

落石数値シミュレーション計算

「吉田らの手法」

Rocksys

-Rockfall simulation study program for civil engineers-

**Rocksys出力(印刷)例**

# 落石数値シミュレーション計算

## § 1. 一般事項

計算書名: 県道 線道路改良工事  
タイトル: NO.123+10.5付近落石対策施設  
コメント: 試行NO.1

## § 2. 適用理論

「吉田らの手法」

## § 3. 適用文献

- 1) 「落石対策便覧」(平成12年6月、(社)日本道路協会)
- 2) 「落石対策便覧に関する参考資料」～落石シミュレーション手法の調査研究資料～  
(平成14年4月、(社)日本道路協会)

## § 4. 計算条件

### 4-1. 基本設定

- 1) 最大飛び出し角 max= 45.00 (°)
- 2) 停止限界速度 Vmin= 0.010 (m/s)
- 3) 空気抵抗係数 k= 0.001 (1/s)

### 4-2. 地形条件

#### 1) 形状データ

座標 NO	地形変化点		等価摩擦 係数 $\mu$	斜面傾斜 角 (°)	残存係数	抵抗係数 Ck	適用パラ メータNO
	X	Y					
1	0.000	65.500	0.150	65.5561	0.965	0.087	2
2	6.000	52.300	0.150	27.0721	0.841	0.399	2
3	10.500	50.000	0.150	63.4350	0.962	0.096	2
4	18.000	35.000	0.350	29.5778	0.619	0.952	4
5	55.000	14.000	*****	*****	*****	*****	*****

## 2) 抵抗係数Ckの設定

等価摩擦係数  $\mu$  から下式にて換算

$$Ck = a \cdot \quad + b$$

$$= \sqrt{1 - \frac{\mu}{\tan}}$$

ここに、 $\mu$  : 等価摩擦係数  
: 斜面勾配

$$a = -2.5, \quad b = 2.5$$

## 3) パラメーター一覧表

NO	名称	$\mu$		e				Vcr	
		X~		X~		X~		X~	
1	高松実験(コンクリート)	0.690	0.180	0.480	0.190	0.532	0.167	4.690	2.020
2	高松実験(風化花崗岩)	0.690	0.180	0.470	0.296	0.553	0.227	4.690	2.020
3	下呂実験(風化流紋岩)	0.690	0.180	0.540	0.280	0.580	0.250	4.690	2.020
4	下呂実験; [崖錘(礫)]	0.480	0.060	0.580	0.260	0.770	0.170	8.500	2.500
5									
6									
7									
8									
9									
10									

$\mu$ : すべり摩擦係数、e: 法線方向速度比、 : 接線方向速度比、Vcr: 限界速度  
X~: 平均値、 : 標準偏差

## 4-3. 落石条件

### 1) 落石開始条件

落石開始点  $X0 = 0.000$  (m)  
 斜面上からの落下高  $H0 = 0.000$  (m)  
 初速度 水平  $VH = 0.000$  (m/s)  
 鉛直  $VV = 0.000$  (m/s)

### 2) 落石重量の設定方法

r と s から算定

### 3) 落石の大きさ・重量等

落石の半径  $r = 0.250$  (m)  
 落石の密度  $s = 25.500$  (KN/m<sup>3</sup>)  
 落石の重量  $W = 1.669$  (KN)

## 4-4. 計算条件

試行回数 80 (回)  
 時間刻み 0.050 (sec)

## §5. 照査点設定

照査点数 2 地点

照査点位置及び照査線角度

照査点	照査位置 X(m)	照査線角度 (°)	備考
NO.1	7.50	27.0721	斜面法線方向
NO.2	23.01	29.5778	斜面法線方向
NO.3			

注) 照査線角度 は、照査線が鉛直線となす角度を示す

§6. 計算結果

6-1. 照査点 NO.1( x=7.50)

