用いた閾値処理によって原画像を対象物と背景に2値化する場合、原画像の輝度値ヒストグラムが双峰性を持つ必要がある。そこで、原画像内の海域及び陸域部のRGB値を測定した。図3は図2のA-C断面のRGB値を測定した結果である。図3より海域部であるA-B断面に比べ、陸域部のB-C断面のRGB値は高くなる傾向にあることが分かった。さらに、海域部のR値・G値・B値はそれぞれ同じような輝度値を持つのに対し、陸域部ではR値が最も大きく、B値が最も小さい輝度値を持つことが分かった。ただし、録画した原画像の中には海域部において白波が発生しているものがあり、白波が確認できる箇所のRGB値は陸域部よりも高い輝度値を持つことが分かった。これはRGB空間において画素が白色を示す際、R値・G値・B値それぞれが高い輝度値を持つ必要があるからである。そのため白波が立っている原画像では、対象物となる陸域部と背景となる海域部の輝度値ヒストグラムが双峰性を持たず、上手く閾値処理を行うことができない。そこで、全ての画像において輝度値ヒストグラムに双峰性を持たせるために、画像演算を行うこととした。画像演算では、原画像をR値及びB値の輝度値を使って表現されたグレースケール画像にそれぞれ分割し、対応する画素に対して減算処理を行った。これにより、白波が立っている場合でも輝度値ヒストグラムに双峰性を持たせることができた。

次に、画像演算によって作成された画像に対して判別分析法を用いた閾値処理を行った。判別分析法とは、画像の輝度値ヒストグラムをある閾値で2つのクラスに分割したとき、クラス間分散が最も大きくなるように閾値を決定する方法のことである。図6は、図2に対して画像演算を行い作成した画像(図5)に判別分析法を用いた閾値処理を行った結果である。図6の陸域部と海域部の境界線を図1にオーバーラップさせて確認したところ、精度よく陸域部と海域部の境界線を抽出できていたことがわかった。

