

2. 実機を用いた実証実験に先立ち追加・改良した事項

2.1 システムの改良

2.1.1 対流圏遅延補正情報の生成アルゴリズムの概要

対流圏遅延補正情報は、各電子基準点について推定された天頂方向の湿潤遅延量であり、測位の際、参照基準点および測位点における対流圏遅延の補正に用いられる。対流圏遅延は静水圧遅延と湿潤遅延に分けられるが、このうち、変動の小さい静水圧遅延の部分はモデルを用いて除去し、残りを湿潤遅延として、電子基準点のリアルタイムデータから PPP により電子基準点ごとに推定を行い、補正情報として配信する。

なお、測位の際には、静水圧遅延量を、補正情報生成時に用いたものと同じモデルで復元した上で、配信された対流圏遅延補正情報（＝天頂方向の湿潤遅延量）を参照基準点および測位点の位置で内挿して適用する。

詳細については、「アルゴリズム詳細説明書」を参照頂きたい。

2.1.2 高さ補正について

対流圏遅延補正情報として、受信した対流圏遅延量は、時間・空間内挿によって観測時刻、および測位点位置での適切な値を算出して適用する。

完成システムの空間内挿においては、測位点からの距離が閾値(75 km)以内にある電子基準点を対象として選択し、各補正量を測位点からの距離の逆数で重みをつけて平均を取ることににより、測位点における遅延量を算出する。

$$ZWD'_i = \sum_{i=1}^n \frac{ZWD_i}{\text{dist}} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{\text{dist}}$$

この際、内挿によって算出された対流圏遅延量に対して、補正係数 G_v を使用して観測点の標高に合わせて高さ補正する。

高さ補正後の対流圏遅延量(湿潤項：ZWD)は、以下の式となる。

$$\begin{aligned} ZWD'_i &= ZWD_i + ZWD_i(\Delta H_i) \\ &= ZWD_i + G_v \times \Delta H_i \times ZWD_i \end{aligned}$$

ここで、

ZWD'_i : 電子基準点 i における高さ補正後の ZWD

ZWD_i : 電子基準点における ZWD の観測量

ΔH_i : 電子基準点 i と観測点の標高差

G_v : ZWD の補正係数

なお、補正係数 G_v については、以下の方法で求める。

まず、日本付近を 0.5×0.5 度のグリッドで分割し、その中に十分な数(4 点以上)の電子

基準点が含まれるグリッドについて鉛直勾配を求める。グリッド毎の鉛直勾配は、グリッド内の電子基準点で観測された ZWD と電子基準点の標高を元に最小二乗法で線形回帰係数（鉛直勾配）を計算することで求める。

補正係数 G_v は、全てのグリッドにおける鉛直勾配での平均とし、以下の式で表される。

$$G_v = \sum_{ij=1}^n \frac{\Delta ZWD_{ij}}{\Delta H_{ij}} / n$$

ここで、

i : 経度方向のグリッド

j : 緯度方向のグリッド

n : 有効グリッド数(電子基準点が 4 点以上存在するグリッド)

2.1.3 改良内容

対流圏遅延補正情報を測位点位置で空間内挿する処理において、2.1.2 で示した高さ補正を適用し、後処理により測位解析を行う。

この際、補正係数 G_v には、平成 18 年度に過去 3 日間のデータを用いて算出した 0.015 を採用することとした。

2.2 領域の見直し

各領域の電離層補正量は、領域内の電子基準点データを用いたリアルタイム解析結果をもとに構築されるため、領域境界周辺では補正量が外挿値となり、測位精度低下の要因となっている可能性がある。そこで、全国の12領域について、境界が海岸部の場所を除き、領域境界部で電離層補正量が外挿値となる場所がなくなるよう、各領域及びサブネットに含まれる電子基準点の範囲を見直す。

表 2-1 領域1 で使用した電子基準点

領域番号	サブネットワーク番号	使用した電子基準点	電子基準点数
1	1	0780, 0003, 0105, 0852, 0781, 0103, 0851, 0104, 0779, 0849, 0101, 0778, 0001, 0848, 0501, 0102, 0106	17
	2	0858, 0857, 0865, 2005, 0872, 0509, 0110, 0782, 0785, 0008, 0860, 0783, 0855, 0003, 0106, 0117, 0508	17
	3	0861, 0508, 0867, 0510, 0863, 0111, 0503, 0858, 0504, 0854, 0107, 0856, 0002, 0502, 0853, 0780, 0007	17
	4	0890, 0518, 0885, 0133, 0132, 0880, 0012, 0790, 0014, 0514, 0516, 0877, 0871, 0007, 0520, 0522, 0136	17
	5	0789, 0791, 0887, 0134, 0889, 0138, 0793, 0015, 0532, 0019, 0144, 0891, 0142, 0016, 0890, 0141, 0885	17
	6	0873, 0531, 0881, 0122, 0010, 0124, 0788, 0121, 0883, 0112, 0011, 0874, 0879, 0521, 0886, 0518, 0791	17
	7	0116, 0870, 0004, 0515, 0005, 0784, 0513, 0868, 0507, 0505, 0114, 0108, 0873, 0511, 0861, 0866, 0122	17
	8	0531, 0004, 0125, 0009, 0878, 0512, 0118, 0116, 0113, 0519, 1182, 0119, 0869, 0864, 0109, 0859	16
	参照基準点	0856	1