NO	照査線との 交点X'(m)	到達距離 Lx(m)	跳躍高 H(m)	跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(KJ)	通過角度 (°)
1	7.6	54.967	0.281	0.250	1.439	0.176	27.072
2	7.7	54.961	0.394	0.351	4.516	1.737	55.744
3	7.6	54.980	0.288	0.250	1.348	0.155	3.419
4	7.7	54.972	0.541	0.482	5.124	2.236	36.244
5	7.6	54.985	0.281	0.250	0.723	0.045	27.072
6	7.6	54.945	0.284	0.250	1.261	0.135	1.241
7	7.6	54.972	0.288	0.257	1.340	0.153	26.861
8	7.6	54.959	0.306	0.272	1.325	0.150	34.314
9	7.6	54.939	0.281	0.250	0.602	0.031	27.072
10	7.6	54.983	0.293	0.250	1.152	0.113	4.869
11	7.6	54.935	0.281	0.250	0.872	0.065	27.072
12	7.6	54.976	0.281	0.250	1.406	0.168	27.072
13	7.6	54.952	0.283	0.252	2.221	0.420	34.016
14	7.6	54.987	0.306	0.272	1.883	0.302	31.787
15	7.6	54.932	0.311	0.277	1.626	0.225	17.213
16	7.6	54.982	0.302	0.269	1.033	0.091	17.117
17	7.6	54.929	0.365	0.325	1.709	0.249	16.937
18	7.6	54.977	0.281	0.250	0.775	0.051	27.072
19	7.6	54.966	0.281	0.250	1.306	0.145	27.072
20	7.9	54.964	0.929	0.827	4.286	1.564	30.527
21	7.6	54.958	0.294	0.250	0.857	0.063	-11.629
22	7.7	54.987	0.378	0.336	2.416	0.497	3.824
23	7.6	54.999	0.281	0.250	1.242	0.131	27.072
24	7.6	54.968	0.281	0.250	0.783	0.052	27.072
25	7.6	54.966	0.281	0.250	1.001	0.085	14.648
26	7.7	54.980	0.417	0.371	3.448	1.013	2.224
27	7.6	54.982	0.348	0.310	4.408	1.655	44.291
28	7.6	54.958	0.282	0.250	0.643	0.035	-11.591
29	7.6	55.000	0.356	0.317	3.201	0.873	22.945
30	7.6	54.983	0.281	0.250	1.548	0.204	21.613
31	7.6	54.922	0.281	0.250	1.015	0.088	27.072
32	7.6	54.973	0.322	0.287	2.163	0.399	45.354
33	7.6	54.971	0.281	0.250	0.842	0.060	27.072
34	8.0	54.989	1.335	1.189	4.079	1.417	3.165
35	7.6	54.953	0.283	0.250	1.161	0.115	-31.624
36	7.6	54.937	0.282	0.250	1.394	0.165	8.613
37	7.6	54.981	0.288	0.250	1.529	0.199	11.736
38	8.2	54.864	1.842	1.640	6.206	3.279	-3.678
39	7.6	54.952	0.281	0.250	0.906	0.070	27.072
40	7.6	54.993	0.334	0.297	1.726	0.254	25.583
41	7.6	54.989	0.327	0.292	1.730	0.255	25.271
42	7.6	54.948	0.324	0.289	1.626	0.225	26.038

NO	照査線との交点 X'(m)	到達距離 Lx(m)	跳躍高 H(m)	跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(kJ)	通過角度 (°)
43	7.6	54.950	0.281	0.250	0.948	0.077	27.072
44	7.7	54.989	0.493	0.439	5.522	2.597	33.557
45	7.6	54.990	0.281	0.250	1.830	0.285	16.976
46	7.6	54.926	0.324	0.289	1.838	0.288	35.575
47	7.6	54.933	0.325	0.289	3.038	0.786	27.323
48	7.6	54.972	0.281	0.250	0.782	0.052	27.072
49	7.6	54.999	0.281	0.250	0.804	0.055	27.072
50	8.3	54.574	2.008	1.788	6.839	3.983	-19.423
51	7.6	54.977	0.337	0.300	3.077	0.806	16.619
52	7.6	54.949	0.314	0.280	2.175	0.403	45.175
53	7.6	54.947	0.281	0.250	1.229	0.129	27.072
54	7.6	54.977	0.308	0.250	1.848	0.291	2.255
55	7.6	54.965	0.322	0.286	1.706	0.248	14.361
56	7.6	54.997	0.336	0.299	1.645	0.230	23.916
57	7.7	54.972	0.381	0.340	5.907	2.971	36.592
58	7.6	54.916	0.281	0.250	1.545	0.203	19.706
59	7.6	54.972	0.309	0.250	2.132	0.387	-0.673
60	7.9	54.947	1.000	0.890	3.934	1.318	39.217
61	7.8	54.996	0.703	0.626	4.265	1.549	54.118
62	7.6	54.978	0.321	0.286	1.851	0.292	37.580
63	7.6	54.977	0.285	0.254	1.721	0.252	30.979
64	7.6	54.965	0.328	0.292	4.364	1.622	50.971
65	7.8	54.977	0.751	0.669	4.370	1.626	40.528
66	7.6	54.996	0.288	0.256	1.882	0.302	33.517
67	7.6	54.968	0.288	0.256	1.944	0.322	45.022
68	7.6	54.992	0.281	0.250	0.562	0.027	-2.985
69	7.6	54.957	0.281	0.250	0.713	0.043	27.072
70	7.6	54.934	0.326	0.291	3.563	1.081	31.895
71	7.6	54.958	0.285	0.253	2.150	0.394	46.133
72	7.6	54.974	0.281	0.250	1.134	0.110	27.072
73	7.6	54.975	0.290	0.250	1.512	0.195	-2.830
74	7.6	54.948	0.281	0.250	1.448	0.179	27.072
75	7.6	54.993	0.281	0.250	1.274	0.138	27.072
76	7.6	54.999	0.282	0.250	1.478	0.186	-2.208
77	7.6	54.945	0.285	0.250	1.184	0.119	8.712
78	7.7	54.980	0.413	0.368	5.062	2.182	35.942
79	7.6	54.988	0.292	0.250	1.584	0.214	-1.777
80	7.6	55.000	0.290	0.258	2.069	0.365	43.021

