

空中写真による海浜汀線形状の判読に関する研究

黒 澤 辰 昭*・田 中 仁**

1. はじめに

過去の海岸汀線変動の検討には空中写真がよく使われる (たとえば, 田中ら, 1973, 森・田中, 1998). それは空中写真が, 地上での汀線測量に比べ, 短時間で広範囲における海岸線の情報を与えてくれるからである. ただし, 一般に判読された汀線データには, 主に読み取り誤差, 波の遡上, 潮位変動, wave set-up などに起因する誤差が含まれる (田中ら, 1973). ただ, これらについて定量的な評価を行った例は無い. そこで, 空中写真撮影と地上での汀線測量とを同日に実施し, 空中写真上から判読される汀線位置と地上での汀線測量とを比較し, さらにその精度の改善法について検討を行った.

2. 現地観測および空中写真による汀線判読方法

本研究で対象とした海岸は, 図-1 に示すように宮城県のと七北田川河口部北側から仙台新港までの約 2 km に及ぶ範囲である. 空中写真上から判読される汀線位置と地上での汀線測量を比較するためには, 空中写真撮影と地上での汀線測量をなるべく近い日に実施しなければならない. なぜなら絶え間なく打ち寄せる波によって, 前浜地形が変形してしまうからである. そこで, この研究を行うにあたり, 空中写真撮影と地上での汀線測量を 2000 年 11 月 4 日に同時に実施した.

研究対象となる海岸を含む仙台湾南部海岸は, 海岸線の沿岸方向が北東から南西方向に伸びている. 本研究では便宜上沿岸方向と横軸が平行になるような座標系を設定した. 具体的には図-1 に示すように仙台新港南防波堤近くの砂浜上に原点を設け, 縦軸 (y 座標) は真北方角から時計回りに 125°回転させた座標系を用いた. 標高は, T.P. (東京湾中等潮位) を基準とした. なお, この座標系の単位はメートル (m) である. この座標系は, 地上での汀線測量のみならず, 空中写真の汀線を表現する場合もこの座標系を用いている.

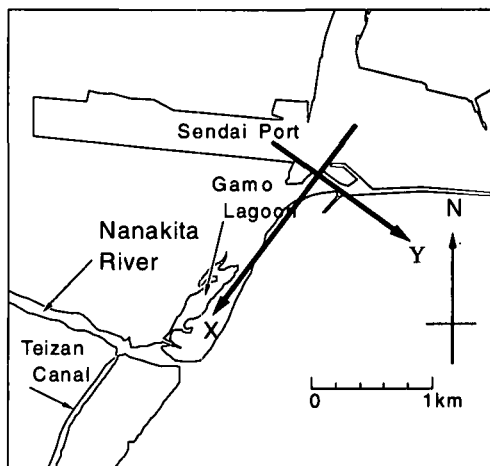


図-1 研究対象海岸

2.1 地上での汀線測量

地上での汀線測量は, 研究対象となる範囲において約 50 m 間隔に沿岸方向に計 37 本の測線を設置し, 各測線における岸沖方向の海浜断面形状を光波測距儀を用いて測定した. 光波測距儀は距離, 水平角, 鉛直角を同時に測定し, 後に, その地点における座標を算出している. 地上での汀線位置は, 各測線について T.P. 0.0 m をはさむ 2 点の座標を比例配分して求め, その座標を直線状につないだものと定義した.

2.2 空中写真

本研究で使用した海岸線の空中写真は, 同日の午前 10 時 12 分撮影されたものである. 空中写真の縮尺はおおよそ 1/4000 のものを使用した. 本研究では表-1 に示す計 3 本について水際位置を読み取った.

図-2 は, 使用した空中写真と空中写真から判読される水際位置を示す. 空中写真から, 撮影日には波高が比較的大きいのが観察できる. 空中写真は, その範囲において, 波の遡上, 空中写真の精度などにより汀線の判読が困難な場合もある. 従って本研究では図-2 示す様に比較的容易に判読できる Line を選出した.

