

#### 4-2-6 精度検証

深浅測量を行った測線のうち、右岸堤防の道路面に当たる測点を基準点（図 4-2-7）として、精度検証を行った。平坦な舗装道路上なので、基準点周辺の航空レーザー計測結果を調べれば、正しく高さが測定されているか確認できる。この検証では、基準点を中心として半径 1m 以内の航空レーザー計測点の高さを平均して基準点の高さと比較した（図 4-2-6）。表 4-2-7, 8 が比較検証結果であり RMS 誤差が 3 cm であった。この値は「国土交通省公共測量作業規定」が定める 1/2,500 地形図の基準（標準誤差 66 cm）を十分満たすものである。

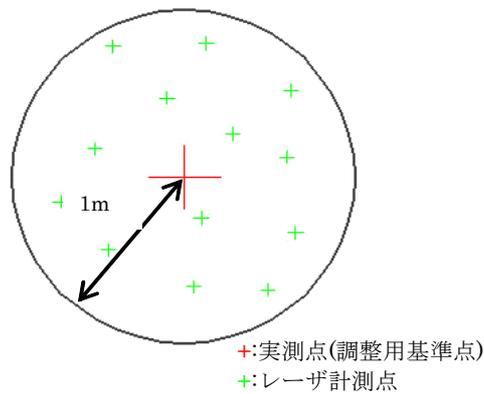


図 4-2-6 精度確認（概念図）

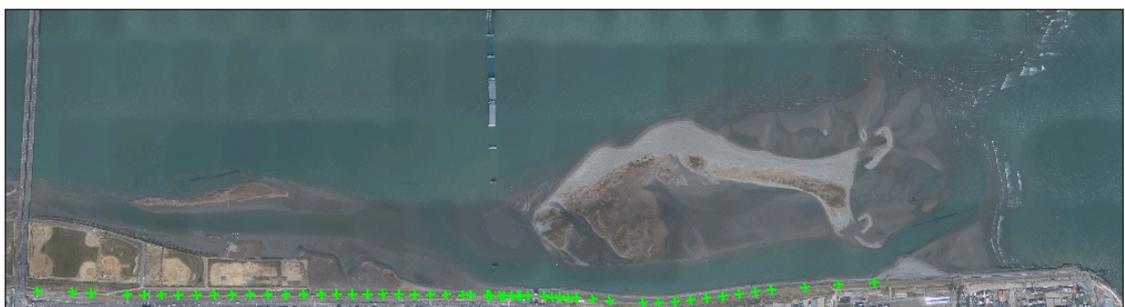


図 4-2-7 精度検証点位置図（緑色点）

表 4-2-7 精度検証結果（平成 19 年 10 月 7 日計測）

点番号	基準点座標			航空レーザ計測点	誤差
	X(m)	Y(m)	Z(m)	Z'(m)	Z'-Z
3	101171.33	119558.84	6.74	6.75	0.01
8	100679.88	119758.24	6.02	6.03	0.01
9	100577.52	119799.46	6.04	6.04	0.00
10	100480.93	119835.83	6.18	6.19	0.01
11	100384.32	119872.2	6.2	6.19	-0.01
12	100336.32	119887.55	6.24	6.24	0.00
13	100288.32	119902.87	6.31	6.31	0.00
14	100240.31	119918.22	6.38	6.37	-0.01
15	100192.34	119933.56	6.5	6.52	0.02
16	100145.77	119949.08	6.58	6.61	0.03
17	100099.26	119964.61	6.63	6.65	0.02
18	100053.94	119982.84	6.58	6.61	0.03
19	100009.36	120002.97	6.51	6.52	0.01
21	99919.96	120053.37	6.4	6.44	0.04
22	99875.26	120078.59	6.48	6.48	0.00
23	99830.58	120103.77	6.58	6.58	0.00
24	99786.76	120126.29	6.43	6.42	-0.01
25	99743.86	120151.14	6.58	6.52	-0.06
26	99699.59	120172.5	6.48	6.46	-0.02
28	99655.31	120193.83	6.33	6.29	-0.04
31	99518.8	120260.32	6.52	6.53	0.01
32	99473.29	120282.5	6.46	6.45	-0.01
33	99429.57	120303.53	6.49	6.49	0.00
34	99385.85	120324.57	6.52	6.52	0.00
35	99342.16	120345.63	6.66	6.65	-0.01
36	99298.44	120366.67	6.76	6.78	0.02
37	99255.49	120386.6	6.77	6.79	0.02
38	99212.55	120406.54	6.83	6.83	0.00
39	99169.59	120426.48	6.78	6.83	0.05
40	99126.64	120446.4	6.74	6.73	-0.01
41	99077.11	120469.45	6.88	6.88	0.00
42	99027.6	120492.5	6.9	6.98	0.08
43	98978.09	120515.52	6.94	6.95	0.01
44	98928.58	120538.58	6.89	6.91	0.02
45	98878.67	120561.58	6.98	6.98	0.00
46	98828.79	120584.58	7.01	7.02	0.01
47	98778.88	120607.59	7.06	7.06	0.00
48	98728.98	120630.6	7.11	7.08	-0.03
49	98681.77	120654.14	7.13	7.17	0.04
50	98633.75	120675.86	7.21	7.24	0.03
51	98586.36	120698.93	7.23	7.23	-0.01
52	98542.76	120730.18	7.29	7.35	0.06
53	98488.73	120750.46	7.37	7.38	0.01
54	98437.68	120777.06	7.29	7.30	0.01
55	98386.73	120803.66	7.63	7.71	0.08
58	99808.67	120115.03	6.5	6.47	-0.03
59	99764	120137.45	6.5	6.51	0.00
61	99677.45	120183.16	6.33	6.38	0.05
62	99632.56	120204.9	6.34	6.33	-0.01
63	99587.06	120227.06	6.4	6.45	0.05
64	99541.54	120249.24	6.53	6.55	0.01
比較点数					51
平均誤差(m)					0.010
RMSE(m)					0.029

表 4-2-8 精度検証結果（平成 20 年 3 月 22 日計測）

点番号	検証点座標			航空レーザー計測点	誤差 Z' - Z
	X(m)	Y(m)	Z(m)	Z' (m)	
8	100679.88	119758.24	6.02	6.07	0.05
9	100577.52	119799.46	6.04	6.06	0.02
10	100480.93	119835.83	6.18	6.18	0.00
11	100384.32	119872.2	6.20	6.21	0.01
12	100336.32	119887.55	6.24	6.27	0.03
13	100288.32	119902.87	6.31	6.33	0.02
14	100240.31	119918.22	6.38	6.40	0.02
15	100192.34	119933.56	6.50	6.53	0.03
16	100145.77	119949.08	6.58	6.62	0.04
17	100099.26	119964.61	6.63	6.67	0.04
18	100053.94	119982.84	6.58	6.60	0.02
19	100009.36	120002.97	6.51	6.55	0.04
21	99919.96	120053.37	6.40	6.45	0.05
22	99875.26	120078.59	6.48	6.51	0.03
23	99830.58	120103.77	6.58	6.59	0.01
24	99786.76	120126.29	6.43	6.39	-0.04
25	99743.86	120151.14	6.58	6.58	0.00
26	99699.59	120172.5	6.48	6.45	-0.03
27	99673.38	120185.12	6.32	6.40	0.08
28	99655.31	120193.83	6.33	6.32	-0.01
31	99518.8	120260.32	6.52	6.54	0.02
32	99473.29	120282.5	6.46	6.56	0.10
33	99429.57	120303.53	6.49	6.56	0.07
34	99385.85	120324.57	6.52	6.64	0.12
35	99342.16	120345.63	6.66	6.65	-0.01
36	99298.44	120366.67	6.76	6.69	-0.07
37	99255.49	120386.6	6.77	6.72	-0.05
38	99212.55	120406.54	6.83	6.75	-0.08
39	99169.59	120426.48	6.78	6.77	-0.01
40	99126.64	120446.4	6.74	6.81	0.07
41	99077.11	120469.45	6.88	6.84	-0.04
42	99027.6	120492.5	6.90	6.86	-0.04
43	98978.09	120515.52	6.94	6.91	-0.03
44	98928.58	120538.58	6.89	6.93	0.04
45	98878.67	120561.58	6.98	7.01	0.03
46	98828.79	120584.58	7.01	6.99	-0.02
47	98778.88	120607.59	7.06	7.02	-0.04
48	98728.98	120630.6	7.11	7.07	-0.04
49	98681.77	120654.14	7.13	7.13	0.00
50	98633.75	120675.86	7.21	7.14	-0.07
51	98586.36	120698.93	7.23	7.17	-0.06
53	98488.73	120750.46	7.37	7.40	0.03
54	98437.68	120777.06	7.29	7.34	0.05
56	98341.5	120824.97	8.26	8.29	0.03
58	99808.67	120115.03	6.50	6.49	-0.01
59	99764	120137.45	6.50	6.51	0.00
61	99677.45	120183.16	6.33	6.42	0.09
62	99632.56	120204.9	6.34	6.37	0.03
63	99587.06	120227.06	6.40	6.43	0.03
64	99541.54	120249.24	6.53	6.50	-0.03
66	99621.66	120209.82	6.36	6.39	0.03
68	99594.85	120223.36	6.37	6.34	-0.03
比較点数					52
平均誤差(m)					0.010
RMSE(m)					0.046

