

# 3D フライト パスおよびコリドーに対する脅威の分析

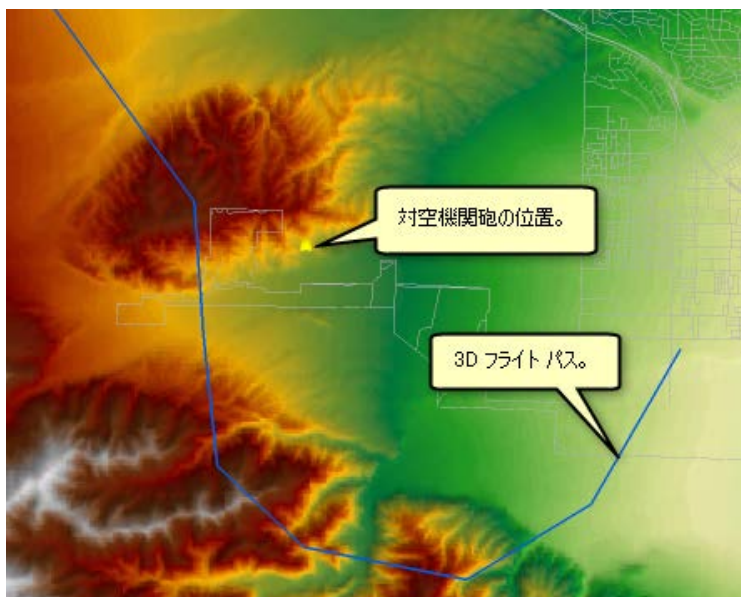
## 3D Analyst エクステンションを使用した、3D パスラインおよびコリドーへの脅威の分析

軍事用途での飛行ルート計画では、敵方の追撃戦闘機の飛行ルート解析や迎撃用の対空機関砲（AA 機関砲）の評価が重要です。例えば、AA 機関砲の射程距離は、機関砲が設置された位置と飛行ルート間の直線距離が問題となるため、3D 解析によるリスク評価が必要になります。

以下の例では、AA 機関砲の位置に対応するポイントの位置、飛行ルート（フライトパス）に対応する 3D ライン、および標高サーフェス（ラスタ DEM）を示しています。AA 機関砲の位置と 3D ラインは、ArcScene の 3D 編集環境で作成することができます。

### 1 条件

AA 機関砲のタイプおよび機種が既知である場合は、その兵器の射程距離を示すフィーチャ属性を設定します。このケースでは、有効距離が 3,000m（レーダー搭載）と 2,000m（レーダー非搭載）で、全体の球体サイズが 6,000mと 4,000mになる小型の機関砲が設置されているとします。



属性表	
レイヤ: AA_Guns	
AA_Guns	
フィールド	値
OBJECTID	1
SHAPE	ポイント
AA_Gun_ID	1
Effective Distance (Radar)	6000
Effective Distance (No radar)	4000

