

■ 第4章 吉野川河口域の物理環境特性の検討

4.1 概要

はじめに、橋脚の建設に伴う物理環境及び生物環境への影響の流れを図4-1に再掲する。橋脚が建設されることで、水の流れ（洪水流、波浪、潮汐流）が変化し、掃流力が変化する。その変化に応答して地形が変化し、地盤高や粒度などの物理環境が形成される。そして、そこに選好性のある底生生物が定着するようになる。この一連の流れにおいて、吉野川河口域における地形、粒度分布などの物理環境は、河川上流部からの水の流れだけでなく、河口に進入する波浪や潮位変動等の影響を受けて形成される。

第3章では、吉野川河口域の底生動物とヨシの生息・生育モデルを構築した。本章では、橋脚の影響によって変化する河口域の物理環境特性について検討した結果を示す。なお、吉野川河口域における物理環境特性は、国立大学法人徳島大学環境防災研究センターにて平成19年3月に吉野川河口域の小規模攪乱力解析と地形変動解析が検討されており、以降の内容はその結果である。

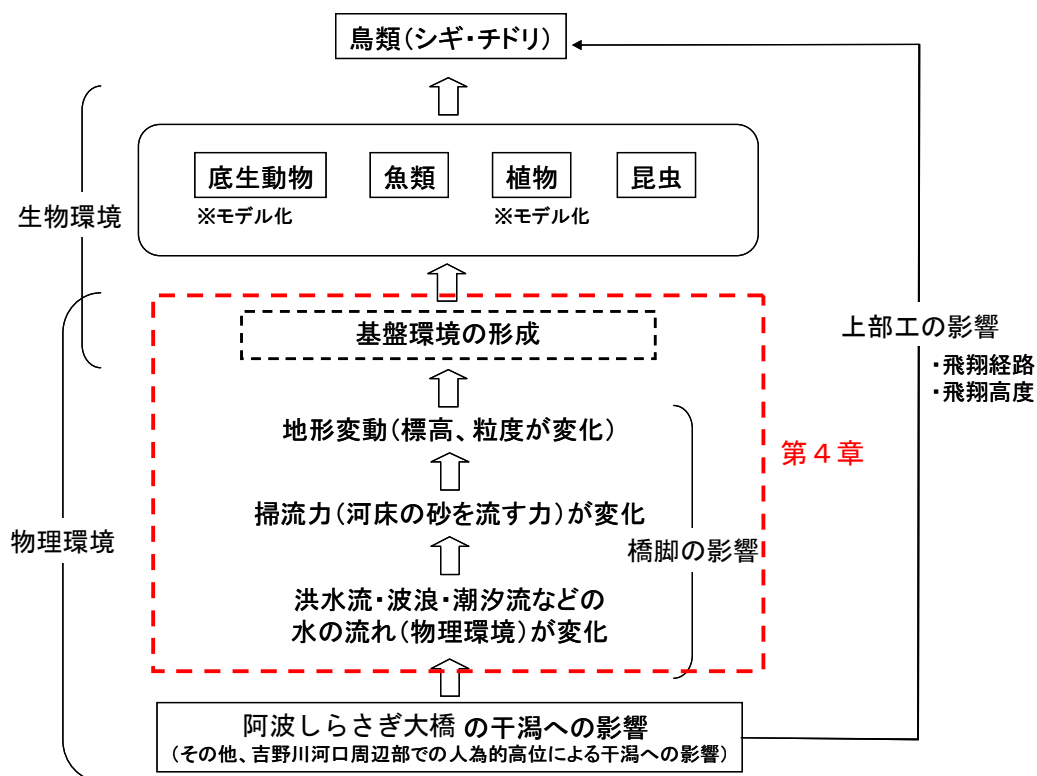


図4-1 橋梁の建設に伴う物理環境、生物環境の変化の流れ

4.2 小規模攪乱力解析 (詳細は資料-9 に記す。)

波浪により吉野川河口域周辺に生じる攪乱力を数値解析により定量的に評価した結果を以下に示す。

(1) 対象区域

吉野川河口 0km 地点より、河川上流側 4km、海域側 3km の 7km を解析対象区間とし、海域部分は 0km 地点中央横断面より、北側 1km、南側 1.5km の計 2.5km を含める。

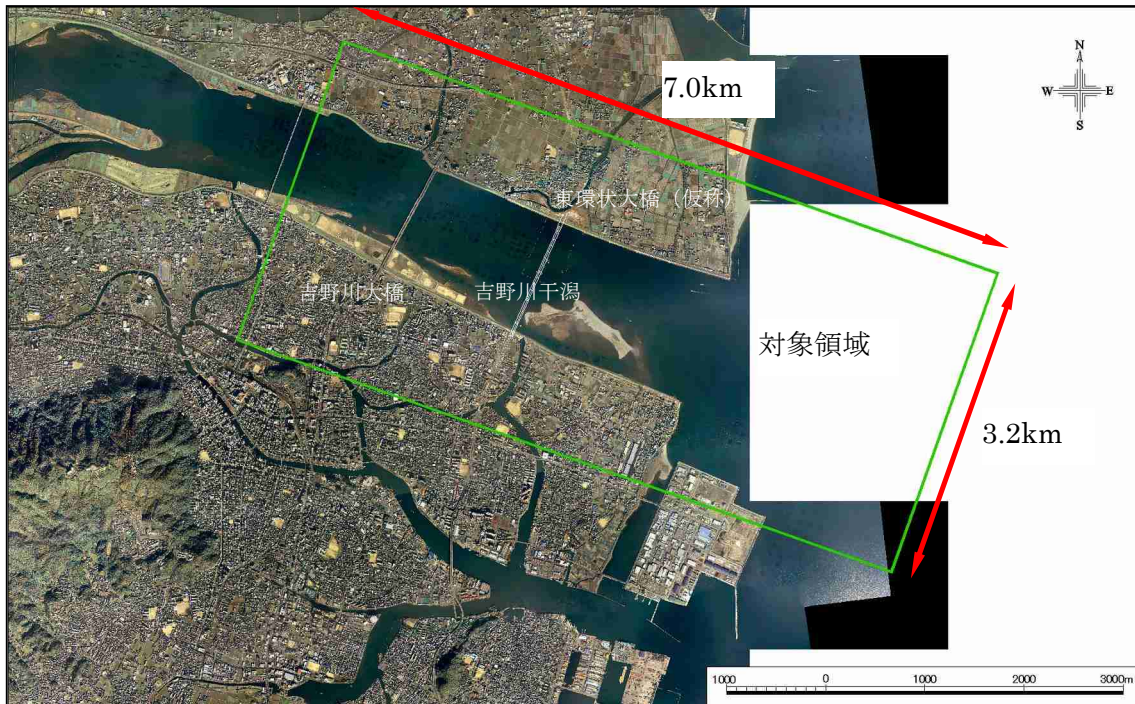


図 4-2 吉野川河口における波浪解析の対象領域 (7.0km × 3.2km)

(2) 波浪条件

地形変動解析の初期値として与える波浪による底面摩擦速度を得るために、平面波浪解析を行った。2001 年から 2004 年までの間に徳島県小松島観測所で測定された主波向、沖波有義波高、沖波有義波周期の頻度分布図を図 4-3 から図 4-4 に示す。これらの図から、沖合より進入する主波向は南東と南南東方向が卓越していること、最頻の有義波高は 0.2m から 0.4m、有義波周期は 2 秒から 4 秒であることが分かる。