道路上の深浅測量データにより比較・調整を行った後、干潟内の深浅測量データ(図 4-2-8、図 4-2-9)と比較し植生の影響を確認した(表 4-2-9、10)。比較方法は道路面と同じである。干潟内は道路面ほど平坦面ではないが、秋期で平均誤差は 5cm で RMS 誤差は 8cm という値になり、春期では平均誤差が 7cm、RMS 誤差も 9cm 程度であった。航空レーザー計測データが植生の影響を受けて一律高くなってしまいうような問題は起こっていないことが確認された。

精度検証に利用されたレーザー計測点に違いがあるのは、秋期計測では 7800 点、春期計測では 9000 点の深浅測量が行われているからである。また、春期計測は、秋期計測に比べて潮位が 20cm ほど低く、植生も秋期計測時ほど繁殖していなかったことが挙げられる。

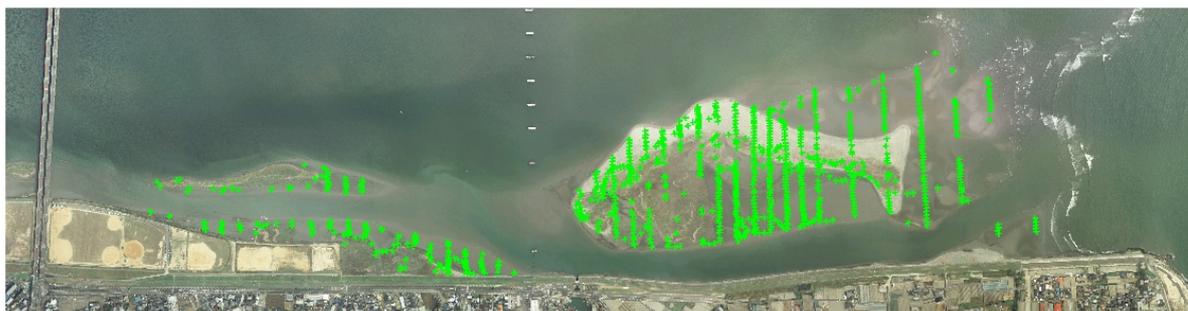


図 4-2-8 干潟内の検証点位置 (平成 19 年 10 月 7 日計測)

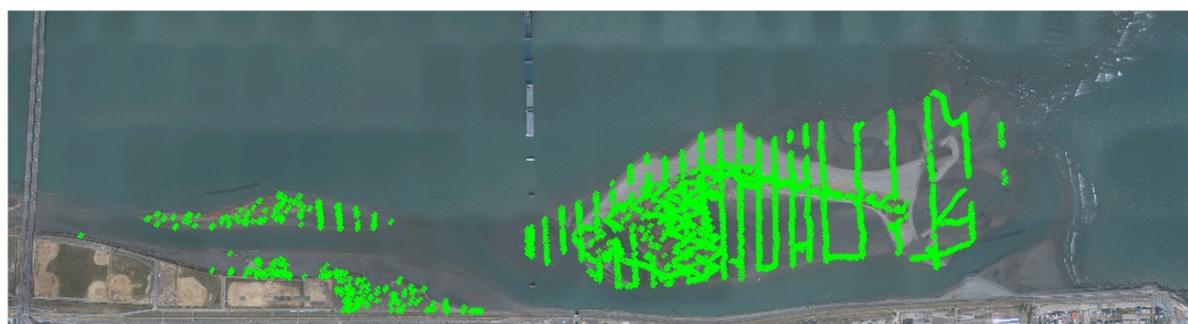


図 4-2-9 干潟内の検証点位置図 (平成 20 年 3 月 22 日計測)

表 4-2-9 干潟内の検証結果 (平成 19 年 10 月 7 日計測)

比較点数	944
平均誤差(m)	0.051
RMS 誤差(m)	0.077

表 4-2-10 干潟内の検証結果 (平成 20 年 3 月 22 日計測)

比較点数	2029
平均誤差(m)	0.067
RMS 誤差(m)	0.085

#### 4-2-7 DEM 作成

地形を表す点群データに対して内挿計算をほどこすことにより、数値標高データ (DEM) を作成する。なお、グリッドデータは 1m とした。

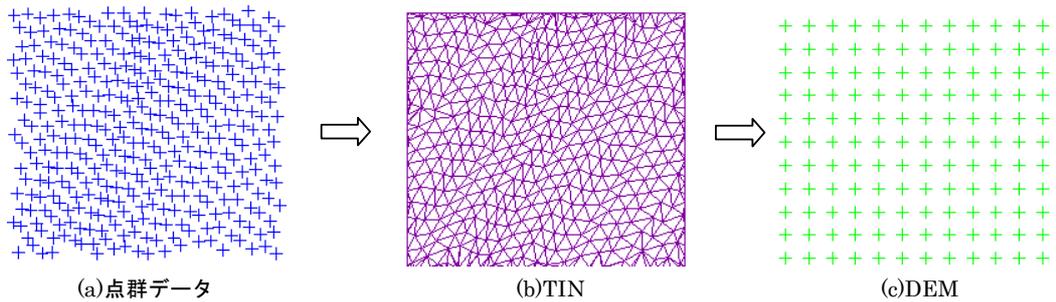


図 4-2-10 DEM 作成概念図

#### 4-2-8 等高線図作成

作成された DEM データをもとに等高線データを作成する。なお、等高線間隔は 0.25m とした。図 4-2-11、図 4-2-12 は、4-2-11 で述べる手法に基づき河床部分の地形を深淺測量のデータで置換えて作成した等高線図である。

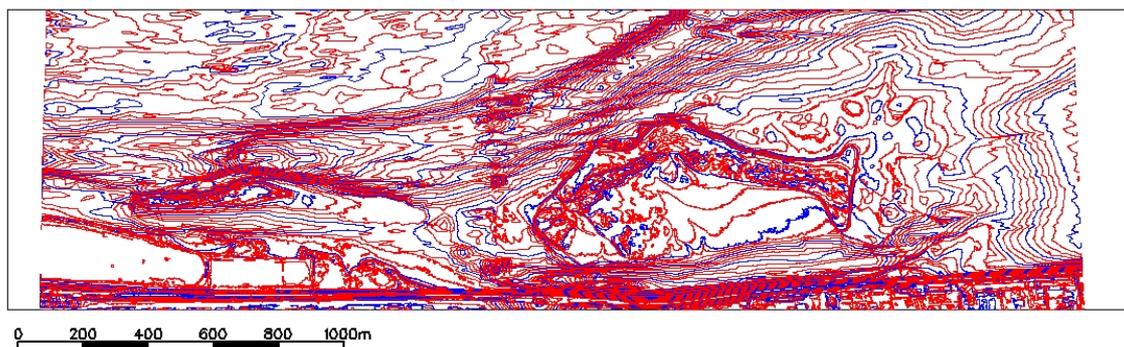


図 4-2-11 航空レーザー計測と深淺測量を接合した 25 cm 間隔等高線図  
(平成 19 年 10 月 7 日計測)