テレイン上で AA 機関砲の近くを通過するフライトパスの 2D ビュー

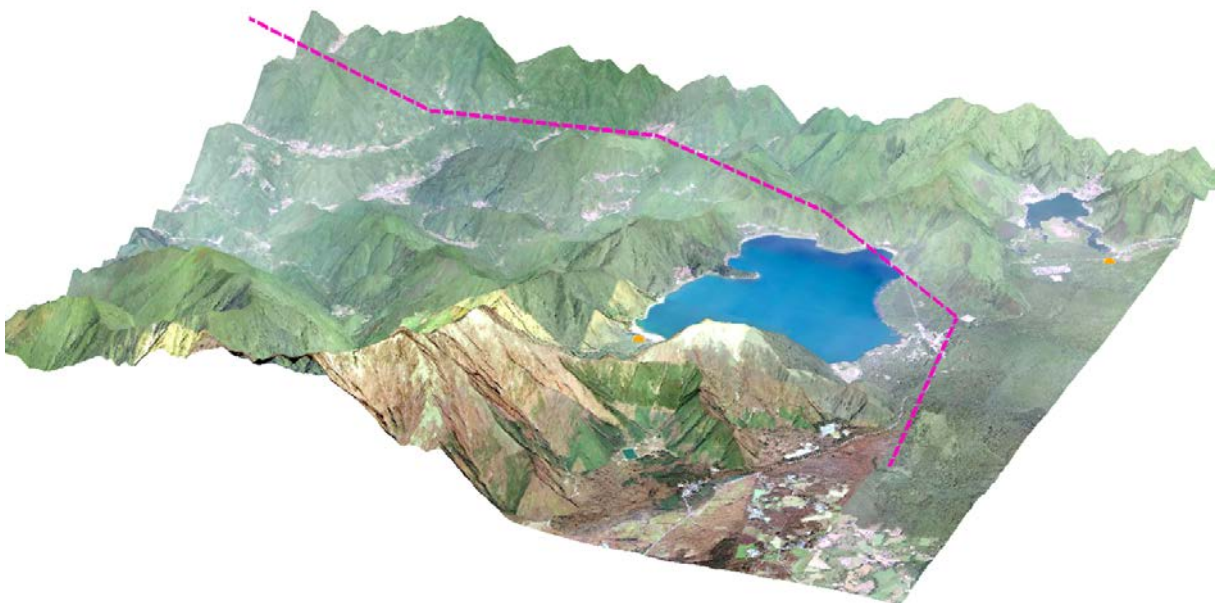
AA 機関砲のフィーチャ属性を使用して、ポイント シンボルを定義できます。

## 飛行ルートの設定手順

- ①問題 01.mxd を開く
- ②FlightPass\_Separate を追加
- ③FlightPass\_Separate に飛行高度を設定するため、次のフィールドを追加  
Z1（始めの高度） [Long\_Integer]  
Z2（終わりの高度） [Long\_Integer]
- ④Z1、Z2 に次の飛行高度を入力 北西から 2000→2200→2400→2700→3000

	OBJECTID *	Shape *	Shape_Length	Z1	Z2
	1	Polyline	2817.75351	2000	2000
	2	Polyline	2717.730957	2000	2200
	3	Polyline	2603.521952	2200	2400
	4	Polyline	2944.706815	2400	2700
	5	Polyline	3439.812987	2700	3000