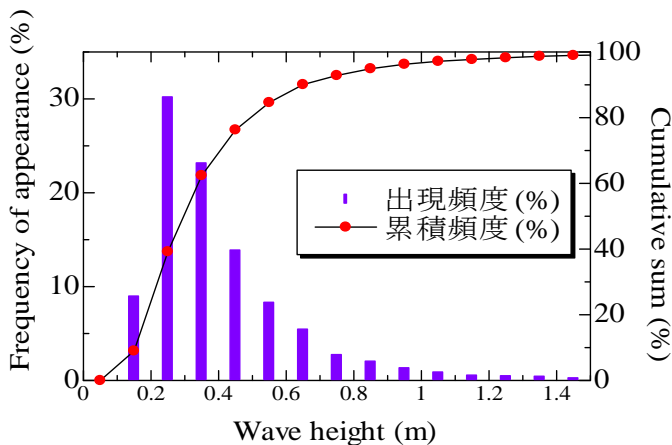


図 4-3 有義波高の頻度分布

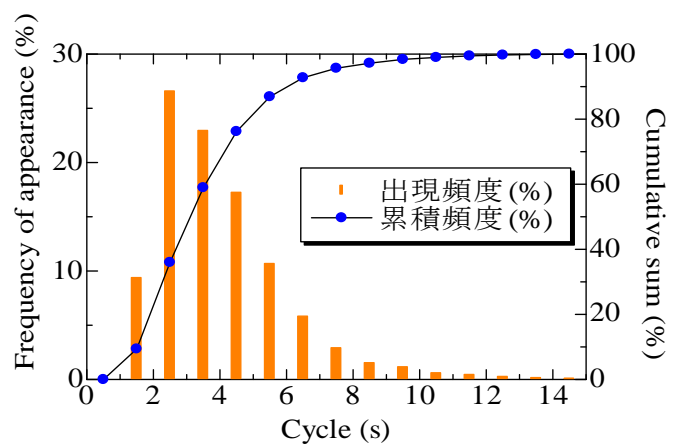


図 4-4 有義波周期の頻度分布

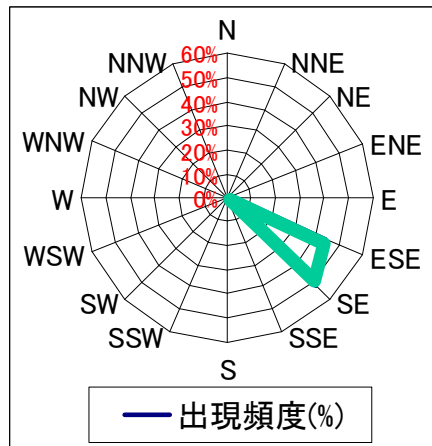


図 4-5 主波向の出現頻度

(3) 解析条件

解析方法 : 回折項を含んだエネルギー平衡方程式法

空間分解能 : 図 4-2 に示す解析領域を 5m×5m のメッシュに分割した。

波浪条件 : 小松島港観測所の波浪観測データより高波浪時と平常時の 2 種類とした。

潮位条件 : 朔望平均満潮位(HWL) 朔望平均干潮位(LWL) 平均海面(MWL)の 3 ケースとした。

以下に、解析ケースを示す。

表 4-1 解析ケース一覧

CASE	有義波高 $H_{1/3}$	周期 $T_{1/3}$	波長	潮位	備考
1	3.53m	7.7s	92.4m	L.W.L	小松島港観測所 2001～2004 年 年最高波高の平均値
2	3.53m	7.7s	92.4m	M.W.L	
3	3.53m	7.7s	92.4m	H.W.L	
4	0.25m	3.0s	14.0m	L.W.L	小松島港観測所 2001～2004 年 出現頻度 30.2%，累積頻度 39.2%
5	0.25m	3.0s	14.0m	M.W.L	
6	0.25m	3.0s	14.0m	H.W.L	

(4) 解析結果

解析結果を以下に示す。

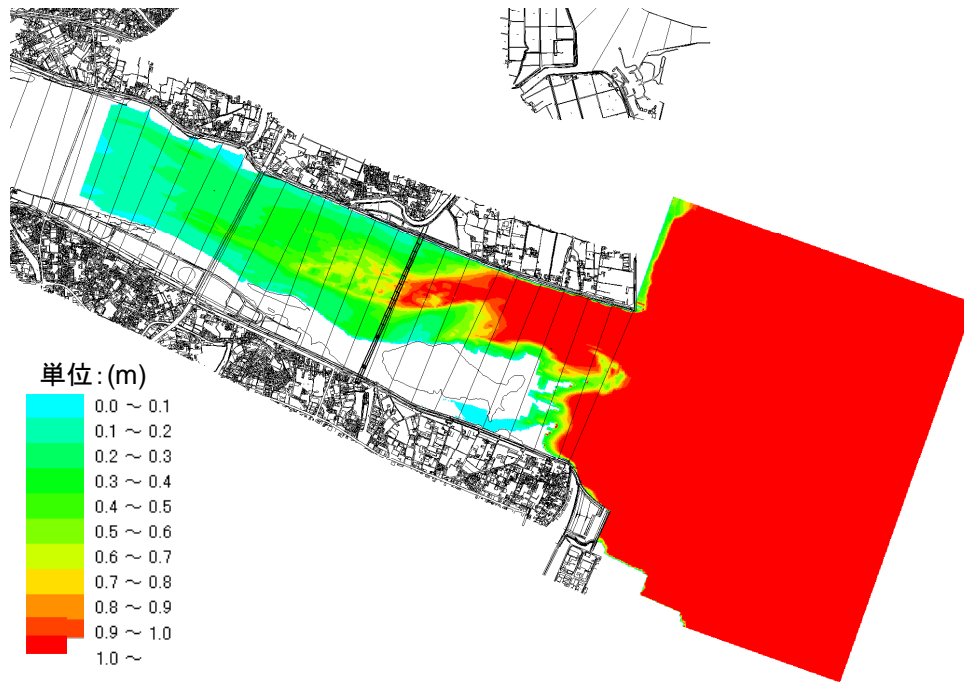


図 4-6 CASE1[高波浪時 ($H_{1/3}=3.53\text{m}$ $T_s=7.7\text{sec}$ L.W.L 時) の波高分布]

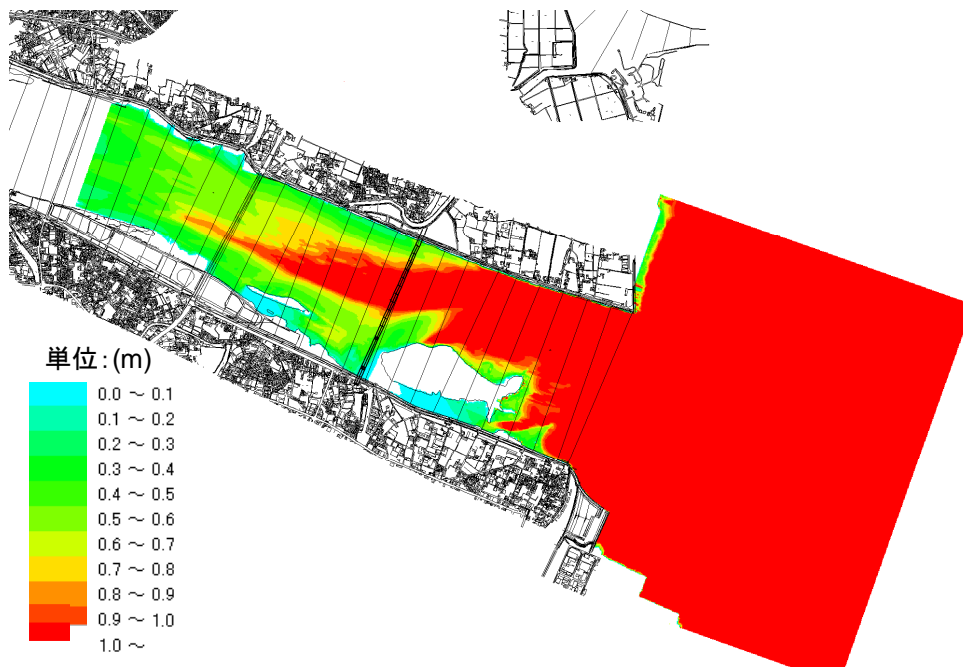


図 4-7 CASE2[高波浪時 ($H_{1/3}=3.53\text{m}$ $T_s=7.7\text{sec}$ M.W.L 時) の波高分布]

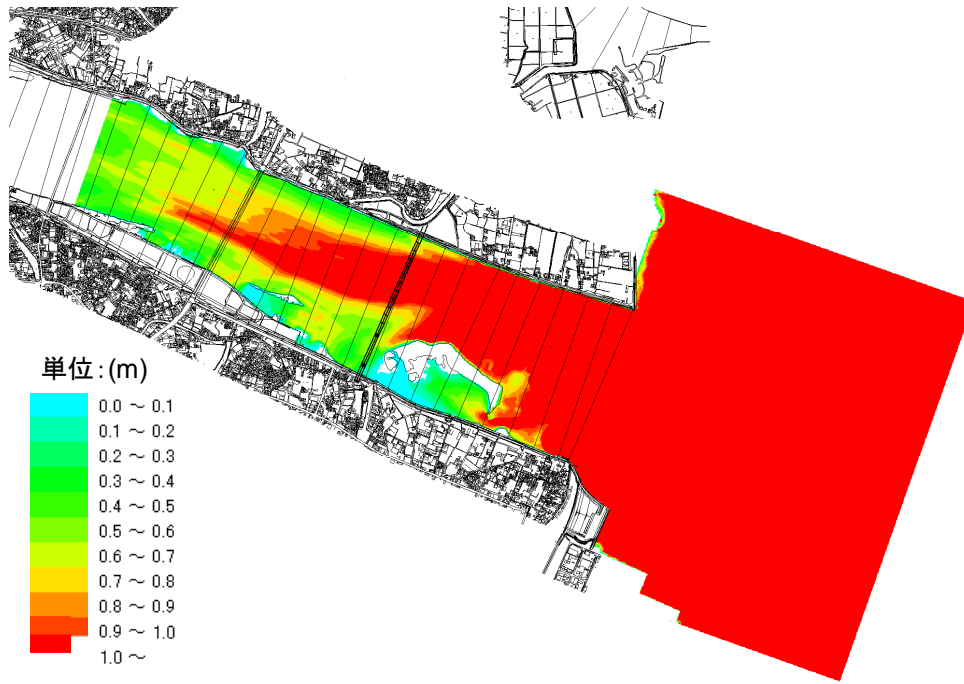


図 4-8 CASE3[高波浪時 ($H_{1/3}=3.53\text{m}$ $T_s=7.7\text{sec}$ H.W.L 時) の波高分布]

