

硫黄島における海浜の季節変動について

池内正幸*・重村利幸**・山田 正***
林建二郎****・斎藤廣康*****・高見沢 敦*****

1. ま え が き

著者らはこれまでに既存の地図、海図および航空写真等を解析することにより、硫黄島の海浜変形を調べてきた。その結果、同島の海浜は明治44年(1911年)以降現在までの間に約300万m²増大し、特に昭和27年(1952年)*から昭和43年(1968年)の間には年平均で約15万m²増大したことを確かめた^{1),2)}。また、これら海浜面積の増大は、年間約30cmにもおよぶ同島の異常隆起が大きく影響していることも種々の試算によって明らかにした^{3),4)}。

しかしながら、これらの成果は飽くまで長期レンジで見た場合の海浜変形である。従ってこれらの成果から直ちに硫黄島の海浜変形機構について論ずることは困難である。実際、同島の海浜はその地勢上の特性から季節的に大きく変動する。このため、同島の海浜変形機構を調べるためには、できるだけ短い時間間隔で海浜変形を計測する必要がある。

このような観点から、著者らは昭和57年11月より毎月1回の割合で硫黄島の全周を航空機上から撮影し、併せて年間2回以上に亘り、同島海浜の地形測量等を実施してきた。本稿は昭和59年11月までに撮影した写真ならびに60年3月までに実施した地形測量等の解析結果について報告する。

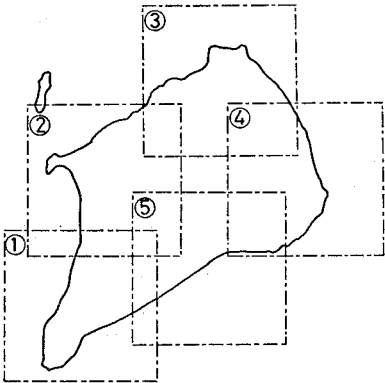
2. 基礎資料の収集および処理

表一1は上記期間中に行った作業の細部をまとめたものである。汀線近傍の航空写真は海上自衛隊第4航空群に依頼して現地駐屯の救難飛行隊のヘリコプターによって撮影された。撮影は原則として月1回行うよう計画したが、気象条件等により、期間中に15回撮影された。

一方、現地の地形測量等は陸上自衛隊第101測量大隊の支援を受け上記期間中に4回実施した。

表一1 写真撮影及び現地測量の実施細部

汀線部の撮影	現 地 測 量	
	作 業 期 間	作 業 内 容
57. 11. 25 58. 2. 16 58. 3. 58. 4. 8 58. 6. 7 58. 8. 31 58. 10. 1 58. 12. 14	58. 6. 8 ~ 6. 28	多角、水準測量ならびに汀線部での表層砂採取
59. 2. 14 59. 5. 16 59. 6. 12 59. 7. 11 59. 9. 5 59. 10. 7 59. 11. 27	59. 2. 9 ~ 2. 20 59. 11. 7 ~ 12. 4 60. 3. 9 ~ 3. 28	多角測量ならびに表層砂採取 多角、水準測量ならびに表層砂採取 〃



図一1 写真解析用区分図

撮影された航空写真は飛行上の制約もあり斜め写真とになった。このため、撮影したフィルムはスライド化し、これを試作した三軸方向に回転可能な板(斜め写真解析装置)上に投影して垂直写真に修正することにした。

基準汀線には昭和58年3月に第4航空群によって撮影された全島の垂直写真の汀線を用いることとし、これから図一1に示すように縮尺約1/4000の5枚の標準用写真を作製した。

* 正会員 工 修 防衛大学校助教授 土木工学教室
** 正会員 Dr. Eng. 防衛大学校教授 土木工学教室
*** 正会員 工 博 防衛大学校助教授 土木工学教室
**** 正会員 Ph. D. 防衛大学校助手 土木工学教室
***** 学生員 防衛大学校理工学研究科学生