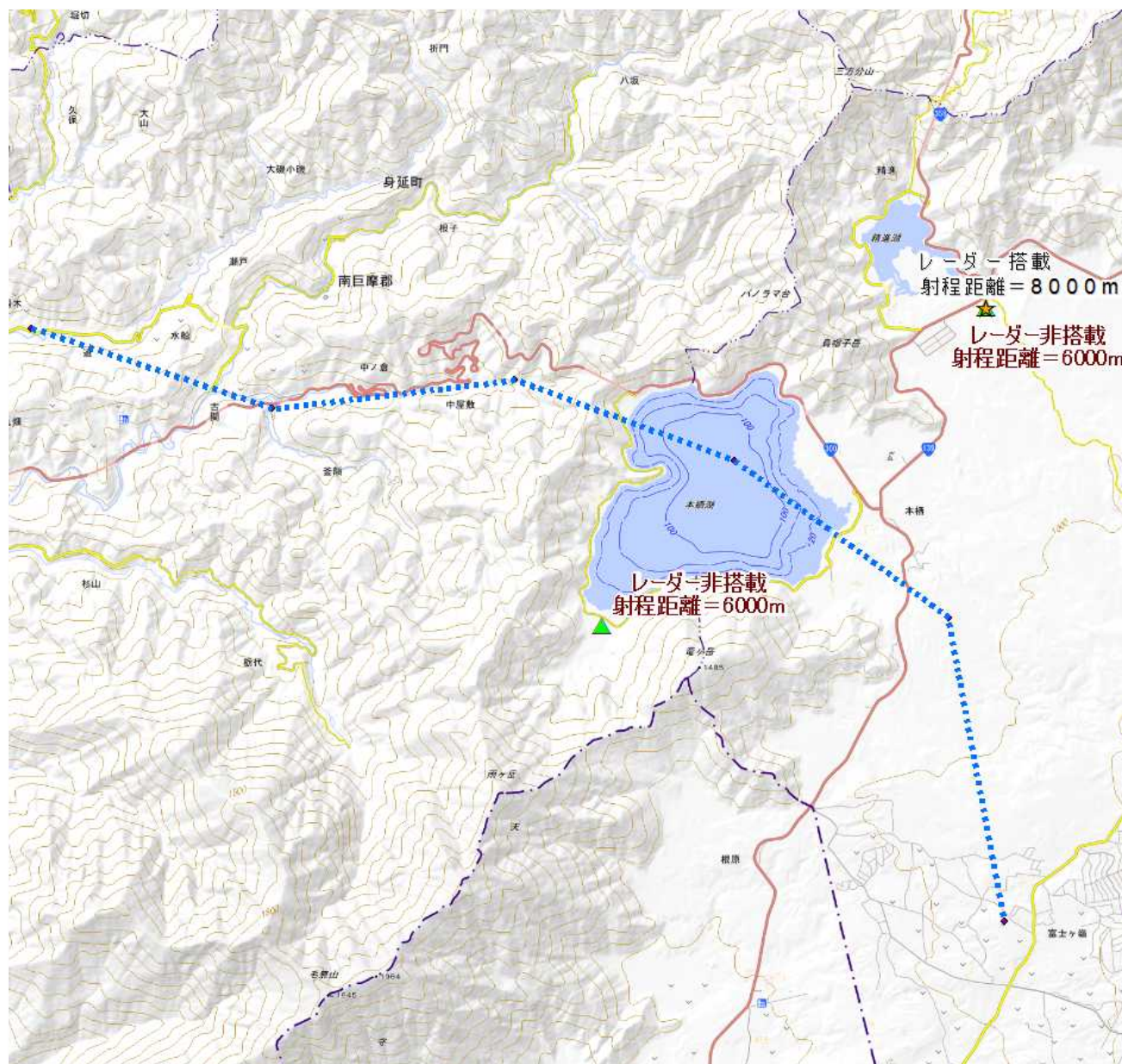
- ⑤FlightPass\_Separate を下記ツールにて FlightPass\_Separate\_3D に変換  
[ArcToolbox]－[3D Analyst ツール]－[3D フィーチャ]－[属性でフィーチャを 3D に変換]
- ⑥問題 01.sxd を開く
- ⑦ロケット砲の既設と新設を追加
- ⑧ロケット砲の各ポイントを地形上に配置
- ⑨FlightPass\_Separate\_3D を追加
- ⑩FlightPass\_Separate\_3D をディゾルブして、「飛行ルート」で保存
- ⑪ベースに航空写真や地理院地図などをドレープ



## 脅威の分析問題

某所の軍事飛行場へ飛行するルートがあり、追尾する敵機を迎撃するための対空ロケット砲が2箇所に設置してある。しかし、性能的に射程距離が限られているため、今回新たにレーダー搭載の新型ロケット砲を1箇所配備する計画がある。飛行ルートにおける防空範囲の拡大状況および脅威レベルの変化を図示して評価しなさい。

