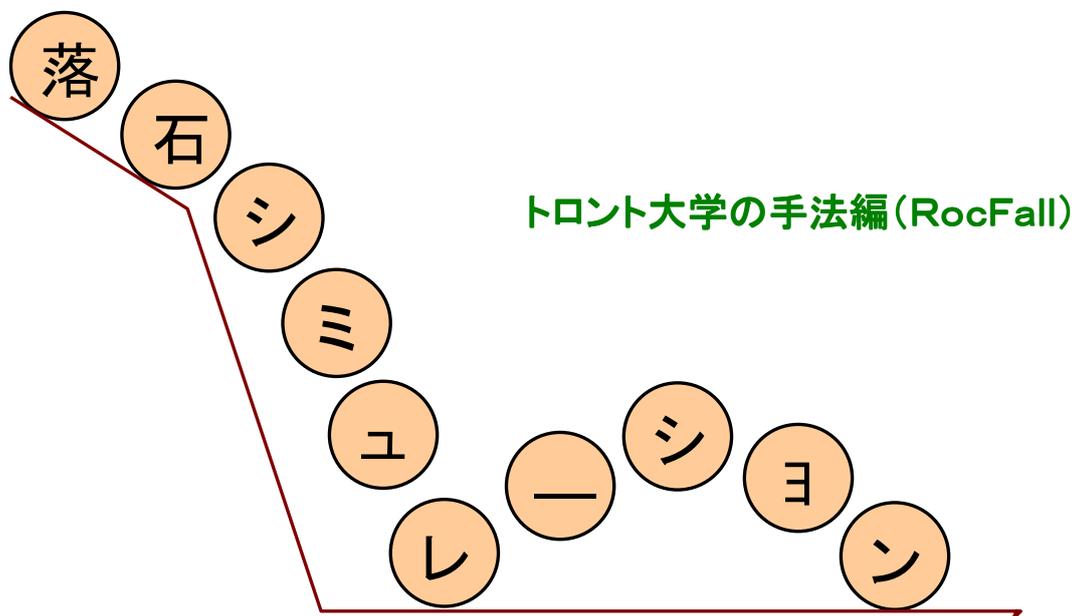
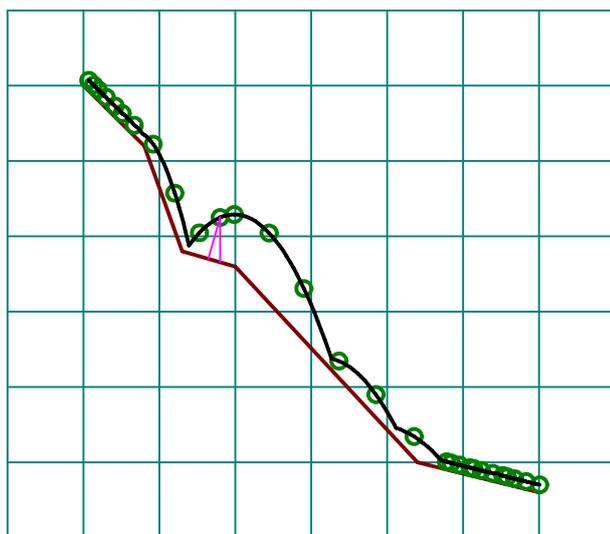


MS-EXCELを使った



解説書



(有)シビルテック 2009.10.06

目 次

■ プログラムの特長	1
■ プログラムの概要・機能	1
■ プログラム使用上の注意	2
■ プログラムの使用手順	4
① 起動画面	4
② メニュー画面	5
③ 斜面パラメータ入力画面	7
④ 斜面形状入力画面	8
⑤ 落石条件入力画面	9
⑥ エクセルシミュレーション実行画面	11
⑦ 解析結果一覧表示画面	12
■ シミュレーション結果の作図例	13
■ エクセル分析ツールとの連携	14
■ プログラムの購入方法	16

落石シミュレーションプログラム

(トロント大学の手法編)

■ プログラムの特長

- 表計算ソフトのエクセルとCADソフトだけで複雑な落石シミュレーション解析と落石軌跡図の作図ができます。
- シミュレーションに採用した手法は質点系の手法(トロント大学の手法)であり、DEMなどの非質点系手法に比べ、入力条件が少ないので比較的簡単に解析ができます。
- 採用した手法は「落石対策便覧に関する参考資料ー落石シミュレーション手法の調査研究資料ー(日本道路協会)」に基づいており、解析式および解析手順は全てブラックボックス化されることなく、検証が可能です。

■ プログラムの概要・機能

- 任意の地形において、任意サイズ(球体)の落石を任意の位置から落下させてシミュレーションが可能です。
- 斜面の任意範囲からランダムに落石を発生させることが可能です。
- 空中からの自由落下によるシミュレーションが可能です。
- 任意位置における落石の跳躍高さ、跳躍量、速度、運動エネルギーの計算が可能。
- 上記照査断面は任意の傾斜角とすることが可能。
- 落石の到達位置(停止位置)の計算ができます。
- 斜面ごとに斜面性状(反発係数、接線方向速度比、摩擦角)を与えることが可能です。
- 当ソフトとエクセルの分析ツールを組み合わせ、シミュレーション結果のヒストグラム解析ができます。
- DXF型式で出力された落石軌跡図をCADソフトで開いて、対策工検討図などに重ね合わせることができます。
- エクセル上で落石軌跡図を作図して確認することが可能です。(機能制限有り)

■ プログラム使用上の注意（仕様・制限事項など）

● 採用したシミュレーション手法（吉田らの手法）について

「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－日本道路協会編」（以下、参考資料と呼ぶ）では 6 種類の質点系落石シミュレーション手法が紹介されています。