汀線の変動はこれら写真の各々を斜め写真解析装置上に固定し、その上にスライドを投影しながら汀線を逐次トレースしてゆく方法で判読した。このようにしてトレースした各撮影時の汀線位置は硫黄島の南西端に設けた原点を基準にして、アナログ図形デジタル変換装置にかけ、現地寸法で約8mのサンプリング間隔で、全周に亘りデータ化した。

3. 海浜面積の季節変動

図-2 は前節で述べた方法により求めた汀線位置のデータを図化した一例である。図中、点線は基準に選んだ昭和58年3月の汀線を示し、実線は59年11月の汀線を示す。図から明らかなように、硫黄島の海浜面積は20ヶ月の間に西海岸の釜岩近傍を除くほぼ全周に沿って増大している。

図-3 は昭和58年3月の汀線を基準にして各撮影時の汀線位置から算出した海浜面積の時間的な変動状況を示す。図中、最上段の図は硫黄島全体の海浜面積変化量の変動を示し、2段目以降の図は図-2に示されているように島を4つの海浜に区分した際の各区分海岸における面積変化量の変動を示している。これらの図から、対象期間中には以下のような変動を生じたことが明らかになった。

(1) 硫黄島の海浜面積は過去2年間に最大で30万 m^2 程度増大し、年平均で約15万 m^2 増大した。季節的には春期から秋期にかけては、ほぼ一定の割合で増大しているが、冬期には減少し、その変動幅は約20万 m^2 にも達している。

(2) 島の東側では北東海岸と南東海岸とでは、ほぼ逆の変動パターンが認められた。すなわち、北東海岸では冬期および夏期に20万 m^2 程度の減少が現れているが他の期間では漸増を続け、結果的には約10万 m^2 増大している。これに反して、南東海岸では冬期および夏期の同時期に約40万 m^2 程度の増大が現れている。ただし、これらの増大した海浜は以後、2,3ヶ月の間に侵食され、結果的には10万 m^2 弱の増大に落ちついている。

(3) 北東および北西海岸での変動パターンはほぼ類似しており、変動に対する季節的な位相差もほとんど認められない。また、両海岸とも変動幅は20万 m^2 程度とほぼ同じである。

(4) 島の西側における北西海岸と南西海岸との間には東側海岸で認められたような顕著な差異は認められない。ただし、夏期から秋期にかけて南西海岸の海浜面積が減少している際には北西海岸の海浜が増大しているのが認められた。