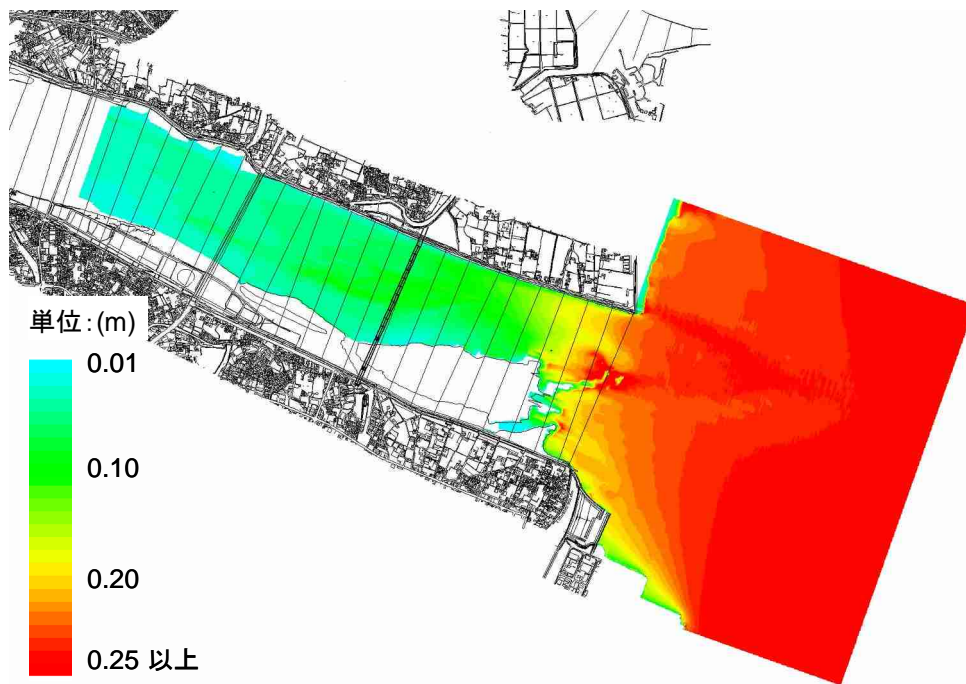


図 4-9 CASE4[平常時 ($H_{1/3}=0.25\text{m}$ $T_s=3.0\text{sec}$ L.W.L 時) の波高分布]

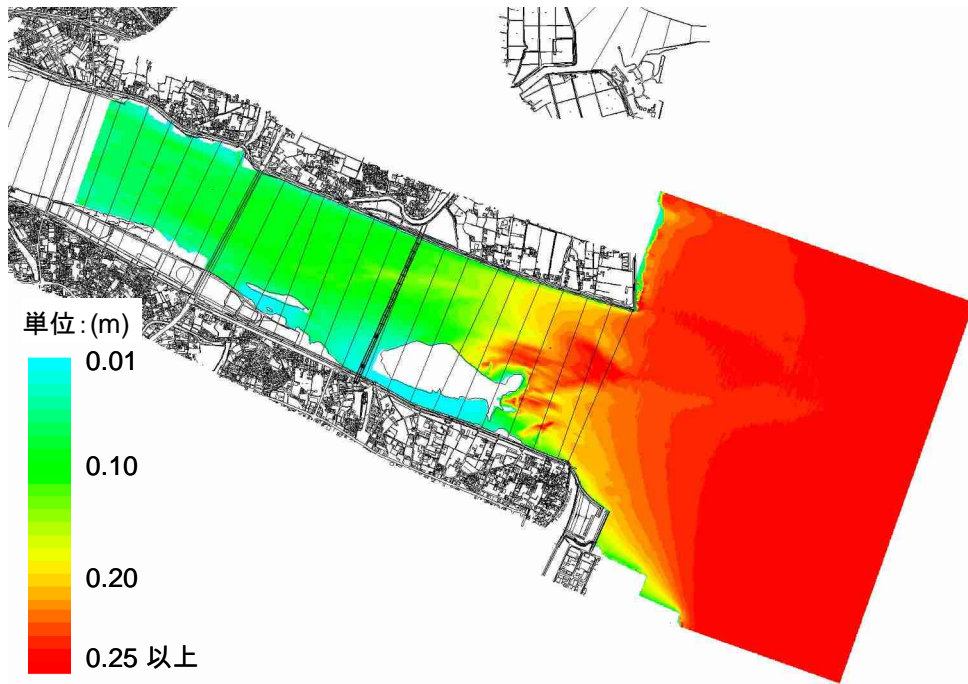


図 4-10 CASE5[平常時 ($H_{1/3}=0.25\text{m}$ $T_s=3.0\text{sec}$ M.W.L 時) の波高分布]

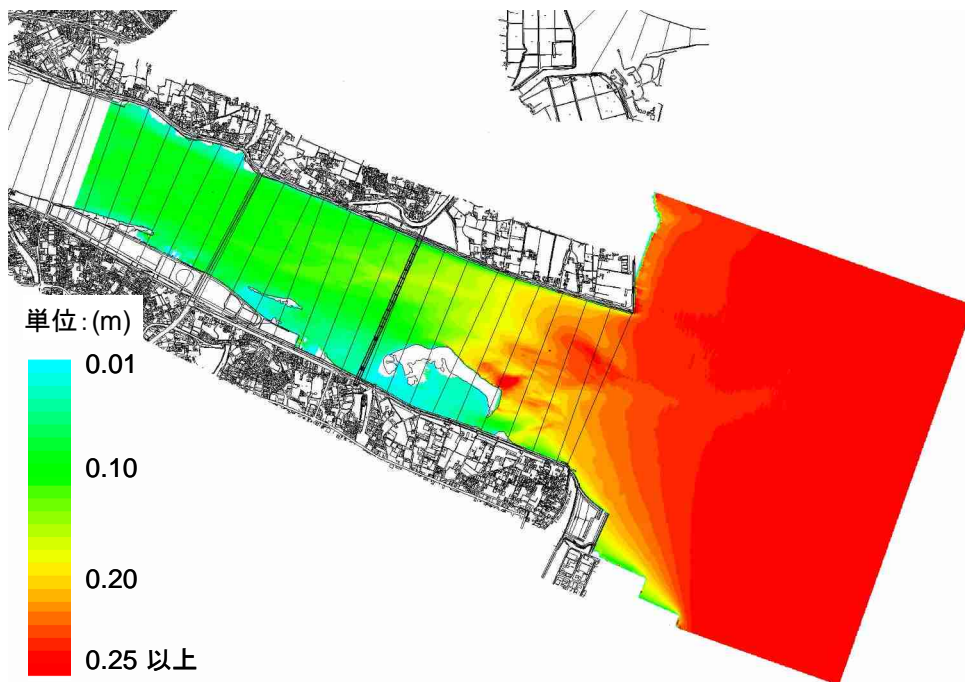


図 4-11 CASE6[平常時 ($H_{1/3}=0.25\text{m}$ $T_s=3.0\text{sec}$ H.W.L 時) の波高分布]

4.3 地形変動解析

吉野川河口域の台風による洪水流に伴う地形変動を、数値解析により定量的に評価した結果を以下に示す。

(1) 対象区域

吉野川河口 0km 地点より、河川上流側 6km、海域側 3km の 9km を解析対象区間とし、海域部分は 0km 地点中央横断面より、北側 2.5km、南側 2.5km の計 5km を含める。

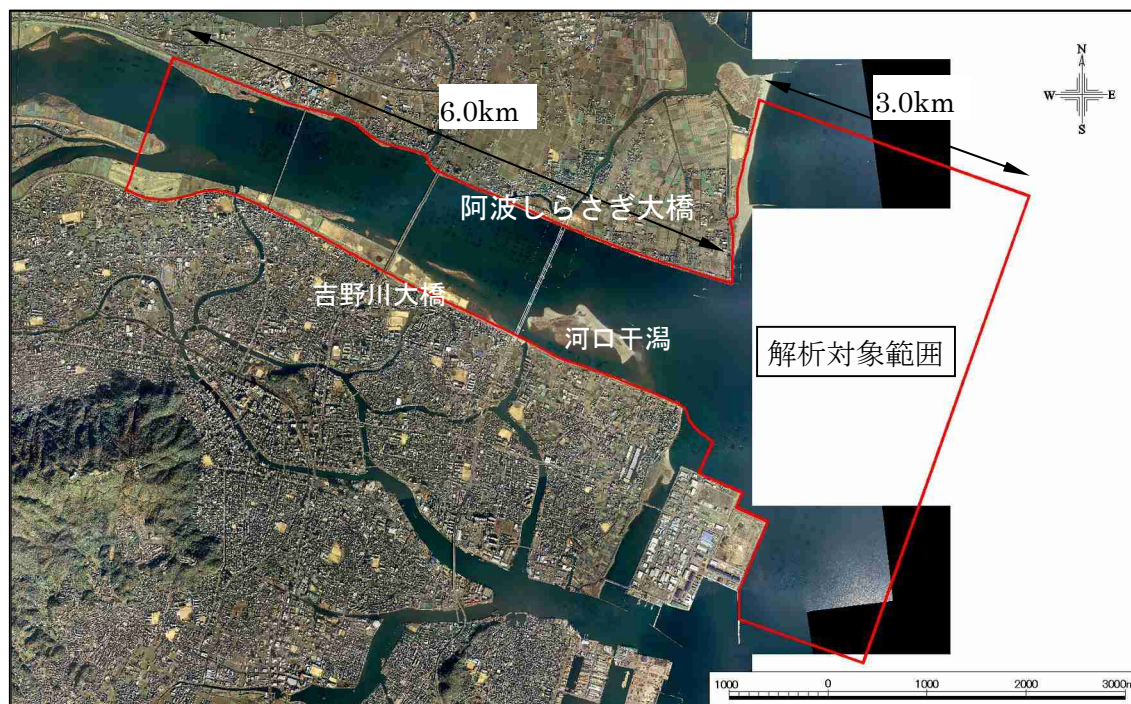


図 4-12 吉野川河口における地形変動解析の対象領域 (9.0km×5.0km)

