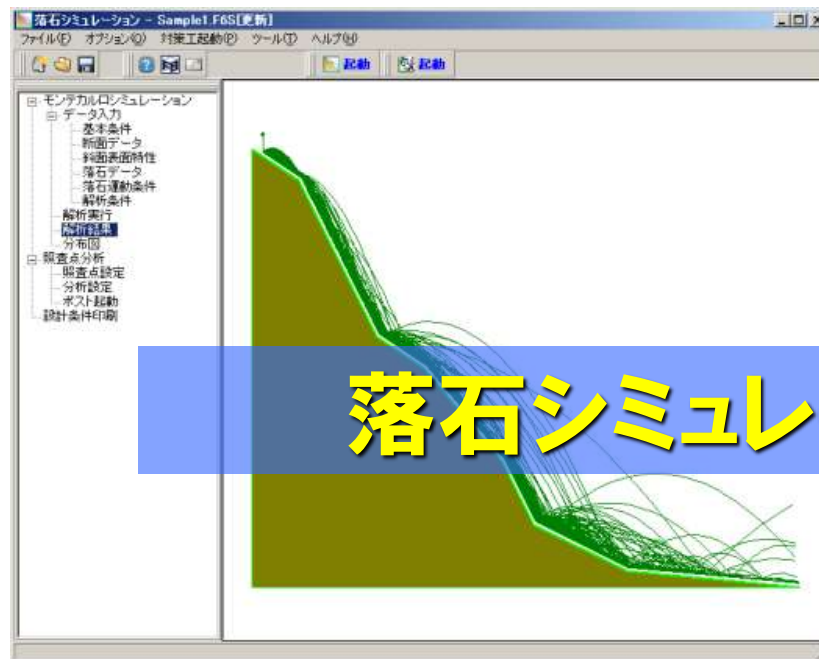




建設ICTマスター養成講座
基礎養成編 選択分野別ソフトウェア実習

落石シミュレーション



開発の背景

2009年の5月14日の県道上高地公園線落石事故、7月13日の富士山落石事故、そして2010年3月14日の高千穂峡の落石事故、と落石による被害が後を絶ちません。

『落石対策便覧に関する参考資料』（平成14年4月 社団法人日本道路協会）によると「落石対策便覧に示された経験則を適用することが必ずしも適当ではないと考えられることが往々にしてある」とし、「落石が斜面を落下する際の落下軌跡および速度等をより定量的・合理的に予測評価するための各種の落石シミュレーション手法が開発・提案されてきている。これらの手法は、限られた数の実験事例等をもとに設定された経験則に比べれば、力学的な合理性に優れている、あるいは多様な現地条件などに適応しうる等の利点があると考えられる」と記載しています。

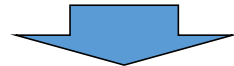
これはコンピューターの得意な分野であり、フォーラムエイトにおきましても前述したような事故の防止に寄与すべく、このたび地盤シリーズとして「落石シミュレーション」プログラムを開発いたしました。



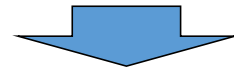
落石シミュレーション (モンテカルロ法) とは

斜面上を落下する落石の運動は極めて複雑。
以下のような要因から、落石運動はランダムなものになる。

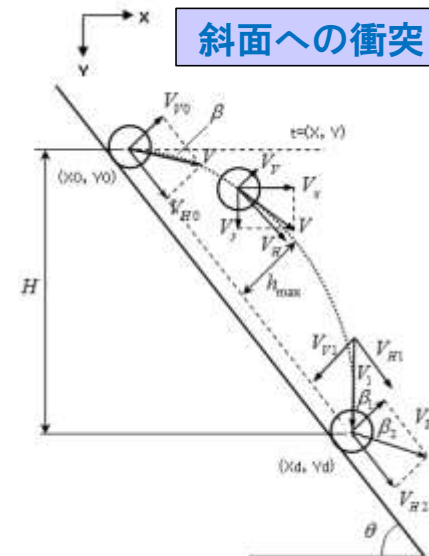
- 落石の寸法や形状
- 斜面の地形、硬度、植生
- 落石が斜面に対してどのように接触
あるいは衝突するか
- etc