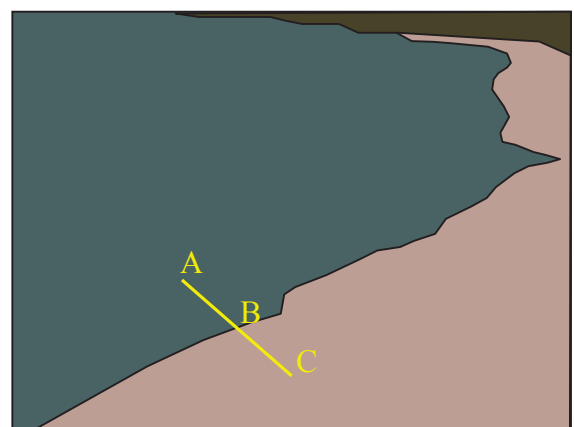


図3 RGB分布を調査する際に用いた断面の位置

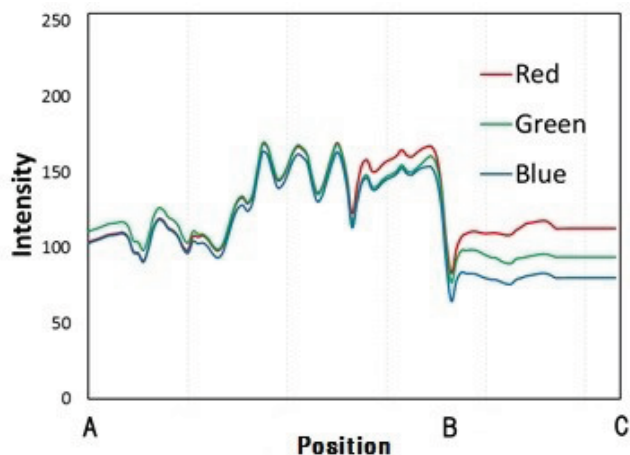


図4 図3のA-C断面におけるRGB分布

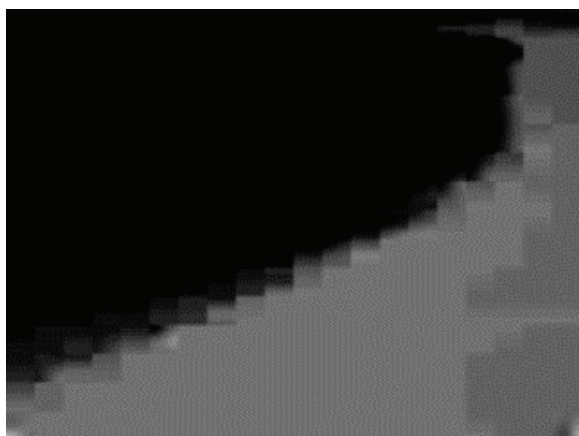


図5 画像演算によって作成された画像

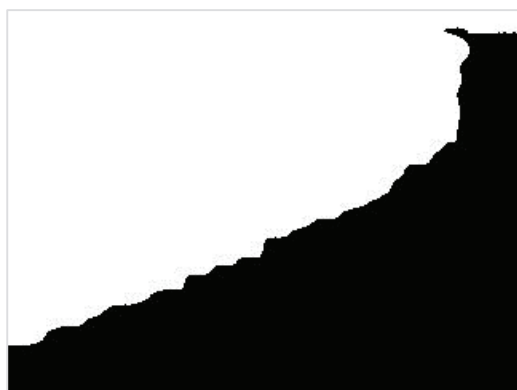


図6 閾値処理後の2値化画像

3.3 射影変換 原画像に画像演算及び閾値処理を行って抽出した汀線から琴引浜の地形変化を捉えるためには、汀線の画素座標を実座標に変換する必要がある。そこで本研究では汀線の画素座標に二次元射影変換を行い、実空間における汀線位置を算出した。二次元射影変換の式には式(1)及び式(2)を使用した。ここで、 $X_i \cdot Y_i$ は射影変換後の実座標、 $\alpha_1 \sim \alpha_8$ は射影変換パラメータ、 $x_i \cdot y_i$ は画像中の汀線の画素座標である。射影変

$$X_i = \frac{\alpha_1 \times x_i + \alpha_2 \times y_i + \alpha_3}{\alpha_7 \times x_i + \alpha_8 \times y_i + 1} \quad (1)$$

$$Y_i = \frac{\alpha_3 \times x_i + \alpha_4 \times y_i + \alpha_5}{\alpha_7 \times x_i + \alpha_8 \times y_i + 1} \quad (2)$$

換パラメータは4点の実座標と画素座標の関係が分かれば、8元1次方程式から算出することができる。本研究では、原画像で確認できる範囲内にポイントを4点設置し、トータルステーションで実座標を実測した。さらに原画像と同じアングルで撮影したwebカメラの画像からポイントの画素座標を取得し、ポイントの実座標との8元1次方程式を立てることで変換パラメータを算出した。

図7は図2から抽出した陸域部と海域部の境界線に射影変換を行ったものと、同じ日付にトータルステーションで実測した汀線の測量データを重ねたものである。図7より、汀線の実測データと射影変換後の結果が重なり合っていることから、原画像から精度よく陸域部と海域部の境界線を抽出できていることがわかる。

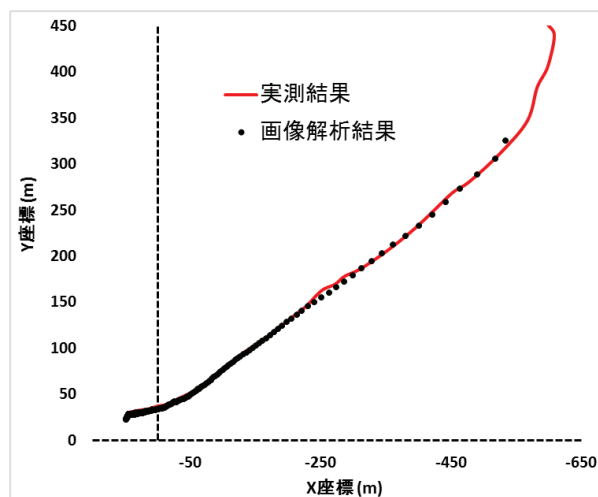


図7 実測値と画像解析結果の比較

3.4 砂浜面積の算出 琴引浜の地形変化を定量的に検討するために、原画像から抽出した汀線から琴引浜の面積を算出した。砂浜面積は鉛直上方からの投影面積とした。砂浜面積は図7におけるX軸及びX=-300~40までと琴引浜の汀線に囲まれた範囲とした。図8は2013年1月1日7時~12月31日16時まで取得した原画像に対して画像解析を行い、算出した砂浜面積を時系列に並べたものである。なお、2013年のwebカメラによる原画像の取得率は約79%で、そのうち雨や雪などの天候の影響を受けずに汀線を抽出できたものは約82%だった。図8より、2013年の琴引浜は1月~6月にかけて堆積した後、6月~8月にかけて侵食傾向になることがわかる。さらに、9月初旬には急激に砂浜が堆積し、9月中旬以降~年末にかけてゆっく