まず, 写真上で定義された汀線をデジタイザーで読み取った. そして, デジタイザーで読み取った水際位置を

* 学生会員 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻

** 正会員 工博 東北大学大学院教授 工学研究科土木工学専攻

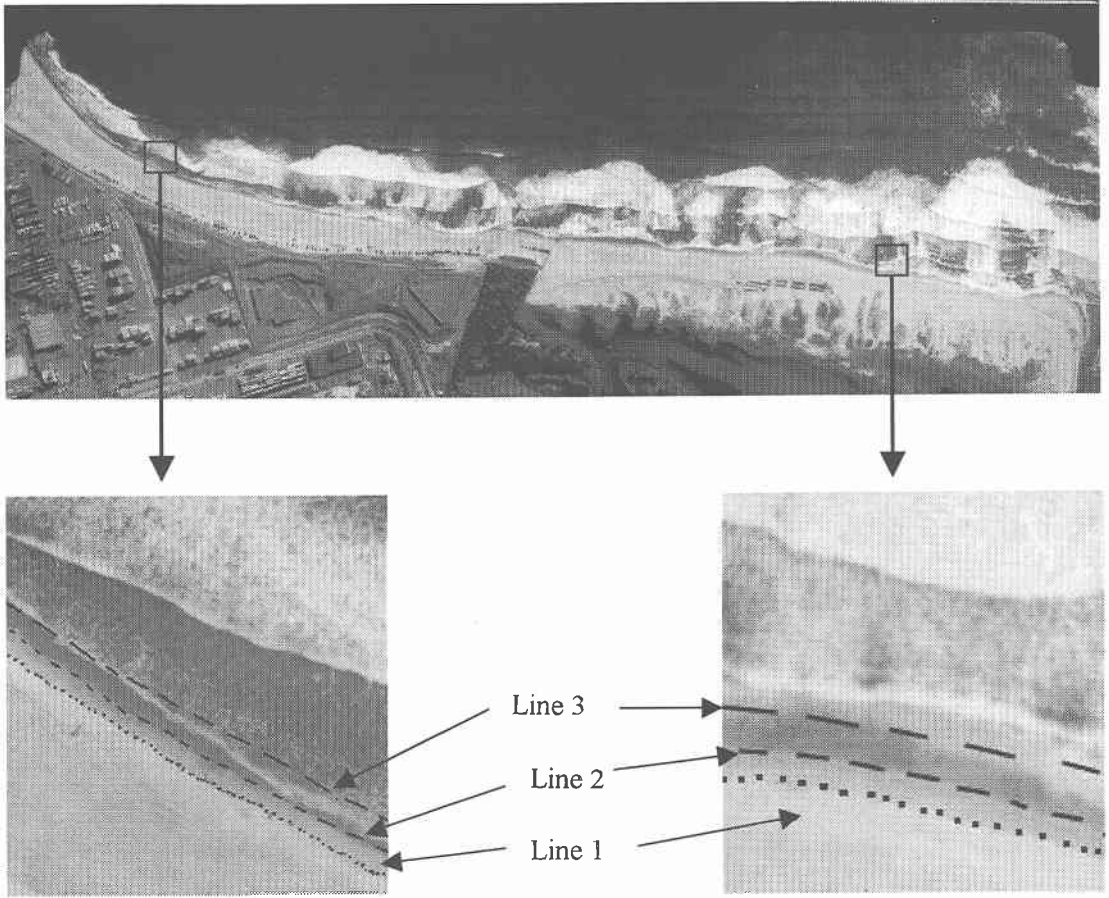


図-2 2000年11月4日の空中写真と空中写真から判読される水際位置

アフィン変換により幾何補正を行った。

2.3 汀線位置補正法

アフィン変換によって得られた空中写真における水際位置の補正法として、表-2に示すように4つの方法を試みた。

潮位として、表-2に示した様に推算潮位と実測潮位

表-1 各 Line の定義

Line 1	もっとも岸側の色の急変点
Line 2	二番目の色の急変点
Line 3	最大の run-up, run-down の中間点

表-2 補正法

Method 0	補正無し
Method 1	推算潮位による潮位補正
Method 2	実測潮位による潮位補正
Method 3	実測潮位+wave set-up に対する補正