(2) 対象外力と接点配置図

解析対象外力は、河川流（洪水流・潮汐流）および波浪とし、「高波浪と洪水流」について橋脚がある場合と無い場合について解析を行う。「平常時波浪と潮汐流」については、橋脚がある場合のみについて解析を行うものとする。

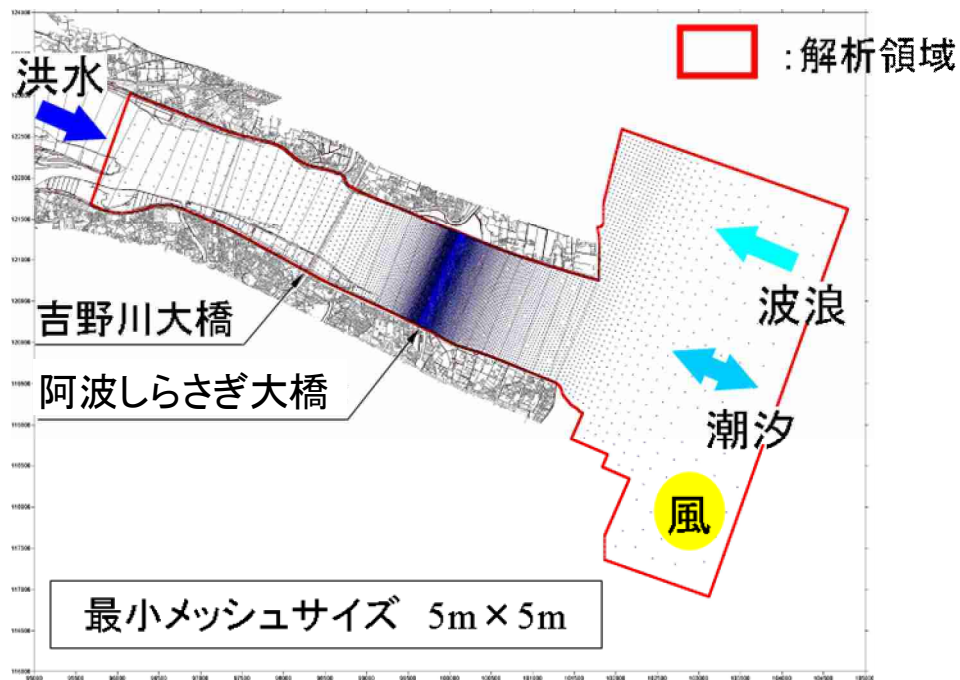


図 4-13 計算領域の節点配置図と対象が威力

(3) 解析条件

洪水流量は、上流端の流量境界には中央橋流量観測点の実測流量をスプライン関数で補間して与え、海境界での水位は小松島港における潮位観測データを与えた。この際、海境界の南端と北端とで、潮汐の伝播速度を考慮し位相差が生じるように与えた。図 4-14 は台風 10 号から台風 23 号までの吉野川河口の流量と降水量を表した図である。流量計算は吉野川中央橋流量から旧吉野川流量を差し引いた値としている。計算の結果、 $5000\text{m}^3/\text{s}$ を超える大出水に注目して、計算時間を 120 時間として解析を行った。したがって、解析の対象とした台風は台風 0410 号、0416 号、0421 号、0423 号であり、台風後の波浪と潮汐の影響は考慮していない。

また、流砂量の境界条件には、上流端、海境界とも河床変動が起こらないように平衡流砂量を与えている。

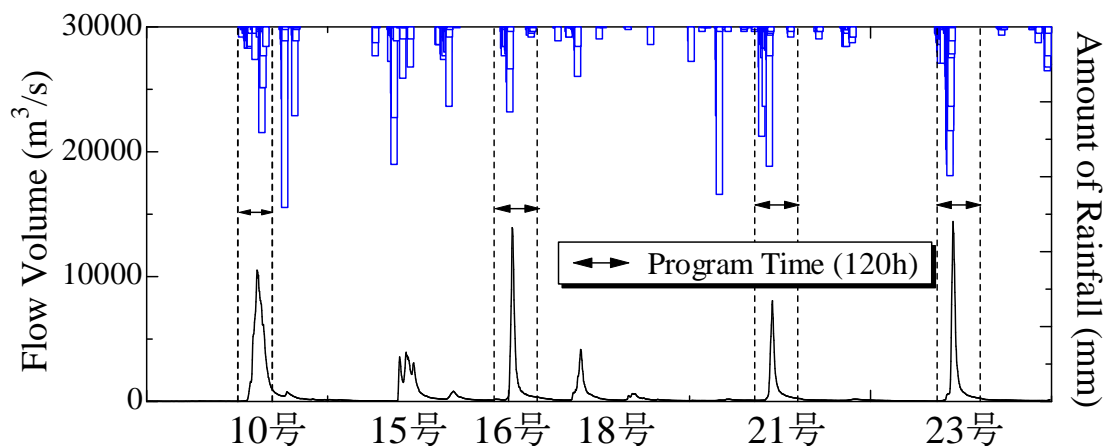


図 4-14 台風発生による流量と降水量

解析ケースは、干潟部における橋脚（P2 と P3）の有無の差を検討するため、解析に用いる地形データ、台風、橋脚の条件を図 4-15 に示す。解析の対象年である平成 16 年において、橋脚の P7、P9、P12、P13、P14 はすでに完成していたため、解析においてはこの橋脚が存在する条件を基本とする。橋脚の建設状況を図 4-16 に示す。