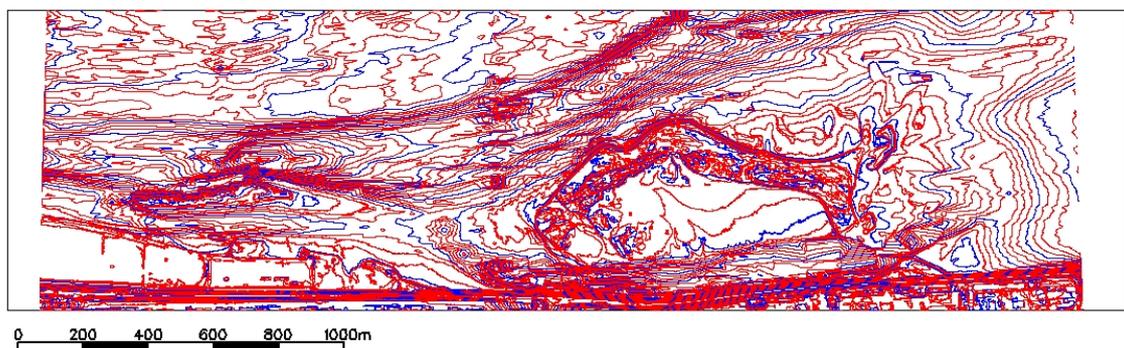


図 4-2-12 航空レーザー計測と深淺測量を接合した 25 cm 間隔等高線図  
(平成 20 年 3 月 22 日計測)

#### 4-2-9 簡易正射変換画像（オルソフォト）作成

航空レーザー計測実施と同時期に撮影したカラー航空写真に、GPS 及び IMU による位置・姿勢情報を与えて、地形やカメラの傾き等に起因する画像の歪み処理をおこない、簡易正射変換画像を作成した。さらにデジタルモザイクを施して画像接合を行った。図 4-2-13、14 は、このように処理した画像を計測範囲全てでつなぎ合わせたものである。

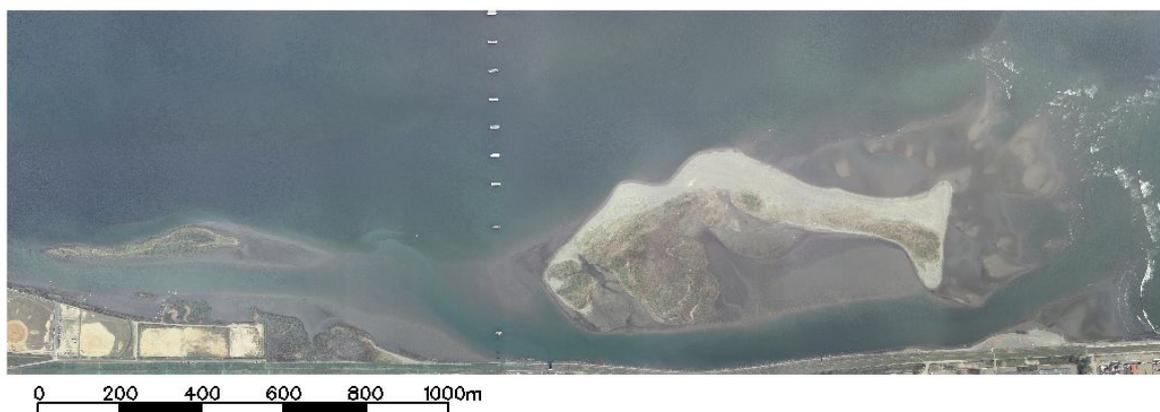


図 4-2-13 簡易正射変換画像（平成 19 年 10 月 7 日計測）

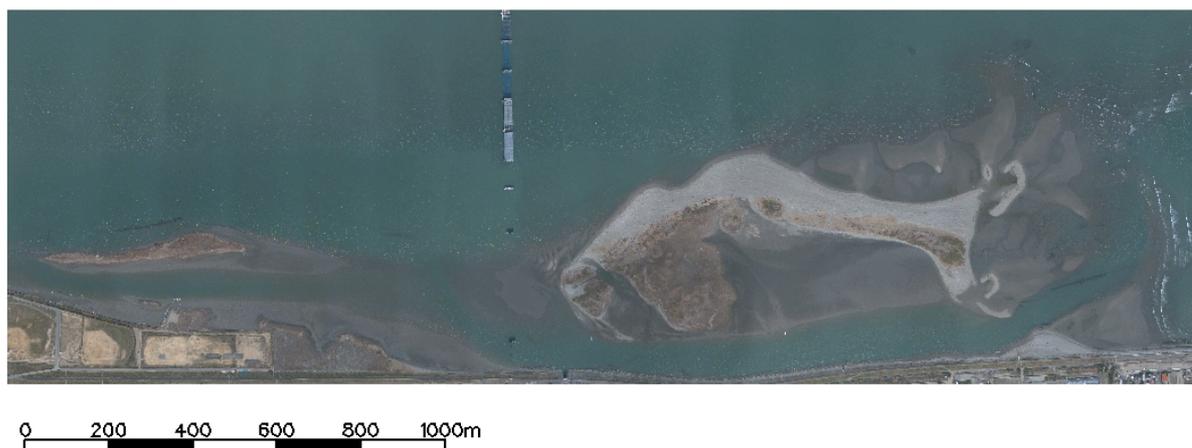


図 4-2-14 簡易正射変換画像（平成 20 年 3 月 22 日計測）

#### 4-2-10 汀線データ作成

4-2-9 で作成したオルソフォトを使用して、計測実施時点の汀線データを作成した。作成に際しては CAD ソフトに取り込んだオルソフォトから水際線を目視で判断しトレースしていくという方法をとった。図 4-2-15、16 の赤色線がこの方法で作成した計測時の汀線である。

また河川横断測量結果(図 4-1-3 緑色点)のデータを取り込んで、陸部の航空レーザー計測データと結合し、T. P.、A. P. 及び港湾 D. L.、D. L. -0.783m、年平均潮位、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位での汀線データも作成した。年平均潮位、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位は気象庁潮汐資料(<http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/tide/genbo/index.php>)で公開されている小松島検潮所の月統計値(それぞれ月平均潮位、月最高潮位、月最低潮位)を基に利用可能な直近の一年平均を用いた。本業務で利用した潮位を表 4-2-11、12 としてまとめた。

表 4-2-11 平均潮位まとめ（期間 平成 18 年 10 月～平成 19 年 9 月）

	港湾 D.L. (m)	T.P. (m)
年平均潮位	1.093	0.115
年平均満潮位	1.921	0.950
年平均干潮位	0.021	-0.960

表 4-2-12 平均潮位まとめ（期間 平成 19 年 3 月～平成 20 年 2 月）

	港湾 D.L. (m)	T.P. (m)
年平均潮位	1.075	0.096
年平均満潮位	1.893	0.920
年平均干潮位	0.001	-0.980



図 4-2-15 計測時の汀線（平成 19 年 10 月 7 日計測）



図 4-2-16 計測時の汀線（平成 20 年 3 月 22 日計測）

#### 4-2-11 DEM 差分法による地形変動量解析

昨年度計測データを含む複数の地形データの差分を計算することにより、地形の変動量を解析した。本業務の秋期計測で扱ったのは平成 18 年度「都道徳島東環状線徳・東吉野 2～北沖洲 4 レーザー計測(82)業務」で計測した平成 19 年 4 月 19 日と本業務で計測した平成 19 年 10 月 7 日のデータである。また、春期計測で扱ったのは本業務の平成 19 年 10 月 7 日と平成 20 年 3 月 22 日のデータである。この 2 回分の計測データから差分を計算した。差分の計算には 1m 間隔の DEM を使用した(図 4-2-17)。