を用いた。

Method 1 における推算潮位補正には宮城県牡鹿町鮎川港における値を用いた。また、Method 2 における実測潮位補正は、運輸省第二湾建設局塩釜港工事事務所が近隣地の仙台新港において一時間毎に観測している値を用いた。それぞれ潮位を前浜の勾配で除して汀線位置補正量とした。気象等の影響が反映される実測潮位のほうが推算潮位よりも実際の潮位変動を表現しているが、対象海岸における実測潮位データが無ければ推算潮位を利用することになる。

また、高波浪時には碎波により引き起こされる wave set-up (Bowen et al., 1968) による水位上昇もあり、これによる汀線位置の補正も必要となる。一般に汀線における wave set-up 高さは沖波波高の2割程度に達することが知られており(たとえば、合田, 1975)、波高5mであれば1mにも到る。このように、その大きさは潮位にも匹敵する。Method 3 では、実測潮位を用い、さらにこの wave set-up による補正も加味した。wave set-up 補正

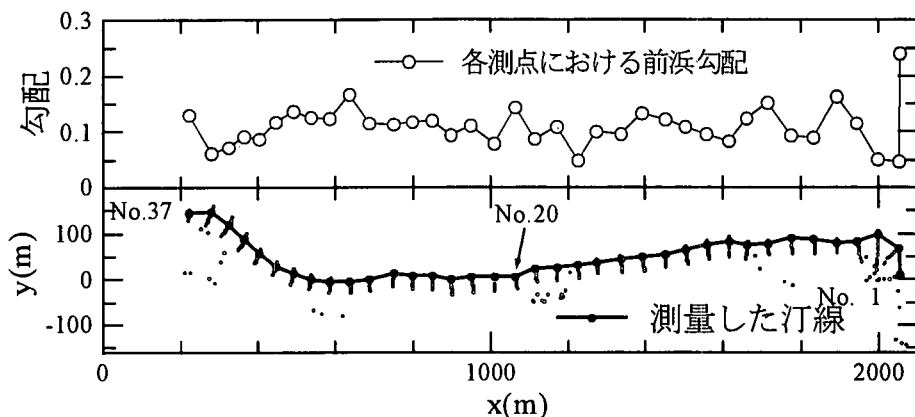


図-3 地上での汀線測量と前浜勾配

は以下のようにして行った。研究対象地域における入射波浪条件として、仙台港沖での波浪データを利用している。このデータは、仙台港の沖合約2 kmの水深20 mの位置で測定されており、波高、周期、波向き角のデータを用いている。これらのデータを基に合田(1975)の手法により汀線位置での wave set-up 高さを算出し、前浜勾配で除して wave set-up 高さに対する汀線位置補正量とした。

3. 結果

3.1 汀線位置補正量

空中写真から読み取った3本の汀線において、T.P. 0.0 m に対応する位置に補正するために用いる前浜の勾配は実測値を用いた。なお、前浜勾配の実測値が無い場合は例えば、Sunamura (1984) の算定式などを用い、波浪条件、底質条件から求めればよい。図-3に示すように、この地域における汀線の前浜はほぼ一様であるため、前浜の勾配は平均勾配を用いた。現地観測によって前浜の平均勾配を算出したところ0.11という結果になった。以下の補正では、この平均値を用いた。

潮位補正においては、潮位がT.P. 0.0 m よりも高ければ沖方向に、逆に低いと岸方向に水平に移動させた。空中写真を撮影した時刻における潮位は、推算潮位がT.P. +0.17 m となり、実測潮位がT.P. +0.28 m となった。また、空中写真上では wave set-up の影響から汀線が海側に評価される。この海岸における wave set-up 量は、 $\Delta\eta=0.24$ m という結果になった。よって前浜の平均勾配を考慮してT.P. 0.0 m に対応する汀線位置補正量はそれぞれ推算潮位が1.5 m、実測潮位が2.5 m、wave set-up が2.1 m だけ沖方向に移動した。この結果、実測潮位と wave set-up を考慮することによって沖方向に4.6 m 移動した。これより、汀線位置補正量は潮位や

