

空間情報処理技術

石川 佳治（名古屋大学情報学研究科）

TIN (triangulated irregular network) に対する空間情報処理技術の開発

- アプリケーション：災害対応（パスコ）に対して協力

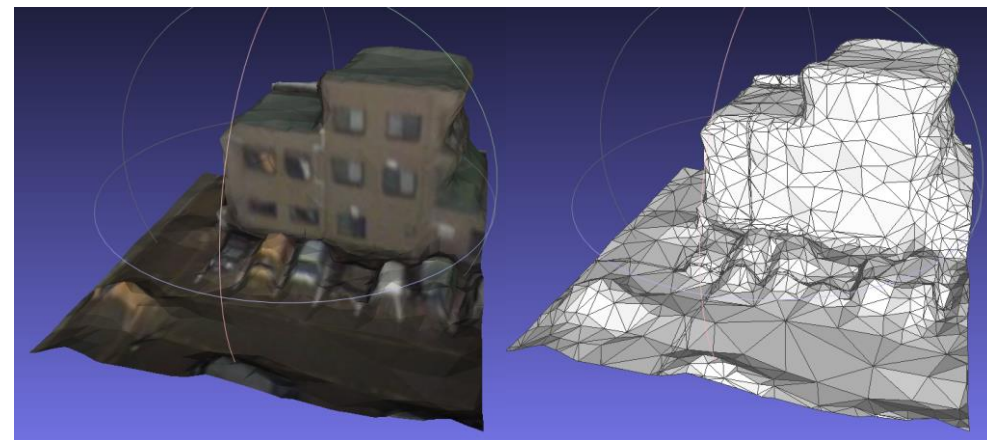
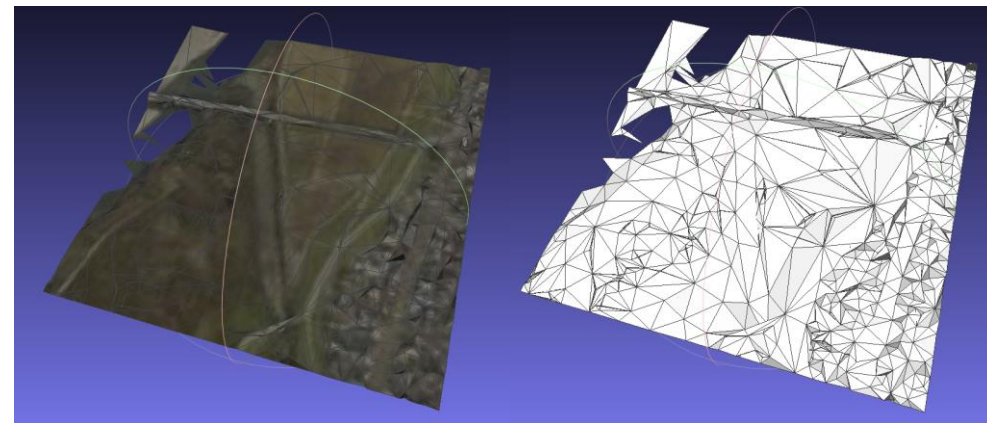
主に以下の2項目について開発，実装

- 空間索引（多次元索引）機能
- TIN差分演算

TIN | Triangulated Irregular Network

頂点と辺によって複雑な形状のオブジェクトを表すデータ構造

- 全ての面を三角形のみで表現
- LOD (level of detail) によりオブジェクトの粒度で階層分け
 - 右図上：上位層（広域）のTIN
 - 右図下：下位層（狭域）のTIN
- 一つのTINデータを1タプルとして格納