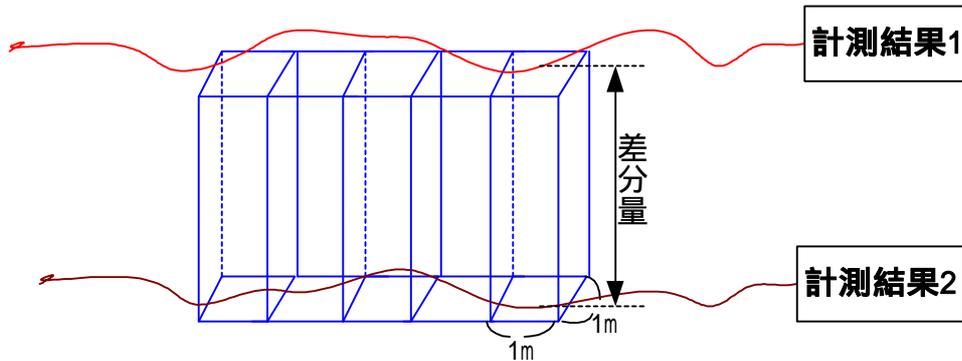


図 4-2-17 差分データの計算方法概念図

差分の計算を行った際に、一部データに不自然な点が見られた(図 4-2-18 左図)。これは平成 19 年 4 月のデータから確認されたもので、本業務の計測から生じたものではないと見られる。図 4-2-18 右図は平成 19 年 10 月 7 日に計測された同位置の段彩図である。

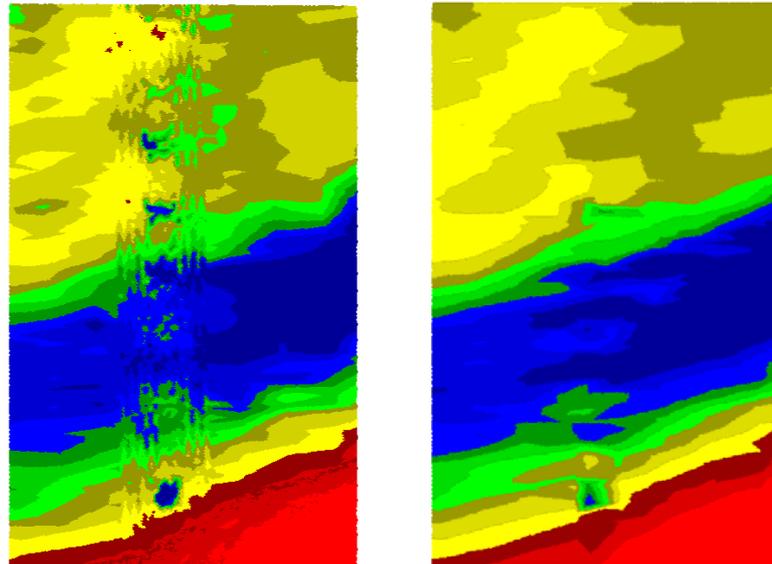


図 4-2-18 中央付近の段彩図

(左 平成 19 年 4 月 19 日計測 右 平成 19 年 10 月 7 日計測)

図 4-2-19、図 4-2-20 が差分結果の段彩図である。

図中、黄色～赤色が増加を示し、緑色～青色が減少を示す。また灰色は変動量がほぼ 0m であることを示している。

秋期計測で土砂変動量が増加しているのは、平成 19 年 7 月に台風 4 号の影響を受け大規模な出水が行われたことにより、土砂が堆積したと推測される。一方、平成 19 年 7 月から平成 20 年 3 月までは、出水が行われなかったため変動量にほぼ変化がなかったと思われる。

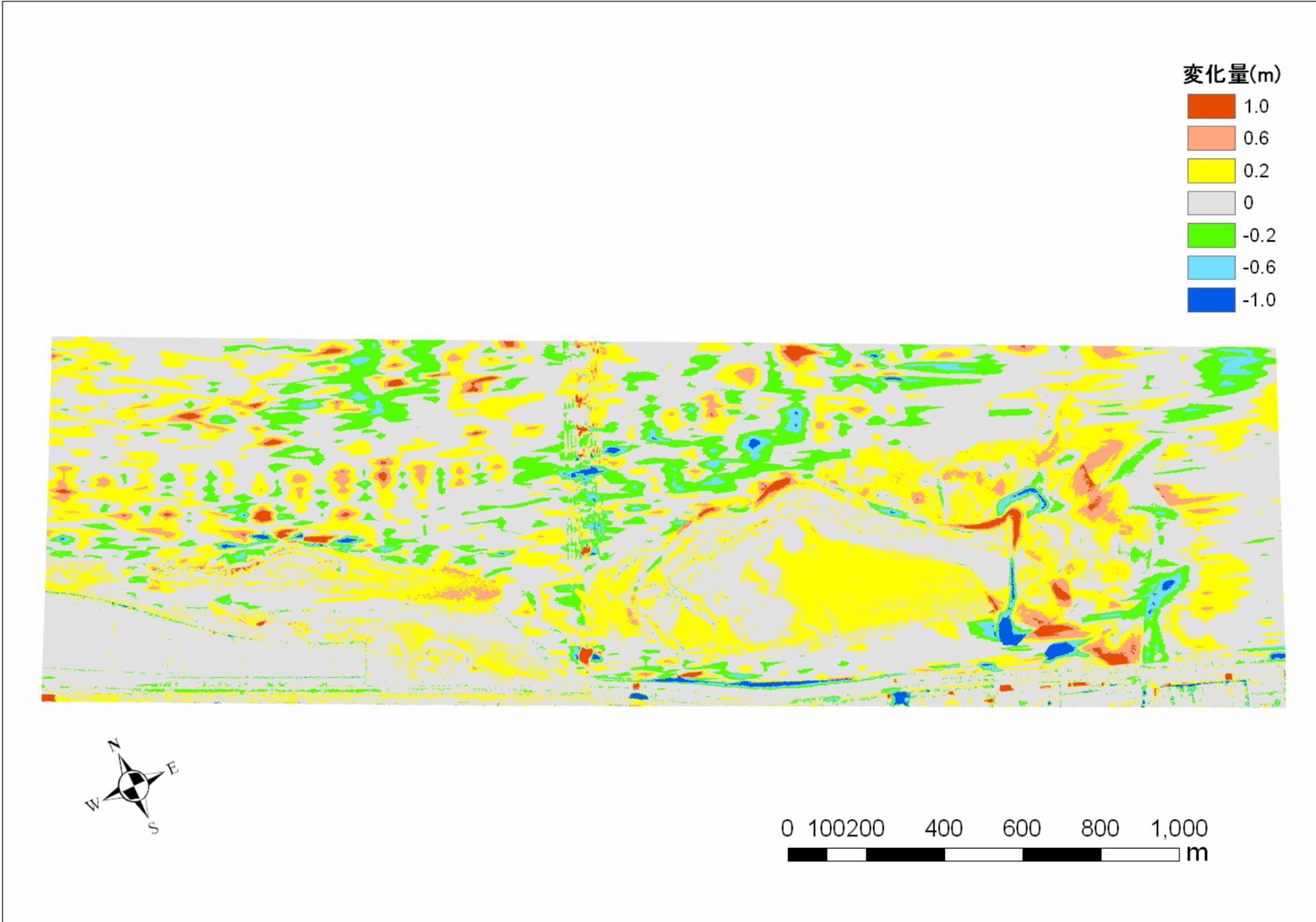


図 4-2-19 差分結果 (平成 19 年 4 月 19 日 - 平成 19 年 10 月 7 日)