## 6-2. 照査点 NO.2( x=23.01)

NO	照査線との 交点X'(m)	到達距離 Lx(m)	跳躍高 H(m)	跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(KJ)	通過角度 (°)
1	23.1	54.967	0.287	0.250	1.557	0.206	24.560
2	23.2	54.961	0.331	0.288	1.839	0.288	39.072
3	23.1	54.980	0.287	0.250	1.205	0.124	29.578
4	23.3	54.972	0.773	0.672	9.882	8.315	41.313
5	23.1	54.985	0.295	0.257	1.968	0.330	53.352
6	23.1	54.945	0.287	0.250	0.938	0.075	29.578
7	23.1	54.972	0.299	0.250	1.555	0.206	-11.511
8	23.1	54.959	0.287	0.250	0.923	0.073	29.578
9	23.1	54.939	0.287	0.250	1.256	0.134	29.578
10	23.2	54.983	0.344	0.299	1.640	0.229	26.020
11	23.1	54.935	0.307	0.250	2.086	0.370	8.730
12	23.1	54.976	0.287	0.250	1.409	0.169	29.578
13	23.2	54.952	0.333	0.290	1.765	0.265	15.052
14	23.1	54.987	0.287	0.250	0.687	0.040	29.578
15	24.1	54.932	2.625	2.283	9.872	8.299	27.538
16	23.2	54.982	0.320	0.279	1.715	0.251	18.077
17	23.1	54.929	0.289	0.250	0.808	0.056	-9.713
18	23.1	54.977	0.305	0.250	1.512	0.195	-3.921
19	23.1	54.966	0.293	0.250	0.498	0.021	-15.346
20	23.1	54.964	0.287	0.250	1.252	0.134	29.578
21	23.1	54.958	0.308	0.268	1.789	0.273	34.299
22	23.1	54.987	0.287	0.250	1.064	0.096	29.578
23	23.2	54.999	0.325	0.283	2.236	0.426	31.945
24	23.1	54.968	0.287	0.250	1.530	0.199	27.112
25	23.4	54.966	0.805	0.700	6.133	3.203	11.176
26	23.1	54.980	0.297	0.258	1.282	0.140	30.214
27	23.1	54.982	0.290	0.250	0.518	0.023	-12.718
28	23.2	54.958	0.358	0.312	1.522	0.197	22.295
29	23.1	55.000	0.310	0.270	1.398	0.166	21.800
30	23.1	54.983	0.288	0.250	1.049	0.094	17.068
31	23.1	54.922	0.287	0.250	1.255	0.134	29.578
32	23.1	54.973	0.301	0.250	1.637	0.228	10.218
33	23.1	54.971	0.304	0.264	2.066	0.363	43.158
34	23.3	54.989	0.682	0.593	10.289	9.015	39.147
35	23.1	54.953	0.287	0.250	1.163	0.115	29.578
36	23.1	54.937	0.314	0.273	2.404	0.492	39.586
37	23.2	54.981	0.402	0.350	6.754	3.885	46.637
38	23.7	54.864	1.486	1.293	11.011	10.325	14.934
39	23.2	54.952	0.324	0.281	2.357	0.473	45.842
40	23.1	54.993	0.287	0.250	1.464	0.182	26.038
41	23.1	54.989	0.306	0.250	1.507	0.193	7.129
42	23.1	54.948	0.287	0.250	1.177	0.118	29.578

