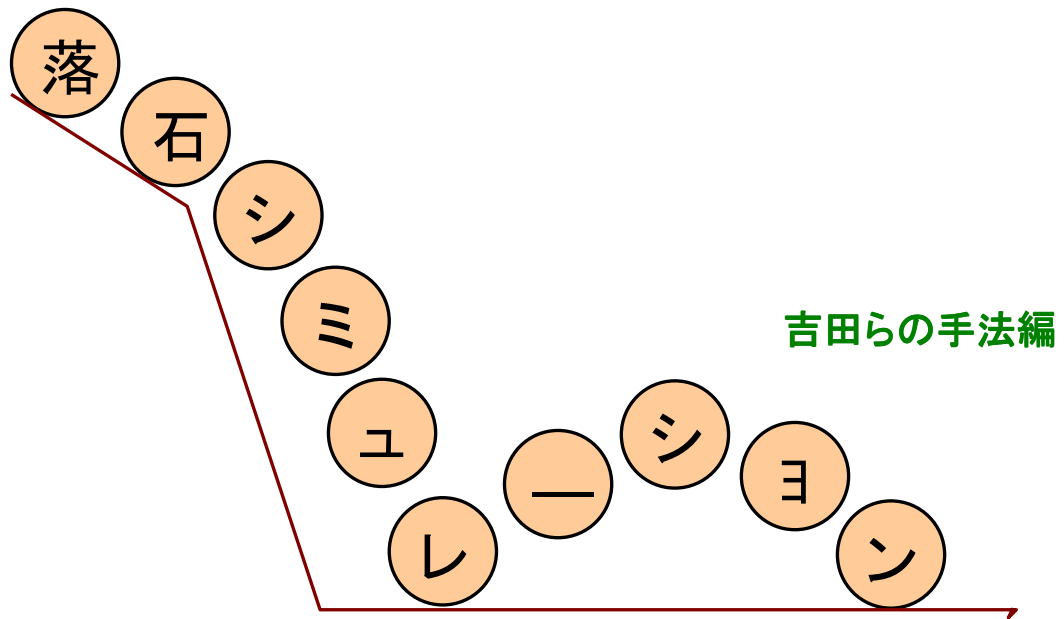
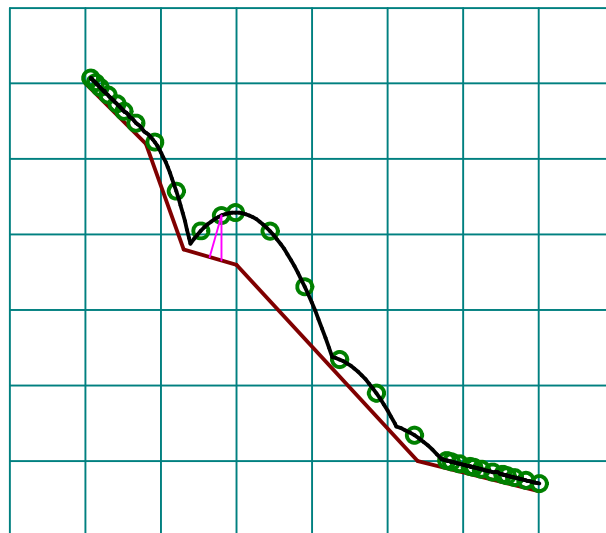


MS-EXCELを使った



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 ファクター入力画面	5
③ 斜面形状入力画面	6
④ DXFシミュレーション実行画面	8
⑤ エクセルシミュレーション実行画面	10
⑥ 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（吉田らの手法編）

■ 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（吉田らの手法）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－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）」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。
- 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。
- 落石の到達位置（停止位置）の計算ができます。
- 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形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。

本プログラムはそこから“吉田らの手法”を採用しましたが、その理由は“吉田らの手法”が他の手法より優れているとかの理由ではありません。各手法ともそれぞれ特徴（長所、短所など）を有しており、優劣を簡単に論じることはできません。

“吉田らの手法”を採用した大きな理由は、上記参考資料中の 6 つの手法のうち、“吉田らの手法”が最初に紹介してあったからにすぎません。（時間と能力が許せば、他の手法についても開発する予定です。）

したがって、当プログラムの使用に際しては、上記参考資料を手元において、“吉田らの手法”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

“吉田らの手法”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、線運動から飛行運動へ遷移する場合の飛び出し角の最大値に関しては、その値が明確にされていません。

そこで、当プログラムでは飛び出し角のヒストグラム（建設省土木研究所、1980a、参考文献P227）を参考にして、45° を最大飛び出し角とする一様乱数を発生して決定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。
- ・ 採用したシミュレーション手法（吉田らの手法）の性質上、計算される運動エネルギーは線速度エネルギーのみです。したがって、必要に応じて回転エネルギーを加算する必要があります。（一般に、回転エネルギーは線速度エネルギーの 10%～40%程度です。：落石対策便覧P19, P20 参照）