### 【ロケット砲の配備状況図】



△印が既設、☆印が新設計画、点線は10時の方向から5時の方向へ飛行するルートを表す

## 2 視覚化

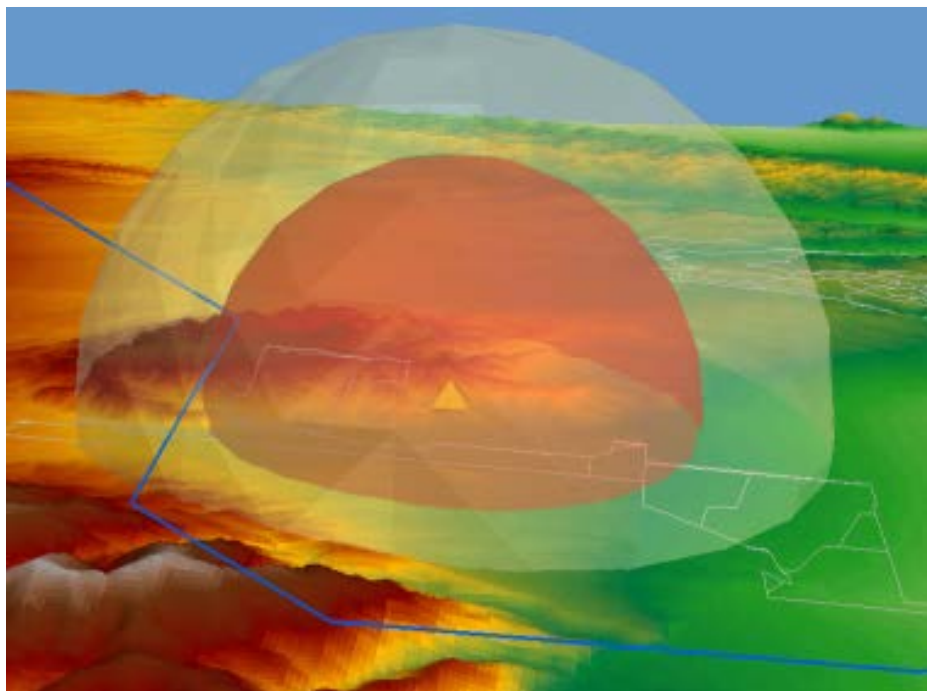
条件で示された値を使用して、シンボルのサイズを定義できます。AA 機関砲レイヤを追加し、これらの射程範囲を単純な 3D 球体シンボルのサイズとして使用することで、その兵器の主要な攻撃範囲（脅威ドーム）を視覚化できます。



フィーチャ属性に基づきシンボル サイズを設定します



シンボル サイズを制御する属性を定義します



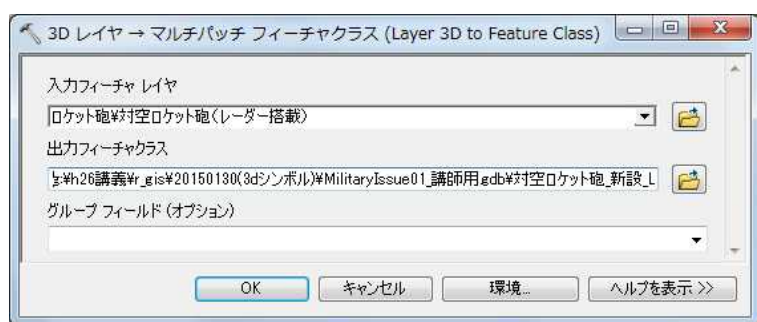
フィーチャ属性を使用して、2 つの球体のシンボル サイズを定義します

### 3 マルチパッチ化（3Dモデル化すること）

脅威ドームは一見して3Dモデルのように見えますが、もとはといえばただのシンボル表示にすぎません。これらポイント レイヤ群に対して 3D 解析ができるようにシンボルを3D ポリゴン化する必要があります。

#### シンボルをマルチパッチ化する手順

- ①ArcToolbox－[3D フィーチャ]－[変換]－[3D レイヤ → マルチパッチ フィーチャクラス (Layer 3D to feature Class) ] ジオプロセシング ツールを使用
- ②入力フィーチャは3D シンボルをもつ各レイヤに設定



[レイヤ 3D → フィーチャクラス (Layer 3D to feature Class) ] ツールを使用して、シンボル表示されたレイヤからマルチパッチ ジオメトリ (3D ポリゴン) を作成します。

### 4 単純な解析：ケース 1

#### AA 機関砲の脅威ドーム（球体の影響範囲）と 3D フライト パスのインターセクト

単純かつ効果的な解析を行うには、AA 機関砲の球体の影響範囲とのフライト パスのインターセクトを実行します。これにより、球体との 3D 交差点を基にラインがライン群に分割され、AA 機関砲の指定の 3D 距離内にフライト パスがある場合の位置を識別できるようになります。