NO	照査線との交点 X'(m)	到達距離 Lx(m)	跳躍高 H(m)	跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(kJ)	通過角度 (°)
43	23.1	54.950	0.297	0.250	1.530	0.199	10.072
44	23.1	54.989	0.312	0.250	1.558	0.207	3.994
45	23.1	54.990	0.287	0.250	1.019	0.088	29.578
46	23.1	54.926	0.287	0.250	1.182	0.119	29.578
47	23.1	54.933	0.300	0.261	1.567	0.209	26.528
48	23.1	54.972	0.287	0.250	1.020	0.089	29.578
49	23.1	54.999	0.287	0.250	1.517	0.196	24.144
50	23.2	54.574	0.406	0.250	11.539	11.338	-47.440
51	23.1	54.977	0.287	0.250	1.362	0.158	29.578
52	23.2	54.949	0.319	0.278	1.358	0.157	32.342
53	23.1	54.947	0.287	0.250	1.137	0.110	29.578
54	23.1	54.977	0.295	0.250	1.420	0.172	9.470
55	23.1	54.965	0.287	0.250	1.435	0.175	29.578
56	23.1	54.997	0.291	0.250	0.497	0.021	-7.867
57	23.1	54.972	0.291	0.253	2.186	0.407	48.896
58	23.2	54.916	0.338	0.294	1.884	0.302	38.031
59	23.2	54.972	0.329	0.286	1.575	0.211	15.416
60	23.2	54.947	0.320	0.278	1.642	0.230	18.672
61	23.1	54.996	0.287	0.250	1.273	0.138	29.578
62	23.1	54.978	0.292	0.254	1.697	0.245	29.167
63	23.1	54.977	0.287	0.250	1.537	0.201	22.040
64	23.1	54.965	0.302	0.263	2.041	0.355	40.929
65	23.1	54.977	0.298	0.259	1.764	0.265	39.475
66	23.1	54.996	0.296	0.258	0.968	0.080	29.387
67	23.1	54.968	0.297	0.258	1.529	0.199	38.647
68	23.5	54.992	1.216	1.058	9.305	7.372	40.113
69	23.1	54.957	0.287	0.250	1.249	0.133	29.578
70	23.1	54.934	0.287	0.250	1.485	0.188	21.850
71	23.1	54.958	0.292	0.250	1.132	0.109	7.876
72	23.1	54.974	0.287	0.250	1.266	0.136	29.578
73	23.1	54.975	0.287	0.250	0.675	0.039	29.578
74	23.2	54.948	0.322	0.280	1.366	0.159	33.752
75	23.1	54.993	0.287	0.250	1.346	0.154	29.578
76	23.1	54.999	0.287	0.250	1.336	0.152	29.578
77	23.1	54.945	0.301	0.262	2.276	0.441	26.689
78	23.1	54.980	0.287	0.250	1.091	0.101	29.578
79	23.1	54.988	0.309	0.269	2.197	0.411	46.629
80	23.1	55.000	0.291	0.250	0.648	0.036	-7.267



## §7. 照査点分析

### 7-0. 分析設定

- |                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| 1) 統計処理に用いる理論分布 | 正規性検定に基づく理論分布             |
| 2) 確率値          | 95 (%)                    |
| 3) 分析対象データ      | 全データ                      |
| 4) 跳躍量の考え方      | 照査点地盤面に対して法線方向の長さ         |
| 5) ヒストグラム分割数    | 自動(ステージス式)                |
| 6) 検定手法         | D'Agostino and Pearson 検定 |
| 7) 有意水準         | =5.0%                     |

### 7-1. 照査点NO.1(x=7.50)

- 1) 運動形態  
 飛行 = 67.5% (54 回)  
 すべり = 0.0% (0 回)  
 回転 = 32.5% (26 回)

### 2) 基本統計量

照査点	統計項目	跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(kJ)
NO.1	最大値(Xmax)	1.788	6.839	3.983
	最小値(Xmin)	0.250	0.562	0.027
	平均値(X~)	0.346	2.135	0.571
	標準偏差( )	0.268	1.473	0.816
	尖度	17.452	1.240	5.012
	歪度	4.072	1.428	2.258
	X~+1σ	0.614	3.608	1.387
	X~+2σ	0.882	5.081	2.203
	X~+3σ	1.151	6.554	3.020