本プログラムはその中から“トロント大学の手法”を採用しています。本プログラムの使用に際しては、各種の入力ファクターが必要となります。したがって、上記参考資料を手元において、“トロント大学の手法”に関する特徴、およびアルゴリズムを把握しておく必要があります。

● シミュレーションのアルゴリズムについて

“トロント大学の手法”のプログラミングに当たっては、上記参考資料に記載されたアルゴリズムを忠実に再現するものとししました。

ただし、下記の点に関しては一部、手法を変更しました。

- (1) トロント大学の手法では落石条件として、落石の質量を入力するようになっています。しかし、実務に際しては落石の大きさ（半径）を与えるほうがわかりやすいので、落石半径と単位体積重量を入力条件としました。
- (2) 衝突運動からすべり運動への遷移する場合の跳躍量条件が明確でないので、吉田らの手法に習って、跳躍距離が落石直径の 1/10 以下となったらすべり運動へ移行するものとししました。

● プログラムの機能制限について

- ・ 斜面を構成する点の最大数は30です。（斜面の最大数は29）
- ・ 落石跳躍高さなどの照査ポイントは 1 箇所とします。

● エクセルで落石軌跡図を作図する場合の注意点

本プログラムではエクセルの図形オブジェクトを使って、シート上に落石軌跡図を描くことができます。しかし、多数のオブジェクト処理はパソコンに多大な負荷をかけることになり、場合によってはパソコンのハングアップを引き起こす恐れがあります。

したがって、当プログラムではエクセルによるシミュレーション回数に制限を設けています。（シミュレーション回数の最大数は10回）

● CADソフトとの連携について

本プログラムでは、シミュレーション結果の落石軌跡図をDXF型式で出力するので、これを読み込むためには別途CADソフトが必要となります。

● 計算結果について

次の場合は落石が停止しなくても計算を打ち切ります。

1. 落石が入力した地形範囲の終点を越えた場合。(図-A)
2. 斜面地形が右上がりとなっている場合などで、バウンドした落石が後方へ跳ね返った場合。(図-B)

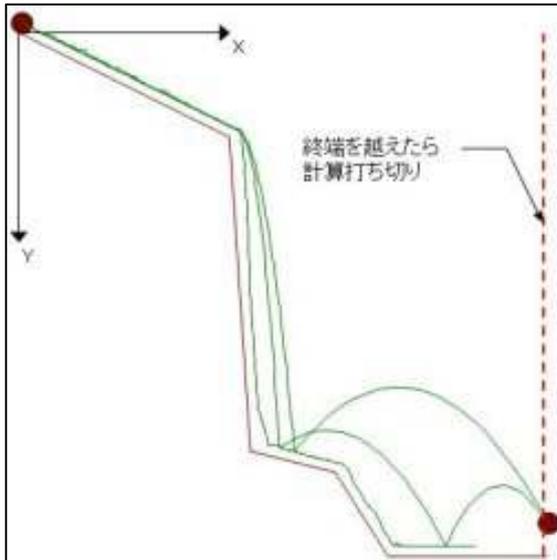


図-A

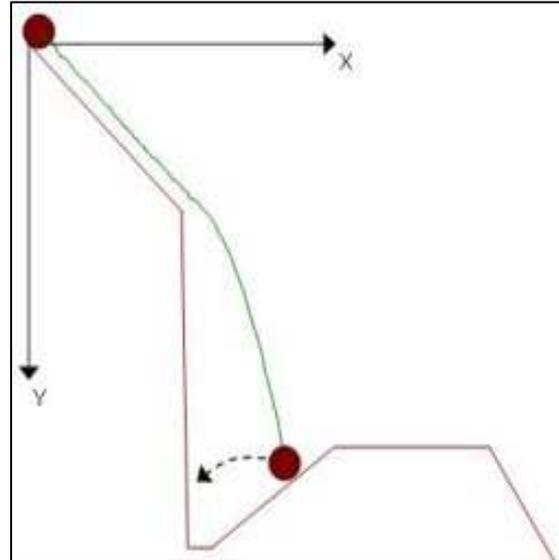


図-B

● 照査位置における跳躍計算について

照査位置における跳躍量(跳躍高さ)が最大の落石を作図します。(図-C)