● 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。

現在、市販CADソフトのほとんどがDXF入力をサポートしているので、問題はないと思われます。

● 計算結果について

次の場合は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)

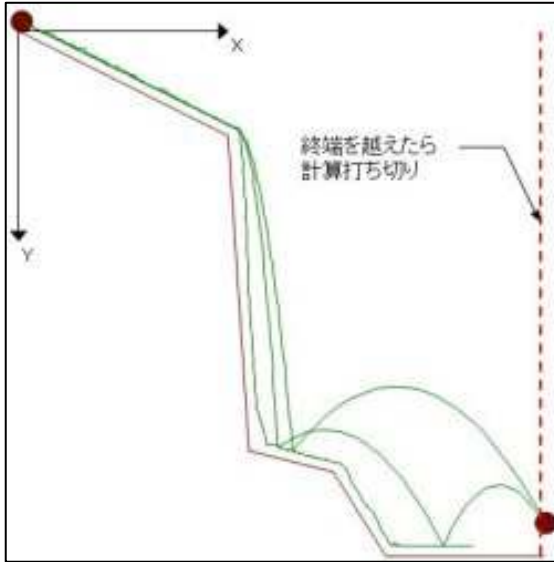


図-A

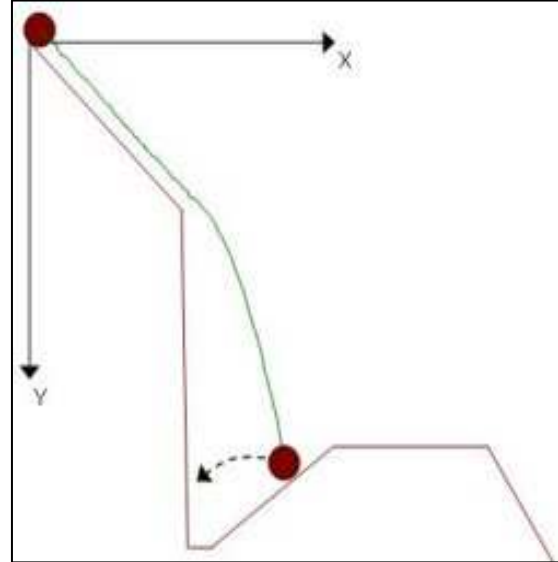


図-B

● 照査位置における計算結果の表示について

照査位置における跳躍高さが最大の落石を作図します。(図-C)

表示される二本線の意味するものは次の通りです。

1. 照査位置における鉛直高さ=落石高さ
 2. 照査位置が属する斜面へ降ろした垂線=跳躍量
- (図-C のように、属する斜面範囲から外れる場合があります。)