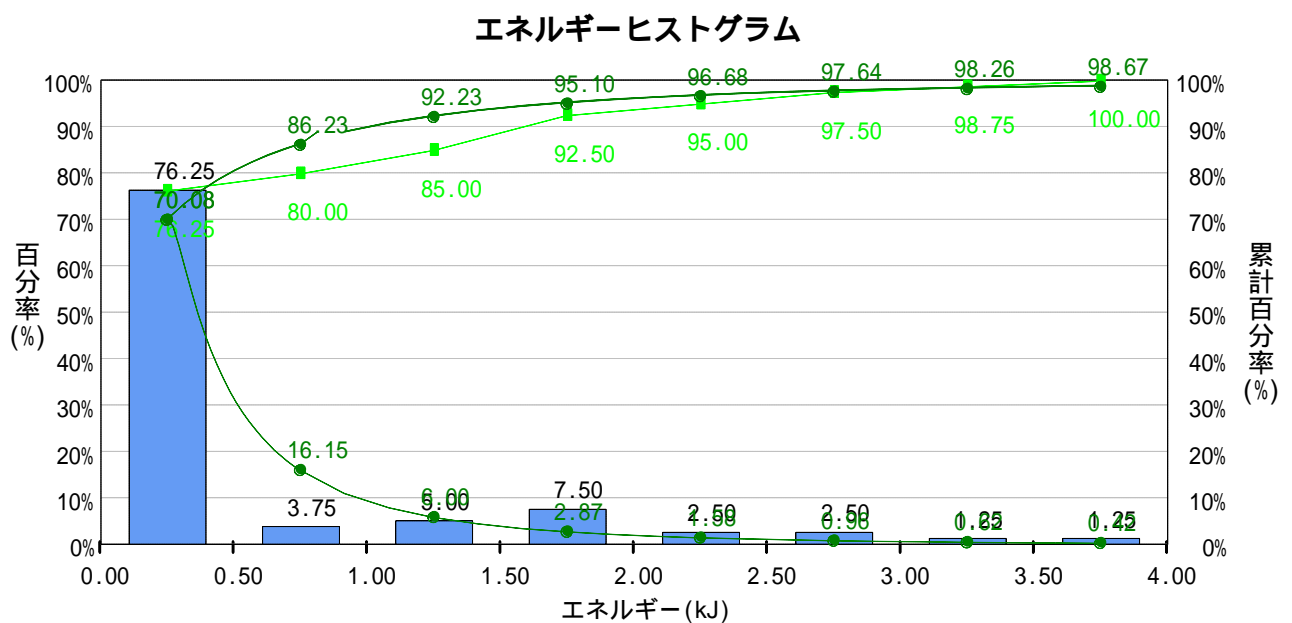
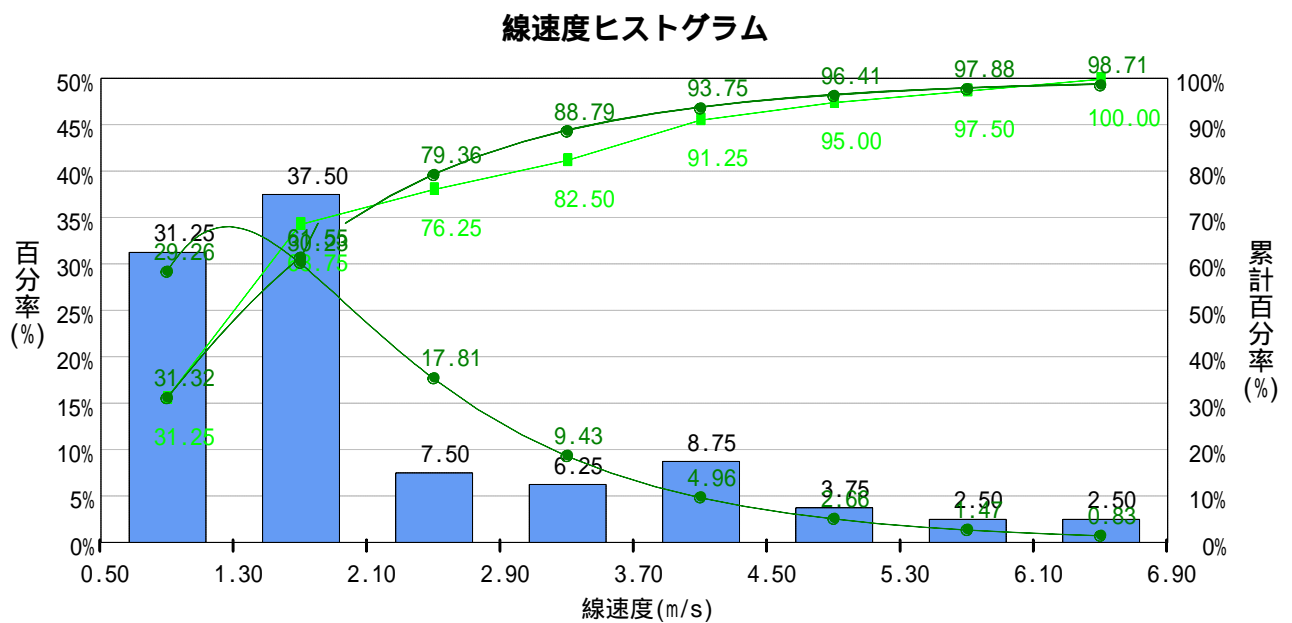
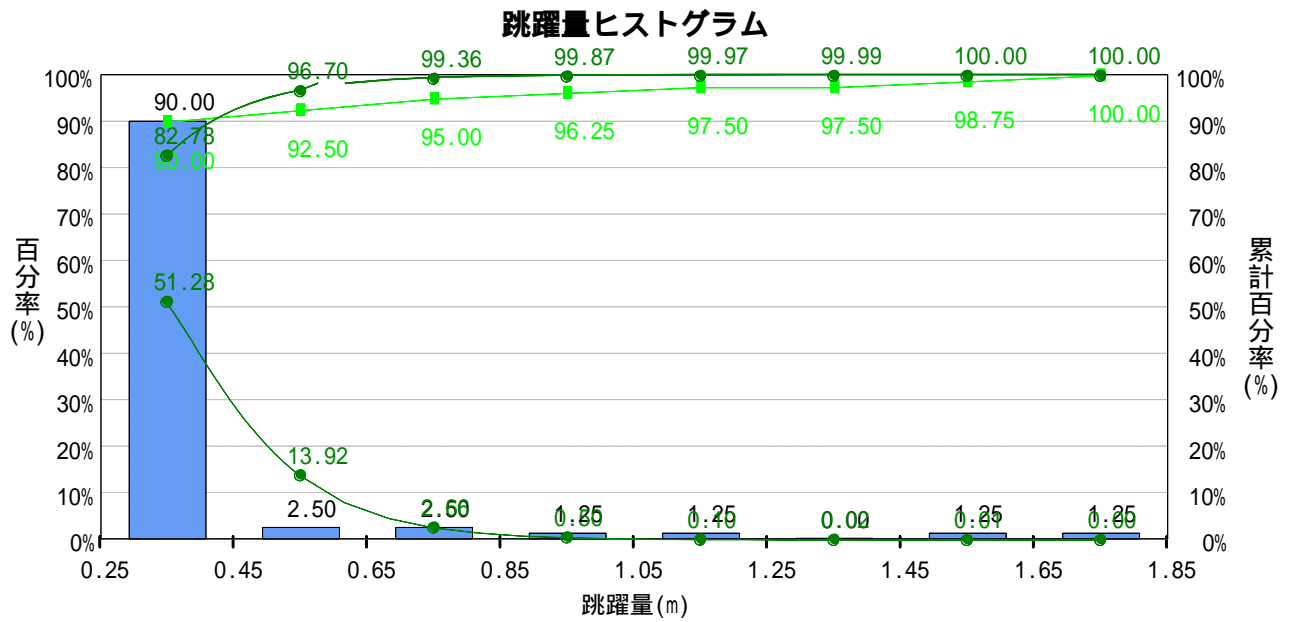
### 3) 信頼値