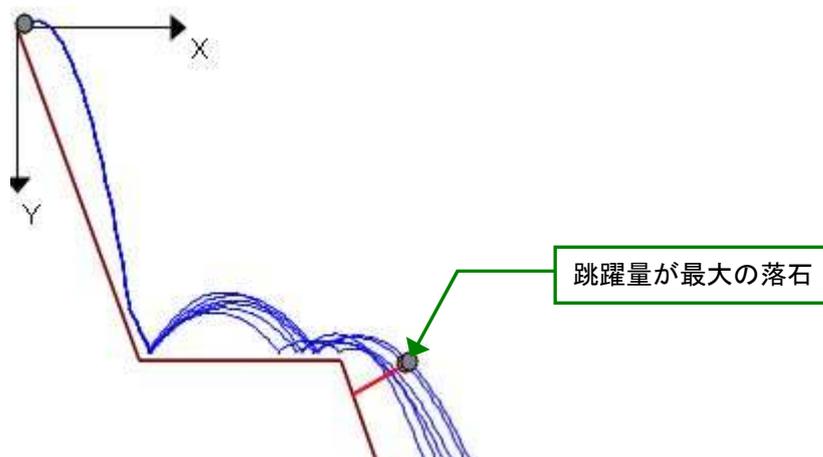
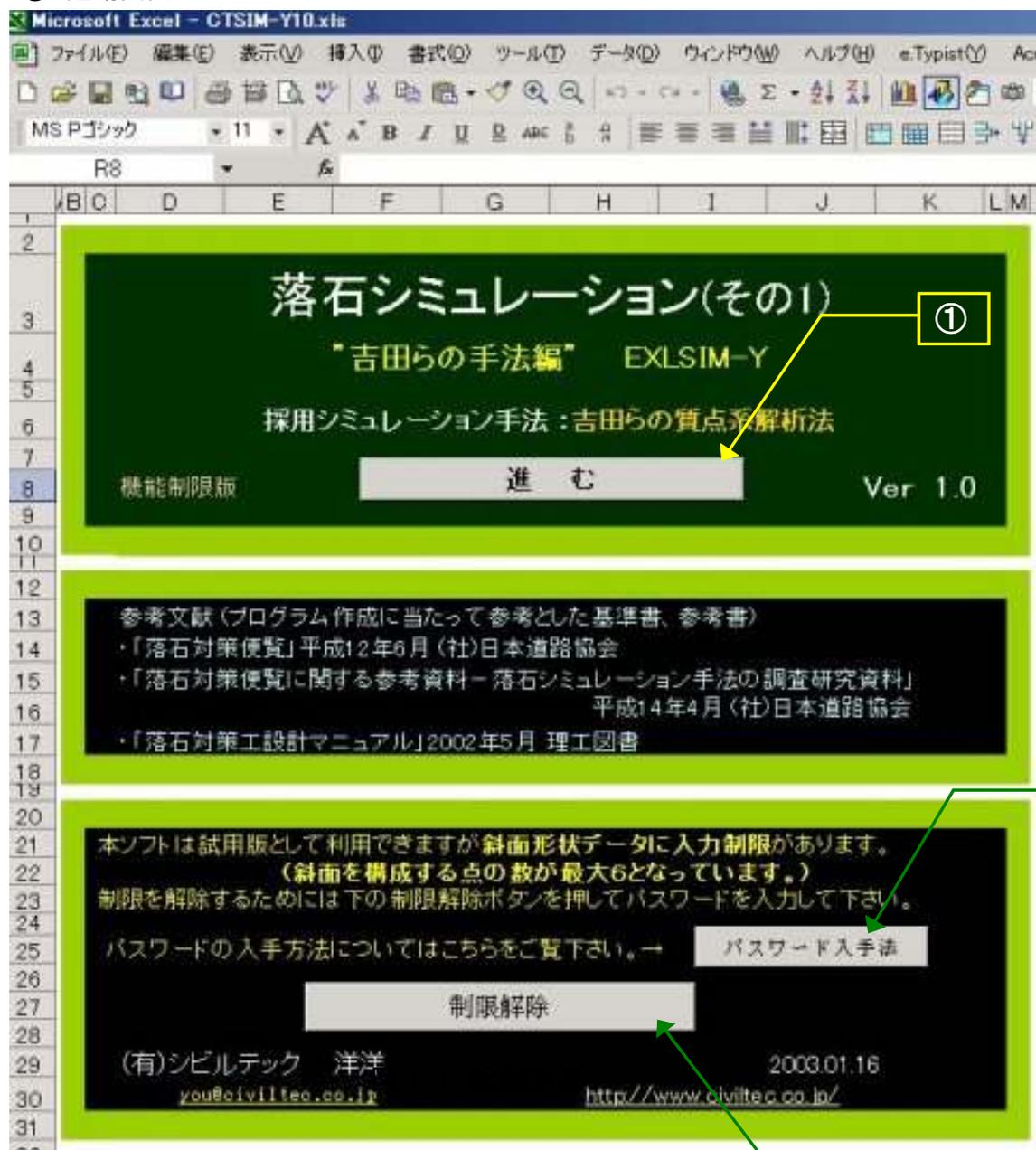


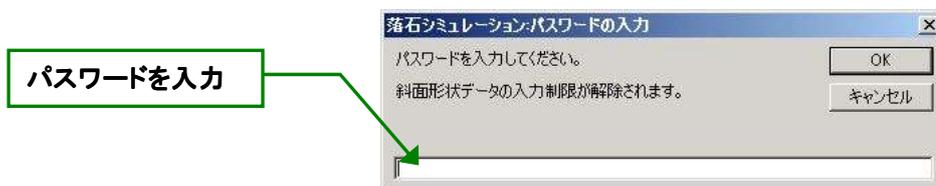
図-C

■ プログラムの使用手順

① 起動画面



- ①: 「進む」ボタンを押すと、メニュー画面(図 2-1)に進みます。
- ②: データ入力制限を解除する方法の説明画面(図 8-1)に進みます。
- ③: 正規ユーザーの方はこのボタンを押して、入手したパスワードを入力してください。