ランダムな事象は、確率論的に取り扱うのが合理的



モンテカルロ法による落石シミュレーションとは、ある信頼区間の範囲で乱数を発生させて、不確定量を決定し、短い時間刻みで落石の速度や座標値を計算する。落石が運動を停止するか、またはある位置に到達するまでが一回の試行計算。試行計算回数が多いほど、誤差が少なくなるが、一般に有意水準(危険率)を5%におさえるため、300回程度の試行計算が行われる。



製品構成

本製品は、以下のような構成になっています。
(製品価格：¥296,000)

落石シミュレーション

落石運動のシミュレーション(吉田らの手法)を行うプログラム。
斜面上の任意の箇所に照査点の設定を行い、設定位置に関して詳細な分析を行うことが可能。

シミュレーション
結果の連動

落石対策工の設計計算

落石対策工の設計計算を行うプログラム。
落石シミュレーションにより解析した結果(落石エネルギー)を、
対策工に作用する落石エネルギーとしてセットすることが可能。

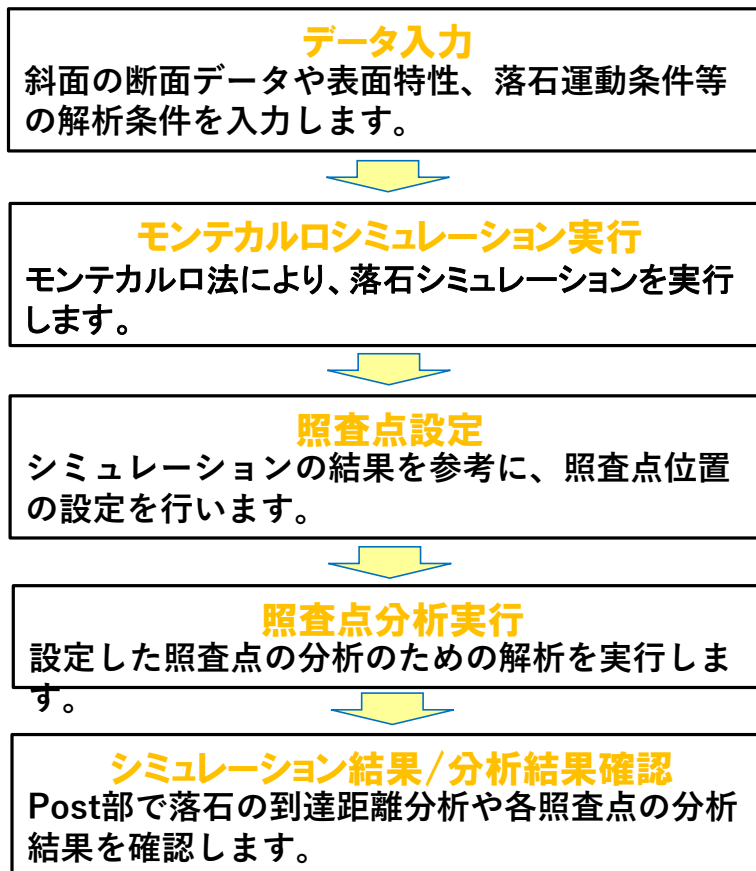
地表面形状作成ツール

落石シミュレーションのための斜面形状(断面)データの入力を支援するツール。
各種CADファイルの読み込み可。
読み込んだ等高線図から任意の断面を切り取ることで、簡単な操作で目的とする斜面の形状データを作成できる。