照査項目		跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(KJ)
正規性検定	正規分布	K2=97.015 >5.991 NG	K2=22.850 >5.991 NG	K2=49.985 >5.991 NG
	対数正規分布	K2=68.380 >5.991 NG	K2=3.603 <5.991 OK	K2=3.603 <5.991 OK
	判定	適合分布なし	対数正規分布	対数正規分布
95%信頼値	採用(指定)分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布
	信頼値	0.600 (X~+0.95 )	4.817 (X~+1.82 )	1.976 (X~+1.72 )
	(参考値)	=91.3% (73/80)	=92.5% (74/80)	=92.5% (74/80)

= 分析データ総数に占める信頼値以下のデータ数の割合

照査点X座標 X=7.5m

- 正規分布曲線
- 対数正規分布
- 正規分布累計
- 対数正規累計
- 累計頻度



7-2. 照査点NO.2(X=23.01)

1) 運動形態

飛行 = 58.8% (47 回)

すべり = 0.0% ( 0 回)

回転 = 41.3% (33 回)

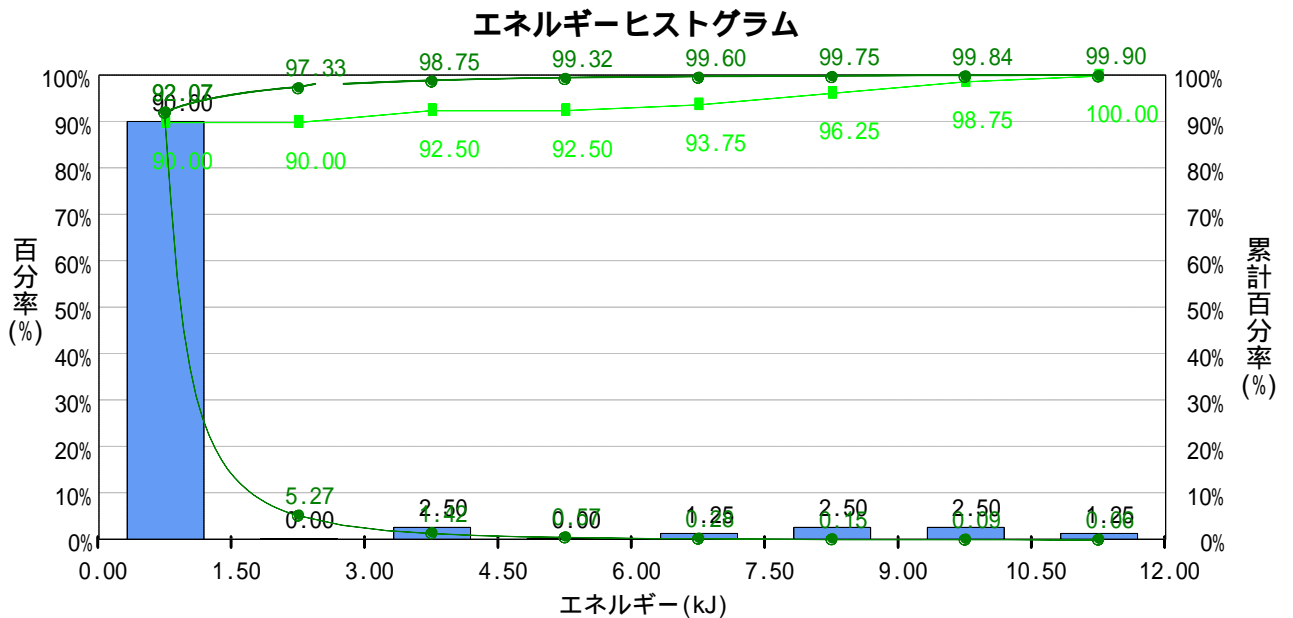
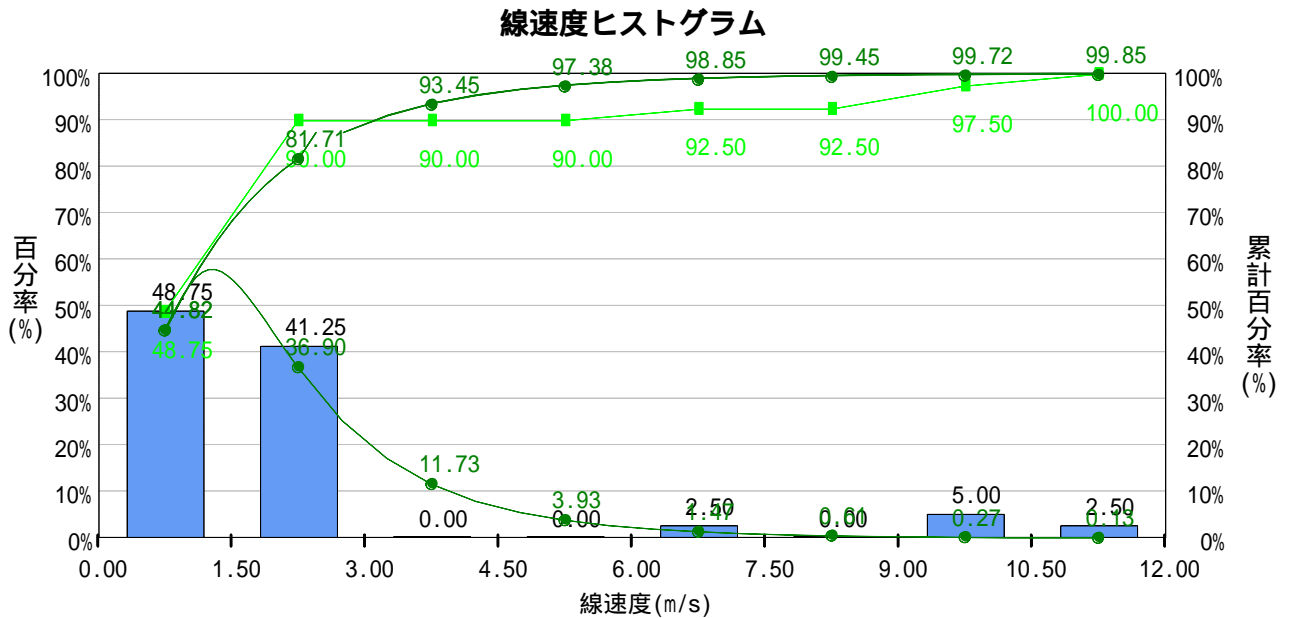
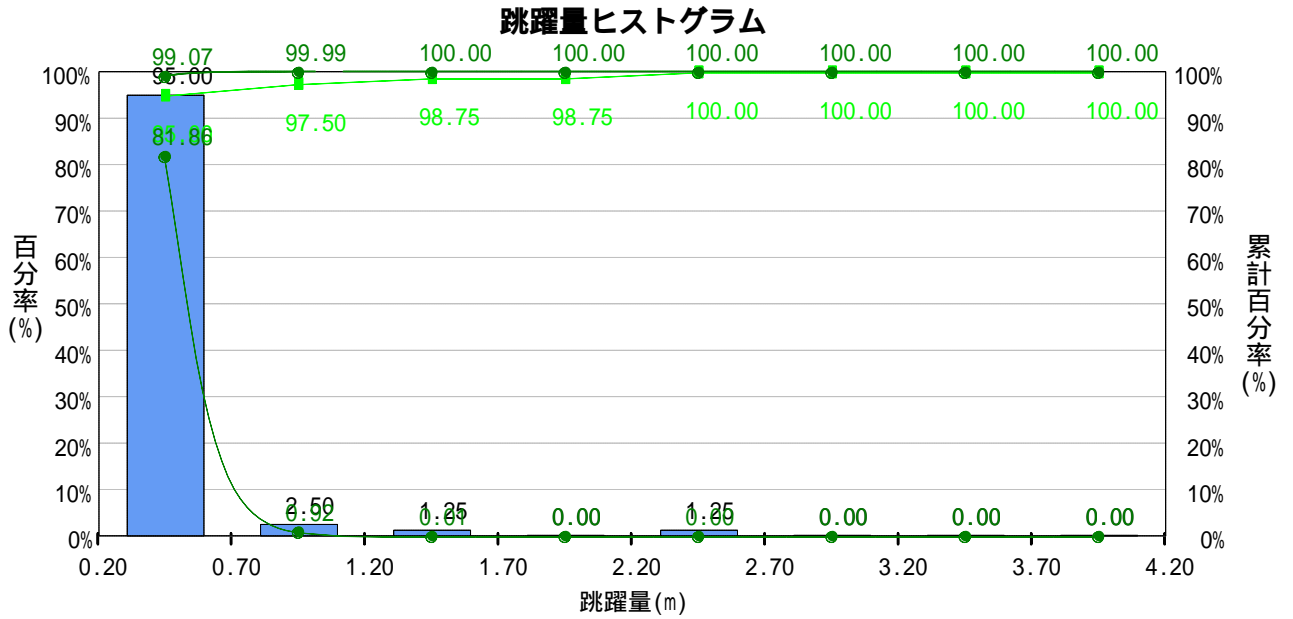
2) 基本統計量