wave set-up に大きく依存していることがわかる。

3.2 汀線位置誤差評価

図-4はMethod 1, 2, 3で補正した汀線と地上での汀線測量との誤差量 ϵ_i の沿岸分布を表したものである。誤差量 ϵ_i は以下のように求めた。

$$\epsilon_i = |Y_i - y_i| \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 Y_i : 地上での汀線測量における y 座標の値(m)、 y_i : 各補正を行った空中写真の汀線位置における y 座標の値(m)、 i : 地上での汀線測量の測線番号である。矢印の区域は、地上での汀線測量における基準点の変更地点であり、測量誤差が過大となっている。それを除けばそれぞれの Line に依存してほぼ一定の誤差が表れている。デジタイザーで読み取った汀線位置に対して補正をしていない Method 0 は、どの Line に対しても誤差が最大である。潮位補正のみを考慮した Method 1, 2 は Method 0 よりも誤差が小さくなっているものの、実測潮位による Method 2 のほうが推算潮位による Method 1 よりも誤差が若干小さくなっている。実測潮位と wave set-up 分の補正を行った Method 3 において誤差が最も小さくなっているのが読み取れる。また、Method 3 における Line 3 は地上での汀線測量とほぼ重なっているのがわかる。

図-5は、それぞれの読み取り Line に対して、各種補正を行った時の誤差を沿岸方向に平均したものである。なお、測量誤差が過大となった矢印の区域は考慮していない。どの Line においても、実測潮位と wave set-up 分の補正を行った Method 3 において平均誤差が最も小さくなっている。Line 1, 2 においては、空中写真上でもはっきりと見え、デジタイザーで汀線位置を読み取り易く読み取り誤差はほとんどない。しかしながら、平均誤差が10 m~20 m 近くある。これは、図-2に示すように空中