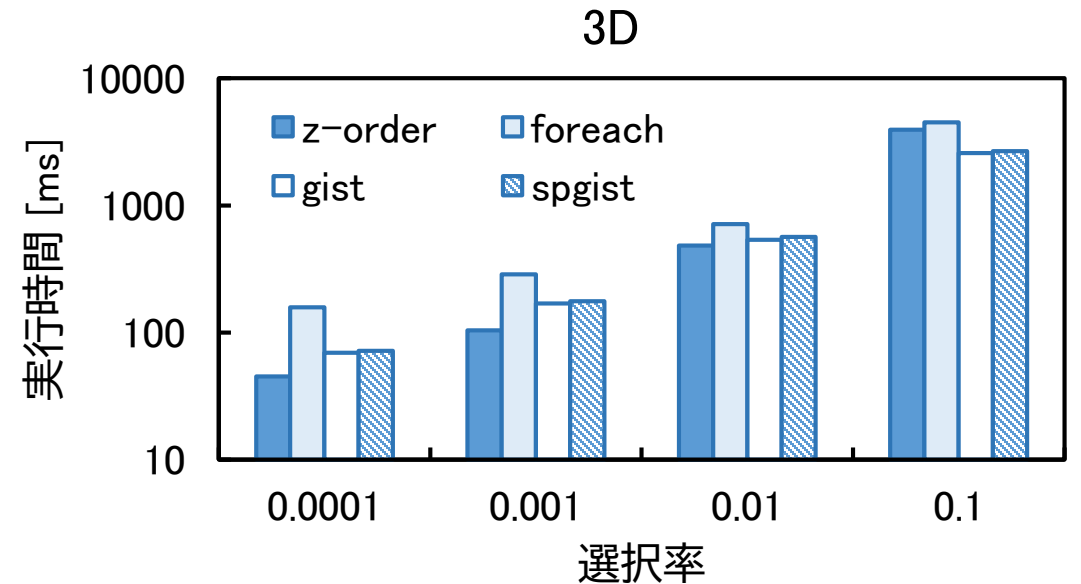


Z-Orderベースの空間索引代替機能の開発

TINの効率的な取り出しのために、

空間充填曲線 (z-order curve) により3次元データを1次元化

- 追加の索引は実装せず1次元索引 (B+tree, Masstree) の使用を想定
 - c.f., UB-tree [1]
- 選択率の低い問合せに対して一般的な空間索引 (R-tree, kd-tree) と同等以上の性能を確認



[1] R. Bayer, "The universal B-Tree for multidimensional Indexing: General Concepts," In Proc. WWCA, 1997.

Z-Order Curve

空間充填曲線の1つ

- 多次元データの1次元化が可能
 - 元空間での局所性をおおよそ保持
 - ただし, 元空間と変換後とで位置関係が大きく離れる場合もある
- 構造がシンプルで**範囲問合せの適用**が容易
 - 元空間での問合せ範囲をz-order上での範囲に変換可能

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0 → 1	4 → 5	16	17	20	21		
1	2 → 3	6 → 7	18	19	22	23		
2	8 → 9	12 → 13	24	25	28	29		
3	10 → 11	14 → 15	26	27	30	31		
4	32	33	36	37	48	49	52	53
5	34	35	38	39	50	51	54	55
6	40	41	44	45	56	57	60	61
7	42	43	46	47	58	59	62	63

多次元
範囲

↓
1次元範囲 [48, 63]

課題 | Z-Order Curveに基づく範囲問合せ

1次元化による**不要な問合せ範囲**の発生

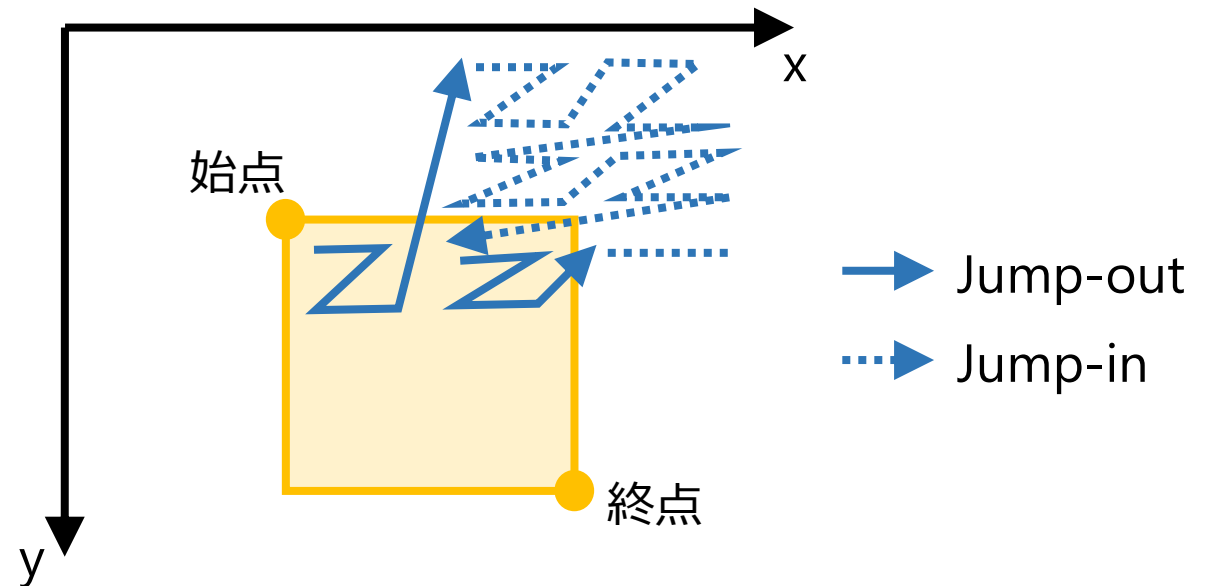
- 問合せ範囲が原点をまたがる時
不要な領域が特に増加
- 次元数が小さくかつ
領域全体が狭い場合は無視できるが、
多次元の広い領域では性能悪化が顕著