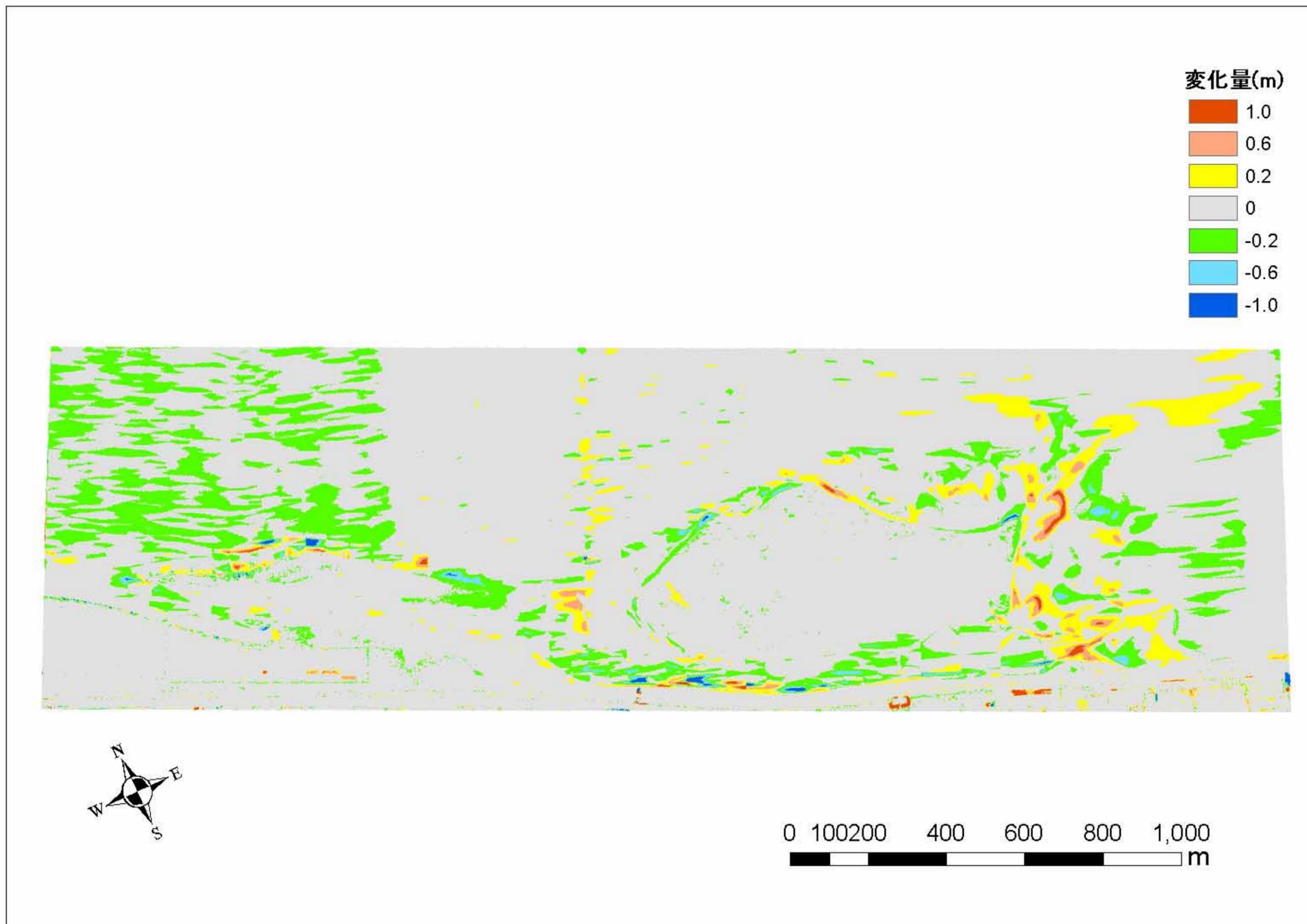


図 4-2-20 差分結果 (平成 19 年 10 月 7 日 平成 20 年 3 月 22 日)

#### 4-3 地形の経年変化

##### 4-3-1 干潟面積の経年変化

朔望平均潮位、朔望平均満潮位、朔望平均干潮位時の水位をもとに干潟の面積を算出した。なお今年度から D.L.、D.L.+0.783 の水位の干潟面積も新たに算出している。

面積計算は、過去調査と同様に、「河口干潟」、「中洲」、「グラウンド脇」の3エリアに分類して算出した。図4-3-1に各エリアの面積計算対象範囲を示す。

また、図4-3-2に面積計算時の岸側の境界線を示す。境界線も前回成果と同様に。堤防上の道路の中心線とグラウンド脇周辺にある直立護岸に沿った線を基準としている。



図 4-3-1 干潟面積対象範囲図 (H19年10月7日計測 年平均潮位での例)

- : 河口干潟
- : 中洲
- : グラウンド脇



図 4-3-2 面積計算の境界線

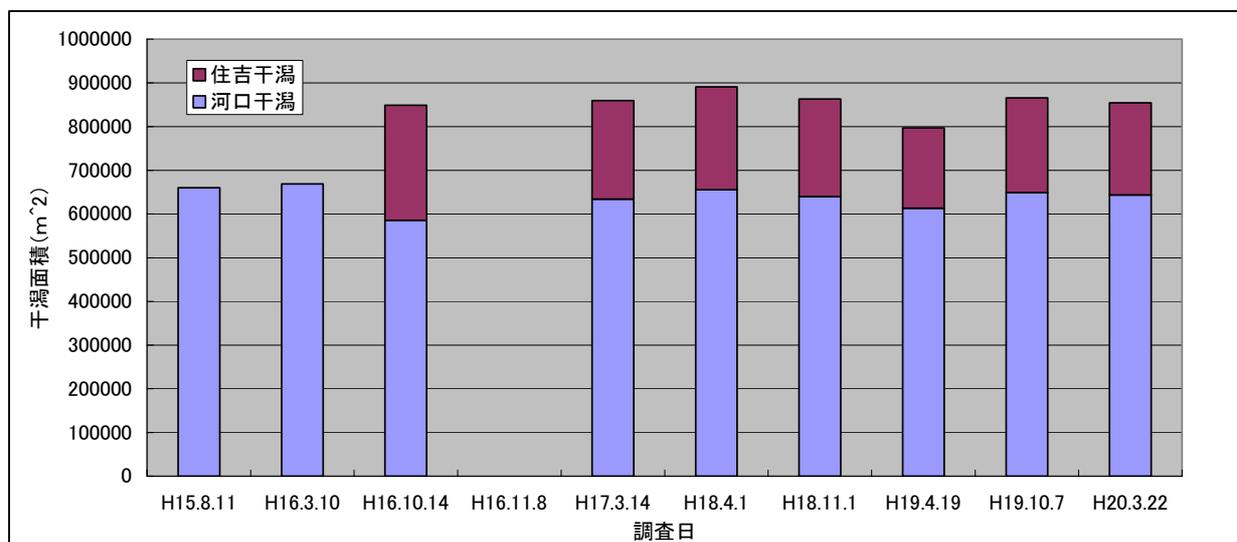
表 4-3-1 に、干潟面積の調査結果を過去の干潟面積算出結果と合わせて示す。また表中の朔望平均干潮位の干潟面積を図 4-3-3 に作図した。

朔望平均干潮位での面積が計算できた、H16. 10. 14 から H20. 3. 22 の間に干潟面積は概ね 80 万～90 万 m<sup>2</sup> の間で変動した。調査期間中 H18. 4. 1 に最も大きい面積を、H19. 4. 19 に最も小さい面積を示し、増減の変化に顕著な規則性は認められなかった。

表 4-3-1 干潟面積調査結果(単位：m<sup>2</sup>)