② メニュー画面

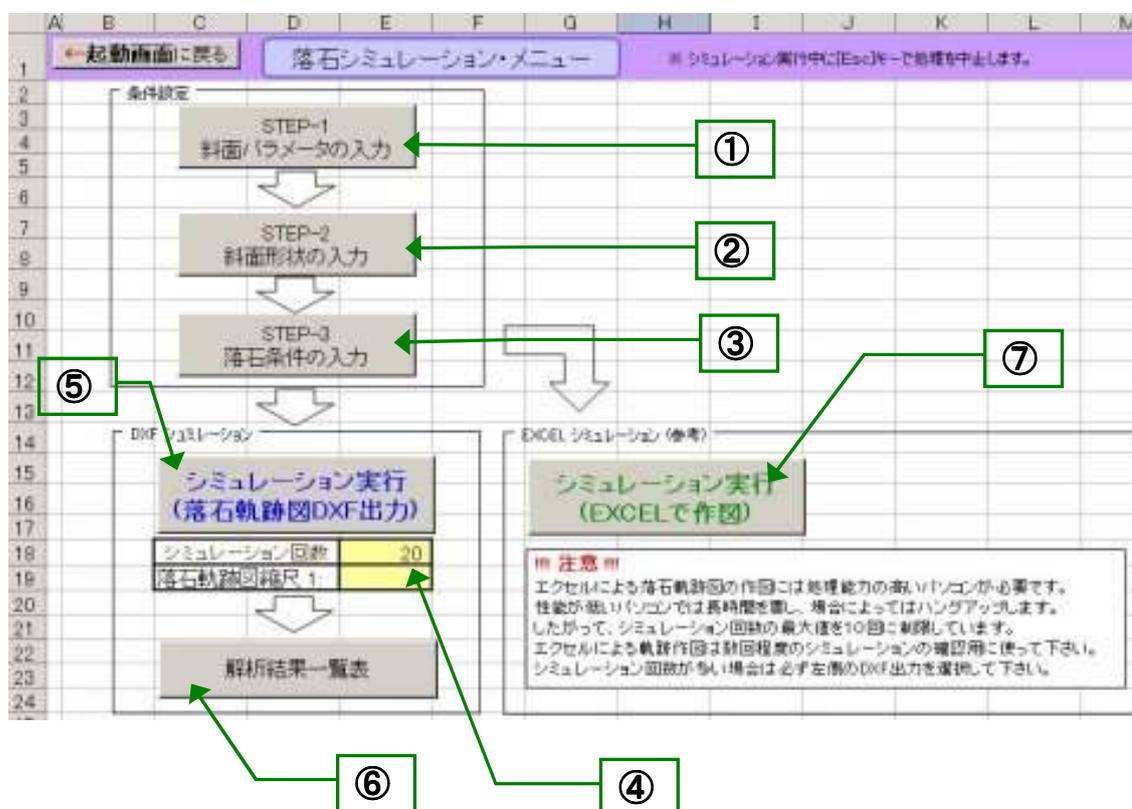


図 2-1 メニュー画面

ここでは、処理全体の制御とシミュレーションを実行します。

- ①: 斜面パラメータの入力(登録)画面(図 3-1)に進みます。
- ②: 斜面形状の入力画面(図 4-1)に進みます。
- ③: 落石条件(初期条件)入力画面(図 5-1)に進みます。
- ④: シミュレーション回数と落石軌跡図の縮尺を指定して下さい。

※ 一般にシミュレーション回数は一個の落石条件に対して 200 回以上が必要とされています。

※ CADでスケールの編集ができるので、縮尺の値は“1”でも構いません。

- ⑤: このボタンを押すと、下のダイアログが表示されますので、DXFファイル保存先のフォルダとファイル名を指定して下さい。

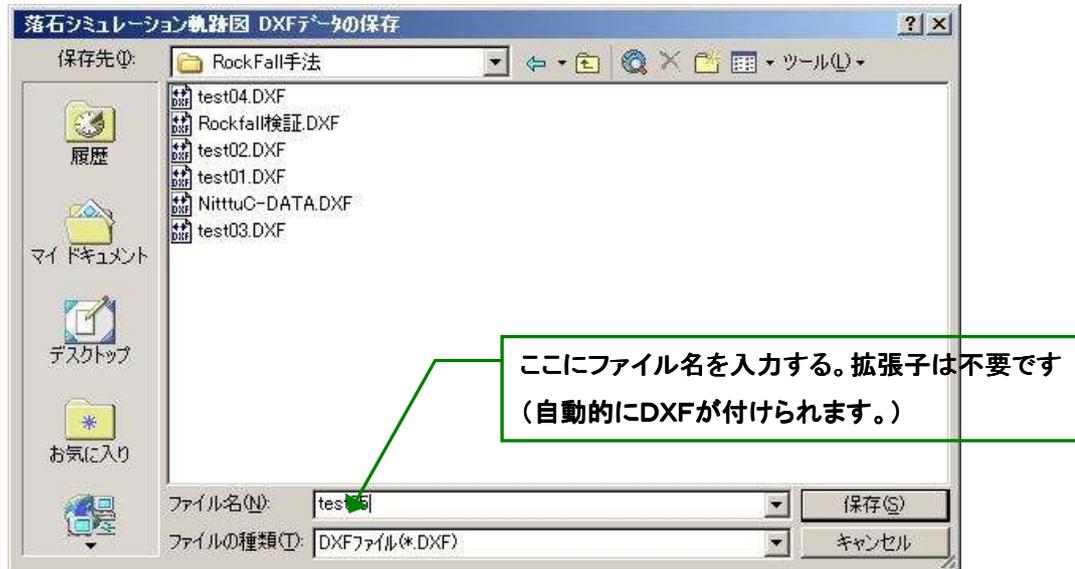


図 2-2 DXFファイル保存先指定画面

- ⑥: シミュレーションが終わった後、「解析結果一覧表」ボタンを押すと解析結果一覧表表示画面(図 7-1)に進みます。
- ⑦: エクセルシート上で落石軌跡図を作図したい場合はこのボタンを押して下さい。エクセルシミュレーション画面(図 6-1)へ移ります。

③ 斜面パラメータ入力画面

		反発係数 Rn		接線方向速度比 Rt		摩擦角 ϕ (°)		斜面変化角 θ' (°)		
NO	斜面種別(斜面状況)	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	備考
		1	アスファルト	0.40	0.04	0.90	0.04	30.0	2.0	
2	露岩部	0.35	0.04	0.85	0.04	30.0	2.0	0.00	//	
3	凹凸の少ない硬岩	0.50	0.04	0.99	0.04	30.0	2.0	0.00	//	
4	土(植生あり)	0.30	0.04	0.80	0.04	30.0	2.0	0.00	//	
5	崖錐	0.20	0.04	0.82	0.04	30.0	2.0	0.00	//	
6	崖錐(植生あり)	0.32	0.04	0.80	0.04	30.0	2.0	0.00	//	
7	よく跳ねる	0.70	0.01	0.60	0.04	20.00	2.00	2.00	テスト用	
8	固定値-1	0.50	0.00	0.80	0.00	20.00	0.00	0.00	//	
9	bouncy	0.50	0.05	0.80	0.05	20.00	0.00	0.00	//	
10	sticky	0.40	0.05	0.80	0.05	20.00	0.00	0.00	//	
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										