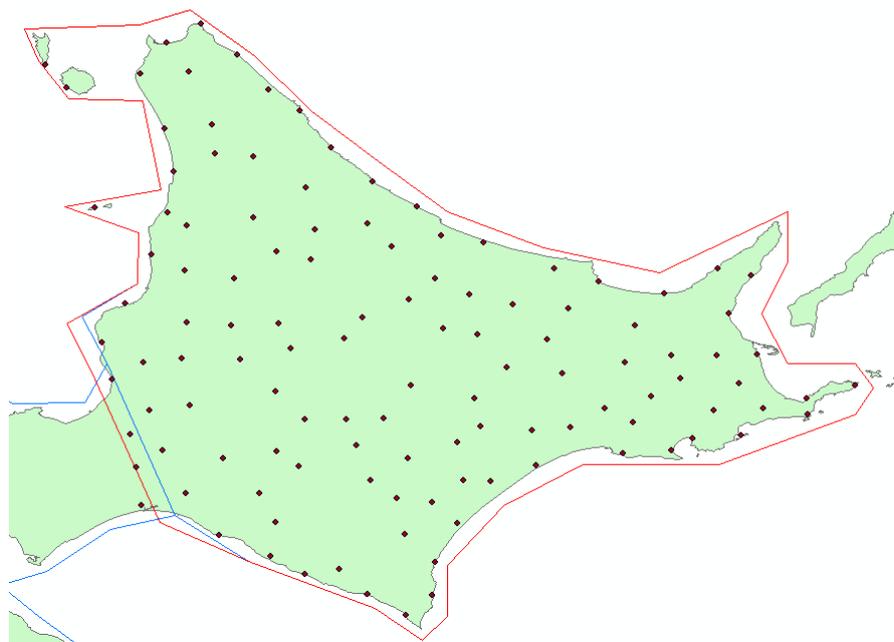


図 2-1 領域1 の地図

表 2-2 領域 2 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
2	1	0135, 0129, 0884, 0517, 0882, 0876, 0128, 0523, 0139, 0136, 0522, 0520, 0117, 0785, 0877, 0014, 0132	17
	2	0143, 0017, 0888, 0140, 0131, 0525, 0526, 0018, 0792, 0137, 0130, 0127, 0126, 0120, 0875, 0135, 0129	17
	3	0022, 0893, 0149, 0023, 0530, 0794, 0529, 0147, 0528, 0146, 0021, 0145, 0143, 0017, 0020, 0527	16
	4	0844, 0542, 1175, 0151, 0897, 0534, 0535, 0895, 0024, 0896, 0533, 0894, 0150, 1173, 0892, 0022, 0893	17
	5	0185, 0923, 0181, 0922, 0182, 0184, 0921, 0154, 1174, 0540, 0155, 0898, 0026, 0538, 0541, 0542, 0844	17
	6	0798, 0165, 0553, 0908, 0926, 0187, 0189, 0924, 0185, 0188, 0186, 0552, 0923, 0030, 0543, 0925, 0544	17
	7	0160, 0027, 0904, 0903, 0159, 0157, 0183, 0158, 0156, 0901, 0902, 0899, 0153, 0539, 0537, 0152, 0798	17
	8	0027, 0909, 0166, 0907, 0547, 0795, 0163, 0167, 0028, 0162, 0164, 0905, 0160, 0543, 1159, 0169, 0170	17
	参照基準点	0537	1

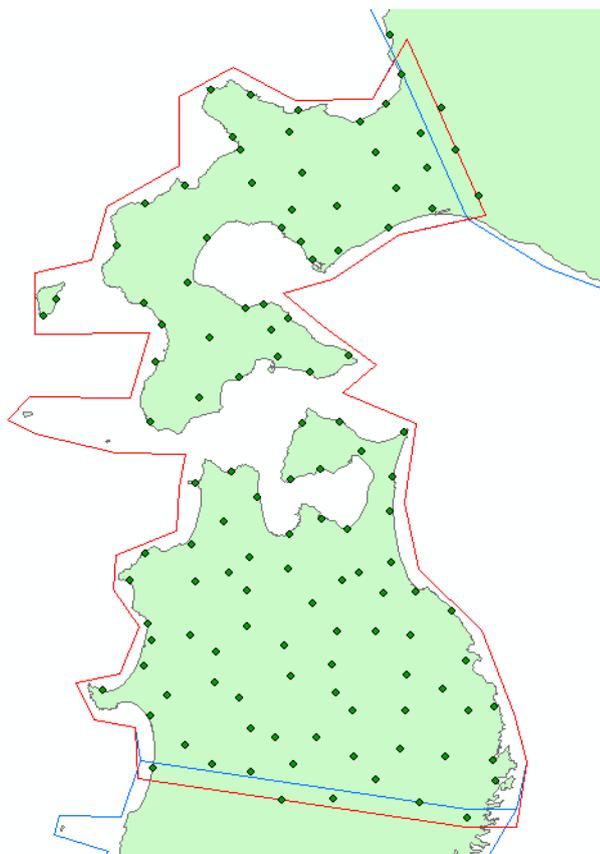


図 2-2 領域 2 の地図

表 2-3 領域 3 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
3	1	0568, 0961, 0571, 0810, 0807, 0237, 0050, 0233, 0235, 0232, 0240, 0206, 0564, 0234, 0805, 0236, 0567	17
	2	0801, 0963, 0242, 0240, 0246, 0962, 0244, 0964, 0241, 0569, 0243, 0563, 0949, 0952, 0982, 0245, 0247	17
	3	0935, 0938, 0560, 0559, 0937, 0040, 0561, 0939, 0209, 0941, 0204, 0563, 0940, 0942, 0948, 0936, 0206	17
	4	0934, 0195, 0032, 0803, 0198, 0199, 0935, 0197, 0799, 0196, 0932, 0231, 0049, 0564, 0555, 0933	16
	5	0177, 0035, 0037, 0919, 0178, 0934, 0179, 0797, 0180, 0936, 0920, 0201, 0203, 1181, 0556, 0549	16
	6	0193, 0929, 0928, 0544, 0190, 0930, 0192, 0927, 0194, 0555, 0191, 0031, 0925, 0908, 0926, 0188, 0189	17
	7	0930, 0173, 0915, 0176, 0549, 0913, 0174, 0917, 0931, 0556, 0933, 0033, 0036, 0550, 0916, 0914, 0175	17
	8	0912, 0169, 0170, 0546, 0171, 0910, 0911, 0172, 1145, 0175, 0914, 0167, 0909, 1159, 0796, 0544, 0928	17
	参照基準点	0199	1