	朔望平均満潮位				年平均潮位				朔望平均干潮位			
	河口干潟	中州	グランド脇	合計	河口干潟	中州	グランド脇	合計	河口干潟	中州	グランド脇	合計
H15年8月11日	131,395	8,644	19,328	159,367	345,437	25,509	53,020	423,966	660,095	計測不能	計測不能	-
H16年3月10日	102,835	2,371	13,074	118,280	355,785	21,541	51,222	428,548	668,974	計測不能	計測不能	-
H16年10月14日	110,502	8,897	6,298	125,697	297,476	25,051	47,568	370,095	585,524	68,980	194,244	848,748
H16年11月8日	120,025	11,993	10,202	142,220	333,787	29,539	71,666	434,992	計測不能	計測不能	計測不能	-
H17年3月14日	99,381	3,412	2,216	105,009	308,901	23,957	40,302	373,160	633,806	75,883	149,566	859,255
H18年4月1日	152,956	8,232	15,101	176,289	317,148	21,294	51,571	390,013	655,826	64,917	170,152	890,895
H18年11月1日	165,083	11,638	17,199	193,920	345,742	22,939	56,156	424,837	639,622	223,633		863,255
H19年4月19日	146,531	6,209	14,600	167,340	271,818	18,602	48,361	338,781	612,988	55,796	128,013	796,797
H19年10月7日	136,432	4,245	3,842	144,519	312,186	21,244	43,642	377,072	649,283	216,381		865,664
H20年3月22日	138,428	9,426	4,036	151,890	323,434	22,723	43,435	389,592	643,799	210,550		854,349
	D.L.				D.L.+0.783							
	河口干潟	中州	グランド脇	合計	河口干潟	中州	グランド脇	合計				
H19年10月7日	657,137		219,034	876,171	366,878	31,393	61,958	460,229				
H20年3月22日	643,836		210,574	854,410	406,899	33,005	64,442	504,346				

注：H15. 8. 11、H16. 3. 10、H16. 11. 8 の調査時は、深浅測量の観測記録が不十分であったため、面積の計測が出来なかった。



注 1：H15. 8. 11、H16. 3. 10 の調査時は、深浅測量の観測記録が不十分であったため、住吉干潟で面積の計測が出来なかった。

注 2：H16. 11. 8 の調査時は、深浅測量の観測記録が不十分であったため、全エリアで面積の計測が出来なかった。

図 4-3-3 朔望平均干潮位を基準とした干潟の面積

#### 4-3-2 地形変化量の経年変化

図 4-3-4 に各調査後との地形変化量を示す各調査毎の地形変化量を示した。

この経年的な変化量から確認された傾向を以下に示す。なお、朔望平均干潮位より地盤の高い地域を干潟域としてコメントした。

- ・ 河口干潟、住吉干潟の各調査回毎の変動幅は-0.6～0.6mであり、干潟周辺の河床域に比べ、変動幅は小さかった。
- ・ 干潟域内の地盤高は調査毎に上昇、低下を繰り返し、数回の調査で継続して上昇または低下する傾向は認められなかった。
- ・ 朔望平均干潮位付近は干潟域中央部に比べ変化が大きい場合が多く、帯状の範囲で1.0m以上変化する場合が認められた。
- ・ 干潟周辺の河床は H16. 3. 10～H17. 9. 30 までは、1m以上の上昇や低下が見られる地域が広範囲でみられた。この傾向は、平成 18 年度以降はあまり見られなくなった。

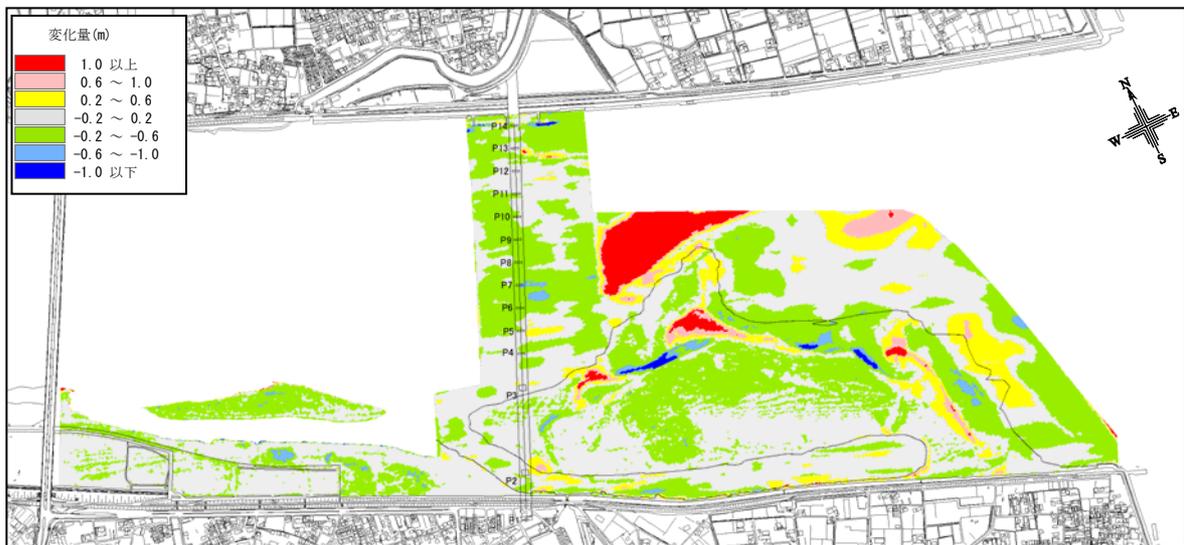


図 4-3-4(1) 地形変化量 (H15. 8. 11～H16. 3. 10)

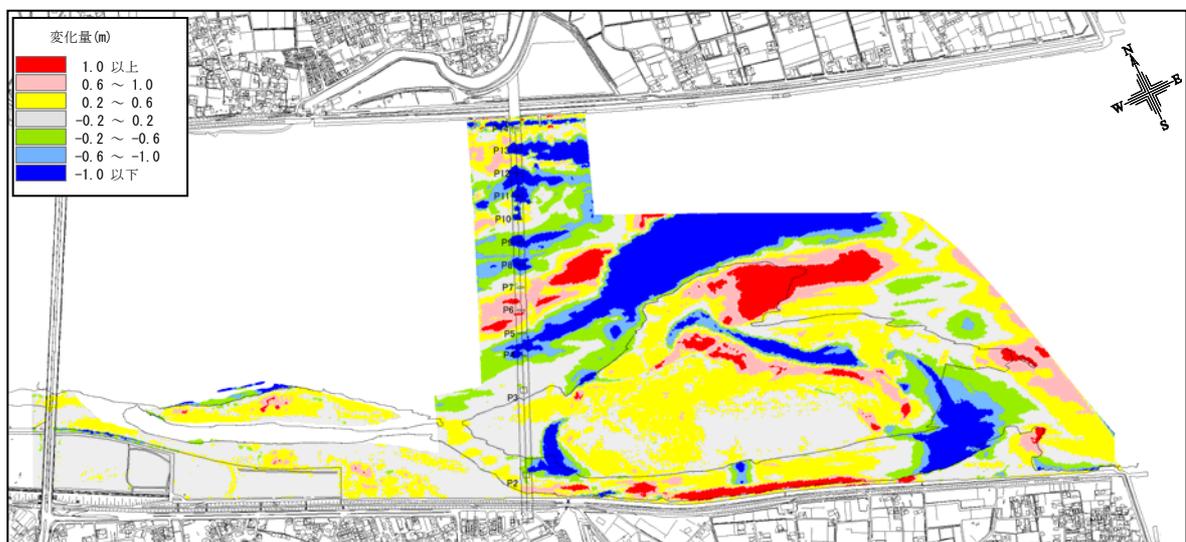


図 4-3-4(2) 地形変化量 (H16. 3. 10～H16. 10. 14)