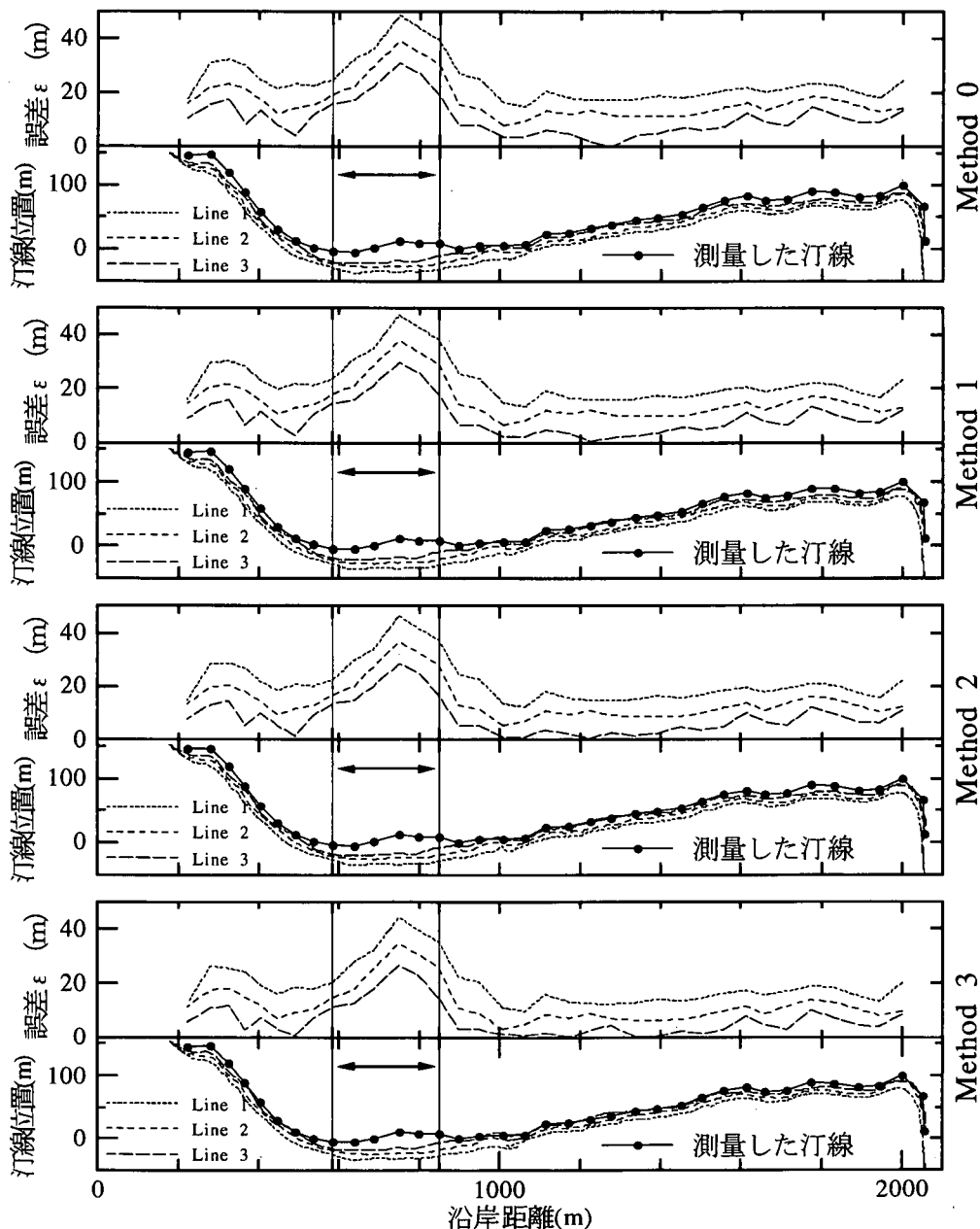


図-4 各 Method で補正した水際位置と地上汀線測量との誤差量

写真から判読された水際位置を砂浜側に定義したためだと考えられる。Line 3 は波の遡上、遡下の中間点をとっているため、デジタイザーで汀線位置を読み取るのは比較的困難であり、読み取り誤差が Line 1, 2 に比べ大きくなっていると考えられる。それでも平均誤差が 5 m 以内に収まっている。

4. おわりに

空中写真上から判読される汀線位置に対する誤差は、

潮位と wave set-up に大きく関わっていると考えられる。よって、空中写真上から判読するための水際位置は波の遡上・遡下の中間点で定義し、さらに実測潮位と wave set-up を考慮し、補正を行うことによって、地上測量で得られた汀線に近い値を得ることが出来る。

謝辞：本研究で使用した空中写真の撮影にあたり、国際航業株式会社から協力を得た。また、本研究の現地観測を行うに際し、東北大学工学部土木工学科環境水理学

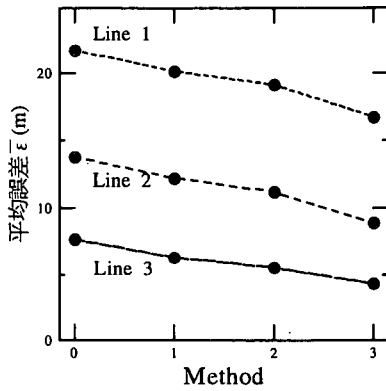


図-5 誤差量の評価

講座の諸兄から協力を得た。ここに記して深く謝意を表する。

参考文献

- 合田良実 (1975): 深海域における波浪の碎波変形, 運輸省港湾技術研究所報告, 第14巻, 第3号, pp. 59-106.
- 田中則男・小笹博昭・小笠原昭 (1973): 航空写真による汀線変化の解析 (東日本編), 港湾技研資料, No. 163, pp. 22-23.
- 森 俊哉・田中 仁 (1998): 岸沖漂砂・沿岸漂砂に起因する汀線変動の分離, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 551-555.
- Bowen, A. J., D. L. Inman, and V. P. Simons, (1968): Wave "set-up" and "set-down", J. Geophys. Res., Vol. 73, pp. 2569-2577.
- Sunamura, T. (1984): Quantitative predictions of beach-face slopes, Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 95, pp. 242-245.