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
0	0	1	4	5	16	17	20	21	64	65	68	69	80	81	84	85	256	257	260	261	272	273	276	277	320	321	324	325	336	337	340	341						
1	2	3	6	7	18	19	22	23	66	67	70	71	82	83	86	87	258	259	262	263	274	275	278	279	322	323	326	327	338	339	342	343						
2	8	9	12	13	24	25	28	29	72	73	76	77	88	89	92	93	264	265	268	269	280	281	284	285	328	329	332	333	344	345	348	349						
3	10	11	14	15	26	27	30	31	74	75	78	79	90	91	94	95	266	267	270	271	282	283	286	287	330	331	334	335	346	347	350	351						
4	32	33	36	37	48	49	52	53	96	97	100	101	112	113	116	117	288	289	292	293	304	305	308	309	352	353	356	357	368	369	372	373						
5	34	35	38	39	50	51	54	55	98	99	102	103	114	115	118	119	290	291	294	295	306	307	310	311	354	355	358	359	370	371	374	375						
6	40	41	44	45	56	57	60	61	104	105	108	109	120	121	124	125	296	297	300	301	312	313	316	317	360	361	364	365	376	377	380	381						
7	42	43	46	47	58	59	62	63	106	107	110	111	122	123	126	127	298	299	302	不要領域										379	382	383						
8	128	129	132	133	144	145	148	149	192	193	196	197	208	209	212	213	384	385	388	不要領域										465	468	469						
9	130	131	134	135	146	147	150	151	194	195	198	199	210	211	214	215	386	387	390	不要領域										467	470	471						
10	136	137	140	141	152	153	156	157	200	201	204	205	216	217	220	221	392	393	396	397	408	409	412	413	456	457	460	461	472	473	476	477						
11	138	139	142	143	154	155	158	159	202	203	206	207	218	219	222	223	394	395	398	399	410	411	414	415	458	459	462	463	474	475	478	479						
12	160	161	164	165	176	177	180	181	224	225	始点										44	245	416	417	420	421	432	433	436	437	480	481	484	485	496	497	500	501
13	162	163	166	167	178	179	182	183	226	227	始点										46	247	418	419	422	423	434	435	438	439	482	483	486	487	498	499	502	503
14	168	169	172	173	184	185	188	189	232	233	始点										52	253	424	425	428	429	440	441	444	445	488	489	492	493	504	505	508	509
15	170	171	174	175	186	187	190	191	234	235	238	239	250	251	254	255	426	427	430	431	442	443	446	447	490	491	494	495	506	507	510	511						
16	512	513	516	517	528	529	532	533	576	577	580	581	592	593	596	597	768	769	772	773	784	785	788	789	832	833	836	837	848	849	852	853						
17	514	515	518	519	530	531	534	535	578	579	582	583	594	595	598	599	770	771	774	775	786	787	790	791	834	835	838	839	850	851	854	855						
18	520	521	524	525	536	537	540	541	584	585	588	589	600	601	604	605	776	777	780	781	792	793	796	797	840	841	844	845	856	857	860	861						
19	522	523	526	527	538	539	542	543	586	587	590	591	602	603	606	607	778	779	782	783	794	795	798	799	842	843	846	847	858	859	862	863						
20	544	545	548	549	560	561	564	565	608	609	612	613	624	625	628	629	800	801	804	805	816	817	820	821	864	865	868	869	880	881	884	885						
21	546	547	550	551	562	563	566	567	610	611	614	615	626	627	630	631	802	803	806	807	818	819	822	823	866	867	870	871	882	883	886	887						
22	552	553	不要領域										632	633	636	637	808	809	812	813	824	825	828	829	872	873	876	877	888	889	892	893						
23	554	555	不要領域										634	635	638	639	810	811	814	815	826	827	830	831	874	875	878	879	890	891	894	895						
24	640	641	不要領域										720	721	724	725	896	897	900	901	912	913	916	917	960	961	964	965	976	977	980	981						
25	642	643	646	647	658	659	662	663	706	707	710	711	722	723	726	727	898	899	902	903	914	915	918	919	962	963	966	967	978	979	982	983						
26	648	649	652	653	664	665	668	669	712	713	716	717	728	729	732	733	904	905	908	909	920	921	924	925	968	969	972	973	984	985	988	989						
27	650	651	654	655	666	667	670	671	714	715	718	719	730	731	734	735	906	907	910	911	922	923	926	927	970	971	974	975	986	987	990	991						
28	672	673	676	677	688	689	692	693	736	737	740	741	752	753	756	757	928	929	932	933	944	945	948	949	992	993	996	997	##	##	##	##						
29	674	675	678	679	690	691	694	695	738	739	742	743	754	755	758	759	930	931	934	935	946	947	950	951	994	995	998	999	##	##	##	##						
30	680	681	684	685	696	697	700	701	744	745	748	749	760	761	764	765	936	937	940	941	952	953	956	957	##	##	##	##	##	##	##	##						
31	682	683	686	687	698	699	702	703	746	747	750	751	762	763	766	767	938	939	942	943	954	955	958	959	##	##	##	##	##	##	##	##						