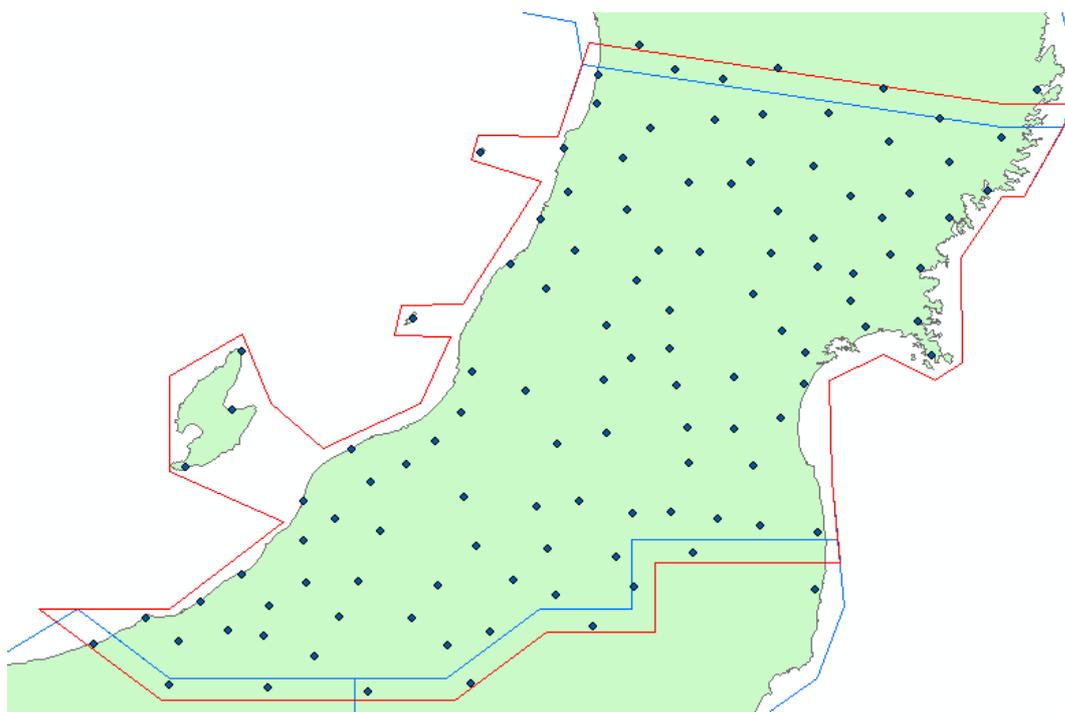


図 2-3 領域 3 の地図

表 2-4 領域 4 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
4	1	0945, 0210, 0211, 0946, 0041, 0944, 0943, 0942, 0845, 0205, 1176, 1181, 0940, 0203, 0201, 0202, 0560	17
	2	0590, 0219, 0587, 0213, 0588, 0217, 0042, 0581, 0212, 0586, 0585, 0945, 0948, 0209, 0563, 0214, 0946	17
	3	0951, 0043, 0950, 0222, 0955, 0752, 0589, 0218, 0220, 0949, 0952, 0801, 0246, 0802, 0954, 1163, 0219	17
	4	3007, 3009, 3010, 3006, 2110, 0627, 0583, 3003, 3004, 3002, 0215, 0216, 0947, 0042, 0951, 3012	16
	5	3012, 0224, 3013, 3011, 3008, 3007, 0754, 0753, 0223, 3005, 0045, 0958, 0043, 0592, 0956, 3001, 3003	17
	6	3030, 3037, 0756, 0226, 3023, 0225, 3025, 3033, 3027, 3024, 3020, 3015, 3021, 3022, 3014, 3010, 3018	17
	7	0960, 3026, 0804, 3034, 3032, 3067, 0759, 3036, 3045, 3039, 3047, 0227, 3044, 3041, 0756, 3037	16
	8	3016, 0755, 3035, 3031, 0607, 0960, 3065, 3028, 0758, 3063, 3019, 1171, 3064, 3068, 0754, 3023, 3026	17
	参照基準点	2110	1