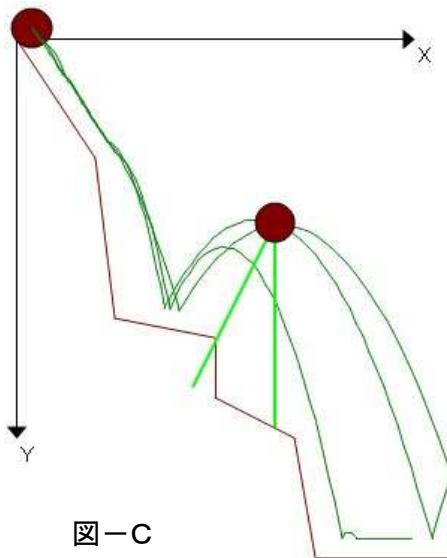


図-C

■ プログラムの使用手順

① 起動画面

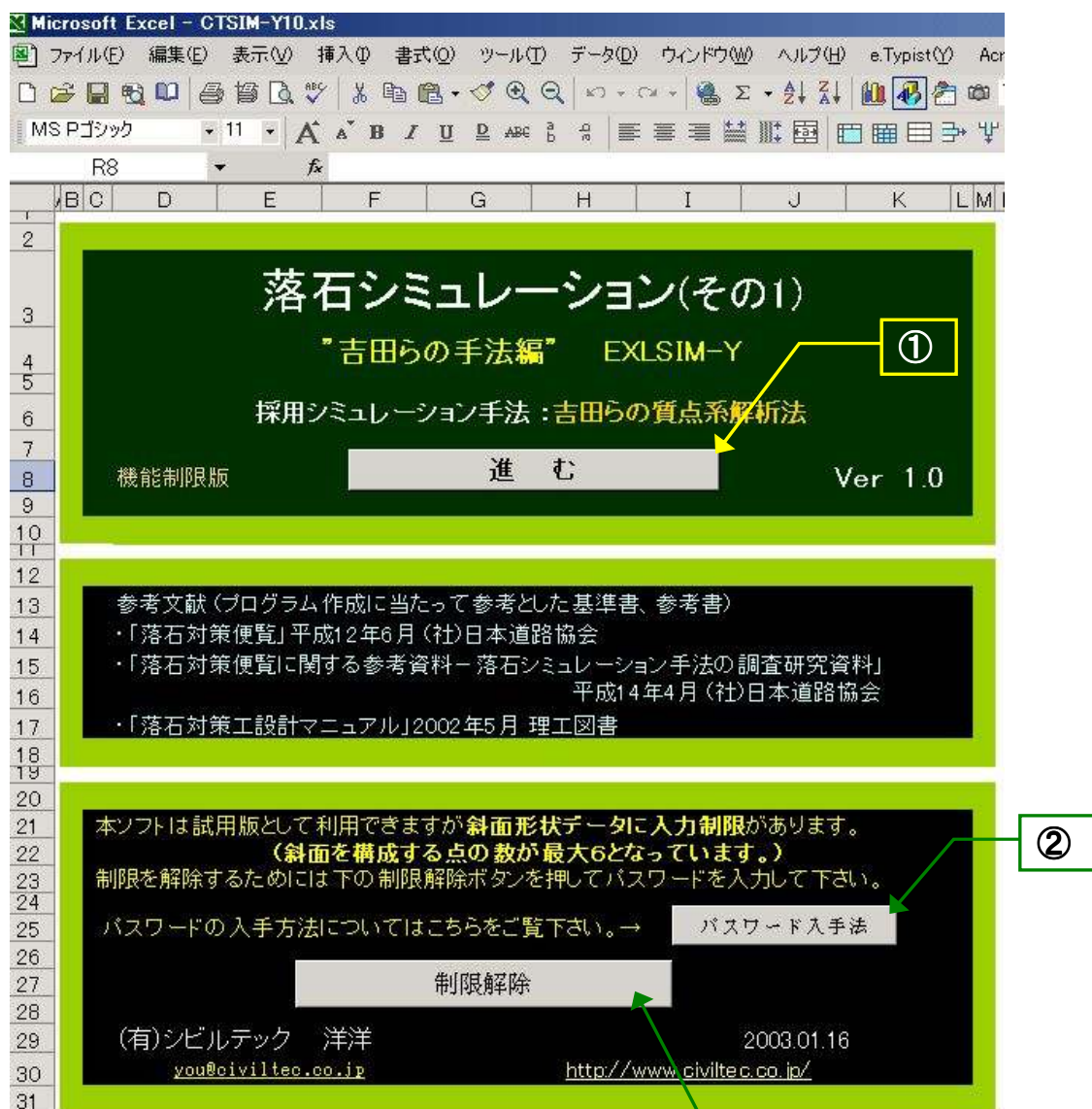
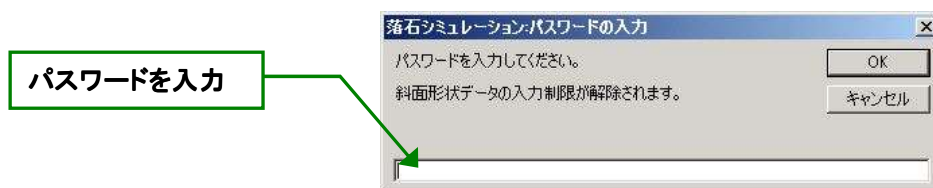


図 1-1 起動画面

- ①: 「進む」ボタンを押すと、ファクター入力画面(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 7-1)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 ファクター入力画面

項 目		記号	数値	備考(算出法)
落石の半径	単位(m)	r	0.500	—
落石の単位体積重量	単位(kN/m ³)	γ	23.0	—
抵抗係数	—	Ck	0.100	実験実測値
空気抵抗係数	—	ak	0.001	理論値
すべり摩擦係数 μ	<input type="radio"/> 固定値使用	固定値	μ	「固定値使用」にチェックを入れると固定値の欄に入力した値が使用されます。 「乱数を発生」にチェックを入れると、平均値と標準偏差値の欄に入力した値から求まる確率密度関数の95%信頼区間で正規乱数を発生させて値を求めます。
	<input checked="" type="radio"/> 乱数を発生	平均値	m	
		標準偏差値	ρ	
法線方向速度比 (反発係数) e	<input type="radio"/> 固定値使用	固定値	e	
	<input checked="" type="radio"/> 乱数を発生	平均値	m	
		標準偏差値	ρ	
接線方向速度比 (減衰係数) p	<input type="radio"/> 固定値使用	固定値	p	
	<input checked="" type="radio"/> 乱数を発生	平均値	m	
		標準偏差値	ρ	
限界速度 Vcr(m/s)	<input type="radio"/> 固定値使用	固定値	Vcr	
	<input checked="" type="radio"/> 乱数を発生	平均値	m	
		標準偏差値	ρ	
解析時間刻み間隔	単位(秒)	Δt	0.05	通常は0.05秒