以上は島全体又は数km以上におよぶ海岸線上での海

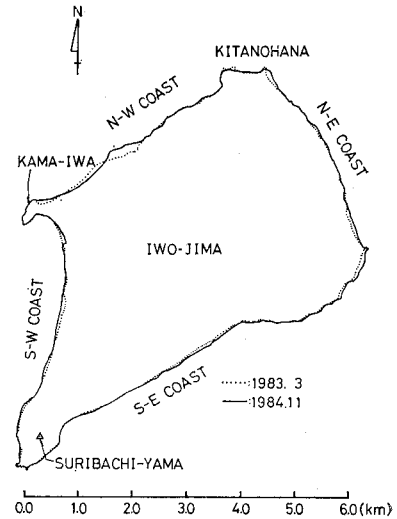


図-2 汀線変化図の一例

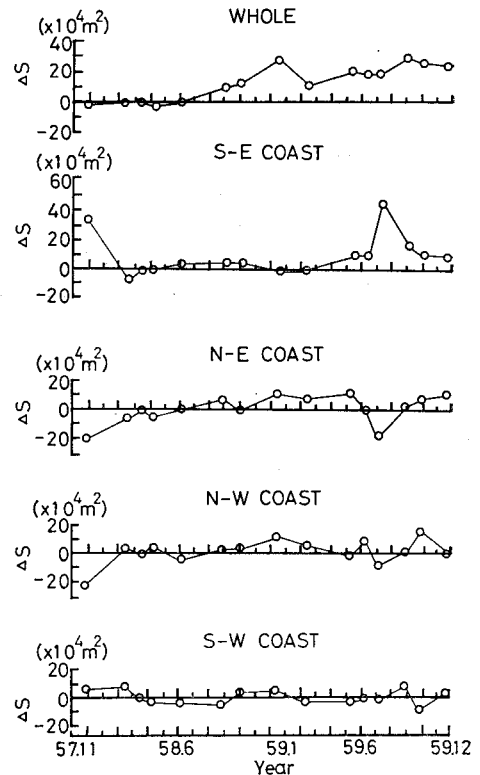


図-3 全島及び区分海岸における海浜面積の変動

浜面積の総変化量の変動特性であった。次に全海岸線に沿っての海浜面積の変動をより詳しく調べてみよう。これを行うために次のような操作を施した。すなわち、図-4に示すように硫黄島を内包する四辺形を設け、四辺形の各辺上に各区分海岸の汀線を投影する。次いで各辺上に投影した汀線を反時計廻りにつなぎ合わせる。こ

のようにして展開した基準年と各撮影時の汀線を展開軸に沿って 100 m 間隔の小区画に分割し各小区画内の面積変化を算出する。

図—5 はこのような処理をして求めた昭和 59 年の各季節における海浜面積の変化図である。なお、図の下方に示す番号は 図—4 に示した各区分海岸に対応している。

また 表—2 には 図—5 に示す各撮影時における各区分海岸での総面積変化量が示してある。

表—2 各区分海岸における海浜面積の総変化量および全島の海浜面積変化量に対する割合

年 月 日	海浜面積変化量 (単位: 1000 m ²)				
	全 島	S-E 海岸	N-E 海岸	N-W 海岸	S-W 海岸
59. 2. 14	103.1	-8.1 (-7.8)	84.9 (81.4)	53.0 (51.4)	-25.8 (-25.0)
59. 6. 12	182.4	160.7 (55.2)	10.3 (5.7)	81.8 (44.8)	-10.4 (- 5.7)
59. 9. 5	277.3	159.7 (57.6)	34.9 (12.6)	10.3 (3.7)	72.4 (26.1)
59. 11. 27	228.5	92.6 (40.5)	113.8 (49.8)	-3.0 (-1.3)	25.1 (11.0)

注: () 内の数字は全島の面積変化量に対する割合 (%)

表—2 を参考にして 図—5 を見ると以下の諸点が明らかになる。

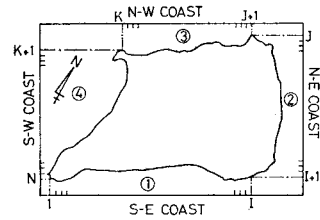
(1) 北東海岸と南東海岸での変動パターンは年間を通じてほぼ逆になっている。さらに海浜面積の変化は、汀線に沿って一様ではなく、数百 m から 1 km 程度の間隔で増大と減少を繰り返している。

(2) 北東海岸と北西海岸での変動パターンは、冬期においてはほぼ類似しているが、他の期間では北西海岸での海浜面積は 100 ないし 200 m の短い間隔で増減している。

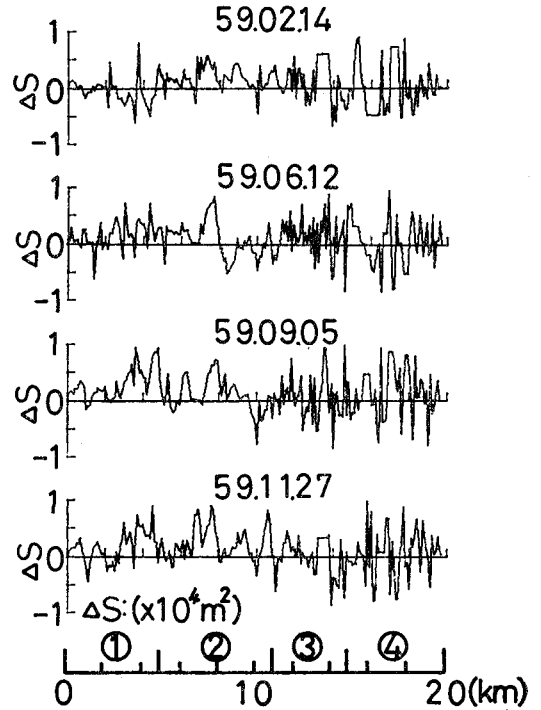
(3) 南西海岸での面積は数百 m の間隔で増減しており、北西海岸での変動間隔に比してかなり長い。さらに北西海岸と南西海岸とは海浜面積の増減パターンがほぼ逆になっている。