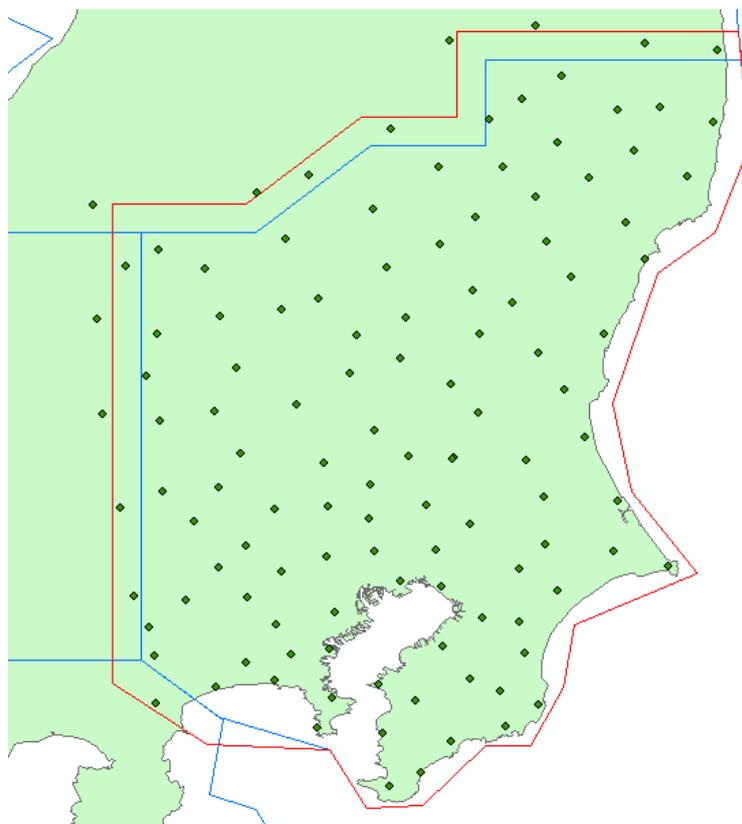


図 2-4 領域 4 の地図

表 2-5 領域 5 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
5	1	0572, 0969, 0248, 0968, 0054, 0577, 0966, 0576, 0574, 0575, 0053, 0971, 0253, 0252, 1158, 0249	16
	2	0266, 0247, 0617, 0990, 0251, 0279, 0058, 0618, 0970, 0249, 0250, 0572, 0052, 0245, 0570, 0243, 0569	17
	3	0046, 0268, 0269, 0984, 0221, 0267, 0983, 0266, 0591, 0265, 0247, 0954, 0982, 0802, 0246, 0952, 0752	17
	4	3070, 0264, 3064, 0980, 0958, 0613, 0272, 0985, 0957, 0593, 0045, 0592, 0223, 3065, 3031, 3038, 0269	17
	5	0274, 0986, 0047, 0273, 0276, 0275, 0615, 0987, 0612, 0263, 0809, 0981, 3069, 3071, 1102, 0271, 0272	17
	6	0282, 0060, 0283, 0619, 0287, 0289, 0992, 0059, 0811, 0988, 0281, 0611, 0270, 0061, 0292, 0274, 0058	17
	7	0975, 0286, 1128, 0060, 0991, 0055, 0974, 0255, 0258, 0976, 0282, 0280, 0256, 0578, 0973, 0617, 0054	17
	8	0258, 0259, 0975, 0579, 0580, 0977, 0285, 0286, 0993, 0056, 0638, 0318, 0261, 0978, 0812, 0319, 0262	17
	参照基準点	0270	1