図 2-1 ファクター入力画面

- ①: 起動画面(図 1-1)に戻ります。
- ②: 斜面形状の入力画面(図 3-1)に進みます。
- ③: シミュレーション実行画面(図 4-1)に進みます。
- ④: 黄色のセルを全て入力してください。

入力項目の数値(特に μ 、e、p、Vcrの値)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“吉田らの手法”に関する項目を参照してください。

⑤: 飛び出し角

線運動から飛行運動に移行する場合の飛び出し方向角の最小値と最大値を入力して下さい。最小値～最大値の間で一様乱数を発生させて飛び出し方向角を決定します。

③ 斜面形状入力画面

斜面肩部を原点として右下がりとする。

斜面変化点座標(30点まで)	落石スタート点座標		落石通過高さ照査点		斜面形状確認(PLOT)
NO	X座標	Y座標	X座標	Y座標	
1	0.000	0.000	自由落下高	0.000	
2	4.000	4.000			
3	6.500	11.000			
4	10.000	12.000			
5	22.000	25.000			
6	30.000	27.000			
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

図 3-1 斜面形状入力画面

- ①: ファクター入力画面(図 2-1)に戻ります。
- ②: シミュレーション実行画面(図 4-1)に進みます。
- ③: 起動画面(図 1-1)に戻ります。
- ④: 入力したX, Y座標に基づいてプロットエリア⑨に斜面形状を作図します。
- ⑤: 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。
- ⑥: 落石の開始位置X座標を指定して下さい。
- ⑦: 空中からの自由落下で落石をスタートさせたい場合は、地表からの落下高さを入力して下さい。
- ⑧: 落石の照査位置のX座標を入力して下さい。
ここで入力したX座標を落石が通過する際に以下の項目を計算します。
 - ・落石跳躍高さ(斜面に対する鉛直高さ)
 - ・落石跳躍量(斜面までの最短垂線距離)
 - ・落石速度
 - ・運動エネルギー(線速度エネルギー)
- ⑨: 斜面形状プロットエリア
④のボタンを押すと斜面形状を作図します。