図 3-1 斜面パラメータ入力画面

ここでは、斜面の材質、性状を入力します。

①のエリア(NO1～NO6)には落石実験などに基づく値が登録されています。

これらの値は編集できません。

②のエリアにはユーザーが自由に新規登録および編集ができます。

登録するパラメータの詳細については「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－日本道路協会編」の“トロント大学の手法”に関する項目(P56～P62 他)を参照して下さい。

④ 斜面形状入力画面

NO	X座標	Y座標	斜面	斜面状況	X座標	角度
1	0.000	0.000			37.50	90.0
2	7.300	20.000	1-2	露岩部		
3	19.300	20.000	2-3	露岩部		
4	26.200	40.000	3-4	露岩部		
5	38.600	40.000	4-5	露岩部		
6	46.000	60.000	5-6	露岩部		
7	80.000	60.000	6-7	アスファルト		
8			7-8			
9			8-9			
10			9-10			
11			10-11			
12			11-12			
13			12-13			
14			13-14			
15			14-15			
16			15-16			
17			16-17			
18			17-18			
19			18-19			
20			19-20			
21			20-21			
22			21-22			
23			22-23			
24			23-24			
25			24-25			
26			25-26			
27			26-27			
28			27-28			
29			28-29			
30			29-30			

図 4-1 斜面形状入力画面

ここでは、斜面を構成する変化点の座標と、斜面の材質を入力します。

- ①: 斜面を構成する、変化点の座標を入力します。
 - ・通常は、斜面頂部(のり肩部)を座標原点(0、0)として下さい。
 - ・座標系は右側をX軸正方向、下方をY軸正方向とします。
- ②: 斜面ごとに前項③で入力した材質を指定します。セルをクリックすると現れるリストボックスの一覧から選んで下さい。
- ③: 落石の照査位置のX座標および照査断面が水平面となす角度を入力して下さい。(角度は反時計回りを正とする)
- ④: 入力したX、Y座標に基づいてプロットエリア⑤に斜面形状を作図します。
- ⑤: 斜面形状プロットエリアです。

⑤ 落石条件入力画面

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	← 起動画面に戻る		← メニューへ戻る			黄色セルを入力する		
2	落石条件の入力							
3	項目						数値	備考
4	落石質量	落石半径	r (m)	平均値	0.50			
5				標準偏差	0.00			
6		単位体積重量	γ (kN/m ³)	-	25.00			
7	落石開始位置	<input checked="" type="radio"/>	地表上の固定点から開始	X座標	21.40			
8		<input type="radio"/>	空中から開始	X座標	1.00			
9				落下高(m)	3.00			
10				指定範囲の地表からランダムに発生	始端Y座標	2.00		
11	start type = 1	<input type="radio"/>		終端Y座標	5.00			
12	落石初期速度	水平速度	Vxi (m/s)	平均値	0.00			
13				標準偏差	0.00			
14		鉛直速度	Vyi (m/s)	平均値	0.00			
15				標準偏差	0.00			
16	その他の条件							

図 5-1 落石条件入力画面

ここでは、落石の諸条件を入力します。

①: 落石条件入力セル

以下の条件を入力します。

- ・落石質量データ
- ・落石開始位置データ
- ・落石初速度データ

②:このボタンを押すと、下の入力ダイアログが表示されます。必要に応じて条件を指定して下さい。(通常はこのままでOK)