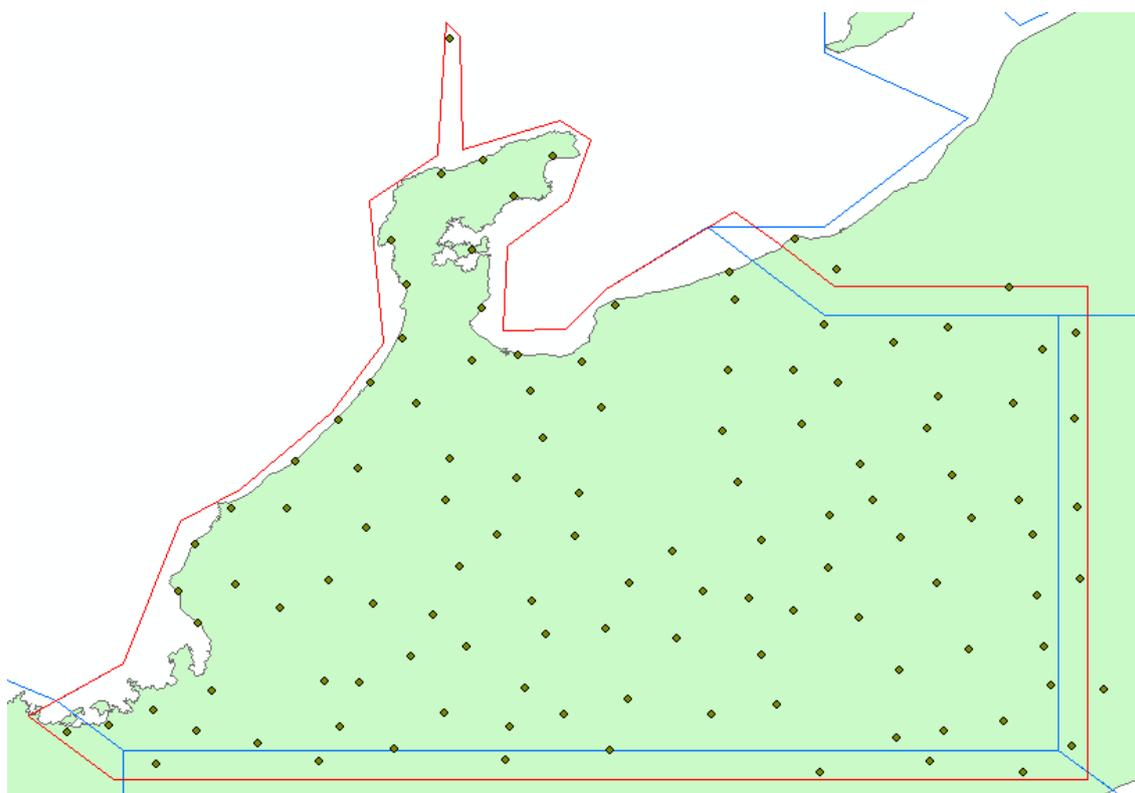


図 2-5 領域 5 の地図

表 2-6 領域 6 で使用した電子基準点

領域番号	サブネットワーク番号	使用した電子基準点	電子基準点数
6	1	3055, 0596, 3057, 0597, 0598, 3058, 3059, 0599, 0600, 3060, 0601, 5113, 0602	13
	2	0626, 0297, 3046, 3049, 3053, 0841, 2106, 3062, 3048, 5105, 3051, 0594, 0595, 3055, 0596, 0628	16
	3	3038, 3076, 0621, 3068, 0230, 3042, 3043, 0626, 1144, 0297, 0620, 3085, 0838, 3086, 3035, 3031, 3072	17
	4	0842, 1102, 3074, 3078, 3081, 0296, 3073, 0815, 3075, 3071, 3076, 3072, 3070, 3069, 0275, 3079, 3088	17
	5	0819, 3089, 3096, 3098, 3095, 3052, 0820, 3093, 3091, 3092, 3094, 3101, 1136, 3097, 3050, 0840, 3088	17
	6	0995, 3103, 1136, 3050, 1160, 3090, 3084, 0847, 0277, 0295, 0276, 0061, 0616, 0278, 3099, 3104, 0293	17
	7	0292, 0306, 0994, 0300, 0301, 0303, 0997, 0293, 3102, 1161, 3104, 0289, 0298, 0629, 0630, 0996, 0305	17
	8	0291, 0633, 0299, 0822, 0630, 0631, 0302, 0304, 0305, 0998, 0307, 1128, 0065, 0812, 0294, 1101, 0309	17
	9	0064, 0634, 1143, 0323, 1101, 0321, 0639, 0320, 0322, 0319, 0638, 0318, 0978, 1170, 0324, 0310, 1129	17
		参照基準点	0840



図 2-6 領域 6 の地図

表 2-7 領域 7 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
7	1	0066, 1009, 0310, 1008, 0635, 0637, 0312, 1129, 1139, 0999, 0311, 0636, 0314, 0065, 0307, 0064, 0634	17
	2	1011, 1013, 1130, 0826, 0070, 1010, 0373, 0376, 0825, 0316, 1000, 0367, 0315, 0066, 1009, 0068	16
	3	0366, 1004, 0650, 0368, 0370, 0369, 0069, 1146, 0652, 0372, 0371, 1011, 0375, 1013, 0653, 0377, 0340	17
	4	0326, 0355, 0336, 0763, 0334, 1007, 0337, 0365, 0764, 0364, 0340, 0339, 0366, 0351, 0356, 0335, 0323	17
	5	0262, 0331, 0642, 0348, 0355, 0067, 0333, 0332, 1003, 1170, 0643, 0760, 0324, 0335, 0322, 0319, 0978	17
	6	0341, 0345, 0645, 0646, 0342, 0647, 0343, 0329, 1001, 0328, 0640, 0327, 0057, 0331, 1002, 0641, 0262	17
	7	0649, 0349, 0350, 0345, 0347, 0344, 0346, 0391, 0648, 0823, 0380, 0655, 0341, 1167, 1180, 1014, 1017	17
	8	0363, 0362, 0361, 0360, 0359, 0358, 0352, 0354, 0649, 0762, 0357, 1006, 0673, 0425, 0396, 0765, 0350	17
	参照基準点	0340	1