④ DXFシミュレーション実行画面

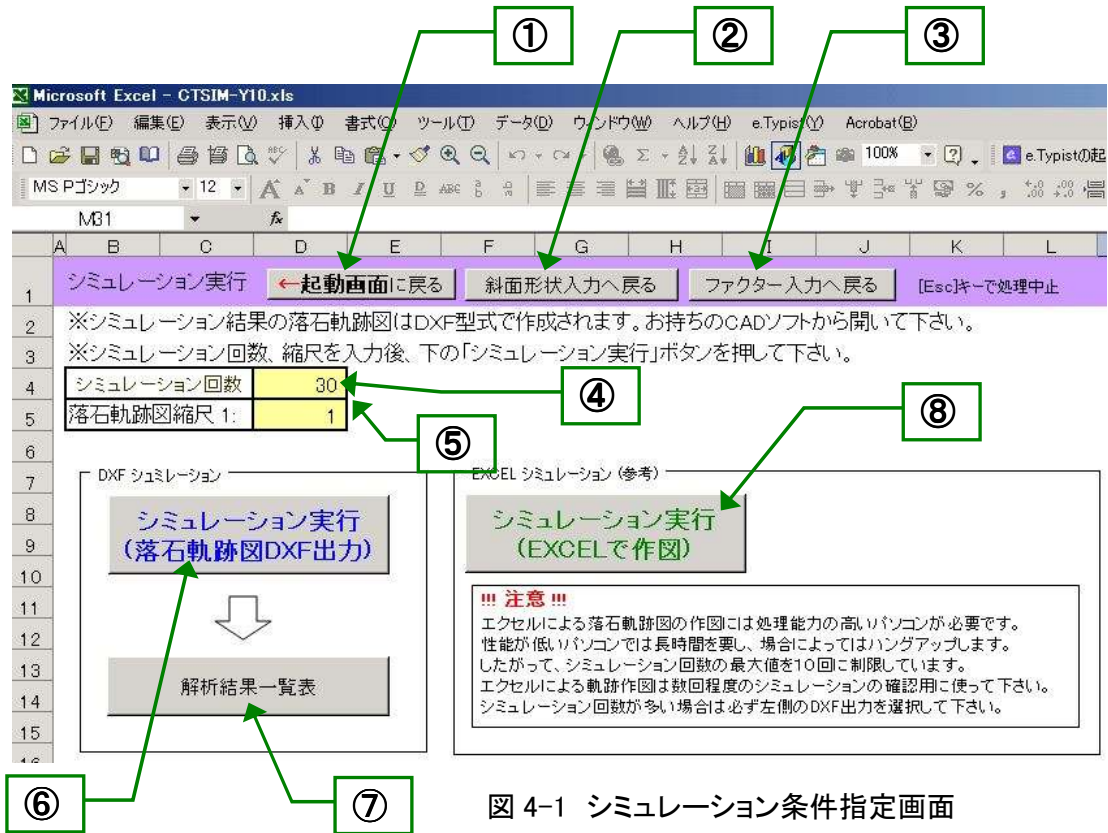


図 4-1 シミュレーション条件指定画面

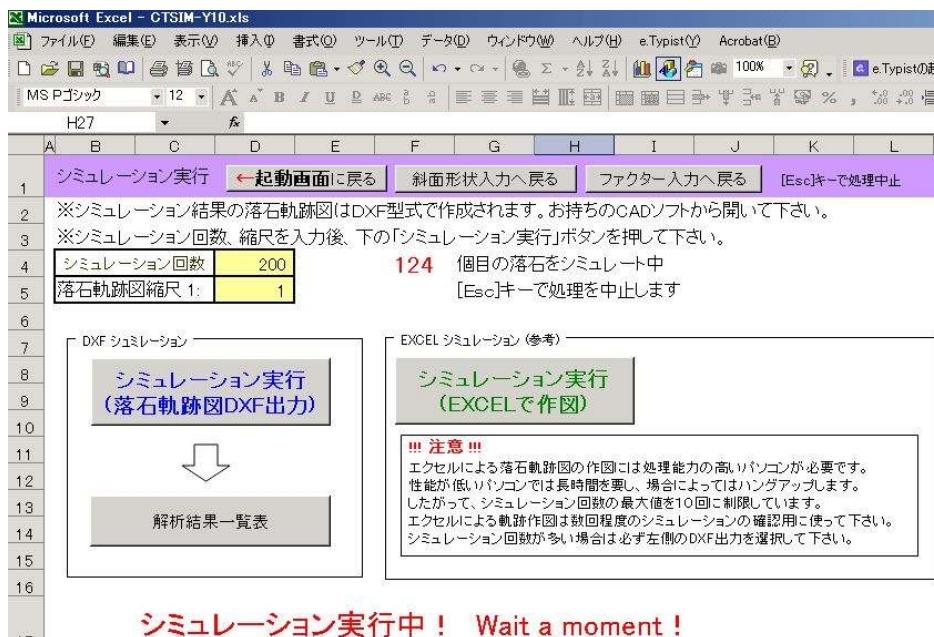
- ①: 起動画面(図 1-1)に戻ります。
- ②: 斜面形状の入力画面(図 3-1)に戻ります。
- ③: ファクター入力画面(図 2-1)に戻ります。
- ④: シミュレーション回数を指定してください。
※ 一般にシミュレーション回数は一個の落石条件に対して 200 回以上が必要とされています。
- ⑤: 落石軌跡図の縮尺を指定して下さい。
ここで指定した縮尺でDXFファイルを作成します。CAD上でスケールの編集ができるので、入力する値は“1”でも構いません。

- ⑥: 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。DXFファイルが作成され保存されます。



ここにファイル名を入力する。拡張子は不要です
(自動的にDXFが付けられます。)

- ⑦: 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 6-1)に進みます。
- ⑧: 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 5-1)へ移ります。



シミュレーション実行中！ Wait a moment !

図 4-2 ミュレーション実行中画面

⑤ エクセルシミュレーション実行画面

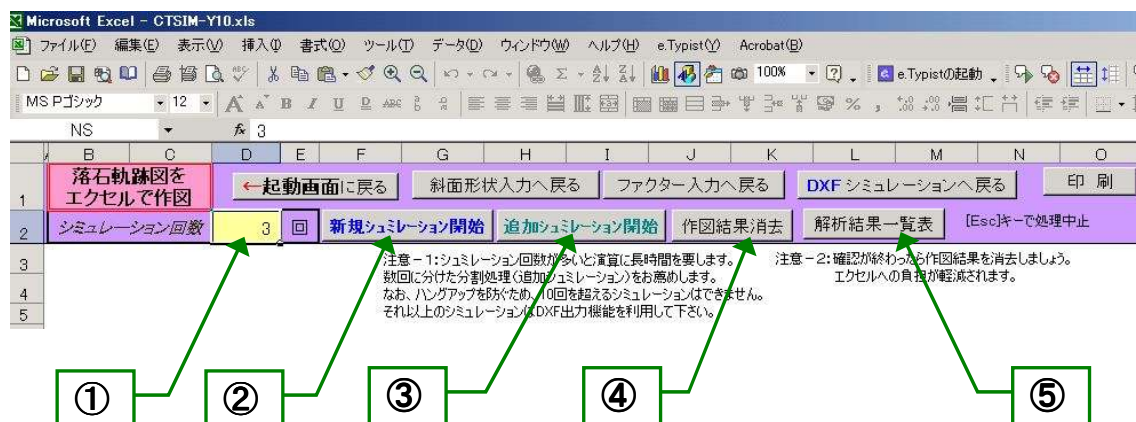


図 5-1 エクセルシミュレーション実行画面

- 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、ハングアップを防止するため、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表示画面(図 6-1)に進みます。