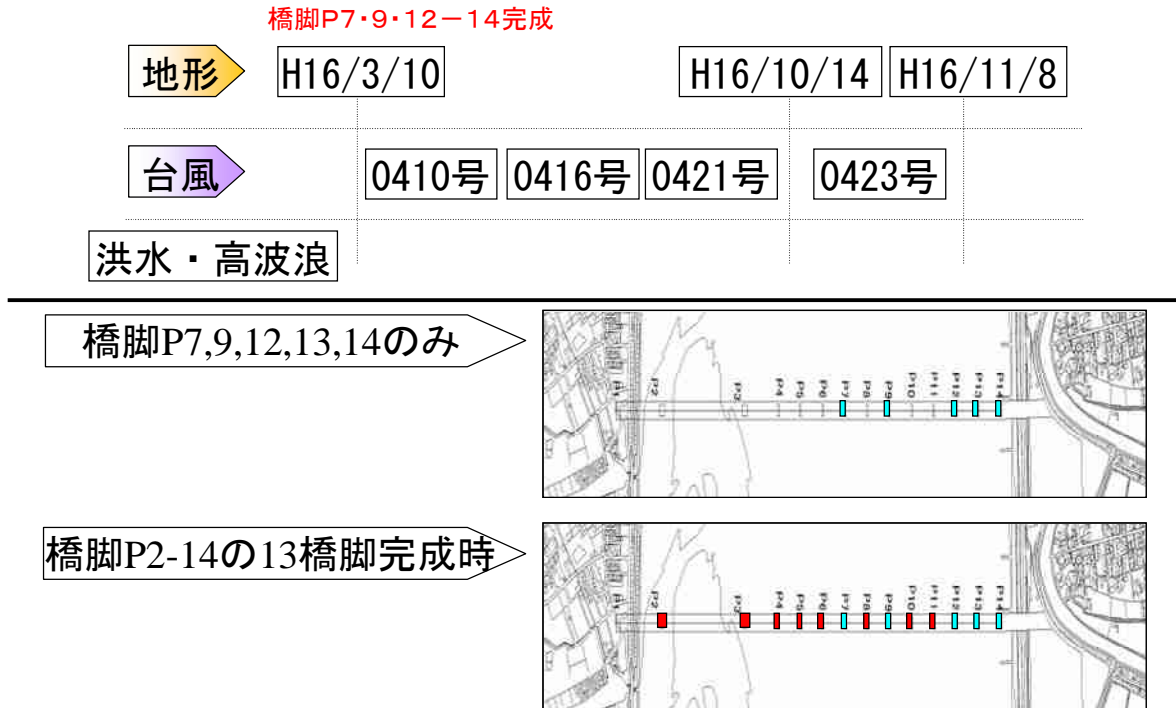


図 4-15 解析ケース

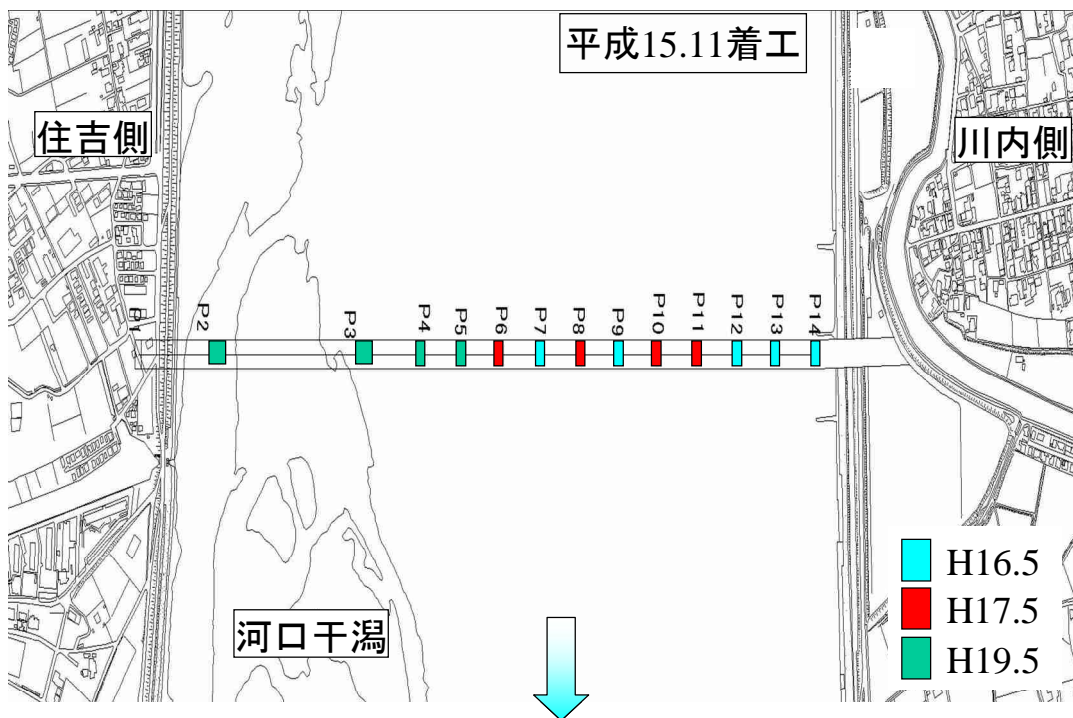


図 4-16 橋脚建設年次（完成年）

(4) 解析結果

解析結果を以下に示す。

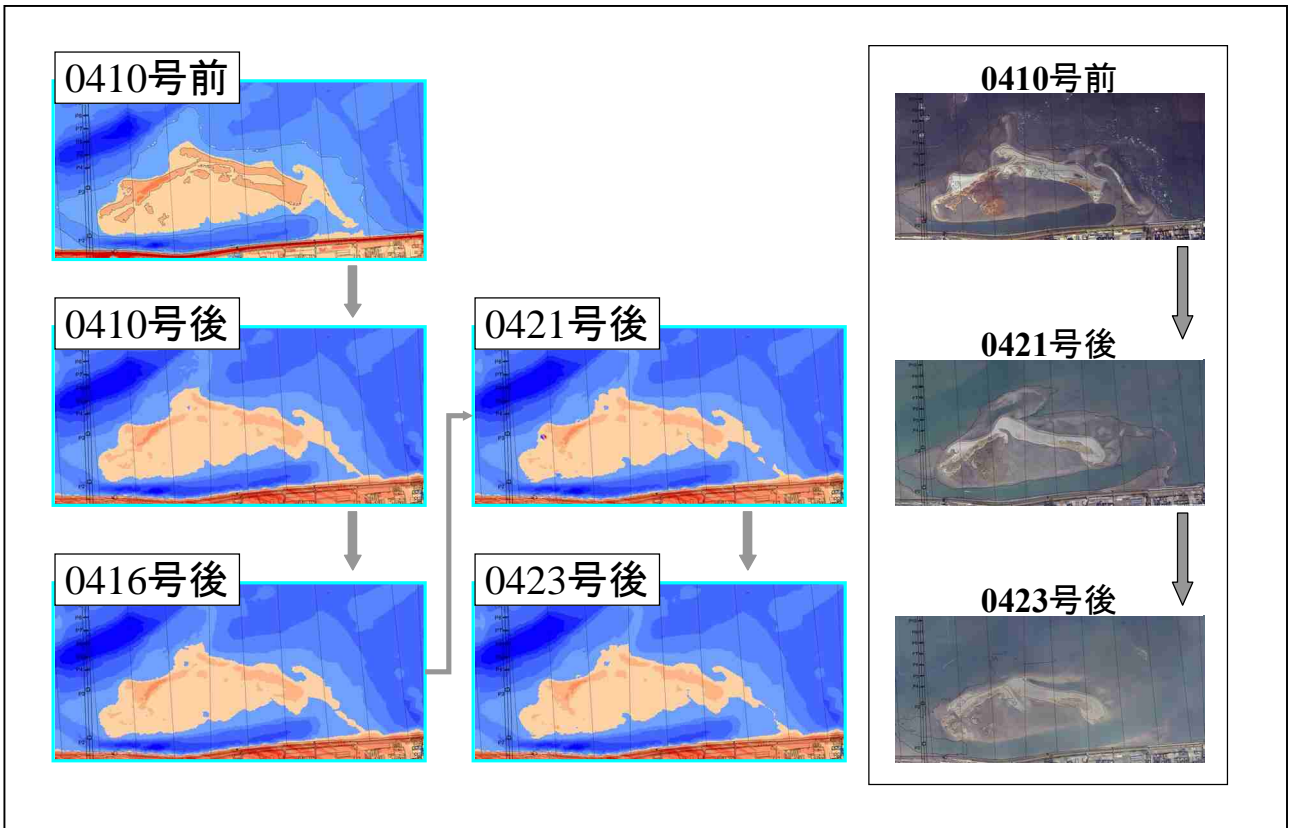


図 4-17 地形変化予測

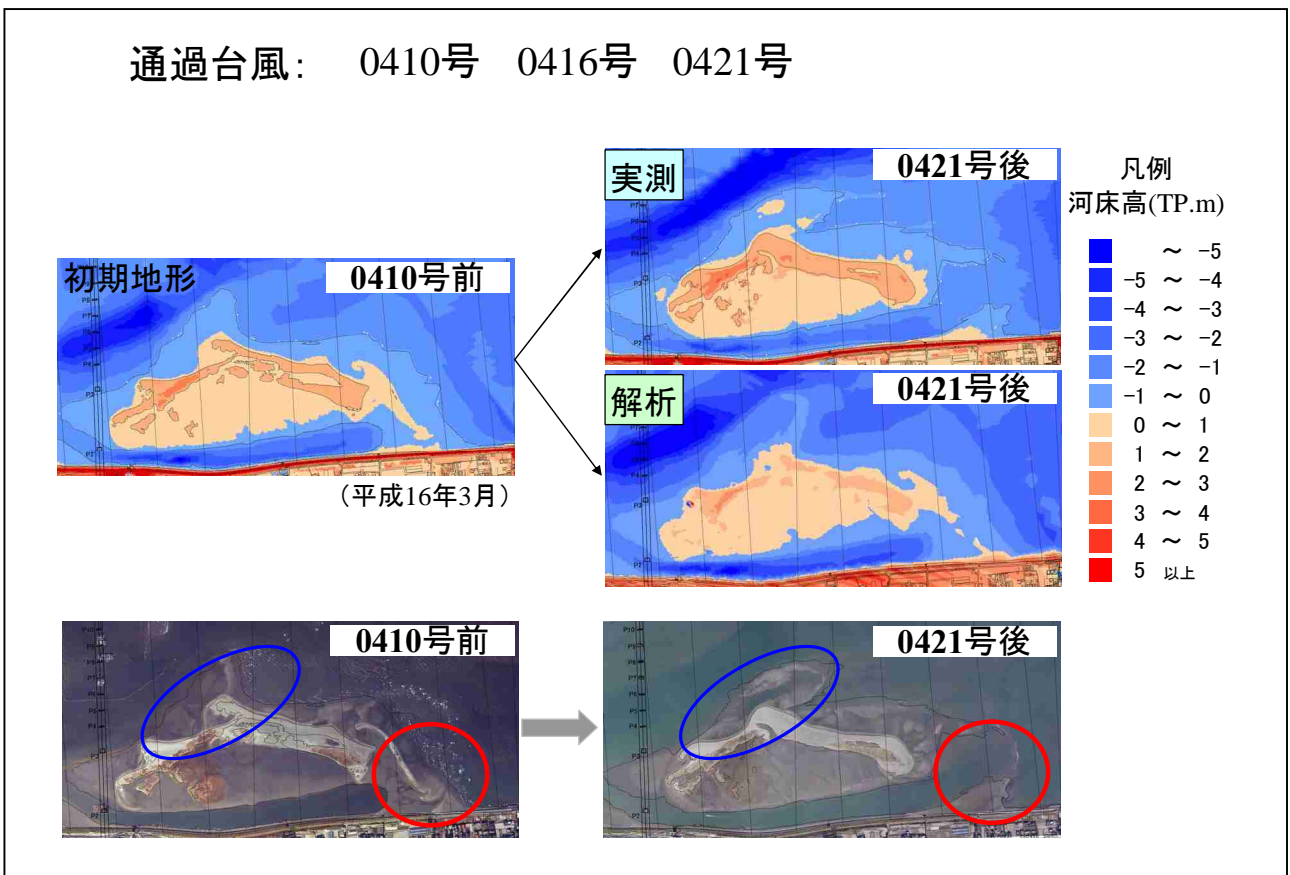


図 4-18 地形変化予測 (台風 0421 号後)

通過台風： 0410号 0416号 0421号 0423号

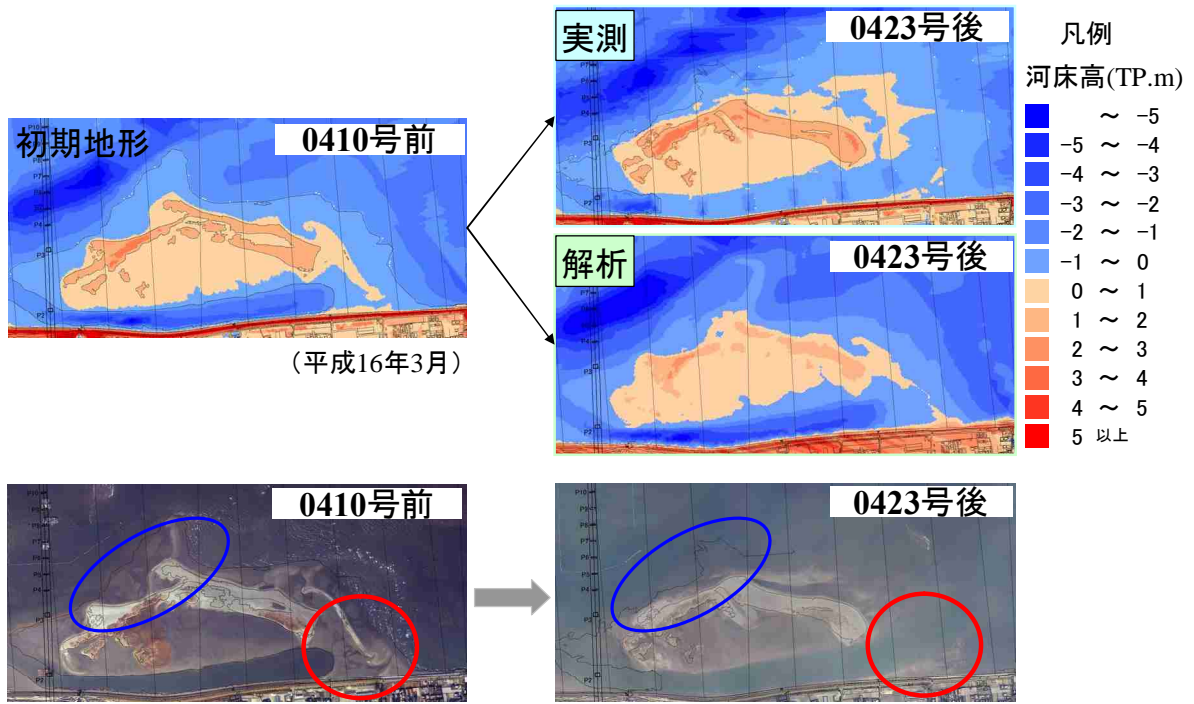