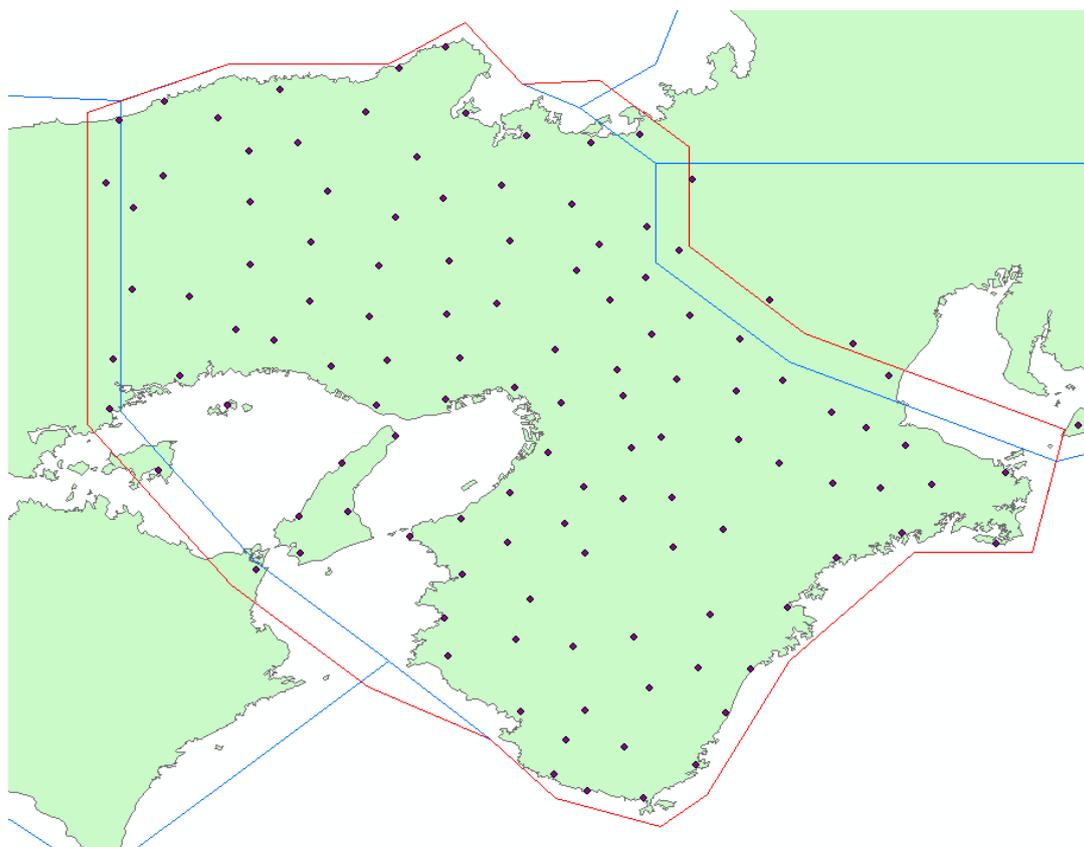


図 2-7 領域 7 の地図

表 2-8 領域 8 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
8	1	0381, 1018, 0660, 0389, 1017, 1014, 0378, 1016, 1135, 1015, 0379, 0654, 0656, 0383, 0382, 1180, 0380	17
	2	0664, 0662, 1023, 0398, 1030, 0387, 0657, 1022, 0381, 0385, 1019, 1021, 0386, 0074, 0384, 1018, 0075	17
	3	1032, 0401, 1029, 0766, 0077, 0664, 0395, 0394, 0662, 0392, 0396, 0765, 0393, 1027, 0843, 0391, 1006	17
	4	0677, 0397, 0430, 0678, 0667, 1035, 0768, 0405, 0767, 1032, 0401, 1031, 0402, 0663, 0400, 0403, 1036	17
	5	1041, 0417, 0674, 0429, 0427, 0415, 0416, 0673, 0827, 0426, 0080, 0677, 0397, 0676, 1044, 0425, 0363	17
	6	0082, 1053, 0440, 1055, 0441, 0421, 1042, 0417, 0418, 0424, 0675, 0420, 1041, 0423, 0422, 0081	17
	7	0445, 1047, 0830, 1046, 0083, 1051, 0846, 0431, 0438, 0428, 0419, 1131, 0439, 0442, 0444, 0082	17
	8	1172, 0684, 0084, 0445, 0443, 1054, 1052, 1132, 0435, 1048, 0433, 0432, 1047, 0679, 0434, 1134, 0448	17
	参照基準点	0077	1

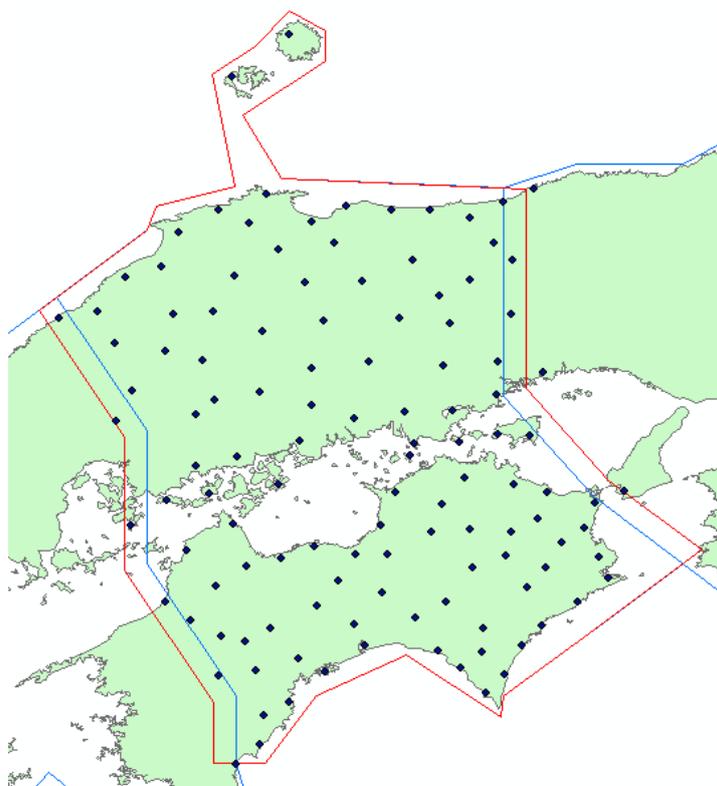


図 2-8 領域 8 の地図

表 2-9 領域 9 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
9	1	0829, 0436, 0681, 1049, 1134, 1056, 1124, 1050, 1133, 1142, 0448, 1059, 0449, 0085, 1048, 1054, 1172	17
	2	0410, 0078, 0666, 0769, 1038, 1147, 1036, 0672, 1040, 0434, 0680, 0086, 0828, 0829, 0436, 1035	16
	3	1037, 0669, 0407, 0668, 0076, 0659, 0410, 0665, 0658, 0388, 1024, 0075, 0399, 0403, 0078, 1022, 0400	17
	4	0087, 0687, 0685, 0686, 1060, 1061, 0079, 1039, 0413, 0670, 0408, 0669, 0411, 0412, 0409, 1037, 1064	17
	5	0452, 1066, 1067, 0689, 0690, 0459, 0770, 0091, 0458, 1065, 0450, 0451, 1062, 0087, 1063, 0687, 0460	17
	6	0833, 0471, 0699, 0710, 0089, 1070, 1069, 0688, 0452, 0831, 0453, 0771, 0454, 0455, 1066, 0464, 0772	17
	7	0703, 0475, 0474, 1079, 1137, 0833, 0707, 0709, 0473, 0472, 0706, 1078, 0471, 0705, 1077, 0088, 0470	17
	8	1080, 0090, 0475, 1081, 1082, 0476, 0094, 0711, 1083, 0477, 0466, 0704, 0703, 0701, 1084, 0712, 1168	17
	参照基準点	0705	1