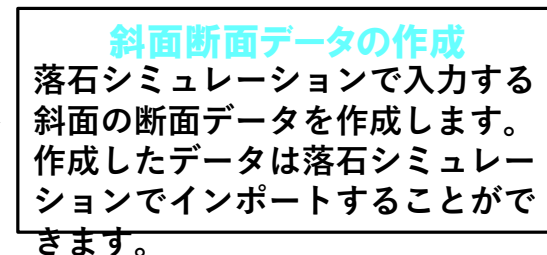
入力支援

標準的な処理の流れ

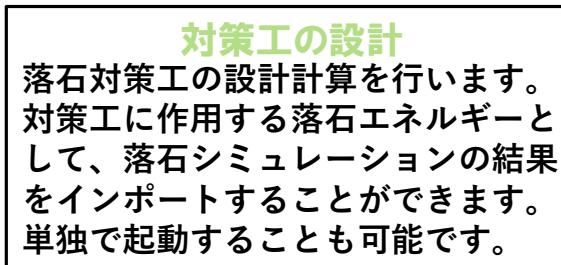
落石シミュレーション



地表面形状作成ツール



落石対策工の設計計算





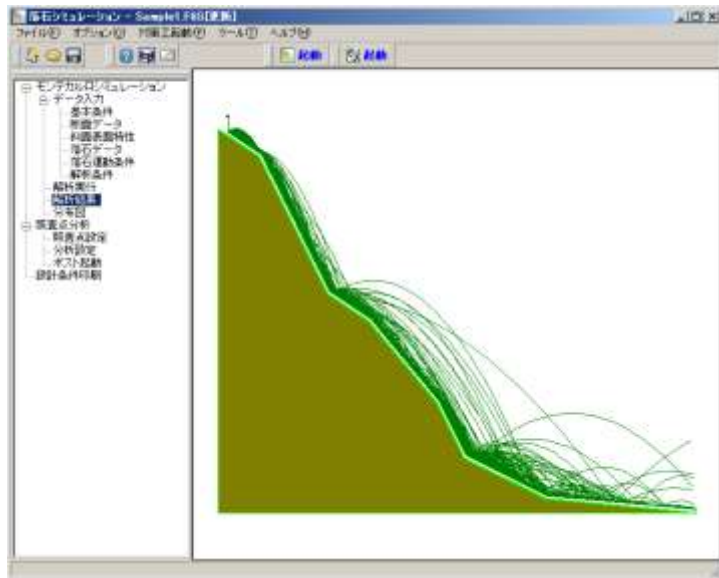
落石シミュレーション

落石運動のシミュレーション(吉田らの手法)を行うプログラム。
斜面上の任意の箇所に照査点の設定を行い、設定位置に関して
詳細な分析をすることが可能。

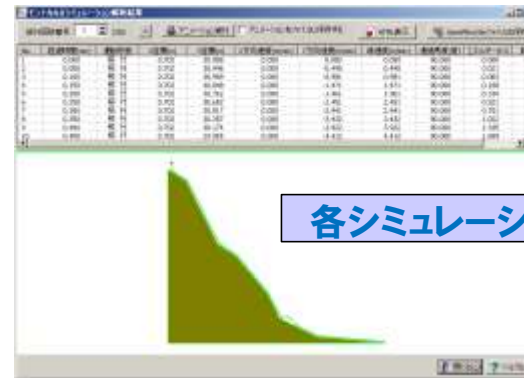
機能紹介：落石運動の計算(モンテカルロシミュレーション)

落石シミュレーションにより、落石の軌跡や各分布図（エネルギー、線速度、跳躍量）を計算することができます。

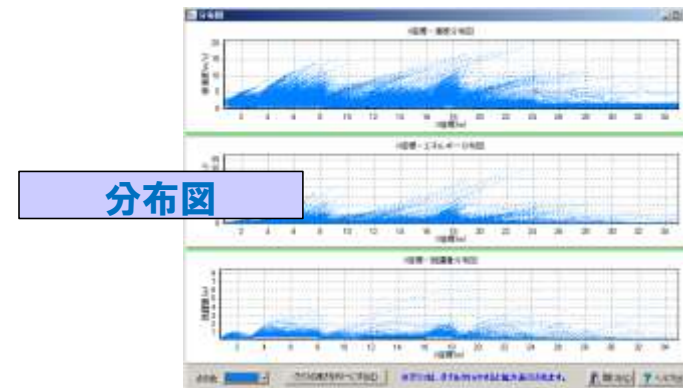
各落石の軌跡はアニメーションにより確認することもできます。



▲シミュレーション結果(落石軌跡図)