図 4-19 地形変化予測 (台風 0423 号後)

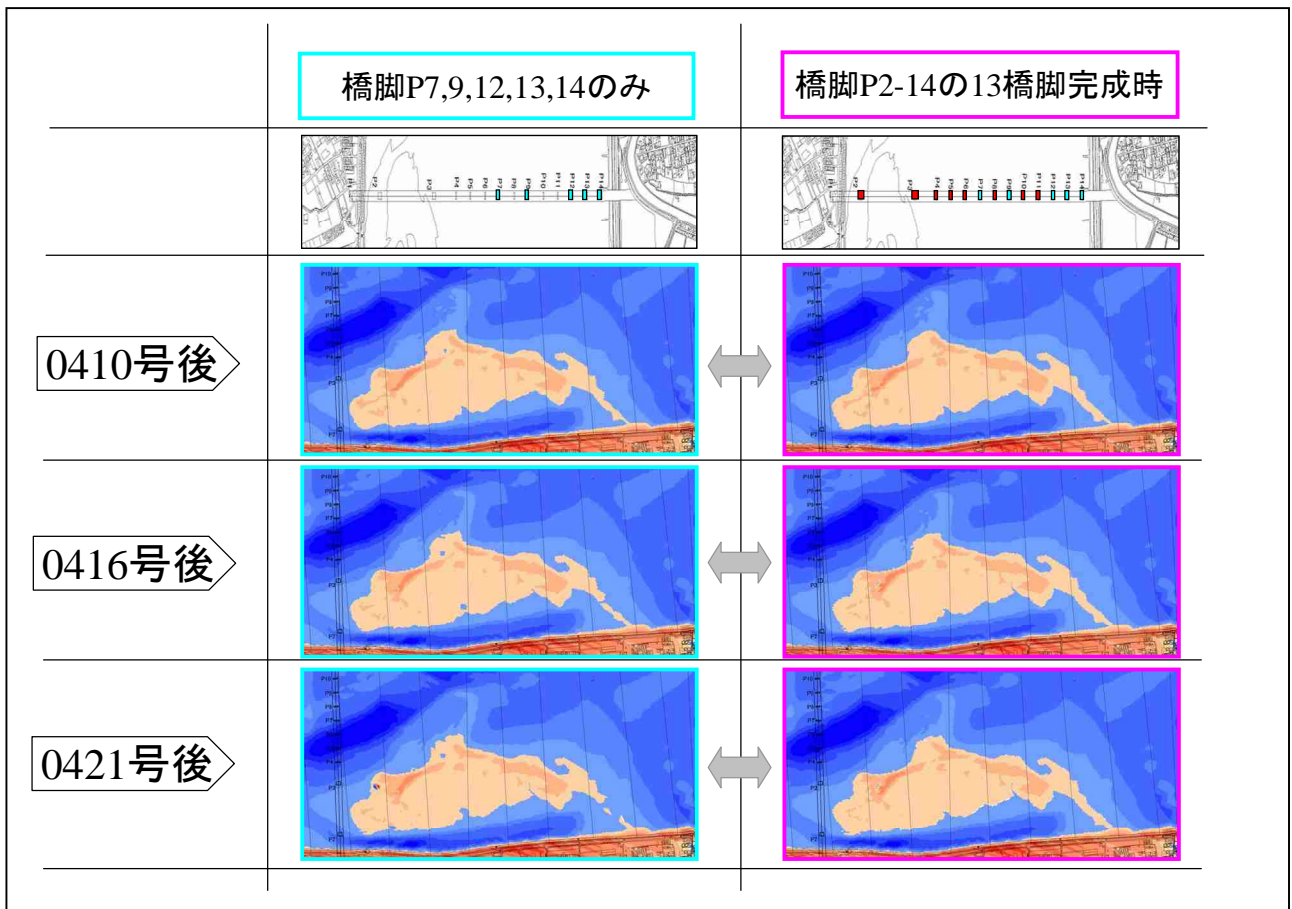


図 4-20 橋脚の影響

4.4 モデルの精度

地形変動解析の予測精度について以下に示す。

図 4-21 は、洪水に伴う干潟面積の実測の変化と、数値解析による干潟面積の変化を示したものである。洪水後の干潟面積を比べると、実測は干潟面積が大きく消失しているが、解析は実測に比べて過小に評価されているのが分かる。

- ・実測の面積の変化量：120,181m²減少、解析の面積の変化量：53,978m²減少
- ・実測と解析の変化割合（解析の面積の変化量/実測の面積の変化量）：44.9%（過小評価）