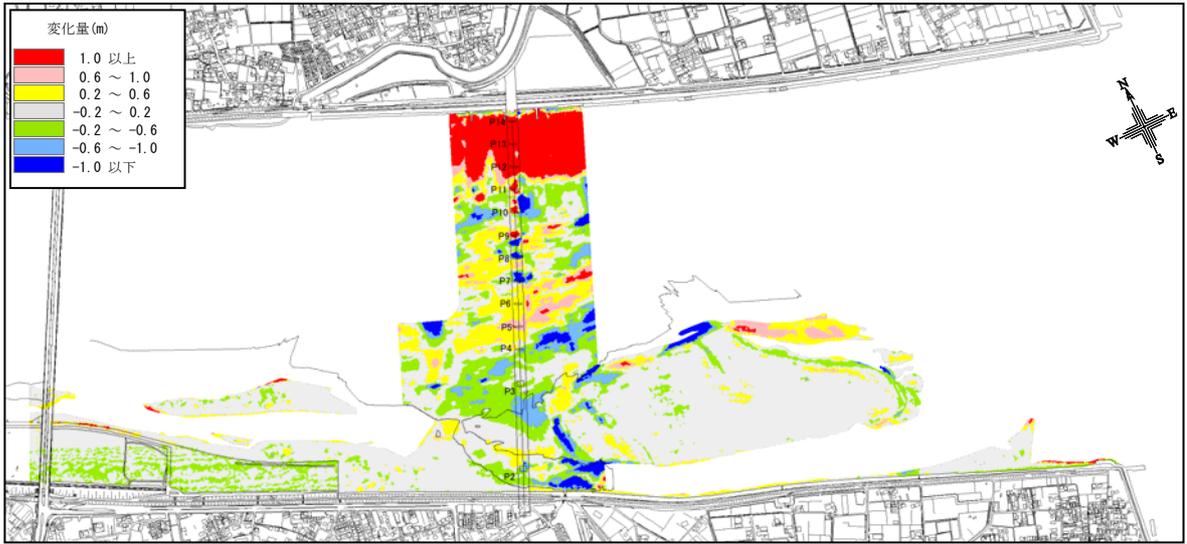


图 4-3-4(3) 地形变化量 (H16.10.14~H16.11.8)

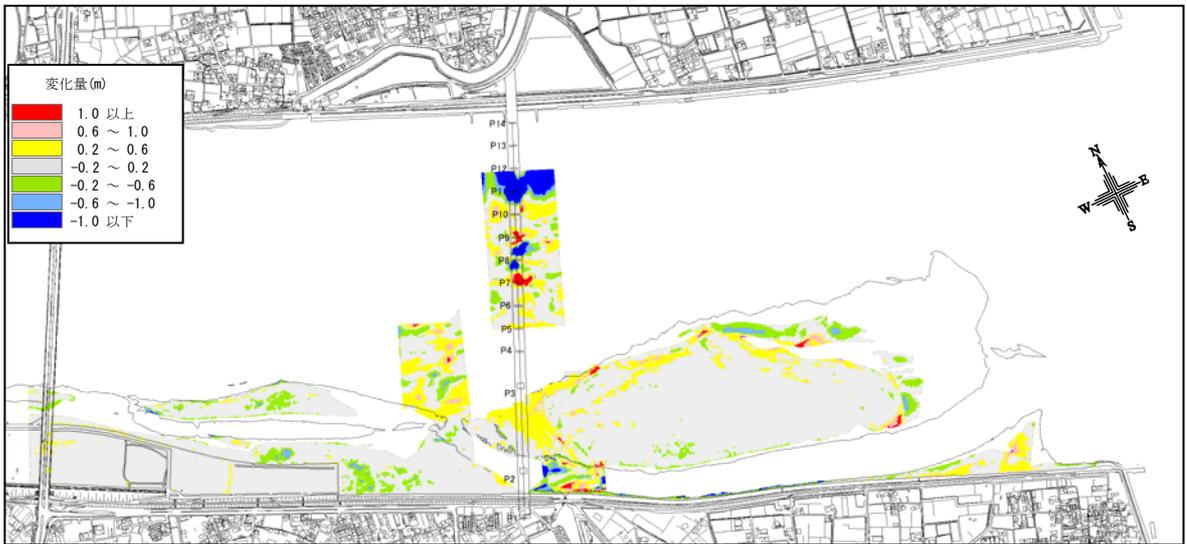


图 4-3-4(4) 地形变化量 (H16.11.8~H17.3.14)

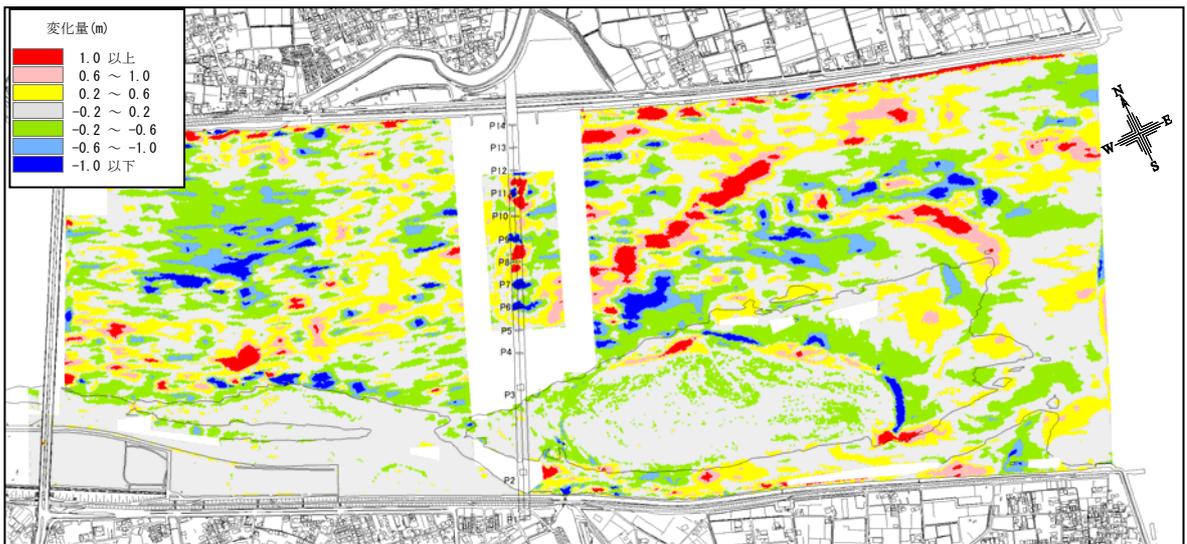


图 4-3-4(5) 地形变化量 (H17.3.14~H17.9.30)

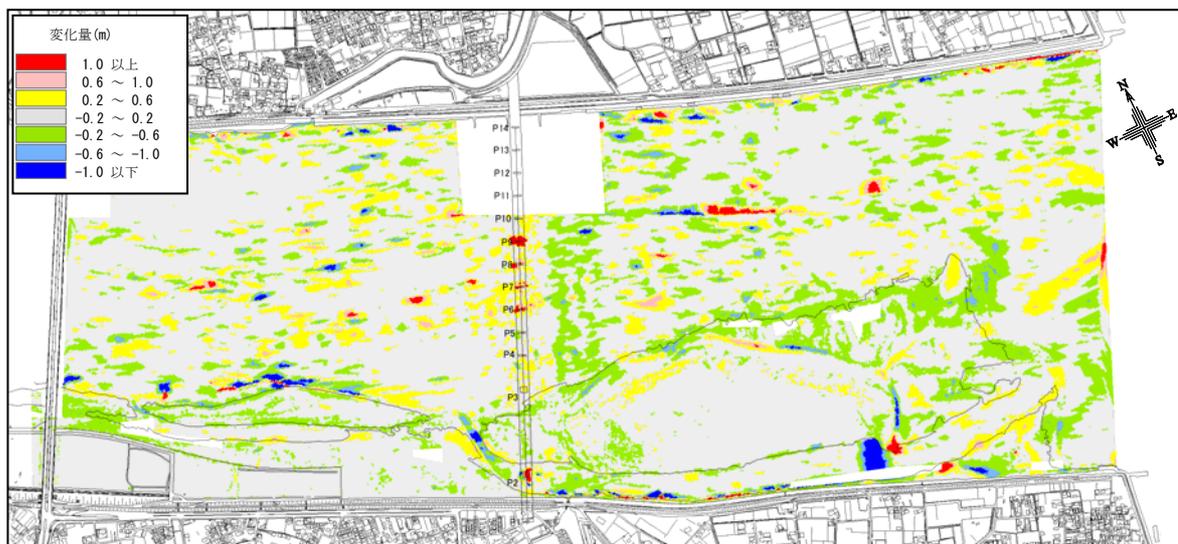


图 4-3-4(6) 地形变化量 (H17.9.30~H18.4.1)