りと砂浜は侵食されている。次に、2012年・2014年・2015年・2016年に取得した原画像に対して同様に解析を行った。ただし、使用したPCの不具合により2012年は8月～12月、2014年は1月～4月、2015年は3月～5月、2016年は1月及び2月の期間のみしか原画像を取得できなかった。図9は各年度の解析結果を重ねたものである。図9より、1月や8月等、その年によって琴引浜の砂浜面積は異なることがわかった。

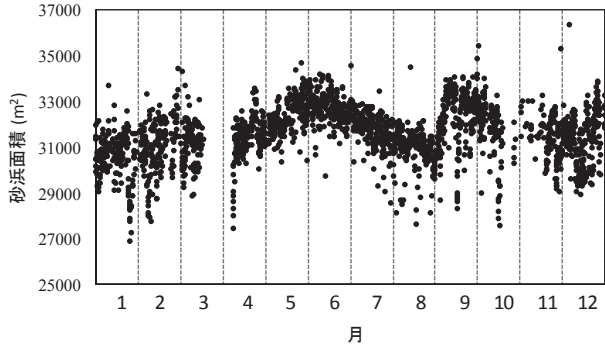


図8 2013年の琴引浜の地形変化

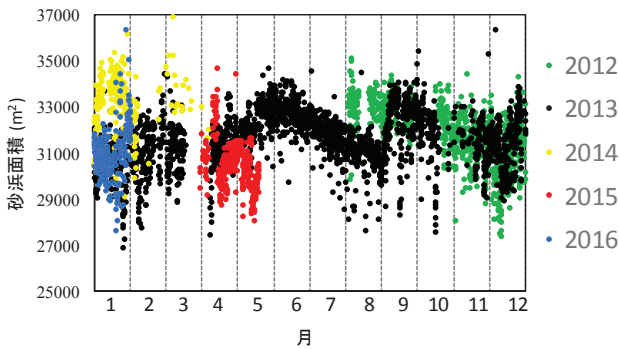


図9 琴引浜の各年度の砂浜面積

#### 4. 波浪の調査

琴引浜の地形変化に影響を及ぼす要因となる外力として、有義波高及び有義波周期について調査した。ただし、琴引浜ではこれらのデータの観測が行われていないため、経ヶ岬で観測されたものを使用した。なお、データは気象庁が実測し、web サイト上に発表したものである。経ヶ岬は琴引浜から北東に約17km離れた地点にある(図10<sup>(1)</sup>)。

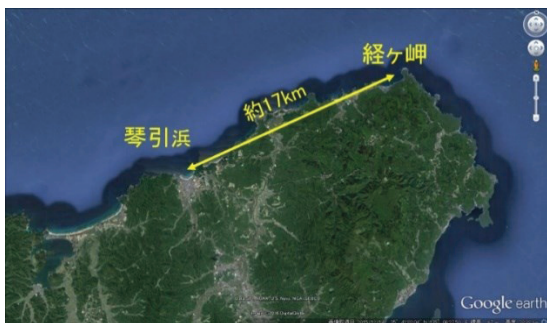
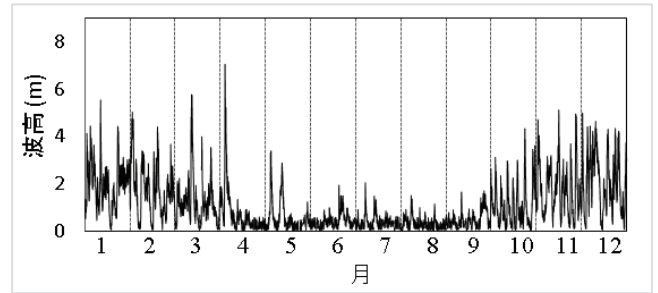