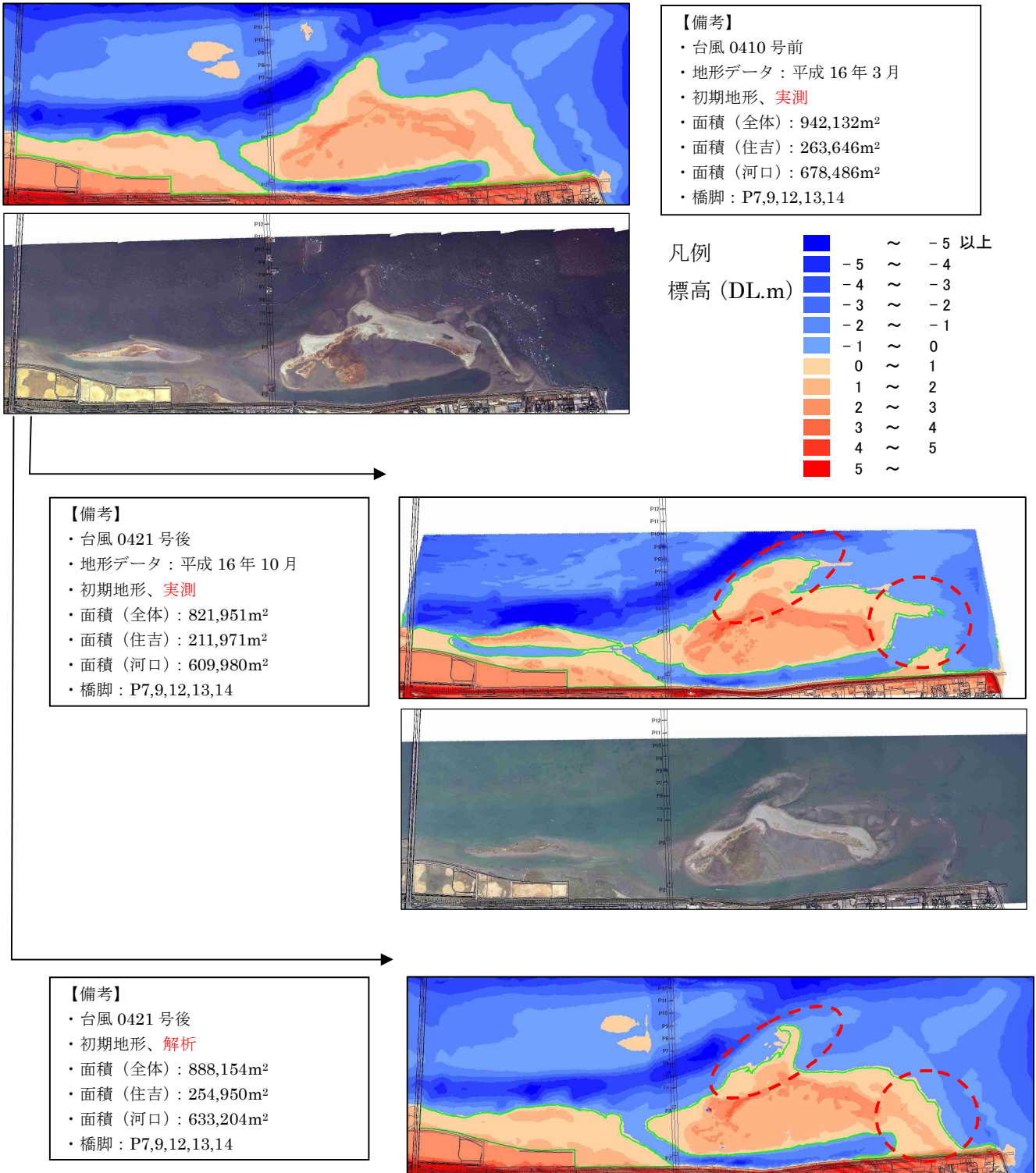


図 4-21 干潟面積の実測と解析の違い（台風 0421 号後）

4.5 課題

平成 16 年に発生した大型の台風に注目し、対象外力として、河川流（洪水流・潮汐流）及び小規模攪乱解析の高波浪時の波高を考慮した地形変動解析の結果、橋脚の有無による地形変動量は軽微である結果を得た。特に、流量が 1 万 m^3/s 程度から地形変化が発生する事から、平常時においては橋脚の有無による地形変化はほぼ発生しないと言える。図 4-22 に流量が約 $10,000m^3/s$ 規模における地形変動量、図 4-23 に流量が約 $14,000m^3/s$ 規模における地形変動量をそれぞれ示す。この結果、橋脚周辺部と河口干潟の周辺部に若干の堆積と洗掘が見られる。

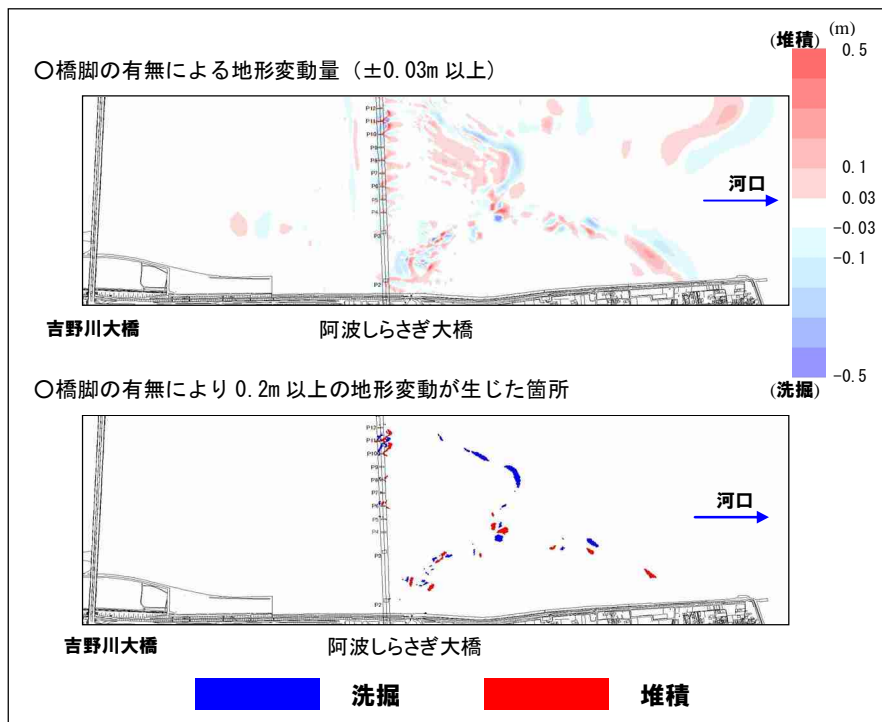


図 4-22 約 $10,000m^3/s$ 規模の流量に対する地形変動量（台風 0410 号：流量 $10,518.8m^3/s$ ）

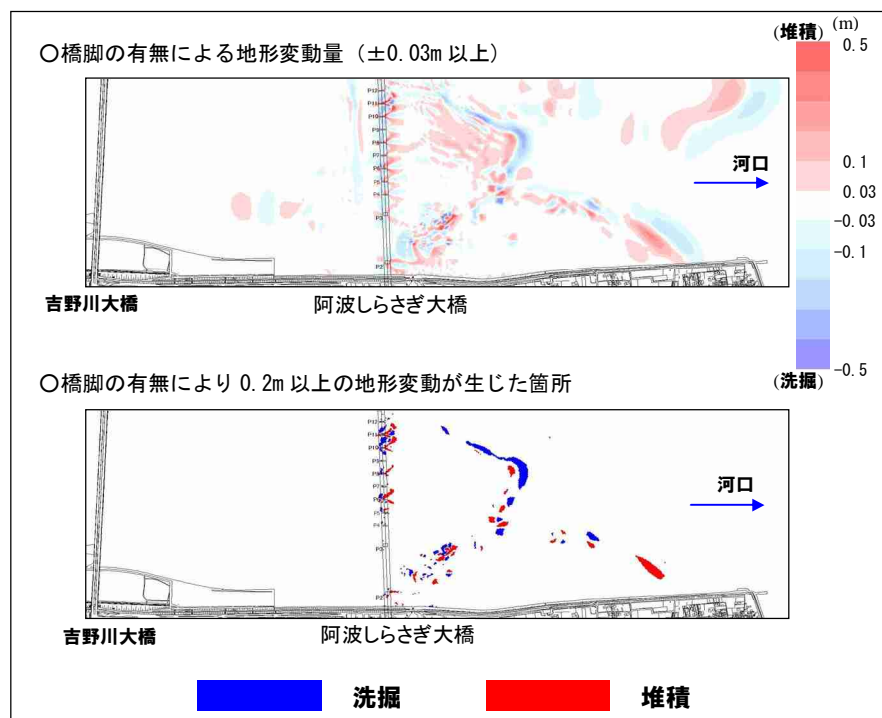


図 4-23 約 $14,000m^3/s$ 規模の流量に対する地形変動量（台風 0416 号：流量 $13,922.8m^3/s$ ）

ここで、洪水の影響に伴う地形変動の再現と、橋脚の有無による物理変動の特性の把握では、目的が異なることを念頭に置かなければならない。本事業の目的は橋脚の建設に伴う吉野川河口域への影響を評価することが目的である。橋脚の存在は、大出水があった場合により有意な差が生じる可能性が高く、この影響について、4.4ではモデルの精度を示し、結果として実現象に比べ過小評価されることを示した。ここでは、橋脚の有無による大出水時での地形変化の影響を把握するため、橋脚の有無のみを変えた解析を実施した。