各シミュレーション結果



分布図

機能紹介:照査点の設定

詳細な解析(分析)を行いたい位置、あるいは対策工の設置位置などに照査点を設定することができます。
設定した照査点位置に対して、照査点分析を行います。



▲照査点設定その1



▲照査点設定その2
(解析実行後は、結果を参考に照査点位置を決定することができます)

機能紹介:Post部 (照査点分析結果)

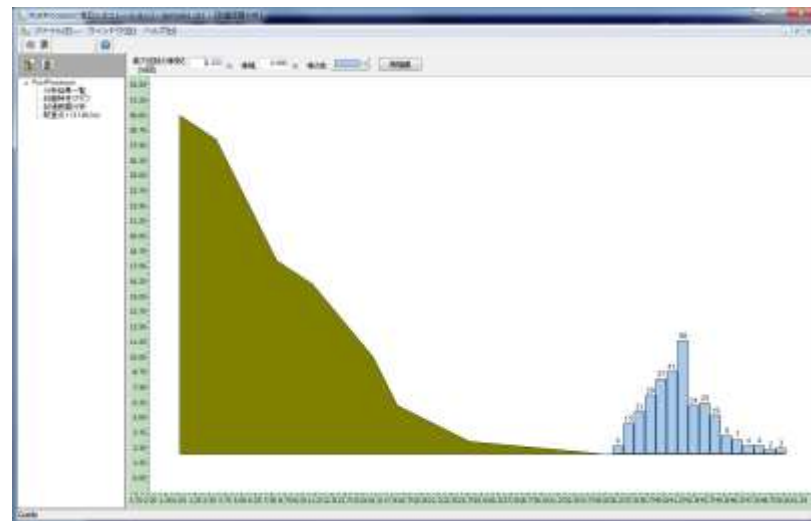
Post部ではシミュレーションの到達距離分析やPre部で設定した照査点位置に関する分析結果を確認することができます。

共通

- 斜面特性グラフ
- 到達距離分析

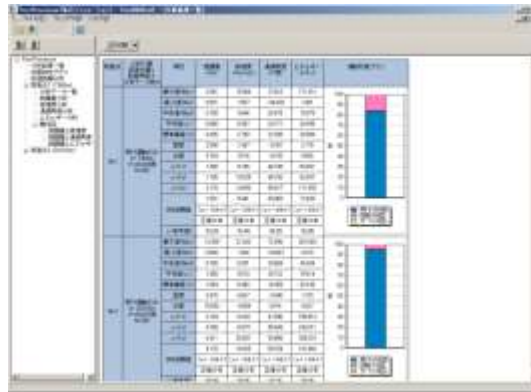
照査点ごと

- 跳躍量分析
- 線速度分析
- 通過角度分析
- エネルギー分析
- 関係図
 - ・ 跳躍量と線速度
 - ・ 跳躍量と通過角度
 - ・ 跳躍量とエネルギー

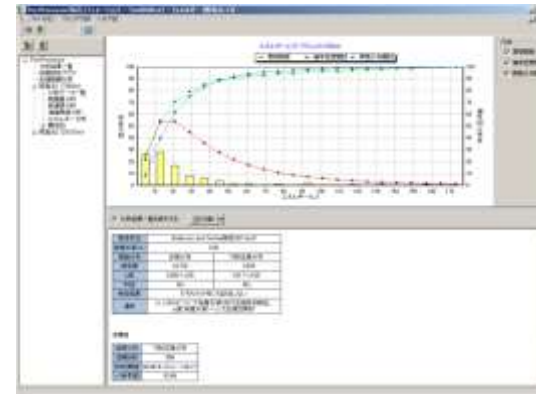


▲到達距離分析

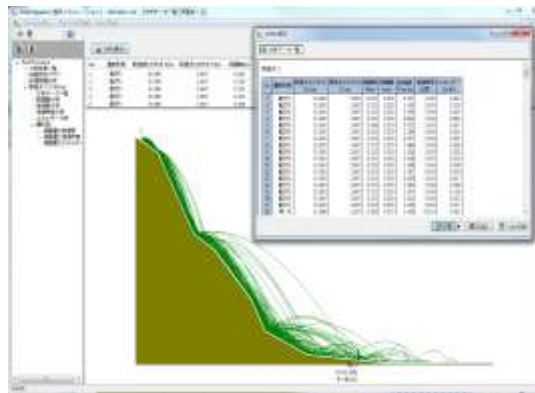
機能紹介:Post部 (照査点分析結果)