Z-Order範囲の事前分割

問合せ範囲内外への移動を繰り返し、
z-order上での問合せ範囲を分割

- 始点→範囲外への移動→範囲内への移動→...→終点
- 不要な領域へのアクセスを回避
- 分割後の範囲は排他的であるため
並列での読み取りも可能



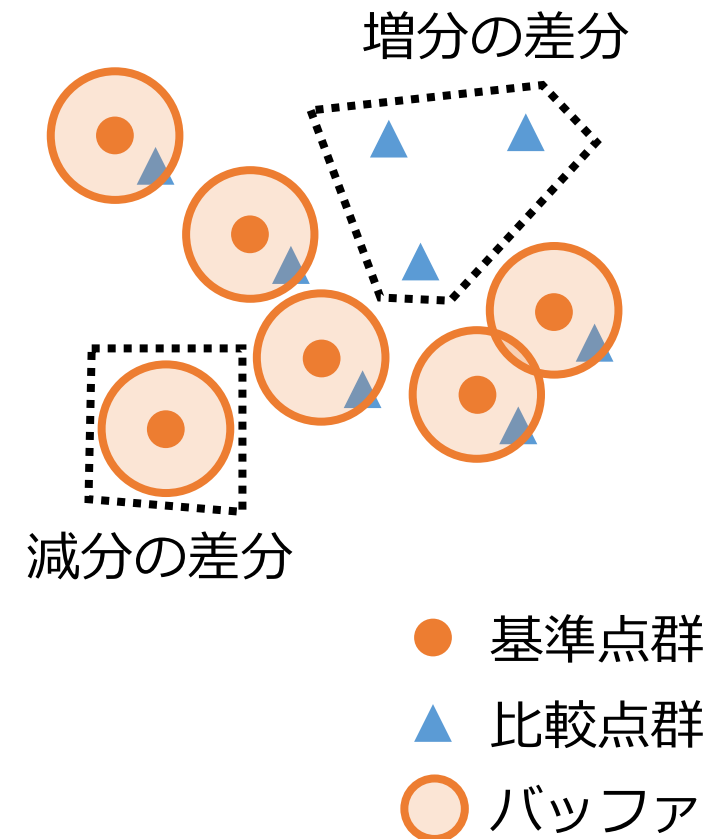
TIN差分演算機能

異なる2時点のTINデータからの差分抽出

- 例) 災害発生前後における3次元モデルの差分抽出

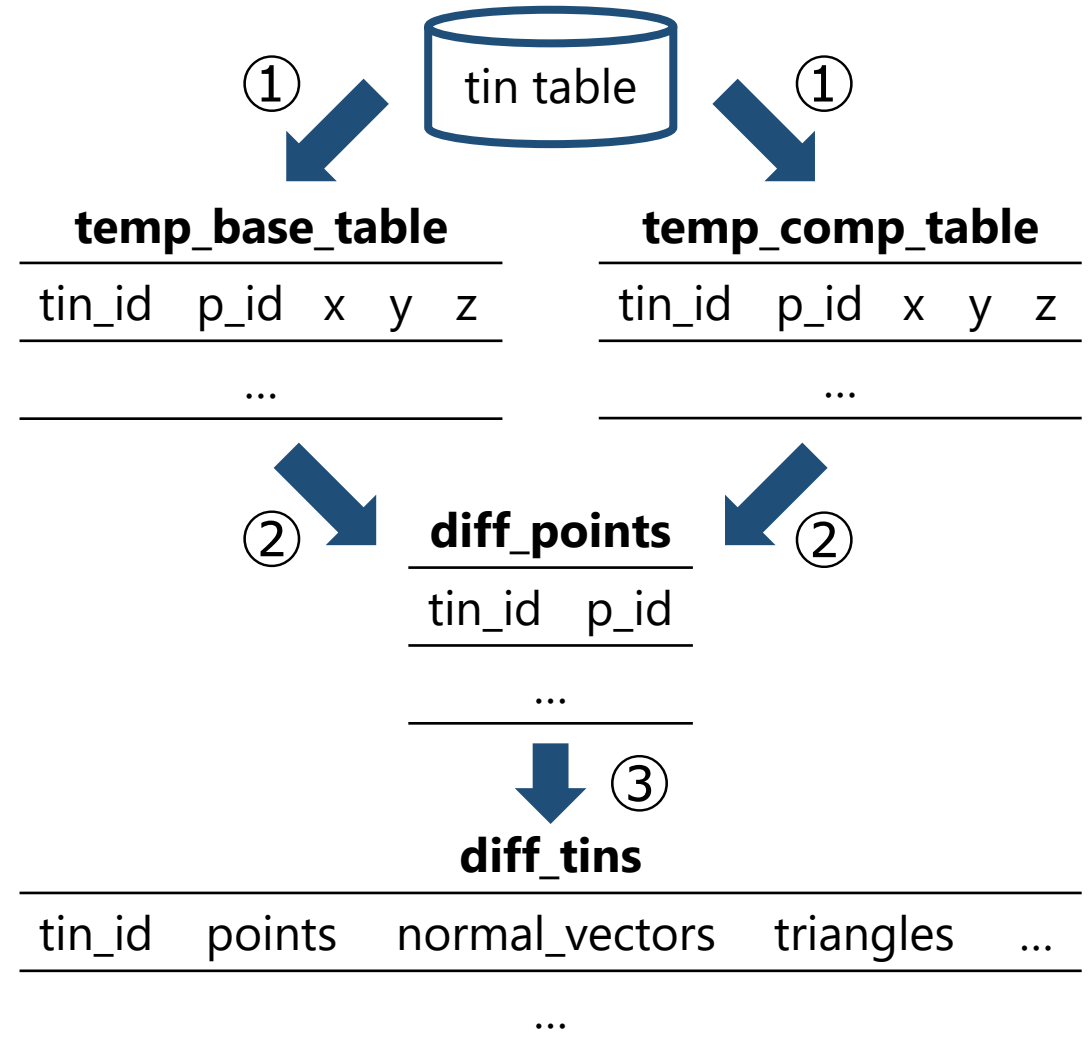
基本は**点群データの差分演算**として処理

- 基準側の各点の半径 r 以内に比較側の点がないとき, その点を差分点と判定
- 点群の差分を抽出後, 元のTIN構造を復元



TIN差分演算の流れ

1. 対象TINの点群を一時テーブル化
 - 比較側には索引を構築
2. 基準・比較側点群の差分を生成
 - 交差部分と全体との差を計算
 - 交差部分の取得に結合を利用
3. 差分点群をTINに変換



まとめ

TINデータに対する空間情報処理技術の開発

- Z-orderによる空間索引機能の開発
- TINの差分演算機能の開発

今後の予定

- TIN差分演算機能の改善
 - 基準・比較側点群の位置合わせ, 処理性能の改善