RockFall その他条件

落石の回転を 考慮する 考慮しない

反発係数を以下の計算式で求める

反発係数を落石速度の関数として求める
 $R'n=Rn/[1+(V/K)^2]$ $K=9.144$ m/s

反発係数を落石質量の関数として求める
 $R'n=Rn/[1+(M/C)^2]$ $C=1000$ kg

跳躍運動とすべり運動の遷移速度 $V_{min}=0.10$ m/s

プロット間隔 0.20 m

OK

図 5-2 落石その他条件指定画面

⑥ エクセルシミュレーション実行画面

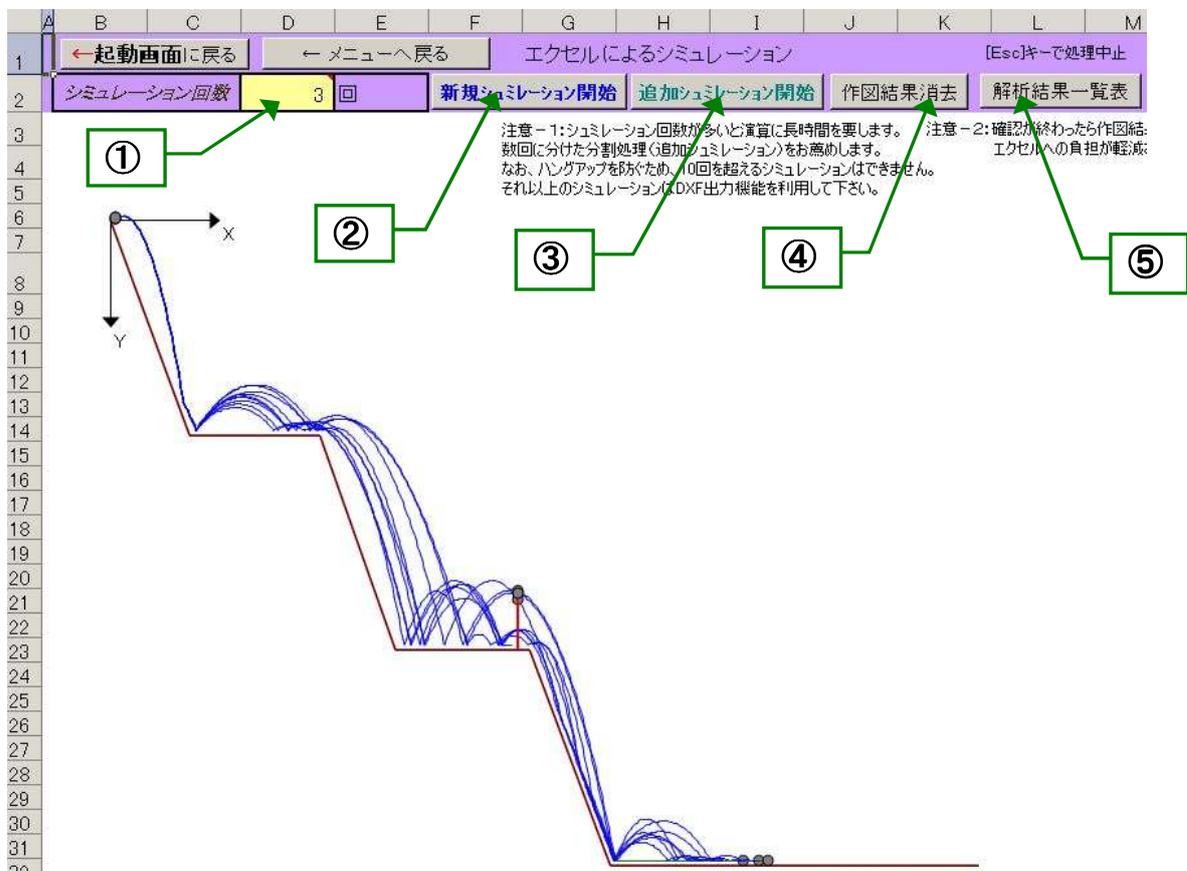


図 6-1 エクセルシミュレーション実行画面

- ①: シミュレーション回数を指定します。
 エクセルによる大量の作図はCPUへの負担が大きいため、シミュレーションの最大回数を10回に制限しています。
 10以上の数字を入力すると警告メッセージが表示されます。
- ②: 新規にシミュレーションを開始する場合や、今までの計算結果を破棄して新たにシミュレーションを始めたい場合は、このボタンを押して下さい。
- ③: 10回を超えるシミュレーションを行う場合や、今までのシミュレーション結果を残して、追加シミュレーションを行いたい場合はこのボタンを押して下さい。
- ④: 作図した落石軌跡図を削除する場合はこのボタンを押して下さい。
 ※シミュレーション解析を終えたら、その都度、作図結果を消すことをお勧めします。シートを開く際の処理が軽減されます。またシートを保存する際にファイルサイズが小さくなります。
- ⑤: シミュレーションが終わった後、「解析結果一覧表」ボタンを押すと解析結果一覧表示画面(図 6-1)に進みます。

⑦ 解析結果一覧表示画面

シミュレーション結果一覧表-1 解析結果一覧表示画面											
照査断面における落石の跳躍量、速度、エネルギー											
N	落石半径	落下時間	最終速度	最終位置	跳躍長	跳躍量	線速度	回転速度	線速度エネルギー	回転エネルギー	
(回)	r (m)	t (秒)	Vend (m/s)	Xend (m)	L(m)	h(m)	(m/s)	(rad/s)	(KJ)	(KJ)	
1	0.50	13.87	0.00	59.69	0.51	0.51	5.82	11.63	22.56	9.02	
2	0.50	14.88	0.00	56.08	2.49	2.49	9.93	19.86	65.77	26.31	
3	0.50	13.79	0.00	52.82	1.48	1.48	3.08	6.16	6.33	2.53	
4	0.50	14.63	0.00	60.07	1.13	1.13	3.16	6.33	6.68	2.67	
5	0.50	10.03	0.00	38.78	0.64	0.64	2.59	5.19	4.49	1.80	
6	0.50	14.53	0.00	59.51	0.55	0.55	3.58	7.16	8.56	3.42	
7	0.50	13.91	0.00	60.52	2.64	2.64	9.53	19.06	60.59	24.23	
8	0.50	13.71	0.00	59.99	1.32	1.32	4.48	8.96	13.38	5.35	
9	0.50	14.75	0.00	63.00	1.80	1.80	4.94	9.88	16.27	6.51	
10	0.50	12.90	0.00	51.31	0.83	0.83	4.65	9.30	14.42	5.77	
11	0.50	12.18	0.00	56.40	3.69	3.69	6.31	12.63	26.60	10.64	
12	0.50	13.88	0.00	51.69	1.47	1.47	4.03	8.06	10.83	4.33	
13	0.50	14.11	0.00	59.48	6.80	6.80	4.16	8.32	11.55	4.62	
14	0.50	12.87	0.00	54.25	3.94	3.94	7.96	15.92	42.29	16.92	
15	0.50	12.68	0.00	59.28	4.71	4.71	7.89	15.79	41.56	16.62	
16	0.50	14.16	0.00	59.91	2.12	2.12	9.54	19.08	60.70	24.28	
17	0.50	10.78	0.00	37.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18	0.50	12.86	0.00	60.67	3.57	3.57	5.95	11.89	23.60	9.44	
19	0.50	12.22	0.00	61.10	4.07	4.07	8.32	16.65	46.21	18.49	
20	0.50	13.76	0.00	58.89	1.71	1.71	3.63	7.26	8.79	3.52	

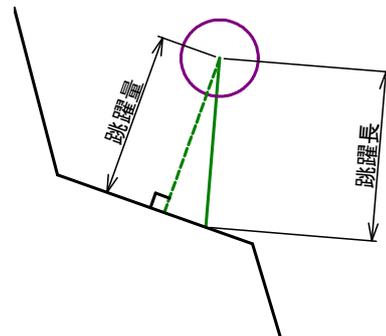
図 7-1 解析結果一覧表示画面

- ①: 起動画面(図 1-1)に戻ります。
- ②: DXFによるシミュレーション画面=メニュー画面(図 2-1)に戻ります。
- ③: エクセルによるシミュレーション画面(図 6-1)に戻ります。