[3D フィーチャ]－[3D ラインをマルチパッチでインターセクト] ツールを使用して、AA 機関砲の射程距離を基にフライト パスをライン群に分割します。

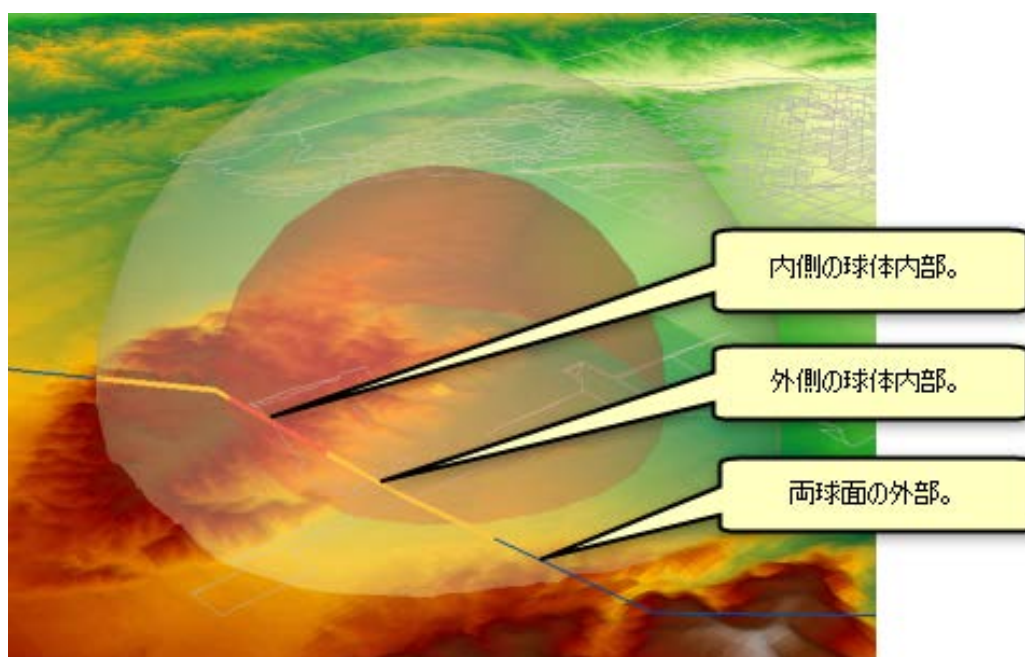
(例)

出力ポイント：既設の射程ポイント

出力ライン：既設の注意ライン

出力された各ラインは、下表の属性情報を持ちます。この情報を使用して、ラインレイヤのシンボルから[複数フィールドによる個別値]を定義し、変化する脅威レベルをフライトパスに沿って視覚化できます。下図は、フライトパスが完全に内側の球体内部にある場合、外側の球体のみの内部にある場合、または完全に AA 機関砲の射程距離外にある場合の位置を示しています。

[3D ラインをマルチパッチでインターセクト] ツールのオプション出力の属性情報		
ポイント出力		入力ラインとマルチパッチフィーチャ間の交差点を表し、次の属性を含む
	LINE_OID	交差の見つかった元のラインの OBJECTID
	MPATCH_OID	この位置でラインと交差したマルチパッチの OBJECTID
	DIST_3D	交差の見つかった元のラインの 3D 距離
ライン出力		交差点で入力ライン フィーチャを分割し、次の属性を含む
	LINE_OID	新しいラインの取得元である元のラインの OBJECTID
	FROM_MP_ID	新しいラインの始点と交差するマルチパッチフィーチャの OBJECTID 値が -1 の場合、ラインの始点が交差点ではない
	TO_MP_ID	新しいラインの終点と交差するマルチパッチの OBJECTID 値が -1 の場合、ラインの始点が交差点ではない
	DIST_3D	交差の見つかった元のライン（この新しいラインの始点となるライン）の 3D 距離
	LENGTH_3D	この新しいラインの 3D 長さ 元のラインから取得した新しい各ラインの長さを合計した値は、元のラインの 3D 長さに等しい