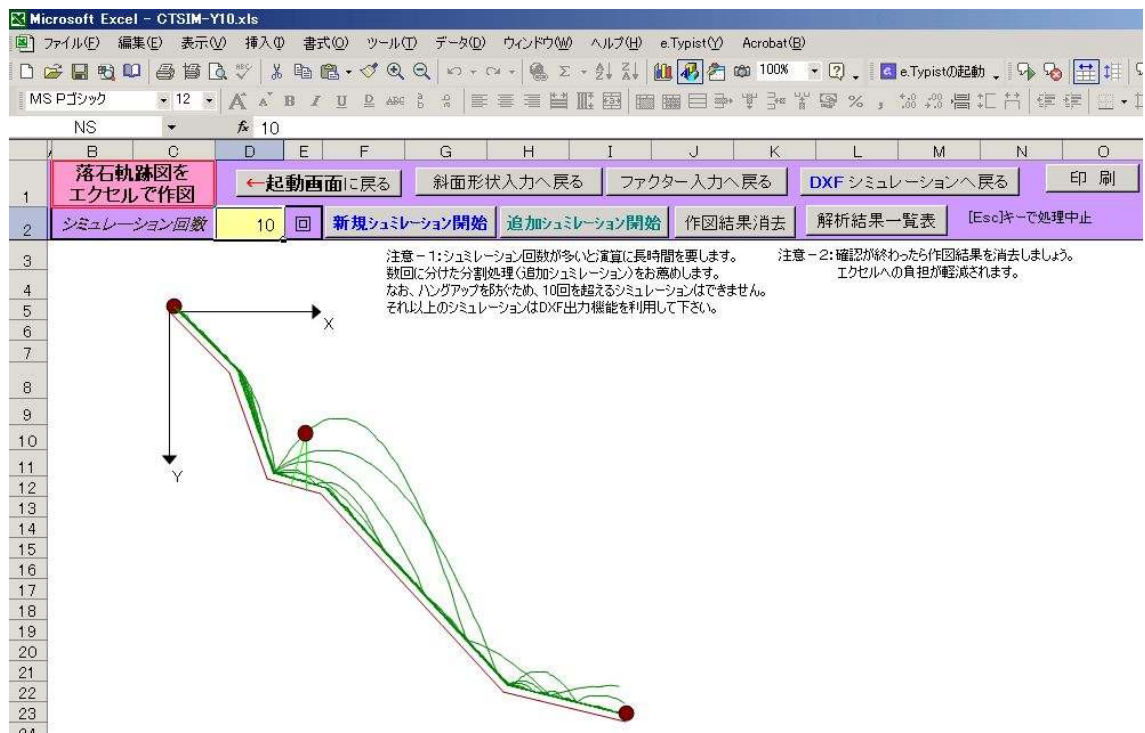


図 5-2 エクセルによる落石軌跡図作図画面

⑥ 解析結果一覧表示画面

シミュレーション結果一覧表									
					シミュレーション回数: 50				
N	落下時間	最終速度	最終位置	照査位置	X=9.000	での落石高さ、速度、エネルギー			
(回)	t (秒)	Vend (m/s)	Xend (m)	通過 Y座標	跳躍高 H(m)	跳躍量 h(m)	速度 (m/s)	落石エネルギー (kJ)	
1	15.30	1.00	30.01	10.34	1.37	1.32	6.07	22.64	
2	17.15	1.82	30.03	10.98	0.73	0.71	5.29	17.20	
3	24.50	2.26	30.06	11.19	0.52	0.50	1.63	1.62	
4	19.85	1.69	30.07	11.12	0.59	0.57	2.67	4.38	
5	8.25	8.84	30.09	9.26	2.46	2.36	6.53	26.17	
6	21.25	1.36	30.01	11.19	0.53	0.51	2.79	4.79	
7	22.15	1.29	30.00	9.64	2.07	1.99	3.77	8.74	
8	13.00	2.33	30.08	10.21	1.50	1.44	6.12	23.01	
9	21.70	1.79	30.03	11.19	0.52	0.50	1.59	1.55	
10	22.75	1.28	30.05	11.09	0.62	0.60	3.41	7.15	
11	8.45	12.00	30.43	8.38	3.34	3.21	5.76	20.37	
12	23.40	1.92	30.00	11.13	0.58	0.56	2.03	2.54	
13	16.35	0.00	22.30	11.19	0.52	0.50	0.94	0.55	
14	19.55	0.98	30.00	11.13	0.58	0.56	3.47	7.39	
15	24.45	1.85	30.02	11.18	0.54	0.52	0.86	0.45	
16	8.25	6.49	30.07	9.48	2.23	2.15	7.10	30.97	
17	14.60	1.32	30.02	10.05	1.67	1.60	5.15	16.32	
18	23.55	1.44	30.05	10.66	1.05	1.01	2.28	3.20	
19	19.10	1.55	30.05	11.19	0.53	0.51	3.89	9.29	
20	22.50	1.54	30.05	11.19	0.53	0.51	1.77	1.93	
21	19.30	1.32	30.01	11.08	0.64	0.61	3.92	9.46	