④: 解析結果一覧表を印刷します。

※ 跳躍長と跳躍量について

- ・跳躍長: 照査断面に沿った長さ
- ・跳躍量: 落石から地表に降ろした垂線長さ



■ シミュレーション結果の作図例

下の落石軌跡図は当プログラムで出力したDXFファイルをAutoCAD-LTで開いたものです。

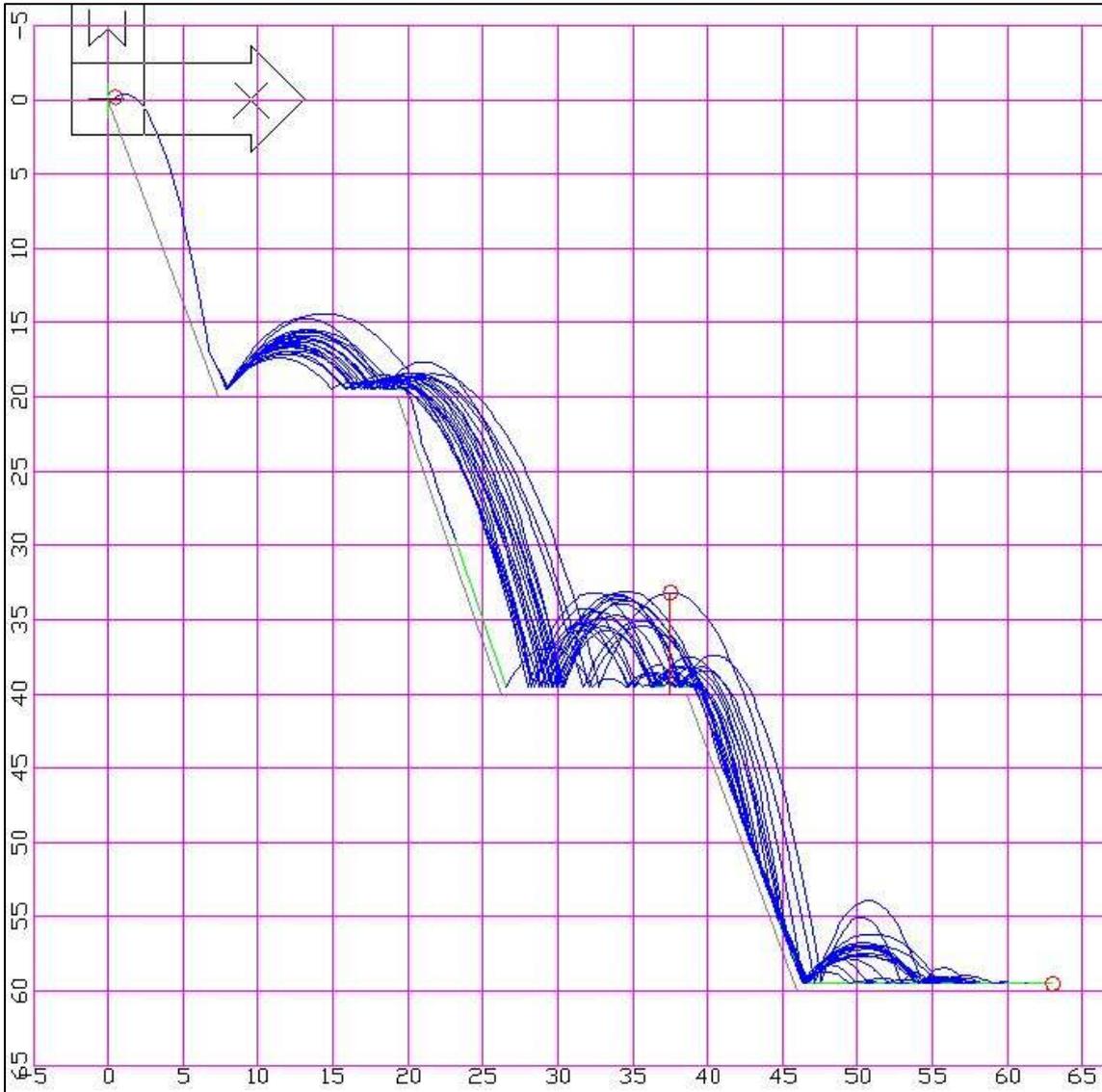


図 9-1 落石軌跡図 (AutoCAD-LT による作図例)

■ エクセル分析ツールとの連携

エクセルには、統計分析をするためのアドインとして「分析ツール」が用意してあります。その中に、ヒストグラム(度数分布)作成機能が含まれています。これを利用すれば、落石シミュレーション結果のヒストグラムを簡単に作成することができます。

エクセルの「分析ツール」を使用するには、この「分析ツール」アドインを有効にしておく必要があります。以下の手順にしたがって有効にしてください。

「分析ツール」アドインを有効にする手順

1. 「ツール」メニューの「アドイン」を選択する。
2. 「アドイン」のリストの「分析ツール」にチェックをつける。
3. [OK]ボタンをクリックする

次に、ヒストグラムを作成する手順を示します。

「ヒストグラム」を作成する手順

4. 解析用に新規空白ブックを用意する。「ファイル」メニューの「新規作成」
5. 解析結果一覧表示画面からヒストグラムを作成したいデータ範囲を新規空白ブックにコピーする。
6. ヒストグラムの区間データをセルに記入する。
(跳躍高さを0.5m間隔のヒストグラムを作成したい場合は、任意のセル列に、0.5、1.0、1.5……と入力する)
7. 「ツール」メニューから「分析ツール」を選び、「ヒストグラム」を選択して[OK]ボタンをクリックする。その後表示されるダイアログで、以下の項目を設定する。