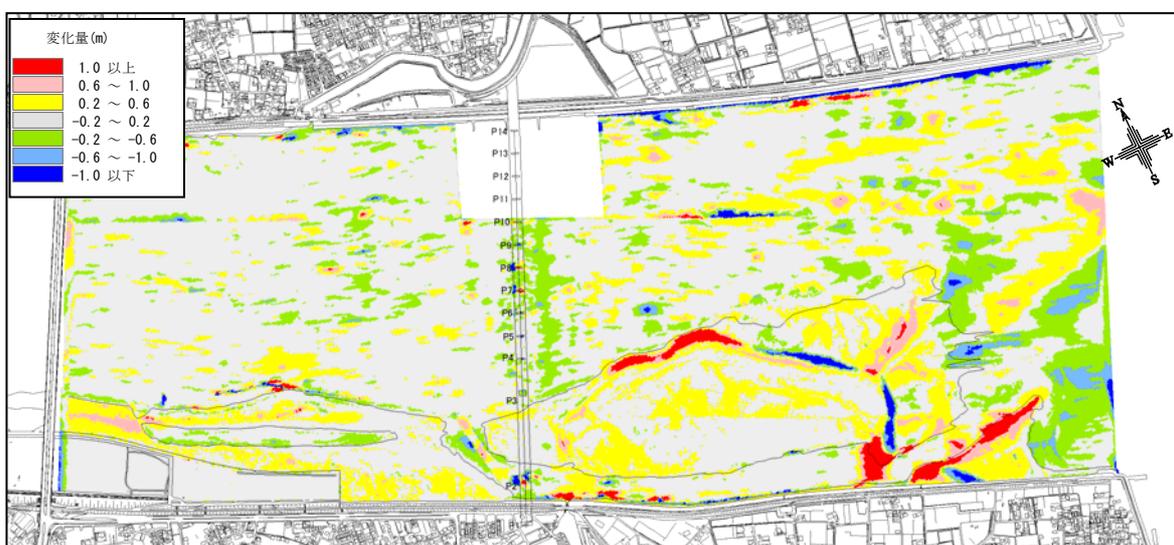


图 4-3-4(7) 地形变化量 (H18.4.1~H18.11.1)

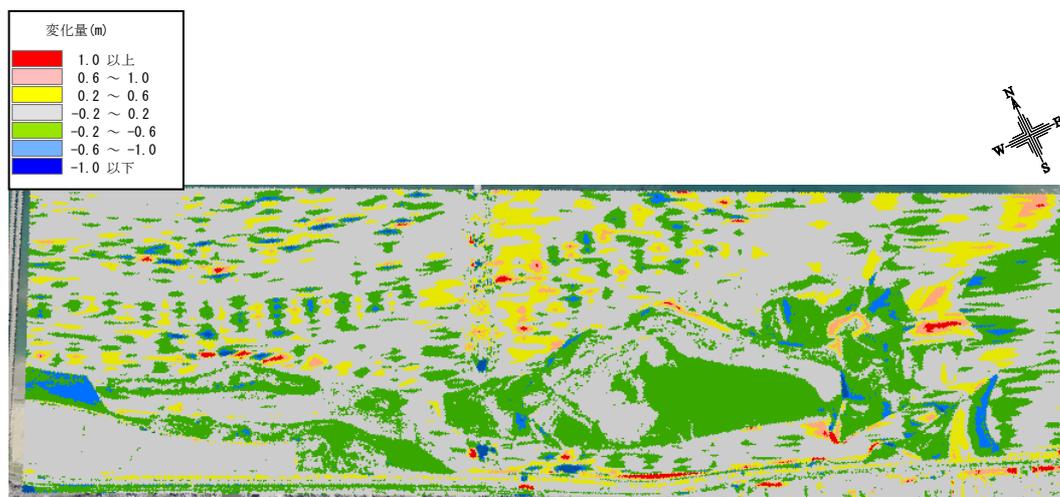


图 4-3-4(8) 地形变化量 (H18.11.1~H19.4.19)

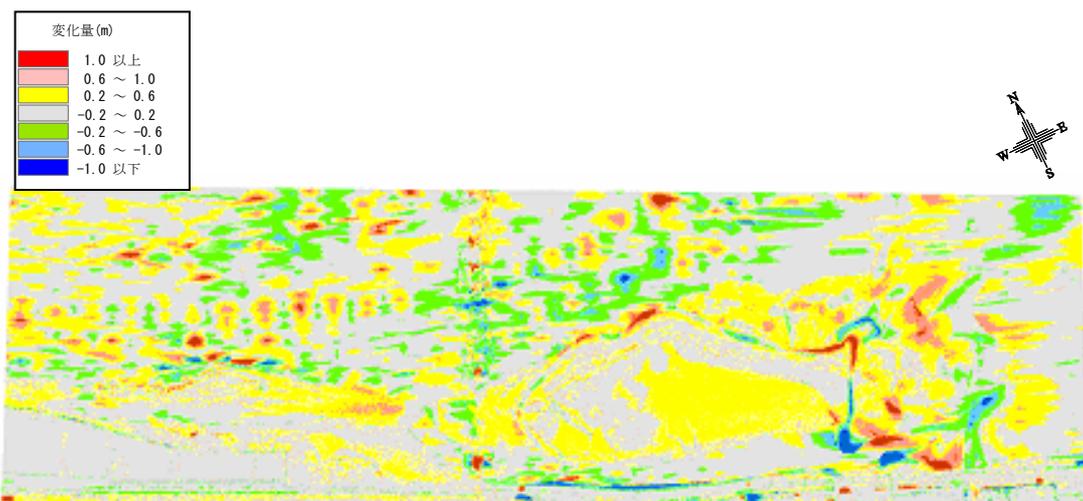


图 4-3-4(9) 地形变化量 (H19. 4. 19~H19. 10. 7)

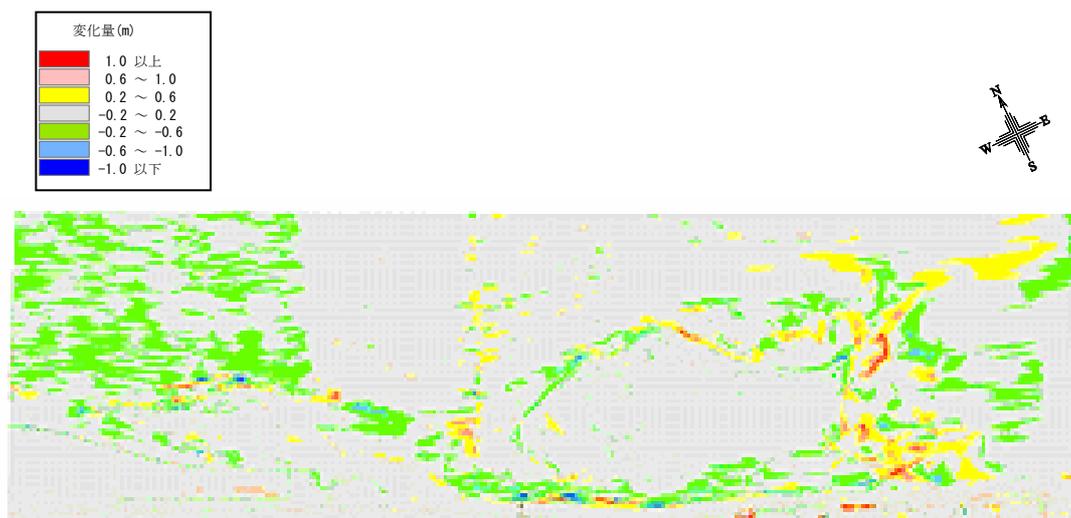


图 4-3-4(10) 地形变化量 (H9. 10. 7~H20. 3. 22)