さて、本稿では現地海浜上に生じた変形の実態を述べるに止め、海浜面積の物理機構には触れないが、対象期間中に現地で観測された波浪および風データの解析結果を記しておく。

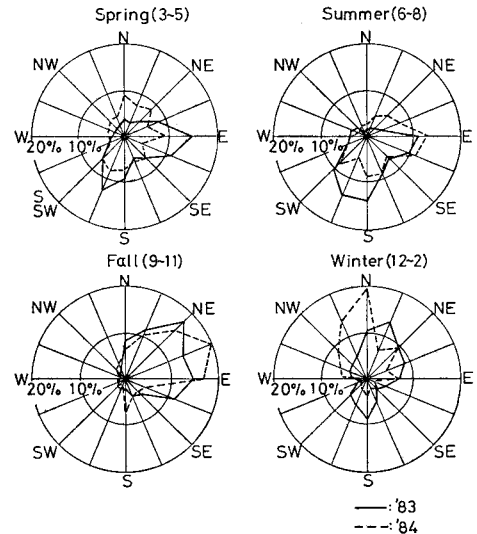
著者らは硫黄島の南西海岸の沖合 (水深約 12 m) に超音波式波高計を設置し、昭和 57 年 5 月より昭和 58 年 11 月の間、2 時間おきに波浪観測を行ってきた。58 年 11 月 2 日、現地に来襲した台風 17 号により被害を受けたため、以後の波浪データは計測されていないが、上記 18 ヶ月間に得られたデータを解析して、季節別波高および周期の出現頻度について調べた結果、年間を通じて出現波



図—4 汀線の投影・展開方法



図—5 海浜面積の場所的変動



図—6 硫黄島の季節別風配図

の約60%強は有義波高が1m以下の穏やかな波であるが、秋期から冬期にかけては2m以上の波も出現する。また、硫黄島には毎年、夏期から秋期にかけて10回程度の台風が来襲する。これら台風のうち中心気圧が940mb程度の勢力をもつ台風が、硫黄島を中心とする半径約600km以内の海域を通過する際には、同島の海岸には最大波高で約10m、有義周期が約16秒程度の強大なうねりが来襲することも上記観測記録から確認した⁵⁾。

昭和59年に来襲した台風のうち、5号(6月11日)、7号(7月27日)、16号(8月28日)、21号(10月21日)および26号(11月21日)は上記条件を満たしたものであり、これら台風の来襲には同島の海岸には上記規模を持つ巨大なうねりが来襲したと思われる。

図-6は昭和58年および59年度に現地部隊の気象班によって観測された風データから求めた季節別の風配図である。この図から判る通り、両年度とも冬期を除いて東の風が卓越している。ただし春から夏にかけては南および南々西の風も卓越し、秋から冬にかけては北東および北北東の風が卓越している。なお、これら両年度において現れた季節別卓越風向は著者らが先の研究において過去10年間の風資料から求めた季節別風配図の結果⁶⁾とも一致した。

4. 硫黄島海浜部の垂直及び水平変動

著者らは昭和57年より陸上自衛隊第101測量大隊の支援を受けて年2回程度の割合で現地海浜の測量を行っている。本測量の目的は硫黄島の垂直および水平変動に関するデータを集積することであり、毎回全島の海浜上に設置してある合計53個の測点について多角および水準測量を実施している。また、汀線際での採砂も同時に行っている。昭和58年および59年度には表-1に示す通り、4回の測量を実施した。