・入力元

「入力範囲」に系列データを指定し、「データ区間」に6で作成したヒストグラム区間データ範囲を指定する。ラベルにチェックする必要はない。

・出力オプション

「新規又は次のワークシート」を選択し、「グラフ作成」にチェックをつける。

8. [OK]ボタンをクリックする

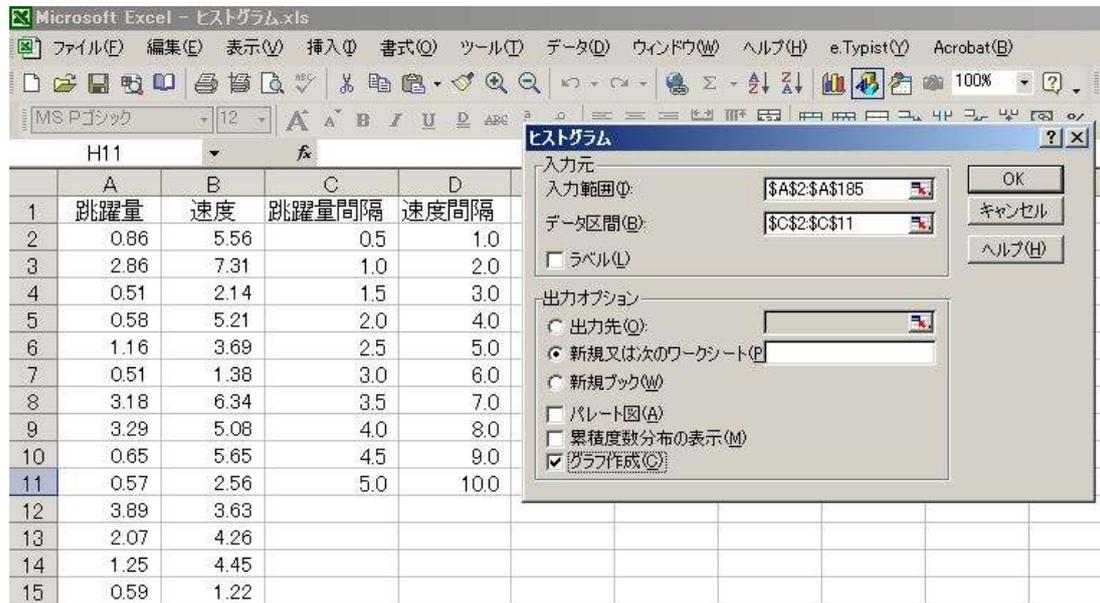


図 10-1 ヒストグラム作成途中画面

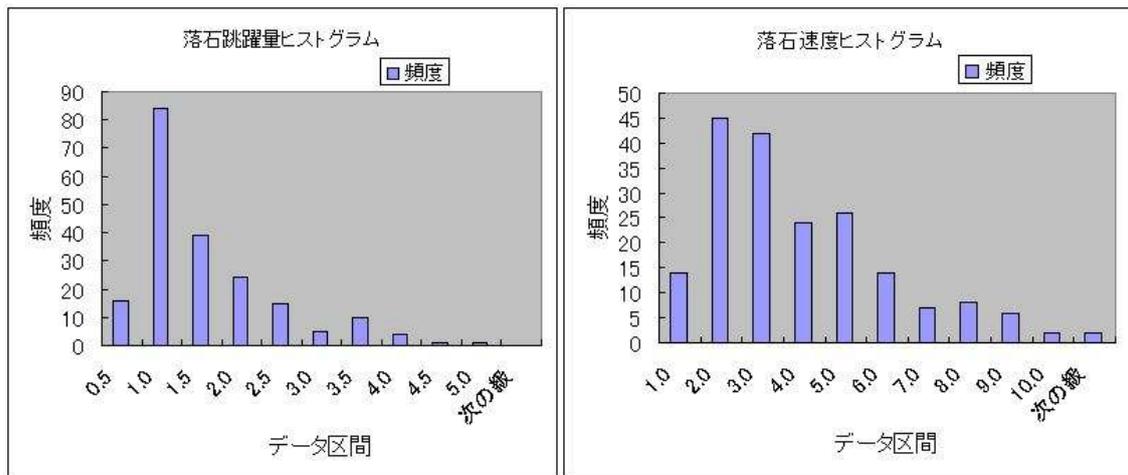


図 10-2 ヒストグラム作成例

■ プログラムの購入方法

【シェアウェア】

当プログラムはシェアウェアとなっており、使用制限として

斜面構成点の最大数が 6

となっています。制限を解除するにはユーザー登録が必要になります。

【ユーザー登録の方法】

銀行振込みを利用して送金手続きを取ってください。

送金の後、以下の内容をメールで連絡ください。

質問、要望等ございましたら併せてご記入ください。

1. 購入ソフト名(例:落石シミュレーション、トロント大学編)
2. ご利用者または担当者の氏名(法人名)
3. 同上の メールアドレス
4. 送金日

銀行振込み先等

- ・振込金額(シェアウェア金額:消費税込み) ¥ 15,000
- ・振込先銀行名 : ジャパンネット銀行 (銀行番号 0033)
- ・支店名 : 本店営業部 (支店番号 001)
- ・口座番号 : 6791950 (普通口座)
- ・口座名義 : 有限会社 シビルテック

パスワードは送金確認後、速やかに電子メールにて配布します。

メニューの制限解除ボタンを押してパスワードを入力してください。

メールの送り先

E-mail : soft@civiltec.co.jp

【免責特約の明示】

本プログラムを使用したことにより生じたいかなる損害に対して作成者および掲載者は一切の責任を負いません。あらゆる損害の免責をご承諾いただくことを使用条件とします。

【サポート】

メール及びホームページにて行います。

【連絡先】

有限会社 シビルテック 横田洋文

E-mail : soft@civiltec.co.jp

ホームページ <http://www.civiltec.co.jp/>