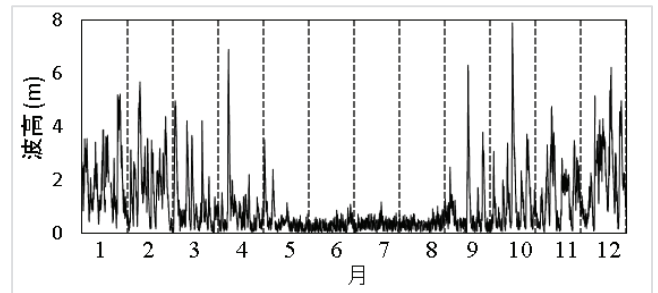
図10 琴引浜と経ヶ岬の位置(出典: Google earth)

なお、解析したデータは2012年～2015年の期間で1時間毎に観測されたものである。

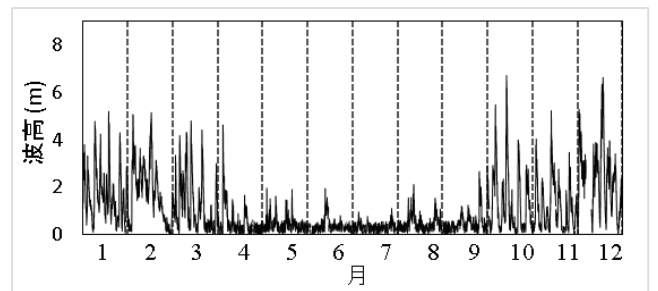
図11(a)～(d)は経ヶ岬で観測された有義波高を時系列に並べたものである。図11より、1月～3月及び9月～12月にかけては5m程度の高波浪が、4月～8月には2m未満の低波浪が観測されており、毎年同じような傾向であることがわかった。また図11から、有義波高は単調な変化だけでなく、一時的なイベントによる乱れもあることがわかった。