(1) 測点の垂直変動

図-7は上記4回的水準測量から得られた各測点の垂直変位量を各区分海岸毎に示したものである。ただし縦軸の ΔH は第1回目の水準測量を実施した昭和57年8月の時点での各点の標高を基準にして整理した相対値であり、横軸は測定間の距離を示している。

この図から、以下の諸点が明らかになった。

- 東側海岸は南東海岸の一部(C-104近傍)を除いてほぼ一様に年平均で35cmないし40cm程度隆起している。ただし、北東海岸は59年2月以降、1年間に著しく隆起し、結果的には南北両海岸とも同程度の相対変化量に達した。
- 西側海岸での隆起は東側海岸での隆起のように一様ではなく、摺鉢山西麓(A-30)および釜岩近傍を節とする波状隆起を生じている。また、北西海岸のA-101近傍

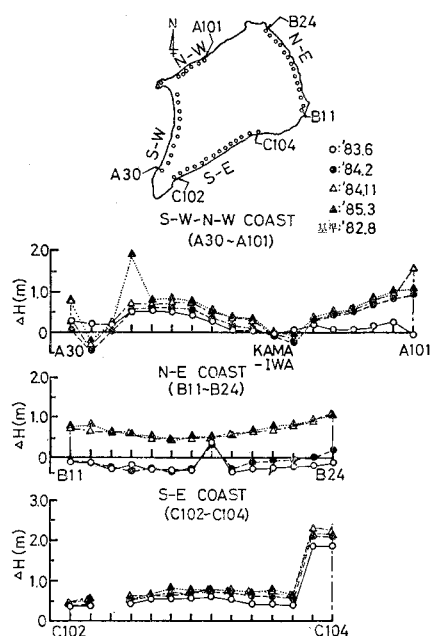


図-7 硫黄島海浜部の垂直変動

では局部的に大きな隆起も現れている。これらの点を除いた場所での年平均隆起量は約30cm程度である。

(2) 測点の水平変動

図-8は昭和57年8月の時点における各測点の位置を基準として、その後3回実施した多角測量から求めた各測点の相対変位をベクトル表示したものである。ただし、これら水平変位の算出に際しては釜岩上に設けた測点を不動点とし仮定した。この図から以下の諸点が明らかになった。

- 各測点の水平変位は西海岸よりも東海岸で大きく、東海岸では年平均で約70cm程度変位している。
- 測点の水平変位は各区分海岸毎にほぼ一定の方向に

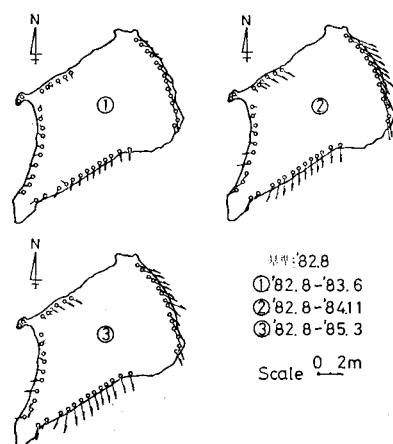


図-8 硫黄島海浜部の水平変動

向っており、全体的に見れば島の中心部を軸として時計方向に回転しているようである。

5. 汀線近傍で採取した砂の物理特性

表—1 に示す各測量時に汀線際で採取した表層砂については昭和60年3月の採取分を除いて粒度試験ならびに比重試験を実施した。

図—9 は、粒度試験の結果得られた中央粒径の分布を各海岸毎に示したものである。なお、この図には57年8月に採取した砂のデータも併せて示してある。この図から以下の諸点が明らかになった。