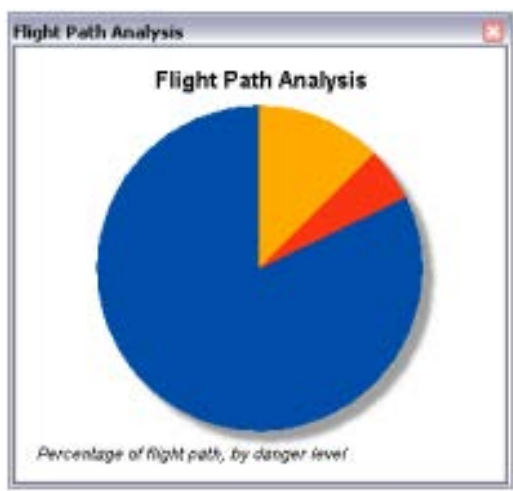


フライトパスが、AA 機関砲の脅威のドームを基にインターセクトされ、ライン群に分割されています

## 飛行ルートが射程範囲内を通過するかどうかを解析する手順

- ①ArcToolbox – [3D Analyst ツール] – [3D フィーチャ] – [3D ラインをマルチパッチでインターセクト] ツール
- ②入力ライン フィーチャに飛行ルートを設定
- ③入力マルチパッチ フィーチャクラスに脅威ドーム（球体の影響範囲）を設定

この 3D 解析情報は、[表示] → [グラフ] → [作成]でグラフに変換できます。たとえば、以下の円グラフは、危険レベル別のラインのパーセンテージを示しています。



円グラフで示された飛行ルートの脅威レベル

青色は AA 機関砲の射程距離外

オレンジ色はレーダー利用の場合の射程距離内

赤色はレーダーを利用しない場合の射程距離内

を示しています。

## 5 地形を考慮した解析：ケース 2

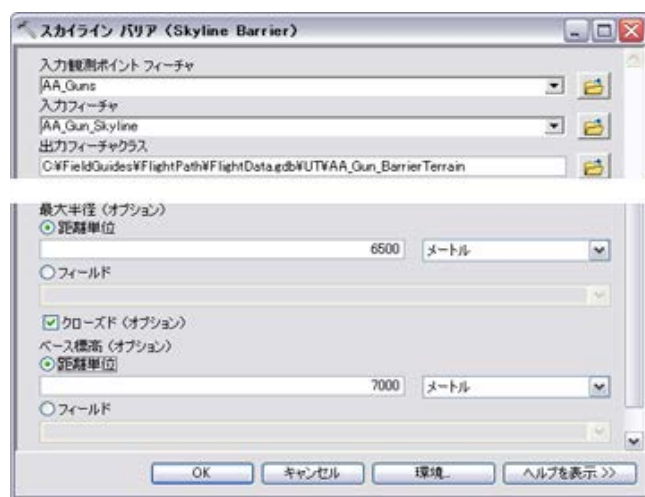
### AA 機関砲の球体の影響範囲との 3D フライトパスのインターセクトおよび地形情報追加

単純な解析では、AA 機関砲からの見た飛行ルートが山などで遮られる部分があるのかのかわからないのかという地形の影響が解析に含まれていません。この解析をするには、[スカイライン (Skyline)] ジオプロセッシング ツールを使用して、AA 機関砲の位置の周囲にスカイラインを生成する必要があります。