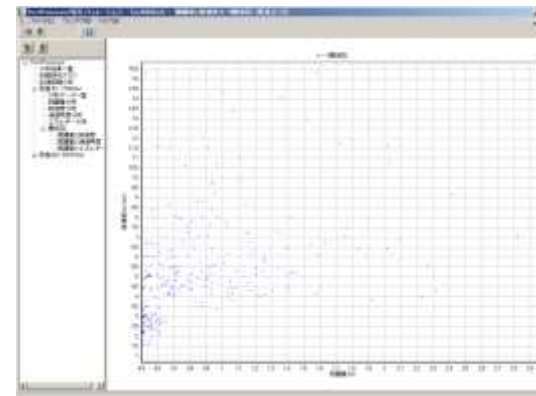
▲分析結果一覧



▲エネルギー分析



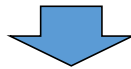
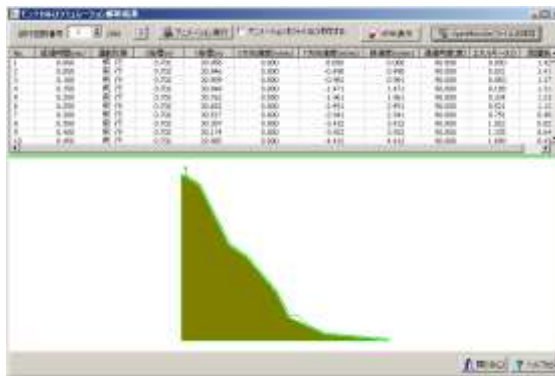
▲分析データ一覧



▲関係図(跳躍量と線速度)

機能紹介:3次元可視化 (OpenMicroSimファイル出力)

落石シミュレーションにより解析した軌跡を、OpenMicroSimファイルを介して、弊社UC-win/Roadにより3次元で確認することができます。



OpenMicroSimファイルの保存



UC-win/Road



▲解析結果を元に3次元可視化した例



地表面形状作成ツール

落石シミュレーションのための斜面形状（断面）データの
入力を支援するツール。

各種CADファイルの読み込み可。

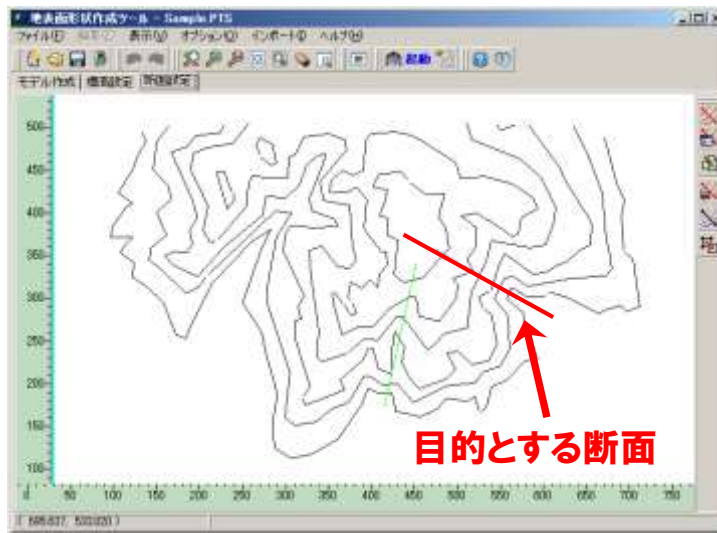
読み込んだ等高線図から任意の断面を切り取ることで、
簡単な操作で目的とする斜面の形状データを作成できる。