第3章にて、生物生息モデルを構築した指標種はいずれも表在性の生活史を有しており、干潟の面積の消失は生息可能場の全量の消失と同義であると言える。図4-24と図4-25に流量が約10,000m³/s規模と約14,000m³/s規模の台風の洪水流に伴う、橋脚の有無による干潟の面積の差について示す。結果として、約0.12~0.37%程度の増加となった。

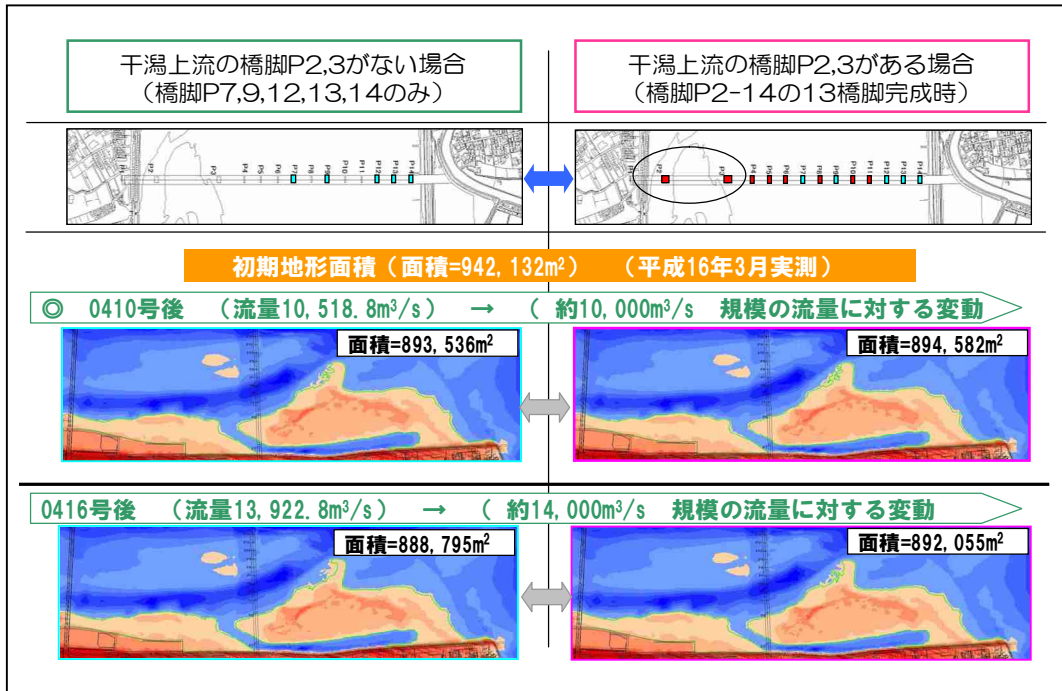


図4-24 橋脚の有無による面積の変化量（1）

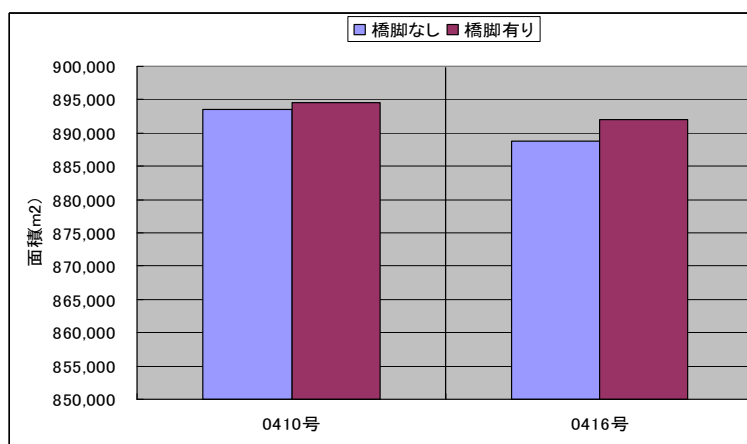


図4-25 橋脚の有無による面積の変化量（2）

表4-2 橋脚の有無による面積差及び面積率

台風	河口干潟面積(m ²)		面積差 (m ²)	面積率(対橋脚5基)(%)
	橋脚なし	橋脚有り		
初期地形(H16.3)	942,132	942,132	0	0.00%
0410号	893,536	894,582	1,047	0.12%
0416号	888,795	892,055	3,260	0.37%

ある物理的な現象の数値解析を行うにあたっては、その現象が生じる条件、すなわち、地形や作用外力などを、忠実に再現することが望ましい。しかし、実際にそれらを行うことは困難であり費用時間ともに膨大となるため、評価すべき事象に着目し、幾つかの仮定を取り入れた評価モデルが構築される。

本事業での評価すべき事象は、橋脚の有無による吉野川河口干潟での地形変動であり、地形変動が橋脚の有無によりどの程度異なるかを評価することがその目的である。

その目的に基づき実施した本業務の地形変動解析での設定条件と、実現象の差について考えられる主な項目を以下に記す。

<地形条件>

地形を再現するために、解析領域を格子状に分割する手法を用いている。地形を忠実に再現するためには、格子間隔を極力小さくすることが望ましいが、計算の安定性を得るためには、格子間隔に応じてタイムステップも小さくする必要があり、一つの計算を行うにも膨大な時間を要する。そのため、ここでは、最小の格子間隔を橋脚の大きさから 5m とし、橋脚部では 5m 間隔、橋脚から離れるに従って格子間隔が大きくなるように設定している。

<外力条件>

作用外力として、洪水流、潮汐流、高波浪、風を与えている。ただし、高波浪、風については、一定の条件で固定している。

<流砂条件>

作用外力の相互作用により生じる流砂現象としては、掃流砂のみを考慮し、河川上流部や河口部からの土砂流入量や土砂特性などについては考慮していない。また、河床粒径については、均一粒径と仮定している。

<地形変動>

掃流力により下流側へ移動するものと、同じく上流側から移動してきたものの流入出砂量のみにより、解析領域内の各地点の地形変動量を格子点毎に算出している。したがって、河床の破壊に伴う土塊の移動などは考慮されていない。

これらの条件に基づく解析モデルの問題点を以下に整理した。

洪水流による地形変動が生じるのは、現在の最小格子間隔が 5m の場合には、事前のアセスメント結果(※1)を踏まえると、出水量が 8,000m³/s (概ね 10,000m³/s) 以上の時と考えて問題ないと考えられるが、出水量は常時 8,000m³/s 以上ではない。すなわち、最小 5m の格子間隔では、それ以下の出水量による地形変動は評価しきれないと考えるべきであろう(※2)。

※1 東環状大橋（仮称）建設事業 環境影響検討のあらまし 徳島県 2003年8月

※2 仮に、格子間隔をより小さくしたモデルで解析を行った場合、解析時間の関係上、現実的ではないと考えるべきである。例えば、現行モデルで、5日間の地形変動解析に要する時間は、純計算時間で約5日間である。これは、一つの台風による地形変動を解析するだけで5日間を要することを意味する。したがって、3つの台風の影響を踏まえた結果を出すためには、15日以上を要する。ただし、この所要時間は、解析の安定性がある程度確保され、スムーズに進行した場合で、実際にはパラメータチューニング等の準備作業を行う必要があるため、大容量、高速の計算機を使用する必要があり、現実的には不可能であったと言えるであろう。

また、河口部の地形変動は、主に、解析領域の上流側境界からの土砂流入量、領域内河床部の掃流砂量、河口からの流入漂砂量と、作用外力に伴う領域内での土砂移動量により支配される。さらに、河床粒径もこれらの流入土砂特性に強く影響される。これらの相互作用を逐次変化する河口域の物理環境下で評価する解析手法は確立されていないのが現状である。

河床の土砂特性（粒径分布）は、基本的に2山型であるが、洪水と波浪の影響度により、2つの山の大きさは異なる。洪水流の影響の強い場合には、細粒側の山が大きい1山型に近くなる。一方、波浪の影響の強い箇所では、粗粒側の山が大きい1山型に近くなる傾向を示す。

本来、混合粒径を初期の河床粒径とすることが、より忠実に、現象を再現することになることは明白である。しかし、その場合には、吉野川河口河床の地点毎の粒径分布データが必要となる。

加えて、洪水時を対象とした解析では、洪水から3週間程度は、河床粒径のある程度の評価が可能と考えられるが一般的である。それ以降は、常時波浪の影響が強くなるため、洪水流のみでは河床粒径を評価することが難しくなると推測される。

これらのことから、地形変動量や粒径を実挙動と微視的には適合しない。

現在の地形変動解析の結果は、8,000m³/s 以上の洪水流の作用時において、橋脚の有無により生じる河床面でのせん断力の差による河床粒径の変化を巨視的に表しているのみと考えるべきである。