図 6-1 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(図 4-1)に戻ります。
- ③: エクセルによるシミュレーション画面(図 5-1)に戻ります。
- ④: 解析結果一覧表を印刷します。

■ 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で開いたものである。

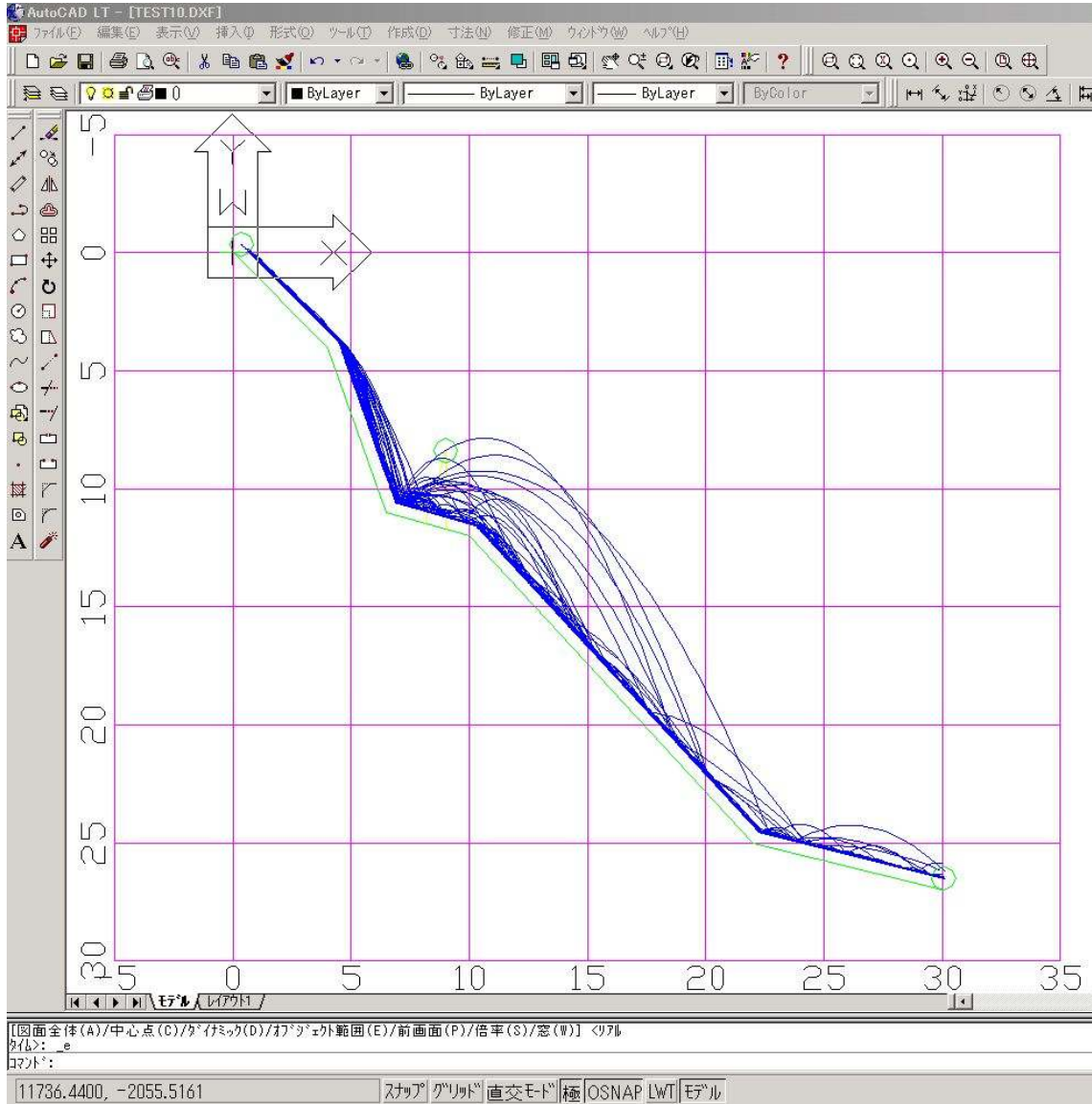


図 8-1 落石軌跡図 (AutoCAD-LT による作図例)