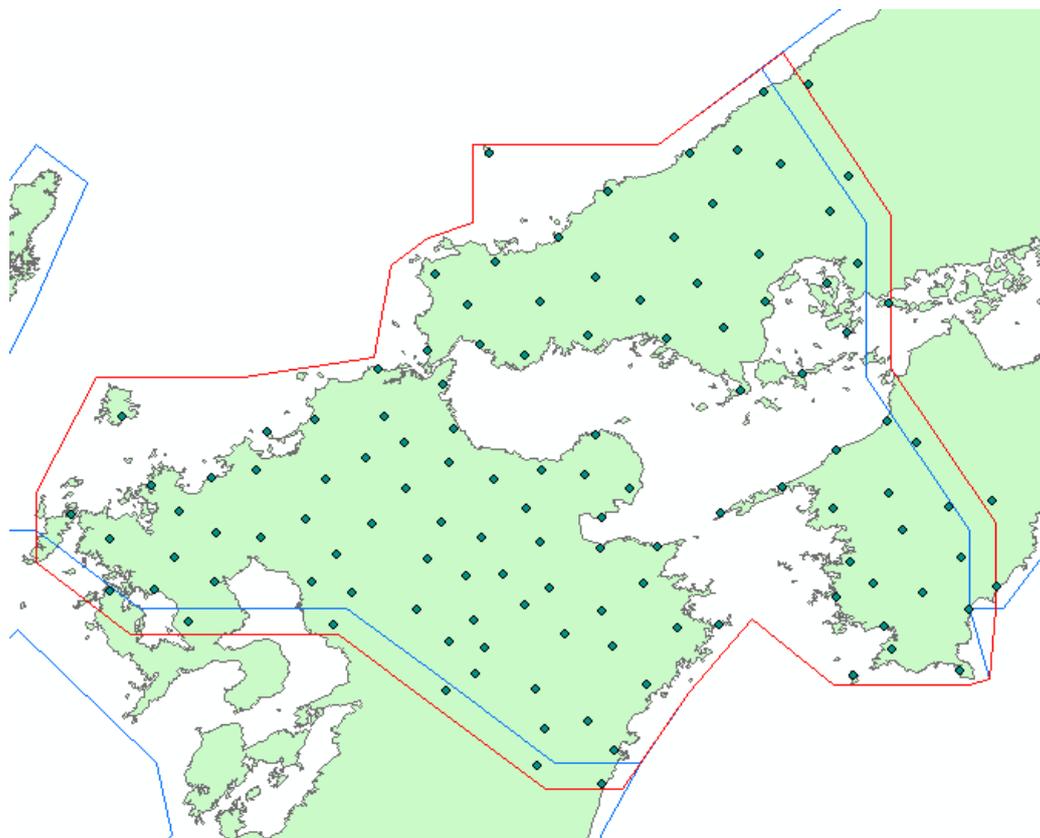


図 2-9 領域 9 の地図

表 2-10 領域 10 で使用した電子基準点

領域番号	サブネットワーク番号	使用した電子基準点	電子基準点数
10	1	0461, 0693, 1068, 1168, 0772, 0832, 0460, 0691, 0692, 0462, 0698, 0457, 0456, 0455, 0459, 1067	16
	2	0468, 0717, 0467, 1074, 0093, 0702, 1169, 0775, 0773, 1071, 0774, 0697, 0465, 0466, 0693, 0464, 0700	17
	3	1075, 0485, 0468, 0837, 0834, 0718, 0836, 0776, 0097, 1091, 0098, 0777, 0487, 0488, 0835, 0096, 0717	17
	4	0481, 1086, 0095, 0714, 1085, 0479, 0480, 1084, 0712, 0478, 1076, 1073, 0469, 1075, 0485, 0094, 1083	17
	5	0722, 0721, 0719, 0099, 1090, 0489, 0484, 0716, 0482, 1089, 0483, 1087, 0486, 1088, 0715, 0481, 0714	17
	6	0726, 0492, 0724, 0728, 0493, 0727, 0725, 0723, 0491, 0490, 1092, 1093, 2004, 0722, 0721	15
	参照基準点	0717	1