照査点	統計項目	跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(kJ)
NO.2	最大値(Xmax)	2.283	11.539	11.338
	最小値(Xmin)	0.250	0.497	0.021
	平均値(X~)	0.323	2.220	0.943
	標準偏差( )	0.275	2.494	2.430
	尖度	35.007	6.723	9.177
	歪度	5.573	2.805	3.207
	X~+1σ	0.598	4.714	3.373
	X~+2σ	0.873	7.209	5.803
	X~+3σ	1.148	9.703	8.233

3) 信頼値

照査項目		跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(KJ)
正規性検定	正規分布	K2=127.332 >5.991 NG	K2=63.181 >5.991 NG	K2=74.144 >5.991 NG
	対数正規分布	K2=91.860 >5.991 NG	K2=28.718 >5.991 NG	K2=28.718 >5.991 NG
	判定	適合分布なし	適合分布なし	適合分布なし
95%信頼値	採用(指定)分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布
	信頼値	0.535 (X~+0.77 )	4.926 (X~+1.08 )	2.066 (X~+0.46 )
	(参考値)	=92.5% (74/80)	=90.0% (72/80)	=90.0% (72/80)

= 分析データ総数に占める信頼値以下のデータ数の割合



§8. 分析結果一覧表

8-1. 一覧表

照査点	照査位置X(m) 照査角度 (°) 分析データ数N(個) 分析対象	項目	跳躍量 h(m)	線速度 V(m/s)	エネルギー E(kJ)
NO.1	X= 7.5m = 27.0721° N= 80 全運動	最大値(Xmax)	1.788 (X~+5.38 )	6.839 (X~+3.19 )	3.983 (X~+4.18 )
		95%信頼値	0.600 (X~+0.95 ) 対数正規分布	4.817 (X~+1.82 ) 対数正規分布	1.976 (X~+1.72 ) 対数正規分布
		(参考値)	=91.3%	=92.5%	=92.5%
		最小値(Xmin)	0.250	0.562	0.027
		平均値(X~)	0.346	2.135	0.571
		標準偏差( )	0.268	1.473	0.816
		尖度	17.452	1.240	5.012
		歪度	4.072	1.428	2.258
		X~+1	0.614	3.608	1.387
		X~+2	0.882	5.081	2.203
		X~+3	1.151	6.554	3.020
NO.2	X= 23.0m = 29.5778° N= 80 全運動	最大値(Xmax)	2.283 (X~+7.13 )	11.539 (X~+3.74 )	11.338 (X~+4.28 )
		95%信頼値	0.535 (X~+0.77 ) 対数正規分布	4.926 (X~+1.08 ) 対数正規分布	2.066 (X~+0.46 ) 対数正規分布
		(参考値)	=92.5%	=90.0%	=90.0%
		最小値(Xmin)	0.250	0.497	0.021
		平均値(X~)	0.323	2.220	0.943
		標準偏差( )	0.275	2.494	2.430
		尖度	35.007	6.723	9.177
		歪度	5.573	2.805	3.207
		X~+1	0.598	4.714	3.373
		X~+2	0.873	7.209	5.803
		X~+3	1.148	9.703	8.233
NO.3		最大値(Xmax)			
		95%信頼値			
		(参考値)			
		最小値(Xmin)			
		平均値(X~)			
		標準偏差( )			
		尖度			
		歪度			
		X~+1			
X~+2					
X~+3					

= 分析データ総数に占める信頼値以下のデータ数の割合

## 8-2. 斜面特性グラフ