[スカイライン (Skyline)] ツールを使用して、AA 機関砲の位置から水平線を作成します。

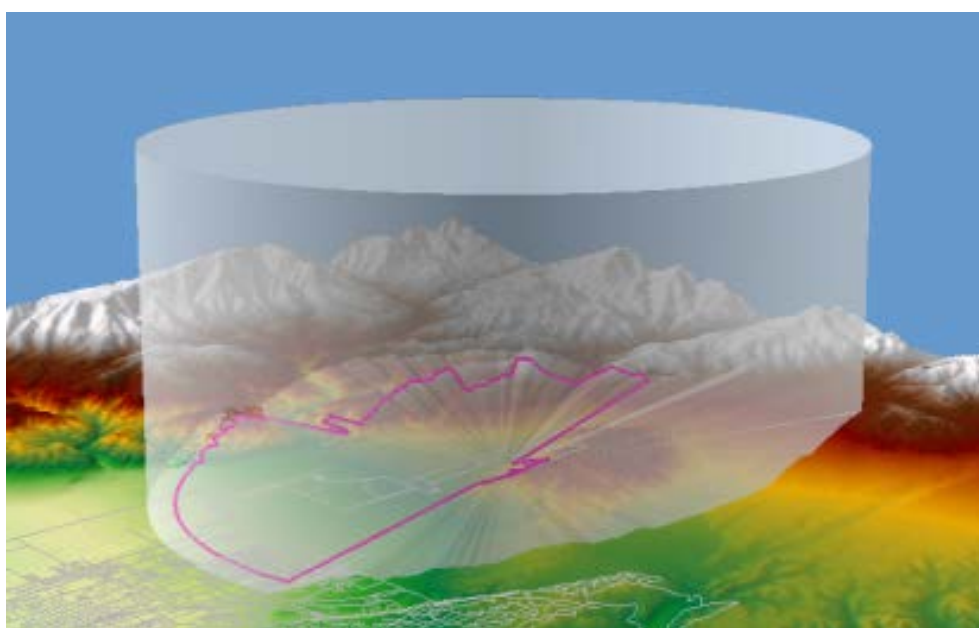


次に、[スカイライン バリア (Skyline Barrier) ] ツールを使用して、生成されたスカイラインから 3D マルチパッチを作成します。どちらのツールも、AA 機関砲の直接的な射程距離をはるかに超えて、最大で絶対高度 7,000mまで届くように設定されていることに注意してください。これにより、AA 機関砲の周囲の 3D 可視空間を完全に囲むことができるようになります。



[スカイライン バリア (Skyline Barrier) ] ツールを使用して、地平線を体積があるシェープに変換します

最終的な結果として表示されるのは、囲まれた空間であり、これはマルチパッチとして保存され、AA 機関砲から見える空間を表します。



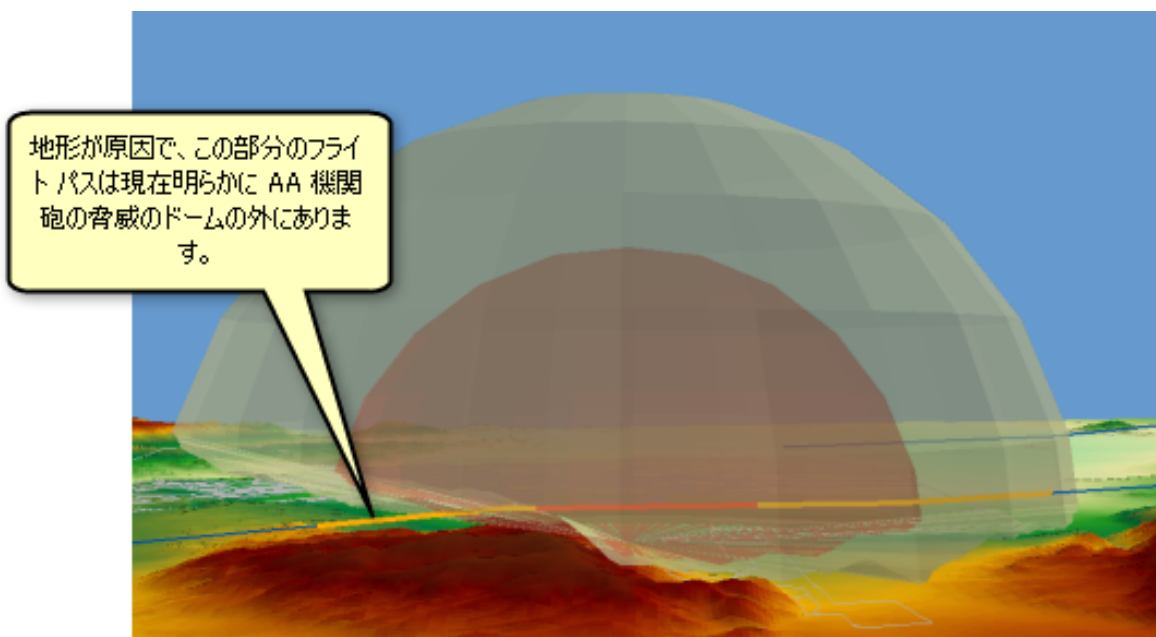
ピンク色のラインは AA 機関砲にとっての地平線であり、ライン上の閉じられた空間は機関砲から見えるボリュームを示しています