■ 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

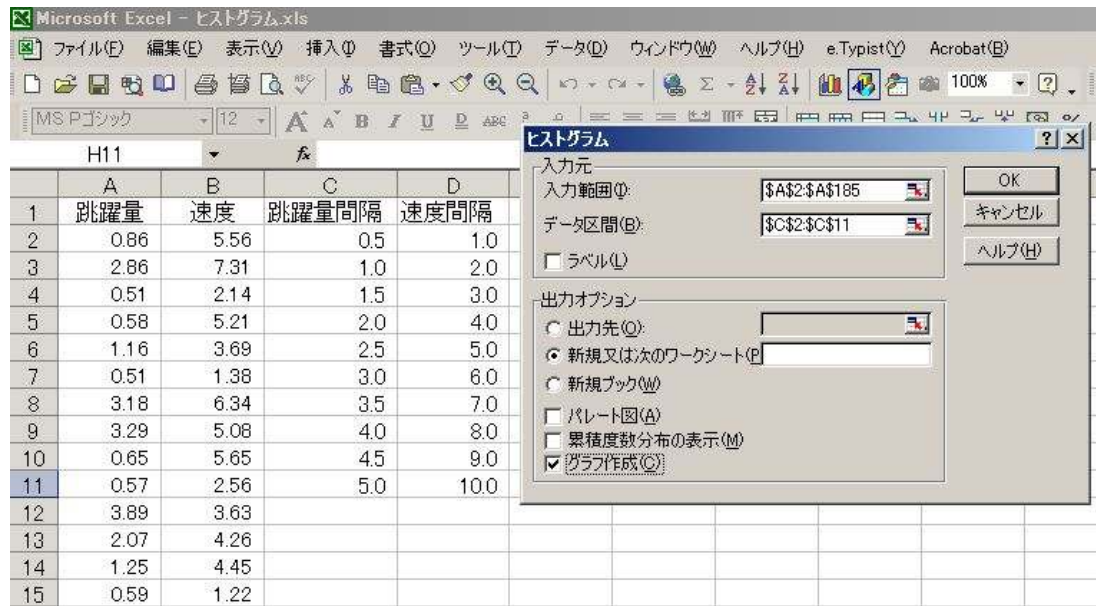


図 9-1 ヒストグラム作成途中画面

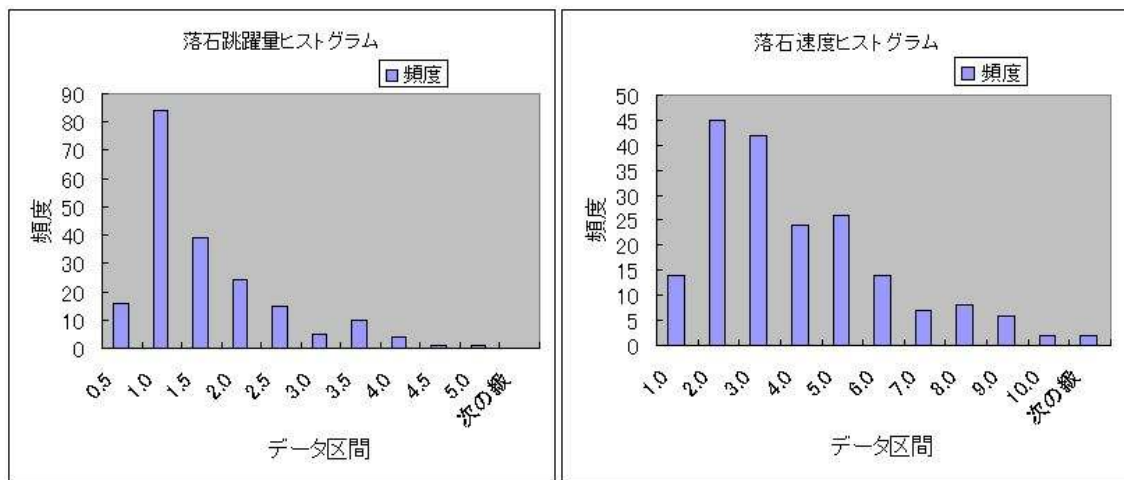


図 9-2 ヒストグラム作成例

■ 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・吉田らの手法編)
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 : ysoft@civiltec.co.jp

ホームページ <http://www.civiltec.co.jp/>