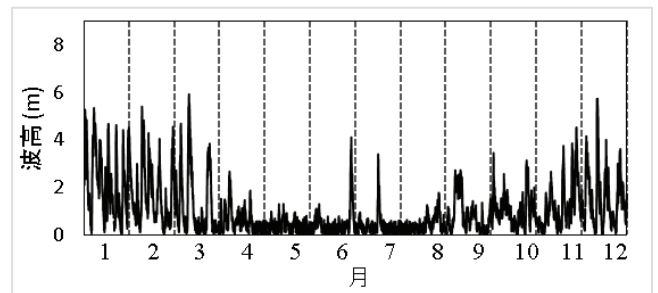
(a) 2012年の有義波高



(b) 2013年の有義波高

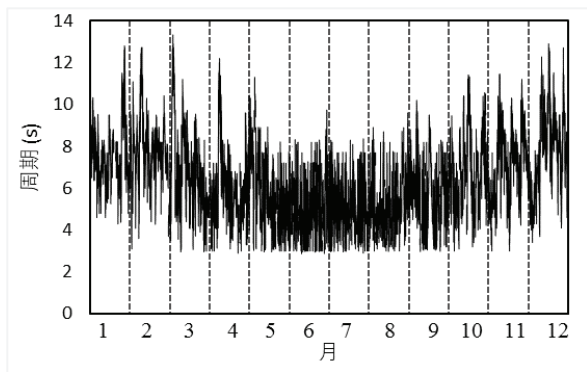


(c) 2014年の有義波高

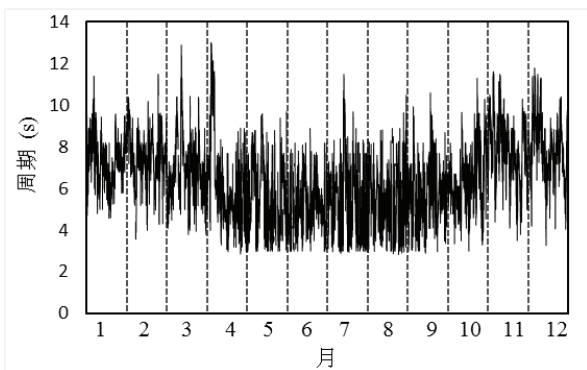


(d) 2015年の有義波高

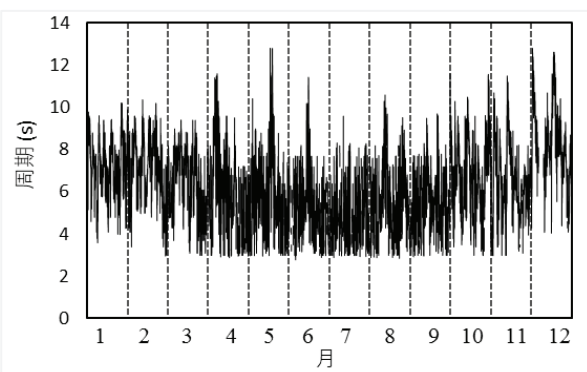
図11 経ヶ岬の有義波高



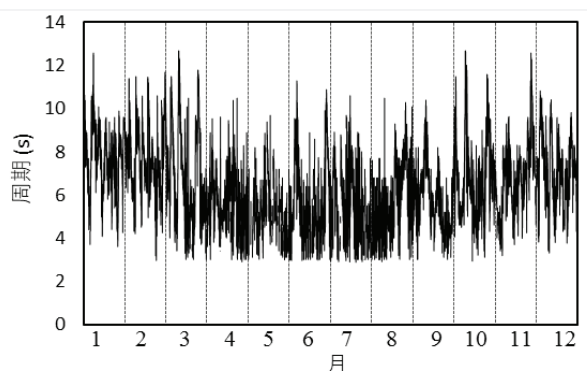
(a)2012年の有義波周期



(b)2013年の有義波周期



(c)2014年の有義波周期



(d)2015年の有義波周期

図 12 経ヶ岬の有義波周期

同様に、図 12(a)~(d)は経ヶ岬で観測された 2012 年～2015 年までの有義波周期を時系列に並べたものである。図 12 より、冬季の波浪は夏季のものに比べ、有義波周期が長い傾向にあることがわかる。また、有義波高と同様に短期的な乱れがあるものの、有義波周期も毎年同じような傾向であることがわかった。

## 5. まとめ

長期的な琴引浜の地形変化を捉えるために、web カメラによって撮影された原画像に対して画像演算及び判別分析法を用いた閾値処理を行い、汀線を抽出した。さらに、画像から抽出した汀線の画素座標を射影変換することで実空間における汀線位置を算出し、地形変化を定量的に求めた。

また、琴引浜近傍で観測された波浪データの時系列を調査し、以下の結論を得た。

- (1) 画像解析の結果から、2013 年の琴引浜は 1 月～6 月にかけてゆっくりと堆積した後、6 月～8 月にかけて侵食される。さらに、9 月初旬には急激に砂浜が堆積するが、9 月中旬以降～年末にかけてゆっくりと砂浜は侵食されている。また、夏季の人で賑わう日や冬季の雪が降り積もっている日・悪天候時などに取得した画像は欠損データとして画像解析を上手く行うことができなかった。
- (2) 琴引浜近傍で観測された波浪のデータから、短期的なイベントによる有義波高・有義波周期の乱れが確認できたものの、毎年ほぼ同じような傾向であることがわかった。
- (3) 波浪データと画像解析による砂浜面積の比較から、地形変化には波浪以外の要因も寄与していると考えられる。また、2013 年には急激な砂浜面積の増加が確認できることから、台風などの短期的なイベントによる影響を検討する必要があると考えられる。

## 参考文献

- (1) 鈴木高二朗, 有路隆一, 諸星一信, 柳島慎一, 高橋重雄, 松坂省一, 鈴木信昭:「WEB カメラを用いた海岸の連続観測手法の開発について」, 土木学会関西支部年次学術講演概要集, 第 55 巻, pp.1446-1450, 2008.
- (2) 片岡智哉, 日向博文, 加古真一郎:「web カメラ画像解析によるプラスチックゴミ漂着量の多点連続観測」, 海岸工学, 土木学会論文集, vol.68, No.2, pp.1471-1475, 2012.
- (3) Google Earth
- (4) 齋藤恵・蜂谷大翼・末代誠仁・中川正樹・馬場基・渡邊晃宏:「木簡画像から墨の部分抽出するための画像処理手法」, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.104, pp.163-168, 2005.