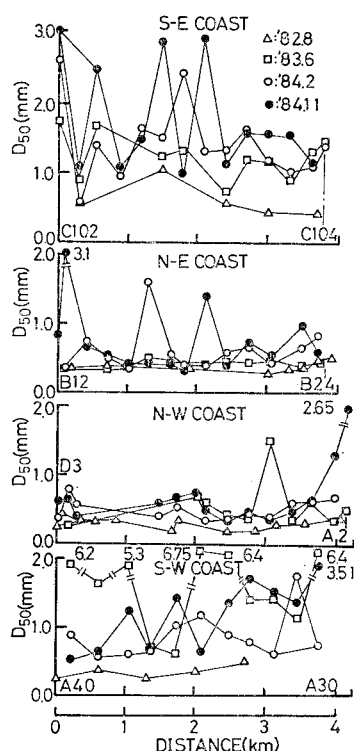
- a) 島の北部海岸では北東および北西海岸とも中央粒径は概略 0.4 から 0.6 mm の値をもち、汀線に沿ってほぼ一様に分布している。季節的には冬期よりも夏期の方がやや小さいようであるが、その差は明瞭でない。
- b) 島の南部では南東および南西海岸とも北部海岸に比して粒径が大きく 1.0 mm 以上のものがかなりの場所に亘って分布している。なお 58 年 6 月には南西海岸に 6 mm にもおよぶ粒径のものが多量に現れたが、これが季節的な分布特性を示しているのかどうか現時点では明瞭でない。

比重試験の結果、南部海岸では概略 2.6~2.8 程度のものが全汀線に亘ってほぼ一様に分布しており、季節的な変化も明瞭には現れなかった。これに反して北部海岸での比重は 3.0 程度のものも多く場所的にも極めて不規則な分布を示した。また北東海岸では 58 年 6 月に比重が 3.0 以上のものが広範囲に亘って現れた。

6. おわりに

昭和 57 年 11 月以降 2 ヶ年に亘り、合計 15 回撮影された硫黄島海浜部の航空写真を解析して海浜部の場所的ならびに時間的な変動特性を検討した。また、同期間中 4 回に亘って現地海浜の測量を行い、海浜部の垂直および水平変動を調べ、併せて汀線近傍にある砂の物理特性の変化を調べた。その結果、硫黄島の海浜面積は東側海岸と西側海岸で変動パターンが異なり、季節間で約 20 万 m^2 以上の増減が生ずるが、年間を通じては約 15 万 m^2 程度増大していること、海浜部は場所的な差異はあるものの依然として年間 30 cm 強の割合で隆起していること、ならびに同島の島の中心を軸として時計廻りの方向に変位していること等を明らかにした。

本研究を遂行するに当たり、海上自衛隊第 4 航空群、硫



図—9 夏期および冬期における中央粒径の分布特性

黄島航空基地分遣隊、陸上自衛隊第 101 測量大隊ならびに航空自衛隊中部航空警戒団に多大な支援を受けた。また、東京防衛施設局ならびに鹿島建設株式会社硫黄島作業所からも数々の支援をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 重村利幸・池内正幸・山田 正・高杉淳治・小森 宏: 硫黄島西海岸におけるトンボロの成因について, 第 30 回海岸工学講演会論文集, pp. 274~278, 1983.
- 2) 重村利幸・斎藤廣康・高見沢敦・工藤 誠: 硫黄島の海浜変形について, 第 31 回海岸工学講演会論文集, pp. 371~375, 1984.
- 3) Shigemura, T., J. Takasugi and Y. Komiya: Formation of tombolo at the west coast of Iwo-jima. Proc. of the 19th ICCE (to be published), 1984.
- 4) 重村利幸・斎藤廣康・高見沢敦: 隆起を考慮した硫黄島周辺の海底変化について, 第 39 回年講概要集第 2 部, pp. 195~196, 1984.
- 5) 重村利幸・池内正幸・吉田恭司: 硫黄島西海岸における波浪特性について (1). 第 38 回年講概要集第 2 部, pp. 333~334, 1983.
- 6) 1) に同じ。