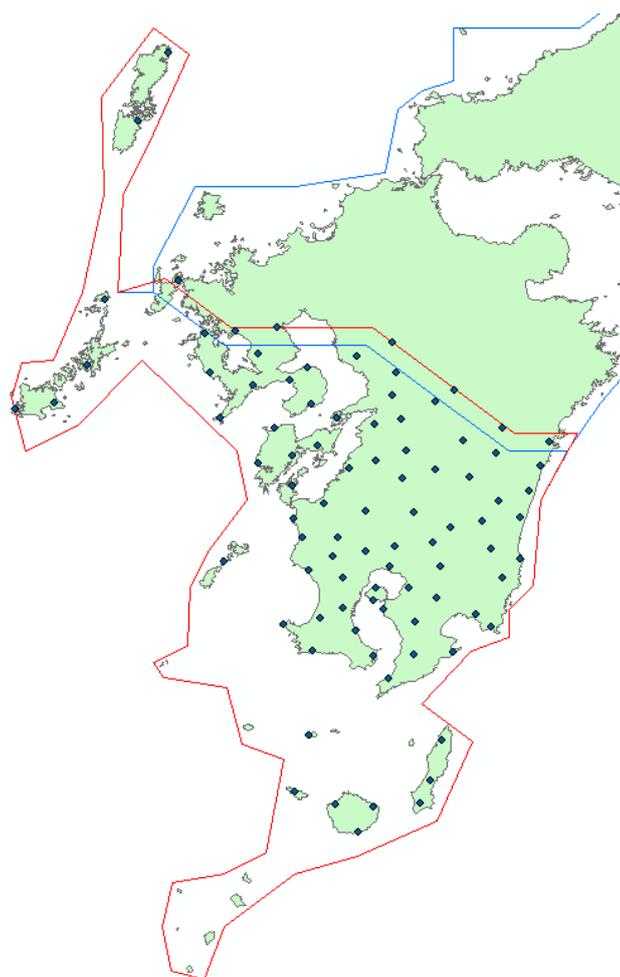


図 2-10 領域 10 の地図

表 2-11 領域 11 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
11	1	0741, 1094, 0740, 0496, 0738, 0737, , 0736, 0495, 0735, 0734, 0733, 0494, 0730, 0732, 0731	15
	2	0740, 1094, 0741, 0497, 0100, 0745, 1096, 1095, 0744, 0743, 0742, 0739	12
	参照基準点	0734	1

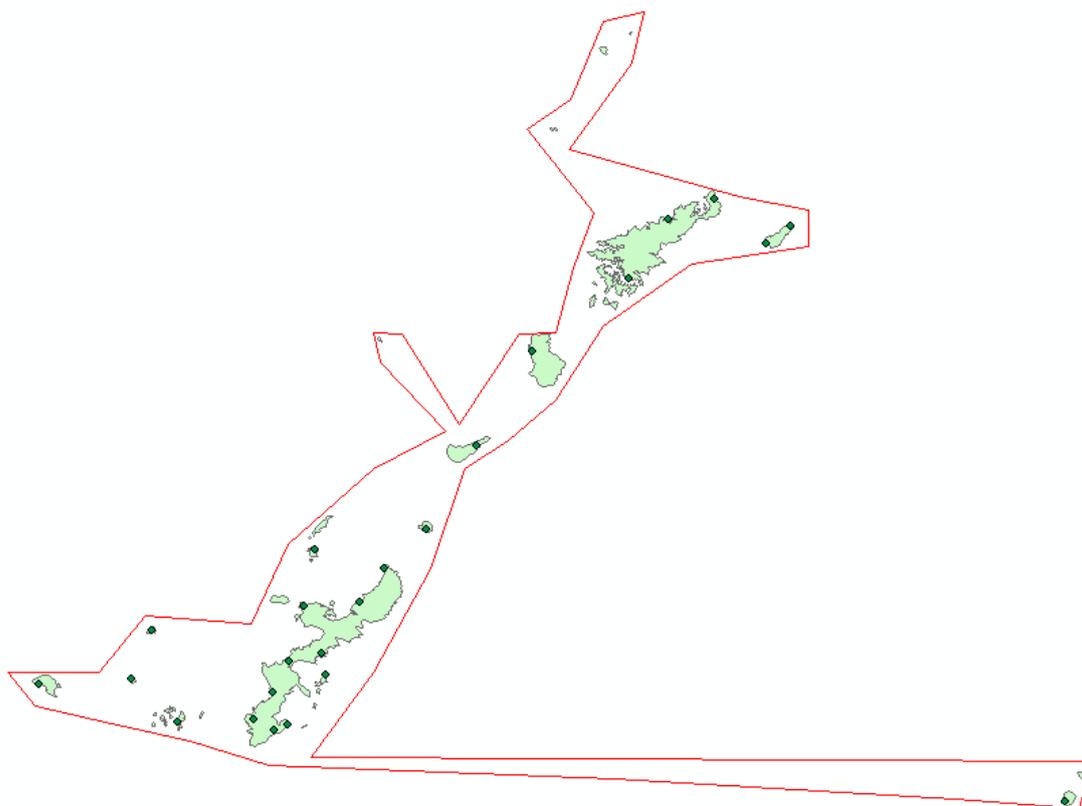


図 2-11 領域 11 の地図

表 2-12 領域 12 で使用した電子基準点

領域 番号	サブネット ワーク番号	使用した電子基準点	電子基準 点数
11	1	0498, 0747, 0748, 0749, 0750, 0500, 0751, 0499	8
	参照基準点	0750	1

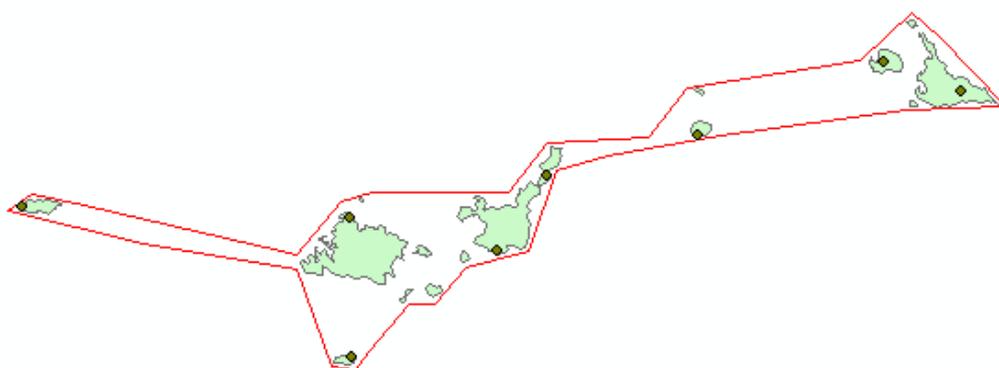


図 2-12 領域 12 の地図