これで、[インターセクト 3D (Intersect 3D)] ジオプロセッシング ツールを使用して、2 種類の囲まれた空間 (AA 機関砲の有効射程距離とその周りの可視空間) を解析用に 1 つの 3D ボリュームに結合することができます。



[インターセクト 3D (Intersect 3D)] ツールを使用して、囲まれたマルチパッチ ボリュームの 2 つのソースを結合します

この変更された脅威のドームに対して [3D ラインをマルチパッチでインターセクト (Intersect 3D Line With Multipatch)] ツールを実行すると、フライト パスが AA 機関砲の影響を受ける位置についてより正確な結果が得られます。前の解析処理の結果と比較してみると、影になる地形によって保護されているため安全であると分類できるようになったパスが大幅に伸びていることがすぐにわかります。



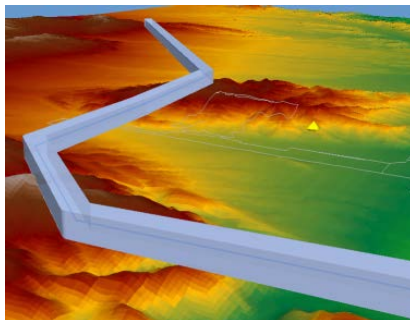
テレインの効果により、フライト パスのオレンジ色のセクションは AA 機関砲の脅威の影響を受けません。

## 6 より進んだ解析：ケース 3

### AA 機関砲の脅威のドームとの 3D フライト コリドーのインターセクトおよびテレインの追加

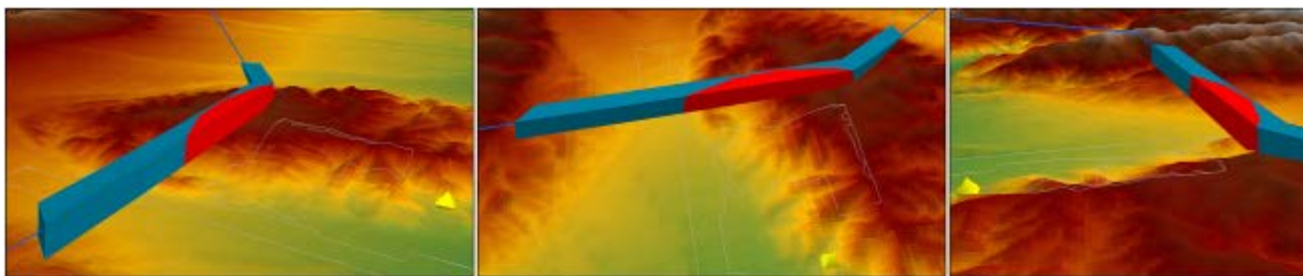
より進んだ解析では、単一のフライト ラインではなく、提案されたフライト パスのフライト コリドーを定義し、飛行範囲と脅威ドームの重なりを立体的に検討することです。

3D フライト コリドーを作成するには、関係する航空機的能力を取り込むことができるカスタムコードの使用をはじめとして、さまざまな方法があります。この例では、前に使用した 3D フライト パスが 100mごとにバッファリングされ、3D ポリゴン フィーチャクラスにコピーされています。次に、フィーチャの Z 値が、[スケッチ プロパティ] ウィンドウを使用して 3D 編集セッションで手動更新され、フィーチャが 200 m立ち上げられて、200 m<sup>2</sup>のフライト コリドーが作成されます。その後、前のケースと同様に、シンボル表示されたレイヤが、[3D レイヤ → マルチパッチ フィーチャクラス (Layer 3D to feature Class) ] ツールを使用してマルチパッチ フィーチャに変換されます。



立ち上げられたポリゴン レイヤから作成された 3D フライト コリドー

フライト コリドーおよび AA 機関砲の脅威のドームを使用して [インターセクト 3D (Intersect 3D) ] ツールを実行すると、危険ゾーンに分類されるルートに沿った 3D 空間を識別して表示することができます。



フライト コリドーで 3D 危険ゾーンに分類された部分の異なるビュー