機能紹介:地表面形状作成ツール

『地表面形状作成ツール』を用いることにより、CADファイルや画像ファイルの平面図から本プログラム用の斜面形状を作成することが可能です。

CADファイルなど

↓ インポート



▲地表面形状作成ツール



斜面形状データ

▲落石シミュレーション

↑ インポート



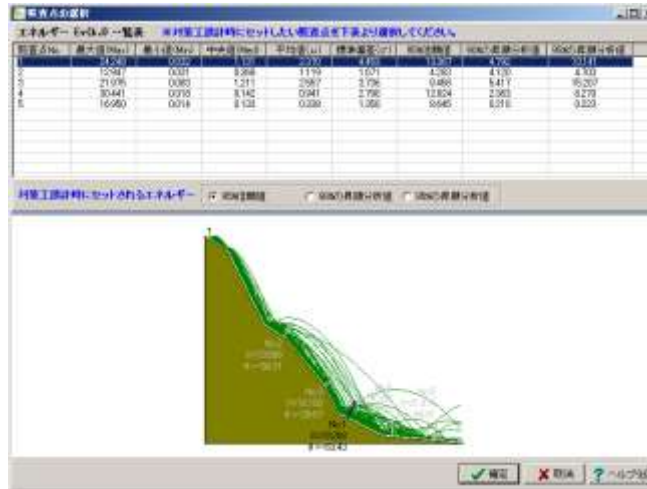
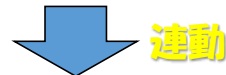
落石対策工の設計計算

落石対策工の設計計算を行うプログラム。
落石シミュレーションにより解析した結果（落石エネルギー）を、
対策工に作用する落石エネルギーとしてセットすることが可能。

機能紹介：落石対策工の設計計算（その1）

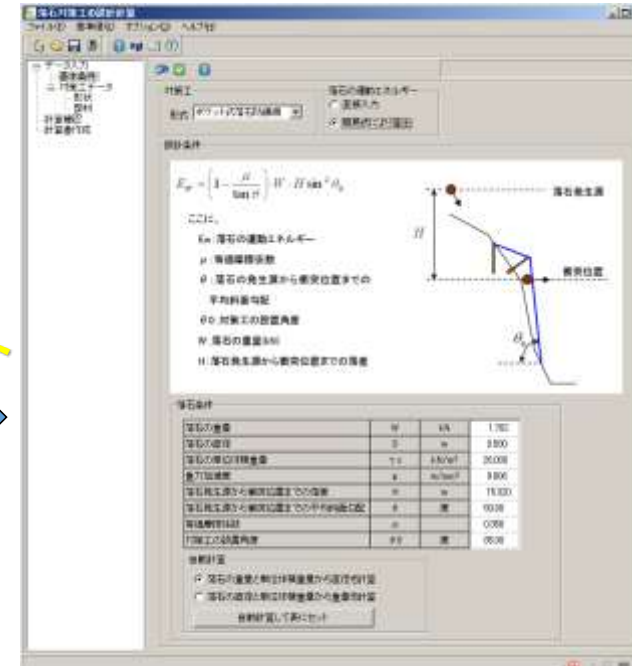
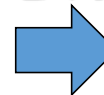
『落石対策工の設計計算』では、『落石シミュレーション』と連動することにより、解析結果（照査点位置の落石エネルギー）を対策工に作用する落石エネルギーとしてセットすることができます。また、簡易式（『落石対策便覧』に記されている式）により、別途落石エネルギーを計算することも可能です。

落石シミュレーション



▲落石エネルギーのインポート画面

セット



▲落石対策工の設計計算

機能紹介：落石対策工の設計計算（その2）

現バージョンで対応している対策工種類は下表の通りです。
 今後は、対応する対策工の充実、および落石シミュレーションと他製品との連動などを予定しております。

対策工種類		対応
落石防護網	覆式落石防護網	—
	ポケット式落石防護網	○
落石防護柵	ワイヤロープ金網式	△
	高エネルギー吸収柵 (ロープスライドタイプ)	○
落石防護擁壁	落石防護擁壁	△
ロックシェッド	逆L式ラーメン構造(PC)	△
	箱形式ラーメン構造(RC)	△

▲本製品の対応(△は当社他製品で対応しています)

おわり